



PNR 2021-2027

Programma nazionale per la ricerca

GRANDE AMBITO DI RICERCA E INNOVAZIONE:

**PRODOTTI ALIMENTARI, BIOECONOMIA,
RISORSE NATURALI, AGRICOLTURA, AMBIENTE**

Allegato esteso



Ministero dell'Università e della Ricerca

ESPERTI DEI GRUPPO DI LAVORO 6. PRODOTTI ALIMENTARI, BIOECONOMIA, RISORSE NATURALI, AGRICOLTURA, AMBIENTE

Green technologies: Maurizio Masi (coordinatore), Luca Beverina, Alessandra Carucci, Fabrizio Cavani, Marco Malinconico, Paolo Menesatti, Piero Salatino, Maurizio Sasso

Scienze e tecnologie alimentari: Gianni Galaverna (coordinatore), Umberto Agrimi, Andrea Antonelli, Luca Simone Cocolin, Lorenzo Maria Donini, Carlo Gaudio, Antonio Francesco Logrieco

Bioindustria per la bioeconomia: Angelo Riccaboni (coordinatore), Paola Branduardi, Fabio Fava, Lucia Gardossi, Massimo Iannetta, Giorgio Matteucci, Michele Munafò, Angeloantonio Russo

Conoscenza e gestione sostenibile dei sistemi agricoli e forestali: Maurizio Borin (coordinatore), Leonardo Casini, Felice Cervone, Franco Cotana, Anna Giorgi, Francesco Loreto, Massimo Monteleone, Nicola Pecchioni, Mario Pezzotti

Conoscenza, innovazione tecnologica e gestione sostenibile degli ecosistemi marini: Marco Ferretti (coordinatore), Lisandro Benedetti-Cecchi, Ferdinando Boero, Emilio Fortunato Campana, Michele Mossa, Cosimo Solidoro, Angelo Tursi

Roma, novembre 2020

L'allegato esteso include le riflessioni dei gruppi di lavoro di esperti nominati dal Ministero dell'Università e della Ricerca. Si tratta di un documento di approfondimento che esprime le opinioni degli esperti e che, dunque, non rappresenta una posizione ufficiale.



SOMMARIO

6. PRODOTTI ALIMENTARI, BIOECONOMIA, RISORSE NATURALI, AGRICOLTURA, AMBIENTE.....	1
6.1 Green technologies.....	13
Contesto attuale, motivazioni ed evoluzioni	13
Rilevanza rispetto alle transizioni ambientale, digitale, economica, energetica e sociale	14
Obiettivi 2021-2027	14
Articolazione 1. Biochemicals, bioprodotto e processi chimici sostenibili in sinergia con biofuels, bioenergy e agro-energie	16
Articolazione 2. Strategie per una gestione multiplatform dell'energia elettrica da fonte rinnovabile, basata su stoccaggio e/o conversione in prodotti ad elevato valore aggiunto	20
Articolazione 3. Prevenzione della contaminazione del suolo e delle acque	22
Articolazione 4: Riduzione dei rifiuti e della domanda di critical raw materials tramite approcci di disassembling e materials recovery, remanufacturing e refurbishing	25
Articolazione 5. Industrial symbiosis, co-located assets.....	28
Articolazione 6. "A fair benchmarking": sviluppo e diffusione dei metodi della Ecologia Industriale per una corretta valutazione comparativa tra tecnologie green e consolidate	31
6.2 Scienze e Tecnologie alimentari.....	33
Contesto attuale, motivazioni ed evoluzioni	33
Rilevanza rispetto alle transizioni ambientale, digitale, economica, energetica e sociale	35
Obiettivi 2021-2027	36
Articolazione 1. Sicurezza igienico-sanitaria degli alimenti	37
Articolazione 2. Autenticità e integrità del sistema alimentare	41
Articolazione 3. Valorizzazione del microbioma nei sistemi produttivi agroalimentari	45
Articolazione 4. Alimentazione sana e sostenibile.....	47
Articolazione 5. Fonti proteiche e loro utilizzo nelle tecnologie alimentari.....	50
Articolazione 6. Tendenze emergenti nelle tecnologie alimentari ed efficientamento dei processi di trasformazione.	54
6.3 Bioindustria per la Bioeconomia.....	61
Contesto attuale, motivazioni ed evoluzioni	61
Rilevanza rispetto alle transizioni ambientale, digitale, economica, energetica e sociale	62
Obiettivi 2021-2027	63
Articolazione 1. Valorizzazione multifunzionale delle produzioni forestali	64
Articolazione 2. Bio-industria circolare.....	66
Articolazione 3. Recupero e valorizzazione di scarti e prodotti organici a fine vita, per la rigenerazione dei suoli e la protezione dell'ambiente	68
Articolazione 4. Modelli di business innovativi per la moderna bioeconomia	70
6.4 Conoscenza e gestione sostenibile dei sistemi agricoli e forestali	74
Contesto attuale, motivazioni ed evoluzioni	74
Rilevanza rispetto alle transizioni ambientale, digitale, economica, energetica e sociale	76
Obiettivi 2021-2027	77
Articolazione 1 - Miglioramento sostenibile delle produzioni primarie.....	78
Articolazione 2. Sicurezza e qualità delle produzioni primarie	83
Articolazione 3. Integrazione fra agricoltura a destinazione alimentare e non alimentare	87
Articolazione 4. Attività agricola e forestale a protezione dell'ambiente e delle risorse naturali.....	91
Articolazione 5. Sistemi agricoli e forestali per la salvaguardia e la valorizzazione del territorio	96
6. Analisi e valutazioni socio-economiche dei sistemi produttivi agrari	101
6.5 Conoscenza, innovazione tecnologica e gestione sostenibile degli ecosistemi marini.....	106
Rilevanza rispetto alle transizioni ambientale, digitale, economica, energetica e sociale	107



Programma Nazionale per la Ricerca 2021-2027
GRANDI AMBITI DI RICERCA E INNOVAZIONE
PRODOTTI ALIMENTARI, BIOECONOMIA, RISORSE NATURALI, AGRICOLTURA, AMBIENTE

Obiettivi 2021-2027	108
Infrastrutture per la ricerca marina	108
Raccomandazioni	109
Approccio metodologico	109
Articolazione 1. Conoscenza degli ecosistemi marini e della fascia costiera (TRL < 6).....	111
Articolazione 2. Tecnologie industriali e digitali per la navigazione e la gestione sostenibile delle operazioni in mare (TRL > 2)	117
Articolazione 3. Innovazione infrastrutturale per lo sviluppo di una nuova economia sostenibile legata al mare (TRL > 3)	123
Articolazione 4. Nuovi modelli per la valorizzazione sostenibile delle risorse marine (TRL > 4).....	129
Articolazione 5. Strumenti osservativi per la conoscenza dell'ecosistema marino e costiero (TRL > 3)	135
Articolazione 6. Costruzione di modelli di gestione basati sull'approccio ecosistemico TRL > 3	138
Alta Formazione: l'interdisciplinarietà a sostegno della biodiversità e dell'approccio ecosistemico	142



6. PRODOTTI ALIMENTARI, BIOECONOMIA, RISORSE NATURALI, AGRICOLTURA, AMBIENTE

Nel dibattito europeo la bioeconomia copre tutti i settori e sistemi che si basano su risorse biologiche, ovvero animali, piante, micro-organismi, biomasse, scarti e rifiuti organici. In particolare, essa include e connette gli ecosistemi terrestri e marini e i servizi che essi forniscono; i settori della produzione primaria che usano e producono risorse biologiche (agricoltura, foreste, pesca e acquacoltura) e tutti i settori economici e industriali che usano risorse biologiche per produrre cibo, mangime, prodotti *bio-based*, energia e servizi.

La bioeconomia rappresenta un vero e proprio driver dell'economia europea, nonché un settore strategico in diversi paesi del Continente, con un fatturato totale di 2.300 miliardi di euro e occupando l'8,2% della forza lavoro della UE. Tre quarti di tale occupazione e due terzi del fatturato sono dovuti ai sistemi agroalimentari.

Per contribuire in maniera sostanziale al benessere dei cittadini e dell'economia, la bioeconomia europea deve basarsi sui principi della sostenibilità e della circolarità. Così facendo contribuirà a modernizzare il settore primario e i settori industriali connessi, salvaguarderà l'ambiente e preserverà la biodiversità. Realizzare il potenziale della bioeconomia sarà possibile solo grazie a ingenti investimenti in ricerca e innovazione in tutti i settori coinvolti, cercando di tradurre l'innovazione all'interno di nuovi prodotti e servizi.

Uno sviluppo in termini sostenibili della bioeconomia potrebbe portare la creazione entro il 2030 di un milione di posti di lavoro e fornire un contributo essenziale per costruire un futuro decarbonizzato, cogliendo i target dell'Agenda 2030 e gli obiettivi dell'Accordo di Parigi sul clima¹.

In Italia, i settori della bioeconomia producono un fatturato complessivo di 328 miliardi di euro e occupano oltre due milioni di persone, con il settore agroalimentare che pesa, rispettivamente, per il 60% e il 67%².

Nell'ultimo decennio, il settore, a livello globale, europeo e nazionale, si è trovato a fronteggiare numerose sfide che hanno determinato forti pressioni sia dal punto di vista produttivo che ambientale. Esso, infatti, deve soddisfare i fabbisogni alimentari di una popolazione in continua crescita a livello globale, con conseguenti tensioni in termini di approvvigionamento delle derrate alimentari. La diseguaglianza economica sta producendo, inoltre, anche nel nostro Paese, problemi di malnutrizione e di mancanza di cibo.

Peraltro si rilevano Paesi in cui molto cibo viene sprecato e con un elevato numero di persone in sovrappeso o obese, e Paesi con una significativa quota di popolazione povera che soffre di mancanza di cibo ed è a rischio di malnutrizione. Lo sviluppo della produzione alimentare stante gli attuali modelli di produzione pone problematiche ambientali di grande rilevanza connesse alle attività zootecniche ed ai sistemi intensivi di produzione (es. deforestazione e la perdita di biodiversità, emissioni CO₂, ecc.) che vanno affrontate promuovendo un nuovo modello di sviluppo agroalimentare. Un modello supportato da una adeguata formazione e dall'adozione di innovazioni tecnologiche che consentono una intensificazione produttiva sostenibile, assicurando al contempo la sicurezza igienico sanitaria degli alimenti e limitando l'impatto sulle risorse naturali. Il settore agricolo e forestale è chiamato ad adattare le tecniche di coltivazione e gestione alle nuove problematiche e in una prospettiva di economia circolare, garantendo la sostenibilità economica, sociale e ambientale e implementando strumenti di politica agraria e forestale che valorizzino anche il ruolo sociale ed ambientale delle aziende e delle realtà coinvolte.

Il settore alimentare deve contribuire alla salvaguardia della salute pubblica attraverso la promozione di stili di vita più salutari e sostenibili, al fine di ridurre l'insorgenza di malattie non trasmissibili (NCD) ed incoraggiare una gestione circolare e sostenibile delle risorse con conseguenti effetti positivi sul clima e sulla biodiversità. Sono importanti, inoltre, anche modelli di *governance* e gestione delle imprese capaci di promuovere l'innovazione, stili di vita e prodotti più salutari e sostenibili e la resilienza dei sistemi agroalimentari.

¹ 'A sustainable Bioeconomy for Europe: strengthening the connection between economy, society and the environment – Updated Bioeconomy Strategy', EC, 2018.

² BIT II-La Bioeconomia in Italia, 2019.



Le *Green Technologies* grazie alla loro trasversalità, con numerosi settori di interesse, consentono di attuare soluzioni concrete e sinergiche alle questioni della sostenibilità, in campi di applicazione come la prevenzione della contaminazione del suolo e delle acque da sostanze pericolose; la riduzione dei rifiuti e la promozione di una cultura del recupero; la ristrutturazione delle filiere produttive al fine di eliminare gli scarti.

Un impulso rilevante al settore viene anche dalla bioindustria e dalla *blue economy*. La prima, consente di valorizzare, attraverso lo sviluppo di bioraffinerie, le bio-risorse non alimentari, sia terrestri che acquatiche, in prodotti innovativi ad alto valore aggiunto in termini di neutralità climatica quali farmaci, nutraceutici, cosmetici e prodotti chimici. In aggiunta, la bioindustria assolverà un ruolo decisivo per il recupero e la valorizzazione dei residui e sottoprodotti agroalimentari, per la rigenerazione dei suoli e la protezione ambientale.

Anche la *blue economy* gioca un ruolo cruciale in Italia, grazie ai suoi 8000 km di costa ed una posizione strategica nel Mediterraneo. La sua valorizzazione è funzione di una adeguata conoscenza della struttura e della funzione dei sistemi naturali. La conoscenza, infatti, consentirà da una parte di pianificare politiche di gestione e conservazione ambientale ridisegnando le attività economiche che insistono direttamente o indirettamente sull'ambiente marino, dall'altra l'attuazione di un approccio ecosistemico alla gestione delle risorse marine.

Contesto

Il Grande Ambito “Prodotti alimentari, bioeconomia, risorse naturali, agricoltura, ambiente” include i seguenti Ambiti:

- I. *Green technologies*
- II. *Scienze e Tecnologie alimentari*
- III. *Bioindustrie per la Bioeconomia*
- IV. *Conoscenza e gestione delle risorse agricole e forestali*
- V. *Innovazione tecnologica e gestione sostenibile degli ecosistemi marini*

Tale aree sono fortemente interconnesse tra di loro e trovano una sostanziale sintesi nella utilizzazione sostenibile delle risorse naturali e nelle tecnologie di produzione declinate in ottica di economia circolare. È un settore altamente trasversale e interconnesso con gran parte dei settori manifatturieri del Paese, nonché con la filiera energetica.

La corretta gestione delle risorse agricole, forestali e marine è chiamata al compito strategico per il Paese di ridurre la dipendenza dall'importazione, sia nel settore alimentare che in quello del legno. In questo senso, l'emergenza del COVID-19 ha messo in risalto quanto gli Stati dell'UE e l'Italia siano fragili di fronte ad eventi rovinosi e inaspettati e tanto che la Commissione Europea ha così stigmatizzato le sfide future del sistema agro alimentare: “*La pandemia di Covid-19 ha sottolineato l'importanza di un sistema alimentare solido e resiliente che funzioni in qualsiasi circostanza e sia in grado di assicurare ai cittadini un approvvigionamento sufficiente di alimenti a prezzi accessibili*”³. Una maggiore sicurezza di approvvigionamento di cibo, unita a un controllo più efficace della qualità degli alimenti contribuisce al miglioramento della dieta e della salute della popolazione. In questo senso di straordinaria importanza risulta promuovere l'integrazione tra filiere diverse, con l'obiettivo di incrementare il valore aggiunto delle produzioni, massimizzando l'efficienza e riducendo gli sprechi. Questo implica altresì una riprogettazione della produzione e della trasformazione in termini di efficienza e sostenibilità, delineando una strutturazione aziendale e delle filiere concepita fin dall'inizio con l'obiettivo di ridurre o eliminare per quanto possibile gli scarti e investire sul riutilizzo e la valorizzazione di sottoprodotti e coprodotti.

A livello di produzione, la corretta gestione della filiera delle biomasse è già ora un importante asset del Paese. Essa richiede lo sviluppo di sinergie tra i settori delle bioenergie/biocombustibili e quello di biochemicals e bioprodotti. A ciò si aggiunge la valorizzazione chimica dei rifiuti in genere (waste-to-X). Il pieno sfruttamento di queste risorse necessita di filiere adeguatamente differenziate e distribuite in grado di garantire l'utilizzazione a cascata, l'estrazione

³ Comunicazione della Commissione Europea “A Farm to Fork Strategy for a fair, healthy and environmentally-friendly food system” (20 maggio 2020)



preventiva di tutti i prodotti ad elevato valore aggiunto, anche tenendo conto della differenziazione a livello locale della fonte, prima della successiva valorizzazione tramite i processi tipici della chimica rigenerativa e delle biotecnologie. Dal punto di vista dell'accumulo, assumono rilevanza le strategie per lo stoccaggio di lungo termine dell'energia (Power-to-X ed i diversi percorsi di conversione della chimica solare), in particolare di quella resa disponibile da fonti rinnovabili discontinue ed aleatorie, sotto forma di potenziale chimico di combustibili alternativi o convenzionali.

Il settore primario gestisce circa il 70% del territorio nazionale e conseguentemente l'atteggiamento di agricoltori e operatori del settore forestale, singolo o collettivo, ha forti ripercussioni su assetto del territorio e qualità dell'ambiente. Gli operatori di questi settori sono pertanto chiamati ad assolvere anche il ruolo strategico di conservazione e valorizzazione delle risorse naturali. Lo sviluppo rurale è una priorità assai rilevante, soprattutto nelle aree interne, caratterizzate da difficoltà di accesso ai servizi d'interesse pubblico rispetto alle città e ai centri minori. Va ricordato che i consistenti fenomeni di abbandono delle superfici agricole registrati dal 1960 e tuttora rilevanti, si sono concentrati nelle aree con minore competitività delle produzioni e in quelle con condizioni di marginalità sociale più elevate. Nel programma del Presidente della Commissione Europea è espressamente indicato che: *“Oltre il 50 % degli europei vive in zone rurali, che sono il tessuto della nostra società e il cuore pulsante della nostra economia. La varietà di paesaggi, cultura e patrimonio è uno dei principali e più notevoli tratti distintivi dell'Europa. Queste regioni sono una parte fondamentale della nostra identità e del nostro potenziale economico. Avremo a cuore le zone rurali, le tuteleremo e investiremo nel loro futuro”*. Questi principi si applicano perfettamente alla realtà italiana.

Valore economico e prospettive del settore

L'agroalimentare europeo rappresenta un vero e proprio driver dell'economia, nonché un settore strategico in diversi paesi europei. Nel 2018, il settore agroalimentare ha contribuito al PIL europeo per circa il 3,7% occupando 44 milioni di persone. In Italia, l'agroalimentare con un valore complessivo di 219,5 miliardi di euro, pari al 14% del PIL complessivo, e 1,4 milioni di occupati è uno dei settori di maggior rilievo.

In termini di imprese (Federalimentare, Rapporto 2019), secondo i dati ISTAT relativi al 2016, l'industria alimentare è seconda per numero di imprese – 56.750, di cui 53.360 nel cibo e 3.390 nelle bevande – solo al settore della fabbricazione di prodotti in metallo e seguito, con un largo distacco, dal settore della riparazione, manutenzione ed installazione di macchine ed apparecchiature.

La distribuzione dimensionale delle imprese alimentari e delle bevande italiane secondo gli attuali criteri di individuazione (in adeguamento alla disciplina comunitaria) vede una netta dominanza di imprese micro e piccole, che nel 2016 insieme rappresentano oltre il 98% del totale e con un trend che ha fatto registrare una crescita, tra il 2012 ed il 2016, di circa 3% per le piccole imprese e una pari decrescita (-3%) delle microimprese. Seguono le medie, che nel 2017 rappresentano circa l'1,3% delle imprese, e che, tra le varie classi, sono quelle maggiormente cresciute, del 13%, tra il 2012 ed il 2016; e quindi le grandi, con una incidenza bassa sul totale delle imprese dei due macro-comparti: solo lo 0,2% nel 2016, con una variazione 2012-2016 dell'11%.

In sintesi, pur essendo ancora del tutto prevalente la presenza di aziende molto piccole, si osserva in questi anni un discreto incremento della dimensione media, grazie ad un relativo aumento del numero di imprese relativamente più grandi.

Secondo i dati ISTAT, gli occupati dell'industria alimentare e delle bevande sono nel 2016 (ultimo dato disponibile) circa 360mila. Secondo le proiezioni Federalimentare, nel 2018 sono ulteriormente cresciuti a 385.000 circa, con una crescita complessiva, considerando l'intero periodo 2012-2016, che si attesta sul +5,05%.

Guardando nel dettaglio il settore agricolo nel 2017, sono poco più di 1,5 milioni le unità economiche che operano principalmente o come attività secondaria nel settore. Hanno una superficie agricola utilizzata di circa 12,8 milioni di ettari, una dimensione media di 8,4 ettari e una produzione standard media di 38,7 mila euro.

Le imprese agricole sono 413 mila (27,3% del totale) e detengono oltre il 65% della superficie agricola utilizzata (oltre 20 ettari la dimensione media). Le imprese agricole attive rappresentano la tipologia di unità economicamente più rilevante: l'attività agricola è quella principale, organizzata sotto forma di impresa e rivolta principalmente al mercato.



La loro dimensione economica assorbe il 75,8% della produzione standard complessiva. Le imprese agricole con un'azienda agricola associata specializzata in coltivazioni e/o allevamenti sono 397 mila (26,2%) mentre ammontano a circa 16 mila (1%) le imprese senza un'azienda agricola, operanti in attività di supporto all'agricoltura, nella silvicoltura e nella pesca e acquacoltura.

Sono 86 mila le aziende agricole (5,7% del totale) gestite da imprese che operano in maniera prevalente in altri settori produttivi (5,5% del totale con una dimensione media di 7,4 ettari), da istituzioni pubbliche e da istituzioni non profit (0,1% del totale, ma con una dimensione media molto elevata e pari rispettivamente a 63,1 ettari e 33,1 ettari). Le aziende agricole il cui conduttore è una unità economica non attiva, che possono operare occasionalmente per il mercato, sono 550 mila (36,3% del totale) e utilizzano oltre il 22% della superficie agricola. Infine, le aziende gestite da persone fisiche (famiglie), la cui principale ragione produttiva è quella dell'autoconsumo, sono oltre 465 mila (30,7% del totale) e risultano di piccolissime dimensioni (1,7 ettari per azienda⁴).

La bioeconomia italiana abbraccia tutti i principali settori della produzione primaria, quali agricoltura, silvicoltura, pesca e acquacoltura, i settori della trasformazione delle risorse biologiche, quali l'industria dell'alimentazione e delle bevande, l'industria della lavorazione del legno, della pasta di carta e della carta, le bioraffinerie e alcune delle industrie chimiche, cosmetiche biotecnologiche, e dell'energetiche, ma anche quelle marine e marittime.

Attualmente la bioeconomia italiana realizza circa 328 miliardi di euro di fatturato annuo con 2 milioni di posti di lavoro. La "Strategia Italiana per la Bioeconomia" (BIT) si pone l'obiettivo di raggiungere entro il 2030 un aumento del 15% nella performance attuale della bioeconomia italiana⁵.

Queste stime comprendono tutti i settori della produzione primaria a terra e in mare, i settori della trasformazione della biomassa e dei prodotti che ne derivano, inclusa la bioenergia, più il trattamento e la valorizzazione delle acque reflue (12.1 miliardi di euro) e della frazione organica dei rifiuti urbani (6.8 miliardi di euro).

Per la parte di blue economy i dati a livello europeo rappresentano anch'essi valori rilevanti a, con un fatturato di 750 miliardi di EUR e 5 milioni di addetti nel 2018 (+11,6% rispetto all'anno precedente), si può definire anche l'economia blu dell'UE in un buono stato di salute.

Nonostante settori quali il turismo costiero e marino, la pesca e l'acquacoltura siano stati gravemente colpiti dalla pandemia di coronavirus, l'economia blu nel suo complesso ha un enorme potenziale per contribuire alla ripresa verde⁶.

In termini assoluti, i cinque maggiori Stati membri (il Regno Unito, Spagna, Germania, Italia e Francia) sono i maggiori contributori all'economia blu dell'UE sia per l'occupazione (con un contributo combinato del 58%) e VAL (un contributo combinato del 69%). Di questi, solo l'Italia ha visto diminuire la propria quota di occupazione e VAL rispetto al 2009 (la Francia ne ha persi alcuni motivo di occupazione). Altri paesi con contributi significativi in termini di occupazione o VAL includono la Grecia, Portogallo, Paesi Bassi e Danimarca.

Analizzando la sezione di Green Economy, il valore aggiunto generato i settori dei beni e servizi legati alla protezione ambientale e alla gestione delle risorse naturali è pari a 36 miliardi di euro e corrisponde al 2,1% del PIL nazionale. Dal punto di vista occupazionale, il settore dell'economia ambientale ha creato, nel 2017, 386'000 posti di lavoro a tempo pieno. Si tratta di numeri importanti se si pensa che i *green jobs* equivalgono agli occupati nell'ICT, che conta 385'000 addetti⁷.

Più in dettaglio, circa due terzi del valore complessivo della "green economy" deriva dalla produzione di beni e servizi destinati alla gestione delle risorse naturali. Tra queste prevale la gestione delle risorse energetiche che realizza il 60% del valore aggiunto, con un 47,2% del valore aggiunto derivante da produzione di energia da fonti rinnovabili (idroelettrico, solare, eolico, geotermico, biomasse, biocombustibili) e un 12,3% da risparmi nella gestione del calore/energia. Il restante terzo (34,7%) di valore aggiunto riguarda le attività di protezione ambientale, fra le quali

⁴ Fonte dati ISTAT 2017 pubblicazione 2 dicembre 2019 Struttura e caratteristiche delle unità economiche del settore agricolo.

⁵ BIT II La Bioeconomia in Italia.

⁶ https://ec.europa.eu/italy/news/20200611_la_CE_pubblica_oggi_la_relazione_2020_sull_economia_blu_it

⁷ Analisi Confartigianato dati ISTAT del 2017.



spicca la gestione dei rifiuti, che rappresenta il 19.7%. A seguire: gestione delle acque reflue con l'8.3% del valore aggiunto; protezione e risanamento del suolo, delle acque del sottosuolo e delle acque di superficie con il 4.0% e la protezione di aria e clima con l'1.9%.

Per quanto riguarda la transizione verso modelli produttivi e di business sostenibili in termini di economia circolare, è un po' prematuro in questo momento disporre di cifre consolidate, ma il settore è in forte crescita costante negli ultimi anni.

Nel 2019, si stima che quasi 300'000 imprese, per un valore percentuale pari al 21.5% del totale nazionale abbiano destinato risorse verso questa transizione. Ciò pone il sistema produttivo nazionale verso una leadership europea nelle performance ambientali.

Questo ha avuto riflessi significativi anche sull'occupazione: in Italia, nel 2018, si sono registrati più di 3 milioni di "green jobs", che costituiscono circa il 13.4% del totale complessivo nazionale. Una crescita di circa 100 mila unità in più rispetto al 2017 con un aumento significativo in percentuale rispetto a quello registrato per le altre figure professionali (rispettivamente +3.4% contro +0.5%). Inoltre, la forte spinta verso la sostenibilità del nostro sistema industriale è stata data dalle imprese guidate da giovani imprenditori sotto i 35 anni, che hanno fatto registrare circa il 25% di eco-investimenti in più rispetto a quelli effettuati da imprese guidate da over 35.

Infine, il settore agrituristico - strettamente legato ai territori locali e alle tradizioni culturali e storiche - merita una menzione speciale. In Italia, infatti, questo settore ha un fatturato stimato di 1.4 miliardi di euro, con un tasso di crescita negli ultimi tre anni del 7%.

La diffusione di Sars-CoV-2 nel 2020 sta creando effetti sui sistemi economici e sociali di tutti i Paesi, a causa delle contrazioni nel livello della produzione, nella spesa delle famiglie, negli investimenti e negli scambi con l'estero. Qualora l'emergenza sanitaria si protraesse a lungo, l'Europa e l'Italia soffrirebbero a causa delle possibili rotture nelle catene di fornitura internazionali, la crisi dei settori della ristorazione e dell'ospitalità, difficoltà logistiche, carenza di personale e problemi nel rispettare le prescrizioni in materia di tutela della salute. Si amplierebbe inoltre il numero di cittadini in situazione di povertà alimentare, portando alla riduzione di attenzione verso regimi alimentari sostenibili e sani.

Per attenuare l'effetto di COVID 19 sull'economia e la società del nostro Paese e del nostro continente, una bioeconomia basata sui principi della sostenibilità ambientale e sociale e dell'economia circolare, come quella qui auspicata, potrà fornire un contributo sicuramente importante.

Va sottolineato come il numero delle famiglie in situazione di povertà e degli individui in sovrappeso e obesi fosse in crescita in Italia già da prima di COVID 19. Le politiche pubbliche e le attività di innovazione devono considerare questi temi fra le priorità da affrontare e risolvere.

Ricerca e innovazione per lo sviluppo economico e sociale delle aree rurali

La recente evoluzione del territorio rurale italiano è caratterizzata da una perdita di competitività del settore agro-industriale e forestale nel suo complesso, pur con rilevanti differenze tra regioni e aree. A fianco di alcuni territori che hanno fruito di buoni livelli di sviluppo economico e sociale, quasi sempre nell'ambito delle filiere delle oltre 800 Indicazioni Geografiche italiane, in molti contesti si sta assistendo ad una minore attrattività delle attività agricole, mentre il settore forestale soffre per la scarsità di filiere adeguatamente organizzate.

Ciò avviene nonostante le interessanti potenzialità economiche connesse all'agricoltura professionale e di qualità, ai prodotti tipici, al settore foresta-legno e, più in generale, allo sfruttamento dei legami di natura culturale e produttiva tra agricoltura, selvicoltura, zootecnia, ambiente e territorio.

Nello scenario apertosi con la pandemia, peraltro, l'interesse generale nei confronti del settore agroalimentare e ambientale si è sicuramente rafforzato. Covid19 ha definitivamente comprovato, infatti, la stretta relazione fra stato dell'ambiente, cibo, salute personale e sostenibilità del Pianeta e l'importanza della produzione nazionale per la sicurezza delle forniture alimentari e primarie.



Va considerata con attenzione, inoltre, l'attrattiva che il vivere in aree non metropolitane sta esercitando nei confronti di un numero crescente di lavoratori in modalità a distanza. Tale tendenza può contribuire alla rivitalizzazione delle aree rurali. Essa richiede, però, che siano presenti servizi e attività sociali garantibili solo da un settore primario prospero e redditizio.

In questi anni sta inoltre crescendo l'importanza assegnata dalla nostra società alla tutela e alla valorizzazione delle risorse ambientali (biodiversità e paesaggio, risorse idriche, suolo, clima). Le complesse questioni dello sviluppo sostenibile vanno adeguatamente considerate per uno sviluppo equilibrato delle attività agro-silvo-pastorali, perché solamente dalla gestione attenta e sostenibile delle risorse naturali possono derivare ulteriori opportunità per il settore.

In sintesi, migliorare la competitività e la redditività del settore agricolo, zootecnico e forestale in una prospettiva di sviluppo sostenibile consentirebbe di migliorare la qualità della vita nelle zone rurali, attirare nuove energie e professionalità, e consentirebbe agli agricoltori di esercitare al meglio il loro ruolo centrale nel valorizzare l'ambiente e lo spazio rurale.

Per conseguire tale obiettivo, occorrono innanzitutto investimenti strutturali che aiutino ad elevare le caratteristiche sociali e competitive del contesto rurale, attraverso la piena connessione digitale, il superamento delle situazioni di eccessivo isolamento fisico, la costruzione delle necessarie infrastrutture logistiche e l'accesso a servizi sanitari ed educativi della stessa qualità del resto della popolazione.

Vanno inoltre promosse ulteriori forme di reddito per gli imprenditori agricoli e forestali attraverso la diversificazione delle attività economiche, mettendo in più stretta relazione, nei singoli territori, agricoltura, silvicoltura, zootecnia, turismo, eno-gastronomia e altre possibili attività economiche. Vanno inoltre sfruttate le opportunità che possono discendere dalla connessione fra filiere eterogenee, in una logica di bioeconomia circolare.

Per sfruttare le potenzialità economiche del settore, un supporto essenziale può derivare dall'adozione di più elevati livelli di innovazione tecnologica, organizzativa, nella consapevolezza che questo richiede anche un cambiamento del sistema di valori e nella cultura degli imprenditori.

Innovazione organizzativa

Per innovazione organizzativa si intende l'adozione di nuovi modelli di relazione e collaborazione fra gli operatori, anche fra quelli loro tradizionalmente in competizione, fra quelli all'interno e all'esterno della stessa filiera, e con gli altri attori del sistema economico. Tale innovazione, che richiede una crescita culturale interna, si sostanzia in modificazioni nelle strutture organizzative e nei meccanismi di gestione, anche per cogliere le opportunità derivanti dalle tecnologie digitali, in una maggiore professionalizzazione della gestione, nell'introduzione di nuovi modi di organizzare il lavoro e in una maggior attenzione ai temi della programmazione, del marketing e della comunicazione.

Innovazione tecnologica

L'innovazione tecnologica consente, anche a realtà di piccole dimensioni, di migliorare il monitoraggio, la gestione e l'uso delle risorse naturali, in primis terreno e acqua, minimizzare l'utilizzo di pesticidi e fertilizzanti, e adeguarsi agli standard di riferimento in materia di ambiente, igiene e benessere degli animali, sicurezza alimentare, sicurezza sul lavoro, qualità e sostenibilità dei prodotti. Possono essere inoltre sfruttate al meglio le opportunità derivanti dalla ricerca scientifica, con riferimento, ad esempio, alla agricoltura e selvicoltura di precisione, alla nutrizione, ai nuovi materiali e all'intelligenza artificiale.

Innovazione culturale

Le politiche pubbliche sullo sviluppo rurale devono passare da una visione di tipo difensivo ad una di tipo proattivo, rimarcando la strategicità della gestione del territorio e del capitale naturale come strumento di sviluppo socio-economico, dimostrando la sinergia tra ambiente ed economia (proteggere l'ambiente come pre-condizione per le attività sociali ed economiche), per una vera transizione green del nostro modello di sviluppo. L'opera di recupero, mantenimento e rafforzamento degli ecosistemi e dei loro servizi e relativi benefici socio-economici alle comunità, deve



rappresentare un punto cardine delle politiche pubbliche di sviluppo rurale, insieme alla promozione di esperienze imprenditoriali da parte di giovani, donne e immigrati.

Gli imprenditori e operatori agro-alimentari e del settore forestale devono essere sempre più consapevoli che la valorizzazione delle loro attività, anche in termini economici, passa attraverso la diffusione di pratiche eco-compatibili, la tutela e la salvaguardia delle risorse genetiche animali e vegetali soggette a erosione genetica, la tutela del paesaggio rurale e dei suoi elementi distintivi, il presidio del territorio, soprattutto nelle aree agro-silvo-pastorali ad alto valore naturale e nelle zone svantaggiate, la riduzione della frammentazione degli habitat naturali e semi-naturali, la riduzione della semplificazione del paesaggio, la valorizzazione dei servizi ecosistemici.

Occorre, infine, promuovere nelle imprese agro-alimentari un sistema di valori maggiormente attento ai principi e agli strumenti del buon governo e della buona gestione aziendale.

Il permanere di dimensioni assai limitate nelle imprese del settore nonché la scarsa integrazione verticale e orizzontale delle filiere e, più in generale, del comparto agroalimentare rendono difficile l'accesso all'innovazione e il pieno sfruttamento delle notevoli potenzialità e della diversità del patrimonio agroalimentare italiano. Politiche di incentivazione fiscale e la creazione di nuovi meccanismi di relazione fra aziende agroalimentari e centri di ricerca possono fornire un contributo essenziale per superare tali criticità.

Per l'evoluzione del comparto e l'induzione dell'innovazione, un ruolo centrale è svolto dalla capacità tecnico-amministrativa e progettuale delle istituzioni pubbliche nel condizionare l'efficienza e l'efficacia dei programmi di sviluppo rurale, ai vari livelli di programmazione e gestione (nazionale, regionale e locale), nonché dalla efficacia delle politiche fiscali a supporto degli investimenti nel settore.

Per lo sviluppo del settore è infine essenziale modificare i rapporti di forza fra gli attori della filiera, per evitare che la produzione venga eccessivamente svantaggiata rispetto agli operatori più vicini al consumatore. A tal fine, è essenziale che fra le fasi di produzione e quelle di trasformazione si passi da una logica di competizione ad una di forte cooperazione, anche attraverso la definizione di contratti di fornitura più equi e la condivisione delle pratiche tecnologiche più innovative.

Ricerca e innovazione nel comparto alimentare industriale

La competitività del comparto alimentare italiano è centrata su una superiore qualità della sua offerta, qualità che è la risultante dalle caratteristiche dell'insieme di cinque componenti tra loro interdipendenti: i) il prodotto; ii) l'impresa; iii) il territorio, iv) il consumatore; v) il Paese Italia.

Tuttavia, le nostre produzioni si trovano ora ad affrontare una forte pressione competitiva: da un lato, dall'offerta di attori di grandissime dimensioni con forte vantaggio di produttività e costi, in grado di collocare sul mercato prodotti di standard accettabili, ma con prezzi molto inferiori. Dall'altro, sulla stessa fascia di mercato, grandi imprese internazionali attuano una strategia di differenziazione, sfruttando elevate capacità di comunicazione e distribuzione, riuscendo a ridurre fortemente i costi.

Per contenere queste minacce, le imprese italiane devono puntare all'innovazione, migliorare la loro produttività e possibilmente beneficiare di una riduzione degli oneri indiretti, ma, in particolare, è necessario investire su un continuo miglioramento dell'offerta, focalizzandosi anche sull'evoluzione delle esigenze del consumatore e del suo modo di percepire l'elevata qualità di un alimento.

Miniaturizzazione industriale: l'opportunità di bioraffinerie integrate nel territorio

Una crescente attenzione al territorio ed alle sue precipue risorse è naturale ed opportuno che adotti i tre pilastri della bioeconomia circolare: annullamento degli scarti, allungamento del ciclo di vita dei beni, chiusura del ciclo produttivo in termini di masse ed energie.

Questa visione offre l'opportunità di postulare processi produttivi che, abbracciando i principi della sostenibilità, offrano un reale rilancio dei territori, che possa accompagnarsi quindi ad una nuova consapevolezza culturale ed economica.



Le bioraffinerie sono intrinsecamente e costitutivamente legate alle biomasse, e quindi al territorio: grazie alla versatilità dei processi di trasformazione (chimici, fisici, biologici) possono trasformare la differenziazione e frammentazione della produzione primaria (caratteristica del nostro Paese) da potenziale problema a risorsa. Inoltre, i principi operativi sono votati all'attenzione verso un basso impatto ambientale, permettendo quindi di immaginare la collocazione degli impianti produttivi in prossimità dei luoghi della produzione primaria, senza escludere una collocazione a valle di produzioni industriali tradizionali già in essere.

In entrambi i casi, è opportuno postulare che tali bioraffinerie si integrino a completamento (in “cascata”) di filiere produttive primarie preesistenti o di nuova costituzione, valorizzando scarti e residui, o possano rappresentare un anello di congiunzione mettendo in comunicazione settori che per natura tradizionale non lo siano. La loro natura si presta quindi ad una *miniaturizzazione che può ben accompagnare sia la disponibilità delle biomasse, sia la loro logistica* (legata anche alla *carbon footprint*) e non ultimo *la capacità di una duttilità in termini di gestione dei feedstock in ingresso e potenzialmente dei prodotti in uscita*. Importante qui sottolineare la necessità del recupero della logica del *cascading*, di tradizione dell'industria del legname, che possa legare l'abbondanza ed il valore della biomassa in ingresso con il volume ed il prezzo di mercato dei prodotti in uscita.

Questo approccio prevede da una parte un importante investimento tecnologico, sia per lo sviluppo dei processi stessi sia per il loro sostentamento produttivo: la necessità di tracciare le risorse, la loro disponibilità nel tempo, la loro caducità possono a loro volta ampliare le opportunità di innovazione ed impiego di personale a diversi livelli di specializzazione, nonché permettere al sistema paese una conoscenza molto più puntuale delle risorse e della loro valorizzazione.

La gestione tecnologica di questi flussi potrebbe anche vedere lo sviluppo non solo di tecnologie che permettano un monitoraggio preciso e continuo, ma auspicabilmente anche di protocolli che disegnino una capacità proattiva e reattiva in caso di situazioni critiche, siano esse legate al territorio stesso, come nel caso di catastrofi naturali, o ad emergenze sanitarie.

In ultimo, la miniaturizzazione permetterebbe anche di sviluppare realtà produttive in cui produzione primaria e trasformazione ritornino in una prossimità che consenta una loro reciproca valutazione, valorizzazione ed accettazione, premesse per un coinvolgimento attivo della popolazione sia alla loro sopravvivenza sia alla valorizzazione dei territori coinvolti. Questo non è in contrasto con lo sviluppo di *Smart Cities*, che anzi potrebbero altrettanto giovare di queste logiche, ed entrare in un rapporto più dinamico con un territorio circostante ricco ed attivo, sia economicamente che culturalmente.

Sfide e obiettivi

I settori di pertinenza di questo grande ambito sono oggi sottoposti ad una notevole pressione a causa dei cambiamenti sociali in corso in questi anni. Da una domanda di sostenibilità da parte dei paesi sviluppati a quella di soddisfacimento di bisogni primari per i paesi in via di sviluppo. Un perfetto esempio di ciò è osservabile all'interno della filiera agroalimentare.

L'ONU stima infatti che la crescita dei fabbisogni, legati all'aumento demografico (10 miliardi di abitanti entro il 2050), porterà a dover raddoppiare la produzione alimentare a livello globale. Tutto questo in un contesto di grande disparità, con 3 miliardi di persone sovrappeso e 2 miliardi di malnutriti, mentre il 25% del cibo è sprecato.

Il settore agroalimentare deve quindi sostenere sfide epocali e tutte le stime prevedono l'esigenza di aumentare il cibo prodotto nei prossimi decenni (almeno del 50% a livello globale) per soddisfare i fabbisogni nutritivi della popolazione. Ciò comporta anche notevoli pressioni sull'ecosistema marino che rischia di risultarne compromesso.

Questo richiederà inevitabilmente una nuova “rivoluzione verde”, che dovrà essere gestita con l'“intensificazione sostenibile” delle produzioni per evitare di impattare negativamente sul capitale delle risorse naturali, contribuendo non solo alla loro conservazione, ma anche a renderle più abbondanti e disponibili.

Una sfida inderogabile per il settore primario è arrestare l'abbandono delle zone interne e invertire questa tendenza, attraverso la creazione di opportunità di lavoro e il miglioramento dei servizi. In questo senso vanno valorizzati i servizi



ecosistemici offerti dalle attività agricole e forestali, in sinergia con molti settori della bioeconomia e anche con i comparti del turismo, del patrimonio culturale e del recupero delle tradizioni locali.

Anche la filiera produttiva in generale non è immune da trasformazioni. Il concetto di “uso sostenibile delle risorse” viene ormai coniugato in termini di circolarità. Modelli economici di tipo lineare non sono più accettabili. Oltre al riciclo dei materiali a fine vita deve essere implementata una progettazione volta ad allungarne il periodo d’uso e al recupero delle parti non usurate (concetti di “*ecodesign*” e “*remanufacturing*”).

Purtroppo, l’economia mondiale è ancora scarsamente circolare. Per secoli i nostri sistemi industriali si sono basati su processi lineari di produzione, impostati su una catena di azioni – prendo, produco, consumo, scarto – dettata dall’abbondante disponibilità di risorse. La conseguenza è che solo il 9% dei 92.8 miliardi di tonnellate di minerali, combustibili fossili, metalli e biomassa che entrano nell’economia ogni anno sono riutilizzati⁸. Lo stretto legame tra cambiamenti climatici ed uso di risorse è ben rappresentato dalle emissioni di gas nocivi per l’ambiente: i processi produttivi a monte (estrazione, lavorazione e produzione di beni) generano il 62% delle emissioni, le fasi a valle (trasporto ed uso) il 38%.

Le società moderne dovrebbero concentrare i loro sforzi verso la massimizzazione dell’uso delle risorse esistenti, favorendo la repentina transizione dal modello lineare a un modello circolare, che in ogni fase – dalla progettazione, alla produzione, al consumo, fino alla destinazione a fine vita – riduca l’utilizzo di materie prime ed energia, minimizzando scarti e perdite⁹.

Il processo di circolarizzazione dell’economia porta con sé grandi aspettative quali:

- un uso più efficiente delle risorse naturali, con benefici per l’ambiente in termini di prevenzione/riduzione dell’inquinamento di acqua e suolo;
- il miglioramento delle condizioni di salubrità delle condizioni di vita della popolazione, secondo la logica di “one health”, la visione integrata della salute umana, animale e ambientale;
- una riduzione dell’impatto delle emissioni di gas serra in atmosfera (EU stima una riduzione delle emissioni di CO₂ pari a 450 milioni di tonnellate al 2030¹⁰, 11 e sta puntando anche a riduzioni maggiori);
- un aumento dei fattori di competitività a causa di una riduzione dei rischi legati all’approvvigionamento delle materie prime (EU stima possibili tagli dei costi nell’ordine dei 600 miliardi di euro);
- la creazione di nuovi posti di lavoro su nuove professionalità (EU stima circa 580’000 nuovi posti netti di lavoro).

Infine, è necessario valutare quantitativamente tutte le opzioni possibili. Pertanto, non si può più fare a meno di impiegare modelli quantitativi di impatto ambientale (vedi LCA). Costi e benefici devono essere ben chiari e quantificati, includendo non solo le materie prime e il fine vita ma anche tutto l’impatto della filiera logistica.

Tutto questo richiede anche nuovi modelli di business, capaci di organizzare, gestire e rendicontare le attività di impresa in maniera coerente con le esigenze dell’economia circolare e delle richieste degli “*stakeholder*”, ed in grado, allo stesso tempo, di consentire innovativi meccanismi di relazione fra le imprese appartenenti alle stesse filiere e a quelle di filiere diverse ma integrabili.

Punti di forza

Tanto l’Italia è un paese povero di materie prime fossili tanto presenta una ricchezza nella biodiversità di risorse agricole, forestali, marine e di biomasse in genere.

L’utilizzazione di queste risorse produce biomassa di scarto ancora ricca di composti chimici di grande valore economico che possono essere estratti e opportunamente valorizzati (vedi ad esempio la filiera nutraceutica) prima della

⁸ <https://www.circularity-gap.world/>.

⁹ SDSN, Sustainable Development Report 2019.

¹⁰ Il settore industriale emette direttamente il 21% della CO₂, pari a 8.3 Gton/y.

¹¹ Roadmap to 2050: A Manual for Nations to Decarbonize by Mid-Century, FEEM e SDSN, P. Carnevale and J.D. Sachs et al., September 2019.



finale destinazione delle biomasse alla valorizzazione energetica o più auspicabilmente alla valorizzazione chimica (waste-to-chemicals W2X).

La forza propulsiva deriva dall'integrazione trasversale di conoscenze scientifiche e tecnologiche multisettoriali che valorizzano, in un'ottica "sistemica", le bio-risorse non alimentari delle aree rurali, costiere e marginali offrendo nuove soluzioni a basso impatto per tutte queste aree. I prodotti della bioeconomia alimentano imprese di molti comparti manifatturieri e del *Made in Italy*.

Punto di forza del nostro Paese è anche la notevole *biodiversità naturale*, sostenuta da una molteplicità di scenari ambientali unica al mondo che rendono l'Italia il Paese con il più alto numero di specie viventi in Europa.

Questa ricchezza è ancora largamente inesplorata e può offrire importanti prospettive di sviluppo professionale e d'impresa. In particolare, nel periodo post emergenza Covid19, è praticabile l'impiego di piante e alghe anche in processi biologici e biochimici per ottenere farmaci e vaccini in grandi quantità e a costi contenuti.

Punti di debolezza

Sfortunatamente, l'Italia presenta una bilancia commerciale fortemente negativa nei settori agroalimentare, energetico e di tutte le materie prime in generale, incluso il legno. Quindi quanto evidente per il settore agroalimentare è valido anche per gli altri settori menzionati. Ciò espone il Paese alla necessità di ricorrere a importazioni che pesano fortemente in termini di "capital outflow".

Come succede sovente in Italia, il settore agroalimentare presenta *entità produttive di piccole dimensioni*. Non solo nella filiera industriale della trasformazione ma anche in quella delle aziende agricole, forestali e ittiche. Nel campo delle produzioni agricole e della tutela delle risorse naturali, il nostro Paese, in contro tendenza rispetto alle tendenze mondiali¹², sconta un ritardo nell'innovazione scientifica dovuto anche all'ostracismo verso approcci biotecnologici sostenibili per il miglioramento della produttività di piante e animali e la resistenza a fattori di stress e malattie.

La necessità di utilizzare al meglio le materie prime, bio-derivate o meno, le fonti energetiche, le reti di trasmissione e distribuzione dei vettori energetici, unitamente alla particolare logistica del territorio italiano suggeriscono una declinazione a livello locale dei concetti di simbiosi industriale e di comunità energetica.

Questa visione si contrappone all'attuale situazione che, per vento e solare, vede una prevalente disponibilità di fonti al Sud e una richiesta energetica prioritariamente al Nord.

Tanto l'incremento dell'indice di penetrazione nel mercato di prodotti da fonte rinnovabile, quanto il superamento dei concetti di scarto e rifiuto in favore di un completo recupero delle materie prime e/o di una rifinalizzazione o riutilizzo del prodotto a fine vita necessitano di un quadro normativo ed autorizzativo chiaro e stabile a garanzia degli investimenti pubblici e privati nel settore.

Key performance indicators

Indicatori di prestazione quantificabili possono essere:

- La frazione di biomassa destinata alle varie filiere ad alto valore aggiunto rispetto a quella raccolta e indirizzata alla valorizzazione energetica. Questo indicatore è legato allo spingere la filiera verso la sostituzione delle materie prime fossili e non alla termovalorizzazione;
- La frazione di rifiuti destinati al recupero chimico (W2X). Tutti i sottoprodotti industriali e i prodotti a fine vita devono essere orientati verso il riciclo. Ciò è particolarmente rilevante per i metalli e le plastiche;
- Nell'ottica dell'economia circolare un indicatore può essere anche la riduzione netta dell'import di materie prime;
- Nell'ambito di un Programma Nazionale per la Ricerca, hanno ovviamente rilevanza il numero di pubblicazioni prodotte in riviste indicizzate per anno e per numero di autori e il relativo numero di citazioni. Essendo il

¹² <http://faostat.fao.org>.



settore fortemente applicato e con sicure ricadute possibili nella filiera produttiva, anche il numero di brevetti internazionali depositati (o meglio licenziati alle imprese) costituisce un rilevante indicatore di prestazione;

- Rispetto all’impatto sul sistema europeo della ricerca, un indicatore sarà quello del numero di progetti europei sia a livello di coordinamento che inserimento in partenariati.

Progetti di sistema e grandi linee di azione

Tenendo conto delle caratteristiche delle filiere inerenti questo grande ambito è possibile pensare a due grandi progetti di sviluppo realizzabili nel breve e medio periodo.

- Il primo è connesso alla necessaria digitalizzazione del Paese. Tutte le produzioni primarie, i sottoprodotti generati, i rifiuti da ricondizionare debbono essere tracciabili per poter attivare filiere complete e per poter essere correttamente valorizzati. Le moderne tecnologie di Intelligenza Artificiale potrebbero aiutare in questo senso le imprese e gli operatori sul territorio per la tracciabilità e aiutare il cittadino a differenziare correttamente i flussi di materiali, anche omogeneizzando le modalità di raccolta a livello territoriale. Ciò impatta tutta la filiera industriale del recupero, dove la mancanza di disponibilità d’informazioni sulla qualità e quantità del materiale disponibile (non si conosce esattamente la composizione in termini di purezza e additivi presenti così come la gestione di piccoli lotti impedisce economie di scala) porta alla formazione di lotti misti inevitabilmente associati a bassa qualità. Si deve sempre tenere in considerazione che il riciclo ha sempre un costo e non sempre si individuano i processi più convenienti per farlo, spesso distruggendo il valore dei piccoli lotti di maggiore qualità. Un processo di recupero e riciclo mal progettato incrementa i costi di riciclo.

In questo contesto cruciale lo sviluppo di una logistica avanzata che, anche basandosi su approcci di gestione di “*artificial intelligence*” (AI), permetta la messa in rete di produzioni, eccedenze e scarti di produzione in una logica di sinergia territoriale (“*physical internet*” delle materie prime, prodotti e scarti). Digitalizzazione, “*big data*”, intelligenza artificiale sono strumenti abilitanti trasversali che permettono lo sviluppo di algoritmi da utilizzare sia nei sistemi di produzione che a fini gestionali, predittivi e di scenario. In questo modo sarà possibile avere a disposizione strumenti decisionali di supporto (“*decision support systems*”) per rispondere in maniera rapida alle esigenze dei settori della produzione primaria e anche della ricerca e applicata. L’AI è l’innovazione “*game changing*” anche per la trasformazione dei sistemi produttivi agricoli e forestali, dove essa è chiamata a dare un contributo decisivo per migliorare l’efficienza d’uso delle risorse e per alimentare la tracciabilità (anche con approcci “*blockchain*”) a garanzia della qualità delle produzioni e a tutela del consumatore. L’intelligenza artificiale è inoltre strategica anche per ridurre l’isolamento delle aree interne e contrastare i fenomeni di abbandono, nonché per monitorare lo stato delle risorse naturali. Più in generale si può affermare che la digitalizzazione e la completa tracciabilità del sistema “*from farm to fork*” (“*dal produttore al consumatore*”) potrà consentire in futuro una più efficace risposta alle emergenze, sulla base di una solida capacità predittiva e di una transizione da una strategia re-attiva ad una pro-attiva, aumentando complessivamente la resilienza del sistema Italia.

- Il secondo è legato alla promozione della simbiosi industriale. Il Paese è già oggi dotato di distretti industriali definiti nell’ambito dei settori manifatturiero e agroalimentare. L’integrazione tra l’agricoltura alimentare e non alimentare è di fatto un modo nuovo di considerare un’unica nuova agricoltura in cui, quello che in passato era considerato sottoprodotto o scarto, diventa coprodotto con valore aggiunto, sia economico che ambientale. La conoscenza della struttura e della funzione dei sistemi naturali è una preconditione al mantenimento della loro integrità, come richiesto per esempio, sia dalla “*Biodiversity Strategy*” che dalla “*Marine Strategy Framework Directive*” della Unione Europea. Questa conoscenza permetterà di disegnare sistemi osservativi per ottenere informazioni che ci permettano di guidare e ridisegnare le attività economiche che insistono direttamente o indirettamente sull’ambiente marino e terrestre, inclusa la mobilità, la portualità, il turismo, l’industria, la pesca e l’acquacoltura, la produzione di energia, l’estrazione di minerali e altre attività a base terrestre che, attraverso la rete delle acque interne, riversano in mare rifiuti e sostanze inquinanti di origine agricola, industriale e civile. La simbiosi industriale deve comprendere anche la connessione fra aree produttive, aree a bassa antropizzazione e aree naturali attraverso la realizzazione di reti ecologiche regionali e nazionali che possano contenere porzioni di periferie urbane, le nuove aree industriali, i centri commerciali,



i poli sportivi e scolastici, ma anche le aree destinate a produzione agricola. Una simile visione rende utile, produttivo e sostenibile l'intero spazio territoriale coinvolgendo l'intera comunità. Importante è anche l'integrazione dei servizi ambientali con quelli turistici.

L'esperienza italiana delle Aree industriali Ecologicamente Attrezzate (AEA), introdotte nell'ordinamento nazionale dall'art. 26 del DLgs 112/1998 che le definisce come aree industriali "dotate delle infrastrutture e dei sistemi necessari a garantire la tutela della salute, della sicurezza e dell'ambiente", costituisce un modello di riferimento per lo sviluppo di innovazione sia tecnologica che organizzativa nel contesto della Simbiosi Industriale.

Nel piano di azione UE per l'economia circolare, la simbiosi industriale gioca un ruolo fondamentale per attivare processi di interazione aziendale finalizzati all'ottenimento di vantaggi competitivi derivanti dal trasferimento di risorse tra due o più industrie dissimili.

Per sviluppare sistemi di simbiosi industriale innovativi occorre:

- incoraggiare la collaborazione e promuovere contatti e scambi di informazioni ed esperienze tra enti di ricerca, enti di controllo ed imprese;
- condividere esperienze, problematiche, e studiare le opportunità a livello economico, territoriale e sociale sui temi della simbiosi industriale;
- individuare soluzioni alle principali criticità di carattere tecnico e normativo alla implementazione di percorsi di simbiosi industriali;
- trasferire e diffondere informazioni tramite banche dati, siti web ecc.;
- sviluppare attività di diffusione ed informazione.

Il tutto potrebbe configurarsi come Missione del Grande Ambito "Prodotti alimentari, bioeconomia, risorse naturali, agricoltura, ambiente", incrociando l'interesse anche di altri Grandi Ambiti del PNR.



6.1 Green technologies

Contesto attuale, motivazioni ed evoluzioni

L'area delle Green Technologies è di per sé fortemente trasversale in quanto potenzialmente pervasiva in numerosissimi settori di interesse per la competitività del Paese. Facendo riferimento al Primo Piano Strategico del Programma Horizon Europe, le principali direttrici delle Green Technologies possono essere riferite ai Cluster 4, 5 e 6. Specificamente, nell'ambito del Cluster 4 (Digital, Industry and Space) le Green Technologies contribuiscono in modo sostanziale allo sviluppo di una economia industriale sostenibile e circolare. Sono di particolare rilievo i concetti cardine di: chimica rigenerativa (che punta alla riqualificazione ed al recupero di materie prime seconde da prodotti a fine ciclo di vita); chemical leasing (nuovi modelli di business che promuovono l'uso efficiente dei chemicals secondo i paradigmi della "performance economy"); de- e re-manufacturing (aumento del tempo di vita di prodotti ad elevato valore aggiunto, recupero di risorse critiche, utilizzo in processi secondari,...); riciclo intelligente e refurbishment (ripristino delle funzionalità iniziali tramite interventi a basso costo/basso impatto).

La direttrice 4.9 (circular industries) è di particolare rilievo in questo contesto e sollecita a considerare il rifiuto non come uno scarto ma come una sorgente di materiali riciclabili all'interno di comunità e distretti in grado di sviluppare adeguate simbiosi industriali (in questo contesto si suggerisce di investire anche in nuovi modelli di gestione di eccedenze e scarti di produzione in una logica di sinergia territoriale). La direttrice 4.10 (Low Carbon and Clean Industries) fa esplicito riferimento all'economia dell'idrogeno (generazione da fonti energetiche rinnovabili, stoccaggio, conversione) e al ciclo della CO₂ (cattura, accumulo e conversione) e più in generale ad una più efficiente gestione del ciclo del carbonio.

Il Cluster 5 (Climate, energy and mobility) è dedicato ad uno sviluppo integrato di soluzioni per la produzione e l'utilizzo sostenibile di energia, tanto nei vettori consolidati (energia elettrica, gas naturale) quanto in quelli più innovativi (soprattutto idrogeno e biocombustibili). In questo ambito assumono rilevanza le strategie (Power-to-X ed i diversi percorsi di conversione della chimica solare) per lo stoccaggio di lungo termine dell'energia, in particolare di quella resa disponibile da fonti rinnovabili discontinue ed aleatorie, sotto forma di potenziale chimico di combustibili alternativi o convenzionali. In questo ambito, tanto la produzione e gestione di biomasse quanto lo sviluppo di processi di conversione tipici della chimica rigenerativa e delle biotecnologie (biocatalisi, ingegneria metabolica, sviluppo di bioreattori avanzati) costituiscono assets consolidati del nostro paese e soggetti privilegiati di futuri investimenti. Si ritiene di particolare valore strategico la creazione di sinergie tra i settori delle bioenergie e biocombustibili, biochemicals e bioprodotto e quelli della chimica di base e chimica fine allo scopo di instaurare filiere alternative per l'approvvigionamento delle materie prime.

Di fatto, il prodotto di output dalla valorizzazione dei sottoprodotti può essere o un composto chimico o un biocombustibile. La chimica delle formulazioni, storicamente molto presente nel nostro Paese, può rivestire un ruolo fondamentale nella piena realizzazione delle potenzialità di queste nuove fonti. Le sfide più rilevanti in questo ambito riguardano: lo sviluppo di fonti energetiche rinnovabili in grado di avere un impatto generalizzato sul settore energia. In particolare, un ruolo fondamentale potrà avere il biometano nel settore dei trasporti caratterizzato da consumi elevati, dalla quasi totale dipendenza da derivati fossili nonché da un'esigua penetrazione delle fonti rinnovabili; la creazione di sinergie tra bioenergie e bioeconomia.

Il cluster 6 (Food, Bioeconomy, natural resources, agriculture and environment) è quello che fa più esplicito riferimento al "European Green Deal": la roadmap che promuove l'uso efficiente delle risorse, l'implementazione di protocolli di economia circolare, la preservazione della biodiversità e la riduzione dell'inquinamento. Le attività previste in questo ambito sono in piena sinergia con quelle menzionate per i cluster 4 e 5 e si baseranno sulla integrazione della storica vocazione agricola ed industriale del Paese verso la completa realizzazione di una industria chimica ed energetica sostenibile, circolare e sinergica basata sui concetti della chimica trasformativa e della biorefinery. L'interazione tra l'industria bioenergetica ed i settori agricoli, zootecnici ed agroindustriale, oltre all'ottimizzazione dell'utilizzo delle risorse del territorio, dovrà concorrere al contenimento dello sfruttamento inidoneo delle risorse naturali, potenzialmente competitivo con le finalità primarie degli stessi, quali l'alimentazione, nonché



all'individuazione di pratiche anche gestionali partecipative finalizzate alla rimozione delle criticità di accettabilità sociale di nuovi impianti.

Calate nel contesto specifico del territorio italiano, le attività sopra menzionate devono tenere conto di rilevanti peculiarità. Il Paese è già oggi dotato di Distretti industriali a vocazione ben definita nell'ambito dei settori manifatturiero e agroalimentare. La necessità di utilizzare al meglio le materie prime, bio-derivate o meno, le fonti energetiche, le reti di trasmissione e distribuzione dei vettori energetici, unitamente alla particolare logistica del territorio italiano suggeriscono una declinazione a livello locale dei concetti di simbiosi industriale e di comunità energetica. Questa visione si contrappone alla attuale situazione che vede una prevalente disponibilità di fonti energetiche rinnovabili al Sud e una richiesta energetica prioritariamente al Nord. Pertanto, in un prossimo futuro le infrastrutture energetica dovranno subire complesse opere di adeguamento, ed è auspicabile che si faccia affidamento non solo alla sola rete elettrica, ma anche alla ramificata e capillare rete di gas naturale presente nel nostro territorio. È altrettanto importante prevedere importanti interventi di riqualificazione, refurbishing ed efficientamento del considerevole patrimonio industriale esistente. Tanto l'incremento dell'indice di penetrazione nel mercato di prodotti da fonte rinnovabile, quanto il superamento dei concetti di scarto e rifiuto in favore di un completo recupero delle materie prime e/o di una rifinalizzazione o riutilizzo del prodotto a fine vita necessitano di un quadro normativo ed autorizzativo chiaro e stabile a garanzia degli investimenti pubblici e privati nel settore.

Rilevanza rispetto alle transizioni ambientale, digitale, economica, energetica e sociale

Le green technologies sono trasversali alle grandi transizioni che si presenteranno nei prossimi anni.

Come dice il nome stesso, sono volte allo sviluppo di tecnologie e processi caratterizzati da alta sostenibilità ambientale. Sostenibilità non espressa a parole ma misurata in base a parametri quantitativi che interessano tutto il ciclo di vita di un manufatto, dalla sua produzione, al suo uso e al suo fine vita, prodromico ad un riuso di alcune sue parti o di un riciclo dei materiali che lo compongono come materia prima seconda. Le green technologies contribuiscono alla decarbonizzazione dell'industria e all'elettrificazione dei processi produttivi, non solo di quelli dell'industria leggera e distribuita sul territorio ma in particolare per quelli dell'industria pesante (vedi ad esempio la produzione di cementi, di acciaio e metalli non ferrosi e del settore petrolchimico).

Le green technologies sostengono i processi di digitalizzazione. Il tracciamento di tutte le materie prime e dei prodotti a fine vita è essenziale per attivare efficienti processi di riciclo. La digitalizzazione non è un processo immateriale. Essa richiede investimenti in mezzi di calcolo, sistemi di immagazzinamento dati, reti di trasmissione. Tutte tecnologie fortemente basate sull'impiego di materiali, sovente di materiali critici in approvvigionamento. Le green technologies, oltre a promuovere l'uso di materiali meno impattanti da un punto di vista ambientale sono alla base di tutti i processi di riciclo degli stessi.

Le green technologies sono alla base dei sistemi di accumulo energetico, sia di tipo elettrico che di tipo chimico. Anzi, in quest'ultimo caso forniscono la via per la produzione di biofuels e di idrogeno da integrare nelle ben sviluppate reti energetiche del paese.

Da un punto di vista d'impatto sociale ed economico, al di là del valore intrinseco della sostenibilità dei processi produttivi da esse promossi, le green technologies forniscono criteri di valutazione quantitativa dell'impatto ambientale di prodotti e processi su tutto il ciclo di vita degli stessi. Questi criteri d'impatto possono essere introdotti in tutta la pubblica amministrazione per garantire quello che oggi è identificato come green procurement.

Obiettivi 2021-2027

- **Rafforzare la bioeconomia regionale, l'economia circolare e la cooperazione interregionale**, anche attraverso un sistema di monitoraggio e di incentivi. In particolare: rafforzare la ricerca a supporto della chimica di sintesi, di trasformazione e di formulazione orientata alla sostituzione di sostanze attenzionate (e.g.



REACH), alle conversioni green e dei processi downstream; rafforzare la ricerca su temi di chimica rigenerativa a supporto dell'economia circolare; promuovere lo sviluppo di materiali biodegradabili e compostabili; promuovere l'innovazione orientata alla riduzione dei consumi energetici e di materie prime; promuovere filiere produttive locali e circolari per la produzione integrata di bioenergia e biocarburanti sotto differenti forme di carrier energetici, nonché sulla valorizzazione di rifiuti e scarti con recupero energetico e ottenimento di biochemicals (monomeri e polimeri) ad alto valore aggiunto; ricerca su processi di sequestro e utilizzo della CO₂.

- **Incrementare applicazioni di sistemi di accumulo in siti dedicati per favorire crescita tecnologica:** (1) siti remoti (isole, siti montani); (2) siti industriali a rete; (3) distretti abitativi (quartieri) a rete. Siti basati unicamente su Fonti Energetiche Rinnovabili (FER), e sistemi elettrochimici chiusi (batterie), semi-chiusi (batterie a flusso) e aperti (chemicals, in primis idrogeno). In seconda battuta, estendere applicazioni a sistemi a rete urbana: smart grids con forte incidenza di FER e con adozione sistemi accumulo; Incremento massiccio delle connessioni tra reti elettrica e gas tramite protocolli power-to-gas(-to-power); adozione massiccia di accumuli termici di tipo fisico (sensibile e a cambiamento di fase) e chimico, per accumuli in distretti dedicati, o come hubs di accumulo in reti di teleriscaldamento.
- **applicazione su scala nazionale dei principi dell'agricoltura di precisione** che integra l'innovazione agromeccanica e agro-industriale, alla digitalizzazione e sensorizzazione (proximal e remote) dell'intero processo produttivo "farm to fork", allo studio di approcci remote-driven per l'applicazione mirata di pratiche colturali sostenibili
- **Riduzione dell'inquinamento da sostanze pericolose, High concern and toxic materials e inquinanti emergenti derivanti da farmaceutica cosmetica/personal care.** Recupero della risorsa idrica e dei terreni. Il monitoraggio, la mitigazione dell'inquinamento organico e inorganico del suolo e delle acque e il recupero di sostanze pericolose potrà prevedere l'utilizzo di materiali avanzati ecosostenibili ibridi o nanostrutturati
- **Riduzione dell'utilizzo di materiali pericolosi in elettronica** attraverso il ricorso crescente a materiali riciclabili o compostabili e a basso contenuto di metalli pesanti; sviluppo di dispositivi e sistemi IC aggiornabili, che consentano al produttore di implementare upgrade funzionali lungo il ciclo di vita del prodotto, in linea con le evoluzioni dei requisiti dell'utilizzatore, senza richiedere la sostituzione dell'intero sistema.
- Creazione di **indicatori standard** per la valutazione quantitativa delle prestazioni dei processi *waste-to-resources* realizzati nell'ambito di iniziative di Industrial symbiosis (IS). Analogamente, sviluppo di **strumenti** utili ai fini della valutazione della efficienza di trasformazioni realizzate mediante i principi della IS. Creazione di **piattaforme digitalizzate** per la **disseminazione di informazioni** utili alla creazione di iniziative di IS. Revamping e riutilizzo di impianti petrolchimici
- **Revamping ed utilizzo di impianti** petrolchimici dismessi per la trasformazione di rifiuti e sottoprodotti nell'ambito del network di IS.
- **Sviluppo di una cultura generalizzata della Ecologia Industriale**, sia nel cittadino che negli operatori, negli addetti, nei decisori a differenti livelli di intervento. Questo obiettivo richiede interventi diversificati sia sul sistema educativo (con strumenti e modalità specifiche a livello di formazione primaria, secondaria e terziaria), che nel settore della formazione permanente e del "reskilling" di individui e categorie professionali già inserite nei contesti produttivi e decisionali.
- **Promozione ed incentivazione di processi di green procurement ispirati ai criteri della Ecologia Industriale**, estendendo ed ulteriormente rafforzando i recenti indirizzi che hanno portato alla introduzione dei CAM (Criteri Ambientali Minimi). Questo processo comporta la adeguata documentazione della fattibilità delle iniziative non solo in termini tecnico-economici ma anche attraverso una adeguata considerazione delle esternalità, estese all'intero ciclo di vita.



Articolazione 1. Biochemicals, bioprodotto e processi chimici sostenibili in sinergia con biofuels, bioenergy e agro-energie

La piena realizzazione dei principi di "circularità" dell'economia che sono alla base dell'uso sostenibile delle risorse apre la strada verso lo sviluppo di una chimica cosiddetta "rigenerativa", con l'obiettivo di riportare in circolazione e sfruttare i prodotti finali di trasformazioni naturali o antropogeniche. Questo processo è favorito, a livello di orientamenti legislativi, dall'adozione di criteri "end-of-waste" che specificano quando determinati rifiuti cessano di essere tali e ottengono lo status di materia prima secondaria. La chimica rigenerativa riqualifica prodotti finali ripristinando livelli elevati di potenziale chimico. Essa richiede, per sua natura, approvvigionamento energetico che, per essere sostenibile, deve essere generato da fonti rinnovabili, in primis la fonte solare, e/o garantito da sistemi di conversione energetica efficienti. La natura offre innumerevoli esempi di chimica rigenerativa accoppiata alla valorizzazione di energia rinnovabile, attraverso la varietà dei processi metabolici biosintetici, e in particolare quelli della natura fotosintetica. I percorsi principali della chimica rigenerativa, o funzionali ad essa, possono essere categorizzati in: a) conversione di biomasse (sia di origine vegetale che animale) per la produzione di building blocks per sintesi chimiche o prodotti chimici finiti (i cosiddetti BioBasedProducts, BBPs), eventualmente in associazione alla produzione di biocombustibili, b) valorizzazione diretta della CO₂ e produzione di H₂ "sostenibile" come agente riducente/idrogenante; c) produzione di sostanze bio-based per sintesi da building blocks di origine rigenerativa.

L'industria chimica è maggiormente focalizzata sulla porzione dei BBPs, definiti come "... *non-food products derived from biomass (plants, algae, crops, trees, marine organisms and biological waste from households, animals and food production). Bio-based products may range from high-value added fine chemicals such as pharmaceuticals, cosmetics, food additives, etc., to high volume materials such as general bio-polymers or chemical feedstocks. The concept excludes traditional bio-based products, such as pulp and paper, and wood products, and biomass as an energy source*"¹³.

I BBPs possono sostituire i prodotti fossili presenti sul mercato con prodotti aventi pari o nuove funzionalità tipo chimico, analoghe o superiori prestazioni, ma caratterizzati da una maggiore sostenibilità complessiva (intesa come sostenibilità tecnica, ambientale ed economica) e non dalla sola caratteristica di possedere una certa frazione di carbonio rinnovabile. Tutto questo potrà avvenire però solo identificando, valutando e poi rimuovendo le attuali barriere e limitazioni che non hanno consentito finora un pieno sviluppo dei BBPs.

Un corretto "sizing" della attuale frazione dei BBPs rispetto ai prodotti chimici totali è quindi un prerequisito essenziale per la identificazione delle barriere anzidette. Secondo un recente report di JRC¹⁴ esisterebbero ca. 200 BBPs aventi un TRL \geq 8 e volumi di mercato rilevanti, per un consumo complessivo in EU pari a circa 5,5 Mt/a, con uno share pari a circa il 3 % dei 155,6 Mt/a di chemicals consumati in EU [consumo di fossili + BBPs].

Tale confronto è stato effettuato categorizzando i prodotti nelle 10 famiglie: "Platform chemicals", "Solvents", "Polymers for plastics", "Paints, coatings, inks and dyes", "Surfactants", "Cosmetics and personal care products", "Adhesives", "Lubricants", "Plasticisers and stabilisers for rubber and plastics, e "Man-made fibres", quindi escludendo tradizionali BBPs come "pulp and paper", "wood products" biomasse ad uso energetico, farmaceutici, materiali bio-compositi, prodotti per agrochimica e prodotti naturali direttamente usati come fertilizzanti come il letame e il compost. Tale categorizzazione si è resa necessaria (con tutti i suoi limiti) al fine di poter effettivamente ricavare la frazione di BBPs rispetto al totale, in quanto non esistono database ufficiali per i BBPs distinti dai corrispondenti fossili.

A fronte di un bio-based share globale del 3 %, si rileva però una notevole variabilità della frazione bio-based per ciascuna categoria: le categorie dei "Platform Chemicals" e "Polymer for plastics" (che rappresentano da sole ca. il 75 %

¹³ EC, 2007. Accelerating the Development of the Market for Bio-based Products in Europe: Report of the Taskforce on Bio-based Products — Composed in Preparation of the Communication 'A Lead Market Initiative for Europe' (COM(2007) 860 final). European Commission.

¹⁴ Spekrijse, J., Lammens, T., Parisi, C., Ronzon, T., Vis, M., Insights into the European market of bio-based chemicals. Analysis based on ten key product categories, EUR 29581 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2019, ISBN 978-92-79-98420-4, doi:10.2760/549564, JRC112989.



del consumo totale [fossile + bio]) hanno infatti uno share di BBPs fermo ancora allo 0.3 e 0.4 % rispettivamente, mentre altre categorie come “Paints, coatings, inks and dyes”, “Surfactants”, “Cosmetics and personal care products” hanno invece già raggiunto bio-based shares del 12 %, 50 % e 44 % rispettivamente, pur avendo una incidenza nei volumi totali molto inferiore.

Da questi numeri appare evidente che un effettivo sviluppo dei BBPs richiede necessariamente un aumento innanzitutto dello share dei BBPs nelle due categorie dei “Platform Chemicals” e dei “Polymer for plastics”. Per quanto riguarda queste due categorie è possibile identificare le seguenti barriere, in relazione agli aspetti tecnici, sociali ed economici:

- Aspetti tecnologici e di innovazione: (a) scarsità di laureati con competenze nel settore; (b) necessità di miglioramenti tecnologici; (c) mancanza di infrastrutture.
- Potenziale economico e di mercato: (a) alti costi di produzione dei BBPs e alti costi delle plastiche bio-based rispetto alle loro controparti di origine fossile; (b) grandi capitali richiesti per nuovi impianti; (c) basso prezzo del petrolio; (d) effettiva disponibilità di biomasse per grandi volumi di produzione e prossimità/concentrazione territoriale; (e) necessità logistiche evolute per raccolta, stoccaggio e concentrazione delle biomasse.
- Impatto sociale ed ambientale: (a) scarsa conoscenza dei vantaggi ambientali dei BBPs rispetto alle controparti da fonti fossili; (b) critiche alle bio-plastiche, se non compostabili e degradabili; (c) scarsa integrazione tra i settori di produzione delle bioplastiche e quelli per il riciclo delle plastiche, d) utilizzo di risorse marginali (terreni, colture, scarti, ecc) per la produzione di biomasse, e) nuove fonti di integrazione di reddito e di lavoro.
- Aspetti legali e regolatori: (a) frequenti cambiamenti nella legislazione e nei protocolli ambientali; (b) legislazione non funzionale all'evidenza dell'effetto di riduzione dell'impatto ambientale; (c) mancanza di tassazione sul carbonio non rinnovabile e, in generale (d) mancanza di una cornice legislativa ad-hoc e di standard di riferimento.

L'importanza relativa delle due principali barriere, quella tecnologica e quella legislativa, viene rappresentata dagli stakeholders in maniera diversa in funzione, per esempio, della percezione sull'efficacia di misure specifiche (per esempio introduzione di obblighi, quote o crediti) e del valore di “Technology Readiness Level” raggiunto da determinati BBPs o bio-polymers, in alcuni casi dopo decenni di attività di R&D. Un ulteriore problema riguarda le citate barriere relative all'impatto ambientale e sociale, che richiede studi da condurre con approccio di tipo LCA *from-cradle-to-gate*, al fine di valutarne le reali implicazioni in confronto con gli analoghi prodotti di origine non rinnovabile, quando esistenti.

A tal scopo, è utile valutare le barriere distinguendo tra le due categorie dei BBPs: “*drop-in*” e “*dedicated*”. I primi hanno una controparte di origine fossile chimicamente identica, mentre i secondi sono composti chimici di nuovo utilizzo, potenzialmente destinati a sostituire altre molecole di origine fossile, solitamente già ben posizionate sul mercato. Le due categorie sono tra loro diverse non solo per il grado di avanzamento della tecnologia di sintesi, ma anche e soprattutto in relazione al grado di accettazione da parte del mercato. È ovvio che i *dedicated* BBPs necessitano di un periodo più lungo per l'introduzione sul mercato, dovendo dimostrare le loro prestazioni almeno uguali, idealmente superiori, a quelle delle molecole da fonte fossile. Invece, i “*drop-in chemicals*” offrono il vantaggio di non richiedere nuove tecnologie per la loro trasformazione a polimeri o ad altri intermedi, essendo chimicamente identici alle loro controparti fossili, e in genere anche di costi che sono più vicini a questi.

Le prospettive di valorizzazione della CO₂ invece appaiono al momento più distanti ed esplorative. La “Global CO₂ Initiative”, lanciata nel gennaio 2016 al World Economic Forum di Davos, punta ad un potenziale utilizzo di circa 7Gt/anno di CO₂ entro il 2030 (circa il 15% delle emissioni globali) in quattro settori prevalenti: Building materials, Chemical intermediates, Fuels, Polymers. Le prospettive di utilizzo della CO₂ e quelle di generazione di H₂ sostenibile per applicazioni chimiche appaiono al momento largamente collegate agli sviluppi in campo energetico, ed in particolare alle strategie Power-to-X ed agli sviluppi di ricerca, tecnologici e di mercato collegati con la “solar chemistry”.

Riassumendo, le attività di ricerca prioritarie sono riferibili alle seguenti tematiche:



- Ricerca di base a supporto dei processi di conversione della chimica rigenerativa: per via enzimatico/fermentativa (biocatalisi, ingegneria metabolica, sviluppo di bioreattori avanzati); per via termocatalitica, fotoelettrocatalitica, elettrochimica (sviluppo di catalizzatori, di reattori di nuova concezione, di materiali e soluzioni per applicazioni elettrochimiche e nel campo della solar chemistry).
- Ricerca a supporto dei processi di separazione (downstream), per il miglioramento delle caratteristiche qualitative di prodotti bio-based e delle economie di produzione, spesso non ancora competitive con prodotti di origine fossile.
- Ricerca orientata all'ottimizzazione delle filiere di valorizzazione delle biomasse e di categorie selezionate di reflui e rifiuti organici, attraverso lo sviluppo di piattaforme tecnologiche e logistiche integrate funzionali alla chimica rigenerativa e alla bioraffineria. Rientra in questo ambito la ricerca di schemi ottimizzati di cascading use delle biomasse, con particolare riferimento alla produzione in cascata di prodotti bio-based e di biocarburanti avanzati.
- Sviluppo di specifiche attività rivolte al settore della formulazione e della trasformazione, particolarmente forte e qualificato in Italia, quale fase del processo produttivo nella quale possano essere almeno parzialmente compensati alcuni deficit qualitativi di prodotti bio-based rispetto ai prodotti tradizionali, la risoluzione dei quali, in sede di produzione della materia prima, possa rivelarsi eccessivamente dispendiosa.
- Ricerca indirizzata alla caratterizzazione e sviluppo di materiali biodegradabili e compostabili in accordo agli standard esistenti per quelle applicazioni dove la biodegradabilità e la compostabilità rappresentano un valore aggiunto e contribuiscono alla risoluzione di problemi ambientali.
- Ricerca indirizzata alla minimizzazione dei rischi di processo, alle tecnologie per la competitività, con particolare riferimento all'innovazione orientata alla riduzione dei costi energetici e del consumo di materie prime, alle tecnologie ecosostenibili per il riciclo dei materiali plastici, al riuso e valorizzazione industriale ed energetica dei rifiuti e al recupero di reagenti critici, promuovendo contestualmente il maggior impiego delle risorse rinnovabili economicamente disponibili.
- Ricerca sulla chimica formulativa che riveste particolare importanza per l'Industria chimica italiana ed europea (considerata la struttura frammentata dell'industria del continente e delle value-chain che si articolano fino al consumatore finale).

Inoltre, strettamente connessi con lo sviluppo dei processi della chimica rigenerativa sono approcci LCSA (Life Cycle Sustainability Assessment), su cui ci si sofferma in modo organico nella Articolazione 6, in grado di evidenziare la sostenibilità non solo in termini ambientali ma anche economici e sociali, e la promozione di modelli service-oriented di sviluppo economico e sociale tipici della performance economy (ad esempio, il chemical leasing).

Per quel che riguarda più strettamente il settore delle bioenergie, la ricerca deve porsi obiettivi consoni ai limiti dimensionali delle imprese italiane e dunque tenere conto della parcellizzazione delle attività produttive, in particolare del settore agricolo che, se da un lato vanno vissute come una risorsa e un arricchimento per il territorio, dall'altro non consentono di affrontare i rischi della ricerca applicata. Su tale base, le priorità nazionali della ricerca nel settore bioenergetico sono:

- Sviluppare filiere per la produzione di bioenergie e biocarburanti (liquidi e gassosi) sostenibili basate su feedstock locali e sul concetto di circolarità per il recupero e la valorizzazione di biomasse di scarto, in particolare in aree marginali, inclusi i suoli contaminati, al fine di tutelare l'ambiente e mitigare la problematica di abbandono di suoli agricoli;
- Promuovere ricerche applicative, dimostrative e di contesto coltura/territorio/sostenibilità (es. agricoltura di precisione) per la produzione, raccolta, stoccaggio e logistica delle biomasse (anche di scarto)
- Caratterizzazione chimico-fisica di biomasse dedicate, sottoprodotti di lavorazione, biomasse secondarie, scarti alimentari e agroforestali (anche in linea con quanto previsto nell'Annex 9 della Direttiva RED II). Analisi ingegneristiche dei processi di conversione energetica di tali prodotti in un'ottica di efficientamento con riferimento allo sfruttamento energetico in co, tri- e quadri-generazione e a supporto della chimica verde. Analisi della configurazione delle filiere esistenti e progettazione di micro-filieri (corte o cortissime) con analisi di ciclo di vita (LCCA - Life Cycle Cost Analysis) anche finalizzata al monitoraggio delle emissioni e alla valutazione degli impatti ambientali in una ottica di sostenibilità e di economia circolare.



- Promuovere ricerche finalizzate allo sviluppo di bioenergie e biocarburanti da biomasse (ligno-cellulosiche e proteiche) tramite processi microbiologici ed enzimatici;
- Promuovere l'innovazione nella produzione di biocarburanti da biomasse non agricole (microalghe e altre) e da rifiuti urbani e industriali, per i quali è previsto un forte sviluppo nel prossimo futuro. In questo contesto occorre sottolineare come la strategia Waste to chemistry (riconversione del rifiuto in prodotto a alto valore aggiunto) dovrà sostituire il waste to energy (l'attuale strategia di combustione in termovalorizzatori).
- Promuovere attività di ricerca di base e di sviluppo industriale che portino a risultati applicabili alle realtà geografiche e produttive del Paese, in particolare per lo sviluppo di aree rurali e regioni meno sviluppate;
- Favorire attività integrate di ricerca e collaborazione fra università, enti di ricerca, consorzi e imprese integrate sul territorio, al tempo stesso portatori di necessità e fruitori dei risultati.

In particolare, un ruolo fondamentale avranno le attività di R&D finalizzate alla produzione ed al consumo del biometano, fonte energetica rinnovabile e programmabile che può essere autoconsumata, immessa nella rete nazionale del gas naturale ed utilizzata nella trazione, per i seguenti motivi, molti dei quali peculiari della nostra realtà nazionale:

- contenimento dell'impatto ambientale relativo alle emissioni climalteranti sia per il basso tenore di carbonio rispetto agli altri combustibili, che per la riduzione dello smaltimento aerobico di matrici organiche;
- incremento della frazione dei consumi da fonti energetiche rinnovabili nel settore civile, al primo posto dei consumi finali nazionali (2018: 48.1 Mtep/a¹⁵; 2017: 47.8 Mtep/a), intervenendo in uno dei fattori più energivori, il riscaldamento, in particolare per le aree climatiche più fredde;
- valorizzazione nel settore civile di tecnologie esistenti, ampiamente sviluppate e caratterizzate da un elevato "grado di proprietà" da parte delle industrie manifatturiere italiane;
- incremento della frazione dei consumi da fonti energetiche rinnovabili nel settore dei trasporti, al secondo posto dei consumi finali nazionali (2018: 40.1 Mtep/a; 2017: 38.9 Mtep/a), caratterizzato sia dalla quasi totale dipendenza dai derivati del petrolio (superiore al 92%), che da un'esigua penetrazione delle fonti rinnovabili al di sotto dell'obiettivo nazionale fissato per l'Italia dall'Unione Europea (2017: 6.5%, obiettivo 8%). In particolare, particolarmente vantaggiosa in termini di impatto ambientale appare la transizione al biometano anziché alla trazione elettrica se si analizza il ciclo di vita dei dispositivi di conversione energetica;
- valorizzazione nel settore trasporti di tecnologie esistenti, ampiamente sviluppate e caratterizzate da un elevato "grado di proprietà" da parte delle industrie manifatturiere italiane sia con riferimento al trasporto privato che a quello di merci di vitale importanza economica;
- valorizzazione della risorsa infrastrutturale costituita dalla ramificata e capillare rete di trasporto e distribuzione del gas naturale presente nel nostro territorio, (vedi Articolazione 2), e delle numerosi stazioni di rifornimento di gas naturale esistenti;
- esistenza di un quadro normativo e degli strumenti di incentivazione per lo sfruttamento energetico del metano non fossile ben definito e particolarmente favorevole all'uso per i trasporti ed a quello ottenuto da matrici non competitive con finalità agricole e zootecniche, di basso pregio e con elevati costi di smaltimento, come la frazione organica dei rifiuti e i fanghi di depurazione.

Obiettivi

- Rafforzare la bioeconomia regionale, l'economia circolare e la cooperazione interregionale, anche attraverso un sistema di monitoraggio e di incentivi.
- Incoraggiare e sostenere gli interventi legislativi e fiscali a supporto dell'economia circolare, anche attraverso l'estensione opportunamente ponderata delle misure end-of-waste.

¹⁵ Il tep rappresenta la quantità di energia rilasciata dalla combustione di una tonnellata di petrolio grezzo e vale circa 42 GJ. Per Mtep/a si intendono 1000000 tep/anno.



- Rafforzare la ricerca a supporto della chimica di sintesi, di trasformazione e di formulazione orientata alla sostituzione di sostanze attenzionate (e.g. REACH), alle conversioni green e dei processi downstream.
- Rafforzare la ricerca su temi di chimica rigenerativa a supporto dell'economia circolare con l'obiettivo di riportare in circolazione e sfruttare i prodotti finali di trasformazioni naturali o antropogeniche.
- Promuovere lo sviluppo di materiali biodegradabili e compostabili in accordo agli standard esistenti per quelle applicazioni dove la biodegradabilità e la compostabilità rappresentano un valore aggiunto e contribuiscono alla risoluzione di problemi ambientali.
- Promuovere la ricerca indirizzata alla minimizzazione dei rischi di processo e alle tecnologie per la competitività, con particolare riferimento all'innovazione orientata alla riduzione dei consumi energetici e di materie prime.
- Promuovere filiere produttive locali e circolari per la produzione integrata di bioenergia e biocarburanti sotto differenti forme di carrier energetici, nonché sulla valorizzazione di rifiuti e scarti con recupero energetico e ottenimento di biochemicals (monomeri e polimeri) ad alto valore aggiunto.
- Ricerca applicativa su produzione e stoccaggio di bioenergie e biocarburanti avanzati, inclusi quelli per uso marittimo e aviazione.
- Ricerca su processi di sequestro e utilizzo della CO₂ (foto elettro-chimici, fissazione dell'azoto).
- Rafforzare l'industria nazionale dei sistemi di riscaldamento e di trazione a gas naturale;
- Intervenire in settori finali particolarmente energivori e all'elevato impatto ambientale.

Impatti

Creare sinergie tra bioenergia, bioprodotto e altri settori industriali attraverso lo sviluppo di bioraffinerie integrate.

Interconnessioni con altri Ambiti Tematici

Interazioni con Articolazioni 2 e 3 della Scheda Sintetica del Gruppo tematico di bioindustria per la Bioeconomia.

Articolazione 2. Strategie per una gestione multiplatforma dell'energia elettrica da fonte rinnovabile, basata su stoccaggio e/o conversione in prodotti ad elevato valore aggiunto

Negli ultimi il sistema elettrico nazionale, così come nel resto del mondo, è stato oggetto di profonde trasformazioni. **Il passaggio da un sistema centralizzato con un numero discreto di centrali di potenza ed un sistema diffuso di trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica ad uno distribuito con sistemi di conversione energetica**, molto spesso che sfruttano fonti rinnovabili, di potenza più bassa che soddisfano prioritariamente le utenze prossime. I singoli utenti sono altresì passati da una funzione "passiva" di semplici consumatori ad "attiva" più complessa di "prosumer" con cessioni e prelievi bidirezionali con la rete elettrica. **L'elevato incremento della frazione di produzione dovuta a tecnologie di sfruttamento di fonti energetiche rinnovabili, recentemente soprattutto solare ed eolico.** Le fonti energetiche rinnovabili (FER), negli ultimi anni, hanno consolidato il proprio ruolo strategico nel sistema energetico nazionale, trovando ampia diffusione in tutti i settori di impiego. Nel 2017 le FER hanno coperto il 17.7% dei consumi finali lordi di energia, il valore più elevato mai registrato al di sopra degli obiettivi europei al 2020. Con riferimento al solo settore elettrico, l'incidenza delle FER sul consumo interno lordo di energia elettrica al netto dei pompaggi è stimata pari al 34.2%, in lieve aumento rispetto al dato 2016 (34.0%).¹⁶ Questo elemento se ha contribuito alla riduzione del consumo di fonti primarie fossili ed al conseguente contenimento delle

¹⁶ [MISE, Ministero Dello Sviluppo Economico Direzione Generale Per La Sicurezza dell'approvvigionamento E Le Infrastrutture Energetiche, La Situazione Energetica Nazionale del 2017. www.mise.gov.it/images/stories/documenti/MiSE-DGSAIE_Relazione_energia_ed_appendici_2018.pdf]



emissioni climalterante, ha determinato la dipendenza del sistema energetico da fonti aleatorie non programmabili, periodiche e aleatorie. Un'ulteriore conseguenza, peculiare dell'Italia, è la **prevalente disponibilità di fonti energetiche rinnovabili al Sud e una richiesta energetica prioritariamente al Nord** dove sono concentrati i maggiori centri di consumo. In particolare, gli impianti FER per la produzione elettrica sono spesso localizzati lontani dai centri di consumo causando un aumento della congestione sulla rete di trasmissione, specialmente da Sud verso Nord, ed un conseguente aumento delle perdite per T&D. Con riferimento alle zone del mercato elettrico, i consumi elettrici nel 2017 del Nord Italia ammontavano a 173 TWh/a mentre quelli del Sud Italia a 26.2 TWh/a¹⁷ al contrario, il 52% degli impianti colici ed il 18% degli impianti fotovoltaici erano localizzati nel Sud Italia.¹⁸

Da questa transizione, che ha ingenerato un significativo incremento della complessità tecnologica e di gestione dei sistemi elettrici nazionali, è nata l'esigenza di un'intensissima attività di ricerca. Quest'ultima, fortemente interconnessa alle attività proposte nelle Articolazioni dell'Ambito Tematico di Energetica Industriale, a meno degli aspetti relativi all'assicurazione della sicurezza e affidabilità dell'approvvigionamento elettrico, deve essere prioritariamente finalizzata all'analisi e ottimizzazione dei seguenti aspetti:

- accumulo energetico: elettrochimici (celle elettrochimiche chiuse e aperte), chimici (accumulo in forma di sostanze chimiche gassose o liquide) e termici (caldo e freddo) sia sensibili che con materiali a cambiamento di fase; insieme a processi termodinamici (CAES, processi termo-elettrici, materiali a cambiamento di fase) e meccanici (ri-pompaggio idroelettrico). Nel futuro scenario energetico di un'economia industriale avanzata, quale l'Italia, caratterizzata inoltre da elevata disponibilità di fonti rinnovabili, il ruolo dei processi e tecnologie di accumulo non si limita all'accumulo di fonti rinnovabili in senso stretto, ma si estende a: stabilizzazione dei servizi di rete elettrica; servizio di hub tra le principali reti energetiche, ad esempio tra la rete elettrica e la rete gas attraverso protocolli quali il power-to-gas (P₂G); elementi di connessione multi-processi: conversione di molecole piattaforma verso prodotti sintetici (protocolli power-to-chemicals, P₂X) utilizzando come input fonti rinnovabili e includendo riutilizzo della CO₂.
- approccio multiplatforma: le infrastrutture energetiche dovranno subire complesse opere di adeguamento, ed è auspicabile che si faccia affidamento non solo alla sola rete elettrica, ma anche alle infrastrutture già esistenti nel nostro territorio, quali la ramificata e capillare rete di gas naturale e quelle di teleriscaldamento e teleraffrescamento, nonché a nuove infrastrutture, quali le reti di vettoriamento dell'idrogeno. L'adozione delle più sviluppate strategie di Power-to-X (elettricità-gas naturale, elettricità-H₂-GN, elettricità-H₂ in sinergia con ri-pompaggio idroelettrico) e l'interazione con dispositivi di trigenerazione distribuita, alimentati da fonti fossili o rinnovabili, permetterà di incrementare sia le prestazioni energetico/ambientali che di la frazione di utilizzo di fonti non fossili;
- intensificazione della penetrazione dell'elettrificazione nell'industria: sviluppo di processi attivati da elettricità prodotta tramite fonti rinnovabili. Con particolare riferimento a quella chimica (tecnologie di trasformazione mediante utilizzo di elettrocatalisi e elettrofotocatalisi) tramite lo sviluppo di processi caratterizzati da migliori rese ed in grado di integrare trasformazioni anodiche e catodiche per massimizzare l'efficienza di conversione di elettricità in chemicals. In questo scenario l'industria stessa diventa un accumulo per la rete elettrica globale garantendo approvvigionamento o accumulo a seconda della disponibilità/richiesta di potenza della rete;
- analisi locale: implementazione locale di sistemi energetici integrati, finalizzato a soddisfare le richieste di distretti energetici e di comunità energetica. Questo aspetto sarà analizzato nell'ambito dell'Articolazione 5.

La rilevanza economica dei sistemi di accumulo è enorme. Considerando infatti i dati degli investimenti nei sistemi di stoccaggio valutati – per i soli USA – pari a 33.6 miliardi di US\$ nel quinquennio 2020 – 2024,¹⁹ si può estrapolare per Italia un dato di circa 4 miliardi di US\$ nello stesso quinquennio. La rilevanza ambientale dei sistemi di accumulo è

¹⁷ TERNA, L'evoluzione del mercato elettrico. www.terna.it/it/sistema-elettrico/statistiche/evoluzione-mercato-elettrico.

¹⁸ [TERNA e Snam, La transizione energetica in Italia e il ruolo del settore elettrico e del gas. Disponibile online: https://download.terna.it/terna/Transizione_Energetica_8d75215ad40fffa.pdf].

¹⁹ Bloomberg New Energy Finance.



evidente, rappresentando l'anello di interconnessione tra le fonti rinnovabili e gli utilizzi finali. La rilevanza sociale è interessante poiché, garantendo l'utilizzabilità diffusa delle fonti rinnovabili, renderanno possibile la riqualificazione energetica, e quindi produttiva e abitativa, di ambiti territoriali variegati.

A livello internazionale, la International Energy Agency (IEA) identifica l'accumulo di energia come uno dei principali volani per il supporto alla de-carbonizzazione del sistema energetico, e nel cosiddetto "2 Degrees Scenario" (2DS) stima un incremento, entro il 2050, di 310 GW della capacità di stoccaggio fra USA, Europa, Cina e India.²⁰ La strategia della Commissione Europea prevede un aumento tra i 250 e i 450 TWh entro il 2050.²¹

Da ultimo, si sottolinea come la disponibilità di processi chimici e biologici per la produzione low carbon impact di vettori energetici (es, H₂, CH₃OH, DME, CH₄...) potrà sempre più contribuire alla decarbonizzazione delle filiere produttive ad alta intensità energetica (acciaio, cemento,...). Questo aspetto è trattato anche nella articolazione 4.

Obiettivi

- Incrementare applicazioni di sistemi di accumulo in siti dedicati per favorire crescita tecnologica: (1) siti remoti (isole, siti montani); (2) siti industriali a rete; (3) distretti abitativi (quartieri) a rete. Siti basati unicamente su FER, e sistemi elettrochimici chiusi (batterie), semi-chiusi (batterie a flusso) e aperti (chemicals, in primis idrogeno)
- In seconda battuta, estendere applicazioni a sistemi a rete urbana: smart grids con forte incidenza di FER e con adozione sistemi accumulo
- Incremento massiccio delle connessioni tra reti elettrica e gas tramite protocolli power-to-gas (-to-power): Italia ha moderne infrastrutture elettriche e gas, da utilizzare per gestire forte incremento FER, tramite utilizzo di hubs di connessione rappresentate dai sistemi di accumulo
- In seconda battuta, estensione del ruolo degli hubs di accumulo: elementi per trasformazioni poli-generative per prodotti sintetici (protocolli power-to-chemicals P2X) con utilizzo di FER e includendo riutilizzo della CO₂
- Adozione massiccia di accumuli termici di tipo fisico (sensibile e a cambiamento di fase) e chimico, per accumuli in distretti dedicati, o come hubs di accumulo in reti di teleriscaldamento
- Incoraggiare e sostenere gli interventi legislativi, fiscali, economici, di ricerca, di collaborazione pubblico-privato a supporto della crescita in Italia del settore della produzione (manifattura) e gestione (smart protocols) dei processi e tecnologie di accumulo energetico a supporto di FER: sicuro business del secolo corrente.

Impatti

Creare sinergie tra bioenergia, bioprodotto e altri settori industriali attraverso lo sviluppo di bioraffinerie integrate.

Interconnessioni con altri Ambiti Tematici

- Articolazioni 1 e 2 dell'ambito Tematico di energetica industriale.

Articolazione 3. Prevenzione della contaminazione del suolo e delle acque

Una delle priorità del Green Deal europeo riguarda la capacità di garantire che la transizione a un modello di crescita economica sostenibile attualmente in corso sia socialmente giusta e protegga la salute dei cittadini prevenendo il degrado ambientale e l'inquinamento di aria, acqua e suolo.

La Direttiva Quadro sulle Acque (Water Framework Directive 60/2000) prevede il raggiungimento di uno stato di qualità ambientale "buono" per tutti i corpi idrici (acque superficiali, sotterranee, di transizione, marino-costiere), inteso come uno stato che garantisce la buona conservazione dell'ecosistema che "dipende" dal corpo idrico. A tal fine

²⁰ a) IEA, 2014, Technology roadmap – Energy storage. b) IEA, 2017, Tracking Clean Energy Progress.

²¹ EASE, 2018, Activity Report.



è imprescindibile un controllo e una gestione della risorsa idrica, in modo da tutelarne non solo gli aspetti qualitativi, ma anche quelli quantitativi, limitandone quindi il consumo e riutilizzando le acque reflue per quanto possibile. Particolare attenzione è dedicata dalla Direttiva alle sostanze pericolose e in particolare alle sostanze pericolose prioritarie, che devono essere ridotte o eliminate dagli scarichi e dalle emissioni in genere.

La buona qualità dei corpi idrici è oggi sempre più connessa ai servizi ecosistemici che essi possono garantire, con positive ricadute economiche e sul benessere dei cittadini.

L'attuazione della Direttiva quadro sulle acque comporta quindi il controllo delle fonti di inquinamento, sia localizzate che diffuse, da attuare però non più solo con l'obiettivo del trattamento delle acque reflue in modo da rimuovere gli inquinanti per poterle scaricare nel corpo idrico rispettando i limiti di legge, ma con l'obiettivo di recuperare risorse, energia e infine la stessa risorsa idrica, in modo da bilanciare i costi del trattamento.

In particolare, il recupero dei critical raw materials, quale ad es. il fosforo, ma anche di altre risorse e di energia, deve essere esteso anche al disinquinamento di acque e terreni, prevedendo l'adozione generalizzata di logiche end of waste. Le fonti naturali di fosforo in particolare sono in via di esaurimento, mentre la richiesta come fertilizzante, insieme all'azoto, è in crescita. La massimizzazione del recupero energetico si può ottenere anche con i trattamenti anaerobici degli stessi reflui in modo da sfruttare tutta la sostanza organica presente, ma al contempo prevedendo il recupero, insieme al fosforo, anche dell'azoto che non potrebbe più essere rimosso con i metodi tradizionali; in alternativa si può massimizzare il recupero energetico dai fanghi o produrre biochar, diminuendone al contempo le quantità da smaltire, che comportano sempre maggiori problematiche, o facilitandone il riutilizzo. In particolare, i reflui industriali ad alto contenuto organico (da industrie alimentari) possono essere destinati anche alla produzione di biopolimeri.

Tutto questo richiede lo sviluppo di tecnologie innovative e a basso consumo energetico (quali processi bioelettrochimici, processi completamente autotrofi, processi anaerobici, processi a membrana, ecc.), considerando le differenti opzioni di applicazione: dall'adeguamento di impianti esistenti in cui nuove unità di trattamento possono essere inserite in schemi convenzionali, fino ad un ripensamento completo dello schema di trattamento. L'ottimizzazione del recupero di risorse può considerare anche la possibilità, per le acque reflue urbane, di una separazione dei diversi flussi alla fonte (es. acque grigie dalle acque nere per facilitare il recupero e il riutilizzo delle prime, acque "gialle" per favorire il recupero dell'azoto); o l'adozione di processi di trattamento con microalghe, al fine di sfruttare al massimo il contenuto in nutrienti, favorire la produzione di biomassa sfruttabile sia a fini energetici che di produzione di integratori alimentari, mangimi, ecc., e di catturare la CO₂. Quest'ultimo aspetto può anche trovare applicazione con l'integrazione di siti produttivi a siti in cui si trattano reflui ad alto contenuto energetico e di nutrienti, quali ad es. i reflui zootecnici, che generano un alto impatto sui suoli e sulle acque.

Per le acque reflue urbane particolare attenzione deve essere dedicata agli impianti di trattamento a servizio di agglomerati a forte fluttuazione stagionale che in Italia insistono in gran parte sulle coste, spesso pregiudicando la qualità delle acque di balneazione. Per tali impianti vanno studiate tecnologie che consentano un adeguato funzionamento del sistema nelle diverse condizioni, eventualmente con processi semplificati per gli agglomerati più piccoli o stagionali, ma che garantiscano comunque la limitazione degli impatti sull'ambiente.

Il monitoraggio, la mitigazione dell'inquinamento organico e inorganico del suolo e delle acque e il recupero di sostanze pericolose potrà prevedere l'utilizzo di materiali avanzati ecosostenibili ibridi o nanostrutturati. Nello specifico, i materiali assorbenti specificamente progettati (membrane, criogeli, bead, film, nanoparticelle) saranno caratterizzati da proprietà responsive (luce, pH, temperatura) come anche fotocatalitiche.

La piena implementazione della logica end of Waste applicata alla prevenzione dell'inquinamento richiede che gli scarti di ogni processo produttivo vengano completamente reinseriti nel medesimo o in altri processi integrati. Laddove questo non risulti possibile, lo scarto deve avere piena biodegradabilità. La formulazione di una strategia dettagliata ed integrata per il contenimento/recupero degli inquinanti richiede una distinzione tra tipologie differenti di rifiuto. Per quel che concerne la contaminazione del suolo e delle acque occorre differenziare tra Very High concern, high concern e toxic materials che costituiscono gli inquinanti cosiddetti consolidati e gli inquinanti emergenti.

I cosiddetti inquinanti emergenti sono di identificazione più recente e possono a loro volta essere distinti in due macroclassi: le microplastiche (la cui origine è estremamente eterogenea) e i residui di prodotti farmaceutici o dei



cosiddetti personal care products (PCP, creme, cosmetici, ecc.). Con il progredire delle tecniche analitiche, si è resa più evidente la presenza di prodotti farmaceutici nell'ambiente, come conseguenza al loro errato smaltimento, alla dispersione a seguito di assunzione del farmaco per utilizzo sia umano che veterinario. Diversi studi dimostrano la presenza, nelle acque reflue, di farmaci appartenenti alle classi degli antinfiammatori, analgesici, antipertensivi, ipolipidizzanti, antibiotici, antitumorali, ormoni. Tra gli effetti è possibile ipotizzare allergie, antibiotico resistenza, effetti sul sistema endocrino quali alterazioni nel comportamento sessuale e ritardo nella maturazione, sia nell'uomo che nella fauna acquatica.

Per affrontare questo problema, è prioritario promuovere attività di ricerca per approfondire l'impatto della dispersione dei medicinali e dei rischi derivanti per l'ambiente e per gli esseri viventi, anche in relazione alla diffusione e all'incremento della resistenza antimicrobica registrata negli ultimi anni.

Aspetto fondamentale e imprescindibile per raggiungere l'obiettivo comune è sicuramente l'adozione, da parte delle industrie farmaceutiche, di processi di produzione più ecologici per sviluppare molecole "più verdi", con minore impatto sulla salute dell'ambiente e dell'uomo, ciò che può essere definito "Benign-by-Design".

In tal senso, nell'ultimo decennio, una maggiore consapevolezza dell'importanza della salvaguardia del nostro ambiente ha fatto sì che la "chimica verde" abbia notevolmente ampliato il suo campo di azione e l'attenzione dei ricercatori si è focalizzata sempre di più sull'uso di risorse rinnovabili, solventi più ecologici e processi semplificati in modo da ridurre la quantità di rifiuti pericolosi generati nel processo di sviluppo di farmaci e altri prodotti di uso comune, limitando sensibilmente l'uso di sostanze tossiche.

Nonostante gli incoraggianti risultati, questo appare ancora come una sfida per il futuro in cui predomina la necessità di avere a disposizione eccipienti e farmaci biodegradabili con sottoprodotti non tossici per l'ambiente e che non diano tossicità in accumulo, aspetto questo difficile da quantificare.

Quindi, un approccio che veda soddisfatti da un lato la stabilità dei farmaci, indispensabile per i processi produttivi, per l'imballaggio e per la corretta conservazione dei medicinali stessi e dall'altro una garanzia di successiva degradabilità ambientale con sottoprodotti che rientrino nei cicli ecologici naturali, rappresenta una sfida ancora in essere.

Perché ci si avvii verso un vero cambiamento occorre, però, che all'impegno dei ricercatori si affianchino anche approcci normativi concreti per la gestione del green al fine di arginare i numerosi problemi sulla salute che potrebbero verificarsi dall'accumulo di farmaci e metaboliti tossici.

Discorso analogo può essere fatto per gli altri microinquinanti presenti nelle acque, soprattutto di natura organica, per cui si possono sviluppare processi di abbattimento innovativi, ma per i quali è importante una riduzione alla fonte, con l'adozione da parte del settore manifatturiero, delle migliori tecnologie disponibili, sia sul fronte produttivo, modificando le materie prime utilizzate, che su quello del trattamento.

Particolare attenzione deve infine essere dedicata al settore agricolo, come fonte di inquinamento diffusa delle acque sia superficiali che sotterranee, da nutrienti, per l'uso di fertilizzanti, e da pesticidi. L'adozione di tecniche di agricoltura biologica, insieme allo studio di prodotti a minore impatto ambientale va associata all'adozione di tecniche di contenimento naturali che limitino il dilavamento degli inquinanti verso i corpi idrici.

Con approccio preventivo, si pongono tutte le azioni tecnologiche, gestionali e normative finalizzate alla riduzione degli input agrochimici in agricoltura con un obiettivo di sostenibilità produttiva e resilienza degli agro-ecosistemi. Dal punto di vista tecnologico e gestionale, gli indirizzi da perseguire si basano sull'applicazione su scala nazionale dei principi dell'agricoltura di precisione che integra l'innovazione agromeccanica e agro-industriale, alla digitalizzazione e sensorizzazione (proximal e remote) dell'intero processo produttivo "farm to fork", allo studio di approcci remote-driven per l'applicazione mirata di pratiche colturali sostenibili. Gli aspetti di sostegno normativo e economico, associati alla sperimentazione, divulgazione e trasferimento tecnologico sono poi fondamentali affinché le nuove tecniche possano realmente diffondersi e avere un significativo impatto socio-ambientale.

Sistemi di monitoraggio, simulazione e controllo attivo fisico-strumentale (proximal e remote sensing) e inferenziale/predittivo a micro e/o macro scala territoriale attraverso integrazione digitale (big and thick data analytics)



con il sistema di riferimento dei potenziali inquinanti (produzione, logistica, acquisto/vendita scarto) sono un utile strumento di supporto.

Obiettivi

- applicazione su scala nazionale dei principi dell'agricoltura di precisione che integra l'innovazione agromeccanica e agro-industriale, alla digitalizzazione e sensorizzazione (proximal e remote) dell'intero processo produttivo "farm to fork", allo studio di approcci remote-driven per l'applicazione mirata di pratiche colturali sostenibili.
- sviluppo di processi che permettano il recupero di nutrienti da terreni e acque con l'adozione di processi innovativi e a basso consumo energetico (processi bioelettrochimici, processi completamente autotrofi anaerobici, ecc.),
- passare da una logica di semplice rimozione degli inquinanti dalle acque a quella del loro recupero, quando è possibile, e al contempo recuperare la risorsa idrica.
- l'introduzione di nuovi prodotti deve prevedere l'adozione di logiche "Benign-by-Design": materie prime e prodotti devono essere di in grado cioè di degradare spontaneamente e rapidamente quando disperse nell'ambiente, prevenendo contaminazioni da microplastiche e da composti farmacologicamente attivi.
- promuovere attività di ricerca per approfondire l'impatto della dispersione dei medicinali e dei rischi derivanti per l'ambiente e per gli esseri viventi, anche in relazione alla diffusione e all'incremento della resistenza antimicrobica registrata negli ultimi anni.

Impatti

- Riduzione dell'inquinamento delle acque, anche da sostanze pericolose, High concern and toxic materials e inquinanti emergenti derivanti da farmaceutica cosmetica/personal care.
- Recupero della risorsa idrica e dei terreni.
- Recupero di energia e di altre risorse (nutrienti, biopolimeri).

Interconnessioni con altri Ambiti Tematici

Interazioni con le:

- articolazioni 4 e 5 della scheda sintetica del gruppo tematico Conoscenza e gestione delle risorse agricole e forestali;
- articolazione 3 della scheda sintetica del gruppo tematico Bioindustrie per la Bioeconomia.

Articolazione 4: Riduzione dei rifiuti e della domanda di critical raw materials tramite approcci di disassembling e materials recovery, remanufacturing e refurbishing

Le materie prime hanno una importanza strategica crescente nell'economia dell'Unione Europea. La Commissione Europea ha messo in atto una serie di azioni nel contesto della Raw Materials Initiative, nell'ottica di assicurare un approvvigionamento sicuro e sostenibile delle stesse. Le materie prime critiche sono individuate dalla Commissione Europea sulla base di due fattori: l'importanza economica e il rischio di approvvigionamento per l'industria europea. La nuova lista delle materie prime critiche, pubblicata nel settembre del 2017, annovera ventisette elementi²². Questa

²² Antimonio, Barite, Berillio, Bismuto, Borati, Cobalto, Carbone da coke, Elio, Fluorite, Fosfato di roccia, Fosforo, Gallio, Germanio, Gomma naturale, Grafite naturale, Hafnio, Indio, Magnesio, Niobio, Platino ed elementi del suo gruppo, Scandio, Silicio metallico, Tantalio, Terre rare leggere, Terre rare pesanti, Tungsteno, Vanadio.



lista costituisce un riferimento per il commercio, l'innovazione e le politiche industriali. Viene, infatti, adoperata dalla Commissione Europea per negoziare accordi commerciali, promuovere ricerca e innovazione, mettere a punto misure per evitare distorsioni commerciali. La lista è soggetta a regolare aggiornamento (almeno ogni tre anni), in linea con lo sviluppo produttivo, tecnologico e del mercato di settore.

Le linee sulle quali la UE insiste sono il replacement, ossia la sostituzione nei manufatti di questi elementi critici mediante altri non critici o più favorevolmente nel riciclo degli stessi dai prodotti che hanno raggiunto il fine vita. Ciò è particolarmente rilevante per tutte le apparecchiature elettriche ed elettroniche. Questa nuova concezione del rifiuto, in particolare di quello originante da processi trasformativi ad elevato input energetico e a elevato consumo di critical raw materials, viene a volte indicata con l'espressione "urban mining".

La conferenza VI World Materials Summit del 2017, cui hanno partecipato oltre 80 esperti di materiali, leader industriali e leader politici di rilievo globale, ha evidenziato i seguenti trend nel settore dei materiali in ottica di economia circolare:

- Smart grid utili nell'incrementare l'efficienza dei consumi energetici.
- Sviluppo dell'elettronica flessibile dotata in prospettiva di un favorevole rapporto tra costi (intesi in senso lato) e prestazioni.
- Ruolo della manifattura additiva (stampa 3D).
- Impatto dei nanomateriali, in grado di coniugare funzionalità a minimo consumo di critical raw materials.

In tal senso, un'economia circolare, con efficienza ed efficacia nei vari segmenti della catena del valore, è una risposta alla ricerca del nuovo paradigma - quello che richiede concentrazione, dialogo continuo con le parti interessate, definizione delle priorità, dei modi di sostegno finanziario agli investimenti e collaborazione. Qualsiasi sia l'esito di questa ricerca, i materiali sono al centro della sostenibilità e della qualità della vita futura.

Al momento il riciclo dei materiali intercetta solo una parte assolutamente minoritaria (dell'ordine del 9% in massa) dei materiali facenti parte dei diversi manufatti che raggiungono il fine vita. Inoltre, sono i settori tradizionali più consolidati, come quelli dei metalli, vetri e plastiche che risultano più sviluppati. Solo nell'ultimo decennio si è iniziato a pensare seriamente al recupero dei materiali della filiera digitale e energetica. Il rifiuto generato dai dispositivi digitali ha una struttura complessa, comprende i polimeri dell'involucro e delle schede madri, i metalli di tutta la circuiteria e i "semiconduttori" alla base dei microprocessori. In termini di massa e volumi, il rapporto relativo è assolutamente sbilanciato verso le plastiche (tipicamente resine termoindurenti), almeno 500 kg/ton di schede, seguite dai metalli (Rame, Alluminio, Stagno, Piombo) dell'ordine dei 300-350 kg/ton, con un 100-150 g/ton di metalli preziosi (oro, argento, terre rare) e il rimanente in semiconduttori dalla struttura più o meno ceramica. Quando comunemente si parla del recupero dei RAEE si pensa sempre al recupero dei metalli e dei preziosi, il cui valore di mercato rende sostenibile il processo di recupero. Rimane però da trattare e recuperare almeno il 70% del materiale originario. È quindi chiaro che il sistema del riciclo deve essere interconnesso con quello dei polimeri e dei materiali ceramici. Processi di riciclo chimico sono tipicamente basati su reazioni di pirolisi o di ossicombustione. Impianti già presenti sul territorio italiano. Questi impianti sono di gestione complessa e debbono essere integrati con le produzioni di un impianto petrolchimico. Quindi, al contrario della parte dedicata al recupero dei metalli che può essere frazionata a piccole medie imprese dislocate sul territorio nazionale, gli impianti di riciclo chimico delle plastiche debbono essere giocoforza di grandi dimensioni ed integrati all'interno di queste tipologie d'azienda. Si possono immaginare al più 4-5 siti su tutta Italia. Assolutamente analoga è la problematica del recupero dei materiali dalla filiera dei sistemi energetici (vedi moduli fotovoltaici e batterie).

Per quel che concerne i piccoli prodotti elettronici, il vero problema odierno è la raccolta del materiale. Solo su dispositivi di telefonia mobile, le società operanti nel settore stimano un valore di circa 400 milioni di materiali ibernato nei cassetti delle ns case e non conferito ai sistemi di raccolta. Il problema non è solo italiano ma è comune a tutta l'Europa.

La raccolta in Italia è presidiata dai Sistemi Collettivi RAEE hanno il compito primario di gestire il trasporto, il trattamento ed il recupero dei RAEE Domestici, rispettando le disposizioni del Decreto Legislativo 49/14 e le regole stabilite dal Centro di Coordinamento RAEE. Esistono Sistemi Collettivi specializzati su singoli raggruppamenti, che



si occupano primariamente della gestione di alcune categorie di prodotto, ed altri Sistemi Collettivi Multifiliera che operano su tutti i raggruppamenti. Grazie all'utilizzo di un algoritmo matematico, il Centro di Coordinamento RAEE assegna annualmente ai Sistemi Collettivi i singoli raggruppamenti presso i Centri di Raccolta dei Comuni e presso gli altri Centri di Conferimento. L'assegnazione dei Centri di Raccolta viene fatta in modo da garantire una distribuzione degli obblighi di gestione proporzionale alla quota di mercato rappresentata da ogni singolo Sistema Collettivo che assolve alle obbligazioni dei Produttori di AEE di gestione dei prodotti a fine vita. I Sistemi Collettivi effettuano il trasporto dei RAEE dai luoghi assegnati e si occupano del loro trattamento presso impianti specializzati e accreditati al Centro di Coordinamento RAEE.

Stabilizzata la raccolta, assolutamente da incrementare, manca ancora in Italia un sistema di trattamento e recupero dei differenti materiali successivo alle fasi di primo smontaggio e classificazione. Il particolare ecosistema d'impresa italiano basato su piccole e medie imprese potrebbe da questo punto di vista essere strategico.

Per quanto riguarda il riciclo delle materie plastiche, la parte prevalente riguarda quelle destinate all'imballaggio. La fondazione Ellen MacArthur delinea un cambio di strategia per la nuova plastic economy in un'ottica di economia circolare dove l'importanza di preservare il valore del materiale è essenziale. **Mantenere il valore delle plastiche impone il loro riciclo senza perdita di prestazione.**

Sfortunatamente, ciò non avviene oggi. In Europa, nei casi migliori, solo il 20% di tutte le materie plastiche è riciclato in nuovi usi. Nella maggior parte dei casi è indirizzato all'incenerimento con un valore energetico di recupero pari a solo il 10% del valore iniziale della plastica stessa. Anche il riciclo meccanico porta ad una perdita di valore, pari a circa la metà a causa delle perdite prestazionali indotte dalle procedure di rifusione, ristrutturazione e ricalandratura.

L'opzione attualmente emergente consiste nel riciclo chimico, favorito dall'ingresso nel settore delle grandi aziende chimiche. Per le grandi aziende chimiche, le materie plastiche di riciclo costituiscono una fonte alternativa di carbonio e idrogeno simile ai catrami di petrolio che può essere alimentata alle unità di cracking, hydrocracking e visbreaking. Inoltre, è possibile destinarle a impianti dedicati di pirolisi o di ossicombustione per produrre virgin naphta o gas di sintesi, i due mattoni fondamentali dell'industria chimica, dai quali è possibile produrre l'intero spettro dei prodotti chimici, inclusi i polimeri. In linea di principio è possibile anche recuperare plastiche già presenti in discarica e attivare i processi di urban mining.

Queste considerazioni sono valide per le plastiche raccolte nel ciclo urbano. Per gli scarti industriali, per i quali è possibile l'intercettazione in punti dedicati della catena logistica è possibile sviluppare processi di riciclo chimico ad hoc, indicati come chemical upcycle dove reazioni chimiche dedicate portano a nuove materie prime. Esempi tipici sono dedicati al recupero del PET dove depolimerizzazioni parziali consentono il recupero di telomeri liquidi facilmente separabili dalle cariche e dagli additivi ad un costo energetico inferiore alla depolimerizzazione totale. Altro esempio è il ricorso alle reazioni di glicolisi del PET che portano a polioli impiegabili nella produzione dei poliuretani.

Tenendo in conto i trend di riduzione del prezzo dell'energia a seguito dell'introduzione massiccia di fonti rinnovabili, i processi di rigenerazione chimica delle plastiche e in genere di tutti i rifiuti rappresenteranno sempre di più un'alternativa economicamente proficua rispetto alle valorizzazioni energetiche implementate sinora.

Obiettivi

- Riduzione dell'utilizzo di materiali pericolosi in elettronica attraverso il ricorso crescente a materiali riciclabili o compostabili e a basso contenuto di metalli pesanti.
- Sviluppo di dispositivi e sistemi IC aggiornabili, che consentano al produttore di implementare upgrade funzionali lungo il ciclo di vita del prodotto, in linea con le evoluzioni dei requisiti dell'utilizzatore, senza richiedere la sostituzione dell'intero sistema.
- Sviluppo di tecnologie integrate con l'ICT in settori ad alto impatto socio-economico, quali quello della mobilità e della logistica sostenibile a zero emissioni, in adesione al concetto europeo di Physical Internet (ETP-Alice). In tale ambito si prevede lo sviluppo di nuove infrastrutture di trasporto per merci leggere ad altissima velocità ed efficienza energetica, e l'integrazione con eventuali aerovie per droni aerei o percorsi per droni terrestri finalizzate alla connessione dell'ultimo miglio.



Impatti

Riduzione dei rifiuti, promozione di una cultura del recupero e rifinalizzazione; riconversione dei siti produttivi dismessi alla produzione di biochemicals e biofuels.

Interconnessioni con altri Ambiti Tematici

Interazioni con l'articolazione 1 (industria circolare, pulita e efficiente) della scheda sintetica del gruppo tematico Innovazione per l'industria manifatturiera.

Articolazione 5. Industrial symbiosis, co-located assets

La simbiosi industriale (IS) è il processo di integrazione che permette di trasformare il rifiuto di una filiera produttiva in materia prima per altre filiere, valorizzando così i materiali in un'ottica di economia circolare. L'obiettivo è la creazione di un network interconnesso (*Symbiotic Network*, ISN) all'interno del quale i flussi di materia e di energia vengono indirizzati in modo tale da minimizzare la formazione del rifiuto, e ottimizzare l'utilizzo di materia prima fresca e dei vettori energetici, generando valore aggiunto su prodotti o materiali che altrimenti sarebbero destinati allo smaltimento. Il concetto di IS è però estendibile anche alla condivisione di risorse (in eccesso), sia materiali (condivisione di *facilities*) che immateriali, tramite pratiche quali il *co-working*.

L'integrazione di processi e tecnologie dell'industria primaria può essere realizzata trasversalmente coinvolgendo settori diversi, quali quello agricolo, delle costruzioni, dell'allevamento animale, ed altri. La sfida principale rimane quindi quella della trasformazione di un processo virtuoso, attualmente già applicato all'interno di numerosi siti produttivi (si veda l'esempio della integrazione dei processi chimici, applicata da tempo da numerose aziende), ad un network in grado di integrare stadi produttivi appartenenti a filiere di valorizzazione che sono tra loro diverse e originariamente non interconnesse, e per le quali è quindi necessario pensare e sviluppare modelli di integrazione differenti da quelli tradizionali. L'approccio utilizzabile per la realizzazione del concetto di integrazione può essere di tipo *top-down* (*Designed* o *Planned Symbiosis*), sviluppato cioè a livello regionale o nazionale ma comunque con un forte supporto politico, e pertanto facilitato dalle strutture di governance locale e dai gestori dei servizi locali o regionali, spesso in cooperazione con aziende private. In alternativa, un approccio *bottom-up* (*Spontaneous Symbiosis*) implica iniziative spontanee di aziende, parchi tecnologici e investitori senza il supporto di un'agenda politica a cui fare riferimento. La mancanza di strategie di sviluppo, tuttavia, ovviamente impedisce uno sfruttamento dell'intero potenziale e un utilizzo ottimale delle risorse.

La vocazione industriale di alcune aree del nostro Paese, quali ad esempio i Distretti Industriali e le Aree di Sviluppo Industriale, può essere anche valorizzata ubicando centrali energetiche di sfruttamento di fonti rinnovabili che soffrono di criticità di accettabilità sociale, quali ad esempio quelle ritenute inquinanti o alimentate da combustibili non a rete. Tali centrali possono svolgere un ruolo determinante per soddisfare, con elevate prestazioni energetiche ed ambientali, le richieste frigo-termo-elettriche non solo del distretto industriale di pertinenza, ma anche di comunità limitrofe più ampie magari con tecniche di condivisione delle risorse e della gestione (Smart Energy Community).

La necessità di sviluppare nuovi modelli di business implica la presenza di competenze e risorse spesso non disponibili all'interno delle aziende; questo costituisce uno dei maggiori ostacoli alla realizzazione di integrazioni simbiotiche, assieme alla mancanza di informazioni in merito alle possibili forme di integrazione e alla mancanza di consapevolezza sulle opportunità offerte dalla IS. Alla luce di ciò, è necessario sviluppare forme di raccolta e distribuzione delle informazioni che facilitino interazioni e collaborazioni; la presenza di una infrastruttura digitalizzata ha, per esempio, giocato un ruolo chiave nei casi di IS sviluppati in paesi scandinavi.

I principali **fattori in grado di innescare processi virtuosi di IS** sono:

- (a) *Drivers* ambientali: la necessità di migliorare la propria performance ambientale, mediante una diminuzione degli scarti prodotti e della CO₂ emessa, soprattutto quando l'attività produttiva ha causato un forte impatto sul territorio, con conseguente ridimensionamento della attività produttiva stessa; questa necessità può essere trasformata in una opportunità di sviluppo centrata sulla IS.



- (b) *Drivers* economici: benefits di natura economica, derivanti per esempio dalla condivisione di costi associati a servizi di utilizzo comune a più aziende, quali lo smaltimento dei rifiuti, e in prospettiva il loro riciclo e riutilizzo, ma anche servizi onerosi dal punto di vista energetico, quali l'utilizzo di *utilities*. A ciò si aggiungono ovviamente i benefits diretti derivanti dalla diminuzione dei costi di tipo ambientale, associati al trasporto e trattamento dei rifiuti stessi, e dalla valorizzazione del rifiuto/sottoprodotto, nonché ricavi indiretti derivanti dalla diminuzione dell'impatto dell'attività produttiva sull'ambiente e dalla diversificazione del proprio portfolio di prodotti.

Fattori determinanti ai fini dello sviluppo di iniziative di IS sono:

- (a) la presenza di aziende o enti in grado di erogare servizi comuni o di ricevere materiali di diversa origine, per esempio prodotti di scarto, che possano cioè agire da *hub* territoriali sia per interventi in input che in output;
- (b) la presenza di politiche locali o nazionali che facilitino gli interventi atti a realizzare la IS piuttosto che politiche di intervento dirette a sostegno di tali azioni;
- (c) una politica di sviluppo aziendale che faciliti interventi di IS, avendo come obiettivo ritorni economici derivanti per esempio da una riduzione dei costi associati all'utilizzo delle materie prime, un aumento dell'efficienza, e in generale un approccio più sostenibile;
- (d) una spinta sociale e culturale nei confronti delle aziende e delle istituzioni a sviluppare azioni di cooperazione e condivisione di risorse.

I fattori abilitanti i processi di IS possono essere così riassunti:

- (a) L'esistenza di condizioni che facilitano le interazioni tra gli *stakeholders*;
- (b) La presenza di figure intermedie in grado di favorire le interazioni coordinando le azioni delle aziende e utilizzando le proprie competenze nel campo della IS per agevolare le sinergie (*Facilitated Symbiosis*);
- (c) L'esistenza di potenziali stakeholders nella medesima area all'interno della quale sia possibile sviluppare più facilmente sinergie, in virtù di una prossimità geografica ma anche culturale, e di opportunità di accesso a risorse condivisibili;
- (d) La presenza di una normativa nazionale che faciliti e promuova gli investimenti nel campo della IS;
- (e) L'esistenza di un chiaro framework regolatorio che permetta di identificare facilmente le strade percorribili, le infrastrutture utilizzabili e i canali di finanziamento a cui accedere per sviluppare progetti di IS;
- (f) Una forte volontà da parte delle autorità locali e regionali di partecipare attivamente ad iniziative di IS coinvolgendo le istituzioni e promuovendo iniziative per un coinvolgimento attivo della cittadinanza;
- (g) La creazione di "parchi industriali" (EIP: Eco-Industrial Park), cioè distretti che facilitino la condivisione di servizi e la gestione delle infrastrutture, poiché tutti i siti produttivi coinvolti si trovano nella stessa area industriale (*co-location e co-located assets*). Attualmente in Europa sono attivi circa 120 EIPs, di cui circa 10 in Italia.
- (h) La creazione di *drivers* economici (risparmio sui costi per l'utilizzo delle infrastrutture e dei servizi, aumento della competitività) che promuovano la partecipazione attiva delle aziende a iniziative di IS. Creazione di piattaforme digitali per la disseminazione delle informazioni relative ai benefit economici conseguibili mediante le iniziative di IS.
- (i) Lo sviluppo di nuove tecnologie nel settore della *Circular Economy*, che permettano la creazione di nuove sinergie ed opportunità di integrazione.

Obiettivi

- Creazione di **indicatori standard** per la valutazione quantitativa delle prestazioni dei processi *waste-to-resources* realizzati nell'ambito di iniziative di IS. Una analisi completa degli indicatori utilizzati per valutare processi di trasformazione (utilizzabili anche per le iniziative di IS) è reperibile nel Report "Industrial Symbiosis Indicators" del Progetto FISSAC (Forstening Industrial Symbiosis for a Sustainable Resource



Intensive Industry Across the Extended Construction Value Chain), August 2016 (H2O2O2-WASTE-2014). Gli indicatori devono possedere le seguenti caratteristiche: (a) specificità, (b) misurabilità, (c) affidabilità e credibilità, (d) rilevanza, (e) robustezza e (f) semplicità. Nell'ambito della IS, tali indicatori includono aspetti legali, economici, geografici, tecnici e sociali (*Legal, Economic, Spatial, Technical, Social*: LESTS), oltre che ambientali; questi ultimi devono includere, in un approccio di tipo LCA, l'efficienza e l'impatto ambientale nella generazione delle materie prime stesse, e dovrebbero poter confrontare i vantaggi di tipo economico ed ambientale conseguenti alla valorizzazione di rifiuti o sottoprodotti. È necessaria una standardizzazione che permetta di uniformare gli approcci utilizzati e agevolare le decisioni in merito alle strategie di IS più convenienti, in termini sia di diminuzione dell'impatto ambientale che di ritorno economico per le aziende coinvolte.

- Analogamente, sviluppo di **strumenti** utili ai fini della valutazione della efficienza di trasformazioni realizzate mediante i principi della IS. Attualmente vengono utilizzati diversi strumenti che si basano su approcci differenti, che vanno, per esempio, da *IS repositories* (sistemi che permettono la condivisione di conoscenze nel settore della IS), a strumenti finalizzati alla identificazione di potenziali sinergie tra aziende in determinati settori (per esempio, scambi di rifiuti tra aziende per la creazione di risorse), piattaforme talvolta in grado di costruire nuove *value-chains* e quindi promuovere contatti tra aziende ed enti potenzialmente interessati. È necessario adottare strumenti che permettano di prevedere scenari di IS e strategie di condivisione mediante una più chiara identificazione delle barriere tecnologiche, dei ritorni di natura economica, dei vantaggi di tipo ambientale.
- Creazione di **piattaforme digitalizzate** per la **disseminazione di informazioni** utili alla creazione di iniziative di IS; per esempio, piattaforme per lo scambio di informazioni sulla tipologia di rifiuti generati, ma anche per la generazione di filiere atte alla trasformazione di rifiuti in risorse, e per lo scambio di sottoprodotti e co-prodotti. Importante è anche la creazione di data-base robusti e di facile utilizzo, che classifichino i flussi di materia ed energia, in entrata e in uscita, e l'utilizzo di algoritmi in grado di identificare potenziali simbiosi nell'ambito di determinati comparti produttivi o di determinate aree geografiche, con georeferenziazione delle aziende. Un esempio è costituito dal Multi-Layer Stream Mapping, che si basa su uno strumento di quantificazione del valore dei flussi, e che permette di disegnare vari scenari possibili di IS in relazione per esempio ai costi da sostenere e ai benefit economici conseguibili. Creazione di **piattaforme digitalizzate** per la **condivisione di risorse** (condivisione di facilities, attività di co-working).
- **Revamping ed utilizzo di impianti** petrolchimici dismessi per la trasformazione di rifiuti e sottoprodotti nell'ambito del network di IS. Sviluppo del concetto di ciclo produttivo diffuso, con impianti di piccole dimensioni montati su skid, dedicati a particolari campagne di lavorazioni stagionali e all'ottenimento di semilavorati da indirizzare alle bioraffinerie in grado di realizzare la valorizzazione finale.
- **Sviluppo di centrali energetiche** in aree industriali a servizio di distretti industriali e di Comunità.

Gli obiettivi sopra elencati evidenziano inoltre le opportunità offerte da **Industria 4.0** per promuovere nuove iniziative di IS, sia ai fini della raccolta e gestione di un numero elevato di informazioni (che siano robuste ed affidabili), sia ai fini dell'utilizzo di tali informazioni per la creazione di piattaforme di supporto decisionale e l'ottimizzazione dei network simbiotici per la condivisione di rifiuti/sottoprodotti e risorse, infine facilitando anche lo sviluppo di indicatori e *metrics* utilizzabili come standard. Analogamente ai modelli di *Physical Internet* (PI) attualmente utilizzati per la logistica avanzata dei trasporti (condivisione dei magazzini, creazione di hub per la movimentazione delle merci, e in generale approccio predittivo alla logistica), è necessario implementare nuovi modelli di business che facilitino la creazione di networks di IS.

Impatti

Ristrutturazione delle filiere produttive e dei modelli logistici mirata a eliminazione degli scarti e cogestione delle risorse; integrazione dei processi sia nell'ambito del sito produttivo sia del distretto agricolo-industriale di riferimento.

Interconnessioni con altri Ambiti Tematici

Bioeconomia, per gli aspetti di integrazione di processo.



Articolazione 6. “A fair benchmarking”: sviluppo e diffusione dei metodi della Ecologia Industriale per una corretta valutazione comparativa tra tecnologie green e consolidate

L'Ecologia Industriale esamina sistematicamente ed in maniera integrata gli utilizzi e i flussi locali, regionali e globali di materiali e di energia in prodotti, processi, settori industriali ed economici. Essa identifica i “carichi ambientali” associati ad un prodotto/servizio durante tutto il ciclo di vita, compresa la gestione dei rifiuti e la loro reimmissione nei cicli di produzione/utilizzo.

L'Ecologia industriale, che si configura come area di sviluppo scientifico e professionale pienamente matura, consolidata da oltre 25 anni di sviluppi metodologici a marcato carattere interdisciplinare, rende oggi disponibili a studiosi, operatori e “decision makers” uno spettro di strumenti di analisi la cui integrazione permette di valutare le “esternalità” ambientali e sociali nel quadro delle valutazioni di fattibilità e di sostenibilità di processi e prodotti, siano essi beni materiali o servizi:

LCSA (Life Cycle Sustainability Assessment): metodica di analisi di prodotti e processi che integra gli strumenti codificati della LCA (Life Cycle Assessment), rivolti alla valutazione di impatti ambientali, con quelli, di più recente sviluppo, del Life Cycle Costing (LCC) e della S-LCA (Social Life Cycle Assessment). Elemento cardine degli approcci “life cycle” è l'analisi dei flussi materiali ed energetici connessi con un determinato servizio/prodotto (inventory analysis) integrata all'intero ciclo di vita, e corredata dalle valutazioni di impatto ambientale e delle esternalità sociali.

MFA (Mass Flow Analysis): L'analisi dei flussi e degli “stock” di risorse materiali è una delle metodologie centrali dell'ecologia industriale. È attraverso il MFA che il “metabolismo industriale” (flussi di risorse da e verso un particolare sistema, identificato in un più ampio contesto produttivo o sociale) può essere mappato e quantificato, anche in maniera dinamica. Esito della MFA è, tra l'altro, la determinazione di importanti variabili quali: le scorte di risorse materiali disponibili; i flussi prevalenti di trasformazione; la variabilità degli stock e la maturità dei mercati; il bilanciamento geografico nei percorsi di trasformazione ed utilizzo delle risorse, e le eventuali criticità di natura geopolitica associate all'accesso alle risorse.

EEIOA (Environmentally Extended Input-Output Analysis): Le tabelle input-output (IOT) in economia quantificano le transazioni che avvengono tra diversi settori industriali in un sistema economico. Nell'ambito dell'Ecologia Industriale le analisi input-output sono estese alla considerazione di flussi di risorse materiali, di flussi energetici, di emissioni ambientali in sistemi socioeconomici strutturati.

Questi strumenti di analisi fondamentale rappresentano a loro volta i punti di partenza dai quali muovere per l'analisi degli interventi orientati alla sostenibilità, tra i quali si possono richiamare il **Design for Environment**, sviluppo di metodologie per la progettazione di prodotti e processi orientata alla sostenibilità, le analisi di **Metabolismo socio-economico**, che inquadrano l'utilizzo di risorse e la gestione di flussi e stock in una prospettiva sociotecnica, ed il **Metabolismo urbano**, che particolarizza gli strumenti di analisi alle specificità delle grandi aggregazioni urbane, caratterizzate da particolari criticità ma anche da opportunità di gestione integrata dei flussi e degli stock di risorse.

Il ricorso generalizzato alle metodologie della Ecologia Industriale rappresenta il prerequisito per la corretta definizione, da parte dei singoli operatori e della società nel suo complesso, di traiettorie di sviluppo economico, sociale e tecnologico compatibili con i vincoli di sostenibilità. L'ecologia industriale consente di identificare i passaggi critici nella gestione del recupero e riciclo dei materiali a fine vita e di fornire nel medio termine elementi utili alla progettazione dei nuovi prodotti da immettere sul mercato (design for disassembling). Esempio sono lo sviluppo di packaging multistrato “adhesive free” o di collanti non reversibili nei materiali da costruzione o da arredamento e elettronica. I principi oggi espressi dalla recente Direttiva Europea nota come SUP (Single Use Plastics) vanno in questa direzione relativamente al settore degli imballaggi e nel prossimo futuro analoghe direttive saranno possibili e auspicate per i prodotti Long-Term Use.

Solo attraverso una maggiore diffusione e rilevanza di criteri ispirati ai principi della Ecologia Industriale, attraverso la rigorosa valutazione delle esternalità estese all'intero ciclo di vita dei prodotti/processi, sarà possibile generare le



condizioni per una corretta comparazione di Tecnologie Green e Tecnologie convenzionali e fornire un impulso decisivo verso l'adozione di soluzioni dell'economia circolare e della "performance economy".

Obiettivi

- Sviluppo di una cultura generalizzata della Ecologia Industriale, sia nel cittadino che negli operatori, negli addetti, nei decisori a differenti livelli di intervento. Analisi riferite a diversi comparti della pubblica amministrazione e del mondo della produzione evidenziano consistenti carenze di formazione e consapevolezza degli strumenti e degli obiettivi dell'Ecologia Industriale da parte di soggetti inseriti in nodi importanti del sistema produttivo e decisionale. Le attuali carenze sono in larga misura responsabili della mancata o limitata implementazione di misure funzionali alla realizzazione dell'economia circolare e della "performance economy". Questo obiettivo richiede interventi diversificati sia sul sistema educativo (con strumenti e modalità specifiche a livello di formazione primaria, secondaria e terziaria), che nel settore della formazione permanente e del "reskilling" di individui e categorie professionali già inserite nei contesti produttivi e decisionali.
- Ulteriore promozione ed incentivazione di processi di green procurement ispirati ai criteri della Ecologia Industriale, estendendo ed ulteriormente rafforzando i recenti indirizzi che hanno portato alla introduzione dei CAM (Criteri Ambientali Minimi). Questo processo comporta la adeguata documentazione della fattibilità delle iniziative non solo in termini tecnico-economici ma anche attraverso una adeguata considerazione delle esternalità, estese all'intero ciclo di vita. Tale processo investe in misura rilevante la pubblica amministrazione, nell'ambito della quale può assumere carattere prescrittivo, ma può estendersi a soggetti privati che intendano migliorare il proprio posizionamento competitivo attraverso l'offerta di soluzioni green ispirate ai criteri "life cycle thinking".

Impatti

Riposizionamento competitivo delle Green Technologies tramite Life Cycle Sustainability Assessment, Environmentally-extended input-output, Mass flow analysis, Industrial and Urban Metabolism.

Interconnessioni con altri Ambiti Tematici

- 1.1 Articolazione 5. Valutazione dell'impatto dell'ambiente sugli outcomes di patologie acute e cronico-degenerative.
- 4.6 articolazione 1. industria circolare, pulita ed efficiente.
- 5. clima, energia, mobilità sostenibile.
- 6.3 bioindustria per bioeconomia.
- 6.4 conoscenza e gestione sostenibile dei sistemi agricoli e forestali.
- 6.5 conoscenza, innovazione tecnologica e gestione sostenibile degli ecosistemi marini.



6.2 Scienze e Tecnologie alimentari

Future esigenze di ricerca e innovazione in vista della transizione verso sistemi alimentari sostenibili, sani, sicuri ed inclusivi

Contesto attuale, motivazioni ed evoluzioni

L'alimentare è il settore manifatturiero più rilevante in Europa, con circa 44 milioni di posti di lavoro, ed è settore trainante per l'economia italiana con 538 miliardi di euro di fatturato e circa 3,6 milioni di occupati nel 2019. Tuttavia, a causa della sua complessità, ha bisogno di un aggiornamento continuo delle conoscenze e dell'innovazione tecnologica per vincere le nuove sfide sociali e commerciali a livello globale.

L'ONU stima che la crescita dei fabbisogni, legati all'aumento della popolazione mondiale (10 miliardi di abitanti entro il 2050), porterà a dover raddoppiare la produzione alimentare a livello globale. La pressione esercitata sull'ambiente dalle attività antropiche, in relazione all'incremento della popolazione, alla crescita economica, ai metodi di produzione e ai modelli di consumo, è in costante aumento a livello globale, con importanti impatti sugli ecosistemi terrestri e marini e sulle risorse naturali come suolo, acqua, aria e biodiversità. Il livello odierno di sfruttamento delle risorse naturali sta superando i limiti del pianeta (l'impronta ecologica globale è stimata potenzialmente pari a 2 pianeti nel 2030) ed è imperativo un significativo cambio di direzione nei modelli di produzione e consumo, abbandonando il *business as usual* per modelli sostenibili e inclusivi di sviluppo.

In quest'ambito l'impatto delle attività agricole e di produzione alimentare è particolarmente significativo, considerando che a livello globale incide fino al 30% delle emissioni di gas serra e fino al 70% per l'uso delle risorse idriche. Tutto questo in un contesto di estrema disparità a livello mondiale, con due persone obese o sovrappeso per ogni persona affetta da malnutrizione, con un terzo della produzione destinato all'alimentazione animale e una crescente percentuale di terreno coltivabile destinato alla produzione di biocarburanti, con uno spreco annuale a livello globale di 1,3 miliardi di tonnellate di prodotti alimentari inutilizzati a fronte di più di 850 milioni di persone che soffrono la fame. A tutto questo si aggiunge il problema sempre più urgente del cambiamento climatico e del suo impatto sui sistemi naturali e sulle società nei contesti rurali, costieri e urbani dei diversi paesi.

Con le superfici coltivabili del pianeta già sfruttate a scopo agro-zootecnico e la necessità di evitare ulteriore deforestazione, degrado ambientale e perdita di biodiversità, occorre adottare politiche di sostenibilità nella produzione alimentare che comprendano il miglioramento delle rese delle superfici agricole, il recupero delle terre marginali, l'incentivazione di forme di economia circolare e l'adozione di stili alimentari più sostenibili, assicurando contestualmente la sicurezza igienico sanitaria degli alimenti, che deve rimanere una priorità al fine di proteggere la salute pubblica.

Anche in relazione a questo scenario in continua evoluzione, il contesto della ricerca nel settore agroalimentare è profondamente mutato negli ultimi 15 anni. Dall'approccio *From Farm to Fork*, in cui i diversi segmenti della filiera raramente si interfacciavano (*silos thinking*), oggi ci si sta spostando sempre di più verso il *systems thinking*, che applicato al sistema di produzione del cibo assume il nome di *Food Systems*. Con *Food Systems* si definisce un nuovo approccio alla produzione agroalimentare, in cui tutti i diversi anelli della filiera vengono considerati in maniera integrata, al fine di determinare la qualità e la sicurezza igienico sanitaria di un alimento.

Tali principi sono già stati fatti propri dalla Commissione Europea con il varo dell'azione, *FOOD2030: Research and Innovation for Tomorrow's Nutrition and Food Systems*²³ e inseriti nell'agenda strategica per la ricerca e l'innovazione della piattaforma tecnologica europea (ETP) *Food For Life: Food for Tomorrow's Consumer: Step-changing the innovation power and impact of the European food and drink industry to the benefit of a sustainable society*.²⁴ Non

²³ https://ec.europa.eu/info/events/food-2030-research-and-innovation-tomorrows-nutrition-and-food-systems-2016-oct-12_en.

²⁴ <http://etp.fooddrinkurope.eu/>.



ultimo, l'allineamento su queste strategie da parte dell'iniziativa europea EIT Food²⁵, il cui obiettivo è la realizzazione di catene sostenibili di approvvigionamento alimentare attraverso rivoluzionarie iniziative di innovazione industriale e di formazione universitaria e imprenditoriale. Di rilevante importanza in questo senso anche gli esercizi di proiezione al 2050 dei possibili scenari mondiali e dell'impatto su sicurezza alimentare e nutrizione dei sistemi alimentari²⁶. A ciò si aggiunge che buona parte dei 17 obiettivi dell'Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile (Sustainable Development Goals, SDG)²⁷ fanno riferimento a una dieta sostenibile "a basso impatto ambientale, in grado di assicurare un adeguato quantitativo di alimenti alla popolazione, protettiva e rispettosa della biodiversità e degli ecosistemi, accettabile culturalmente, economicamente accessibile, nutrizionalmente adeguata, sicura e salutare, in grado di ottimizzare l'uso delle risorse naturali e umane"²⁸.

Negli ultimi anni, la ricerca nel settore agroalimentare ha raggiunto in Italia livelli competitivi a livello internazionale, preceduta solo da Olanda, Svizzera, Svezia e Inghilterra²⁹. Queste prestazioni sono dovute all'interconnessione tra ricerca e filiera produttiva italiana e al crescente successo nell'ambito della progettualità internazionale. A ciò ha contribuito l'integrazione orizzontale tra il settore agroalimentare e gli altri settori della ricerca di base e industriale (salute, sostenibilità, chimica, ecc.) e l'integrazione verticale che lega il settore ad altri aspetti caratterizzanti del nostro Paese (natura, arte-cultura, storia, turismo, gastronomia), integrazioni che solo il sistema Italia è in grado di proporre nella sua complessità e che possono rappresentare un volano di sviluppo nel prossimo futuro.

Queste caratteristiche hanno permesso al settore agroalimentare di non fermarsi, seppur sotto l'impatto dell'emergenza sanitaria legata alla pandemia da COVID-19, mostrando resilienza e flessibilità e confermando, così, le proprie caratteristiche anticicliche. Le aziende si sono riorganizzate adottando distanziamento fisico, turni modificati, controlli, protezioni individuali, e sono intervenute anche sul sistema logistico per l'approvvigionamento e le consegne. Purtroppo, non solo la transizione non è stata semplice, ma la produzione ha sofferto per la chiusura del canale HORECA e per il crollo delle esportazioni. Le prime stime di Federalimentare indicano perdite del fatturato di circa il 30% in volume e molto di più in redditività con forti rischi al ribasso a causa di una delle peggiori crisi degli ultimi anni. Eventi di questa portata sono in grado di influenzare fortemente le scelte alimentari e i comportamenti dei consumatori, la domanda e i modelli di produzione e distribuzione, la logistica e l'organizzazione del lavoro, modificando le strutture industriali, la catena del valore e il quadro macroeconomico, producendo una situazione di incertezza. In particolare, da un recente studio di Nomisma, si evince che gli Italiani sono più attenti al Made in Italy (26%), alla tutela dell'ambiente (22%), alle tipicità del territorio (16%), alla salute (15%) e alla convenienza (14%).

Anche in relazione ad episodi come questi, è importante che le aziende accelerino i processi di innovazione per essere competitive ed in grado di adottare assetti aziendali in grado di rispondere meglio alle esigenze dei consumatori su salute, sostenibilità e sicurezza. Sono necessarie misure politiche, economiche e sociali, nonché un forte sostegno all'innovazione di prodotto e di processo, con investimenti in nuove tecnologie, sicurezza, sostenibilità ed efficienza. Tra le priorità, spiccano **la digitalizzazione**, **la ricerca** e **la formazione**, **la sostenibilità (circularità)**, **l'informazione** e **la comunicazione**, **gli aspetti normativi**.

La **digitalizzazione** può offrire significative potenzialità, dall'uso di tecnologie Blockchain e Internet of Things, all'impiego di robot e l'intelligenza artificiale anche alla luce delle possibili ricadute sul contenimento degli sprechi alimentari e dei costi di produzione.

Il potenziamento della **ricerca e della formazione** è prioritario per sostenere l'innovazione ma anche per governare le situazioni emergenziali come quelle generate dalla pandemia. In particolare è fondamentale il potenziamento dei Centri Universitari e di Ricerca, investire nell'alta formazione (Dottorato di Ricerca, Dottorato Industriale), nella Ricerca

²⁵ <https://www.eitfood.eu/>.

²⁶ <https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/eur-scientific-and-technical-research-reports/delivering-eu-food-safety-and-nutrition-2050-future-challenges-and-policy-preparedness>.

²⁷ <https://unric.org/it/agenda-2030/>.

²⁸ <http://www.fao.org/3/ca6640en/ca6640en.pdf>.

²⁹ <https://www.anvur.it/rapporto-biennale/rapporto-biennale-2018/>.



Universitaria, finanziando Progetti di ricerca nazionali altamente innovativi e Ricerca di base, a sostegno di tutto il sistema agro-alimentare e come fucina di nuovi talenti.

L'adozione di pratiche in linea con i principi dell'Economia Circolare favorisce in modo significativo la **sostenibilità** delle produzioni. In questi ultimi anni molto è stato fatto per un uso efficiente di materie prime come acqua ed energia, la prevenzione degli sprechi alimentari e la gestione delle eccedenze alimentari, la progettazione del packaging, e il riciclo e la valorizzazione dei sottoprodotti, tuttavia è richiesto uno sforzo straordinario di investimenti in ricerca, sviluppo e innovazione tecnologica per favorire ricerca e sviluppo per una produzione più ecologica, che coinvolga tutto il sistema agro-alimentare.

In questo contesto, oltre alla richiesta di un sistema di **informazione** autorevole, basato su dati certi e condivisi, è importante prevedere un efficace sistema di **comunicazione** del rischio nella filiera alimentare (ai sensi del Reg. UE 2019/1381).

È, inoltre, urgente un riordino dell'intero *corpus* giuridico relativo al settore, che tenga conto delle mutate esigenze senza rinunciare alle tutele che la legge italiana ha sempre tenuto in massimo conto, e che permetta maggiore flessibilità produttiva, approvvigionamento di materie prime, gestione delle scorte, fluttuazione dei prezzi e riduzione degli scarti.

Rilevanza rispetto alle transizioni ambientale, digitale, economica, energetica e sociale

Le considerazioni e preoccupazioni relative ai fenomeni a livello globale sono rilevanti per l'economia europea ed italiana, largamente dipendenti ancora dai combustibili fossili per il proprio fabbisogno energetico e dall'importazione di notevoli quantità di materie prime da altre parti del mondo. L'uso sostenibile delle risorse diventa quindi la chiave per la transizione ecologica e la rivoluzione digitale come possibili risposte alle criticità presenti e future. Un ruolo fondamentale in questo senso può svolgere l'economia circolare ed in particolare la strategia per la bioeconomia, con i temi del riutilizzo e del riciclo e delle energie rinnovabili.

In realtà, il degrado ambientale e gli odierni modelli non sostenibili di produzione e consumo pongono anche seri rischi per la salute e il benessere dell'uomo, con un impatto significativo sulle malattie non trasmissibili (*noncommunicable diseases*, NCD). La prevalenza di modelli alimentari non sostenibili e non salutari costituisce il fattore di rischio principale per le NCD e per l'aumento dell'obesità: malgrado gli sforzi messi in atto per contrastare questo fenomeno, più della metà della popolazione europea soffre attualmente di problemi di sovrappeso e di obesità. D'altra parte questi stessi modelli hanno un impatto significativo sui cambiamenti climatici globali, in relazione allo sfruttamento delle risorse ed all'impatto delle attività produttive sull'ambiente.

La transizione verso modelli alimentari più sostenibili e salutari richiede un cambiamento di paradigma non solo nei comportamenti dei consumatori, ma anche nella produzione degli alimenti. Questo costituisce peraltro un'importante occasione di innovazione e sviluppo che deve essere assolutamente colta, anche in relazione alla promozione di modelli alimentari quali quello della dieta mediterranea, che costituisce un'opportunità significativa per il sistema agro-alimentare italiano, che può assumere un ruolo di riferimento come modello di risposta alle esigenze e agli interessi delle diverse comunità, in particolare dei sistemi locali, rafforzandone il ruolo nel contesto globale (in una visione che è stata definita "glocal").

Questo cambiamento può avere significativi effetti sull'ambiente (clima, biodiversità), sulla disponibilità di alimenti sicuri e di qualità e in quantità sufficiente per tutti, in grado di promuovere la salute e il benessere e, più in generale, la sostenibilità e la resilienza dei sistemi alimentari, anche di fronte a crisi improvvise come quelle drammaticamente attuali causate dalla pandemia di COVID-19. Proprio la pandemia globale ha rivelato le fragilità a livello mondiale del modello attuale di produzione e consumo, fondato in prevalenza su globalizzazione, poco accorta gestione delle risorse naturali, delocalizzazione delle produzioni, disconnessione frequente con i territori e le comunità per la realizzazione di obiettivi a corto raggio, mettendo in luce un approccio allo sviluppo che trova fondamento nell'idea di una crescita illimitata a detrimento della qualità della vita e del capitale naturale e sociale delle comunità in un quadro di crescente impatto ambientale.



Per questi motivi risulta fondamentale, per il raggiungimento degli obiettivi indicati, affrontare anche le sfide poste da un sistema ambientale in continua evoluzione e cambiamento, che ha un'influenza significativa sulla salute delle piante e degli animali e sulla sicurezza degli alimenti e, in ultima analisi quindi, sulla salute dell'uomo, secondo l'approccio *One Health*³⁰. Sebbene le filiere alimentari in Europa non siano mai state così sicure, tuttavia la WHO stima che batteri, parassiti, tossine e allergeni di origine alimentare siano la causa di circa 23 milioni di casi di malattie e provochino la morte di circa 5000 persone ogni anno in EU, mentre i casi ammontano a 600 mln/anno e le morti a 420.000 a livello globale.. Tutto questo è una delle cause della scarsa fiducia dei consumatori nei confronti del settore alimentare. Risulta pertanto necessaria la promozione continua dell'azione e della ricerca anche in ambito regolatorio, per supportare le attività di valutazione e gestione del rischio e permettere di assicurare la sicurezza alimentare ad ogni stadio della filiera, dal campo alla tavola e, più in generale, in tutto il sistema agroalimentare.

Questi temi sono di particolare rilevanza soprattutto per l'Italia, caratterizzato da una notevole fragilità del territorio, che va preservato con particolare attenzione e che risulta esposto a diverse minacce dal punto di vista geologico e da significative differenze in termini organizzativi e di sviluppo nelle diverse regioni del Paese. Se non affrontati, questi problemi mettono a rischio tutti i settori del sistema alimentare, con un potenziale impatto fortemente negativo sulla disponibilità di alimenti di qualità e su milioni di posti di lavoro, sulla crescita economica e, più in generale, sul benessere della popolazione italiana e di tutta la Comunità Europea.

Per realizzare questi obiettivi, risulta fondamentale uno sforzo senza precedenti di investimenti nella ricerca, per sviluppare nuove conoscenze (e migliorare l'accessibilità e la fruibilità dei dati prodotti), per moltiplicare le innovazioni tecnologiche, metodologiche e delle scienze sociali. Fondamentale risulta il coinvolgimento di tutti i settori della società e in specifico di tutti gli attori del sistema agroalimentare, perché la crescita sia condivisa ed inclusiva, con uno sviluppo equilibrato di tutte le componenti e una proporzionata distribuzione dei costi e dei benefici.

Questo sforzo deve essere particolarmente significativo nel contesto del nostro Paese dove le industrie alimentari e delle bevande mostrano grandi disparità territoriali, con una forte concentrazione del fatturato e degli occupati in poche regioni. In particolare, al Nord, Lombardia, Emilia-Romagna, Veneto e Piemonte fatturano il 64% del totale, mentre al Sud, Campania e Puglia registrano i valori più alti. Nel caso delle bevande³¹, al Nord e al Sud la situazione è simile, a parte il Trentino-Alto Adige per il Nord e Sicilia ed Abruzzo per il Centro-Sud.

È inoltre necessario sostenere le produzioni tipiche, le produzioni su piccola scala e le produzioni biologiche, attraverso l'ottimizzazione dei protocolli produttivi che passino coraggiosamente attraverso l'innovazione, senza stravolgere le caratteristiche dei prodotti, ma rendendole più economiche e adeguate agli standard di sicurezza. In altri termini, si deve mantenere le specificità, la qualità e le caratteristiche di questi prodotti utilizzando in modo appropriato le innovazioni tecnologiche attualmente a disposizione e quelle che si affermeranno nel periodo considerato. Parallelamente è necessario dotare tutto il sistema alimentare di metodi di produzione tecnologicamente avanzati, per mantenere o esaltare le proprietà funzionali e sensoriali naturalmente presenti nelle materie prime o indotte dal sistema di lavorazione.

Obiettivi 2021-2027

L'azione di programmazione nazionale deve implementare linee strategiche che promuovano il settore agroalimentare come elemento di spinta economica e di sviluppo del sistema Italia.

Data la complessità del sistema agroalimentare e le sfide sociali alle quali è chiamato a rispondere, è necessario che l'approccio strategico sia transdisciplinare, basato sulla teoria del *systems thinking*, in cui i diversi elementi che costituiscono il sistema siano interconnessi. Inoltre lo sviluppo tecnologico ha permesso di mettere a disposizione del sistema agroalimentare strumenti ad alta efficienza (*high throughput*) che possono essere sfruttati al meglio al fine di generare dati che possono essere poi analizzati con approcci innovativi. Si ritiene che le prossime azioni debbano

³⁰ <https://www.iss.it/one-health>.

³¹ http://www.federalimentare.it/documenti/IndustriaAlimentare_CuoreDelMadeInItaly/Rapporto2019_Alimentare.pdf.



considerare la digitalizzazione, i big data e l'intelligenza artificiale come strumenti abilitanti che permettano lo sviluppo di algoritmi da utilizzare in sistemi di predizione. In questa maniera sarà possibile avere a disposizione strumenti decisionali di supporto (Decision Support Systems – DSS) che possano rispondere in maniera rapida ad esigenze di natura diversa, dalla domanda relativa alla ricerca di base, come a quella applicativa.

Gli obiettivi da raggiungere nel 2027 sono quelli di sistemi di produzione del cibo che siano:

- Sicuri dal punto di vista igienico sanitario (*Food safety*).
- Sufficienti per tutti, anche dal punto di vista nutrizionale e non solo quantitativo (*Food security*).
- Sostenibili e rispettosi delle risorse naturali (suolo, aria, acqua), della biodiversità e degli ecosistemi e resilienti nei confronti delle emergenze.

In un approccio di *Food Systems* assumono particolare rilevanza il piano di azione per l'implementazione della strategia italiana per la bioeconomia³² e lo sfruttamento dei microbiomi, recente oggetto del Concept paper: Italian microbiome initiative for improved human health and agri-food production ³³ e del relativo piano di azione, promossi dalla Presidenza del Consiglio dei Ministri attraverso il Comitato Nazionale per la Biosicurezza, le Biotecnologie e le Scienze della Vita, in cui si descrivono le enormi potenzialità che questi approcci possiedono al fine di rispondere alle sfide sopra citate.

Gli ambiti che si intravedono come strategici sono quelli di seguito elencati:

1. Sicurezza igienico-sanitaria degli alimenti.
2. Autenticità e integrità del sistema alimentare.
3. Valorizzazione del microbioma nei sistemi produttivi agroalimentari.
4. Alimentazione sana e sostenibile.
5. Fonti proteiche e loro utilizzo nelle tecnologie alimentari.
6. Tendenze emergenti nelle tecnologie alimentari ed efficientamento dei processi di trasformazione.

Articolazione 1. Sicurezza igienico-sanitaria degli alimenti

La sicurezza alimentare è la disciplina che si occupa della corretta produzione, lavorazione, preparazione e conservazione degli alimenti “dai campi alla tavola”, ai fini della prevenzione delle malattie a trasmissione alimentare (MTA). Base della sicurezza alimentare è la valutazione dei rischi per la salute in termini di gravità e probabilità; le priorità definite dalla valutazione del rischio informano lo sviluppo delle buone pratiche e dei sistemi di controllo di filiera.

Alimenti non sicuri, contenenti batteri nocivi, virus, parassiti o sostanze chimiche (p.e. fitofarmaci, micotossine), sono causa di numerosissime patologie, che vanno dalle diarreie infettive ai tumori. L'OMS stima che, nel mondo, ogni anno, circa 600 milioni di persone si ammalino dopo aver consumato cibo contaminato e 420.000 muoiano, causando la perdita di 33 milioni di anni di attesa di vita corretta per disabilità (DALY). Nei paesi a basso e medio reddito, 93 miliardi di euro vengono persi annualmente in termini di produttività e spese mediche derivanti da alimenti non sicuri.

Anche nei paesi a più alto reddito le contaminazioni e malattie di origine alimentare - e le crisi alimentari ad esse collegate (vedi, ad es., BSE, diossine, *Escherichia coli* VTEC O:104, listeriosi, micotossine, istamina) - rappresentano un problema sanitario rilevante e un forte ostacolo allo sviluppo socioeconomico, mettendo a dura prova i sistemi sanitari e danneggiando le economie nazionali, il turismo e il commercio. Questo è ancor più vero in Italia, dove la qualità e sicurezza delle produzioni alimentari rappresenta una delle principali bandiere del *Made in Italy*.

Il futuro esige di progettare e realizzare nuovi sistemi di sicurezza igienico-sanitaria degli alimenti, che siano capaci di garantire efficienza ed elevati livelli di tutela sanitaria, ma che, al contempo, siano sostenibili in termini ambientali e capaci di supportare la crescente domanda di cibo attesa nei prossimi decenni.

³² http://cnbbsv.palazzochigi.it/media/1962/implementation-action-plan_bioeconomy_28_-7-2020.pdf.

³³ <http://cnbbsv.palazzochigi.it/media/1712/microbioma-2019.pdf>.



L'inquinamento ambientale, che impatta in particolar modo sulla già scarsa e compromessa risorsa idrica (vedi i recenti episodi di inquinamento da sostanze perfluoroalchiliche - PFAS), rappresenterà sempre più, negli anni a venire, un elemento di enorme criticità rispetto alla sicurezza degli alimenti. Inoltre, la spinta al miglioramento delle rese produttive e i rischi emergenti, anche in sanità animale, comporteranno la possibilità di un incremento di contaminanti e agenti infettivi, sia in ambito agricolo e zootecnico (ad es., micotossine, fitofarmaci, ecc.) sia nell'industria di trasformazione (ad es. additivi, ecc.), mentre il riutilizzo di scarti delle produzioni potrà creare le condizioni per l'emergere di rischi non prevedibili (vedi il caso BSE) o il trasferimento alla catena alimentare di contaminanti industriali (ad es. PFAS, ecc.). Il settore della trasformazione alimentare deve affrontare il problema della sicurezza delle materie prime, dei pericoli di contaminazione insiti nell'economia circolare, dei *novel foods*, dei materiali e oggetti a contatto con alimenti (MOCA), così come quello dei contaminanti tecnologici. La riduzione degli sprechi così come le nuove abitudini alimentari, quali il consumo di alimenti crudi, poco cotti, cotti a basse temperature o *ready to eat*, richiedono soluzioni per incrementare la *shelf-life* degli alimenti contenendo, al tempo stesso, il rischio di sviluppo di cicli di replicazione e trasmissione di patogeni. Le catene di approvvigionamento alimentare, che attraversano più confini nazionali e complesse filiere commerciali, richiedono una rigorosa tracciabilità degli alimenti a garanzia dell'autenticità e della sicurezza dei prodotti.

L'evoluzione dei consumi porta alla necessità di analisi del rischio specifico per nicchie di consumatori, considerando ad es. le fasce che fanno uso frequente di novel foods o nutraceutici.

Sicurezza alimentare (*food safety*), disponibilità degli alimenti (*food security*) e corretta nutrizione sono indissolubilmente legate. Nei paesi a basso reddito, il cibo non sicuro crea un circolo vizioso di malattia e malnutrizione, ma la stretta relazione tra rischio alimentare e beneficio nutrizionale emerge sempre più frequentemente nelle valutazioni degli organismi scientifici. È il caso della classificazione delle carni rosse da parte dello IARC che, accanto agli aspetti di sicurezza, richiede la valutazione dei benefici nutrizionali, ovvero della problematica dell'olio di palma, rispetto al quale, agli aspetti nutrizionali legati all'elevato contenuto di acidi grassi saturi, si aggiungono quelli di sicurezza legati ai contaminanti di processo (2- e 3-cloro-1,2-propandiole, esteri del glicidolo).

L'olio di palma, ma anche numerosi prodotti alimentari, è un esempio emblematico perché ha fatto emergere nel dibattito pubblico la necessità di un approccio sistemico nella transizione verso i sistemi alimentari del futuro. Oltre alle questioni relative alla sicurezza alimentare e nutrizionale, ha sollevato il grande problema della sostenibilità ambientale e i problemi sociali legati alla sua produzione, che insiste negli areali di distribuzione delle ultime foreste primarie del Pianeta.

La chiave per garantire la sicurezza igienico-sanitaria degli alimenti, anche in futuro, è un approccio di visione a lungo termine capace di affrontare la complessità. Ciò comporta l'anticipazione delle sfide e lo sviluppo di metodi diagnostici innovativi e di strategie di valutazione del rischio-beneficio che consentano di prevenire o affrontare tempestivamente anche i rischi emergenti considerando contemporaneamente le eventuali carenze della regolamentazione e debolezze del mercato, ma anche sfide globali come i cambiamenti climatici, i flussi migratori e la riduzione delle risorse ambientali. Una prospettiva a lungo termine dovrebbe aiutare a cercare soluzioni in modo proattivo e preventivo, per identificare le principali aree di intervento al fine di prevenire crisi e problematiche legate alla salute e alla nutrizione anche delle generazioni future.

Obiettivi

Obiettivo generale è lo sviluppo di un modello innovativo per la sicurezza igienico-sanitaria degli alimenti e dei mangimi, capace di affrontare in maniera più efficiente le problematiche tradizionali, così come di affrontare e anticipare le sfide emergenti sulla base di evidenze scientifiche. Deve essere anche in grado di coniugare la tutela del consumatore alla sostenibilità ambientale delle produzioni, in un approccio che guardi in maniera unitaria alla salute dell'uomo, degli animali e degli ecosistemi (*One Health*).

In particolare, l'attività di ricerca dovrà focalizzarsi sugli obiettivi specifici di seguito descritti.



1. Sistemi innovativi per la sicurezza igienico-sanitaria degli alimenti per il futuro. Sistemi capaci di integrare la sicurezza alimentare (food safety), alle garanzie di disponibilità di alimenti (food security), alla sostenibilità ambientale e a nuovi modelli di business

- Rinnovamento dei processi di valutazione e gestione del rischio alimentare, sviluppando anche l'integrazione con gli aspetti nutrizionali e di sostenibilità, introducendo anche la valutazione di rischi e benefici per la salute nell'analisi socio-economica di sistemi di produzione alternativi e sostenibili.
- Valutazione dell'efficienza e resilienza dei sistemi per tutela la sicurezza delle filere agroalimentari a diversa scala: locale, regionale, nazionale e globale.
- Effetti dei cambiamenti climatici sulla distribuzione geografica dei patogeni e dei contaminanti (contaminanti organici e inorganici, micotossine, tossine algali, tossine vegetali) e tecnologie per limitare gli effetti delle mutate caratteristiche delle materie prime.
- Valutazione e gestione dei problemi complessi di sicurezza igienico-sanitaria con un approccio One Health: alimenti, mangimi, allevamento.
- Utilizzo dei DSS (Decision Support Systems), soprattutto in campo di agricoltura intelligente con riduzione dei trattamenti fitosanitari, monitoraggio del rischio micotossine, ottimizzazione delle rese e dei parametri nutrizionali della pianta in crescita.

2. Identificazione e gestione di problemi di sicurezza igienico-sanitaria noti ed emergenti

- Nuovi modelli per la gestione delle emergenze e delle crisi: modellazione e simulazione di emergenze e crisi dimensionali multifattoriali.
- Sviluppo di approcci innovativi per l'identificazione rapida e precoce dei pericoli chimici, biologici e fisici emergenti, per la valutazione del rischio correlato e messa a punto di strategie di prevenzione.
- Identificazione di nuovi rischi derivanti dalle nuove tecnologie (incluse le nanotecnologie) e/o dai *novel foods* (ad es. proteine da insetti, carne *in vitro*, alimenti 3D-printed).
- Studio dei nuovi rischi derivanti da micro- e nano-plastiche nell'ambiente e negli alimenti.
- Sistemi per tracciare e caratterizzare agenti patogeni/pericoli di origine alimentare, ad es. sviluppando l'uso delle tecniche di sequenziamento dell'intero genoma e l'applicazione delle tecnologie di metagenomica, nonché delle altre tecniche omiche.
- Correlazione tra microbioma (dell'uomo, dell'animale, dell'alimento, dell'ambiente di produzione degli alimenti) e rischio alimentare individuale.
- Effetto del microbioma intestinale sulla modulazione degli effetti tossici dei contaminanti alimentari.
- Approcci integrati in chiave *One Health* per la diagnosi, la sorveglianza e la lotta alle zoonosi e malattie a trasmissione alimentare.
- Modellazione predittiva della presenza e comportamento dei patogeni, nonché di eventuali indicatori, nel sistema agroalimentare, sfruttando anche i dati ottenuti dalle moderne tecniche omiche.
- Identificazione dei pericoli potenziali associati a specie antibiotico-resistenti negli alimenti e nell'ambiente.
- Effetti dei cambiamenti climatici sul microbiota degli alimenti e sulla sua capacità di contrastare la proliferazione di microrganismi patogeni, delle loro tossine e dei metaboliti che hanno impatto sulla salute dell'uomo e degli animali;
- Problematiche di sicurezza relative agli alimenti trasformati, processati, ultratrasformati e ultraprocessati: nuovi contaminanti da processo e nuove malattie alimentari.
- Effetti della biotrasformazione delle sostanze chimiche e rischio relativo alle sostanze risultanti (metaboliti, prodotti di trasformazione).
- Impatto dei *social media* e potenziale ruolo come sistema di allarme rapido per problemi di sicurezza igienico-sanitaria.
- Il ruolo dei consumatori nella sicurezza alimentare: la possibilità di una scienza partecipata.
- Basi scientifiche per la valutazione del rischio (e rischio-beneficio) per i processi tecnologici innovativi (tecniche omiche, tecnologie di stabilizzazione non termica, bioconservazione, nanotecnologie, ecc.).



- Strategie d'intervento e sviluppo di tecnologie innovative finalizzate alla gestione delle micotossine lungo l'intera filiera produttiva di alimenti e mangimi.

3. Sistemi innovativi per la valutazione del rischio

- Applicazione di un approccio integrato di valutazione del rischio sui pericoli chimici (incluso l'effetto dell'esposizione a miscele di sostanze), biologici e fisici che includa anche i fattori sociali ed ambientali basato sull'approccio One Health.
- Integrazione dei dati omici (genomici, trascrittomici, proteomici e metabolomici) nella valutazione del rischio microbiologico e tossicologico.
- Utilizzo di metodologie analitiche e di sequenziamento standardizzate e validate e strumenti adatti per l'utilizzo dell'analisi Next Generation Sequencing (NGS) per la valutazione del rischio.
- Capacità di valutare la sicurezza igienico-sanitaria e l'impatto sulla salute umana e sull'ambiente delle tecnologie dei nanomateriali e della biologia di sintesi.
- Sviluppo di strumenti per la valutazione della tossicità e dell'allergenicità delle proteine.
- Sviluppo di approcci per la valutazione dell'impatto sulla salute di modulazioni del microbioma intestinale dell'uomo e degli animali, nonché degli alimenti e del loro ambiente di produzione.
- Comprensione della dinamica di trasferimento delle micro- e nano-plastiche lungo la catena alimentare e valutazione del loro impatto sulla salute
- Metodologie di valutazione del rischio basata sull'esposoma, anche in relazione a nuovi scenari di rischio (ad es. *endocrine disruptors*, effetto combinato di più sostanze chimiche, *chemical cocktail*).
- Utilizzo integrato di metodi alternativi ai test su animali, dei dati di esposizione, di metodologie basate su approcci *in silico* e *in vitro* e sui meccanismi tossicologici (*Adverse outcome pathway*).
- Sviluppo di un approccio olistico nella valutazione dell'impatto delle pratiche agricole, dei pericoli per le colture (patogeni e malattie delle piante, effetti dei cambiamenti climatici quali siccità, inondazioni, ecc.) e delle relative misure di mitigazione (varietà resistenti alle malattie, uso di fertilizzazione e irrigazione, fitofarmaci) sulla biodiversità e sui servizi ecosistemici.
- Sviluppo e applicazione di metodi di analisi chimici e biomolecolari, tradizionali ed innovativi (ad es. biosensori, nuovi marker), per la determinazione di componenti indesiderati (es. allergeni) e di contaminanti chimici e biologici in alimenti e mangimi e di *biomarker* di esposizione e/o effetto (precoce).
- Sviluppo di nuove tecnologie hardware e nuove soluzioni per il monitoraggio quantitativo dello stato di conservazione dei cibi, tenendo in debito conto rapidità (real time), costi, digitalizzazione
- Valutazione del rischio associato in generale al consumo di alimenti e in particolare al consumo di alimenti contaminati da parte di categorie vulnerabili (allergici, intolleranti, celiaci, consumatori con malattie dismetaboliche).
- Valutazione rischio-beneficio di nutraceutici e novel food, con particolare attenzione a fasce con altri livelli di assunzione, ad es., sportivi.

4. Problematiche di sicurezza igienico-sanitaria legate alle frodi alimentari

- Pratiche commerciali ingannevoli e fraudolente come potenziali problemi di sicurezza alimentare (contaminanti sconosciuti, sostanze tossiche, adulterazione ecc.).
- Sviluppo di metodologie analitiche smart per l'identificazione dei rischi emergenti associate all'economia circolare nell'ambito dei sistemi alimentari (ad es. problematiche legate alla re-introduzione nella catena alimentare di ingredienti da sottoprodotti).
- Sviluppo di sistemi di allerta rapida (metodi rapidi e sistemi on site).

Impatti

Protezione della salute, prevenzione delle malattie e gestione sostenibile delle risorse promuovendo:

- a) la salubrità degli alimenti e dei mangimi, principale via di esposizione, dell'uomo e degli animali a diversi pericoli chimici e biologici, in relazione anche all'approccio *One Health*;



- b) un approccio sistemico alla sicurezza degli alimenti che consideri la sostenibilità ambientale lungo tutta la filiera uno dei requisiti dei sistemi produttivi ed economici, nonché una delle leve più significative del *Green Deal*;
- c) maggiore consapevolezza nelle scelte del consumatore in termini di garanzie sanitarie, nutrizionali e di sostenibilità.
- d) politiche che promuovano la produzione di alimenti salubri e sicuri, utilizzando processi sostenibili.

Impatti in Horizon Europe: 1, 33.

Key Performance Indicator

Identificazione e designazione, in ogni Regione, di un laboratorio di riferimento regionale per le malattie a trasmissione alimentare.

Integrazione operativa (protocolli diagnostici, flussi e analisi dati) tra laboratori di riferimento in ambito di sanità pubblica e di sicurezza alimentare.

Incremento del numero di episodi di MTA per i quali si identifica la fonte di infezione (fonte dati “The European Union One Health 2018 Zoonoses Report³⁴”).

Riduzione del numero di episodi di MTA (fonte dati “The European Union One Health 2018 Zoonoses Report”).

Articolazione 2. Autenticità e integrità del sistema alimentare

Secondo la definizione data dalla *Global Food Safety Initiative* (GFSI): “La frode alimentare è il termine collettivo che comprende l'intenzionale sostituzione, aggiunta, manomissione o falsa rappresentazione di alimenti/mangimi, ingredienti di alimenti/mangimi o imballaggi di alimenti/mangimi, falsa etichettatura, false o fuorvianti informazioni o dichiarazioni sui prodotti, che potrebbero avere anche un impatto sulla salute dei consumatori, allo scopo di conseguire un indebito vantaggio economico” (GFSI BRv7:2017)³⁵.

La frode alimentare mette a rischio la sostenibilità dei sistemi alimentari, ingannando i consumatori e impedendo loro di effettuare scelte informate e consapevoli, minando la sicurezza alimentare (utilizzo di sostanze non permesse o tossiche: la melamina nel latte costituisce un esempio paradigmatico), e andando a interferire con le pratiche commerciali eque e la resilienza dei mercati alimentari e, in definitiva, del mercato unico. L'integrità della filiera richiede sforzi sempre maggiori, poiché la natura complessa delle catene di approvvigionamento alimentare globalizzate (compreso l'e-commerce) e la motivazione economica a fornire prodotti alimentari a prezzo più basso contribuiscono alla diffusione del fenomeno della frode alimentare.

L'Italia ha nella produzione alimentare tipica/regionale e di qualità un *asset* strategico (Fonte MIPAAFT – consultato 05.08.2020). **Il nostro Paese detiene il primato per il numero di denominazioni protette.** Questa produzione fonda la sua storia nella tradizione agroalimentare mediterranea e contribuisce in maniera determinante a promuovere il *Made in Italy* oltre che un'alimentazione sana e sostenibile. L'*Italian sounding* al contrario inganna il consumatore, può nascondere contraffazioni pericolose e penalizza significativamente il settore agroalimentare italiano. Da qui la necessità di migliorare anche attraverso la ricerca la tutela della produzione tipica/regionale e di qualità del nostro Paese.

Negli ultimi anni sono stati fatti notevoli passi avanti, in particolare, con la creazione nel 2013 della Rete Europea contro la Frode Alimentare (EU Food Fraud Network - EU FFN), sotto la direzione e gestione della Direzione generale della Commissione per la salute e la sicurezza alimentare (DG SANTE), con lo scopo di fornire assistenza amministrativa per lo scambio di informazioni su sospette violazioni transfrontaliere alla legislazione dell'UE sulla filiera agroalimentare, in stretta collaborazione con l'Agenzia Europea per la cooperazione giudiziaria (Europol), e con *Joint Research Center*,

³⁴ <https://www.ecdc.europa.eu/en/publications-data/european-union-one-health-2018-zoonoses-report>.

³⁵ https://mygfsi.com/press_releases/gfsi-position-paper-on-mitigating-the-public-health-risk-of-food-fraud/.



Ufficio Europeo per la Lotta Antifrode (OLAF) ed EFSA. Dalla creazione del sistema di assistenza amministrativa e cooperazione per la frode alimentare nel 2016, le richieste di cooperazione da parte degli Stati membri in merito a casi sospetti di frode nella catena agroalimentare sono aumentate costantemente. Tra il 2016 e il 2019, sono state inviate in tutto 861 notifiche attraverso il sistema, con un 85% di aumento del numero di casi notificati rispetto al 2016. Sulle 292 richieste del 2019, il numero totale di violazioni è stato di 431 e le principali categorie di non conformità riscontrate sono state: 47% falsa etichettatura (tra cui falsi prodotti biologici, olio lampante in olio extra-vergine di oliva); 20% sostituzione, diluizione, aggiunta, rimozione (ad es. carne di maiale o di cavallo al posto di quella bovina, foglie essiccate di olivo nell'origano); 16% trattamento e/o processo non consentiti (ad es. tonno trattato con nitrito o monossido di carbonio per migliorare il colore del prodotto); 15% falsa documentazione (in particolare relativa a prodotti carni e ittici); 2% IPR - Diritti di proprietà intellettuale (falsi marchi DOP e IGP).

Per quanto riguarda specificamente l'Italia, il report per il 2019 dell'ICQRF³⁶ (Ispettorato Centrale per la Tutela della Qualità e Repressione Frodi dei Prodotti Alimentari), che svolge una significativa azione di controllo a tutela del Made in Italy, sottolinea un'intensa attività con 55.539 controlli antifrode, con 27.683 operatori ispezionati e 51.289 prodotti controllati. Le irregolarità hanno riguardato il 17,5% degli operatori, l'11,4% dei prodotti mentre il 10% dei campioni analizzati sono risultati irregolari. Complessivamente, nel 2019 ci sono stati circa 72 milioni di kg di merce sequestrata per un valore dei sequestri di oltre 301 milioni di euro.

A fronte di questi dati, la Comunità Europea nell'ambito del *New Green Deal* ritiene cruciale adottare una politica di tolleranza zero nei confronti delle frodi nel settore alimentare con l'implementazione di deterrenti efficaci e rafforzando i poteri delle autorità di controllo e di contrasto. L'intensificazione della lotta contro le frodi alimentari è necessaria per garantire condizioni di parità per gli operatori del settore. In questo contesto, il presidente della Commissione europea, Ursula von der Leyen, ha incaricato il commissario europeo per la Salute e la sicurezza alimentare, Stella Kyriakides, di collaborare con gli Stati membri per sviluppare una strategia efficace. Con questo obiettivo, la Commissione lavorerà in stretta collaborazione con gli Stati membri, l'Europol e altri organismi per migliorare il coordinamento nelle attività di contrasto alla frode alimentare, proponendo anche più rigorose misure dissuasive, migliori controlli sulle importazioni e rafforzando il coordinamento e le capacità investigative dell'Ufficio europeo per la lotta antifrode (OLAF), sfruttando anche appieno il nuovo Regolamento sui Controlli Ufficiali, entrato in vigore a dicembre 2019, come livello supplementare di protezione per imprese e consumatori europei.

Per salvaguardare l'integrità del sistema è necessario adottare un approccio olistico, promuovendo la collaborazione a livello globale sia per l'aspetto regolatorio, sia per l'adozione di tecnologie e di approcci condivisi per il controllo e la prevenzione. In questo ambito risulta fondamentale passare da un approccio reattivo ad uno fortemente proattivo, disegnando le strategie per prevedere in quali settori, su quali prodotti e con quali possibili azioni le azioni criminose potranno avere la maggiore probabilità di verificarsi (analisi della vulnerabilità). Per sostenere questo approccio risulta fondamentale avere a disposizione metodiche analitiche e di tracciabilità dei prodotti alimentari robuste, trasparenti, condivisibili e adottabili su larga scala, promuovendo l'utilizzo di metodologie analitiche innovative, smart, anche applicabili on site e in tempo reale, e la loro validazione. Di notevole importanza sarà l'ottenimento di profili compositivi basati su banche dati di composizione affidabili e robuste (da includere nel Piano Nazionale Integrato sul controllo degli alimenti e dei mangimi, PNI). Inoltre, è fondamentale lo sviluppo di software chemiometrici ed algoritmi per la gestione dei big data, insieme alle nuove tecnologie hardware abilitanti per la tracciabilità, che consentano un link fisico con il singolo alimento, fornendo una informazione digitale (ad es., blockchain), e la corretta informazione al consumatore, anche grazie alla rivisitazione delle etichette nutrizionali e dei claim salutistici e al contrasto a sistemi di etichettatura che possano penalizzare ingiustamente il consumo di alcuni prodotti.

In tale contesto appare strategico che le informazioni alle quali può accedere il consumatore, che è la parte attiva nell'acquisto e nelle scelte degli alimenti, siano quanto più possibile fruibili ed efficaci anche grazie alla rivisitazione delle etichette nutrizionali, che devono essere rese il più possibile coerenti con i valori nutrizionali reali, della comunicazione dei claim salutistici, delle certificazioni di qualità volontarie e non, dei sistemi QR code, sistemi passivi di packaging ecc., del marketing territoriale e sensoriale correlato.

³⁶ <https://www.politicheagricole.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/15037>.



Obiettivi

Obiettivo generale è stabilire un nuovo riferimento mondiale per l'autenticità degli alimenti con l'intento di proteggere il sistema alimentare, i produttori e i consumatori, valorizzando anche i territori e le produzioni locali.

In questo specifico contesto, la complessità del sistema alimentare e le interconnessioni tra i diversi attori in termini di input e output sono fattori peculiari che devono essere tenuti in considerazione per progettare un'efficace azione di contrasto alle frodi alimentari. Per chi mette in atto una frode alimentare, il successo è misurato in termini di entità del guadagno economico in rapporto al rischio di essere scoperto: quando si presentano le opportunità e il rischio di venire scoperti diminuisce, diventa meno rilevante anche lo sforzo richiesto per commettere il crimine. Al contrario, più alta è la probabilità che la frode venga identificata, minore è il ritorno per gli attori dell'azione criminosa. Dal punto di vista dell'attività antifrode, è difficile prevedere la sua insorgenza, perché i frodatori sono costantemente alla ricerca di nuove opportunità, modalità e canali per perpetrare l'azione criminosa. La chiave per prevenire le frodi alimentari è lo sviluppo di metodi per valutare, identificare, mitigare e dove possibile prevenire la loro realizzazione. Tuttavia, le adulterazioni degli alimenti motivate economicamente differiscono da altri tipi di minacce nel settore alimentare e non possono essere predette dalle consuete valutazioni del rischio applicate per la sicurezza alimentare e le relative strategie di intervento. In questo ambito più efficaci risultano le metodiche di valutazione della vulnerabilità di una determinata *supply chain* nei confronti delle frodi alimentari (*Food Fraud Vulnerability Assessment*, FFVA), cioè nell'individuazione delle situazioni più favorevoli alla frode. Infatti, la vulnerabilità è una misura della suscettibilità di un sistema, o in alternativa della sua resilienza, nei confronti di scenari di minaccia, mentre il livello di rischio è focalizzato sulle conseguenze del realizzarsi di una minaccia e sulla relativa severità.

Per questi motivi, devono essere perseguiti contemporaneamente diversi obiettivi, descritti di seguito, sui quali l'attività di ricerca dovrà focalizzarsi.

1. Normativa sulla definizione di autenticità e integrità alimentare e metodi di prevenzione

- Armonizzazione delle definizioni legislative, delle misure preventive e dei deterrenti e delle misure repressive e sanzionatorie a livello europeo.
- Ampliamento della definizione di autenticità con il criterio di integrità (valutazione complessiva della qualità, sicurezza e autenticità di un prodotto alimentare), inteso complessivamente come strumento per salvaguardare i produttori e i consumatori e in generale tutto il sistema alimentare.
- Valutazione dell'efficienza dei sistemi alimentari a diversa scala, locale, regionale, nazionale, globale, e implementazione di sistemi per l'analisi della vulnerabilità condivisi e adattabili ai diversi contesti.
- Riesame delle politiche alimentari per garantire l'autenticità degli alimenti.

2. Identificazione e gestione di problemi relativi all'autenticità alimentare

- Identificazione e classificazione dei prodotti alimentari (anche *novel food*, integratori, supplementi ecc.) con un'attenzione particolare ad autenticità e integrità alimentari.
- Coordinamento più efficace delle azioni a livello di controllo e di prevenzione attraverso la strutturazione, organizzazione e facilitazione della collaborazione tra i diversi attori (ministeri, enti di controllo, aziende, organi di polizia, ecc.), con un efficace sistema di condivisione delle informazioni relative ai casi di frode alimentare.
- Implementazione e coordinamento di banche dati accessibili e condivisibili tra i diversi attori della filiera per l'adozione di approcci e metodologie condivise sulla base dei dati raccolti e resi disponibili per le analisi di vulnerabilità (FFVA).
- Sistemi per il coinvolgimento dei consumatori, con il supporto dei produttori e degli altri attori della filiera, nell'identificazione dei possibili casi di frode, sviluppando e mettendo a punto opportune risorse per identificare i prodotti fraudolenti e identificando i possibili parametri che il consumatore stesso può controllare per identificarli (anche in relazione alle modalità di etichettatura e informazione).
- Contrasto a sistemi di etichettatura che possano penalizzare ingiustamente il consumo di alcuni prodotti, impedendo scelte informate in relazione alle diete.



3. Sistemi innovativi per l'autenticità e la tracciabilità

- Metodologie standardizzate per i test di autenticità, basate sull'identificazione dove possibile di specifici marker di prodotto e/o di processo per applicazioni a fini regolatori (ad es., analisi del DNA per l'identificazione delle specie e l'identificazione varietale).
- Sviluppo, validazione e adozione di metodiche per l'identificazione dell'origine geografica delle produzioni, con particolare riferimento ai metodi di analisi degli isotopi stabili.
- Sviluppo di metodologie innovative inclusive delle tecnologie abilitanti (tecnologie omiche e nanotecnologie) per la lotta alle frodi alimentari.
- Approccio olistico all'integrità degli alimenti, applicazione e validazione di tecniche omiche (foodomics) anche con approcci di tipo untargeted, per l'ottenimento di impronte digitali e di profili compositivi (spettrometria di massa, NMR, metodiche spettrofotometriche). Questo approccio risulta particolarmente efficace nell'individuare una adulterazione, manomissione, sostituzione incognita, quando non si hanno a disposizione informazioni sulla possibile natura della frode stessa.
- Utilizzo di nuove tecnologie (ad es. blockchain) applicabili lungo tutta la filiera per prevenire le frodi alimentari, con particolare riferimento alla possibilità di utilizzare strumenti informatici per garantire la sicurezza, la protezione e la leggibilità dei dati.
- Messa a punto di sistemi integrati predittivopreventivi del rischio frodi alimentari, combinando nuove metodologie analitiche (sia rapide che confirmatorie) a sistemi di blockchain e di innovazione informatica.
- Sviluppo di metodologie analitiche (*smart, on site*, in tempo reale) per l'identificazione dell'autenticità e dell'integrità degli alimenti.
- Sviluppo di sistemi di allerta rapida specificamente focalizzati sulle frodi alimentari.
- Utilizzo dei big data e sviluppo di banche dati di composizione.
- Utilizzo dei big data e modelli predittivi per la previsione delle filiere produttive maggiormente vulnerabili.

Impatti

Modelli di governance innovativi e resilienza dei sistemi alimentari mediante:

- completa tracciabilità lungo tutta la filiera alimentare;
- difesa del valore aggiunto dei prodotti di alta qualità;
- ricostruzione nella trasparenza della fiducia dei consumatori nei sistemi alimentari;
- promozione della valorizzazione economica e sociale dei territori.

Impatti Horizon Europe: 36.

Key Performance Indicator

- Creazione di almeno una linea di finanziamento pubblico per la ricerca di base ed applicata sulle frodi alimentari.
- Disponibilità di metodologie untargeted per la valutazione dell'integrità degli alimenti, idonee all'identificazione preventiva di possibili frodi e minacce per la salute del consumatore, basate su protocolli e metodi validati e condivisi e sulla creazione di banche dati accessibili.
- Disponibilità di metodi rapidi, smart e applicabili on site per l'autenticità degli alimenti.
- Messa a punto e adozione di procedure di *Vulnerability Risk Assessment* condivise e adottabili dalle industrie alimentari.
- Aumento dell'efficienza (+15%) nella identificazione delle frodi nel sistema alimentare.
- Strutturazione, anche con appositi finanziamenti pubblici, di un'infrastruttura di ricerca nazionale, collegata con l'Ispettorato centrale repressione frodi e con il contesto europeo, con il compito di studiare e promuovere le metodologie per la valutazione dell'integrità degli alimenti e di raccogliere i dati per la strutturazione dei piani di *Vulnerability Risk Assessment*.



Articolazione 3. Valorizzazione del microbioma nei sistemi produttivi agroalimentari

Negli ultimi decenni lo sviluppo tecnologico ha messo a punto delle procedure analitiche che permettono uno studio della diversità microbica in ecosistemi naturali. Le metodiche di sequenziamento di seconda generazione, ed ora di terza generazione, permettono uno studio molto accurato di quali sono le popolazioni microbiche presenti in un determinato momento ed in un determinato spazio, permettendo non solo di definire una loro classificazione tassonomica, ma anche comprendere le funzioni di cui esse sono responsabili. Come recentemente ribadito³⁷ (il microbiota è l'insieme di microrganismi che popolano e colonizzano un determinato ecosistema, mentre il microbioma prende anche in considerazione le loro attività e funzioni metaboliche. Esso rappresenta un vero driver di innovazione nel sistema agroalimentare e le sue potenzialità sono molteplici. Possono essere sfruttati, infatti:

- A. per ridurre l'utilizzo di antibiotici nella produzione primaria animale e di conseguenza impedire o limitare l'ulteriore diffusione di microrganismi antibiotico resistenti negli alimenti;
- B. rendere più efficienti i sistemi di produzione degli alimenti, nello specifico quelli fermentati, anche a partire da materie prime non convenzionali e di nuovo utilizzo, conferendo nuovi attributi di qualità chimico-fisica e sensoriale;
- C. aumentare la sicurezza igienico-sanitaria sfruttando la capacità competitiva di microrganismi bioprotettivi nei confronti di microrganismi patogeni alimentari;
- D. impattare in maniera positiva sulla salute umana e animale, mediante la loro azione regolatoria sull'ecosistema gastrointestinale e modulatrice del sistema immunitario;
- E. aumentare la produttività primaria vegetale e animale attraverso interazioni microrganismo-ospite.

Obiettivi

Obiettivo generale è la conoscenza, comprensione e utilizzo del microbioma/microbiota nell'ambito dell'intero sistema alimentare, ivi compreso l'ambiente di produzione.

La microbiologia delle produzioni alimentari si pone, quindi, come obiettivi:

- 1) caratterizzazione e studio di microrganismi e di popolazioni microbiche di interesse per le filiere produttive alimentari;
- 2) selezione, studio e applicazione di microrganismi e loro metaboliti bioattivi per il miglioramento dei processi produttivi degli alimenti e del prodotto finale in termini di qualità, sicurezza e conservabilità;
- 3) sviluppo di metodi di identificazione molecolare per il tracciamento e la rilevazione di microrganismi di interesse alimentare;
- 4) conservazione e valorizzazione della biodiversità microbica di interesse agro-alimentare.

In particolare, l'attività di ricerca dovrà focalizzarsi sugli obiettivi specifici di seguito descritti.

1. Microbioma per la salute dell'uomo, degli animali, delle piante e del suolo

- Sviluppo di strategie per un corretto sviluppo e mantenimento di un microbioma/microbiota umano sano, anche attraverso la somministrazione di una dieta che favorisca lo sviluppo di microrganismi benefici per la salute dell'uomo.
- Definizione dello stato di salute del microbioma/microbiota in funzione dell'età.
- Correlazione tra microbioma/microbiota e alimenti, genetica dell'uomo e mantenimento dello stato di salute.
- Correlazione tra comparsa di malattie [ad es NCD, malattie infiammatorie intestinali (IBDs), disturbi del comportamento alimentare] e alterazioni del microbioma/microbiota
- Analisi comparata del microbioma intestinale in presenza di contaminanti microbici e chimici e in relazione all'impiego di adsorbenti e additivi.

³⁷ Berg, et al. Microbiome definition re-visited: old concepts and new challenges. *Microbiome* 8, 103, 2020.



- Definizione, classificazione, uso di prodotti alimentari (pre-, pro-, sim-, post-, psicobiotici) in grado di condizionare la funzionalità del microbioma.
- Studio del microbioma/microbiota animale e sua modulazione positiva per ridurre le emissioni derivanti da allevamento, l'utilizzo di antibiotici e la presenza di patogeni alimentari e nel contempo massimizzare le rese produttive.
- Maggior comprensione del microbioma/microbiota del sistema suolo/pianta per incrementare la stabilità delle rese sotto l'effetto di diversi cambiamenti climatici ed in relazione a stress biotici e abiotici.
- Inclusione di sistemi microbici nelle produzioni primarie per promuovere la loro sostenibilità.
- Probiotici/prebiotici come elementi di modulazione del microbiota/microbioma in sistemi ad interazione microrganismo-ospite.
- Big data come strumento abilitante per lo sviluppo di algoritmi e modelli previsionali negli ambiti sopra descritti.
- Sviluppo di nuovi metodi di identificazione molecolare per il tracciamento e la rilevazione di microrganismi di interesse alimentare.
- Selezione, studio e applicazione di microrganismi e loro metaboliti bioattivi per il miglioramento dei processi produttivi degli alimenti e del prodotto finale in termini di qualità, sicurezza e conservabilità.
- Conservazione, valorizzazione e organizzazione della biodiversità microbica di interesse agro-alimentare e relativi dati connessi alla loro caratterizzazione (ad es. produzione di metaboliti bioattivi) e alle performance biotecnologiche.

2. Microbioma per il miglioramento della qualità e della sicurezza delle produzioni alimentari

- Intensificazione dello studio sul microbiota/microbioma per l'efficiamento dei processi fermentativi (ivi compresi quelli atti alla produzione di ingredienti e mangimi per l'alimentazione animale).
- Studio del microbioma delle materie prime per la valutazione e prevenzione del rischio tossicologico nel prodotto finito.
- Applicazione di microbiomi sintetici (comunità complesse di microrganismi associate a livello di laboratorio) per il miglioramento della:
 - A. sicurezza igienico sanitaria, mediante attività competitive nei confronti dei patogeni alimentari);
 - B. qualità organolettica, attraverso la valorizzazione di metabolismi microbici responsabili della produzione di sostanze volatili e che impattano positivamente sull'aspetto sensoriale degli alimenti;
 - C. sostenibilità delle produzioni alimentari, andando ad inibire le popolazioni di microrganismi alteranti.
- Antibiotico-resistenza (Resistoma) negli alimenti.
- Contrasto all'antibiotico resistenza (resistoma) veicolata dagli alimenti attraverso lo studio dell'ecologia microbica degli alimenti, dell'interazione fra le diverse comunità microbiche presenti negli alimenti stessi (quorum sensing) nonché attraverso l'utilizzo di microbiomi sintetici capaci di modularne le interazioni.
- Verifica in vivo e/o in vitro (p.e. stomaco artificiale) dell'uso degli antibiotici, additivi o di altre molecole bioattive, sia a livello zootecnico che di conservazione, anche in funzione della pressione selettiva che tali molecole possono esercitare sulla popolazione del microbioma perché non inducano una riduzione della sua biodiversità e della sua azione protettiva sul nostro organismo.
- Big data come strumento abilitante per lo sviluppo di algoritmi e modelli previsionali negli ambiti sopra descritti.

Impatti

Promozione della salute, stop al declino della biodiversità ed efficientamento della produzione alimentare, andando ad aumentarne la sostenibilità, mediante:

- sviluppo di alimenti e diete più salutari, considerando le caratteristiche specifiche del microbioma intestinale dei singoli individui e la loro genetica;
- definizione, classificazione, produzione e uso di prodotti alimentari (pre-, pro-, sim-, psicobiotici) in grado di condizionare la funzionalità del microbioma;



- sviluppo di strategie di prevenzione più efficaci delle patologie umane e animali (anche attraverso l'utilizzo di probiotici/prebiotici) che permettano una riduzione dell'utilizzo di antibiotici o che contrastino patogeni e metaboliti tossici;
- sfruttamento dell'interazione suolo/pianta, mediata dal microbiota/microbioma per migliorare la produzione primaria vegetale e per potenziare strategie di prevenzione nei confronti di patologie delle piante;
- ottimizzazione dei processi fermentativi e l'arricchimento dei toolbox disponibili per le trasformazioni enzimatiche nei processi industriali;
- diversificazione della produzione di alimenti;
- valorizzazione delle collezioni microbiche a livello internazionale mediante deposito di ceppi di interesse agroalimentare o potenzialmente probiotici e dei dati provenienti dalla loro caratterizzazione e applicazione biotecnologica.

Impatti Horizon Europe: 32,34.

Key Performance Indicator

- Creazione di almeno una linea di finanziamento pubblico per la ricerca di base ed applicata sui microbiomi.
- Miglioramento della prevenzione (+10%) di malattie associabili ad un'alterazione del microbioma/microbiota, mediante la promozione di diete contenenti alimenti fermentati ottenuti attraverso microbiomi utili alla salute dell'uomo, e cibi contenenti pre-, pro-, sim- e psicobiotici.
- Aumento dell'efficienza (+15%) dei sistemi produttivi alimentari (riduzione dell'utilizzo di acqua e di energia, riduzione degli scarti dell'industria alimentare) attraverso l'utilizzo di microbiomi.
- Riduzione di pesticidi ed antibiotici (-30%) nella produzione primaria vegetale ed animale sfruttando le interazioni positive tra microbioma-pianta e microbioma-animale.
- Strutturazione, anche con appositi finanziamenti pubblici, di un'infrastruttura di ricerca nazionale, con il compito di raccogliere, studiare, catalogare, conservare e promuovere lo sfruttamento di microbiomi nel sistema agroalimentare.

Articolazione 4. Alimentazione sana e sostenibile

Sono necessarie soluzioni nutrizionali innovative, salutari, sostenibili e personalizzate in particolare per diversi gruppi mirati di consumatori (ad es. anziani, bambini, migranti, soggetti appartenenti a fasce a basso reddito, pazienti con obesità ed NCD ad essa correlate, individui che seguono regimi alimentari che bandiscono interi gruppi alimentari). Da qui la necessità di avere prodotti "intelligenti" e innovazione nell'intera filiera agro-alimentare, nei servizi, nella digitalizzazione, nelle tecnologie, negli strumenti.

Un contributo importante può essere apportato da tecnologie ingeribili e commestibili, capaci di monitorare come, dove, e quando un particolare nutriente è assorbito nel tratto intestinale. Inoltre, rilevante risulta lo sviluppo e l'applicazione di tecnologie abilitanti per lo studio quantitativo finalizzato a diete specifiche.

Questi cambiamenti potranno avvenire anche sulla base dello studio dei driver che influenzano i comportamenti alimentari quali la comunicazione e l'educazione con particolare attenzione al ruolo della pubblicità e delle etichettature.

Sarà preso in considerazione anche l'aspetto sensoriale degli alimenti poiché l'esposizione a determinati stimoli può influenzare la produzione di neuromediatori ad azione su fame/sazietà e circolo del *reward*, l'assunzione degli alimenti, la funzione gastroenterica. Lo sviluppo di "attuatori commestibili" può consentire di individuare e misurare alcuni stimoli che possono influenzare appetito, assunzione di cibo e assimilazione di nutrienti.

Andranno inoltre definiti nuovi modelli di business per ridurre i fattori di rischio per le NCD, le carenze di micronutrienti e la malnutrizione (per eccesso e per difetto), fornendo ai consumatori indicazioni per una dieta salutare, piacevole, nutrizionalmente adeguata, sostenibile e personalizzata (*tailor made food* in particolare per determinate fasce della popolazione, quali, in primis, gli anziani), anche aggiornando gli aspetti regolatori.



Andrà promossa una visione positiva dell'alimentazione (positive nutrition) che invece di concentrarsi sulle malattie per studiarne cause e fattori di rischio, studi le persone sane per apprendere i segreti che garantiscono loro un'eccezionale longevità in buona salute. La biologia positiva cerca di comprendere gli elementi ambientali (in particolare l'alimentazione) e genetici che possono essere collegati a un invecchiamento di successo per trasferirli al resto della popolazione. Tra questi sicuramente un ruolo determinante ha dimostrato avere il modello mediterraneo che grazie all'intero pattern alimentare (e non ai singoli alimenti/nutrienti) è in grado di promuovere un buono stato di salute, prevenire le NCD e favorire un invecchiamento di successo. La "positive nutrition" è in contrasto con la "negative nutrition" che identifica i nutrienti/alimenti da bandire. L'informazione agli utenti finali è, in questo secondo approccio, semplificata, ma rischia di diventare semplicistica.

Andrà infine tenuto conto del cambiamento avvenuto nelle modalità di fruizione dei pasti sempre più spostato verso la ristorazione collettiva che può giocare un ruolo importante nella prevenzione delle malattie legate a una scarsa qualità delle materie prime in termini sia di contaminazione che di basso valore nutrizionale e nutraceutico.

Obiettivi

Obiettivo generale è identificare e promuovere l'adozione di soluzioni nutrizionali innovative, salutari, sostenibili e personalizzate per i consumatori del futuro, facendo leva anche su nuovi modelli di business.

In particolare, l'attività di ricerca dovrà focalizzarsi sugli obiettivi specifici di seguito descritti.

1. Cambiamento nei comportamenti per una produzione ed un consumo responsabile e sostenibile

- Migliore comprensione dei driver (ad es. cultura, età, religione, ambiente, comunicazione su prodotti salutari e non) che influenzano i comportamenti dei produttori e dei consumatori, con particolare attenzione ai gruppi più vulnerabili.
- Nuovi approcci per il coinvolgimento delle filiere produttive, dell'industria alimentare, dell'industria della distribuzione, dei decisori politici e dei consumatori per individuare soluzioni per migliorare la salute pubblica e per la sostenibilità ambientale.
- Valorizzazione del ruolo che la ristorazione collettiva (scolastica, ospedaliera, aziendale e commerciale) può svolgere nel valorizzare la sostenibilità del sistema agroalimentare (adozione di corrette abitudini alimentari, contenimento degli sprechi, valorizzazione di prodotti e territori locali, tutela della biodiversità, rispetto della stagionalità) anche attraverso attività di ricerca e innovazione (messa a punto e adozione di nuove tecniche di preparazione, trasformazione, confezione, distribuzione degli alimenti).
- Migliore informazione sul legame tra abitudini di consumo di alimenti sani e sicuri con altri aspetti come la sostenibilità, l'ambiente, la biodiversità, il benessere animale, i cambiamenti climatici, lo spreco alimentare e i rifiuti.
- Elaborazione di linee guida nutrizionali a livello nazionale/regionale che tengono conto dei dati sui consumi e comprendano gli aspetti ambientali, culturali, di età e genere, della sostenibilità, rispettose e protettive della biodiversità, del benessere animale e dell'ambiente, culturalmente accettabili, accessibili ed economicamente sostenibili per tutti, anche in una logica sia di promozione sociale e culturale, sia di valorizzazione economica e ambientale dei territori.
- Sviluppo di un'alimentazione personalizzata con particolare riferimento ai gruppi più vulnerabili, anche mediante l'utilizzo di tecniche omiche e di metodologie *in silico*.
- Miglioramento delle strategie di comunicazione/educazione e adattamento alle differenze di culture, valori, convinzioni con particolare attenzione ai gruppi più vulnerabili.
- Miglioramento dell'etichettatura (*claim* nutrizionali e salutistici) per aiutare il consumatore a realizzare una scelta informata e responsabile: sistemi smart e di etichettatura elettronica (QR code) in grado di indirizzare i comportamenti dei consumatori (ad es., etichettatura semplice e armonizzata per i profili nutrizionali, contenuti in fibra e nutrienti, indicazione degli allergeni, impatto ambientale).
- Sviluppo di strumenti digitali, anche individuali, per meglio indirizzare le scelte alimentari verso un pattern alimentare salutare e di sistemi di connettività (big data) per la combinazione e l'analisi di dati provenienti da diversi



domini quali i comportamenti dei consumatori, l'apporto dietetico, la disponibilità di alimenti e l'impatto sulla salute pubblica e sulla sostenibilità alimentare.

2. Contrastare la malnutrizione per difetto e la carenza di micronutrienti

- Focus sui gruppi più vulnerabili come gli anziani, i bambini, i migranti e le fasce a basso reddito, considerando i soggetti con obesità e coloro che seguono regimi alimentari che bandiscono interi gruppi alimentari.
- Sviluppo di nuove tecniche per studiare il comportamento alimentare, le scelte e le decisioni in ambito alimentare e identificare i fattori che determinano la malnutrizione e la carenza dei nutrienti (aspetti sensoriali, praticità d'uso e preparazione, prezzo, stato di salute, marketing, aspetti socio-economici e culturali, di genere, ecc.).
- Sviluppo di prodotti alimentari innovativi e salutistici, arricchiti in specifici nutrienti o sostanze bioattive (ad esempio tramite fonti alternative quali alghe-cianobatteri, vegetali, erbe officinali), o migliorati nelle loro caratteristiche nutrizionali (riduzione del carico/indice glicemico, aumento del contenuto in fibre e composti di alta qualità nutraceutica, sostituzione degli zuccheri con ingredienti dolcificanti naturali a ridotto apporto calorico).
- Applicazione di biotecnologie (in particolare microbiche) per migliorare la qualità nutrizionale dei prodotti alimentari, per il riutilizzo di sottoprodotti dell'industria agroalimentare, per la progettazione di nuovi alimenti salutistici, per lo sviluppo di alimenti fermentati e prodotti alimentari plant-based fortificati (principi attivi da sottoprodotti agricoli o da matrici vegetali a basso costo).
- Sviluppo di nuovi metodi per la preparazione degli alimenti (in particolare nella ristorazione collettiva) in grado di contrastare malnutrizione e carenza di micronutrienti.
- Sviluppo di nuove strategie di educazione alimentare con particolare riferimento ai gruppi più vulnerabili.
- Studio dell'impatto di politiche fiscali (di sussidio o di tassazione) e delle politiche di intervento nazionali/regionali per la promozione della buona salute e di stili di vita salutari.
- Strategie di comunicazione per indurre un cambiamento nei comportamenti alimentari secondo il modello della *positive nutrition*.

3. Promuovere la buona salute ed uno stile di vita sano e sostenibile per ridurre l'impatto delle malattie non trasmissibili (NCD).

- Studio degli effetti di fattori come la dieta, l'attività fisica, ecc., sul microbiota, sul sistema immunitario, sui meccanismi neuro-cerebrali (*gut-brain interactions*) e sul rischio di comparsa di NCD.
- Sviluppo di *biomarker* avanzati per la valutazione del rischio/risposta per le NCD (*markers of effects* biologici, sociologici, comportamentali ed economici) basati anche su tecniche omiche.
- Coinvolgimento delle filiere produttive e di distribuzione per la valorizzazione di alimenti di buona qualità nutrizionale al fine di contrastare la malnutrizione per eccesso e i NCD.
- Messa a punto di strategie di comunicazione per la promozione della buona salute e di uno stile di vita salutare (alimentazione corretta ed equilibrata, attività fisica, moderazione nel consumo di alcool, ecc.) e sostenibile per un efficace contrasto ai NCD, anche attraverso percorsi trasparenti in grado di comunicare dati certi e verificabili, la promozione di una "positive nutrition" che valorizzi la qualità del modello mediterraneo senza l'imposizione di semafori.
- Produzione e consumo responsabili e sostenibili (per es riduzione degli sprechi, inclusi quelli derivanti da sovraconsumo) a favore della sostenibilità economica e della mitigazione dei cambiamenti climatici.
- Sviluppo di interventi (soluzioni, strategie e prodotti) per i diversi gruppi a rischio e vulnerabili.
- Studio di approcci di mitigazione, sulla base di studi tossicologici e di esposizione, con particolare attenzione agli alimenti processati, ai contaminanti da processo, ecc.
- Sviluppo di linee guida per una nutrizione personalizzata per una migliore auto-gestione dello stato di salute e della prevenzione delle patologie.

Impatti

Consumatori

- Potenziamento del ruolo del consumatore.



- Comunicazione trasparente in grado di divulgare dati certi e verificabili.
- Valorizzazione della “positive nutrition”.

Sistema agroalimentare

- Disponibilità e accessibilità degli alimenti e dei nutrienti (*Food and nutrition security*).
- Sviluppo e valorizzazione di alimenti salubri e di soddisfacente qualità nutrizionale.
- Coinvolgimento dei produttori, delle aziende di trasformazione, della distribuzione.
- Coinvolgimento della ristorazione collettiva (scolastica, ospedaliera, aziendale e commerciale).

Salute

- Promozione di un buono stato di salute e di stile di vita salutari.
- Contrasto ai fattori di rischio e alla presenza di malnutrizione (per eccesso e per difetto) e NCD.
- Focus sui gruppi più vulnerabili (anziani, immigrati, ecc.).

Ambiente

- Produzione e consumo responsabili e sostenibili, garantendo contemporaneamente la sostenibilità economica.
- Riduzione degli sprechi inclusi quelli derivanti da sovra consumo.
- Mitigazione dei cambiamenti climatici.

Impatti Horizon Europe: 1, 31, 33, 34.

Key Performance Indicator

- Aderenza ad un modello alimentare considerato sano (modello mediterraneo)
- Incidenza e prevalenza di malnutrizione per difetto (calorico-proteica e selettiva)
- Incidenza e prevalenza di NCD legate ad un comportamento alimentare considerato biologicamente non corretto (aterosclerosi e dislipidemie, diabete mellito tipo 2)
- Impatto ambientale medio del pattern alimentare nazionale
- Numero di capitolati della ristorazione non-commerciale che considerano e valorizzazione scelte alimentari salutari
- Numero di alimenti salubri e di soddisfacente qualità nutrizionale immessi sul mercato che hanno avuto una soddisfacente diffusione

Articolazione 5. Fonti proteiche e loro utilizzo nelle tecnologie alimentari

I cambiamenti climatici e lo sfruttamento eccessivo delle risorse insieme ai cambiamenti sociali, risultanti dall'aumento e dalla diversa distribuzione della popolazione umana, hanno portato ad una sempre maggiore riduzione delle risorse alimentari terrestri ed acquatiche. In questo quadro, la ricerca e la validazione di nuove risorse alimentari di natura proteica, sostenibili, sicure e ad alto valore nutrizionale è un modo innovativo per affrontare il futuro della nutrizione umana.

Le carni, specie quella rossa e quella lavorata, sono da qualche tempo al centro di una vasta polemica. Senz'altro sono un'importante fonte di proteine, di amminoacidi essenziali e di sostanze nutrienti, come vitamina B12, Fe e Zn, che sono preziosi per il benessere dell'organismo. Tuttavia, un loro consumo eccessivo, così come le tecnologie di lavorazione e di cottura possono aumentare il rischio di sviluppare tumori, in particolare quelli del colon-retto, anche se a questo proposito esistono pareri discordanti tra le diverse agenzie come lo AIRC o l'Agency for Research on Cancer (IARC). A favorire la campagna contro questi prodotti ci sono fattori come la *Carbon Footprint*, il consumo d'acqua, di energia e di territorio da parte degli allevamenti tanto che la produzione primaria di alimenti fonti privilegiate di proteine animali (carne e latte) negli ultimi anni ha ricevuto importanti critiche in quanto ritenuta non sostenibile. È indubbio che in passato gli aspetti legati alla sostenibilità ambientale e sociale non erano al centro delle politiche globali. Tuttavia, anche questo settore ha compiuto notevoli passi in avanti per quanto riguarda il fattore di



conversione dei mangimi, la qualità degli allevamenti e dei prodotti che da questi si ricavano. Infine è proprio dalla carne e dal latte che derivano alcune delle produzioni che caratterizzano l'Italia: formaggi, salumi, piatti a base di carne, ecc.

Per tutti questi motivi sarà necessario continuare a migliorare la gestione della produzione primaria animale, anche favorendo l'utilizzo di fonti alternative per l'alimentazione animale, quali insetti, alghe e scarti dell'industria alimentare, nonché studiando tecniche efficaci per lo smaltimento e il riutilizzo degli scarti di lavorazioni delle carni. Inoltre è altresì necessario investire su forme di allevamento più sostenibili, come quelle del pesce (acquacoltura) che può permettere la produzione di alimenti fonti privilegiate di proteine animali "nobili" (elevato valore biologico), sfruttando superfici utili (mare) al momento poco utilizzate dal punto di vista agroalimentare³⁸.

Ciò doverosamente premesso, è chiaro che, oltre alla salvaguardia dei settori tradizionali di produzione di alimenti fonti privilegiate di proteine, attraverso azioni di intensificazione sostenibile, vi è l'urgenza di migliorare e diversificare la disponibilità ed il consumo di fonti proteiche alternative. Ne deriva che le proteine di origine vegetale, insetti, micoproteine, prodotti di origine marina (ad es. alghe e meduse) e sotto prodotti dell'industria alimentare rappresentano fonti preziose da investigare sul fronte dell'impatto ambientale e da validare per le proprietà nutrizionali, al fine di orientare i consumatori ad un cambiamento delle abitudini alimentari che puntino alla riduzione del consumo di carni rosse e molto lavorate e ad un aumento del consumo di alimenti fonte di proteine di origine vegetale e da fonti alternative maggiormente sostenibili.

A questo fine, occorre incentivare la ricerca di fonti proteiche alternative e colmare le lacune di conoscenza sugli aspetti produttivi, tecnologici, nutrizionali, nutraceutici di sicurezza e di impatto ambientale di tali fonti alternative anche in confronto a quelle tradizionali nonché sugli aspetti strettamente correlati ai caratteri sensoriali che sono il vero grande limite nella diffusione, accettabilità e utilizzo di queste nuove fonti alimentari.

Il futuro esige di identificare e/o progettare (anche mediante le nuove tecnologie genomiche) nuove varietà vegetali in grado di accumulare più proteine di riserva e che possano assicurare un migliore tenore in aminoacidi essenziali, di sviluppare nuovi sistemi sostenibili di allevamento di insetti e alghe, di sviluppare sistemi efficienti di recupero di meduse e altre biomasse marine in grado di fornire proteine e peptidi bioattivi per l'alimentazione umana. Le nuove fonti proteiche dovranno assicurare elevati standard di sicurezza alimentare sia endogeni (allergeni, antimetaboliti) sia di tipo antropico (microplastiche, metalli pesanti e altri inquinanti ambientali), dovranno assicurare un elevato valore nutrizionale (elevato contenuto in aminoacidi essenziali; generazione di peptidi bioattivi, effetti positivi sul microbiota umano, sul sistema immunitario, effetti preventivi sullo sviluppo di NCD e cancro), ma anche, al contempo siano sostenibili in termini ambientali e capaci di assicurare la crescente richiesta di proteine per l'alimentazione umana ed animale.

Tali attività di recupero, caratterizzazione e valorizzazione di specie vegetali e animali alternative avranno inoltre un impatto positivo nel limitare l'erosione genetica derivante dall'uso delle monocolture, da tecnologie produttive irrispettose dell'ambiente e dal sovrasfruttamento dei mari attraverso la pesca intensiva. L'investimento nella protezione e nel recupero della biodiversità anche attraverso la diversificazione delle colture agricole, del pescato e dei consumi ha giustificazioni economiche ineludibili. La conservazione della biodiversità può apportare benefici economici diretti a molti settori dell'economia sia nella produzione primaria che nella fase di trasformazione.

Obiettivi

Obiettivo generale è consolidare e modernizzare gli allevamenti tradizionali aumentandone la sostenibilità, anche attraverso uno sfruttamento più completo delle carcasse e dei sottoprodotti della macellazione. Inoltre bisognerà individuare, caratterizzare e validare nuove fonti di proteine alternative alle tradizionali produzioni di alimenti d'origine animale, utili per la produzione di nuovi alimenti, ingredienti e mangimi con elevato valore nutrizionale e/o nutraceutico e lo sviluppo di nuove filiere dedicate alla loro produzione sostenibile da un punto di vista ambientale, garantendo al contempo la competitività delle industrie del settore alimentare, mangimistico e dell'acquacoltura ecologica.

³⁸ <https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2020/IT/COM-2020-381-F1-IT-MAIN-PART-1.PDF>.



In particolare, l'attività di ricerca dovrà focalizzarsi sugli obiettivi specifici di seguito descritti.

1. Studio delle abitudini alimentari e possibili driver di cambiamento

- Comprensione dei *driver* e degli ostacoli di produzione, processo, distribuzione, trasformazione e consumo di fonti proteiche alternative per stimolare e offrire strategie al mondo produttivo (agricoltura, allevamento, acquacoltura, maricoltura e industria di trasformazione alimentare inclusa la ristorazione) per l'innovazione di settore, e per stimolare ed orientare il consumatore verso scelte più sostenibili.
- Potenzialità di diversi strumenti (ad es. misure di policy e nuovi modelli di business) per realizzare il cambiamento.

Elementi da considerare:

- differenze culturali;
- differenze di genere;
- differenze geografiche;
- disegualianza sociale;
- correlazione con le linee guida nutrizionali;
- crescente consapevolezza sia degli aspetti salutistici dell'alimentazione sia dell'impatto ambientale delle produzioni alimentari (FoodPrint);
- dimensione delle aziende;
- disponibilità agli investimenti per la ricerca.

2. Colmare le lacune di conoscenza sugli aspetti nutrizionali, nutraceutici, di sicurezza igienico-sanitaria, di allergenicità e di impatto ambientale delle fonti proteiche alternative

- Analisi comparative tra fonti proteiche convenzionali e alternative, sulla base del profilo e della biodisponibilità degli amminoacidi, del *fractional synthetic rate* (FSR) e anche utilizzando categorizzazioni basate sul PEF (*Product Environmental Footprint*).
- Analisi proteomiche avanzate per la caratterizzazione della sequenza amminoacidica delle componenti principali (proteine, peptidi), del contenuto in amminoacidi essenziali e di eventuali allergeni/antimetaboliti proteici.
- Caratterizzazione dei fattori nutrizionali ed anti-nutrizionali delle nuove fonti proteiche.
- Valutazione del rischio di allergenicità delle nuove fonti proteiche attraverso approcci *in silico* ed *in vitro*.
- Utilizzo di fonti proteiche alternative alla soia (altre Leguminose) nelle diete per gli animali monogastrici terrestri quali avicoli e suini e alla farina di pesce per le produzioni ittiche derivanti dall'acquacoltura.
- Impatto sulla salute e sulla sicurezza delle fonti proteiche alternative (ad es., proteine vegetali, proteine da insetti, micoproteine e proteine di origine marina come alghe e meduse), inclusi gli effetti sul microbioma, sul sistema immunitario e sulle NCD.
- Identificazione e valutazione di peptidi con attività biologica (BAP) ottenuti utilizzando materie prime sottoutilizzate di origine acquatica e/o terrestre, sia flussi laterali di produzioni tradizionali.
- Caratterizzazione nutrizionale di latte vaccino contenente differenti varianti caseiniche, in particolare per quanto riguarda gli effetti in termini di salute intestinale.
- Individuazione di nuove tecnologie di trasformazione (fermentazione, digestione enzimatica) del prodotto fresco per la riduzione del contenuto di allergeni alimentari e/o antimetaboliti nel prodotto finale e il miglioramento della bioaccessibilità e biodisponibilità dei nutrienti contenuti nelle fonti alimentari.
- Ottimizzazione delle tecniche di disidratazione, conservazione e stoccaggio delle fonti di proteine alternative (insetti, alghe, meduse, ecc.).
- Creazione di banche dati comuni e condivise.
- Creazione di un'etichettatura che tenga conto del valore nutraceutico e dell'impatto ambientale (FoodPrint) del prodotto finale.

Elementi da considerare:



- disponibilità e sostenibilità delle fonti di proteine alternative;
- impatto ambientale, sociale e di sviluppo economico a livello locale/territoriale dell'uso di tali risorse (ad es. coltivatori, pescatori, artigianali, piccoli produttori/trasformatori, ecc.);
- impatto a livello globale e internazionale delle tecnologie utilizzate nelle diverse fasi di produzione (ambientale, economico, competitivo);
- qualità nutrizionale delle fonti proteiche alternative e impatto sullo stato di nutrizione;
- valutazione delle principali problematiche di sicurezza nutrizionale;
- avvio del processo di valutazione e autorizzazione come novel food di proteine derivanti da insetti, meduse, altri invertebrati non protetti.

3. Disponibilità alimentare: miglioramento e diversificazione dell'offerta di fonti proteiche

Impatti positivi e negativi dei nuovi approcci di mercato.

- Scoperta, rivalutazione o semplice incremento nel consumo di varie tipologie di fonti proteiche (vedi semi di canapa, frutta secca, legumi in generale) della nostra tradizione e/o dei nostri territori anche attraverso metodi di trasformazione che preservino la biodiversità locale, il gusto, le risorse naturali e garantiscano la disponibilità a prezzi equi.
- Sviluppo di strategie che combinino informazioni sensoriali, nutrizionali ed analitiche al fine di valorizzare alimenti di buona qualità associata all'impiego di materie prime nuove e sostenibili (come i legumi quali fonti proteiche alternative).
- Valutazione e validazione dell'uso di risorse marine e terrestri neglette o mai considerate in Europa per l'uso alimentare e cooperazione all'avvio del processo di autorizzazione come *novel food*.
- Attività di trasferimento delle conoscenze, di formazione ed educazione del sistema alimentare, trasformazione alimentare inclusa la ristorazione.

Elementi da considerare:

- accessibilità dei nuovi prodotti e sviluppo di filiere corte;
- riduzione delle disuguaglianze economiche e sociali;
- sviluppo di nuovi processi di trasformazione degli alimenti;
- politiche di prezzo e incentivi basati sulla validazione delle proprietà nutraceutiche e sulla valutazione e valorizzazione dei servizi ecosistemici (monetizzazione degli impatti sulla salute e sull'ambiente).

Impatti

Ambiente

- Minor utilizzo di acqua.
- Migliore impronta ambientale delle produzioni.
- Minori emissioni di gas serra.
- Minor utilizzo di energia e di suolo.
- Rotazione delle colture.
- Protezione e incremento della biodiversità.
- Maggiore resilienza agli stress ambientali
- Miglioramento dello stato di salute del suolo.
- Riduzione dell'utilizzo di fertilizzanti di sintesi.
- Riduzione dei packaging alimentari a base di plastica.
- Processi alimentari più *eco-friendly*, attenti all'utilizzo dell'acqua, alle emissioni di gas serra e, in generale, all'impatto ambientale.
- Utilizzazione di risorse marine e terrestri completamente nuove e/o neglette.

Salute

- Recupero di un corretto modello alimentare diversificando le fonti proteiche.



- Prevenzione di patologie umane derivanti da un elevato consumo di prodotti carnei molto lavorati (infiammazioni intestinali, NCD, cancro del colon).
- Contrasto alla malnutrizione.
- Riduzione dell'uso di antibiotici di sintesi in alimentazione animale e conseguente riduzione del fenomeno dell'antibiotico resistenza.
- Nuovi ingredienti alimentari, additivi, nutraceutici, cosmeceutici ricchi in peptidi bioattivi provenienti da risorse proteiche alternative.

Società

- Innovazione di prodotto, sviluppo di nuovi mercati e nuovi modelli di business.
- Opportunità di sviluppo locale e mantenimento delle tradizioni con particolare attenzione verso i piccoli produttori/allevatori/pescatori locali.
- Miglioramento della resilienza delle produzioni agricole e del benessere animale.
- Nascita di nuove filiere alimentari (ad es. uso alimentare delle meduse del Mediterraneo; filiere di produzione di proteine da insetti).

Circularità

- Efficientamento delle filiere con la valorizzazione dei co-prodotti e dei sottoprodotti.
- Riduzione degli scarti agroalimentari tramite bioconversione mediata da insetti e re-impiego di biomasse marine.
- Sviluppo di aziende (soprattutto PMI) che impiegano tecnologie *eco-friendly* nelle varie fasi di produzione.
- Responsabilizzazione dei consumatori verso nuovi sistemi dietetici più sostenibili e a minor impatto ambientale.

Impatti Horizon Europe: 31, 32.

Key Performance Indicator

Misura del valore biologico delle proteine da fonti alternative (ad es tenore in aminoacidi essenziali, FSR)

Aumento delle entrate dovuto alla copertura di nuove nicchie di mercato in aziende nuove o riconvertite all'uso e trasformazione di fonti proteiche alternative.

Aumento del tasso di conservazione di clientela sempre più attenta alla sostenibilità e al basso impatto ambientale dei prodotti alimentari

Possibile aumento del margine di profitto per la produzione e vendita di alimenti poco trasformati e/o ad elevato valore nutrizionale/nutraceutico.

Riduzione dei costi dovuti allo smaltimento dei residui o alla sanificazione/bonifica per impatti ambientali.

Impatto sullo stato di salute (malnutrizione e NCD in particolare).

Articolazione 6. Tendenze emergenti nelle tecnologie alimentari ed efficientamento dei processi di trasformazione.

Nella programmazione precedente (PNR 2015-2020) l'area Agrifood era una delle quattro aree prioritarie ad indicare che l'Italia ha una leadership industriale e scientifica riconosciuta a livello internazionale. Si tratta di un'area tra le priorità di sviluppo individuate nell'allora Strategia Nazionale di Specializzazione Intelligente dell'Italia sulla quale è ancora opportuno puntare attraverso finanziamenti che tengano conto delle opportunità offerte dalle *Key Enabling Technologies* (KET) e dalle tecnologie avanzate come IoT, ICT, robotica e mecatronica applicate al sistema alimentare.

Importante, inoltre, puntare su un sufficiente approvvigionamento di prodotti alimentari sicuri, sani e di elevata qualità, sviluppando sistemi di produzione primaria produttivi, sostenibili e basati su un uso efficiente delle risorse, che



promuovano la biodiversità, attenti alle catene di approvvigionamento, trattamento e commercializzazione competitive e a basse emissioni di carbonio. Tutto questo favorirà il passaggio ad una bioeconomia sostenibile, colmando la lacuna tra le nuove tecnologie e la loro attuazione, in accordo con le indicazioni UE (Food 2030) secondo le quali “i futuri sistemi alimentari dovranno fornire cibo sufficientemente sano, sicuro e di qualità per tutti, fondato su efficienza delle risorse, sostenibilità (comprese la riduzione delle emissioni di gas serra, l’inquinamento e la produzione di rifiuti), riduzione dello spreco alimentare, rafforzamento della produzione alimentare proveniente da mari e oceani e comprendente l’intera ‘catena del valore alimentare’ dai produttori ai consumatori e viceversa”. Inoltre, queste trasformazioni dovranno essere accompagnate da sviluppo dei sistemi di sicurezza alimentare, strumenti, tecnologie, e soluzioni basate sui dati e digitali, che forniscano benefici ai consumatori e migliorino la competitività e la sostenibilità del sistema alimentare coinvolgendo anche le PMN (programma quadro di ricerca e innovazione - Horizon Europe 2021-2027).

Le sfide da affrontare sono: i) individuare le tecnologie alimentari adatte per il mantenimento o miglioramento delle proprietà naturalmente presenti o indotte negli alimenti, ii) adattare le produzioni alimentari a particolari esigenze nutrizionali, culturali, edonistiche e di contenuto di servizio del consumatore, molto diverse tra loro ed in continua evoluzione (*tailor-made food*), iii) sviluppare tecnologie e alimenti sostenibili per il pianeta. Al fine di traguardare queste sfide devono essere sviluppate soluzioni basate su *mild technology* ed incrementate le conoscenze sulle relazioni tra micro- e macrostruttura, processo, caratteristiche dei prodotti e sugli effetti del processo sulle proprietà funzionali e sensoriali dei prodotti prima e dopo la trasformazione.

Il raggiungimento di questi obiettivi si attuerà attraverso 4 sottoazioni:

- 6a) Studio delle interazioni e degli effetti del processo e della materia prima sulla struttura degli alimenti.
- 6b) Sviluppo di processi di trasformazione innovativi.
- 6c) Studio di packaging innovativi ed estensione della shelf life.
- 6d) Produzione di alimenti innovativi e salutistici.
- 6e) Nanotecnologie per la realizzazione di rivestimenti innovativi.
- 6f) Riduzione e valorizzazione dei sottoprodotti.

6a) Studio delle interazioni e degli effetti del processo e della materia prima sulla struttura degli alimenti.

La struttura ha una riconosciuta importanza sulla qualità degli alimenti, sia dal punto di vista delle caratteristiche sensoriali, sia da quello collegato alla conservabilità e disponibilità delle sostanze nutrizionalmente importanti. I processi di produzione di alimenti inducono, in funzione della materia prima e del processo applicato, modifiche strutturali. Lo studio di questi cambiamenti nei prodotti alimentari, in relazione con i diversi parametri tecnici utilizzati, può fornire informazioni fondamentali sulle caratteristiche e peculiarità dell’alimento che si riflettono anche su altre azioni di questo ambito.

Obiettivi:

- Caratterizzare la relazione tra struttura, formulazione, processo di trasformazione e stabilità dei prodotti alimentari;
- Individuare le fasi dei processi produttivi innovativi che influenzano la struttura degli alimenti.

Impatti:

- Migliorare le conoscenze per la gestione dei processi e della conservabilità dei prodotti;
- Sviluppare conoscenze per la creazione di nuovi prodotti.

6b) Sviluppo di processi di trasformazione innovativi.

Alcuni dei fattori più importati di questa sottoazione sono: il controllo delle condizioni di processo, la riprogettazione dei processi con impianti idonei introducendo le KET, le interazioni tra microorganismi, processi, struttura



dell'alimento, proprietà chimico-fisiche e la composizione delle materie prime, dei prodotti, l'innovazione di prodotto e di processo attuata con sistemi biotecnologici, tecnologie termiche a prestazioni migliorate e non termiche (pressioni di omogeneizzazione, HPP, campi elettrici pulsati, plasma freddo atmosferico, impregnazione sottovuoto, ultrasuoni; sistemi per aumento della turbolenza dei flussi, ecc.), mediante analisi LCA.

In pratica, gli **obiettivi** da raggiungere nel 2027 riguardano:

- aumento significativo di processi innovativi con minor impatto ambientale per la produzione di alimenti con caratteristiche sensoriali e nutrizionali migliorate e più adatte alla fascia di popolazione a cui sono destinate;
- sviluppo di software dedicati per il controllo dei processi di trasformazione, la progettazione meccanica avanzata e il disegno igienico, per la riduzione di tempi, costi e impatto ambientale per le fasi di pulizia e sanitizzazione degli impianti e aumento delle rese di processo.

Impatti:

Ambiente

- Mitigazione dei cambiamenti climatici;
- Minore dipendenza da fonti fossili;
- Miglioramento della gestione dei rifiuti di processo.

Società

- Impiego di tecnologie innovative per la creazione di nuovi prodotti;
- Sviluppo di nuovi mercati;
- Nuove possibilità occupazionali.

Consumatori

- Accessibilità ad alimenti di ottima qualità (compresa quella nutrizionale);
- Avere una più corretta percezione e comunicazione sul fine vita degli imballaggi.

Impatti Horizon Europe: 33, 35.

6c) Studio di packaging innovativi ed estensione della shelf life.

Gli aspetti importanti sono: lo sviluppo di condizioni di conservazione, i modelli predittivi per ottimizzare la sicurezza e le migliori condizioni di uso, la valutazione del rischio biologico, chimico e fisico con metodi possibilmente rapidi e non distruttivi, la riprogettazione dei sistemi di confezionamento anche mediante LCA, l'estensione della shelf life, la riduzione degli sprechi alimentari.

Obiettivi da raggiungere nel 2027:

- il miglioramento di shelf-life, proprietà sensoriali e nutrizionali, e la loro stabilità nel tempo, mantenendo un livello di sicurezza paragonabile alle tecniche di stabilizzazione comunemente utilizzate per quell'alimento;
- la riprogettazione dei sistemi di packaging in un'ottica di fine vita (ad es., packaging monomateriale più facilmente riciclabile) e verifica delle prestazioni per applicazioni specifiche;
- le prestazioni tecnologiche di packaging compostabili (ad es. barriera al vapore acqueo e all'ossigeno);
- l'adozione di sistemi di active packaging come strategia per bilanciare le performance eventualmente inferiori di nuovi packaging più riciclabili e/o compostabili;
- l'impiego di materiali innovativi, fibre e biomateriali biodegradabili ed attivabili, sostanze utilizzabili per rivestire gli alimenti (edible coating) dovranno essere testati e validati relativamente ai problemi dei materiali e oggetti a contatto con gli alimenti (MOCA) per giungere alla dichiarazione di conformità MOCA e alla certificazione degli impianti di processo e confezionamento;
- lo sviluppo di software dedicati per il controllo dei processi di trasformazione e di confezionamento, la progettazione meccanica avanzata e il disegno igienico, per la riduzione di tempi, costi e impatto ambientale per le fasi di pulizia e sanitizzazione e confezionamento degli impianti e aumentando delle rese di processo.



Impatti:

Ambiente

- Miglioramento della gestione del packaging post consumo.
- Riduzione dei rifiuti derivati da alimenti non consumati per esaurimento della shelf life.

Società

- Impiego di tecnologie innovative per la creazione di nuovi packaging (materiali e tecnologie);
- Sviluppo di nuovi mercati;
- Nuove possibilità occupazionali.

Consumatori

- Accessibilità ad alimenti con una shelf-life adeguata (se possibile aumentata) e di ottima qualità (compresa quella nutrizionale);
- Migliorare la percezione e la comunicazione sul fine vita degli imballaggi.

Impatti Horizon Europe: 33, 35.

6d) Produzione di alimenti innovativi e salutistici.

È noto che molti alimenti sono ricchi di sostanze che hanno effetti benefici sulla salute. Per questo motivo negli ultimi anni la medicina e le tecnologie alimentari, si sono molto interessati ai loro aspetti nutrizionali come alimenti per contrastare l'insorgenza e l'incidenza di numerose NCD legate al metabolismo e non solo. Alimenti innovativi e salutistici possono far parte di una strategia alimentare per la precision nutrition (personalizzare il cibo, basandosi sui gusti e sulle esigenze psico-fisiche, con l'aiuto di etichette nutrizionali digitali che possono favorire questi percorsi), e, più in generale, di una strategia per la prevenzione di malattie e per una alimentazione per la terza età e antiaging. Considerando il fatto che alcune NCD sono in continuo aumento e considerando l'aumento dell'età media nei Paesi industrializzati ma anche nei Paesi in via di sviluppo, le azioni per lo sviluppo di nuovi alimenti salutistici risultano particolarmente importanti. In questo contesto, è rilevante costruire un rapporto di comunicazione con i consumatori, mirato non solo al rafforzamento della fiducia (indispensabile per rendere il sistema sempre più solido e resiliente) ma anche all'ascolto e all'individuazione delle tendenze future.

Le azioni da implementare comprendono:

- il miglioramento delle caratteristiche nutrizionali di alcuni alimenti, riducendo per esempio il carico/indice glicemico, aumentando il contenuto in fibre e in composti di alta qualità nutraceutica;
- la sostituzione degli zuccheri con ingredienti dolcificanti naturali a ridotto apporto calorico;
- l'applicazione di biotecnologie microbiche per migliorare nutrizionalmente i prodotti alimentari e l'applicazione di tali biotecnologie al riutilizzo di sottoprodotti dell'industria agroalimentare per la progettazione di nuovi alimenti salutistici;
- lo sviluppo di biotecnologie microbiche per l'ottenimento di alimenti fermentati e prodotti alimentari plant-based fortificati;
- la caratterizzazione e la validazione di molecole bioattive e composti nutraceutici;
- il rafforzamento dello studio dell'interazione tra ingredienti/alimenti salutistici e microbioma intestinale;
- lo sviluppo industriale di prodotti consoni con adeguate tecnologie atte a mantenerne intatte le caratteristiche;
- un processo continuo di informazione e sensibilizzazione dei cittadini.

In ambito tecnologico-farmaceutico, si usano strategie di veicolazione basate sull'utilizzo di micro- e nanosistemi per l'incapsulazione di principi attivi aprendo nuovi orizzonti in medicina per il delivery di farmaci. Si possono così sfruttare le peculiarità di tali sistemi per la protezione e il rilascio controllato o sito specifico di queste sostanze. Combinando le conoscenze legate alla veicolazione di sostanze attive con le tecnologie alimentari, ci si propone di raggiungere gli **obiettivi** di produrre una nuova generazione di alimenti che:

- mantengano le proprie caratteristiche reologiche e sensoriali;



- siano potenziati per la presenza di micro- o nanocapsule, contenenti sostanze naturali bioattive;
- non presentino gusti sgradevoli dovuti alla presenza di sostanze attive aggiunte di origine naturale e compatibili con l'alimentazione (ad es. polifenoli o fitocomplessi);
- consentano alle sostanze contenute di giungere inalterate attraverso il tratto gastrointestinale sino agli organi bersaglio, aumentando la loro biodisponibilità e superando inalterate la barriera gastrica.

Impatti:

- fornire alimenti con caratteristiche nutrizionali aumentate senza snaturarne le caratteristiche sensoriali;
- combattere forme di malnutrizione e proteggere le salute dei consumatori;
- contribuire a combattere le NCD e prevenire le malattie;
- aumentare la consapevolezza dei consumatori e guidarli verso scelte alimentari più sostenibili.
- promuovere l'innovazione in campo alimentare, mettendo in risalto il ruolo strategico dell'alimentazione nei confronti della salute della popolazione.

Impatti Horizon Europe: 34, 1.

6e) Nanotecnologie per la realizzazione di rivestimenti innovativi.

Utilizzo di materiali e tecnologie di costruzione innovativi, anche attraverso nanotecnologie, per la realizzazione di rivestimenti e rifiniture delle superfici a livello nanometrico per le parti di impianto a contatto con gli alimenti. L'argomento è molto ambizioso e consiste nella modifica delle superfici con processi di deposizione in controllo di spessore e composizione del riporto sia con trattamento di micro/nanolavorazioni. Sarà necessario studiare la compatibilità dei materiali e dei trattamenti delle parti a contatto con gli alimenti per giungere alla dichiarazione di conformità MOCA, fino a giungere a sviluppare metodologie e che saranno utilizzati nelle macchine per la lavorazione dei prodotti alimentari.

Questo approccio consentirebbe di raggiungere i seguenti **obiettivi**:

- migliorare la resistenza all'usura;
- limitare l'adesione e lo sviluppo microbico (contrasto alla formazione di biofilm);
- favorire la pulizia degli impianti, diminuire gli attriti e diminuire così l'energia richiesta per la movimentazione degli alimenti negli impianti.

Impatti:

- diminuire l'uso di prodotti sanitizzanti e i casi di fermo impianto;
- facilitare le procedure di pulizia e sanificazione degli impianti;
- migliorare la sostenibilità della gestione degli impianti;
- promuovere l'innovazione tecnologica e l'apporto di nuove tecnologie nel settore alimentare.

Impatti Horizon Europe: 31.

6f) Riduzione e valorizzazione dei sottoprodotti.

Il sottoambito è relativo alla valorizzazione di sottoprodottibiomasse provenienti dal settore agroalimentare allo scopo di ottenere nuovi prodotti non solo per l'agricoltura, l'industria alimentare e mangimistica, ma più in generale materiali che possano rientrare nelle filiere produttive. Questo approccio favorirà la diminuzione degli scarti ottenendo nuovi prodotti con tecnologie innovative, spingendo le aziende verso i modelli produttivi tipici dell'economia circolare diminuendo così l'impatto ambientale con diversi approcci e considerando diverse sfide.

Obiettivi

- nuovi ingredienti mangimistici o alimentari attraverso processi di bioraffinazione, frazionamento e purificazione con procedure di natura fisica, chimica o biologica prevedendo l'uso di microrganismi o piante o animali superiori;



- tecniche per la riduzione della CO₂ in composti organici, particolarmente importante nella purificazione del biometano. Se da un lato esistono margini di efficientamento nelle tecniche di produzione di questo gas attraverso la fermentazione di matrici organiche di provenienza agroalimentare, la rimozione della CO₂ è un problema tuttora aperto.

Sfide

- sarà necessario un attento studio della presenza di sostanze antinutrizionali o apertamente tossiche che rischiano di accumularsi nel caso di “scorciatoie” della catena alimentare. Per questo motivo sarà necessario un attento studio per valutare i rischi chimici e biologici legati a queste pratiche e solo allora si potrà procedere per un’eventuale modifica della normativa vigente;
- accettabilità sociale di questo nuovo non è scontata, per cui dovranno essere messe in atto campagne di sensibilizzazione e di informazione nei confronti dell’opinione pubblica;
- studio di bioraffinerie resilienti in grado di utilizzare varie matrici in accordo con la stagionalità di molte produzioni agrarie ed agroindustriali.

Nel caso le stesse matrici provenienti dall’agroindustria siano destinate ad impieghi non alimentari né mangimistici, i problemi legati alla possibile contaminazione saranno meno stringenti. A questo proposito, come esempio non esaustivo, si ricordano l’utilizzazione di proteine per la produzione di biopolimeri (anche per il packaging), o la produzione di biodiesel a partire da lipidi di scarsa qualità recuperati dai processi di lavorazione o prodotti ex novo in bioraffinerie e la produzione di biometano. Più in generale, si potrà considerare qualsiasi sottoprodotto che possa essere utilizzato a fini energetici o come sequestratore di carbonio, in modo da avere processi a bilancio di carbonio negativo.

Impatti:

- clima e sostenibilità – riduzione delle emissioni di gas serra;
- efficienza nell’utilizzo delle risorse e circolarità – valorizzazione dei sottoprodotti e degli scarti, produzione di mangimi;
- nutrizione e salute – legame con i concetti di nutrizione salutare e sostenibile.
- favorire la valorizzazione delle biomasse residuali, incentivando le tecnologie in grado di promuovere un più ampio uso degli scarti;
- sviluppare le bioraffinerie che impieghino organismi come biotrasformatori;
- andare verso tecnologie e processi di cattura e sequestro del carbonio;
- stimolare la modifica di un’adeguata normativa.

Impatti Horizon Europe: 19, 33, 34, 36.

Key performance indicator:

- verificare che indici come LCA, carbon footprint, water footprint, ecc. per ogni prodotto/processo innovativo considerato siano effettivamente minori se confrontati con prodotti /processi tradizionali;
- verificare che le caratteristiche sensoriali per ogni prodotto/processo innovativo considerato siano effettivamente maggiori o uguali se confrontate con prodotti /processi tradizionali;
- verificare che il grado di accettazione e di soddisfazione per ogni prodotto innovativo considerato sia effettivamente maggiore o uguale se confrontato con prodotti tradizionali.

Interconnessioni con altri Ambiti Tematici:

- Conoscenza e gestione sostenibile dei sistemi agricoli e forestali
 - Miglioramento sostenibile delle produzioni primarie (bio e agro-tecnologie).
 - Sicurezza e qualità delle produzioni primarie (sicurezza alimentare e qualità funzionale dei prodotti alimentari).
 - Integrazione fra agricoltura a destinazione alimentare e non alimentare.
 - Attività agricola e forestale a protezione dell’ambiente e delle risorse naturali.
 - Sistemi agricoli e forestali per la salvaguardia e la valorizzazione del territorio.



- Salute (temi generali)
 - Implementazione dei sistemi di diagnosi, terapia e follow-up per le NCD e/o legate all'invecchiamento.
 - Trasformazioni sociali e società dell'inclusione
 - Benessere psico-sociale e qualità della vita.
- Transizione digitale
 - Servizi human-centered.
 - Reti di sistemi intelligenti.
- Cybersecurity
 - Sicurezza dei servizi al cittadino e alle imprese.
- Tecnologie per la salute
 - Digital Health: tecnologie digitali e sensoristica per la medicina preventiva, partecipativa e personalizzata e per l'innovazione dei servizi sanitari e dell'ingegneria clinica.
 - Intelligenza artificiale per la diagnostica di precisione, le terapie personalizzate e per l'innovazione organizzativa e gestionale dei processi sanitari.
 - Lab-on-chip e biosensoristica.
- Bioindustria e bioeconomia
 - Valorizzazione della biodiversità terrestre ed acquatica per la produzione sostenibile di bioprodotto.
 - Valorizzazione integrata di residui, scarti e sottoprodotti agroalimentari, zootecnici, ittici attraverso nuove catene di valore circolari e connessioni industriali.
- Robotica
 - Robotica per il settore agroalimentare.
- Creatività, design e made in Italy
 - Territori e valorizzazione del made in Italy.



6.3 Bioindustria per la Bioeconomia

Contesto attuale, motivazioni ed evoluzioni

I prodotti delle bioraffinerie nazionali alimentano imprese di molti comparti manifatturieri e del Made in Italy, garantendo al paese circa 70 miliardi di fatturato annuo e 330.000 posti di lavoro (1). A ciò si aggiunge l'indotto del legno che conta più di 80.000 aziende, 400.000 addetti e un fatturato annuo di 40 miliardi di euro e quello della cellulosa con 3.800 aziende, oltre 72.000 addetti e un fatturato di circa 22 miliardi di euro annui. La valorizzazione integrata dei rifiuti organici e delle acque reflue municipali, con la produzione di acqua pulita, fertilizzanti e compost, preziosi per la rigenerazione dei suoli, e di bioenergia, garantiscono annualmente altri 15 miliardi di euro di fatturato e 12 000 posti di lavoro (1). In questo ambito sta diventando prioritaria anche l'individuazione di soluzioni biotecnologiche per la valorizzazione delle plastiche e biomateriali a fine vita, attraverso l'ottenimento di monomeri e componenti chimiche nobili da riutilizzare secondo una logica di economia circolare.

La forza propulsiva della bio-industria italiana deriva dall'integrazione trasversale di conoscenze scientifiche e tecnologiche multisettoriali che valorizzano, in un'ottica "sistemica", le bio-risorse non alimentari e residuali delle aree rurali, costiere e marginali offrendo nuove opportunità di rigenerazione economica, ambientale e sociale per le stesse aree.

La competitività dell'ambito della bioeconomia richiede ancora maggiore integrazione della ricerca avanzata nei settori della biologia sintetica, chimica, (bio)catalisi e ingegneria chimica e di processo, così da fornire soluzioni per la conversione efficiente ed integrata di un ampio numero di biomasse non alimentari, sia terrestri che acquatiche, ma anche di grandi varietà di sottoprodotti e rifiuti della produzione agroalimentare, ittica e della filiera del legno e della silvicoltura. Questi, unitamente ai principali gas di combustione (CO e CO₂) possono essere convertiti, con un approccio in cascata, in prodotti bio-based nuovi o innovativi, quali farmaci, nutraceutici, cosmetici, agrochimici, lubrificanti e materiali, fra i quali biopolimeri multifunzionali, in bioraffinerie multi feedstock and multi-prodotto, che compongono un ambito strategico dell'innovazione e della competitività del paese, leader europeo nel settore, spesso associata alla riconversione di siti industriali dismessi e alla creazione di nuove filiere di valore, lunghe e ben radicate nel territorio.

Occorre altresì promuovere una valorizzazione più efficiente e a cascata dei prodotti della selvicoltura, favorendo l'uso da opera e in bioedilizia, anche con la creazione di materiali compositi, ed al contempo attraverso una transizione da lavorati di medio-basso valore, usati come fonte di calore e energia rinnovabile, ad una loro dedicata (bio)conversione e raffinazione verso materiali, fibre, composti chimici, e combustibili ad alto valore aggiunto. Questi ultimi sono di primario interesse per le moderne industrie tessili e della moda, biomedicali, chimiche e dell'energia (1). In questi settori sono necessari, infine, ulteriori sforzi in direzione di una maggior integrazione e una più equa distribuzione del valore generato all'interno delle singole filiere, anche attraverso innovativi modelli di business.

L'Europa si è data una strategia assai ambiziosa in questo settore considerandolo strategico per il futuro del continente, prevedendo importanti finanziamenti a sostegno, adottando lo European Green Deal, promuovendo le nuove strategie 'Biodiversity' e 'Farm to Fork', partnerships su 'Biodiversity' e 'Agroecology living labs and research infrastructures', e la continuità della partnership pubblico-privata dedicata alla biobased industry (BBI JU) con l'avvio della nuova partnership Circular Bioeconomy Europe.

In linea con quanto già fatto da alcuni Paesi Europei, il nostro Paese si è dato una strategia nazionale a sostegno della bioeconomia, e dunque anche della sua biobased industry, già nel 2017, definendo un contesto politico più coerente, che interconnetta le diverse scale di implementazione delle azioni (regionale, nazionale, comunitario e persino globale); questa è stata rivista recentemente (strategia nazionale Bioeconomia BIT II, 2019, <http://cnbbsv.palazzochigi.it/media/1951/bit-italiano-14feb2020.pdf>) e ancora più recentemente affiancata da un piano di implementazione nazionale (http://cnbbsv.palazzochigi.it/media/1962/implementation-action-plan_bioeconomy_28_-7-2020.pdf) (CNBBSV, Presidenza del Consiglio dei Ministri <http://cnbbsv.palazzochigi.it/it/materie-di-competenza/bioeconomia/>).



Le stesse tematiche sono prioritarie anche per l'area del Mediterraneo, dove l'Italia è il principale paese Europeo con potenzialità di leadership, anche tramite le iniziative dei Cluster, la leadership della partnership PRIMA (<http://prima-med.org/>), e di MEDENER (<https://www.medener.org/en/>), una delle tre piattaforme create nell'ambito dell'Unione per il Mediterraneo (UPM) per rafforzare la cooperazione energetica euro-mediterranea del mercato elettrico, del gas naturale e dell'energia rinnovabile e dell'efficienza energetica.

La cooperazione, l'interconnessione e il coordinamento strutturato delle attività fra le suddette iniziative rappresentano azioni chiave per rafforzare le strategie di decarbonizzazione nella regione euro-mediterranea e favorire l'affermazione di un modello economico eco-sostenibile.

Nel settore esiste una problematica legata alla lenta crescita delle imprese che si muovano in tale ottica e alla mancanza di integrazione fra le filiere. Pertanto, le iniziative atte a favorire la nascita di startup innovative, lo scambio di conoscenza fra il sistema della ricerca e le imprese, la valorizzazione di buone pratiche devono essere accompagnate da misure efficaci per mitigare i rischi legati agli investimenti, quali poli che mettano a disposizione infrastrutture per lo sviluppo preindustriale. Questa opportunità potrebbe essere coordinata dai Cluster Tecnologici Nazionali e delegabile ai Cluster Regionali sempre in una logica sistemica. In questo si riconosce come prioritario creare sui territori un sistema integrato di strutture qualificate per realizzare un trasferimento tecnologico efficace e con un più facile accesso all'innovazione anche in prospettiva incrementale, e dove il mondo dell'impresa possa attivare il dialogo con il sistema della ricerca accedendo, così, anche alle risorse e alle competenze di tutto il sistema nazionale.

Affinché si attuino queste trasformazioni, la formazione di figure professionali di raccordo tra scienza e tecnologia è di importanza strategica. La formazione deve tradursi in opportunità di valorizzazione del capitale umano, per attirare i migliori ricercatori nel sistema di avanzamento delle conoscenze scientifiche e tecnologiche, puntando sulla mobilità internazionale dei ricercatori al fine di "contaminare" le specificità formative dei singoli paesi. L'ampia valenza dei ricercatori formati in Italia li rende attrattivi nei sistemi produttivi internazionali, dove trovano largo impiego. In parallelo, salvo rare eccezioni, l'Italia non attira i migliori cervelli internazionali. L'ambizione è formare figure che possiedano competenze trasversali attraverso: una progettazione che ancor più valorizzi e metta a sistema i percorsi di Dottorato innovativi o industriali, che coinvolga Università, EPR, Consorzi e Cluster, una maggiore mobilità internazionale, un allineamento con programmi internazionali, lo sviluppo/consolidamento di collaborazioni con il settore produttivo (anche adattando il percorso alle necessità dei territori), la formazione di conoscenze e competenze multidisciplinari. Circa gli start upper, occorre potenziare e diffondere la cultura dell'imprenditorialità legata all'innovazione attraverso nuovi modelli di apprendimento basati sul confronto multi- e transdisciplinare e sulla co-creazione di idee, insieme a Cluster, Consorzi, incubatori di impresa e tessuto produttivo territoriale. Le nuove figure avranno anche l'opportunità di avere sviluppato una mentalità di Ricerca ed Innovazione Responsabile (RRI), essendo quindi pronte ad un dialogo costruttivo tra e con gli stakeholder.

Rilevanza rispetto alle transizioni ambientale, digitale, economica, energetica e sociale

L'industria biobased è quella componente della bioeconomia che utilizza risorse biologiche rinnovabili non alimentari nei processi industriali innovativi per produrre beni, prodotti e servizi (ad esempio prodotti chimici, plastica, prodotti per il consumatore finale). Grazie al livello d'innovazione già raggiunto con numerose tecnologie brevettate - sviluppate nel settore della chimica e della biotecnologia industriale - agli investimenti realizzati, alla gamma di prodotti come catalizzatori verdi e bio (enzimi e microorganismi) e le catene del valore disponibili, l'Italia gioca un ruolo chiave nel settore della bioindustria.

Oltre a questo concorre al ripristino del territorio, dell'ambiente e del suolo: le attività indicate consentono di ridurre l'inquinamento ambientale, fissando CO₂ e consentendo lo smaltimento completo di rifiuti organici civili ed industriali, con la concomitante produzione di bioprodotto biodegradabili e compostabili, che non si accumulano in suolo ed acqua e che a fine vita possono essere trasformati in compost preziosi per la rigenerazione del suolo, unitamente a biocombustibili.



I settori indicati potranno crescere significativamente nei prossimi anni se si presterà particolare attenzione all'adozione di tecnologie digitali ed abilitanti di Industria 4.0 dirette ad aumentare l'efficienza, la flessibilità e dunque la sostenibilità delle produzioni e trasformazioni, che diverrebbero dunque più ecosostenibili e attente alla protezione e valorizzazione del capitale naturale e degli effluenti e rifiuti derivanti dalla loro lavorazione e valorizzazione, l'implementazione di metodologie di agricoltura/forestry di precisione e cognitiva, anche con il supporto di nuove tecnologie basate su IoT, intelligenza artificiale e aerospaziali (es: satelliti FLEX e PRISMA dei progetti ESA).

Per supportare le necessarie transizione, è essenziale la partecipazione delle imprese, attraverso una maggiore una maggiore consapevolezza delle opportunità dell'economia circolare, l'affermazione di standard di valutazione della sostenibilità di impresa coerente con l'agenda 2030 e l'adozione di innovativi business model. Utile sarà anche l'applicazione di soluzioni digitali – digital market places per bio-based materials, advanced just-in-time, realtà aumentata per il training, ingredient tracking, blockchain and decentralized systems, e automatic control and steering of (bio-) chemical processes per innescare un meccanismo virtuoso in cui le relazioni di fornitura e distribuzione si traducono in un miglioramento del coordinamento tra gli attori della filiera, creando valore per i mercati finali e consumatori.

Obiettivi 2021-2027

Ottimizzazione (maggiore produttività ma anche salvaguardia della biodiversità, sostenibilità e qualità dei prodotti) delle produzioni delle biomasse forestali e della raccolta delle biomasse lavorate all'interno delle filiere del legno. Il legno e i suoi scarti di lavorazione possono fornire bioprodotto per l'edilizia (adesivi, additivi) o materiali innovativi in grado di ridurre i rischi in caso di incendio o sisma, o immagazzinare CO₂, migliorando la qualità dell'aria.

- Ottimizzazione (maggiore produttività ma anche sostenibilità, qualità e certificazione dei prodotti) dei processi di estrazione e produzione integrata di sostanze bioattive da fonti residuali agricole, forestali, marine per la salute e il benessere dell'uomo (cosmetici, nutraceutici, integratori). La ricerca avanzata nei settori della genetica, della chimica, della synthetic biology e della biocatalisi dovranno fornire soluzioni integrate per lo sviluppo di bioraffinerie e la creazione di nuove filiere per la Bioeconomia, in grado di valorizzare con un approccio a "cascata" le bio-risorse agricole non alimentari, forestali e del mare, ma anche gli scarti e sottoprodotti dell'industria alimentare ed ittica, secondo un approccio di circolarità. Nuovi prodotti nutraceutici, cosmetici e composti chimici a base biologica, nuovi polimeri e bio-materiali innovativi e multifunzionali possono alimentare l'industria manifatturiera aumentandone la sostenibilità e la competitività, promuovendo nuovi meccanismi di relazioni con le imprese.
- Rafforzamento della valorizzazione della frazione organica dei rifiuti urbani con la produzione di compost per migliorare la fertilità dei suoli. Su questo sono necessari interventi specifici e sistemici. Tali ricerche, a causa della loro multisettorialità, richiedono un supporto trasversale atto a favorire un approccio sistemico all'innovazione. Va creato il consenso su come misurare diversi parametri dell'impatto ambientale con la messa a punto di indicatori e strumenti comuni di valutazione.
- Creazione delle condizioni indispensabili per la diffusione dei nuovi prodotti biobased sui mercati, attraverso l'adozione di standard, certificazioni e normative adeguate ed azioni dirette al coinvolgimento dei consumatori allo scopo di condividere e sostenere progetti e i prodotti innovativi e accompagnare un effettivo cambiamento dei modelli produttivi e di consumo.
- Assicurare l'allineamento con la programmazione in R&I europea, in particolare del Programma Quadro Horizon Europe, e inserire in maniera strutturale l'Italia nel sistema della cooperazione internazionale nel settore della ricerca, utilizzando appieno la nostra capacità di diplomazia scientifica, con particolare riguardo all'Area del Mediterraneo; rafforzando il processo di Programmazione Congiunta (Partnership) e individuare gli strumenti di «matching fund» sulla base delle specializzazioni nazionali e delle priorità geo-strategiche condivise e partecipare attivamente alle iniziative di programmazione congiunta e progettazione di rilievo strategico, quali, ad esempio PRIMA, e progetti infrastrutturali (ESFRI) di pertinenza.



- Avvio di iniziative atte a favorire la nascita di startup innovative, lo scambio di conoscenza fra il sistema della ricerca e le imprese, la valorizzazione di buone pratiche con misure dirette a mitigare i rischi legati agli investimenti, quali poli che mettano a disposizione infrastrutture per lo sviluppo preindustriale.
- Potenziare e diffondere la cultura dell'imprenditorialità legata all'innovazione attraverso nuovi modelli di apprendimento basati sul confronto multi- e transdisciplinare e sulla co-creazione di idee, insieme a Cluster, Consorzi, incubatori di impresa e tessuto produttivo territoriale.
- Rafforzare la formazione di figure professionali di raccordo tra scienza e tecnologia. I dottorati innovativi devono anche contribuire a favorire tale raccordo. L'ambizione è formare Dottori di Ricerca con competenze trasversali attraverso il coinvolgimento delle Università, EPR, Consorzi e Cluster, una maggiore mobilità internazionale, un allineamento con programmi internazionali e lo sviluppo/consolidamento di collaborazioni con il settore produttivo. Per i dottorati di ricerca l'obiettivo è duplice: aumentarne il numero per avvicinarsi agli standard europei e rendere meno strutturato e ingessato il percorso, pur nella salvaguardia della sua solidità, attraverso la definizione di specifici progetti di formazione e ricerca da gestire in maniera più snella dagli studenti e basando la valutazione dei docenti sulla base dei risultati conseguiti. In questo modo le figure professionali acquisiscono più consapevolezza del ruolo che saranno chiamate a svolgere, ed è possibile più facilmente creare percorsi di life long learning per chi ha già una carriera in azienda ma necessita di formazione sull'innovazione.
- Individuare per l'Ambito Bioindustrie per la Bioeconomia le Infrastrutture di Ricerca, le Piattaforme di condivisione, le reti di riferimento a livello regionale, nazionale ed europeo per una loro più stretta interazione soprattutto nelle attività di monitoraggio delle azioni intraprese, valutazione ex-post, impatto scientifico e socio-economico. Un esempio di caso Italiano che ha avuto grande importanza in Europa, con coordinamento italiano è METROFOOD-RI, strutturati da Joint Research Unit (JRU) riconosciute dal MUR e alle quali partecipano numerose Università, Enti Pubblici di Ricerca, e associazioni regionali e private. Di rilievo e di prima rilevanza per il settore anche l'infrastruttura IBISBA sulla innovazione nella microbiologia industriale e biologia sintetica (ESFRI, roadmap 2018).

Si propone di investire su una IR interdisciplinare dedicata ai "Sistemi Alimentari ed Ecologici Sostenibili", aggregando il dominio del cibo e della nutrizione con la tutela ambientale ed il benessere animale, in termini di qualità e sicurezza alimentare e uso efficiente delle risorse, in un'ottica di economia circolare, a cavallo tra le tematiche Health, Food ed Environment nella programmazione europea ESFRI.

Articolazione 1. Valorizzazione multifunzionale delle produzioni forestali

Valorizzazione ed utilizzazione delle produzioni forestali e dei servizi multifunzionali delle foreste a scala territoriale per la messa a disposizione sostenibile e con approccio a cascata di biomassa forestale, dei prodotti non-legnosi e derivati dal legno, dei servizi immateriali delle foreste e delle "nature based solutions", salvaguardando gli ecosistemi forestali ed il suolo.

Le foreste e le altre terre boscate e agroforestali sono fondamentali per gli equilibri del territorio e la mitigazione climatica, la conservazione della biodiversità e di protezione del suolo garantendo, allo stesso tempo, la fornitura di prodotti e servizi rinnovabili. Per assicurare la transizione sostenibile anche a questo settore della bioeconomia, la Strategia Forestale Nazionale SFN in corso di elaborazione, la BIT II ed il Green Deal europeo assegnano un ruolo fondamentale alle foreste e ai loro prodotti e servizi.

In un quadro di sostenibilità, la ricerca deve promuovere la conoscenza, la valutazione e l'utilizzazione del patrimonio forestale per la generazione di bioprodotto a partire dal legno (legname da opera, bioedilizia, biomasse residuali), fibre e prodotti chimici (tessile; adesivi, prodotti preservanti, vernici, cosmetica, farmaceutica e agrochimica da chimica verde; riuso di scarti di lavorazione e integrazione tra biomateriali) e per i servizi "immateriali" dei sistemi forestali quali salute, turismo, benessere psico-fisico.

Il quadro italiano, se da un lato vede una situazione favorevole dal punto di vista dell'inventiva e dell'innovazione, con imprese a scala piccola e media ma anche con iniziative di successo di grandi imprese, riconosciute a livello globale,



dall'altro lato soffre di uno storico sbilanciamento dell'uso della risorsa legno e biomasse nazionali verso impieghi con scarso valore aggiunto (legna da ardere piuttosto che usi strutturali), un deficit dell'utilizzo a cascata delle risorse, anche per la mancanza di filiere complete che possano valorizzare interamente la risorsa. D'altro canto, il sistema produttivo italiano è tra i primi in Europa nell'uso del legname da riciclo in prodotti di diverso valore aggiunto (design, cantieristica).

Allo stesso tempo, i sistemi forestali sono sottoposti agli impatti dei cambiamenti climatici e, in alcuni casi, dello sfruttamento eccessivo che non guarda alla perpetuità della fornitura dei servizi multifunzionali delle foreste.

L'innovazione rispetto al lato "primario" dovrà puntare alla sostenibilità della produzione e della messa a disposizione di biomassa per le filiere del legno, alla valorizzazione di altri prodotti e servizi e dovrà sviluppare sistemi di movimentazione e tracciabilità del legname, utilizzando metodi di "Precision Forestry", allo scopo di garantirne la provenienza. Andrà favorito l'utilizzo a cascata del legno, dagli usi strutturali alla valorizzazione degli scarti e delle biomasse residuali, puntando all'efficienza e sostenibilità della conversione finale.

Andranno definite e sviluppate soluzioni di risposta e adattamento al cambiamento climatico dei nostri sistemi territoriali con approcci basati sulla natura (NBS, "Nature based solutions") e sui sistemi forestali multifunzionali favorendo la connettività tra sistemi rurali e aree urbane, le infrastrutture verdi e l'uso di alberi e foreste in ambito urbano e peri-urbano (riforestazione urbana).

La gestione dovrà guardare all'adattamento al cambiamento climatico (risorse genetiche, produzioni vivaistiche, conservazione e migrazione assistita) e all'individuazione di sistemi conservativi più efficienti in termini di immagazzinamento del Carbonio nel suolo e aumento del contenuto di sostanza organica per il miglioramento della produttività, della stabilità, del potenziale ecologico e delle potenzialità di mitigazione dei cambiamenti climatici degli ecosistemi forestali.

Obiettivi

- Valorizzazione delle produzioni forestali nazionali, attraverso l'utilizzo a cascata della risorsa legno;
- Creazione di filiere "dal bosco al prodotto", che considerino lo scarto del livello precedente come risorsa per il livello successivo, valorizzando prima gli utilizzi a maggior valore aggiunto e più sostenibili;
- Favorire il riequilibrio dell'uso attuale della risorsa nazionale (80% legna da ardere e bioenergia – 20% usi strutturali e da opera) verso utilizzi a maggior valore aggiunto tramite lo sviluppo di filiere complete (distretti tecnologici foresta-legno-bioprodotto);
- Ricerca per lo sviluppo di fibre e bio-prodotto riuso di scarti di lavorazione e integrazione tra biomateriali) per la sostituzione di materie prime fossili e da esse derivati (es. plastiche);
- Valorizzazione dei servizi immateriali delle foreste e delle "nature based solutions" a scala territoriale;
- Formazione di risorse umane per la pianificazione integrata della filiera foresta-legno-bioprodotto.

Impatti

1. contributo alla neutralità climatica tramite uso di biomateriali (sostituzione di materiali a maggior impronta climatica) e adattamento degli ecosistemi forestali (mantenimento capacità di assorbimento) (31); 2) uso efficiente e circolare delle risorse naturali delle foreste (valorizzazione ed utilizzo a cascata produzioni forestali) (33);
2. innovazioni per la sostenibilità e perpetuità delle produzioni primarie forestali (34);
3. sviluppo equilibrato delle aree rurali, urbane e periurbane, a sostegno degli equilibri globali e "nature based solutions", inclusa la valorizzazione dei servizi "immateriali" (35);
4. monitoraggio delle risorse forestali a garanzia della perpetuità (36).

Interconnessioni con altri ambiti tematici

Grande Ambito Prodotti alimentari, bioeconomia, risorse naturali, agricoltura, ambiente:



- Conoscenza e gestione sostenibile dei sistemi agricoli e forestali – gestione sostenibile dei sistemi forestali e utilizzo a cascata delle produzioni; resilienza e adattamento ai cambiamenti climatici;
- Green Technologies – biomasse forestali per biochemicals e biocarburanti.

Grande Ambito Clima, Energia, Mobilità Sostenibile:

- Cambiamenti climatici e adattamento - adattamento dei sistemi forestali al cambiamento climatico per la sicurezza delle produzioni.

Grande Ambito Cultura Umanistica, Creatività, Trasformazioni Sociali, Società dell'Inclusione:

- Creatività, design e made in Italy - uso innovativo del legno, anche in materiali compositi.

Grande Ambito Sicurezza per i Sistemi Sociali:

- Sicurezza dei sistemi naturali - adattamento dei sistemi forestali al cambiamento climatico per la sicurezza delle produzioni.

Articolazione 2. Bio-industria circolare

a) Valorizzazione della biodiversità terrestre ed acquatica per la produzione sostenibile di bioprodotto.

L'obiettivo è produrre prodotti bio-based nuovi o innovativi attraverso la valorizzazione integrata delle bio-risorse rinnovabili, non alimentari primarie e residuali derivanti dai settori agricolo, forestale e marino, come gli scarti e sottoprodotti dell'industria alimentare ed ittica. Questo nell'ottica della valorizzazione della biodiversità e della conservazione degli equilibri naturali, partendo dalla promozione dell'integrazione delle competenze italiane nei settori delle biotecnologie (industriali, ambientali, agrarie, forestali e marine), della chimica e dell'ingegneria per produrre innovazione di prodotto nei seguenti settori: nutraceutica, farmaceutica, cosmetica, plastiche, fibre, materiali strutturali ecc. Particolare attenzione va posta nello studio delle potenzialità derivanti dalla bio-risorse marine, sia come fonte di biomasse e biomolecole che come serbatoio di biodiversità microbica ed enzimatica. Allo stesso modo, la biodiversità fungina, anch'essa ancora largamente sottostimata e caratterizzata, potrà essere fonte di nuove catalisi enzimatiche nonché di biomassa strutturale e rinnovabile che, cresciuta su scarti, possa essere impiegata per la produzione di materiali e compositi (ampliando gli esempi attuali, che riguardano tessuti o oggettistica, limitati a piccole scale produttive), anche in associazione con polimeri tradizionali. I nuovi prodotti bio-based e guidati da una logica di riprogettazione, dovranno rispondere a criteri di sostenibilità e circolarità, anche grazie ad approcci di ecodesign ed ecotossicità.

b) Sviluppo di bioraffinerie di multi-input e multi-prodotto in aree e di siti industriali in crisi o dismessi.

La *bio-based industry* deve fornire nuove soluzioni in grado di mitigare le emergenze ambientali e climatiche in un'ottica di sviluppo e rigenerazione economico-sociale dei territori, in un contesto globale in veloce evoluzione, anche a causa dei mutamenti normativi e legislativi connessi agli impatti ambientali. La ricerca ed innovazione deve favorire e promuovere nuovi meccanismi di simbiosi industriale e sinergie fra territori rurali, costieri e urbani sviluppando bioraffinerie di nuova generazione, espressione delle potenzialità dei territori ma nel rispetto delle specifiche fragilità, cogliendo anche le opportunità derivanti dalla possibile riconversione di aree industriali in crisi o dismesse. I prodotti bio-based ottenuti, quali (bio)materiali polifunzionali, polimeri, farmaci, mangimi, lubrificanti, fertilizzanti, prodotti per l'agricoltura, nutraceutica, cosmetica e composti chimici in genere, nonché prodotti biodegradabili in diversi ambienti, devono rispondere all'esigenza di chiudere il ciclo del carbonio, preservare la fertilità del suolo e rigenerarlo. Tali prodotti sono destinati ad alimentare e valorizzare l'industria manifatturiera ed i comparti del Made in Italy, garantendo, a livello globale, il riconoscimento degli alti standard qualitativi e di sostenibilità dei prodotti italiani, tutelando gli ecosistemi da cui derivano le biorisorse e rigenerando i territori, anche attraverso interventi di riconversione di aree marginali e siti industriali dismessi. L'implementazione di tali strategie dovrà essere supportata dallo sviluppo di criteri specifici per l'analisi del ciclo di vita dei prodotti e dei processi, in sintonia con i mutamenti normativi e l'esigenza della sostenibilità della produzione primaria e di preservazione degli ecosistemi e della



biodiversità. A tal riguardo, specifica attenzione verrà posta nella ricerca di soluzioni a “basso e multi input” di risorse, sia primarie che secondarie, e guidate da approcci “nature based” realizzabili su diverse scale e che consentano lo sviluppo di nuovi modelli di innovazione e di business con ricadute sulle piccole e medie imprese integrate nei territori. La ricerca avanzata nei settori della genetica, della chimica, della *synthetic biology* e della biocatalisi devono fornire soluzioni integrate per lo sviluppo di bioraffinerie e la creazione di nuove filiere per la Bioeconomia, in grado di valorizzare con un approccio a “cascata” le bio-risorse agricole, forestali e del mare, ma anche gli scarti e sottoprodotti dell’industria alimentare ed ittica, secondo un approccio di circolarità. Nuove varietà vegetali e animali, nuovi materiali, farmaci, mangimi, nutraceutici, cosmetici e composti chimici a base biologica, nuovi polimeri e bio materiali innovativi e multifunzionali possono alimentare l’industria manifatturiera aumentandone la sostenibilità e la competitività, promuovendo nuovi meccanismi di relazioni con le imprese. Inoltre la Bioeconomia deve massimizzare cattura e trasformazione della CO₂ e degli altri gas serra in tracce, abbassandone le emissioni in atmosfera e trasformandoli in risorse per la produzione di fertilizzanti, monomeri e polimeri. Parallelamente sono necessarie ricerche finalizzate alla raccolta di evidenze sperimentali necessarie alle attività di standardizzazione che creino le condizioni per la diffusione dei nuovi prodotti biobased sui mercati come azioni di educazione e di coinvolgimento dei consumatori allo scopo di condividere e sostenere progetti e prodotti innovativi e accompagnare un effettivo cambiamento dei modelli produttivi e di consumo.

Obiettivi

- Creazione di nuove filiere di conoscenza e di valore integrate, multidisciplinari e trans-settoriali.
- Processi e prodotti innovativi che consentano di accompagnare la transizione del sistema industriale manifatturiero italiano verso un modello produttivo a basso impatto ambientale ma anche ad alte performance e competitivo a livello globale.
- Conoscenze e tecnologie in grado di aumentare la resilienza sociale, economica e territoriale, rispondendo ai rapidi cambiamenti ambientali, sociali, economici, e alle conseguenti evoluzioni delle normative europee e nazionali.
- Rigenerazione territoriale attraverso la creazione di nuove bioindustrie ad alto contenuto scientifico e tecnologico, integrate con i territori, basate sulla valorizzazione di risorse e competenze dei territori, ed in grado di fornire un nuovo modello di rigenerazione territoriale e sociale per le aree rurali, costiere, urbane e industriali.

Impatti

1. Sviluppo di nuovi prodotti ad alto valore aggiunto in termini di neutralità climatica, riducendo le emissioni di gas a effetto serra e migliorando le funzioni di assorbimento e stoccaggio nei sistemi di produzione e negli ecosistemi (31, 32);
2. Migliore adattamento e gestione della biodiversità e ripristino degli ecosistemi, delle risorse idriche e dei sistemi di produzione, nell’ottica della bioeconomia circolare (32, 33);
3. Migliore comprensione dei cambiamenti comportamentali e socio-economici per approcci innovativi di governance che guidino la sostenibilità ed uno sviluppo equilibrato di rinnovate aree rurali, costiere, periurbane e urbane (35).

Interconnessioni con altri ambiti tematici

Tutti gli ambiti della tematica “Prodotti alimentari, bioeconomia, risorse naturali, agricoltura, ambiente”.

Tecnologie farmaceutiche; Biotecnologie (Salute).

Innovazione per l’industria manifatturiera; Transizione Digitale 4.0; High Performance Computing, Big Data; Intelligenza artificiale (Informatica, Industria, Aerospazio).

Creatività, design e made in Italy, Società dell’Inclusione (Cultura Umanistica, Creatività, Trasformazioni Sociali).

Cambiamenti climatici e adattamento; (Clima, Energia, Mobilità Sostenibile).



Articolazione 3. Recupero e valorizzazione di scarti e prodotti organici a fine vita, per la rigenerazione dei suoli e la protezione dell'ambiente

a) Valorizzazione integrata di residui, scarti e sottoprodotti agroalimentari, zootecnici, ittici attraverso nuove catene di valore circolari e connessioni industriali.

Con riferimento a quanto previsto dalla programmazione Nazionale e dell'UE, così come da alcuni dei 17 Obiettivi per lo Sviluppo Sostenibile delle Nazioni Unite, diviene ormai indispensabile progettare nuove metodologie di realizzazione di nuovi processi di produzione e trasformazione degli alimenti, finalizzati alla riduzione della generazione di scarti, tese al loro massimo contenimento e, ove possibile, completa eliminazione. Gli attuali processi di produzione delle biorisorse alimentari e non alimentari, della loro trasformazione, commercializzazione e consumo generano enormi quantità di scarti, considerati tradizionalmente un rifiuto e come tali trattati. Per passare ad un sistema che consenta lo sviluppo di sistemi di produzione "conservativi" che permettano il pieno recupero e riuso degli scarti è necessario sviluppare metodologie innovative basate principalmente sull'impiego delle Tecnologie Abilitanti. La riduzione degli sprechi alimentari, inoltre, dovrà essere perseguita attraverso applicazione delle biotecnologie e tecnologie industriali per la conservazione (ad esempio per perseguire l'allungamento della shelf-life, che possono intervenire anche a livello di logistica e trasporto) e trasformazione, ma anche tramite una distribuzione più adeguata alle reali necessità e promuovendo comportamenti responsabili nei consumatori. Un processo di transizione simile, per essere efficace, dovrà essere pervasivo ed introiettato in sistemi produttivi diversificati con lo sviluppo di metodologie innovative di valorizzazione di scarti, residui, reflui e sottoprodotti delle attività agricole, agroalimentari, zootecniche e marine. Tra le attività finalizzate alla piena valorizzazione di scarti e sottoprodotti riveste un ruolo centrale l'estrazione di sostanze bioattive, intermedi e frazioni utili da fonti residuali agricole, forestali, marine per la salute e il benessere dell'uomo (cosmetici, nutraceutici, integratori). L'efficacia di tali composti bioattivi per la prevenzione di patologie, specialmente degenerative e/o croniche, deve essere valutata attraverso lo sviluppo di biomarcatori e modelli sperimentali pre-clinici ed anche le norme dovranno essere aggiornate e riviste per consentire la piena valorizzazione economica di questi bioprodotti. Un'altra linea di attività è costituita dal potenziamento della ricerca mirata alla valorizzazione del carbonio rinnovabile derivante dalle bio-risorse e dai biomateriali, ma anche dall'anidride carbonica e dai biowaste delle città, con la produzione di biometano, composti chimici, compost ecc. creando così sinergie tra le aree rurali ed urbane, in una prospettiva di rigenerazione dei territori e ripristino della salute dei suoli. Anche la Bioeconomia dei sistemi urbani va promossa attraverso tecnologie avanzate, per esempio per la valorizzazione della frazione umida dei rifiuti urbani con la produzione di compost per migliorare la fertilità dei suoli, ma anche con la gestione di scarti di alimenti primari freschi non acquistati che possono rientrare in processi produttivi come biomasse. In complementazione a quanto appena delineato, nuovi Urban Food Systems possono superare la dicotomia tra aree urbane e peri-urbane, con produzione alimentare locale e distribuzione di prodotti freschi e ad alta qualità nutrizionale, mantenendo vivi i valori della tradizione mediterranea.

b) Nuove soluzioni per la gestione del fine vita dei materiali organici recalcitranti in un'ottica circolare: ecodesign, biodegradazione ed ecotossicità.

È dimostrato che il problema dell'impatto ambientale dovuto alla dispersione nell'ambiente di materiali organici recalcitranti alla biodegradazione (per es. bioplastiche, lubrificanti) può essere solo parzialmente risolto da strategie di raccolta e riciclo. Sono necessari studi che forniscano soluzioni efficaci, abbracciando l'intero ciclo di vita del materiale, a partire dal suo design, che dovrà rispondere alle esigenze funzionali del prodotto, fino alla sua "fine vita", con particolare riguardo alla possibilità che tale prodotto venga disperso in un particolare eco-sistema (per es. mare, suolo ecc.) o che possa essere recuperato tramite la trasformazione controllata delle sue componenti chimiche in monomeri o composti da riutilizzare secondo una logica di economia circolare. In tal senso vanno studiati sia i possibili effetti in termini di eco-tossicità delle componenti di tali materiali (per es. polimeri, microplastiche, monomeri, plastificanti, additivi) ma anche sviluppate alternative non tossiche. Inoltre, l'esplorazione della biodiversità metabolica e di microorganismi e la caratterizzazione e ingegnerizzazione di enzimi degradativi può fornire, anche attraverso approcci di *synthetic biology*, strumenti biotecnologici per la valorizzazione varie tipologie di prodotti e materiali attualmente considerati una minaccia ambientale (per es. rifiuti plastici, lubrificanti plastificanti). In questo contesto è da



sottolineare che, seppure la complessità biologica non sia stata ancora compresa e descritta per interezza, è ormai possibile applicare sistemi di ingegnerizzazione a processi basati su biotrasformazioni. Diventa indispensabile promuovere sinergia tra ricerca di base e trasferimento industriale allo scopo di implementare approcci di *biochemical engineering* che possano accelerare il cosiddetto time to market e la reale competitività dei bioprocessi.

Obiettivi

La conservazione e gestione del patrimonio agrario e forestale passano attraverso la caratterizzazione genetica e fenotipica ma anche mediante tecnologie di *precision farming* and *forestry* per l'ottimizzazione delle produzioni e la raccolta delle biomasse da valorizzare all'interno delle filiere del legno. *Le New Breeding Technologies* (NBT), in particolar modo attraverso *genome editing* e *directed evolution*, possono consentire di porre le basi genetiche per coltivare e migliorare la produttività di varie tipologie di piante di interesse agro-alimentare e dunque ottenere nuovi alimenti, farmaci e prodotti *biobased*. Deve essere meglio studiato e valorizzato anche il ruolo del microbioma degli ecosistemi della filiera agro-alimentare, da quello del suolo a quello degli animali e delle piante, sulla produttività, qualità e sostenibilità della stessa e, da ultimo, sulla salute dell'uomo, in linea con quanto raccomandato dall'iniziativa nazionale sul Microbioma (<http://cnbbsv.palazzochigi.it/media/1712/microbioma-2019.pdf>; http://cnbbsv.palazzochigi.it/media/1963/implementation-action-plan_microbiome_2872020-cnbbbsv.pdf).

Tra gli obiettivi prioritari, la definizione di protocolli per la descrizione quali e quantitativa delle matrici complesse, come spesso quelle derivanti dagli scarti, sia per loro intrinseca eterogeneità, sia per la commistione derivante dalla gestione e raccolta. Nella rigenerazione e valorizzazione degli scarti, l'attenzione deve essere dedicata non solo al carbonio, ma anche ad altri elementi chimici che stanno diventando scarsi o mal distribuiti nel suolo, come fosforo, azoto, zolfo. L'approccio sistemico permetterà di adottare soluzioni innovative quali quelle basate sull'utilizzo del biochar e applicazioni *microbiome-based* per l'aumento della fertilità e funzionalità dei suoli e il reingresso dei materiali e del carbonio nei cicli biogeochimici con un tempo di turnover compatibile con le attività antropiche.

L'ambizioso obiettivo ultimo è quello di disaccoppiare la crescita demografica ed economica dalla depauperazione delle risorse naturali, e per fare questo è necessario che l'approccio interdisciplinare che dalla ricerca e sviluppo avvii nuovi modelli industriali abbia lo scopo non di creare ponti tra le diverse discipline, ma piuttosto punti a creare un nuovo spazio condiviso.

Impatti

1. nuove catene di valore, grazie a connessione sia all'interno delle filiere che tra filiere industriali ora scollegate (34, 35);
2. tecnologie atte a realizzare il disaccoppiamento tra crescita e consumo di biorisorse, attraverso nuovi processi di gestione del fine vita dei prodotti, garantendo modelli di *governance* che ne consentano la sostenibilità (33, 36);
3. mitigazione della produzione di CO₂, sia per lo smaltimento del rifiuto organico (riduzione di 1,4 kg di CO₂eq per ogni kg di rifiuto organico recuperato biologicamente), sia per la sua maggiore assimilazione del suolo arricchito in carbonio organico (31, 33).

Interconnessioni con altri ambiti tematici

Tutti gli ambiti della tematica “Prodotti alimentari, bioeconomia, risorse naturali, agricoltura, ambiente”;

Innovazione per l'industria manifatturiera; Transizione Digitale 4.0; High Performance Computing, Big Data; Intelligenza artificiale (Informatica, Industria, Aerospazio);

Creatività, design e made in Italy, Società dell'Inclusione (Cultura Umanistica, Creatività, Trasformazioni Sociali);

Cambiamenti climatici e adattamento (Clima, Energia, Mobilità Sostenibile).



Articolazione 4. Modelli di business innovativi per la moderna bioeconomia

La bioeconomia garantisce la crescita economica facendo affidamento esclusivamente su fonti biologiche rinnovabili. Per incentivare le potenzialità economiche delle filiere della bioeconomia circolare e della bioindustria e per promuovere una società inclusiva e rispettosa dell'ecosistema, è cruciale la partecipazione integrata dei *player* delle diverse filiere, attraverso un'inclusione armonica di consumatori, opinione pubblica, sistema finanziario, istituzioni locali e nazionali, mediante un approccio relazionale multi-stakeholder. Pertanto, la transizione verso una moderna bioeconomia, che veda alla base la bioeconomia circolare e la bioindustria, necessita di una particolare attenzione sulla fattibilità economica di tali iniziative, poiché le sole tecnologie sono insufficienti senza l'integrazione di modelli di business innovativi e complementari. L'adozione di modelli di business innovativi assume un ruolo chiave nel processo di sviluppo della moderna bioeconomia, in quanto si basa sul raggiungimento di obiettivi che prevedono la connessione degli attori delle filiere attraverso soluzioni digitali avanzate, la facilitazione delle relazioni con gli stakeholder di filiera, l'attenzione per gli impatti ambientali, sociali ed economici individuando coerenti standard di riferimento, e la valorizzazione commerciale dei prodotti delle filiere con importanti innovazioni organizzative e tecnologiche. Propulsori della crescita sostenibile della bioindustria, i modelli di business innovativi producono equi tassi di redditività aziendale e hanno la capacità di attrarre maggiori finanziamenti privati, valorizzando le competenze delle filiere esistenti e creandone delle nuove. A tal fine, i modelli di business sono chiamati ad integrarsi con i percorsi di creazione di valore che caratterizzano la filiera, valorizzando le molteplicità di capitali (finanziario, manifatturiero, ma anche e soprattutto uno, sociale, relazionale e naturale) esistenti, nonché integrandone l'utilizzo a supporto delle strategie sostenibili implementate nell'ambito della bioeconomia. La connessione tra strategie sostenibili e le molteplici ed eterogenee risorse e relazioni utilizzate consente una più attenta comprensione dei trade-offs di filiera e una più accorta analisi e gestione dei rischi affrontati e degli impatti generati dalla bioeconomia.

Obiettivi

I modelli di business innovativi a supporto dello sviluppo della bioeconomia risultano essere determinanti nel raggiungimento dei seguenti obiettivi:

Connettere in maniera organica gli attori delle filiere, anche attraverso soluzioni digitali avanzate.

Il raggiungimento della simbiosi industriale è principalmente il risultato dell'azione spontanea degli attori economici per ottenere benefici economici, ma tali sistemi possono anche essere progettati e promossi tramite soluzioni digitali avanzate. Parallelamente a un modello di business innovativo con declinazione bio-industriale, le tecnologie digitali – *digital market places per bio-based materials, advanced just-in-time, realtà aumentata per il training, ingredient tracking, blockchain and decentralized systems, e automatic control and steering of (bio-) chemical processes* – innescano un meccanismo virtuoso in cui le relazioni di fornitura e distribuzione si traducono in un miglioramento del coordinamento tra gli attori della filiera, creando valore per i mercati finali e consumatori.

Facilitare relazioni positive con gli stakeholder di filiera (consumatori, opinione pubblica, sistema finanziario, istituzioni locali e nazionali).

Nei contesti attuali, i rischi di esposizione a critiche da parte di determinate categorie di stakeholder, dovuti a comportamenti deficitari in contesti socio-ambientali, risultano essere un'importante lacuna nello sviluppo di una attività, rendendo cruciali investimenti in pratiche di sostenibilità. I modelli di business innovativi a supporto della bioeconomia facilitano il perseguimento di attività di *corporate sustainability*, consentendo una più efficiente gestione dei rischi reputazionali e relazionali nei confronti di stakeholder di filiera e permette il mantenimento di relazioni di fornitura e distribuzione nel lungo periodo. L'attenzione ai molteplici ed eterogenei capitali (risorse e relazioni offerte dai diversi stakeholder) attraverso i quali viene creato valore a livello di filiera consente una migliore comprensione degli impatti generati non solo a livello economico, ma anche sociale, ambientale e di *governance*. La connessione tra risorse utilizzate e degli impatti generati permette di esprimere valutazioni sull'efficacia e sull'efficienza della filiera e sulla distribuzione di valore tra i molteplici stakeholder che hanno contribuito a generarlo.



Consentire attività di governo, gestione, reporting finanziario e non finanziario, controllo di gestione attente, in maniera integrata, agli impatti economici, ambientali e sociali, individuando coerenti standard di riferimento e meccanismi di gestione e misurazione di tali impatti.

L'integrazione di modelli di business orientati allo sviluppo della bioeconomia deve favorire necessariamente lo sviluppo di un clima etico, tale da stimolare i dipendenti a essere coinvolti nelle attività organizzative, adottando comportamenti collaborativi per la ricerca di soluzioni comuni. Inoltre, favorendo nuovi schemi interpretativi dei significati e delle azioni organizzative, i processi di diffusione di informazioni volontarie, attraverso la stesura dei rapporti non finanziari, può agire da input di posizionamento dei risultati di impresa in determinati ambiti, evitando l'esposizione a futuri costi sociali e incrementando la diffusione e integrazione di attività – esistenti e future – nella bioindustria. Congiuntamente a pratiche di *reporting* e *disclosure* non finanziario, iniziative di trasparenza nella *governance* aziendale e nei processi decisionali del top management inducono a benefici associati a una riduzione del rischio da parte degli *shareholder* e a una diminuzione del costo del capitale.³⁹ Infine, la convergenza dello sviluppo di strategie sostenibili che incentivino la protezione ambientale per il miglioramento dell'eco-efficienza delle operazioni risulta essere fonte potenziale di innovazione del prodotto e di maggiore competitività. Le azioni di *corporate sustainability*, dunque, inducono a una maggiore efficienza ed efficacia dell'uso delle risorse, e consentono alla filiera di muovere da una *purposeful leadership* ad una *impactful innovation* attraverso i business model e le azioni di sostenibilità.

Promuovere la valorizzazione commerciale dei prodotti delle filiere e l'innovazione organizzativa e tecnologica.

Congiuntamente all'innovazione tecnologica, i modelli di business innovativi a supporto della bioeconomia permettono miglioramenti costanti del processo della catena di approvvigionamento, tra cui riduzione dei costi, risparmio di tempo, minimizzazione degli sprechi, bilanciamento della domanda e dell'offerta per cicli di ordini perfetti e standardizzazione dei processi della catena di approvvigionamento. Inoltre, l'implementazione di strategie, processi e iniziative di *corporate sustainability* promuovono la valorizzazione dei prodotti delle filiere, fornendo ai *player* della bioindustria maggiori opportunità innovative di accumulazione di capitale intangibile nelle forme di capitale umano, organizzativo e relazionale. Tali connessioni consentono una lettura integrata dei percorsi di creazione di valore offrendo l'opportunità di valorizzare, anche da un punto di vista economico-finanziario, l'impatto degli elementi materiali di carattere ESG sulle componenti di reddito e patrimoniali delle aziende. La cosiddetta *rilevanza economico-finanziaria della materialità* è fondamentale per poter apprezzare e valutare le integrazioni delle azioni di sostenibilità con i modelli di business e la filiera della bioeconomia.

Impatti

L'istituzione di modelli di business innovativi a supporto della bioeconomia prevede una triplicità di categorie di impatti attesi - economico, ambientale e sociale. In relazione all'impatto economico, una gestione innovativa con declinazione sostenibile dal punto di vista del management e della governance impatta positivamente sullo sviluppo e promozione di attività inerenti alla bioeconomia circolare, assumendo il ruolo cruciale di fattore competitivo nel ciclo di vita di un'attività. In altre parole, l'integrazione di queste pratiche nei meccanismi manageriali permette una migliore gestione, volta alla creazione di valore sostenibile nel lungo periodo. Inoltre, l'adozione di strategie ambientali integrate a modelli di business innovativi lungo tutta la filiera, induce a un forte orientamento del ripristino e salvaguardia della biodiversità, congiuntamente a un miglioramento dell'eco-efficienza ed eco-efficacia dei sistemi industriali. La promozione, il riutilizzo e il riciclaggio di prodotti consentono ai consumatori di scegliere beni che durino più a lungo, innescando un circolo virtuoso che conduce la società a un consumismo sostenibile. Infine, l'impatto sociale atteso indotto dall'adozione dei suddetti *business model*, consente l'instaurarsi di relazioni durature con gli stakeholder, riducendo i rischi percepiti, la comprensione dei trade-offs e valorizzando la salute e la sicurezza dei consumatori.

³⁹ Ghoshal. *Bad Management Theories Are Destroying Good Management Practices*, 2005. *Academy of Management Learning and Education* 4(1), 74-91.



Interconnessioni con altri Ambiti Tematici

Considerando l'importanza dell'innovazione del business model sia per le tematiche della bioeconomia sia per molte altre aree tematiche, questa articolazione presenta interconnessioni con tutti gli ambiti del Grande Ambito "Prodotti alimentari, bioeconomia, risorse naturali, agricoltura, ambiente" ed in modo trasversale, con gli altri Grandi ambiti del PNR.

Key performance indicators

1. Prodotti/processi/ metodi sviluppati

- **Nuovi *biobased building blocks* per l'industria chimica**
Biobased Buildings blocks ottenuti da bioraffinerie *multi-input e multi-purpose* utilizzabili per la produzione di (bio)materiali, polimeri, farmaci, mangimi, lubrificanti, fertilizzanti e prodotti per agricoltura, nutraceutica, cosmetica e composti chimici in genere. Vengono considerati nuovi *biobased building blocks* quelli che sono identici o analoghi strutturali/funzionali a *building blocks* derivanti da fonti non-rinnovabili e che non sono stati ancora ottenuti (con successo) su scala (pre)commerciale; quelli che hanno prestazioni migliori dei corrispettivi *building blocks* di derivazione fossile; sono nuovi e costituiscono una svolta fondamentale che non ha controparte di derivazione fossile. I nuovi *building blocks* rispondono a una chiara necessità (di mercato), soddisfano tutti i requisiti tecnici, sono tecnicamente ed economicamente fattibili e rispondono ai criteri di sostenibilità.
- **Nuovi metodi e processi per la valorizzazione integrata di risorse rinnovabili.**
Metodi e processi innovativi, di tipo chimico e/o biotecnologico, per la valorizzazione e trasformazione di bio-risorse rinnovabili non alimentari primarie e residuali derivanti dai settori agricolo, forestale e marino, come gli scarti e sottoprodotti dell'industria alimentare ed ittica nonché della CO₂. Ogni nuovo metodo deve aver elaborato studi di sostenibilità ambientale ed economica.
- **Nuovi prodotti *bio-based*, derivanti da progetti attivati entro 2027.**
Nuovi prodotti derivanti dall'integrazione delle competenze nazionali nei settori delle biotecnologie (industriali, ambientali, agrarie, forestali e marine), chimica e dell'ingegneria di processo per produrre innovazione di prodotto nei seguenti settori: nutraceutica, farmaceutica, cosmetica, plastiche, fibre, materiali strutturali ecc. Il prodotto viene considerato nuovo quando lo è almeno una parte di esso: sia la biomassa utilizzata come materia prima, il processo, il prodotto finale o la sua applicazione. Il prodotto deve essere stato testato e validato per una specifica e riconosciuta applicazione di mercato (TRL > 5). Ogni nuovo prodotto deve aver elaborato studi di sostenibilità ambientale ed economica.

2. Ricadute sui settori industriali di riferimento

- **Nuove connessioni intersettoriali, derivanti da progetti attivati entro 2027** Cooperazione tra mondo della ricerca e sistema delle imprese, operanti in ambiti e settori diversi, attraverso progettualità sviluppate in sinergia e finalizzate a costruire nuove filiere del valore. Le interconnessioni create sono considerate nuove quando gli attori coinvolti non abbiano mai cooperato precedentemente nel contesto della conoscenza considerata (anche se possono aver collaborato in campi diversi). Le nuove interconnessioni/cooperazioni possono essere relative a materie prime, prodotti, tecnologie, mercati, modelli di business.
- **Nuove bioraffinerie multi-input e multi-prodotto in aree e di siti industriali in crisi o dismessi**, anche in linea con l'*Implementation Action Plan* associato alla strategia nazionale sulla Bioeconomia BIT II (http://cnbbsv.palazzochigi.it/media/1962/implementation-action-plan_bioeconomy_28_-7-2020.pdf). Sviluppo di progettualità con il possibile coinvolgimento di altri attori del territorio, che prevedano attività che, con un approccio circolare alla bioeconomia, integrino in maniera sinergica e trasversale i diversi settori produttivi del territorio. Sono qui compresi anche i progetti e le attività progettuali che favoriscano una collaborazione inter-regionale per massimizzare la valorizzazione delle rispettive capacità territoriali.
- **Eventi, manifestazioni e documenti volti a diffondere una "cultura della bio industria" che coinvolga tutti gli stakeholder**, anche in linea con l'*Implementation Action Plan* associato alla strategia nazionale sulla



Bioeconomia BIT II (http://cnbbsv.palazzochigi.it/media/1962/implementation-action-plan_bioeconomy_28_-7-2020.pdf). Attività condotte e/o supportate da PNR che abbiano finalità di comunicazione, diffusione e discussione dei principi della bio-industria presso aziende, enti, *policy makers*, attori della formazione e società civile. Verranno valutate anche le azioni intraprese a valle di tali iniziative, laddove possano configurarsi come rettifica di strategie o allargamento della cerchia di stakeholder ed ampliamento della comunicazione delle tecnologie applicate.

3. Indicatori accademici

- **Innovazione della formazione.** Almeno 3 nuovi corsi formativi dedicati attivati in Università, scuole, enti formativi.
- **Coordinamento e focalizzazione delle competenze.** Almeno 30 poli regionali di innovazione, parchi tecnologici, associazioni di categoria e territoriali, agenzie di sviluppo o fondazioni coinvolte sul focus “formazione”.
- **Capacità di valorizzazione delle infrastrutture esistenti.** Coinvolgimento di Infrastrutture di Ricerca Nazionali ed Europee (tipo ESFRI)
- **Disseminazione della conoscenza.** Almeno 21 eventi a carattere divulgativo e/o tecnico e/o di networking e/o di matching sulle tematiche dell’Area di Specializzazione. Almeno 6 documenti/rapporti sulla Bioeconomia
- **Trasferimento della conoscenza.** Depositi di diritti di proprietà industriale (DPI) (brevetti, marchi, disegni) per la bioeconomia (numero di domande ogni 1000 addetti)
- **Integrazione di ricerca pubblica e private.**
 - Numero di PMI coinvolte nelle tematiche del PNR
 - Numero di pubblicazioni congiunte pubblico-privato prodotte

3. Indicatori di sviluppo economico della collaborazione pubblico-privato

- **Capacità delle progettualità di attirare investimenti e credito (Risk Finance)**
 - Progetti PNR che sono stati “iniziatori” di progettualità con fondi EU, privati ecc.
 - Erogazioni e investimenti settoriali nello sviluppo tecnologico e in R&D (rapporto tra fonti pubbliche e private)
- **Capacità di generare nuovi modelli di imprenditorialità**
 - Nuove start-up e PMI innovative nel totale dei settori della bioeconomia [% sul totale di start-up e PMI innovative]
 - Nuove partnership pubblico-private nel totale dei settori della bioeconomia
 - Valorizzazione di ex siti produttivi per la creazione di impianti pilota che possano essere dedicati alla scalabilità di biobased process allo scopo di elevarne TRL
- **Capacità della ricerca di incidere sulla struttura occupazionale**
 - Occupazione complessiva nella bioeconomia [% sull’occupazione totale]
 - Occupazione nei sottosettori della bioeconomia [% sull’occupazione totale]
 - Nuove figure professionali legate ai settori della bioeconomia



6.4 Conoscenza e gestione sostenibile dei sistemi agricoli e forestali

Contesto attuale, motivazioni ed evoluzioni

Stime prudenti suggeriscono che la popolazione mondiale sia destinata a crescere di circa due miliardi di persone nei prossimi 30 anni, arrivando quindi a circa dieci miliardi di esseri umani sul pianeta. A meno che non si verifichino auspicabili e significativi cambiamenti nei sistemi alimentari, grazie ad incisivi interventi per ridurre gli sprechi e modificare i modelli di consumo, l'incremento demografico richiederà di aumentare la produzione di cibo del 50-70% rispetto ai livelli attuali. È inoltre atteso che i futuri fabbisogni risentano anche delle modificazioni della dieta nei paesi in cui essa oggi si basa attualmente su prodotti vegetali, ma che, in un prossimo futuro, si indirizzeranno verso un maggior consumo di prodotti di derivazione animale. Il rapido ritmo dell'urbanizzazione rappresenta un'ulteriore minaccia per la sostenibilità del sistema alimentare globale. In futuro, numero crescente di persone si concentrerà sempre più in grandi città a distanze crescenti rispetto ai luoghi dove viene prodotta la materia prima da cui si ottiene il cibo che si consuma. L'espansione delle città riduce lo spazio per la produzione agricola, in particolare nelle aree periurbane, ed è associata a cambiamenti delle diete umane verso un maggior consumo di alimenti trasformati, più ricchi di energia e generalmente meno salubri. Le città coprono solo il 2% della superficie del pianeta, ma consumano il 75% delle risorse. L'urbanizzazione riduce anche il senso di connessione culturale che le persone sviluppano con il luogo di origine della materia prima alimentare (dove il cibo viene prodotto, con quali modalità, secondo quali modelli culturali di conservazione, trasformazione e consumo).

L'agricoltura dovrà far fronte a queste sfide epocali considerando che le nuove strategie di crescita devono mirare ad azzerare le emissioni nette di gas serra e fronteggiare la progressiva contrazione dei fattori produttivi a connotazione naturale: la disponibilità di terre coltivabili è in continua diminuzione e non può più essere compensata dalla deforestazione; la qualità del suolo delle aree già coltivate è in declino; le risorse d'acqua dolce, di cui l'agricoltura è comunque il maggiore utilizzatore mondiale, sono soggette a crescente competizione per usi alternativi e a degrado qualitativo a causa di processi d'inquinamento, salinizzazione e sovrasfruttamento delle falde; elementi nutritivi come il fosforo e potassio sono disponibili in riserve limitate e geograficamente definite. Il nesso fra produzioni primarie ed energia è biunivoco: da un lato i fattori e i processi produttivi sono energivori, dall'altro agricoltura e foreste generano energie rinnovabili. Il cambiamento climatico aggrava la situazione (in particolare nel Mediterraneo, un noto hot spot con crescenti aree a rischio desertificazione), proponendo scenari di incertezza e rischio, in particolare per quanto riguarda la perdita di biodiversità e in generale di disponibilità delle risorse naturali. In risposta, l'approvvigionamento di alimenti dovrà essere garantito con stabilità nel tempo e nello spazio. I cibi dovranno inoltre sempre più rispondere a requisiti di salubrità e alto valore nutrizionale, per contribuire alla fortificazione del sistema immunitario e alla risoluzione di patologie metaboliche dovute ad abitudini alimentari e diete errate.

Il settore agroalimentare dovrà reagire attraverso una nuova "rivoluzione verde", senza però poter contare su alcuni fattori che resero possibile l'aumento delle produzioni agricole dagli anni '60 del secolo scorso: il raddoppio dei consumi di acqua, la triplicazione di quelli di fosforo, l'incremento di sette volte dell'impiego dell'azoto e l'esplosione dell'utilizzo di presidi fitosanitari di sintesi chimica. Questa rivoluzione, inoltre, non dovrà tenere conto solo dell'apporto energetico del cibo, ma mostrare sensibilità anche nei confronti del valore nutrizionale per garantire una dieta equilibrata e completa alle popolazioni e dovrà essere sostenibile riguardo all'uso e alla conservazione delle risorse, in generale rispettando principi di sostenibilità ambientale e sociale.

Da questo punto di vista, un sistema agroalimentare sostenibile per l'UE è quello che: fornisce e promuove alimenti sicuri, nutrienti e salutari a basso impatto ambientale per tutti i cittadini dell'UE attuali e futuri in un modo che a sua volta protegge e ripristina l'ambiente naturale e i suoi servizi ecosistemici; è robusto e resiliente, economicamente dinamico, giusto ed equo, socialmente accettabile e inclusivo; ottiene questi risultati senza compromettere la disponibilità di alimenti nutrienti e sani per le persone che vivono al di fuori dell'UE, senza compromettere le loro risorse.

L'emergenza del COVID-19 ha messo in risalto quanto gli Stati dell'UE e l'Italia siano fragili di fronte ad eventi rovinosi e inaspettati, e la recente Comunicazione della Commissione Europea " *A Farm to Fork Strategy for a fair, healthy and*



*environmentally-friendly food system” (20 maggio 2020) attualizza le sfide future del sistema agro alimentare: La pandemia di Covid-19 ha sottolineato l’importanza di un **sistema alimentare solido e resiliente** che funzioni in qualsiasi circostanza e sia in grado di assicurare ai cittadini un approvvigionamento sufficiente di alimenti a prezzi accessibili. Ci ha inoltre reso estremamente consapevoli delle interrelazioni tra la nostra salute, gli ecosistemi, le catene di approvvigionamento, i modelli di consumo e i limiti del pianeta. È evidente che dobbiamo fare molto di più per mantenere noi stessi e il pianeta in buone condizioni di salute. L’attuale pandemia è solo un esempio: l’aumento della frequenza di siccità, inondazioni, incendi boschivi e nuovi organismi nocivi ci ricorda costantemente che il nostro sistema alimentare è minacciato e deve diventare più sostenibile e resiliente.*

In Italia, durante il lockdown, il settore agroalimentare è stato saldamente in primo piano, secondo in importanza solo al settore medico-sanitario. In prospettiva, i principali elementi critici evidenziati dalla pandemia sul sistema agroalimentare riguardano: i) le conseguenze sulla domanda di prodotti alimentari a livello locale e mondiale, il peggioramento della capacità nazionale di autoapprovvigionamento delle materie prime nel settore agroalimentare, la riduzione dello spazio di mercato per i prodotti nazionali sui mercati esteri, con particolare riferimento ai prodotti di alta qualità; ii) il peggioramento della disponibilità di manodopera per il settore agricolo e il rischio di crescita del lavoro sommerso; iii) l’incertezza circa le prospettive relative alle risorse finanziarie del settore. La consapevolezza dell’importanza dell’agricoltura emersa durante la crisi può però rappresentare un punto di svolta epocale per uno dei settori più strategici del nostro Paese, quale quello della produzione alimentare e della conservazione del territorio.

Per utilizzare questi indirizzi nel definire le linee strategiche di ricerca all’interno del PNR 2021-27 di competenza dell’Ambito Tematico Conoscenza e Gestione delle Risorse Agricole e Forestali è opportuno fare riferimento al valore economico e alle specificità territoriali, organizzative e sociali dell’agricoltura e delle attività forestali in Italia. I caratteri economici ed organizzativi sono già descritti nell’introduzione generale, alla quale si rimanda. Qui si vuole evidenziare come il settore primario sia la risultante di un mosaico di situazioni estremamente diversificate, legate alla posizione geografica, all’orografia (solamente il 23% del territorio italiano è in pianura, il 42% in collina, il 35% in montagna) e alla combinazione con elementi storici e culturali irripetibili. Questa diversità è fonte di eccellenze delle produzioni. Nel complesso di alimenti e vini, l’Italia annovera oltre 800 prodotti DOP (Denominazione di Origine Protetta), IGP (Indicazione Geografica Protetta) e STG (Specialità Tradizionale Garantita). Il settore agrituristico - strettamente legato ai territori locali e alle tradizioni culturali e storiche ha un fatturato stimato di 1,4 miliardi di euro, con un tasso di crescita negli ultimi tre anni del 7%. In Italia la copertura forestale è quasi triplicata in poco più di un secolo, tanto che oggi il 40% del territorio nazionale coperto da foreste ha superato l’estensione di quello utilizzato a fini agricoli. L’Italia è uno dei più importanti paesi al mondo nella trasformazione del legname, settore che da lavoro ad oltre 300 000 persone e contribuisce ad oltre il 3% del PIL. Tuttavia esistono delle criticità: (a) solo il 15% delle foreste italiane è dotato di un piano di gestione; (b) ad oggi non esiste un sistema nazionale di riferimento per la raccolta dei dati statistici sulle utilizzazioni forestali; (c) il Paese importa oltre l’80% della materia prima dall’estero.

Le aziende dovranno accogliere e sfruttare ogni occasione di innovazione dei prodotti e dei processi produttivi, per essere competitive ed in grado di rispondere alle esigenze di disponibilità, qualità, sicurezza dei prodotti e di sostenibilità delle filiere.

L’evoluzione dei processi produttivi e di gestione può essere raggiunta anche attraverso la digitalizzazione, la diffusione capillare delle informazioni alle aziende sulle nuove tecnologie, e con l’adozione di politiche di sostegno agli investimenti.

Per consentire tale svolta è tuttavia prioritario il potenziamento della ricerca in agricoltura presso le Università e degli Enti di Ricerca, finanziando Progetti di ricerca nazionali altamente innovativi e Ricerca di base, ed investendo maggiormente nell’alta formazione (Dottorati di Ricerca), a sostegno del sistema e per generare e sostenere le ricadute di trasferimento della ricerca in termini di innovazione e trasferimento tecnologico.

La ricerca italiana ha prodotto importanti risultati nel settore agricolo e forestale e gode di prestigio e fama internazionale, come dimostrano le sempre più numerose pubblicazioni scientifiche in riviste di alta qualità e la partecipazione ai principali network di ricerca nazionali e internazionali.



Rilevanza rispetto alle transizioni ambientale, digitale, economica, energetica e sociale

Le attività agricole e forestali interessano circa il 60% del territorio nazionale (Eurostat, 2016) e sono intimamente coinvolte in tutte le transizioni strategiche dei prossimi anni, a loro volta fortemente interconnesse.

Il comportamento di agricoltori e forestali, singolarmente o collettivamente considerati, ha forti ripercussioni sull'assetto del territorio e sulla qualità dell'ambiente. Questo principio è enfatizzato nel nuovo programma quadro di ricerca e sviluppo dell'Unione Europea (Horizon Europe) che, nel documento Orientation towards the first Strategic Plan for Horizon Europe, Annex 6 (Cluster 6 – Food, bioeconomy, natural resources, agriculture and environment) definisce il quadro di riferimento dell'Intervention “Agriculture, forestry and rural areas”: i sistemi di agricoltura e silvicoltura sostenibili, rispettosi del clima e resilienti offrono una serie di vantaggi economici, ambientali e sociali. Oltre a contribuire alla sicurezza alimentare e nutrizionale, alimentando catene di valore dinamiche, fornendo milioni di posti di lavoro e garantendo il benessere delle persone, gli agricoltori e i silvicoltori dell'UE sono importanti gestori dell'ambiente naturale e quindi hanno un potenziale significativo per modellare e mantenere le zone rurali e i paesaggi, promuovere ecosistemi sani, mitigare gli effetti dei cambiamenti climatici e arrestare la perdita di biodiversità. Aree rurali vitali sono essenziali per gli agricoltori, i silvicoltori e altri abitanti delle zone rurali per continuare a gestire la terra e le risorse dell'UE per il resto della società e per raggiungere gli obiettivi dell'UE in materia di coesione territoriale. Territori rurali e forestali devono essere valorizzati anche per la molteplicità di servizi ecosistemici che essi erogano.

Le applicazioni del digitale nel settore primario, racchiuse nell'espressione Agricoltura 4.0, presentano enormi potenzialità a sostegno del reddito dell'azienda, della qualità delle produzioni, della salvaguardia del consumatore, della tutela e valorizzazione del patrimonio naturale, culturale e delle risorse primarie. Nonostante i benefici in termini di riduzione dei costi, di resa e qualità delle produzioni e dell'ambiente che l'Agricoltura 4.0 può offrire, la sua diffusione è ancora limitata e interessa solo qualche punto percentuale della superficie coltivata complessiva. L'adozione dell'agricoltura 4.0 in Italia incontra diversi ostacoli, di natura tecnica, economica e sociale e fra questi si ricordano: l'insufficiente livello medio di alfabetizzazione informatica degli imprenditori agricoli e forestali, la limitata consapevolezza dei vantaggi che essa può offrire, la ridotta dimensione media delle aziende, con la conseguente difficoltà a investire e a utilizzare i benefici dell'agricoltura digitale. Al tempo stesso, l'offerta dei prodotti e servizi digitali non sempre è in linea con i fabbisogni delle aziende, dato che si tende a riproporre nel contesto italiano soluzioni sviluppate e applicate in Paesi la cui agricoltura presenta caratteristiche molto differenti da quelle nazionali.

La produzione agraria nazionale si è sensibilmente ridotta negli ultimi decenni, anche perché la superficie coltivata si è fortemente contratta e l'aumento delle produzioni unitarie non è stato sufficiente a compensare tale perdita. Nel settore agroalimentare l'Italia presenta una bilancia commerciale negativa, come esemplificato dai dati su mais, grano e legumi. Tra il 2012-2017, la produzione nazionale di mais ha subito una riduzione del 19% con un aumento di circa il 68% delle importazioni; il grado di autoapprovvigionamento della materia prima, infatti, è sceso ad un livello di poco superiore al 50% della domanda nazionale contro valori stabilmente prossimi al 100% dei primi anni 2000 (Mipaaf, Piano di Settore del Mais 2019-2022). Il grano tenero ha visto un aumento delle importazioni del 15%, mentre l'aumento delle importazioni di grano duro (55%) è ancora più significativo se comparato a un calo della produzione di circa il 6%. Al momento la domanda dell'industria della pasta italiana è di circa 6 milioni di tonnellate di grano duro rispetto a una produzione nazionale di circa 4. La dipendenza dall'estero per le leguminose da granella - una fonte primaria di proteine vegetali - è ancora più rilevante dato che oltre il 90% di questi prodotti è di origine estera. A questi dati si affianca la preoccupazione legata al mantenimento di un adeguato reddito per le aziende - agricole, forestali e zootecniche, minacciate dalla stagnazione dei prezzi di vendita dei prodotti, a fronte dell'aumento dei costi che esse devono sostenere. In assenza di un giusto reddito si assisterà in modo sempre più marcato all'abbandono dell'attività agricola e degli spazi rurali. Il rilancio dell'agricoltura italiana è dunque strategico sia per rendere più sicura la catena di approvvigionamento di cibo e materie prime, sia per mantenere e valorizzare il presidio territoriale svolto da agricoltori e forestali e ha forti connessioni con le ricadute sociali esposte più avanti.

Considerando la diffusione delle aree forestali italiane, che solo in piccola parte sono realmente valorizzate in filiera (vedi Strategia Forestale Nazionale e RAF_Italia_2019), i boschi e le foreste rappresentano non solo la principale



risorsa per catturare e abbattere la CO₂ atmosferica, mitigando così il riscaldamento globale, ma hanno anche un enorme potenziale per la produzione di energie rinnovabili in accordo con il SET-Plan (WG8 Action8_IP) e di nuovi materiali e prodotti per nuove filiere della bioeconomia. Sono un importante patrimonio di biodiversità. In applicazione dei principi dell'economia circolare, energia pulita può essere ottenuta anche dai sottoprodotti dell'agricoltura, della zootecnia, di fitodepurazione e fitorimedio (anche mediante microalghe, lieviti o altri microrganismi) con la produzione di biogas, biometano, e fertilizzanti di origine organica. L'agricoltura può contribuire agli obiettivi dell'approvvigionamento energetico da biomasse anche attraverso filiere di coltivazione dedicate alla produzione di biodiesel (specie oleaginose), etanolo (specie ricche di zuccheri e polisaccaridi), etanolo di seconda generazione (biomasse ligno-cellulosiche), purché i bilanci energetico ed emissivo siano largamente vantaggiosi, come richiesto dalla RED (Renewable Energy Directive) II. Con particolare riferimento a quest'ultimo comparto, l'interesse può essere concentrato su piante erbacee pluriennali, rustiche di grande produttività (es. canna gigante, miscanto), che richiedono cure colturali semplificate (bassa necessità di input) e si adattano ad ambienti marginali. Non va trascurato, infine, il grande potenziale energetico ottenibile dai pur necessari interventi di manutenzione della vegetazione spontanea che cresce lungo gli oltre 50000 Km di argini dei canali di bonifica.

Il rapporto *Assessing the risk of farmland abandonment in the EU* - European commission 2013 stima che buona parte del territorio agroforestale italiano sia a rischio di abbandono medio/elevato. Le attività maggiormente interessate da questi fenomeni sono quelle legate ai seminativi e agli allevamenti bovini nelle aree collinari e montane, settori in cui l'Italia presenta già importanti deficit di approvvigionamento e di particolare rilevanza per il mantenimento in quelle aree degli equilibri territoriali sia dal punto di vista ambientale sia socio-economico. In molti casi, infatti, i fenomeni di abbandono sono accompagnati anche da una diminuzione della popolazione nelle aree rurali, soprattutto dei giovani. Lo sviluppo rurale è pertanto una priorità assai rilevante, in particolare nelle aree interne e montane, caratterizzate da difficoltà di accesso ai servizi d'interesse pubblico rispetto alle città e ai centri minori.

Obiettivi 2021-2027

Gli investimenti nella ricerca nel settore agricolo e forestale devono guidare la transizione dei sistemi di produzione agricola e forestale italiana verso modelli sostenibili: efficienti, economicamente vitali, socialmente equi e rispettosi dell'ambiente. Ci sono margini per rivoluzionare l'agricoltura verso una maggiore efficienza e sostenibilità acquisendo e applicando nuove conoscenze scientifiche e tecnologiche che spaziano dall'ambito molecolare fino a quello territoriale.

La ricerca dovrà supportare il Paese nell'obiettivo strategico di aumentare la capacità di produrre alimenti e materie prime, migliorando l'autosufficienza e l'efficienza dell'uso delle risorse e promuovendo l'innovazione in coerenza con le caratteristiche dei territori, sviluppando soluzioni sostenibili e modelli produttivi e gestionali diversificati. Centralità dell'innovazione, competitività della produzione primaria e sostenibilità devono essere i tre pilastri della ricerca, come sottolineato da Consiglio di presidenza e Presidente delle Società AISSA (Associazione Italiana delle Società Scientifiche in Agricoltura) nella lettera aperta al Ministro delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali del 2 agosto 2020.

Nello specifico, la ricerca nell'ambito **“Conoscenza e gestione dei sistemi agricoli e forestali”** sarà chiamata a produrre conoscenze e strumenti al fine di:

- aumentare il livello produttivo di piante e animali d'interesse agrario e migliorare la stabilità delle rese anche in relazione alle perturbazioni dovute al cambiamento climatico;
- migliorare la qualità e la salubrità delle produzioni alimentari e contribuire al benessere della popolazione, degli animali e dell'ambiente nella logica “One Health”;
- promuovere l'economia circolare, attraverso la produzione di bioenergie e agro-energie rinnovabili e biomateriali e la chiusura del ciclo delle biomasse attraverso la loro valorizzazione in agricoltura;
- contribuire alla decarbonizzazione, alla lotta al cambiamento climatico, alla protezione del suolo e dell'ambiente, favorendo la resilienza dei sistemi agricoli e il presidio del territorio;



- migliorare l'efficienza dell'uso delle risorse idriche, anche in vista di una riduzione delle risorse connessa ai cambiamenti climatici;
- favorire il riequilibrio agroambientale, riducendo l'utilizzo di fattori produttivi di sintesi e aumentando l'efficienza d'uso dell'acqua, dei nutrienti e dell'energia;
- valorizzare la biodiversità funzionale e stimolare lo sviluppo di relazioni trofiche per il controllo dei parassiti e il miglioramento della fertilità dei suoli;
- sviluppare soluzioni e modelli produttivi e gestionali diversificati in relazione alle peculiarità del territorio agricolo italiano;
- incrementare la qualità ecologica e il potenziale di produzione di beni e servizi dei diversi territori e ridurre il divario tra aree urbane e rurali, interne e di montagna; ottimizzare la gestione territoriale e la conservazione del paesaggio;
- acquisire e valorizzare la conoscenza sul consistente patrimonio di agrobiodiversità dell'Italia per utilizzi che vanno dalle filiere corte e tipiche, ai settori food&health fino alle biotecnologie;
- garantire la sostenibilità economica di processi di sviluppo in grado di coniugare competitività delle produzioni con sostenibilità ambientale e sociale insieme alla valorizzazione dei servizi ecosistemici e delle funzioni non di mercato (paesaggistiche, di salvaguardia idrogeologica, di mantenimento dei cultural heritages e della biodiversità, di contrasto al cambiamento climatico);
- elaborare sistemi e strategie per l'efficientamento energetico e la riduzione delle emissioni di gas ad effetto serra dei fabbricati rurali per la produzione agricola e zootecnica e per la trasformazione e conservazione dei prodotti;
- tutelare la sostenibilità globale dell'attività di impresa, del lavoro e promuovere l'inclusività sociale nel settore agricolo e agroforestale;
- contribuire, per quanto di competenza, alla gestione dell'emergenza Covid-19.

Le Aree tematiche strategiche sono:

1. Miglioramento sostenibile delle produzioni primarie
2. Sicurezza e qualità delle produzioni primarie
3. Integrazione fra agricoltura a destinazione alimentare e non alimentare
4. Attività agricola e forestale a protezione dell'ambiente e delle risorse naturali
5. Sistemi agricoli e forestali per la salvaguardia e la valorizzazione del territorio
6. Analisi e valutazioni socio-economiche dei sistemi produttivi agrari

Articolazione 1 – Miglioramento sostenibile delle produzioni primarie.

Lo scenario in premessa implica un considerevole aumento della richiesta di cibo per l'uomo e per gli animali allevati, e un concomitante presumibile aumento della pressione dell'agricoltura sull'ambiente, in un momento in cui le risorse naturali diventano sempre più scarse e la competizione e l'impatto per il loro uso sempre più forte. Per aumentare la disponibilità di alimenti è necessario trovare la maniera di intensificare le produzioni primarie destinata al settore agroalimentare in maniera sostenibile, preservando e ottimizzando l'uso delle risorse naturali e ampliando le aree produttive anche in suoli cosiddetti marginali che, se abbandonati, rischiano di contribuire ai fenomeni di degrado ambientale e sociale, che frequentemente preludono a cambiamenti irreversibili come la desertificazione. Intensificare in modo sostenibile significa riuscire a combinare un'agricoltura intensiva e produttiva, con alte performance ambientali della pratica agricola stessa. Questo comporta un aumento della produzione unitaria, attraverso il miglioramento dell'efficienza dell'uso delle risorse, ottimizzando l'utilizzo degli input, riducendo gli sprechi e gli impatti, che si può esprimere attraverso il semplice concetto: "produrre di più con meno".

In un momento in cui cambiamenti climatici e pandemie impongono limitazioni severe alla disponibilità di risorse naturali, all'organizzazione del lavoro, ai trasferimenti di merci e prodotti, e ai mercati, intensificare le produzioni agroalimentari è un'ulteriore sfida. L'agricoltura è da sempre in prima linea nella tutela del territorio e nella sfida dell'individuazione di azioni efficaci per la mitigazione degli impatti dei cambiamenti climatici, ma allo stato attuale



sono necessari interventi sostanziali che facilitino l'adattamento e la resilienza di colture vegetali e specie zootecniche al clima che cambia troppo velocemente. La pandemia di COVID-19 ha portato alla luce carenze nel settore primario che devono essere affrontate e risolte tempestivamente per sostenere le filiere agroalimentari ed evitare crisi alimentari, anche a fronte di situazioni di emergenza, come quella sanitaria dovuta alla pandemia, che possono bloccare in maniera prolungata le importazioni ed esportazioni di prodotti alimentari e di altri beni primari.

Obiettivi

Obiettivo generale è l'integrazione delle competenze innovative ormai consolidate nell'allevamento vegetale e animale nei settori biotecnologico e agro-tecnologico, che incrementino e valorizzino in maniera sostenibile le potenzialità produttive di piante e animali di interesse agrario, sfruttando in particolare le nuove conoscenze nei settori delle scienze -omiche, della biologia molecolare e cellulare, dell'ingegneria, della robotica e dell'informatica applicata all'agricoltura.

Le **biotecnologie**, intese come le tecnologie che hanno per oggetto direttamente la componente biologica, dovranno mirare a ottenere piante agrarie e forestali e animali idonei a forme di agricoltura sostenibili applicando di volta in volta tecniche di miglioramento genetico tradizionale e molecolare avanzato, nuove tecnologie genomiche (NGT) e tecnologie per creare nuova variabilità, ma anche caratterizzare la biodiversità esistente, anche in specie selvatiche e affini, per espandere il potenziale produttivo di suoli e allevamenti e stabilizzare le produzioni, anche in aree marginali.

Le **agro-tecnologie**, intese come il sistema di tecnologie che non agiscono direttamente sulla componente biologica ma la valorizzano con l'adozione di tecniche agronomiche e zootecniche, dovranno affiancare e complementare i risultati delle biotecnologie per un loro veloce trasferimento all'agricoltura.

In particolare l'attività di ricerca dovrà focalizzarsi sugli obiettivi specifici di seguito descritti:

1. il miglioramento genetico di piante ed animali è esigenza fondamentale di una moderna agricoltura finalizzata ad incrementare la potenzialità e l'efficienza produttiva e la sostenibilità dell'ecosistema agricolo. I programmi di miglioramento genetico di piante ed animali dovranno quindi prevedere l'impiego delle informazioni genomiche, delle mappe genetiche, della selezione genomica e delle biotecnologie. A questo vanno aggiunte le conoscenze di biologia computazionale e di bioinformatica per lo sviluppo di database condivisi e FAIR (Findable, Accessable, Interoperable e Reusable). Obiettivi della ricerca:

- disponibilità di genotipi con capacità e stabilità produttiva, adatti ai diversi tipi di suolo e di allevamento, resistenza alle avversità biotiche e abiotiche, adattabilità a condizioni sub-ottimali di crescita, caratteristiche agronomiche idonee alle varie tecniche colturali ed alle nuove tipologie impiantistiche, migliore utilizzazione delle risorse interne al sistema e qualità delle produzioni;
- conoscenze approfondite dei meccanismi genetici, molecolari e fisiologici che controllano la capacità e la stabilità produttiva in differenti condizioni ambientali, le resistenze genetiche e i meccanismi di difesa a livello metabolico, fisiologico ed ecologico verso stress biotici e abiotici;
- sviluppo di nuovi strumenti per il miglioramento genetico, la creazione di nuova variabilità genetica e la selezione di germoplasma animale, vegetale e microbico;
- approcci di modificazione mirata dei geni e delle regioni di regolazione attraverso le nuove tecniche genomiche (genome editing);
- breeding convenzionale e genomico e biotecnologie per la riproduzione animale e per la modificazione dei genomi degli organismi vegetali e animali di interesse agroalimentare (transgenesi, cisgenesi e editing genomico);
- avanzamenti conoscitivi e metodologici derivati dall'applicazione delle più recenti metodologie genomiche, che consentono di comprendere anche la regolazione spaziale e temporale dell'espressione dei geni e il ruolo dell'epigenoma;
- studio delle relazioni tra piante e loro microbiomi e il microbioma (metabioma) del suolo, dei determinanti genetici dell'interazione e del loro utilizzo nel miglioramento genetico;
- metodi avanzati di bioinformatica, biostatistica, machine learning e IA per l'analisi di big data e per la loro applicazione al miglioramento genetico;



- esplorazione della diversità genetica con una precisione su scala nucleotidica, per studi di associazione (genome wide association) integrati a metodi sempre più precisi di mappatura delle regioni genomiche che controllano la variabilità di caratteri complessi;
- adozione di sistemi di predizione genomica (genomic prediction) ampiamente consolidati nel miglioramento animale e in rapida evoluzione anche nelle colture erbacee;
- identificazione dei loci che controllano la variabilità dei caratteri di interesse per la selezione, con studi delle funzioni fisiologiche, metaboliche e cellulari e con analisi della struttura, funzione e regolazione di genomi ed epigenomi di piante e animali secondo una logica di systems biology;
- studi di nutrigenomica animale per migliorare la qualità igienico-nutrizionale ed organolettica degli alimenti vegetali, l'efficienza alimentare in ambito zootecnico e l'identificazione di marcatori di benessere animale anche tramite metodologie genomiche, trascrittomiche, metabolomiche e/o proteomiche.

2. La conservazione della biodiversità ha per obiettivo la valorizzazione delle varietà e razze locali e la salvaguardia delle risorse genetiche utili a migliorare gli organismi per avere prodotti quantitativamente o qualitativamente migliori o per rendere gli organismi più resilienti, secondo quanto previsto dalla Strategia Europea per la Biodiversità 2030. La preservazione delle risorse genetiche sia in situ sia ex situ è uno degli aspetti più critici della moderna agricoltura, attualmente basata in larga misura sull'uso di poche specie/varietà/razze selezionate. Purtroppo, nel nostro Paese non c'è un coordinamento delle attività di conservazione e valorizzazione delle risorse genetiche. Ciò riduce la capacità del Paese di rispondere in modo efficace alle nuove sfide poste dai cambiamenti climatici in atto e di contrastare l'erosione della biodiversità provocata dall'antropizzazione e dall'abbandono delle aree marginali, e causa frammentazione e disomogeneità delle informazioni disponibili e, a volte, duplicazione di sforzi e risultati. Di conseguenza è urgente sviluppare un'azione coordinata, mirata, da un lato, alla centralizzazione e razionalizzazione delle banche dati e delle collezioni disponibili e, dall'altro, alla valorizzazione dei genotipi locali. Temi di studio e ricerca in quest'area comprendono:

- raccolta, caratterizzazione, conservazione, propagazione e salvaguardia della biodiversità animale, vegetale e microbica, adottando approcci integrati quali: collezioni di germoplasma e bio-banche; miglioramento delle tecniche di conservazione del germoplasma animale e vegetale in vivo e in vitro attraverso l'applicazione di moderne tecnologie di conservazione e biotecnologie;
- propagazione, valorizzazione, conservazione e miglioramento genetico di specie autoctone, rare e/o minacciate;
- caratterizzazione molecolare, metabolica e fenotipica delle diverse risorse genetiche (animali, vegetali, vivaistiche, forestali e microbiche) per una stima precisa della biodiversità esistente, la tracciabilità e rintracciabilità delle risorse e per l'identificazione di varianti geniche utili e assenti nelle razze e varietà più produttive;
- razionalizzazione e uso delle informazioni (genetiche e genomiche) delle banche di germoplasma con nuove tecniche bioinformatiche;
- salvaguardia della biodiversità intraspecifica delle razze animali, sia per la conservazione delle razze locali sia per il mantenimento della variabilità genetica in quelle più diffuse e sottoposte ad intensa selezione;
- sviluppo di programmi di selezione per le razze autoctone mirati ad un moderato incremento delle caratteristiche produttive della resilienza al cambiamento climatico;
- analisi dei processi evolutivi e demografici responsabili della struttura spaziale della variabilità genetica.

3. Lo studio del metabolismo e della fisiologia degli organismi consente di passare dal gene alla proteina e al metabolita prodotto, completando la sequenza di informazioni necessarie per comprendere le basi fondamentali della vita, le potenzialità produttive degli organismi e i meccanismi di adattamento e resistenza alle avversità. Questa area comprende:

- ricerche sulla biologia delle macromolecole, p.es. stabilità, riparazione e modifiche dei genomi;
- ricerche sulla regolazione dell'espressione genica; regolazione dei genomi da parte di agenti biotici e infettivi;
- struttura e funzione di proteine e peptidi; proteostasi (sintesi, folding, targeting e smistamento intracellulare, stabilità, degradazione, aggregazione proteica);



- sviluppo e uso di bioreattori vegetali, microbici e animali efficienti per la produzione di molecole di interesse agro-industriale e farmaceutico;
- ricerche sulla biologia e biochimica cellulare e dello sviluppo e in particolare sullo studio dei meccanismi alla base della vita della cellula e dei network di trasduzione dei segnali molecolari a livello subcellulare, di tessuti, organi ed organismi, p.es. metabolismo primario e secondario; biogenesi e funzionamento delle strutture subcellulari; evoluzione di comparti e di organelli semiautonomi; omeostasi cellulare; trasporto cellulare; fertilità, sviluppo, differenziamento, organogenesi; invecchiamento, infiammazione, degenerazione e loro controllo;
- studio dei meccanismi molecolari e cellulari di base responsabili di risposta evolutiva degli organismi in ambienti naturali e artificiali anche estremi e in risposta a processi di adattamento e domesticazione; plasticità genetica e fisiologica degli organismi anche in ambienti estremi; risposta a fattori di stress biotici e abiotici; interazioni tra microorganismi e organismi pluricellulari; risposta immunitaria e identificazione di immunomodulatori; meccanismi di difesa in estremofili; caratterizzazione del metabolismo secondario e dei composti organici volatili nella difesa da stress biotici ed abiotici e nelle relazioni con l'ambiente;
- analisi dei fattori che limitano la fotosintesi e loro controllo, studio delle variazioni della fotosintesi dal livello cellulare a quello di comunità ed ecosistema;
- identificazione e quantificazione dell'impatto dei fattori di stress su biochimica e fisiologia, inclusi es. attivazione dei fenomeni di priming e signalling cellulare e metabolico; effetti del cambiamento climatico su fotosintesi, sviluppo e crescita delle piante;
- sintesi di complessi macromolecolari in specie di interesse bio-agroalimentare, anche con l'uso di piattaforme omiche e bioinformatiche;
- nuove tecniche molecolari e biochimiche di diagnostica e rivelazione di stati di stress e malattie causate da agenti biotici e abiotici in piante e animali;
- metodi di nutrigenomica e metabolomica e per comprendere le relazioni tra dieta animale, nutrienti e risposta metabolica;
- studio della fisiologia di accrescimento processi digestivi, efficienza di utilizzo degli alimenti riproduzione, longevità e resilienza degli animali allevati;
- studio delle relazioni tra genoma animale, microflora enterica (ruminale e intestinale) allo scopo di limitare la produzione di gas serra specialmente nei ruminanti;
- studio delle basi fisiologiche, genetiche e genomiche della resistenza alle malattie nelle specie di interesse zootecnico.

4. La fenotipizzazione di piante e animali nell'era dell'agricoltura e della zootecnia di precisione comporta l'uso di tecnologie non-distruttive (prevalentemente ottiche), biosensori e di tecnologie dell'informazione per integrare dati biologici e osservazioni sugli agro-ecosistemi e gli allevamenti animali a fini decisionali, con l'obiettivo di ottimizzare le rese, nell'ottica di una sostenibilità avanzata di tipo ambientale, economico e sociale. La resa delle colture e l'efficienza delle produzioni animali dipendono dalla complessa interazione tra genotipo e ambiente, che genera il fenotipo. Alla fenotipizzazione tradizionale che si basava sull'esperienza e l'intuizione umana, ed era accompagnata da processi lunghi e laboriosi di selezione genetica (breeding), si è oggi sostituita una tecnologia basata su complesse piattaforme automatizzate e sull'uso di tecnologie di remote-sensing, che consente di accoppiare precisamente geni e funzioni e di selezionare gli organismi velocemente su basi rigorose. Quest'area comprende:

- ricerche avanzate e fortemente interdisciplinari in cui convergono discipline biologiche, ambientali e ingegneristiche (es. robotica, telerilevamento, scienza dell'informazione e bio-informatica);
- ricerca degli effetti sul fenotipo delle principali strategie di miglioramento genetico attraverso breeding tradizionale o assistito biotecnologicamente;
- innovazioni di grande rilievo nei settori della selezione fenotipica di "climate smart (ready) plants/crops" e di popolazioni zootecniche per l'adattamento ai cambiamenti climatici e l'incremento o il mantenimento delle produzioni anche in condizioni limitanti e in aree marginali;
- analisi "high throughput" dei fenotipi per diagnosi precoci di crescita e sviluppo e dei relativi fattori limitanti per interventi gestionali mirati e tempestivi in azienda.



5. Tecnologie e informatica per il settore primario. Lo sviluppo di soluzioni tecnologiche è indispensabile per mettere in atto processi produttivi efficienti e rispettosi delle risorse ambientali, come già evidenziato nelle precedenti articolazioni. Merita un ulteriore focus il fabbisogno di ricerca per aumentare la disponibilità di tecnologia a misura della piccola impresa e delle realtà operanti in ambienti sfidanti, ridisegnando e adattando i percorsi elaborati per aziende di grandi dimensioni, spesso mutuati da esperienze estere. Le applicazioni informatiche, oltre a costituire un presupposto per lo sviluppo delle professionalità e il sostegno del reddito in agricoltura, rappresentano una frontiera per la ricerca attraverso molteplici applicazioni, fra cui:

- sviluppo di sensori/biosensori (anche attuatori) e sistemi di osservazione terrestre per l'elaborazione di indici basati su firme iperspettrali che, con l'aiuto dell'IA, andrebbero associate a fitopatie e condizioni di stress per interventi mirati;
- agricoltura, zootecnia e selvicoltura digitali, personalizzate e cognitive, nelle quali l'agricoltura di precisione, basata sulla gestione ottimale degli input agronomici in funzione delle reali necessità, è collegata allo sviluppo di strumenti innovativi di gestione dei dati multi-tipologia e multi-scala (dalla scala regionale a quella aziendale) e produce nuovi livelli informativi, fornendo un valido supporto decisionale per la gestione integrata dell'azienda;
- sviluppo di sensori da remoto correlati con alcune caratteristiche del suolo ed agli indicatori selezionati, in grado di presiedere ad un monitoraggio dei processi di degrado del suolo e derivarne le condizioni di rischio incipiente;
- sviluppo di sistemi di monitoraggio ed intervento capaci di ridurre i tempi di osservazione e reazione alle perturbazioni improvvise;
- acquisizione e gestione condivisa dei big data utili allo sviluppo di tecnologie intelligenti;
- modelli di previsione della gestione e ottimizzazione delle risorse agricole e forestali, e della pianificazione delle produzioni primarie, del monitoraggio fenologico delle colture anche al fine della riduzione dell'impiego di fitofarmaci, fertilizzanti chimici e acqua irrigua; applicazione dell'agricoltura sito specifica a livello di azienda e di analisi territoriale;
- sviluppo di digital twins utilizzabili per simulare e predire in tempo reale le risposte di sistemi complessi a variazioni delle condizioni esterne.

6. Resilienza e adattamento al cambiamento climatico. Il rapido cambiamento (riscaldamento) climatico non è compatibile con i più lenti fenomeni di adattamento, da parte di organismi sessili come le piante, ma anche di animali zootecnici altamente produttivi. La conseguenza è la minaccia di estinzioni sempre più vaste delle specie che non si adattano e la diminuzione del benessere animale in allevamento. Fotosintesi terrestre e marina riescono a rimuovere circa due terzi delle emissioni antropogeniche, ma purtroppo il saldo è ancora passivo. Obiettivo ambizioso, sul quale si lavora da tempo, è aumentare la fotosintesi delle piante, portando la resa in termini di radiazione assorbita dall'1% al 2%. Intanto tuttavia occorre ridurre l'impatto dell'agricoltura e dell'allevamento nell'emissione di gas serra e ottimizzare l'importante funzione che l'agricoltura e le foreste svolgono come agente di mitigazione del cambiamento climatico, in particolare svolgendo ricerche per:

- migliorare le conoscenze di eco-fisiologia dei sistemi agricoli, forestali e animali al fine di incrementare l'assorbimento di CO₂ e altri gas serra ed elaborare interventi di mitigazione e adattamento agli effetti del cambiamento climatico;
- identificare i meccanismi e gli strumenti di adattamento al cambiamento climatico e di resilienza a eventi estremi;
- sperimentare fenotipicamente nuovi genotipi adattati e efficienti nell'uso delle risorse e adeguati al mantenimento del potenziale adattativo delle specie, in particolare in risposta al cambiamento climatico e ai conseguenti impatti negativi;
- ottimizzare l'uso delle risorse (fertilizzanti, acqua, luce) con particolare riferimento a quelle più scarse, anche attraverso l'individuazione di tecniche produttive innovative;
- definire indicatori di resilienza, sulla relazione tra l'adattabilità ambientale, caratteri produttivi e sull'assetto genomico delle specie zootecniche;



- diminuire le emissioni derivate dalla produzione ruminale di metano in allevamento e per fermentazione delle deiezioni, agendo a livello selettivo, alimentare (composizione diete, selezione dei foraggi e dei piani colturali) e microbiologico (profilo del microbiota ruminale).

7. Sistemi ad alto controllo ambientale. Si tratta di ambienti confinati, con uso del suolo limitato, ma caratterizzati da strutture/infrastrutture che consentono il controllo delle variabili ambientali, la gestione automatizzata delle operazioni, l'ottenimento di elevate prestazioni produttive per unità di superficie. Elementi comuni di ricerca riguardano l'individuazione di materiali, soluzioni e tecniche costruttive innovativi, orientati al risparmio energetico e con capacità di mitigare il cambiamento climatico. In questo contesto i filoni di ricerca riguardano:

- innovazione negli apprestamenti protettivi: sviluppo di nuovi materiali e sistemi di gestione di serre, reti antigrandine e anti insetto, pacciamatura ecc. per migliorare le prestazioni produttive, ridurre l'impronta ambientale (es. materiali biodegradabili), modificare il bilancio energetico (es. pacciamatura bianca);
- controlled environment agriculture (CEA), che comprende idroponica, aeroponica e acquaponica, accomunate dal fatto che consentono di ottenere cibo in poco spazio anche grazie al vertical farming; fra gli elementi di studio si ricordano le formulazioni alimentari, anche in relazione all'ottenimento di cibi di alto valore nutraceutico (articolazione 2), l'individuazione di substrati idonei, i sistemi di controllo e di regolazione del clima;
- strutture per allevamenti: tecniche e attrezzature per migliorare la gestione degli allevamenti, il benessere degli animali, la riduzione delle emissioni di gas clima alteranti.

Impatti

L'intensificazione sostenibile dell'agricoltura ha profondi e positivi impatti ambientali, economici e sociali. "Produrre di più con meno" porterà benefici economici e sociali all'agricoltore che vedrà ricompensati i sacrifici con minori costi e con produzioni resilienti che generano reddito in maniera costante e sufficiente; porterà benefici economici all'intera bilancia del settore agroalimentare italiano; e porterà benefici ambientali perché sarà possibile preservare la fertilità dei suoli e persino organizzare l'uso del territorio in maniera razionale per sostenere la produttività agricola e proteggere allo stesso tempo le risorse naturali (vedi articolazione 4). Con riferimento ai Cluster di Horizon Europe essi riguardano: 1.1) Salute e Benessere; 2.12) Sostenibilità economica e sociale; 4.19) Economia circolare e tecnologie abilitanti; 5.25) Mitigazione e adattamento al cambiamento climatico; 6.31-36) Protezione delle biorisorse, bioeconomia e sicurezza alimentare. Con riferimento ai Sustainable Development Goals UN i principali impatti positivi riguardano: 2) Fame zero; 3) Benessere e salute; 12) Consumo e produzioni sostenibili; 13) Lotta al cambiamento climatico.

Key Performance Indicators

- **Numero di prodotti e processi innovativi o migliorati** a livello biologico e con potenziale sviluppo di mercato;
- **Numero di prodotti e processi innovativi** o migliorati messi a punto e introdotti con successo nel mercato delle filiere agroalimentari (es. varietà vegetali nuove o migliorate, razze selezionate);
- **Numero di nuove bio-tecnologie a agro-tecnologie** con provate capacità di migliorare la produttività primaria, o di stabilizzare rese e produzioni in condizioni ambientali sfavorevoli, o di coltivare/allevare specie climate-ready (es. applicazioni di nuovi sensori per agricoltura di precisione);
- **Aumento medio di produzione** e resa delle principali varietà vegetali e razze animali migliorate con le nuove tecnologie genomiche e fenotipiche;
- **Numero di nuovi indicatori, metodi di analisi, strumenti e modelli** per misurare il contributo delle innovazioni concepite nell'incrementare/stabilizzare la produttività dei sistemi agricoli e forestali.

Articolazione 2. Sicurezza e qualità delle produzioni primarie

La sicurezza alimentare e la qualità degli alimenti dipendono anche dai sistemi agrari che generano le materie prime per il consumo diretto o la trasformazione. La sicurezza viene intesa nel duplice aspetto ben rappresentato dai concetti di



food security and food safety. La prima riguarda la **certezza degli approvvigionamenti alimentari**, un tema complesso che abbraccia aspetti economici, sociali, politici e produttivi e che, in questa articolazione viene sviluppato in termini di protezione delle produzioni durante il loro ottenimento, in campo o in stalla. A titolo di esempio, a livello mondiale le perdite di resa causate da parassiti e malattie sono stimate in media del 21,5% sul grano, del 30,0% sul riso, del 22,6% sul mais, del 17,2% sulle patate e del 21,4% sulla soia. Le perdite di resa legate al mancato controllo delle erbe infestanti sono del 23-30% su frumento, 34-38% su mais, 50% su barbabietola e 33% su soia.

L'intensificazione sostenibile delle produzioni primarie richiede quindi anche saper fronteggiare patogeni, parassiti, piante e animali selvatici, in particolare di specie alloctone, che si nutrono delle stesse coltivazioni e derrate o le danneggiano. Accanto alla riduzione di produttività vegetale e di benessere animale, non meno importanti sono i deterioramenti qualitativi delle materie prime per i prodotti alimentari, dovuti ad esempio alla presenza di tossine microbiche. La protezione delle produzioni vegetali e zootecniche è stata garantita spesso da soluzioni poco sostenibili, facendo ricorso ad antibiotici e presidi fitosanitari di sintesi che possono danneggiare l'ambiente e la salute degli agricoltori e dei consumatori, e che spesso sono causa dell'insorgenza di resistenze negli stessi patogeni e parassiti. E' quindi necessario adottare sistemi di difesa innovativi a sostegno della produttività e rispettosi del benessere generale, secondo il principio "One Health" per la salute globale di uomo, animali, piante e ambiente. Si tratta quindi di rafforzare la ricerca relativa alle dinamiche di processo che si realizzano a guida dell'uomo sulle comunità di piante e animali in interazione con il suolo e l'ambiente, biotico e abiotico, al fine di difendere la quantità di prodotto primario.

La food safety fa riferimento all'igiene e alla salubrità degli alimenti e si inquadra nel tema più ampio della qualità delle produzioni primarie. Il contesto agricolo nazionale ha da sempre intrecciato una forte relazione con il concetto di qualità e tale elemento rappresenta il perno attorno a cui ruota gran parte delle produzioni che rendono l'Italia il Paese leader per i prodotti alimentari tipici. La domanda qualitativa è in continua evoluzione, sempre meno pre-definita ma determinata dalla filiera e quindi dall'attitudine alla trasformazione e all'impiego finale (valore d'uso). Nell'evoluzione della qualità un crescente peso è assunto dagli anelli terminali della filiera (distribuzione, consumatori), mentre l'industria di trasformazione e la produzione agricola debbono rincorrere ed adeguarsi. Questo processo si incontra nel percorso di trasformazione di una commodity in una specialty, ovvero di un prodotto riconosciuto dalla filiera. Il premio qualitativo riconosciuto (premium price) è di rilevante importanza perché consente il recupero della marginalità economica per i produttori. Semplificando, l'evoluzione della trasformazione da commodity a speciality avvenuta negli ultimi decenni si è espressa in 5 fasi: inizialmente il riconoscimento di una qualità tecnologica per la trasformazione; una seconda fase si è concretizzata con l'emissione delle normative comunitarie sui contaminanti (Reg. 1886/2006; Reg. 1126/2007, Racc. 2013/165) che hanno posto in rilievo le esigenze relative agli aspetti sanitari e in particolare riguardo al contenuto in micotossine; la terza fase riguarda l'esigenza identitaria, con il riconoscimento dell'origine produttiva legata ad un territorio geografico; seguendo la sensibilità crescente della società verso gli aspetti ambientali si è quindi rafforzata la richiesta di distinzione del prodotto in relazione alla sostenibilità, con l'adozione di pratiche colturali considerate più rispettose dell'ambiente e della salute, quali la riduzione dei prodotti di sintesi (fertilizzanti, fitosanitari, antibiotici..) e/o l'introduzione di elementi di biodiversità nell'azienda agricola e nel paesaggio. L'ultima esigenza, riguarda gli aspetti etici delle filiere produttive, a garanzia di un approccio equo e solidale. Il passaggio da una fase alla successiva non cancella né i requisiti né i caratteri richiesti dalle precedenti. Per quanto descritto, la qualità sarà sempre più identificata e riconosciuta attraverso contratti integrati di filiera, basati su un disciplinare di produzione. Varietà e agrotecnica sono i due elementi vincolati nel processo di produzione di una specialty e nel riconoscimento del premium price e il loro peso è esemplificato nella tabella sottostante.



Livello	Requisiti	Esempi	Interventi agrotecnici richiesti			
			Varietà	Concimazione	Difesa	Gestione agroambiente
1 Di base	Tracciabilità, identità	Granella di soia nazionale Grano duro nazionale				
2 Intermedio	Tipologia produttiva	Mais waxy Frumento di forza				
3 Alto	Vincolo varietale, difesa rinforzata	Frumento speciale Mais alimentare				
4 Avanzato	Agrotecnica specifica, greening rinforzato	Frumento Baby food Linea ecosostenibile				

L'attuale contesto sanitario mondiale accentua queste esigenze e la Commissione Europea ha riconosciuto la necessità di una maggiore attenzione per la salute sottolineando che una PAC orientata al futuro dovrebbe essere progettata per affrontare meglio problemi sanitari critici quali la fortificazione del sistema immunitario e le patologie dovute ad abitudini alimentari errate o alla scarsa qualità della dieta. Le statistiche mondiali, europee e nazionali riportate dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (WHO) continuano infatti a ricordare le molteplici deficienze nutrizionali che comportano danni di tipo sanitario, ma anche economico.

Obiettivi

Nel contesto descritto, le sfide della ricerca devono essere in grado non solo di affrontare un problema specifico, ma anche e soprattutto di operare a scala sistemica. Obiettivo generale dell'articolazione è la produzione di conoscenze di base e applicate dei processi di produzione primaria, per migliorare la sicurezza dell'approvvigionamento delle materie prime vegetali e animali e per incrementare la qualità globale, ed in particolare gli aspetti funzionali, di materie prime agroalimentari e mangimistiche e degli alimenti che ne derivano.

Più dettagliatamente la ricerca dovrà essere focalizzata sui seguenti argomenti specifici:

1. difesa integrata nelle produzioni vegetali e animali al fine di preservare il benessere degli organismi di cui ci alimentiamo (piante o animali), degli ecosistemi e dell'uomo stesso (One Health). L'intensificazione delle produzioni e del commercio, il rapido cambiamento climatico e la crescente presenza di inquinanti antropogenici sono tra i fattori che concorrono al prevedibile preoccupante incremento di patogeni e fitofagi, reso ancora più serio dall'aumento delle invasioni di specie aliene. Le crescenti limitazioni di legge all'uso di presidi fitosanitari e antibiotici impongono l'urgente ricorso a tecnologie innovative di difesa, come previsto dal Piano di Azione Nazionale per l'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari, che prendano spunto da conoscenze biologiche, epidemiologiche e molecolari di agenti patogeni e specie aliene e/o emergenti, al fine di:

- elaborare modelli di previsione delle epidemie, di valutazione del rischio e prevenzione;
- sviluppare tecniche diagnostiche e di rivelazione precoce di malattie e insetti alieni ed emergenti (es. il batterio *Xylella fastidiosa*);
- sviluppare l'applicazione di tecnologie di agricoltura di precisione per tracciare i patogeni e il danno in tempo reale o mediante early warning;
- individuare antagonisti naturali e organismi utili (artropodi e nematodi, predatori, parassitoidi ed entomopatogeni) efficaci contro le avversità delle piante, e studiare i processi alla base della loro azione predatrice o parassitaria per successivi usi nella difesa integrata; comprendere e utilizzare ai fini della difesa integrata meccanismi e funzioni dei sistemi di comunicazione (es. tramite composti volatili) inter- e intra-pianta e con altri organismi;
- gestire in maniera sostenibile le piante infestanti e invasive, anche attraverso le innovazioni nel controllo con mezzi fisici;



- sviluppare formulazioni innovative di presidi fitosanitari, più efficaci e meno pericolosi per la salute di uomo ed ecosistemi, e macchine ed attrezzature e metodologie di agricoltura di precisione per ridurre dispersioni del prodotto fitosanitario e dei rifiuti da smaltire;
- studiare forme di geodisinfestazione e disinfezione dei suoli, sfruttando processi anche fisici e/o microrganismi antagonisti;
- produrre tecnologie per l'aumento della resistenza naturale degli animali alle patologie e agli stress ambientali in generale ed alle zoonosi in particolare, e per la riduzione/eliminazione dell'utilizzo di antibiotici negli allevamenti animali (es. con sostituzione di fitoestratti);
- individuare e caratterizzare sostanze biologicamente attive di origine vegetale da utilizzare in allevamento per migliorare la salute ed il benessere degli animali allevati e la qualità delle loro produzioni;
- ridurre l'impiego di antimicrobici e prevenire il rischio di antibiotico-resistenza nell'allevamento animale;
- migliorare il benessere animale, prevenire i pericoli che minano la salute degli animali, ivi compresi i rischi di agenti patogeni da serbatoi animali selvatici, e minimizzare l'impatto ambientale;
- promuovere corrette strategie di prevenzione in allevamento al fine di ridurre le tecnopatie e altre patologie degli animali, incluse quelle di natura infettiva e parassitaria, nonché a ridurre l'uso di antibiotici in zootecnia;
- Individuare valide strategie, incluso l'utilizzo di sistemi tecnologici predittivi, per una precoce diagnosi di patologie in allevamento e per una corretta valutazione e scelta di misure di profilassi e benessere animale.

2. Miglioramento della qualità dei prodotti alimentari. La qualità di un alimento dipende innanzitutto dalla qualità della materia prima di partenza, sia che si consideri l'alimento consumato fresco o quello derivante da trasformazione. Come visto in precedenza, gli aspetti qualitativi delle produzioni primarie hanno subito una grande evoluzione e la ricerca ha saputo rispondere alle sollecitazioni promuovendo tecniche di coltivazione e di allevamento in grado di garantire la sicurezza alimentare, la sanità delle produzioni, migliorare le caratteristiche salutistico-nutrizionali dei prodotti e la loro trasformabilità nel contesto industriale. È tuttavia necessario che l'evoluzione tecnologica e le variazioni, anche drammatiche, del contesto sociale ed economico vadano considerate nella definizione di nuove linee di sviluppo per proseguire il virtuoso percorso del miglioramento della qualità delle produzioni attraverso azioni di ricerca che consentano di:

- esplorare gli aspetti della qualità che potenziano il processo di passaggio da una commodity ad una specialty e individuare le tecniche di produzione più idonee al raggiungimento dell'obiettivo;
- sviluppare agrotecnologie per stimolare la diversificazione colturale, investendo, fra l'altro, nello sviluppo di quelle che sono considerate colture minori, la cui coltivazione è ostacolata anche da vincoli tecnici quali la scarsa disponibilità di cultivar, di conoscenze gestionali e di difesa;
- esplorare le possibili fonti proteiche alternative, anche attraverso il ricorso a insetti;
- individuare tecniche agronomiche e di difesa in grado di prevenire la formazione di micotossine e altri contaminanti nei sia in campo che nel post raccolta e potenziare le tecnologie per la loro individuazione;
- potenziare le conoscenze sulle qualità organolettiche dei prodotti di origine vegetale e animale e sulle tecniche di campo e di stalla in grado di favorirne l'ottenimento;
- approfondire e valorizzare le conoscenze sulla nutraceutica delle produzioni vegetali e animali. In questo contesto tematiche di ricerca possono riguardare: l'impiego di biofertilizzanti a base di micorrize per conseguire la fortificazione delle produzioni vegetali incrementando l'assorbimento di meso- e micro-nutrienti; l'individuazione di colture in grado di apportare componenti organiche funzionali e con azione nutraceutica per il consumatore e lo sviluppo di tecniche di coltivazione adeguate; la gestione della concimazione delle leguminose in grado di modulare la composizione aminoacidica della granella; l'individuazione di tecniche agronomiche di applicazione di stress abiotici per aumentare il contenuto di composti ad azione anti ossidante; la gestione del prodotto in post-raccolta per mantenere per un tempo ragionevole il quadro qualitativo ottenuto nella fase di campo; l'impatto di specifiche condizioni pedo-ambientali sulla presenza di componenti funzionali e con azione nutraceutica
- individuare colture, tecniche di coltivazione e prodotti di origine animale per l'alimentazione di bambini, anziani e persone affette da particolari patologie quali ad esempio: la celiachia, per la quale appare strategico approfondire lo studio di nuove specie gluten-free ad oggi poco coltivate o non coltivate in Italia (es. quinoa,



teff, grano saraceno, ecc...), mettendo a punto le migliori tecniche di produzione in grado di massimizzare rese e qualità del prodotto ottenuto; l'ipercolesterolemia, per la quale sono da approfondire gli studi sui prodotti ad elevato contenuto di beta-glucani quali ad esempio orzo e avena;

- sviluppare la formulazione di nuovi ingredienti e mangimi per l'alimentazione animale, anche provenienti da fonti alternative al fine di ridurre la competizione feed vs. food. In particolare l'attenzione va concentrata sullo sviluppo di fonti proteiche alternative, per minimizzare le importazioni e implementare soluzioni di economia circolare. Fra le azioni di ricerca si suggeriscono: lo sviluppo di prodotti che con competono con l'alimentazione umana, la valutazione di innovazioni per la produzione di mangimi, la messa a punto di nuove strategie di alimentazione animale, ivi compresa la gestione del pascolo finalizzata anche a ottenere alimenti con elevato valore salutistico e nutraceutico (es. aumento degli Omega 3).

3. Sistemi informativi per la valorizzazione della qualità. La valutazione delle performance qualitative delle produzioni può essere efficacemente coadiuvata e trasferita dalla crescente digitalizzazione che sta interessando con sempre maggiore intensità il mondo agricolo consapevolizzando i produttori e gli stessi consumatori nella logica della blockchain. La qualità delle produzioni deve poi essere in grado di raggiungere il consumatore finale tramite un'efficace gestione del prodotto durante le fasi post-raccolta. Le logiche di filiera, il supply chain thinking e la logistica devono concorrere a garantire consegne veloci, programmate ed in grado di preservare il valore aggiunto che la gestione agronomica è stata in grado di apportare evitando sprechi e deterioramento degli alimenti (food waste). La qualità delle produzioni va quindi combinata con le esigenze del consumatore tramite la consumer and sensorial science, valutando le esigenze di quest'ultimo e migliorando i servizi che la prossima generazione di ortaggi e frutta deve essere in grado di offrire in un'ottica di produce quality design.

Impatti

Le ricerche riguardanti la sicurezza alimentare mirano a fornire strumenti innovativi che consentono di salvaguardare le produzioni da eventi avversi, consentendo la riduzione del deficit della bilancia commerciale italiana del settore agroalimentare. Lavorare sulla qualità degli alimenti rafforza il ruolo dell'Italia quale paese leader per i prodotti tipici, e mette a disposizione del consumatore alimenti di elevato valore che possono contribuire al miglioramento della dieta e della salute. Gli apporti di lavoro contribuiscono alla riduzione dell'impatto ambientale e allo sviluppo del concetto olistico di "One Health", ove la salute umana, animale e degli ecosistemi non viene più considerata in modo isolato ma pensata quale unicum indivisibile. Impatti su Cluster di Horizon Europe: 1.1) Salute e Benessere; 2.12) Sostenibilità economica e sociale; 6.31-36) Protezione delle biorisorse, bioeconomia e sicurezza alimentare. Con riferimento ai Sustainable Development Goals UN i principali impatti positivi riguardano: 2) Fame zero; 3) Benessere e salute; 12) Consumo e produzioni sostenibili; 13) Lotta al cambiamento climatico.

Key Performance Indicators

Numero di formulazioni innovative di presidi fitosanitari; numero di processi di difesa integrata nelle produzioni vegetali e animali; numero di applicazioni per la diagnosi precoce e la tracciatura di patologie vegetali e animali; numero di fonti proteiche alternative per la produzione di alimenti e mangimi; numero di nuove colture o prodotti animali con proprietà nutraceutiche; numero di nuovi processi di food quality design.

Articolazione 3. Integrazione fra agricoltura a destinazione alimentare e non alimentare

La produzione primaria di qualità nei settori agricolo, forestale e zootecnico, non può essere disgiunta dalla produzione di biomasse per filiere non alimentari e servizi ambientali indispensabili alla tutela dell'ambiente e alla transizione energetica. La multifunzionalità del settore primario richiede l'implementazione di modelli di economia circolare per lo sviluppo sostenibile di servizi ambientali e tutela della biodiversità, oltreché per la cura e la bellezza del paesaggio.

In tale contesto una pluralità di filiere e settori non alimentari con grandi potenzialità può essere attivata sinergicamente alle produzioni primarie grazie alla ricerca e allo sviluppo di tecnologie avanzate. Tali filiere a titolo esemplificativo



riguardano soprattutto le produzioni di bioenergie, (biocarburanti, biocombustibili, biolubrificanti) biosolventi, biofertilizzanti e bioprodotto chimici e includono l'utilizzo di piante come bioreattori per ottenimento di biofarmaci, enzimi e vaccini. Questi settori emergenti e fortemente innovativi, contigui con altri ambiti, hanno bisogno di un forte impegno della ricerca per ampliarsi o evolvere verso TRL elevati e approdare nel mercato attraverso il trasferimento tecnologico.

La transizione energetica, dall'era del petrolio all'era delle energie rinnovabili, impone per i prossimi anni un rilevante cambiamento del ruolo dell'agricoltura e della silvicoltura. In tale prospettiva risulta necessario lo sviluppo di tecnologie che consentano la produzione e l'utilizzo di biomasse non destinate all'alimentazione attraverso filiere corte ed efficienti dal punto di vista energetico ed economico.

L'integrazione tra l'agricoltura alimentare e non alimentare è di fatto un modo nuovo di considerare un'unica nuova agricoltura in cui, quello che in passato era considerato sottoprodotto o scarto, diventa coprodotto con valore aggiunto, sia economico che ambientale.

Particolare importanza assume il governo del territorio finalizzato ad una ottimale gestione e programmazione delle risorse agricole e forestali. L'Italia è uno dei più importanti paesi al mondo nella trasformazione del legname, ma importa oltre l'80% della materia prima, delocalizzando l'impatto ambientale ("deforestazione importata") e generando problemi di ordine economico-sociale ed etico. L'Italia ha le condizioni, le potenzialità e la responsabilità di gestire il proprio capitale forestale in modo attivo, partecipato, consapevole delle conseguenze locali e globali, e attento a mantenerne il ruolo multifunzionale, progettando un' "intensificazione sostenibile" nell'uso delle risorse. Le riforestazioni per legno da costruzione sono un esempio di come si possano elaborare strategie di medio e lungo periodo per produrre materiali ligneo-cellulosici destinati al settore edilizio. In tale prospettiva occorre ripensare le aree industriali e di connessione attraverso la fondazione di nuove aree di forestazione contigue, capaci di generare un tessuto compatto di collegamento fra città e abitati sparsi. La ricerca dovrà dare elementi per promuovere azioni di forestazione (reti ecologiche regionali e nazionali) che possano contenere porzioni di periferie urbane, le nuove aree industriali, i centri commerciali, i poli sportivi e scolastici, ma anche le aree destinate a produzione agricola. Una visione che rende utile e produttivo l'intero spazio territoriale coinvolgendo l'intera comunità, come ripreso nell'articolazione 5.

Obiettivi

Promuovere la connessione delle attività agricole con l'economia circolare, attraverso la produzione di bioenergie e agro-energie rinnovabili, biomateriali; contribuire alla decarbonizzazione, alla lotta al cambiamento climatico, alla protezione del suolo e dell'ambiente, favorendo la resilienza dei sistemi agricoli e il presidio del territorio. In particolare l'attività di ricerca dovrà focalizzarsi sugli obiettivi specifici di seguito descritti:

1. Produzione di energia

Il sistema agricolo-forestale multifunzionale è un pilastro dello sviluppo sostenibile basato sull'economia circolare (SDGs U.N.2030) e come tale, in parallelo alle produzioni primarie, deve assolvere ad una molteplicità di funzioni e di servizi ecosistemici. In tale prospettiva non possono non essere utilizzati i rifiuti delle filiere agricolo-forestali ed è indispensabile che la ricerca sviluppi tecnologie innovative per la valorizzazione dei coprodotti e sottoprodotti dell'agricoltura, della zootecnia, della fitodepurazione e del fitorimedio per la produzione di biogas, biometano, bioetanolo, Jet-fuel, compost e bio-fertilizzanti.

L'EU-28 ha l'obiettivo di de-carbonizzare il comparto energetico entro la metà del secolo. Lo sviluppo di energie rinnovabili, di cui le agroenergie sono parte rilevante, e l'efficientamento energetico sono i mezzi principali per raggiungere tale obiettivo. La rilevanza strategica globale ed europea del settore bioenergetico e dei biocarburanti avanzati è ben evidenziata nel documento Innovation Challenge 4 (IC4) – programma Mission Innovation, nella Direttiva del Parlamento Europeo e Consiglio sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili (RED II) e nel piano di implementazione del SET-Plan (Azione 8) che prevede 107 miliardi di euro di investimento pubblico-privato entro il 2030. In ambito nazionale, il Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (PNIEC, 2021-2030), attribuisce alle bioenergie una forte rilevanza strategica.



Il sistema agricolo forestale italiano è teoricamente in grado di fornire materia prima o materia prima-seconda, coprodotti e sottoprodotti sia di natura liquida o solida, per un potenziale energetico primario superiore ai 40 MTEp annui (escludendo le biomasse residuali dell'industria agro alimentare). Oltre alla silvicoltura con la filiera legno/energia (legna da ardere, pellet, cippato, bricchette ecc.), sono da considerare tutte le biomasse residuali solide (paglie, potature, sanse, vinacce, lettiere, trebbie ecc.) e quelle liquide (reflui zootecnici, reflui della lavorazione del latte, acque di vegetazione ecc.).

Obiettivi specifici sono:

- selezionare, mediante miglioramento genetico e interventi biotecnologici, genotipi e colture da biomassa idonei a terreni marginali e resilienti nei confronti del cambiamento climatico e caratterizzati da resistenza a stress abiotici e biotici;
- studiare approfonditamente sia dal punto di vista chimico/biochimico che genetico/molecolare le caratteristiche funzionali e strutturali della parete cellulare delle principali varietà coltivate in Italia. La parete cellulare rappresenta il 70% della biomassa vegetale ed è il prodotto primario dell'energia raccolta dalla fotosintesi e quindi la fonte primaria dell'energia da biomassa da riciclare. Sintesi e degradazione dei vari componenti soprattutto polisaccaridici della parete assumono grande rilievo per la bioconversione;
- studiare il possibile utilizzo delle biomasse lignocellulosiche non solo per la produzione di bioetanolo e biogas ma anche come fonte di nutrimento per la crescita eterotrofa di alghe e lieviti per produrre acidi grassi trasformabili in biodiesel e cherosene;
- sviluppare la filiera della logistica: dalla raccolta, al trasporto, alla prima lavorazione, alla trasformazione fino allo stoccaggio. La convenienza economica dello sfruttamento del potenziale bioenergetico di biomasse lignocellulosiche e zuccherino-amidacee è strettamente legata alla funzionalità di tale filiera;
- valorizzare la silvicoltura italiana che rappresenta un comparto oggi poco valorizzato con un gap tra domanda e offerta destinato a crescere nei prossimi anni (vedi SFN). attraverso nuove tecnologie e metodologie di precision forestry per la gestione e la raccolta delle biomasse e per il miglioramento del patrimonio forestale I boschi e le foreste italiane con quasi 11 milioni di ettari occupano il 36,4% di tutta la superficie nazionale, rappresentano un rilevante patrimonio ecosistemico da valorizzare, con un ruolo strategico per lo sviluppo del nostro Paese. L'U.E ha emanato il regolamento LULUCF (Reg. UE842/2018) riconoscendo il ruolo delle foreste nell'immagazzinamento del carbonio atmosferico e il ruolo del legno per il relativo stoccaggio a lungo termine;
- valorizzare la filiera nazionale del legno che può assumere nei prossimi anni un ruolo rilevante sia per la produzione del legno da opera sia per la filiera energetica;
- sviluppare macchine alimentate a energie rinnovabili (elettriche, biometano, bioetanolo o biodiesel, idrogeno, etc), apparecchiature e sistemi innovativi IoT e AI per la logistica delle biomasse;
- studiare nuovi modelli produttivi circolari che prevedono la fornitura di servizi integrati di energia alle "comunità energetiche rinnovabili" (legge 28 febbraio 2020, n. 8 l'articolo 42-bis) e la gestione impiantistica: telecontrollo, manutenzione, approvvigionamento del biocombustibile, ritiro e gestione delle ceneri per la fertilizzazione del terreno;
- implementare le piattaforme per il commercio online in ambito rurale permetteranno un diretto rapporto con i consumatori per la vendita dei prodotti a chilometro zero, per lo sviluppo del vicinato di scambio e lo scambio dei servizi per il governo del territorio, offrendo i servizi stessi alle amministrazioni comunali e ai privati.
- sviluppare tecnologie di fotovoltaico mini-eolico e mini-idraulico, con integrazione nelle infrastrutture e negli edifici agricoli e zootecnici per lo sviluppo di "comunità energetiche rinnovabili" non solo a livello aziendale ma anche in piccoli borghi rurali. Ciò implica una modifica dell'approccio culturale, storico e socio antropologico ai servizi energetici: dall'impianto autonomo all'impianto di comunità come valore aggiunto per l'intera filiera, finalizzato all'approccio circolare, alla riduzione dell'inquinamento, ad una maggiore efficienza energetica e alla creazione di posti di lavoro qualificati. In questa prospettiva l'accettabilità sociale, il valore ambientale e culturale di un nuovo modello socio-energetico-culturale-ambientale implica il coinvolgimento della ricerca nelle scienze sociali etnoantropologiche rurali e della comunicazione.



2. Bioprodotti e biofertilizzanti

La transizione economico-energetico-sociale che si profila nei prossimi anni implica la progressiva sostituzione dalle materie prime di origine fossile (carbone, petrolio e gas naturale) con bio-prodotti rinnovabili nell'ottica della sostenibilità economico-ambientale. In tale prospettiva e nel rispetto della direttiva ILUC (Indirect Land Use Change UE 2015/1513), l'uso di terreni marginali (da 2 a 4 milioni di ettari) diviene indispensabile per incrementare in modo sostenibile la produzione di biomasse. L'opportunità di un'economia che assicuri un adeguato reddito nei terreni marginali e abbandonati è legata a genotipi adatti anche a terreni aridi che sono già da anni in corso di sperimentazione (es. Cardo, Cartamo, Arundo) per la produzione di olio e fibra ligno-cellulosica.

Mentre, nel periodo post emergenza Covid19, è particolarmente auspicabile l'impiego di piante e alghe in processi biologici e biochimici per ottenere farmaci e vaccini in grandi quantità e a costi contenuti, le biomasse possono fornire bio-prodotti e materiali innovativi sostenibili per una pluralità di applicazioni in numerosi settori. La ricerca in questo campo dovrà orientarsi verso produzioni agronomiche e nuove specie o genotipi che possano fornire materiali di elevato valore aggiunto che, uniti allo sviluppo di processi tecnologici avanzati, come per esempio l'idrolisi enzimatica, l'impiego di solventi green o basate sull'uso di lieviti o batteri, siano capaci di trasformare le biomasse e gli scarti di produzione in biomateriali, poco costosi e di basso impatto per l'ambiente.

Il ruolo dell'agricoltura e della silvicoltura diventa strategico per la sostenibilità ambientale di tutta la filiera dei bio-prodotti in quanto dovranno rappresentare il bacino di approvvigionamento di biomasse sostenibili da residui agricoli, agroforestali e agroindustriali e da colture dedicate non in competizione con l'agricoltura tradizionale (aridocolture e colture su terreni industriali). Questi settori dovranno puntare allo studio, ottimizzazione e valorizzazione, anche economica.

Obiettivi specifici sono:

- valorizzare l'utilizzo delle piante come bioreattori per la produzione di farmaci, vaccini, enzimi e prodotti industriali;
- migliorare la produzione e l'utilizzo di biofertilizzanti da biomasse. In questo ambito l'obiettivo centrale della ricerca deve riguardare il pretrattamento e trattamento chimico-fisico e biochimico delle biomasse di partenza in maniera da poter generare prodotti utili che possano arricchire il terreno di nutrienti e minerali direttamente utilizzabili dalle piante in colture successive. Particolare importanza assume lo studio dei trattamenti enzimatici e chimici a basso impatto ma anche i possibili arricchimenti del suolo con microrganismi capaci di degradare le biomasse a prodotti utili. Non ultimo è il concetto di poter selezionare e costruire piante che producano residui auto-degradanti "a comando" forniti di corredi enzimatici con promotori controllabili dall'agricoltore solo alla fine dei raccolti. A questo riguardo il contributo delle biotecnologie sia su microrganismi del suolo che sulle stesse varietà vegetali coltivate è molto importante;
- isolare e studiare molecole di interesse biologico dalla parete cellulare dei residui colturali sia per proteggere le piante contro i patogeni che per aumentare la produzione. Molecole capaci di proteggere e/o stimolare la crescita sono già state identificate come prodotti intermedi della degradazione microbica dei polisaccaridi delle biomasse e i meccanismi molecolari di azione di tali molecole sono già stati in parte studiate. Ci si aspetta la scoperta di numerose altre molecole di questo tipo in futuro, lo studio del loro meccanismo di azione e la loro sperimentazione in pieno campo;
- valorizzare il reintegro nel terreno con le ceneri risultanti dall'uso energetico delle biomasse solide prevalentemente per la produzione termica
- elaborare tecnologie di recupero di fertilizzanti stabili e concentrati derivanti da effluenti di allevamento a valle dei processi di valorizzazione energetica;
- elaborare strategie per la corretta gestione e per la riduzione del consumo dei materiali plastici in agricoltura anche attraverso la ricerca del miglioramento delle prestazioni e dell'utilizzo di materiali biodegradabili alternativi.



Impatti

Lo sviluppo di processi e filiere produttive nel contesto dell'economia circolare contribuisce, a livello locale, a tutta una serie di vantaggi per il territorio come, ad esempio, la riqualificazione ambientale delle aree agricole e industriali, delle zone produttive dismesse, cave ecc. Ci si aspetta inoltre di formare aree di connessione attraverso la creazione di forestazioni contigue, capaci di generare una rete ecologica fra città e abitati sparsi. Ci si aspetta anche lo sviluppo di una agricoltura urbana, mediante l'impiego di tecnologie quali vertical farm e acquaponica e la gestione di infrastrutture verdi capaci di generare servizi ecosistemici in ambienti fortemente antropizzati quali le città e le aree industriali. La produzione di bioprodotto e biochemicals riguarderà diversi settori strategici per l'economia nazionale:

- il settore agricolo, mediante la sua partecipazione alla produzione di bioenergie, il miglioramento dell'efficienza energetica, e la creazione di maggiori entrate grazie alla produzione di bioprodotto;
- il settore del riscaldamento civile e della produzione di energia a livello industriale (cogenerazione e trigenerazione) da biocombustibili;
- il settore dei trasporti mediante lo sviluppo di filiere per la produzione di biocarburanti sostenibili come il bioetanolo, il biodiesel, il biometano, "biocherosene" per l'aviazione;
- il settore dell'edilizia e del design attraverso l'impiego di prodotti di origine vegetale (canapa, cardo, cartamo ecc.) per applicazioni su materiali da costruzione (isolamenti, intonaci, malte,...) e mobili;
- il settore dell'industria cartaria mediante lo sviluppo di prodotti finali innovativi e sostenibili (colle naturali, fibre, rinforzi bio per carte speciali) dalla filiera della cellulosa e della micro- e nano-cellulosa cristallina;
- il settore delle bioraffinerie per la produzione di bioplastiche, diserbanti naturali (es. acido pelargonico), solventi naturali (GVL), bio-lubrificanti, fibre naturali per l'isolamento termico e la filtrazione, prodotti per la cosmesi e la cura del corpo (creme, detergenti, oli ecc.).

Con riferimento ai Cluster di Horizon Europe gli impatti riguardano: Cluster 5.25., transizione verso una società climaticamente neutrale; 5.27, approvvigionamento energetico più efficiente, pulito, sicuro e competitivo; Cluster 6. Protezione delle biorisorse, bioeconomia e sicurezza alimentare (31-35)

Key Performance Indicators

- Numero di brevetti con potenziale sviluppo di mercato;
- Numero di star up e spinoff/anno;
- Numero di occupati in ricerca biotecnologica e chimica verde (% del totale);
- Numero di dottori di ricerca/anno.

Articolazione 4. Attività agricola e forestale a protezione dell'ambiente e delle risorse naturali

Le risorse naturali sono, al contempo, fattori ecologici e produttivi. Questa duplice valenza disvela la necessità di individuare un equilibrio nell'adottare strategie connesse alla loro gestione. Da un lato, le risorse vanno impiegate produttivamente, dall'altro, occorre evitare il loro degrado e anzi migliorarne la qualità e la disponibilità.

Come tutte le attività antropiche, anche il settore primario esercita esternalità negative nei confronti delle risorse naturali e dell'ambiente. Secondo i dati di ISPRA (2020), l'agricoltura contribuisce per il 7,1% alle emissioni nazionali di gas serra, evidenziando però un trend decrescente dal 1990 al 2018, dovuto alla riduzione delle superfici coltivate, del numero di animali allevati, dell'utilizzo di fertilizzanti azotati e del miglioramento dei sistemi di gestione delle deiezioni animali. A scala europea e nazionale, il bilancio dell'azoto manifesta modesta efficienza d'uso e le perdite possono generare inquinamento dei corpi idrici superficiali e profondi. Analogamente per il fosforo che, insieme all'azoto, è il principale responsabile dei fenomeni eutrofici a carico delle acque. L'agricoltura è il principale utilizzatore delle acque interne e la risorsa idrica è minacciata sia nei suoi caratteri quantitativi (disponibilità) che qualitativi (inquinamento). Essa, ad un tempo, subisce ed esercita processi di competizione d'uso e di alterazione della qualità dell'acqua. L'agricoltura quindi può e deve svolgere un ruolo di primaria importanza nella gestione integrata e



sostenibile della risorsa idrica. Il suolo, nella sua qualità integrale (fisica, chimica e microbiologica), diviene un fattore nevralgico per adottare strategie di contrasto ai cambiamenti climatici (sia in chiave di mitigazione che di adattamento), nonché di resistenza ai fenomeni di degrado a cui in genere va incontro allorché intensamente coltivato: erosione idrica, salinizzazione, alcalinizzazione, desertificazione, impermeabilizzazione, compattazione e perdita della sostanza organica.

Nel loro insieme i processi descritti, oltre a generare esternalità negative, rappresentano una grande minaccia che pone a rischio la capacità di soddisfare le richieste alimentari e non-alimentari espresse dalla società. Occorre, dunque, che la ricerca e l'innovazione affrontino queste problematiche epocali indicando soluzioni giuste, efficaci, rapidamente implementabili.

Le buone condizioni dell'ambiente possono essere da un lato preservate (adottando allo scopo idonee tecnologie di conservazione ed efficaci strumenti di gestione); dall'altro, se compromesse, esse possono essere ripristinate (mediante l'applicazione di tecnologie di disinquinamento, bonifica, riqualificazione, recupero). Su entrambi questi fronti l'innovazione scientifica e tecnologica dovrebbe fornire un decisivo contributo.

La gestione degli ecosistemi agrari, oltre a non generare pressioni negative sulle risorse naturali, deve essere finalizzata anche a fornire servizi ecosistemici, intesi come "i benefici multipli forniti dagli ecosistemi al genere umano". Sono servizi ecosistemici, ad esempio, i processi naturali di depurazione delle acque, dell'aria, la formazione del suolo, il sequestro del carbonio, il contenimento naturale delle malattie e dei picchi epidemici a carico delle piante coltivate, la persistenza di una ricca biodiversità funzionale, quale ad esempio quella degli insetti pronubi, indispensabili all'impollinazione e, pertanto, alla produttività agraria. La biodiversità, sia quella agraria che quella selvatica associata alla prima, si articola a differenti livelli di scala (genetica, tassonomica ed ecosistemica) e, in corrispondenza del livello più elevato d'integrazione, contribuisce alla formazione del paesaggio agrario. A livello genetico, di specie, l'aumento di biodiversità è stato affrontato nell'articolazione 1. La biodiversità funzionale è quella parte della complessiva biodiversità che si manifesta nell'ecosistema agrario ed è in grado di connettere funzionalmente fra loro diverse categorie di organismi viventi nell'adempimento di particolari compiti e ruoli che sono la risultante di questa interazione.

La gran parte delle linee di ricerca di seguito prospettate evidenzia un inquadramento "di sistema"; in altri termini, non si tratta di soluzioni puntuali, delimitate e circoscritte, quanto piuttosto di approcci a forte connotazione generale, che riguardano l'assetto d'insieme e l'organizzazione complessiva del sistema agrario, di quello zootecnico e di quello forestale.

Obiettivi

Con queste premesse, l'Articolazione si pone i seguenti macro obiettivi:

- promuovere sistemi agricoli e forestali ad alta compatibilità ambientale in cui l'utilizzo delle risorse avvenga secondo criteri che non determinino modifiche, alterazioni, perturbazioni negative ed indesiderate;
- favorire sistemi agricoli e forestali ad elevato valore ecologico, la cui progettazione e gestione devono consentire di potenziare stabilità e resilienza, massimizzando il flusso dei servizi ecosistemici che da essi derivano;
- produrre conoscenze per la protezione della fertilità dei suoli.

1. Sistemi agricoli e forestali ad alta qualità ambientale. Le attività agricole non devono originare perturbazioni e impatti attribuibili a rilasci di inquinanti di diversa natura a carico dei diversi comparti ambientali, anzi devono contribuire al disinquinamento di suoli, acqua e aria. Le linee strategiche su cui indirizzare la ricerca sono:

- il miglioramento delle prestazioni emissive. Occorre approfondire le indagini sulle origini e le possibili soluzioni che possano migliorare il bilancio dei gas-serra relativo al settore primario per tendere a una condizione di emissioni zero. Le ricerche andranno indirizzate su: gestione degli allevamenti per ottimizzare la nutrizione degli animali e favorire l'assimilazione dei nutrienti; sviluppo di trattamenti e sistemi di gestione degli effluenti fino all'utilizzazione agronomica; comprensione approfondita dei processi biotici e merobiotici che hanno luogo nel terreno agrario e che presiedono al ciclo del C; affinamento di strumenti e metodologie



per misurare/stimare in modo attendibile le perdite emissive a carico dei gas clima alteranti; metodi e sistemi per massimizzare l'efficienza energetica di edifici e impianti utilizzati nelle produzioni agricole e zootecniche e nella prima trasformazione dei prodotti;

- l'intensificazione sostenibile delle foreste, attraverso l'applicazione di una selvicoltura naturalistica senza dimenticare gli altri importanti servizi ecosistemici, la conservazione della biodiversità e la destinazione di porzioni di territorio alle dinamiche naturali e lo sviluppo di sistemi climate-smart-forestry;
- il miglioramento della gestione dei nutrienti. Occorre identificare tecnologie e metodi per incrementare l'assorbimento e l'assimilazione dell'azoto e del fosforo, ridurre le dispersioni ambientali, favorirne la circolazione all'interno del sistema agrario, procedere al loro recupero. Sono da studiare, sotto questi aspetti l'integrazione fra le attività di coltivazione e quelle di allevamento, sia a scala aziendale che come interazioni territoriali, la diversificazione degli avvicendamenti colturali, comprendendo l'inserimento delle colture di copertura e la gestione agronomica dei residui colturali e le soluzioni idonee a contenere i fenomeni di ruscellamento delle acque e dilavamento
- la gestione integrata e sostenibile delle risorse idriche, anche di scarsa qualità. Gli ambiti che evidenziano necessità d'innovazione sono: l'integrazione di modelli di simulazione agroidrologica con previsioni meteorologiche, osservazioni satellitari e informazioni dello stato idrico del suolo mediante sensori che consentono di effettuare misure su grande scala, per la gestione razionale dell'irrigazione a scala di bacino e aziendale; l'affinamento della stima dei consumi evapotraspirativi delle colture agrarie sia attraverso metodi micrometeorologici che con il ricorso alle tecnologie di remote sensing; l'elaborazione di strumenti previsionali dell'andamento dei consumi idrici anche al fine di individuare le migliori strategie di gestione dell'irrigazione in condizioni di disponibilità idriche limitate; lo studio di metodi di irrigazione di precisione e ad alta efficienza, di sistemi d'automazione in ambito irriguo e controllo in tempo reale dell'erogazione idrica e di approcci eco-fisiologici finalizzati al risparmio idrico ed al consumo idrico controllato. La gestione sostenibile delle risorse idriche richiede anche innovazioni per incrementare la capacità d'invaso del suolo in condizioni di aridocoltura e ridurre la frazione idrica evaporata rispetto a quella traspirata. Per il recupero e la valorizzazione agronomica di acque di scarsa qualità sono da studiare: la messa a punto di sistemi di depurazione di facile gestione e lo studio delle condizioni di sicurezza per l'utilizzo agronomico in relazione a tipo di coltura, condizioni ambientali, metodi e fabbisogni irrigui;
- la sperimentazione di tecniche innovative di fitodepurazione, fitorimediazione e valutazione delle condizioni di sicurezza nell'impiego di effluenti, fanghi e compost da rifiuti. L'accresciuta attenzione nei confronti di inquinanti emergenti di natura prevalentemente extra-agricola mette in evidenza la necessità di sviluppare metodi analitici di rilevamento, sistemi di trattamento e conoscenze sul loro comportamento degli inquinanti nel sistema suolo-coltura-catena trofica. Vanno anche approfondite le conoscenze in merito alle proprietà iperaccumulatrici di un ampio spettro di specie vegetali e valutazione dei processi specifici che consentono la bonifica del suolo da parte delle piante (estrazione, degradazione, stabilizzazione, volatilizzazione, ecc.).
- la gestione degli allevamenti e dei pascoli per il benessere animale, andando a indagare su quantità e qualità dello spazio disponibile, composizione dei gruppi, tipologia modalità di somministrazione dell'alimento, rapporto animale-uomo, idoneità delle strutture (vedi punto 3). Relativamente al pascolo è da affinare lo studio dei piani di pascolamento per permettere un prelievo equilibrato delle risorse, favorire la rinnovazione della vegetazione, esaltare gli effetti ecosistemici positivi e prevenire il degrado del suolo dovuto al calpestamento.
- l'acquacoltura di acqua dolce che può contribuire alla sostenibilità ambientale e sollecita fabbisogno di ricerca relativamente all'efficientamento energetico, al riutilizzo di sottoprodotti e farine di insetti quali risorse alimentari, al contributo per la riqualificazione dei corpi idrici, alle modalità di recupero di siti dismessi, al riutilizzo dell'acqua rilasciata dagli allevamenti per la produzione di vegetali o alghe;
- lo sviluppo di modelli agroambientali e di strumenti di analisi multi attributo idonei a: predizione della diffusione di agrofarmaci e loro prodotti di degradazione e altri inquinanti nell'ambiente e lungo la catena alimentare; comparazioni di scenari ed elaborazione di previsioni sulle tendenze produttive e ambientali generate da differenti sistemi di gestione agricola, zootecnica e forestale; valutazioni delle conseguenze del cambiamento climatico sui sistemi produttivi.



2. Sistemi agricoli e forestali ad elevato valore ecologico. Progettazione e gestione in chiave ecologica devono consentire di potenziare stabilità e resilienza dei sistemi agricoli, massimizzando il flusso dei servizi ecosistemici che da essi derivano, senza compromettere la sostenibilità economica. Linee strategiche di ricerca sono:

- approfondire le conoscenze in merito ai servizi di regolazione e supporto fruiti ed erogati dagli ecosistemi agricoli, analizzando: le condizioni strutturali e funzionali di gestione aziendale (dei campi coltivati o dei pascoli, così come degli spazi ecologici ad essi frammisti) per consentire l'individuazione di sistemi che massimizzino l'erogazione di servizi ecosistemici; le soluzioni per un efficace controllo biologico a scala di campo, di azienda agricola e del più ampio paesaggio degli organismi competitor delle colture agrarie;
- definire e studiare la biodiversità funzionale per ottenere informazioni sulle condizioni di stabilità dei sistemi agrari ed esaltarne i risultati produttivi. I principali aspetti da indagare riguardano: la diversità e l'abbondanza di specie vegetali e animali utili, anche in relazione alla presenza di margini inerbiti o altre componenti di diversificazione ecologica all'interno delle aziende agrarie; gli effetti di reciproca influenza che si instaurano nell'ambito dell'intera organizzazione biotica dell'agroecosistema identificando la giusta associazione fra specifici raggruppamenti di organismi (biodiversità) ed il manifestarsi di funzioni ecologiche di particolare utilità (servizi ecosistemici) o conflitto (es. predazione); lo studio complessivo della biocenosi e delle nicchie ecologiche presenti nel sistema agricolo alla ricerca di possibili virtuose interazioni e per orientare o modulare lo sviluppo della biodiversità agraria verso quelle particolari forme ecologiche in grado di erogare i servizi richiesti e nel modo più efficace possibile; lo studio di buone pratiche gestionali e strutturali finalizzate ad un bilanciamento ecologico fra campi coltivati e spazi circostanti;
- studiare i vantaggi derivanti dalla diversificazione gestionale. L'analisi di modelli innovativi di agricoltura (mixed farming systems) consentirebbe di favorire sistemi produttivi ad elevata efficienza, positivo valore naturale, idonei alla protezione degli habitat ed alla conservazione della biodiversità, oltre che adeguatamente produttivi. A tal riguardo occorre sviluppare sistemi di intensificazione sostenibile quali: sistemi agroforestali (agro-silvo-colturali, silvo-pastorali e agro-silvo-pastorali), intensificazione a macchie (patch), strategica per le aziende di piccole dimensioni, ottimizzazione del pascolamento, nuove forme di consociazione fra specie agrarie;
- elaborare/progettare sistemi agricoli e forestali "carbon neutral", al fine di rafforzare il ruolo del settore agricolo e forestale nella mitigazione del cambiamento climatico, realizzabile attraverso ricerche riguardanti la riduzione degli input e le strategie per sequestrare il carbonio atmosferico avvalendosi di sink naturali altamente efficienti quali il suolo e le piante arboree (siano esse forestali o agrarie) (vedi anche articolazioni 1 e 3);
- studiare modelli di gestione agricola in grado di fungere da fattore protettivo nei riguardi della biodiversità selvatica, analizzando due differenti strategie di salvaguardia e conservazione degli habitat prioritari e degli ecosistemi naturali e le loro possibili integrazioni Land sharing, in cui gli ecosistemi antropizzati (quelli agrari in particolare) e quelli semi-naturali sono co-presenti e la biodiversità si avvantaggia delle aree marginali, di quelle interstiziali o di frangia nella creazione di ecosistemi a forte impronta antropica ma ecologicamente diversificati, ciò che ne attenua i potenziali impatti negativi; Land sparing, dove gli spazi dedicati alle attività antropiche e quelli naturali e semi-naturali si escludono a vicenda (almeno tendenzialmente); in quelli antropizzati si punta a conseguire la massima produttività lasciando così maggior spazio disponibile a quelle aree espressamente dedicate alla conservazione della biodiversità.

3. La conservazione della qualità dei suoli ha un ruolo fondamentale per l'uso e la gestione agro-forestale sostenibile e per affrontare le grandi sfide globali della sicurezza alimentare, del cambiamento climatico e della scarsità di risorse (per esempio idriche). Intensificare le produzioni è impossibile se il suolo non mantiene e possibilmente incrementa la propria fertilità. Sfruttamento non sostenibile dei suoli e cambiamento climatico hanno spesso portato al depauperamento della sostanza organica e a veri e propri fenomeni di desertificazione. Inoltre, in prospettiva vi è la preoccupazione per l'esaurimento delle riserve di fosfati. Un suolo di qualità eroga servizi ecosistemici, rappresentando, tra l'altro, il primo serbatoio terrestre di carbonio. Occorre quindi investire su ricerche finalizzate a conservare e incrementare la fertilità dei suoli, nelle sue componenti fisiche, chimiche e microbiche. Le ricerche dovrebbero quindi contribuire a:



- migliorare la biodiversità microbica del suolo agrario, e sviluppare nuovi biomarker e nuove tecniche per la sua caratterizzazione, anche con nuovi sensori di rilevamento prossimale e remoto e loro integrazione e uso ai fini geostatistici e al fine di integrare banche dati e modelli di simulazione colturale e sistemi di supporto decisionale (DSS);
- produrre nuovi e più efficaci indicatori di qualità del suolo, per orientarne la gestione agronomica e selvicolturale sia a scala aziendale che territoriale, tenendo anche in considerazione il livello di saturazione di carbonio dei suoli;
- caratterizzare la metagenomica dei suoli, anche con metodologie standardizzate di conservazione del DNA del suolo (banche metagenomiche); caratterizzare e valorizzare i microrganismi isolati dal suolo (potenzialità nell'impiego agricolo e industriale);
- valutare lo sviluppo e le prestazioni di sistemi di gestione della meccanizzazione aziendale, anche tramite l'ausilio di sistemi GPS per interventi ad alta precisione, l'adozione di "sistemi a traffico controllato, il ricorso a tecniche di coltivazione di tipo conservativo, quali inerbimento controllato, minima lavorazione, lavorazione a strisce;
- ottimizzare la gestione agronomica e forestale dei suoli attraverso l'applicazione di pratiche finalizzate ad incrementare la quantità di carbonio nelle frazioni stabili e quindi nelle frazioni caratterizzate da lunghi tempi di permanenza per contribuire al sequestro di carbonio;
- ottimizzare il compostaggio delle biomasse e la somministrazione di compost al suolo, anche individuando specifiche proprietà (es. antimicrobiche e antiparassitarie) dei diversi tipi di compost e dei loro derivati;
- ottimizzare la distribuzione delle deiezioni animali per migliorare i piani di utilizzazione agronomica degli effluenti zootecnici, i piani di concimazione, sviluppando sistemi di "agricoltura circolare" integrata tra colture vegetali ed animali che minimizzino il ricorso all'uso di concimi di sintesi;
- testare nuove piante in grado di migliorare l'efficienza dell'uso idrico e dei fertilizzanti, e di preservare struttura e composizione dei suoli agrari (es. colture erbacee perenni);
- studiare e produrre fertilizzanti a dinamica di cessione differenziata (specialmente per l'azoto), anche con l'aiuto di NGT applicate al microbioma del suolo, e derivati da processi industriali richiedenti basso consumo energetico e limitate emissioni di CO₂ e fertilizzanti adatti alle nuove tecniche di fertirrigazione delle colture coltivate su suolo, fuori suolo, in coltura idroponica;
- utilizzare strumenti di agricoltura di precisione per ottimizzare i piani di concimazione e di distribuzione (massima efficienza del nutriente, riduzione dei costi aziendali e riduzione delle perdite);
- affinare il complesso degli interventi anti-erosivi anche a seguito di una migliore calibrazione e validazione, a scala locale, dei coefficienti empirici del modello USLE ("universal soil loss equation");
- aumentare le conoscenze sui cicli biogeochimici degli elementi nutritivi - macro, meso e micro - nel suolo e nella pianta, e sulle dinamiche di biodisponibilità ed efficienza nutritiva dei principali microelementi;
- utilizzare microrganismi, derivati dall'ambiente e facilmente estraibili o riproducibili, che modulano i ritmi di mineralizzazione della sostanza organica, veicolano e attivano gli elementi nutritivi;
- valutare l'impatto delle acque di scarsa qualità sui suoli agrari ed ottimizzarne l'uso;
- ottimizzazione delle scelte selvicolturali in funzione della capacità di riassorbimento e riciclo dei nutrienti nei diversi tipi di suolo.

Impatti

Promuovere la ricerca sui sistemi agricoli e forestali ad elevata compatibilità ambientale e valenza ecologica, sfruttando l'innovazione tecnologica, consente di accompagnare il Green Deal europeo sostenendone le innovazioni e consentendo di definire criteri adeguati per impiegare le risorse naturali (fertilità del suolo e biodiversità in primis) in un contesto di intensificazione sostenibile. Queste innovazioni dovranno esaltare i servizi ecologici di fornitura (produzione) congiuntamente a quelli di regolazione che rendono il sistema agricolo meno dipendente da apporti agrotecnici esterni, conseguendo obiettivi di auto-sostenibilità, diversificazione, stabilità e buon livello delle prestazioni produttive. Con riferimento ai Cluster di Horizon Europe essi riguardano: 6.31) Conseguire la neutralità climatica riducendo le emissioni e sequestrando il carbonio atmosferico; 6.32) Arrestare ed invertire il declino della biodiversità; 6.33) Promuovere sistemi produttivi sostenibili, incentrati sulla circolarità dell'impiego delle risorse ed



evitando l'inquinamento dei comparti ambientali; 6.34) Produrre alimenti sani e salubri; 6.35) Sostenere uno sviluppo più bilanciato fra aree rurali ed urbane, arrestando il processo di abbandono dei territori interni ed il consumo di suolo agrario.

Key performance indicator

- Numero di protocolli, linee guida, disciplinari di applicazione delle conoscenze scientifiche acquisite sulle medesime tematiche; capacità di attrarre e di generare risorse finanziarie da parte dei ritrovati tecnologici riferibili alla presente Articolazione;
- trasferimento tecnologico in grado di tradursi in una rilevante contrazione dei costi attribuibili alle esternalità ambientali e sanitarie; con riferimento al settore rurale, capacità di tradurre le nuove conoscenze in orientamenti di gestione aziendale e territoriale e di mettere in campo gli strumenti di governance più adeguati per interpretarne gli orientamenti (per esempio attraverso il Green Deal, o mediante la PAC e gli strumenti di sviluppo rurale ad essa associati).

Articolazione 5. Sistemi agricoli e forestali per la salvaguardia e la valorizzazione del territorio

Il territorio italiano è caratterizzato da una straordinaria pluralità di paesaggi, frutto della posizione geografica e della conseguente grande varietà climatica, storica, insediativa ed economica del Paese. Una penisola dalla conformazione fisica peculiare, un “ponte” di circa 1200 km tra continenti, che si estende dalle coste siciliane, che distano meno di 150 km da quelle africane, fino al confine alpino più settentrionale che si trova alla latitudine di Berna. Circondata dal mare, in cui si trovano le sue numerose isole, attraversata dalle catene montuose delle Alpi, di cui possiede l'intero versante meridionale, e dagli Appennini, l'Italia è un unicum per varietà geomorfologica, pedologica, climatica e microclimatica e, anche grazie a fattori storici e culturali, è uno dei paesi europei più ricchi di biodiversità. In Italia si trovano infatti circa la metà delle specie vegetali ed un terzo delle specie animali presenti nel territorio europeo. Un territorio eterogeneo, quindi, con il 41,6% di colline, il 35,2% di montagne, il 23,2 % di pianure e circa 8.300 km di coste, significativamente antropizzato sin dalla preistoria, soprattutto nelle aree costiere e in quelle alpine, prealpine e appenniniche. L'Italia è oggi uno dei paesi europei più densamente popolati, con una storia complessa, fatta da invasioni e da un susseguirsi di divisioni e unioni, che hanno contribuito a generare unità territoriali distinte e caratteristiche. L'Italia è, insieme alla Cina, il paese al mondo con il maggior numero di siti patrimonio dell'umanità riconosciuti dall'UNESCO, 55 in totale, di cui 5 sono siti naturali e 8 sono paesaggi culturali, tra cui i paesaggi vitivinicoli piemontesi delle Langhe-Roero e Monferrato e delle colline del prosecco di Conegliano e Valdobbiadene. L'Italia ha tra i suoi elementi di forza proprio l'unicità derivante dalla varietà di ambienti e luoghi e dalla pluralità culturale, e non può essere rappresentata e valorizzata riconducendola ad un unico schema semplice, pena la banalizzazione e la riduzione delle sue potenzialità in termini di competitività globale. In particolare, l'attività agro-forestale è indispensabile alla salvaguardia e valorizzazione di questa unicità capace di produrre beni e servizi di alta qualità e originalità, soprattutto se tale attività viene organizzata, gestita e praticata in coerenza con le differenti specificità territoriali. L'Italia ha il primato europeo per il numero di certificazioni a tutela della qualità, indispensabile per la competitività dell'agricoltura e dei suoi prodotti. Questi prodotti rappresentano una delle espressioni più note del Made in Italy e costituiscono il 10% del fatturato del settore agroalimentare, il secondo per rilevanza nel PIL del Paese. Non meno rilevanti sono i servizi non di mercato generati dalle attività agro-forestali necessarie conservazione del territorio e quelli paesaggistici. La varietà ambientale paesaggistica e culturale italiana rende il Paese un laboratorio straordinario per promuovere l'innovazione del settore agro-forestale in coerenza con le specificità territoriali.

D'altro canto, le peculiarità geografiche, orografiche e ambientali sopracitate fanno dell'Italia un paese vulnerabile, non solo agli eventi sismici, ma anche a fenomeni di dissesto idrogeologico, alle frane, agli allagamenti, agli incendi e alla siccità, sempre più frequenti e intensi anche a causa della crisi climatica in atto. Secondo il report “Analisi del Rischio. I cambiamenti climatici in Italia” (<https://www.cmcc.it/it/analisi-del-rischio-i-cambiamenti-climatici-in-italia>), appena pubblicato dal Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici (CMCC), la crisi climatica può generare danni annuali dell'ordine di 15 miliardi di euro, principalmente a carico di: 1) aree urbane, 2) il dissesto idrogeologico



3) risorse idriche, 4) settore agricolo e 5) patrimonio forestale, a causa di incendi che possono compromettere l'erogazione di tutti i servizi ecosistemici oltre che l'immagazzinamento di carbonio trasformando le foreste da sink a source di CO₂. La salvaguardia del territorio deve quindi passare attraverso l'acquisizione di nuova conoscenza funzionale a individuare strumenti e strategie innovativi ed efficaci di monitoraggio e di gestione. In questo contesto, va valorizzato il ruolo delle foreste e del patrimonio arboreo anche all'interno degli ambienti antropizzati.

E' infine necessario considerare la vulnerabilità del sistema insediativo rurale con specifico riferimento rispetto agli eventi calamitosi naturali che, soprattutto nell'ultimo decennio hanno messo in evidenza la necessità di dotare le aziende agricole di un sistema costruito rispondente agli attuali criteri di sicurezza strutturale, protetto dagli effetti dei possibili dissesti idrogeologici e resiliente rispetto alle azioni sismiche. La prevenzione dei dissesti idrogeologici e di collassi negli impianti di bonifica e nei sistemi di regimazione idraulica rappresentano obiettivi altrettanto prioritari. La modernizzazione in questo senso del patrimonio edilizio agricolo e delle infrastrutture rurali appare pertanto urgente al fine di preservare le produzioni primarie e soprattutto la capacità di produrre alimenti anche in contesti di emergenza, al fine di scongiurare il pericolo di ritrovarsi in situazioni multi-rischio in cui, agli effetti di eventi naturali, si sommano perdite di scorte vive e morte con possibili conseguenti crisi alimentari.

Obiettivi

Innovare l'attività agricola e forestale in coerenza con le specificità territoriali, sviluppando soluzioni e modelli produttivi e gestionali diversificati capaci di tutelare le unicità territoriali e i paesaggi, garantendo produzioni salubri, nutrienti, di qualità, a prezzi accessibili e remunerazione adeguata per i produttori, riducendo l'impatto sull'ambiente, sul clima e sulla salute dei consumatori.

A tale scopo sono di seguito descritte le principali linee di ricerca:

1. tecniche e strumenti di telerilevamento, piattaforme tecnologiche e analisi di big data finalizzato a:

- elaborare strategie, tecniche di intervento, monitoraggio e gestione di processi di mitigazione e adattamento agli effetti del cambiamento climatico, climate – smart forestry, e azioni di prevenzione dei rischi naturali;
- individuare indicatori di qualità del paesaggio, interventi di mitigazione e adattamento agli effetti del cambiamento climatico e azioni di prevenzione dei rischi naturali;
- sviluppare tecniche e algoritmi per il monitoraggio, l'analisi e la gestione dei sistemi agro-forestali e territoriali nell'ottica della prevenzione dei rischi naturali, della sostenibilità di lungo periodo, e della mitigazione e adattamento agli effetti del cambiamento climatico;
- elaborare strumenti di supporto alle decisioni e alla pianificazione per prevedere la vulnerabilità climatica di aree agricole e forestali;
- quantificare il ruolo delle foreste, della vegetazione e dei suoli sul bilancio idrologico dei bacini e sul dissesto idrogeologico, anche ai fini della determinazione dei servizi ecosistemici e nell'ottica degli scenari di cambiamento climatico;
- individuare nuove tecniche e strategie di rilevamento e selvicolturali per il monitoraggio e il controllo delle specie esotiche invasive e la gestione delle potenzialità offerte dai boschi di neoformazione, minimizzando nello stesso tempo i rischi ambientali (come gli incendi boschivi);

2. strategie di pianificazione e gestione territoriale adeguate a:

- coniugare gli obiettivi di sviluppo degli insediamenti abitativi e produttivi con l'esigenza di limitare il consumo di suolo agricolo;
- fornire conoscenze scientifiche specifiche dei territori a supporto dei piani forestali di indirizzo territoriale previsti dal Testo unico delle foreste e delle filiere forestali;
- incrementare la presenza delle aree e strutture verdi in ambiente urbano e periurbano, integrare sistemi verdi negli edifici e massimizzare la tutela della biodiversità compatibilmente con lo svolgimento delle attività antropiche;
- individuare e promuovere le più efficaci pratiche di gestione del territorio rurale, montano e delle aree interne atte a prevenire dissesti idrogeologici;



- valorizzare le componenti ambientali, agricole, forestali e tradizionali specifiche e a ridurre il gap socio-economico con i centri urbani rafforzando le sinergie e le collaborazioni
- valorizzare le conoscenze sulla vocazionalità pedologica dei territori, finalizzata a garantire produzione, buona qualità del prodotto, senza pregiudicare la conservazione del suolo.

3. struttura e del funzionamento degli ecosistemi dei diversi contesti territoriali, per una comprensione sempre più dettagliata della fisiologia, dei processi di sviluppo e interazione delle specie viventi e degli effetti di fattori ambientali, naturali e antropici sull'evoluzione degli ecosistemi stessi, per una loro appropriata gestione. La ricerca deve essere finalizzata a sviluppare nuovi metodi di analisi, strumenti, modelli e indicatori per innovare le strategie di pianificazione, le tecniche di gestione, monitoraggio e produzione per incrementare la sostenibilità dei diversi ecosistemi agricoli e forestali nelle differenti aree territoriali;

4. valorizzazione territoriale delle risorse genetiche vegetali e animali locali (landraces). La diversificazione territoriale rende l'Italia un paese ricchissimo di risorse genetiche animali e vegetali locali (landraces), adatte ad uno specifico contesto, la cui individuazione e mappatura territoriale, e successiva caratterizzazione risponde a specifiche disposizioni e si inserisce in un contesto di programmazione strutturato e di sistema ed è importante per la conservazione dell'agro-biodiversità, ma può favorire anche l'innovazione di prodotto e di processo necessari alla competitività del settore agro-forestale. Specifiche attività di ricerca riguardano:

- la caratterizzazione degli aspetti produttivi, agronomici, di allevamento e selvicolturali, con particolare attenzione alle caratteristiche qualitative, nutrizionali e merceologiche, in aggiunta a quanto descritto nell'articolazione 1, punto 2;
- l'individuazione di varietà vegetali e razze animali adatte a specifiche condizioni territoriali e ambientali per l'utilizzo in attività produttive nei territori di origine e/o in aree dalle caratteristiche pedoclimatiche limitanti (aree montane, siccitose, fredde, ecc.), al fine di rivitalizzare filiere corte, identitarie, capaci anche di recuperare e salvaguardare conoscenze tradizionali e culturali, che valorizzano e concorrono a far emergere l'unicità dei prodotti e i territori stessi;
- l'analisi delle materie prime prodotte dalle landraces per individuare molecole dall'elevato valore nutrizionale e/o salutistico e medicinale, o nuovi composti bioattivi utilizzabili nell'industria, in agricoltura, zootecnia e veterinaria per sviluppare la formulazione di nuovi prodotti nutraceutici, del settore dei prodotti officinali e della cosmesi;
- l'utilizzo di queste risorse genetiche in ambito biotecnologico, per lo sviluppo di tecniche di produzione di bioattivi attraverso sistemi colturali in vitro e bioreattori;

Per quanto riguarda il settore forestale italiano, dove i livelli di diversità specifica ed intraspecifica sono per molti generi più alti che altrove per via delle caratteristiche e della storia geo-climatica del Paese, le landraces sono importanti per programmi di conservazione e sono da studiare per individuare - ed eventualmente valorizzare con il miglioramento genetico - quelle popolazioni a migliore adattabilità climatica, maggiore produttività, ovvero più utili all'impiego pratico, per la produzione legnosa ma anche per il miglioramento e la ricostituzione ambientale.

5. effetti delle condizioni colturali/di allevamento sulle produzioni, e sviluppo di metodi analitici per la loro caratterizzazione geografica. La grande diversità territoriale e ambientale del Paese diventa un'opportunità se utilizzata strategicamente per ottenere produzioni diversificate e più competitive grazie all'ottimizzate della produttività e della qualità delle produzioni dovute proprio alle condizioni di crescita e allevamento. In questo modo, è possibile incrementare anche la competitività delle attività agricole, zootecniche e forestali praticate nei contesti territoriali caratterizzati da condizioni pedo-climatiche limitanti, come quelli delle aree interne, collinari e montane, che in Italia costituiscono più del 70% della superficie territoriale complessiva, aree nelle quali la competitività dipende dalla qualità di prodotti dal forte legame con il territorio, nonché dalla multifunzionalità dell'attività agricola, e che necessitano di ricerche riguardanti:

- lo sviluppo di soluzioni tecnologiche e di automazione e meccanizzazione adeguate;
- l'elaborazione di modelli analitici avanzati finalizzati a individuare markers identificativi e distintivi del legame tra prodotto e territorio, in grado di attestare l'origine geografica delle produzioni delle diverse aree territoriali, con particolare riferimento ai metodi di analisi degli isotopi stabili;



- metodologie di data fusion per la creazione di schemi discriminanti dell'identità geografica di origine delle produzioni;
- nuove tecniche e metodi per la tracciabilità dei prodotti forestali, strumenti di supporto alla certificazione di gestione sostenibile e di catena di custodia e la quantificazione della deforestazione "incorporata" nei prodotti importati da paesi a rischio.
- Individuazione di indicatori e metodi di misurazione dei servizi ecosistemici resi dalle diverse componenti territoriali e dei prodotti derivanti dalla loro integrazione (es. turismo)
- Data l'essenzialità dei servizi resi dagli ecosistemi è importante promuovere ricerche finalizzate alla loro quantificazione, attraverso l'individuazione di indicatori e metodi di misurazione in grado di valutare il contributo di ogni componente degli ecosistemi, inclusi quelli agricoli e forestali, e di modelli di previsione della loro variazione nel tempo in risposta al cambiamento climatico e alla gestione del territorio. La complessità della ricerca richiede un approccio multidisciplinare finalizzato a:
- identificare e quantificare i contributi forniti dalle diverse componenti ecosistemiche (diverse specie componenti la biocenosi di una data area, e la componente abiotica dell'ambiente), e delle loro interazioni, nella regolazione dei fenomeni ambientali - per esempio la regolazione del clima, delle risorse idriche, dei cicli biogeochimici, la mitigazione dei cambiamenti climatici, il sequestro del carbonio, la rimozione di inquinanti, la protezione da eventi estremi, ecc. -; nella fornitura di servizi culturali e sociali - come il valore storico ed estetico dei paesaggi, la funzione sociale delle aree verdi e la loro fruizione turistica e ricreativa, l'agriturismo, ecc.;
- approfondire le conoscenze sui servizi di supporto: supporto alla biodiversità di flora e fauna, salvaguardia di aree naturali ad alto valore ambientale, ruolo chiave degli impollinatori selvatici anche per l'agricoltura e individuazioni di metodi e tecniche per la loro protezione;
- sviluppo della modellistica ambientale e delle tecniche di modellazione degli ecosistemi agro-forestali;

7. adattabilità di specie vegetali e animali agli ambienti antropizzati ai fini produttivi e utili alla progettazione e alla gestione delle infrastrutture verdi e alla riqualificazione ambientale, con riferimento a: mitigazione dell'inquinamento atmosferico urbano; progettazione di infrastrutture verdi, di interventi di riqualificazione ambientale di aree industriali, zone produttive dismesse, cave, ecc. e di aree di connessione; tecniche di riforestazione utili anche per migliorare la mitigazione e l'adattamento al cambiamento climatico, al fine di generare una rete ecologica fra città e abitati sparsi, corridoi ecologici per il collegamento dei siti di conservazione e protezione della rete Natura 2000 (ZSC e ZPS), incrementando così la qualità ecologica del territorio; interventi di inerbimento tecnico in ambiente montano (consolidamento dei pendii) e di ingegneria naturalistica; tecnologie produttive in ambiente urbano e periurbano (es., vertical farming, acquaponica).

Impatti

Incremento della qualità ecologica e del potenziale di produzione di beni e servizi dei diversi territori e riduzione del divario tra aree urbane e rurali, interne e di montagna; mantenimento in produzione nel sistema agroforestale della biodiversità adattata a condizioni locali, e conseguente arricchimento del registro delle varietà da conservazione per le specie vegetali e di quello anagrafico per le razze autoctone; ottimizzazione della gestione territoriale e conservazione del paesaggio; contributo alla mitigazione climatica mediante l'ottimizzazione delle filiere del legno, l'aumento della resilienza climatica delle foreste e dell'uso climaticamente intelligente dei loro prodotti. Con riferimento ai Cluster di Horizon Europe essi riguardano: 1.1) Salute e Benessere; 2.12) Sostenibilità economica e sociale; 2.2); 2.9); 2.10); 2.11); 5.25) Mitigazione e adattamento al cambiamento climatico; 6.31-36). Con riferimento ai Sustainable Development Goals UN i principali impatti positivi riguardano: 2) Fame zero; 3) salute e benessere; 10) ridurre le disuguaglianze; 12) Consumo e produzioni responsabili; 13) agire per il clima; 15) la vita sulla terra;

Key Performance Indicators

- Numero di nuovi indicatori, metodi di analisi, strumenti e modelli per misurare e incrementare la sostenibilità degli ecosistemi agricoli e forestali delle differenti aree territoriali del paese, anche in relazione ai cambiamenti climatici in atto;

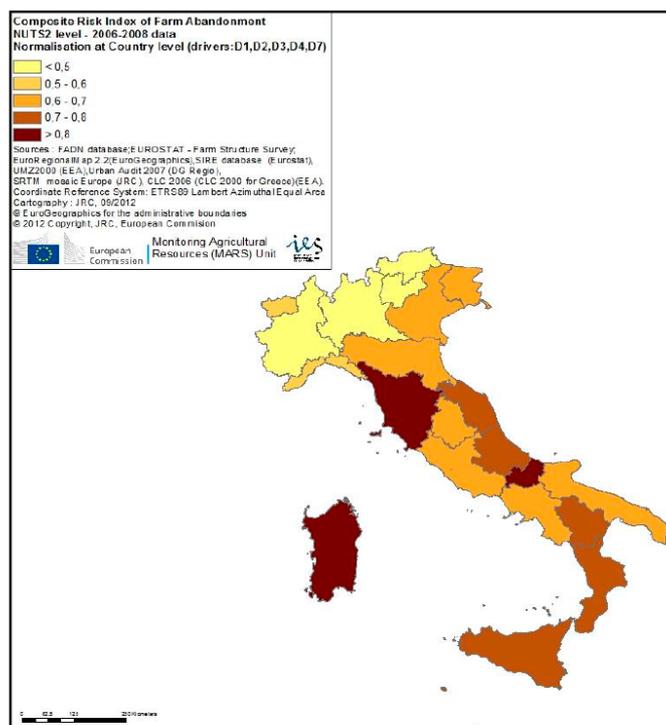


- Numero di prodotti e processi innovativi introdotti nella pratica dell'agricoltura integrata e biologica;
- Numero di adeguamenti nella normativa agro-ambientale;
- Numero di landraces individuati e caratterizzate e utilizzate nelle filiere corte e industriali;
- Percentuale di diversificazione dei modelli produttivi e gestionali in base alle specificità territoriali;
- Numero di nuovi processi e tecnologie produttive per le aree interne, montane, collinari e con condizioni pedo-climatiche limitanti;
- Numero di prodotti di qualità dal forte legame con il territorio;
- Numero di nuove tecniche e metodi adottati nella pratica per la tracciabilità dei prodotti forestali, per la certificazione di gestione sostenibile e di catena di custodia e la quantificazione della deforestazione "incorporata" nei prodotti importati da paesi a rischio;
- Numero di nuovi indicatori e metodi di misurazione dei servizi ecosistemici adottati nei provvedimenti normativi per il governo del territorio e la conservazione del paesaggio;
- Numero di nuove pratiche introdotte nella gestione territoriale, nella pianificazione delle attività agro-forestali e di conservazione del paesaggio al fine di incrementare i servizi resi alla società dagli ecosistemi;
- Numero di nuove tecniche/strumenti di telerilevamento e piattaforme tecnologiche per il monitoraggio e la gestione delle risorse e dei sistemi agro-forestali e territoriali e analisi di big data;
- Numero di nuovi indicatori di qualità del paesaggio adottati;
- Numero di innovativi metodi di interventi di mitigazione e adattamento agli effetti del cambiamento climatico e azioni di prevenzione dei rischi naturali attuati;
- Numero di nuove specie erbacee, arboree, arbustive, ornamentali, produttive adattabili ad ambienti urbani e antropizzati per la mitigazione dell'inquinamento e degli effetti del cambiamento climatico, interventi di riqualificazione, la progettazione di infrastrutture verdi, l'inerbimento tecnico e l'ingegneria naturalistica;
- Numero di nuove tecnologie produttive in ambiente urbano e periurbano.



6. Analisi e valutazioni socio-economiche dei sistemi produttivi agrari

In Italia negli ultimi 50 anni si sono persi circa 5 milioni di ettari di superficie agricola utilizzata (circa il 30%) di cui circa 2 milioni e mezzo negli ultimi 20. Il rapporto Assessing the risk of farmland abandonment in the EU - European commission 2013 stima che buona parte del territorio italiano sia a rischio di abbandono medio/elevato, come evidenziato in figura.



Le attività agricole maggiormente interessate da questi fenomeni sono quelle legate ai seminativi e agli allevamenti bovini nelle aree collinari e montane, settori in cui l'Italia presenta già importanti deficit di approvvigionamento e di particolare rilevanza per il mantenimento in quelle aree degli equilibri territoriali sia dal punto di vista ambientale sia socio-economico. In molti casi, infatti, questi fenomeni di abbandono sono accompagnati anche da una diminuzione della popolazione nelle aree rurali, soprattutto dei giovani.

In particolare è importante evidenziare come questi fenomeni si siano concentrati nelle aree con minore competitività delle produzioni e in quelle con condizioni di marginalità sociale più elevate. Tuttora vari territori ad alta redditività, ma con qualità della vita insoddisfacente soprattutto per le nuove generazioni (allevamenti di montagna, vigneti nelle colline interne, ecc.), vedono consistenti fenomeni di riduzione delle popolazioni originarie, spesso con la loro sostituzione da parte di manodopera straniera.

Le ragioni del fenomeno dell'abbandono delle aree rurali e delle attività agricole sono molteplici. Tuttavia uno dei principali motivi è l'insoddisfacente livello di benessere presente in molti contesti rurali e marginali. Infatti, i livelli di abbandono e i bassi livelli di benessere sono spesso fortemente correlati essendo una buona qualità della vita una precondizione necessaria allo sviluppo economico e sociale di un territorio. Nonostante la centralità del tema, strategie di intervento volte a risolvere gli eventuali problemi di benessere nelle aree rurali sono state raramente implementate. Tra le cause di questo modesto sviluppo di politiche specifiche vi può essere la difficoltà da parte dei policy maker ad individuare le principali componenti della qualità della vita su cui è necessario intervenire, essendo il well-being un concetto multidimensionale e relativo alle specifiche condizioni socio-economico-culturali e ambientali di ogni territorio.

Questi temi sono ben presenti nei documenti di politica agricola comunitaria, dove gli obiettivi di balanced territorial development, support viable farm income and resilience across the EU territory to enhance food security, attract young



farmers and facilitate business development in rural areas, sono richiamati sia nel regolamento attualmente vigente sia nelle proposte di riforma (European Commission, 2018; Reg. 1305/2013).

Nel programma del Presidente della Commissione europea è espressamente indicato che: “Oltre il 50 % degli europei vive in zone rurali, che sono il tessuto della nostra società e il cuore pulsante della nostra economia. La varietà di paesaggi, cultura e patrimonio è uno dei principali e più notevoli tratti distintivi dell’Europa. Queste regioni sono una parte fondamentale della nostra identità e del nostro potenziale economico. Avremo a cuore le zone rurali, le tuteleremo e investiremo nel loro futuro”. In particolare nello stesso documento si evidenzia il tema della sostenibilità economica per lo sviluppo del settore: “Dobbiamo proteggere il lavoro fondamentale che i nostri agricoltori svolgono per fornire agli europei alimenti nutrienti, a prezzo accessibile e sicuri, obiettivo che possono assicurare soltanto se, con i loro profitti, riescono a garantire una vita dignitosa alle loro famiglie. Sosterremo i nostri agricoltori con una nuova «strategia dai campi alla tavola» per gli alimenti sostenibili che coinvolga l’intera catena del valore.”

Il forte richiamo presente nei documenti ora citati alle funzioni paesaggistiche, culturali ecc., dell’agricoltura evidenzia i molteplici modi con cui essa contribuisce al benessere della società. Non tutte queste funzioni ricevono però adeguati riconoscimenti in termini economici dal mercato. Le funzioni paesaggistiche, di salvaguardia idrogeologica, ecc., pur ampiamente riconosciute come proprie dell’agricoltura non sono oggetto di specifiche forme di pagamento. L’evoluzione dell’agricoltura negli ultimi decenni pone però in rilievo come i soli meccanismi di mercato non siano in grado di garantire il mantenimento delle attività agricole e forestali su larga parte del nostro territorio. D’altra parte la teoria economica prevede la necessità di un intervento pubblico proprio nel caso dei così detti “fallimenti del mercato” e specificamente nel caso della produzione di esternalità come quelle sopra citate prodotte dall’agricoltura. Le recenti riforme delle politiche agricole pur sancendo in tutti i documenti il ruolo multifunzionale dell’agricoltura e in particolare quella delle aree più “difficili” non hanno definito forme di sostegno in grado di compensare adeguatamente la produzione dei servizi non di mercato.

Fra le ragioni di questa incoerenza normativa fra premesse di principio e strumenti attuativi vi sono le difficoltà nel valutare il ruolo delle diverse agricolture al benessere sociale e la costruzione di adeguati strumenti volti a superare questi “fallimenti del mercato”.

Un’agricoltura completamente sostenibile deve essere in grado di coniugare la sostenibilità economica con quella ambientale e sociale e quindi di offrire anche le funzioni apprezzate dalla società ma non compensate direttamente dai mercati.

Il problema principale per il conseguimento di una piena sostenibilità economica delle attività agricole è comunque rappresentato dall’aumento della loro quota di valore aggiunto all’interno della filiera agroalimentare. Attualmente il prezzo finale dei prodotti agroalimentari è determinato solo in piccolissima percentuale dal prezzo pagato agli agricoltori per le materie prime. Un recente studio ISMEA sulla formazione del valore nel settore cerealicolo quantifica nel 24 e nell’8% il peso del prezzo all’origine del grano duro e di quello tenero nella formazione, rispettivamente, del prezzo al dettaglio della pasta e del pane. Un riequilibrio delle percentuali del valore aggiunto finale fra le varie componenti appare necessario e richiamato anche dai recenti documenti dell’UE. Il raggiungimento di questo obiettivo non è però né semplice né di breve periodo, esso richiede più azioni fra loro coordinate che vanno dalla riorganizzazione delle strutture produttive, al miglioramento delle capacità imprenditoriali degli agricoltori soprattutto dal punto di vista del marketing strategico e della capacità di agire in rete, alla capacità di individuare e realizzare nuovi modelli di business.

D’altra parte l’evoluzione sociale in atto e accelerata dagli attuali fenomeni epidemici offre importanti opportunità agli operatori agricoli per sviluppare nuovi modelli di business “Le persone prestano un’attenzione sempre maggiore alle questioni ambientali, sanitarie, sociali ed etiche e, ora più che mai, ricercano valore negli alimenti. Anche se le società diventano più urbanizzate, le persone vogliono sentirsi più “vicine” agli alimenti che consumano, vogliono che siano freschi e meno lavorati e che provengano da fonti sostenibili. Inoltre le richieste di filiere più corte si sono intensificate durante l’attuale pandemia. Vi è la necessità di mettere i consumatori nelle condizioni di scegliere alimenti sostenibili: tutti gli attori della filiera alimentare dovrebbero considerarla una loro responsabilità e un’opportunità” (comunicazione Commissione europea “From farm to fork”.



Obiettivi

Produrre conoscenze e strumenti per garantire la sostenibilità economica di processi di sviluppo in grado di coniugare competitività delle produzioni con sostenibilità ambientale e sociale insieme alla valorizzazione delle funzioni non di mercato (paesaggistiche, di salvaguardia idrogeologica, di mantenimento dei cultural heritage e della biodiversità, di contrasto al cambiamento climatico, ...)

In questa prospettiva sono state individuate le seguenti linee di ricerca.

1. Valutazione delle condizioni di qualità della vita nelle aree rurali ai fini della individuazione di condizioni di esclusione sociale

Questa tematica ha la finalità di comprendere le determinanti della qualità della vita che più possono/stanno pregiudicando la permanenza sui territori e conseguentemente di proporre strumenti di sviluppo rurale in grado di eliminare o attenuare le condizioni di esclusione sociale.

In particolare si prevedono le seguenti linee di ricerca.

- Modelli di valutazione del benessere nelle aree rurali anche in relazione ai SDGs.
- Analisi sui fattori limitazionali alla permanenza delle attività agricole
- Strumenti/azioni per il superamento di situazioni di insoddisfacente qualità della vita
- Individuazione di interventi appropriati per costruire o rafforzare un ambiente abilitante (enabling environment) che valorizzi le potenzialità delle aziende agricole in relazione al loro specifico contesto territoriale
- Forme di organizzazione istituzionale adeguate a gestire i nuovi equilibri socio-economici che si stanno creando in molte aree rurali in relazione alle dinamiche sociali e economiche sempre più veloci.

Fra i principali impatti previsti:

- Realizzazione di modelli di valutazione del benessere applicabili a molteplici territori nazionali e esteri. Comprensione dei fenomeni di abbandono e quindi possibilità di interventi per la loro riduzione se non inversione.
- Definizione di forme di organizzazione istituzionale adeguate a gestire le nuove sfide per le aree rurali.

2. Valutazione economica dei servizi non di mercato dell'agricoltura

Obiettivo di questa tematica di ricerca è quello di contribuire alla conoscenza e alla valorizzazione delle funzioni non di mercato svolte dall'agricoltura attraverso:

- Quantificazione in una prospettiva il più possibile multidisciplinare e articolata per territori e attività svolte delle principali;
- Valutazione economica in termini sia di maggiori costi sia di utilità prodotta;
- Definizione di strumenti operativi di politica agraria in grado di valorizzare questo tipo di funzioni;
- Identificazione di strumenti per la maggiore internalizzazione possibile di tali funzioni in meccanismi di mercato;
- Valutazioni sull'introduzione di dazi per prodotti esteri con standard di sostenibilità inferiori.

Fra i principali impatti previsti vi sono:

- Sviluppo di strumenti di politica agraria finalizzati alla realizzazione di sistemi agrari sostenibili ad alto valore sociale.
- Riconoscimento formale per i servizi socio-ambientali realizzati dalle diverse agricolture e dai diversi processi produttivi, con finalità anche di maggiore condivisione sociale degli aiuti all'agricoltura.
- Possibilità di mitigazione dei fenomeni di abbandono con interventi mirati e consapevoli dei livelli di importanza sociale dei territori.



3. Studio di strumenti di politica agraria per favorire forme di sviluppo rurale promosse dalle comunità rurali stesse

Anche al fine dello sviluppo di una visione europea per il futuro delle aree rurali, come previsto dalla Presidenza della Commissione Europea, appare strategico lo studio per le aree rurali più vulnerabili di approcci bottom-up e di ricerca partecipata che favoriscano forme di aggregazione sociale ed economica e modelli di cooperazione pubblico-privato-sociale nelle attività economiche e nell'erogazione dei servizi pubblici.

Impatti previsti: nuove forme di cooperazione pubblico privato in grado di promuovere processi di sviluppo sostenibile nelle aree rurali.

4. Studio di strumenti per ridurre gli effetti delle oscillazioni dei mercati sui redditi degli agricoltori

Le crescenti interdipendenze mondiali e l'aumentata pressione sulle risorse alimentari stanno determinando oscillazione dei prezzi nei mercati agricoli (grano duro, ecc.) con maggiore frequenza ed intensità rispetto al passato, con effetti sui redditi degli agricoltori che richiedono forme di intervento privato e pubblico per la mitigazione del rischio. Ad esempio il grano duro negli ultimi anni ha visto quotazioni che vanno dai quasi 400 ai 70 euro a tonnellata.

Finalità di questa tematica è l'individuazione degli strumenti più adeguati per garantire la massima protezione agli agricoltori sui rischi legati alle ormai strutturali oscillazioni dei prezzi dei prodotti agricolo sui mercati mondiali.

In particolare appare necessario sviluppare nuovi strumenti di gestione del rischio adeguati per le produzioni italiane, caratterizzate da forte eterogeneità qualitativa e dimensioni complessive dei mercati limitate.

L'impiego di Big data per l'elaborazione di indici biometrici e dati meteo al fine di migliorare gli attuali strumenti assicurativi e di prevenzione dei rischi possono costituire un ulteriore tema di ricerca.

Fra i principali risultati di queste ricerche vi sono la messa a punto di strumenti di riduzione del rischio su base volontaria per determinate categorie di prodotti, specifiche forme di intervento pubblico in grado di alterare al minimo i meccanismi propri di ciascun mercato, la definizione di forme di organizzazione dei mercati e delle filiere capaci di meglio rispondere alle oscillazioni dei prezzi.

5. Miglioramento del valore aggiunto del settore agricolo

Il tema dell'incremento del valore aggiunto è di fondamentale importanza per le prospettive di sviluppo del settore agricolo. Si tratta di un tema complesso che non prevede un'unica soluzione, ma molteplici azioni coordinate fra loro. In questa prospettiva ricerche indirizzate ai seguenti temi specifici appaiono di rilevante importanza.

- L'ampiezza media delle aziende è 7,9 ettari in Italia contro i 53,9 della Francia e i 55,8 della Germania, e oltre il 60% dei conduttori ha oltre i 60 anni di età (censimento 2010). Pur nella diversità delle caratteristiche di tali agricolture, appare necessario lo sviluppo di azioni per incentivare la riorganizzazione fondiaria, la realizzazione di nuovi modelli di associazionismo e di crescita professionale e culturale in agricoltura.
- Il basso livello del valore aggiunto dell'agricoltura nella filiera alimentare e le dinamiche che vedono un ruolo sempre maggiore della grande distribuzione impongono lo studio di azioni di miglioramento della food chain sia come forme di governance sia come innovazioni tese alla massima efficienza dei canali distributivi (ottimizzazione della logistica, maggiori integrazioni agricoltura attività di trasformazione). In questo quadro lo studio di strumenti per favorire filiere più corte appare di estrema rilevanza.
- Sviluppo di nuovi modelli di business per prodotti innovativi sostenibili ad alto valore aggiunto, con elevati contenuti qualitativi, legati a specificità territoriali e rispondenti a specifiche esigenze dei consumatori (funzioni salutistiche, dietetiche, ecc.).
- Sviluppo di nuovi modelli di business legati alla valorizzazione delle proprietà di prodotti già esistenti (proprietà salutistiche, funzionali, tipiche, ecc.) insieme alla realizzazione di processi produttivi innovativi capaci di esaltarne gli aspetti di tipicità e di sostenibilità. In questo contesto lo studio di strumenti in grado di migliorare le garanzie sulle caratteristiche dei prodotti, come le blockchain, può rappresentare un altro rilevante campo d'indagine.



- Studio del comportamento dei consumatori per individuare i livelli di conoscenza sui prodotti sia sulle loro proprietà nutrizionali, ecc. per lo sviluppo di adeguate campagne informative finalizzate alla promozione di un consumo consapevole e sostenibile e la realizzazione di comunicazioni sui prodotti (etichettatura, pubblicità, ecc.) in grado di aiutare i consumatori nelle loro scelte alimentari. In linea con quanto indicato dalla Commissione europea nella comunicazione “From farm to Fork”: “Fornire ai consumatori informazioni chiare che rendano loro più semplice scegliere regimi alimentari sani e sostenibili andrà a vantaggio della loro salute e della loro qualità della vita e ridurrà i costi sanitari. Per dare ai consumatori gli strumenti necessari per compiere scelte alimentari consapevoli, sane e sostenibili, la Commissione proporrà un’etichettatura nutrizionale sulla parte anteriore dell’imballaggio obbligatoria e armonizzata e valuterà la possibilità di proporre l’estensione a determinati prodotti dell’obbligo delle indicazioni di origine o di provenienza, tenendo pienamente conto degli impatti sul mercato unico. La Commissione valuterà inoltre possibili modalità per l’armonizzazione delle dichiarazioni ambientali volontarie e per la creazione di un quadro per l’etichettatura di sostenibilità che, in sinergia con altre iniziative pertinenti, contempli gli aspetti nutrizionali, climatici, ambientali e sociali dei prodotti alimentari”.

Impatti

- Aumento della capacità contrattuale delle aziende agricole sia per il miglioramento delle organizzazioni aziendali sia per lo sviluppo di nuove reti associative sia per lo sviluppo di prodotti con forti identità territoriali e qualitative;
- Incremento del valore aggiunto del settore agricolo grazie a migliori organizzazioni di filiera e distributive;
- Aumento della disponibilità di prodotti di origine garantita e con elevate proprietà nutrizionali e di sostenibilità;
- Aumento della consapevolezza dei consumatori rispetto alle proprietà dei prodotti alimentari.

Con riferimento ai Cluster di Horizon Europe gli impatti attesi sono principalmente riferibili a: 1.1) Salute e Benessere; 2.12) Sostenibilità economica e sociale; Cluster 6. Protezione delle biorisorse, bioeconomia e sicurezza alimentare

Key Performance Indicators

Le ricerche che si svilupperanno secondo queste linee guida e con adeguate dotazioni finanziarie, potranno avere impatti valutabili attraverso i seguenti indicatori di performance:

- sviluppo di modelli di valutazione della qualità della vita;
- individuazione di fattori limitazionali per lo sviluppo rurale;
- realizzazione di strumenti di valutazione delle principali esternalità agricole;
- messa a punto di strumenti di politica agraria per la valorizzazione di tutte le funzioni dell’agricoltura;
- realizzazione di forme di promozione di processi di sviluppo rurale di tipo bottom-up;
- definizione di strumenti di gestione del rischio in agricoltura specifici per le problematiche nazionali;
- identificazione degli elementi critici della filiera agroalimentari e individuazione di soluzioni alternative per favorire una redistribuzione del valore aggiunto fra le diverse componenti;
- studi multidisciplinari per di nuovi modelli di business per le aziende agricole basati su prodotti ad alta tipicità/alto valore nutrizionale;
- studi sul consumatore per la messa a punto di forme di comunicazione pubblico privata per il miglioramento della consapevolezza alimentare.

Interconnessioni con altri Ambiti Tematici

Articolazioni Ambito

Conoscenza e gestione dei sistemi agricoli e forestali
altri Grandi Ambiti

Con Ambiti di altri Grandi Ambiti Con Articolazioni di

1. Miglioramento sostenibile delle produzioni primarie

6.2 1.2.3, 1.3.5, 1.4.10, 4.2 I, 4.4.4, 5.4.1



2. Sicurezza e qualità delle produzioni primarie	6.2	1.1.7, 1.2.3, 4.4.4,
3. Integrazione fra agricoltura a destinazione alimentare e non alimentare	6.3	1.2.3, 4.4.4, 4.6.1, 5.3.4,
4. Attività agricola e forestale a protezione dell'ambiente e delle risorse naturali	3.2,	4.4.4, 4.7.7, 6.3.1
5. Sistemi agricoli e forestali per la salvaguardia e la valorizzazione del territorio	3.2,	2.3.3, 2.4.5, 2.5.4, 2.5.5, 4.2.3, 4.4.4, 4.7.7, 6.3.1
6. Analisi e valutazioni socio-economiche dei sistemi produttivi agrari	3.2,	2.1.4, 2.3.3, 2.4.5, 2.5.1, 2.5.4,
Intero Ambito Conoscenza e gestione dei sistemi agricoli e forestali	4.1, 5.2	2.5.5,

6.5 Conoscenza, innovazione tecnologica e gestione sostenibile degli ecosistemi marini

Il ruolo del mare per l'Italia

Il mare rappresenta una fonte di benessere e di opportunità: mitiga il clima, rappresenta una fonte di risorse alimentari, fossili e minerali, trattiene una parte significativa della CO₂ di origine antropica, assorbe una parte rilevante del riscaldamento globale, supporta una rete di comunicazione globale ed è una risorsa economica strategica collegata a molti altri settori (turismo, farmaceutico, nutraceutico, cantieristico ecc.). **Per l'Italia, con i suoi 8000 chilometri di coste e la posizione centrale nel Mediterraneo, il mare è attore principale, da sempre, per lo sviluppo sociale, economico e per il benessere generale dei suoi cittadini** in tutti i settori sopra citati. Basti pensare che, al 31 dicembre 2018, l'economia del mare contava circa 200.000 imprese (il 3,3% del totale delle imprese nel Paese) con 885,2 mila occupati (il 3,5% sul totale dell'occupazione del Paese), e un valore aggiunto di 46,7 miliardi di euro (3,0% dell'economia italiana) (fonte: UNIONCAMERE, 2018).

Settori quali il turismo (30,9% del valore aggiunto nazionale prodotto), la movimentazione di merci e passeggeri via mare e la cantieristica navale e da diporto (40.000 aziende con un fatturato di 15 miliardi di euro e 230.000 dipendenti) rendono l'Italia un leader globale. Il rapporto *The BLUEMED Italian White Paper, 2019* descrive l'importanza dell'economia legata al mare per l'Italia che vede il settore della cantieristica, in forte crescita grazie all'incremento di ordini di navi da crociera e di imbarcazioni da diporto. La filiera ittica è competitiva in campo internazionale registrando nel 2018 circa 706 milioni di euro esportazione (*VIII Rapporto Economia del mare, 2018*).

Nonostante la centralità della *blue economy* per il sistema nazionale, continua ad esserci una visione di lungo termine che tende a considerare il mare come una mera risorsa da sfruttare e non una fonte di beni e servizi da tutelare per la società. Tale visione porta ad uno sfruttamento incontrollato che potrebbe alterare gli ecosistemi marini che, di conseguenza potrebbero cessare di fornire beni e servizi all'umanità.

Le attività antropiche, marine o terrestri, producono impatti sugli ecosistemi e la biodiversità marina. La popolazione dell'Unione Europea che vive nelle città costiere è più che raddoppiata negli ultimi 50 anni e sono incrementate anche le attività commerciali, ricreative e industriali collegate al mare, con una crescente urbanizzazione della fascia costiera e la realizzazione di infrastrutture trasportistiche a terra (strade, ferrovie, aeroporti) e a mare (porti, approdi). Oltre agli impatti diretti delle attività costiere, il sistema fluviale porta al mare i rifiuti chimici, fisici e biologici derivanti da attività agricole, civili e industriali provenienti dall'entroterra. Il trasporto marittimo contribuisce in modo significativo all'inquinamento dell'ambiente a causa, ad esempio, dell'utilizzo di tecnologie obsolete, di regole spesso non adeguate e di comportamenti poco rispettosi dell'ambiente. Il rischio di incidenti dovuto all'impiego di imbarcazioni in cattive condizioni di manutenzione, unito ad una cattiva gestione delle acque di zavorra, allo scarico illegale di acque di sentina e al lavaggio in mare delle cisterne, hanno conseguenze pesanti sugli ambienti marini e sui loro *habitat* compromettendone la biodiversità. Questi sono solo alcuni esempi degli effetti negativi generati dalle attività economiche della *blue economy* che rischiano di compromettere in modo irreversibile la biodiversità e il corretto funzionamento degli ecosistemi essenziali per il benessere fisico, sociale ed economico dell'uomo, e dell'intero pianeta.



Se da un lato in Italia il mare è una ricchezza ancora da valorizzare pienamente, dall'altro l'esigenza di protezione ambientale - a cui tutti i settori economici devono rispondere - implica anche per la *blue economy* la necessità di adottare modelli produttivi sostenibili. **Le potenzialità economiche di settore e la necessità di preservare le risorse naturali, rappresentano la base su cui focalizzare attività di ricerca ed innovazione per abbracciare un approccio ecosistemico e sostenibile alla gestione delle attività economiche della *blue economy*.**

Verso un nuovo modello di sostenibilità marina

Il *New Green Deal* della Commissione Europea propone una revisione radicale dell'organizzazione dei nostri sistemi di produzione e consumo che dovranno basarsi sul rispetto della gerarchia ambiente-società-economia e, di conseguenza, il Piano Nazionale della Ricerca (PNR) avrà come tema trasversale quello della sostenibilità. La sostenibilità - ambientale, sociale ed economica - richiede di migliorare e consolidare le conoscenze del mare e del suo rapporto con le attività a terra. Lo sviluppo delle conoscenze non potrà prescindere, oltre ad approcci tradizionali consolidati, dall'uso di tecnologie digitali, satellitari e dallo sfruttamento delle potenzialità connesse all'utilizzazione di intelligenza artificiale, *machine learning* ed industria 4.0. Quindi, tutte le linee di ricerca del prossimo settennio dovranno tenere conto non solo della necessità di sviluppare iniziative sostenibili, bensì anche prevedere iniziative di ricerca volte a ripristinare condizioni di sostenibilità laddove queste siano state seriamente pregiudicate.

Il modello di sostenibilità adottato nel PNR prevede che le linee di ricerca prioritarie proposte tengano conto dell'interazione tra le sfere: 1) ambientale (che comprende gli ecosistemi, la società e l'economia); **2) sociale** (che contiene tutte le interazioni tra umani che costituiscono le varie società, e l'economia); **3) economica** (che contiene le interazioni che riguardano la produzione e il consumo di beni e servizi direttamente connessi con le attività umane).

La sostenibilità marina implica che ogni attività produca benessere, sviluppo economico ed equità sociale senza avere impatti significativi sulla biodiversità e sul funzionamento degli ecosistemi marini e costieri. Il PNR nelle linee di ricerca proposte recepisce le Direttive Europee e le agende internazionali per la salvaguardia degli ecosistemi e per la sostenibilità. Le ricerche dovranno contribuire agli obiettivi identificati dalla "*Marine Strategy Framework Directive*" (MSFD), in particolare agli undici Descrittori di Buono Stato Ambientale, dalla Convenzione sulla Diversità Biologica (CBD) e dal "*Sustainable Development Goal 14*" (SDG 14) delle Nazioni Unite.



Rilevanza rispetto alle transizioni ambientale, digitale, economica, energetica e sociale

Il *Green Deal* richiede di guardare al futuro dell'economia e della società ripensando al concetto di sostenibilità non come un vincolo ma come un'opportunità per massimizzare i livelli di efficienza della *blue economy* preservando le risorse naturali fondamentali al benessere dell'uomo. A tal fine risulta indispensabile un approccio olistico e intersettoriale capace di valorizzare le sinergie per incrementare l'efficacia e potenziare l'impatto delle azioni da intraprendere. **Il risparmio e l'efficientamento energetico, la digitalizzazione e i principi dell'economia**



circolare come strumenti a supporto della *blue economy* necessari al ripristino degli ecosistemi naturali su cui essa insiste ed abilitanti nel garantire l'uso sostenibile delle risorse. Se opportunamente disegnato il processo di trasformazione digitale, solitamente indicato come soluzione al miglioramento di aspetti di efficienza delle operazioni (riduzione di tempi e costi), diventa strategico per la realizzazione ed implementazione di metodologie e tecnologie per un'economia sostenibile. Le recenti innovazioni digitali e robotiche realizzano l'acquisizione ed elaborazione intelligente dei dati rilevati dall'osservazione degli ecosistemi marini e costieri e hanno la potenzialità di generare informazioni utili alla conoscenza delle dinamiche di interazione uomo-ambiente, dello stato della biodiversità e delle variabili di cui tener conto nello sviluppo di modelli sostenibili. I sistemi digitali, inoltre, possono velocizzare e massimizzare campagne di analisi e piani di azioni di resilienza e mitigazione degli effetti del cambiamento climatico e consentire l'ottimizzazione dell'uso delle risorse naturali ed energetiche riducendo gli sprechi.

Obiettivi 2021-2027

1. Produrre energia a basso impatto di CO₂ e polveri sottili. 2. Ridurre la diffusione di materiali non riciclabili. 3. Eliminare l'uso di contaminanti che alterino i biota marini. 4. Gestire la pesca e l'acquacoltura in modo sostenibile. 5. Sviluppare pratiche industriali sostenibili. 6. Ammodernare la rete infrastrutturale costiera. 7. Identificare unità spaziali ecologicamente coerenti di conservazione e gestione dell'ambiente marino. 8. Valutare i beni e servizi ecosistemici, ed introdurre nei processi di pianificazione i costi indotti dalle loro alterazioni. 9. Abbracciare i principi di sostenibilità ecologica sociale ed economica. 10. Sviluppare sistemi digitali intelligenti per il monitoraggio e la salvaguardia delle risorse marine e costiere anche in relazione alla definizione di politiche ed interventi per la mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici. 11. Promuovere la conoscenza delle relazioni tra biodiversità e funzionamento degli ecosistemi marini per raggiungere obiettivi di sostenibilità.

Infrastrutture per la ricerca marina

La ricerca marina richiede tecnologie ed infrastrutture in grado di affrontare i livelli di complessità ed estensione richiesti da un sistema tridimensionale che cambia continuamente nel tempo. Le infrastrutture, ad oggi carenti in Italia, devono essere pensate con modalità che permettano integrazioni e sinergie anche per la validazione e taratura dei modelli matematici previsionali. Le infrastrutture per la ricerca a mare necessarie per il Paese sono:

Infrastrutture fisse

- 1 Le **stazioni marine** costiere con accesso diretto agli ambienti limitrofi, pur avendo bassa rappresentatività spaziale sono fondamentali per l'acquisizione di dati a **lungo termine** e per **esperimenti manipolativi** in ambienti costieri, in mare aperto e mesocosmi, per l'oceanografia fisica, la biologia e l'ecologia marina, per studi chimico-fisici e geologici (*near sea floor*, per rilievi batimetrici) su scale temporali diverse. Anche i radar costieri sono assimilabili a infrastrutture fisse.
- 2 **Laboratori di ingegneria e idraulica marittima e costiera**, con vasche e canali per modelli 3D e 2D di grandi dimensioni (come, per esempio, il LIC – Laboratorio di Ingegneria Costiera del Politecnico di Bari), in grado di simulare correnti, onde marine (onde di gravità e onde lunghe, con fondali fissi o mobili, anche in presenza di vegetazione di fondo) e vento.
- 3 **Infrastrutture digitali (sistemi di calcolo e di storage)** per rendere fruibili i dati misurati da infrastrutture fisse e mobili (*Science Portal*), relativamente a tutti i campi di interesse delle scienze marine, sviluppare ed utilizzare grandi modelli ecosistemici di simulazione multi-scala e multi-fisica multi-processo raccogliere in forma standardizzata analizzare i dati con metodi tradizionali ed innovativi, inclusi i metodi dell'Intelligenza Artificiale e gli algoritmi per l'analisi dei dati genomici.
- 4 **Altri Laboratori dedicati alle scienze marine anche se non direttamente ubicati sul mare (istituti di ricerca sperimentale con intensa attività di laboratorio).**



Infrastrutture mobili

- 1 **Navi e Battelli oceanografici** utilizzati per tutti gli ambiti delle scienze marine, soprattutto *off-shore* e in mare profondo, e per rilievi batimetrici multi-fascio necessari per la mappatura del fondale marino.
- 2 **Boe oceanografiche fisse e derivanti (lagrangiane)**, unità automatiche di rilevamento delle condizioni oceanografiche superficiali (*drifters*) e profonde (*floats*).
- 3 **Veicoli sottomarini** autonomi, singoli o in sciame.
- 4 **Stazioni di telerilevamento da satellite o da droni** di superficie o aerei per ottenere informazioni sinottiche su ampie scale dello stato della superficie marina.
- 5 **Infrastrutture di opportunità**. Si tratta principalmente di navi militari o di imbarcazioni devolute ad altri scopi su cui vengono montati strumenti di rilevamento per la definizione di approcci sicuri, efficienti, efficaci e resilienti al trasferimento dei dati da bordo a terra (*vessel to shore*) anche adottando tecnologie di trasmissione di ultima generazione. **Il programma *High North* rientra in questa tipologia, con una stretta collaborazione tra Marina Militare e Enti Pubblici di Ricerca.**

Raccomandazioni

- Potenziare le infrastrutture esistenti e predisporre un inventario.
- Creare una struttura di coordinamento per le infrastrutture che favorisca l'identificazione di strategie comuni di utilizzo, sinergie ed ottimizzazioni, e completi la copertura spaziale e temporale di osservazione ed analisi dell'ambiente marino con nuove infrastrutture.
- Garantire la copertura spaziale dell'intera costa italiana attraverso infrastrutture fisse situate a distanza opportuna.
- Garantire collegamenti delle infrastrutture italiane con quelle dei paesi confinanti in una ottica pan-mediterranea.
- Adeguare le infrastrutture al rilevamento di variabili rilevanti ai fini della biodiversità, il funzionamento degli ecosistemi, e la analisi degli impatti antropici sugli ecosistemi marini.
- Potenziare il monitoraggio delle ARPA in base alle più moderne conoscenze generate dal sistema della ricerca.
- Pianificare rilievi oceanografici e batimetrici con un approccio di *rapid response* dopo eventi significativi naturali (ad es. dopo piene fluviali ecc.) per valutare l'impatto sull'ecosistema, e per guidare lo studio degli ecosistemi e l'*assessment* del loro stato ecologico identificando anche la presenza di impatti antropici.
- Promuovere la ricerca sui cambiamenti climatici e dei loro effetti in aree polari in sinergia con i programmi nazionali delle altre nazioni.
- Digitalizzare tutte le informazioni ottenute utilizzando le infrastrutture per generare conoscenza finalizzata ad una gestione sostenibile delle attività marittime.

Approccio metodologico

La sequenza delle sei articolazioni parte dalla fase di generazione di nuova conoscenza fino a quella di gestione delle risorse marine avendo al centro il concetto di sostenibilità marina a supporto della crescita blu ossia “... *una crescita sostenibile nei settori marino e marittimo*” così come riportato in: https://ec.europa.eu/maritimeaffairs/policy/blue_growth_it.

Le linee di ricerca proposte per acquisire conoscenza, creare tecnologie innovative e gestire in modo sostenibile le risorse marine anche nell'ambito del cambiamento climatico, ripercorrono in ciascuna delle sei articolazioni identificate (1. *Conoscenza degli ecosistemi marini e della fascia costiera*, 2. *Tecnologie industriali e digitali per la navigazione e la gestione sostenibile delle operazioni in mare*, 3. *Innovazione infrastrutturale per lo sviluppo di una nuova economia sostenibile legata al mare*, 4. *Nuovi modelli per la valorizzazione sostenibile delle risorse marine*, 5. *Strumenti osservativi per la conoscenza dell'ecosistema marino e costiero*, 6. *Costruzione di modelli di gestione basati sull'approccio ecosistemico*) i principi del *Green Deal*, contemplando temi di ricerca che concorrono ai processi di transizione ecologica, digitale, economica, energetica e sociale quali ad esempio modelli per la valutazione e la gestione degli effetti del cambiamento climatico nella realizzazione delle infrastrutture marittime, processi produttivi basati sul



life cycle thinking approach nei settori della cantieristica navale e dello sfruttamento degli idrocarburi in mare, produzione di energia rinnovabile marina, sistemi digitali integrati con le innovazioni dell'Intelligenza Artificiale (IA) per l'esplorazione e l'osservazione degli oceani per la predizione dei fenomeni di impatto ambientale e per aumentare il livello di sicurezza e di automazione delle diverse attività economiche della *blue economy*.

La scelta di definire ed ordinare le sei articolazioni dalla conoscenza dei meccanismi della biodiversità e del funzionamento degli ecosistemi marini e costieri allo studio di nuovi modelli di gestione delle risorse marine quali il turismo, la pesca e l'acquacoltura basati su un approccio ecosistemico, nasce dalla consapevolezza della necessità di osservare le dinamiche evolutive dei mari per rilevare dati, informazioni, nuovi parametri e meccanismi naturali in funzione dei quali creare nuove tecnologie e attività antropiche ecologiche che garantiscano un uso sostenibile delle risorse efficace e al contempo efficiente.

Nel perseguimento dell'ambizioso obiettivo, posto dalla presidenza della Commissione Europea, di transizione equa e giusta verso un'economia sostenibile e con impatto ambientale zero, viene promossa una conoscenza del mare innovativa per sviluppare attività di ricerca e sviluppo orientate a:

- ottimizzazione delle operazioni e dell'impiego delle risorse contro gli sprechi e per la riduzione degli impatti ambientali;
- implementazione di soluzioni per il risparmio energetico e per la decarbonizzazione di tutti i comparti della *blue economy*;
- creazione di innovazioni tecnologiche e modelli di produzione e manageriali basati sull'economia circolare e su un approccio ecosistemico nell'uso della risorsa mare.

Le innovazioni provenienti dal mondo digitale sono trasversali ad ogni azione proposta in quanto, grazie all'avvento delle nuove tecnologie dell'intelligenza artificiale, del *cloud computing*, della realtà aumentata e dell'*Internet of Things*, rappresentano uno strumento indispensabile al processo di transizione verso la sostenibilità di tutte le attività antropiche che interagiscono con gli ecosistemi marini e costieri e all'incremento di resilienza della biodiversità.

In coerenza con gli obiettivi della direttiva Quadro sulla Strategia per l'Ambiente Marino (2008/56/CE, *Marine Strategy*) e della direttiva *Maritime Spatial Planning* (MSP - 2014/89/EC) che promuovono rispettivamente il raggiungimento di un buono stato ambientale in tutte le acque europee e la realizzazione di piani di gestione degli spazi marini per lo sviluppo di sinergie tra le diverse attività dell'economia del mare, le linee di ricerca proposte sono finalizzate alla conoscenza e all'innovazione tecnologica basata su un approccio olistico che analizzi e valuti le diverse componenti del sistema mare nella sua complessità, e su un approccio interdisciplinare, che integri le diverse competenze del mondo scientifico.

Figura 1 - Le linee di ricerca: articolazioni e sotto-ambiti.

CONOSCENZA DEGLI ECOSISTEMI MARINI E DELLA FASCIA COSTIERA	Biodiversità E Cambiamenti Globali	Impatti E Salute Umana	Conservazione E Gestione	Erosione Costiera, Sommersione ed Impatti Antropici Da Terra
TECNOLOGIE INDUSTRIALI E DIGITALI PER LA NAVIGAZIONE E LA GESTIONE SOSTENIBILE DELLE OPERAZIONI IN MARE	Costruzioni Navali e Marine	Robotica Marina	Nuove Soluzioni Digitali per la Sicurezza in Mare	Oceano Digitale
INNOVAZIONE INFRASTRUTTURALE PER LO SVILUPPO DI UNA NUOVA ECONOMIA SOSTENIBILE LEGATA AL MARE	Ecoporti	Ambiente ed Economia nella Posizione in Opera delle Condotte Sottomarine		Smart Bay
NUOVI MODELLI PER LA VALORIZZAZIONE SOSTENIBILE DELLE RISORSE MARINE	Risorse Abiotiche Marine	Energie Rinnovabili	Economia Circolare, Analisi Del Ciclo Di Vita e Contabilità Naturale	Processi di Decommissioning Sostenibili
STRUMENTI OSSERVATIVI PER LA CONOSCENZA DELL'ECOSISTEMA MARINO E COSTIERO	Ecosistema Marino E Costiero		Condizioni Climatiche	
COSTRUZIONE DI MODELLI DI GESTIONE BASATI SULL'APPROCCIO ECOSISTEMICO	Turismo sostenibile	Pesca	Acquacoltura	



Ogni articolazione include due o più sotto-ambiti di ricerca (dalla navigazione, alle operazioni in mare, allo sviluppo delle infrastrutture marittime, alla produzione di energia rinnovabile marina e fino alle attività ricreative del turismo e della pesca) per i quali vengono identificati e descritti:

- **gap di conoscenze e gap tecnologici** per un uso sostenibile delle risorse marine;
- **sfide di ricerca ed innovazioni** da perseguire e vincere mediante azioni di ricerca chiare e concrete.

Il mondo della ricerca ha il dovere di proporre nuove modalità di accesso ed uso dei servizi ecosistemici offerti dal mare. Le sei articolazioni mostrano l'importanza di agire su più livelli e con differenti approcci e strumenti per abilitare il concetto di sostenibilità marina, non solo colmando le lacune tecnologiche e di conoscenza ma realizzando anche processi di trasferimento dalla conoscenza alla pratica e individuando soluzioni che eliminano concorrenza e conflitti di interesse tra gli stakeholder.

Le sfide di ricerca proposte in ciascuna delle 6 articolazioni concorrono al mantenimento del buono stato ecologico dell'ambiente in linea con i descrittori della MSFD.

Articolazione 1. Conoscenza degli ecosistemi marini e della fascia costiera (TRL < 6)

A supporto delle politiche di gestione e conservazione ambientale, **la ricerca dovrà colmare i gap conoscitivi sulla biodiversità e sul funzionamento degli ecosistemi marini**. Sono prioritarie linee di ricerca volte a comprendere e quantificare le relazioni tra biodiversità, funzionamento e servizi ecosistemici e l'identificazione dei limiti di resilienza e soglie critiche di transizione rispetto a pressioni multiple (incluso inquinamento, cambiamento climatico, specie invasive, sovrasfruttamento delle risorse). È strategico lo **sviluppo di metodologie per la conservazione**, il ripristino e la riabilitazione degli ecosistemi, inclusa la rimozione di contaminanti e la mitigazione di effetti climatici **attraverso soluzioni naturali** finalizzate all'assorbimento di carbonio da parte dei sistemi marini, nonché l'identificazione di unità spaziali ecologicamente coerenti di gestione dell'ambiente marino per la conservazione, la pianificazione spaziale marittima e la gestione integrata della fascia costiera.

È fondamentale comprendere la dinamica di alterazione delle coste anche alla luce dei cambiamenti climatici e comprendere le connessioni tra ambiente marino e terrestre attraverso l'analisi degli impatti antropici provenienti da terra.

Tradurre la conoscenza scientifica in politiche gestionali richiede lo sviluppo di modelli e metodi di sintesi della conoscenza finalizzati alla valutazione dello stato ecologico dei sistemi ed alla stima quantitativa delle loro risposte all'impatto antropico.

Obiettivi

La conoscenza degli ecosistemi marini e della fascia costiera implica il perseguimento dei seguenti obiettivi: 1) promuovere la conoscenza della biodiversità marina; 2) valutare la capacità di erogare servizi ecosistemici, anche attraverso la comprensione del ruolo funzionale della biodiversità; 3) potenziare il contributo degli ecosistemi marini alla sottrazione di anidride carbonica dall'atmosfera; 4) ottimizzare fruibilità e conservazione attraverso l'identificazione di unità ecologicamente coerenti di protezione e gestione dell'ambiente marino; 5) stimolare una visione integrata della fascia costiera che tenga conto delle connettività e delle pressioni che originano dall'ambiente terrestre; 6) sviluppare la conoscenza sui processi di alterazione della fascia costiera; 7) creare nuove tecniche di modellazione e tecnologie di salvaguardia che tengano conto dell'esigenza di preservazione e conservazione della biodiversità; 8) Sviluppare la ricerca polare secondo le indicazioni Horizon 2020 Action Group: Polar Climates and our Connected World.

Ricadute sulle aree di Horizon Europe

1. Collegamento tra salute ambientale e umana - *one health*; **25.** Adattamento e mitigazione degli effetti dei cambiamenti climatici sugli ecosistemi marini; **31.** Contributo alla neutralità climatica attraverso il *blue-carbon*; **32.** Soluzioni innovative per fermare il declino della biodiversità e per preservare, riabilitare e ripristinare il funzionamento degli



ecosistemi marini; **33**. Impulso all'economia circolare attraverso lo sviluppo di nuove metodiche per il monitoraggio e la rimozione di contaminanti e per la gestione e il riutilizzo delle risorse naturali; **36**. Contributo allo sviluppo di nuovi modelli di governo per la sostenibilità attraverso la condivisione di conoscenze, metodologie e dati.

Interconnessione con altri ambiti tematici

Conoscenza degli ecosistemi marini e della fascia costiera presenta evidenti interconnessioni con “Tecnologie sostenibili, agroalimentare, risorse naturali e ambientali”, “Clima, energia e mobilità sostenibile” e con “Salute”, in quanto solo attraverso la conoscenza dei processi che vincolano l'erogazione di beni e servizi ecosistemici alla biodiversità e dei meccanismi che conferiscono resilienza rispetto ai cambiamenti climatici e globali è possibile garantire l'utilizzo sostenibile delle risorse marine e l'integrità degli ecosistemi da cui dipende la salute umana. Sono evidenti interconnessioni anche con gli ambiti “Sicurezza per i sistemi sociali”, in particolare per quanto riguarda la salvaguardia della fascia costiera e con “Cultura umanistica, creatività, trasformazioni sociali e società dell'inclusione” in quanto da sempre il mare è fonte di ispirazione artistica e crescita culturale, plasmando la storia dell'umanità come via di incontro tra civiltà.

Indicatori

- Numero di ecosistemi in cui sono individuati i limiti di resilienza
- Numero di nuove specie identificate
- Numero di ruoli ecologici di specie identificati
- Numero di nuove funzioni e servizi ecosistemici riconosciuti
- Spazio marino mappato in termini di funzioni ecosistemiche
- Incremento di superficie ripristinata
- Numero di nuove pressioni antropiche per le quali sono stati stimati gli impatti
- Percentuale di spazio marino modellato con modelli ecosistemici di previsione e gestione
- Incremento delle pubblicazioni prodotte in riviste indicizzate per anno e per numero di autori e il relativo numero di citazioni
- Incremento del numero brevetti internazionali depositati e dati in licenza.

Biodiversità e cambiamenti globali

Stato dell'arte e gap della ricerca

La ricerca su alcuni aspetti della biodiversità ha avuto un impulso importante negli ultimi decenni. Numerosi studi hanno identificato una relazione positiva tra biodiversità e funzionamento degli ecosistemi. **Sebbene queste ricerche abbiano permesso di approfondire il valore della biodiversità, le lacune conoscitive sulle relazioni tra biodiversità e funzionamento degli ecosistemi sono ancora rilevanti.** La maggior parte degli studi condotti fino ad ora ha esaminato la biodiversità in singoli *habitat* e comparti trofici. Molti studi sono stati eseguiti in condizioni controllate di laboratorio o in mesocosmi, mentre gli esperimenti di campo sono stati condotti prevalentemente a piccola scala e su habitat bentonici. **Le stime sulla numerosità delle specie presenti negli ambienti marini sono ancora inaccurate.** Oggi il principale livello di organizzazione biologica su cui si focalizza la ricerca è la variabilità a livello di specie e, di fatto, il termine biodiversità si identifica con quello di diversità specifica negli ambiti di discussione scientifici e gestionali. La percezione del capitale naturale in termini di diversità di specie è ancora rudimentale.

Sfide ed azioni: dalla ricerca di base alla ricerca applicata

Effettuare l'inventario della biodiversità marina nelle acque italiane e comprendere il ruolo delle specie nel funzionamento degli ecosistemi per fare previsioni o produrre scenari scientificamente corretti sull'impatto della perdita di biodiversità sugli ecosistemi marini attraverso: 1) potenziamento degli studi descrittivi e funzionali della biodiversità integrando; 2) promozione di studi che combinino osservazioni, esperimenti e modelli alle scale rilevanti a cui la biodiversità opera; 3) valutazione degli effetti dei cambiamenti globali e delle pressioni locali e regionali, sia in ambito mediterraneo sia polare, considerando gli effetti cumulativi e le interazioni tra processi e identificando i limiti di resilienza e la capacità di recupero degli ecosistemi a perturbazioni multiple; 4) promozione dell'adattamento degli



ecosistemi marini ai cambiamenti globali; 5) potenziamento del contributo degli ecosistemi marini alla mitigazione degli effetti dei cambiamenti climatici.

Sviluppare scenari affidabili sull'impatto della perdita di biodiversità sugli ecosistemi marini	
Azione	TR L
<i>Comprendere le relazioni tra biodiversità e funzionamento su ampie scale spaziali</i>	1-3
<i>Valutare gli impatti cumulativi e sinergici dovuti a pressioni multiple e identificare limiti di resilienza degli ecosistemi</i>	1-3
<i>Acquisire una conoscenza tassonomica e funzionale della biodiversità</i>	1-3
<i>Mitigare gli effetti dei cambiamenti climatici attraverso soluzioni naturali</i>	1-5
<i>Realizzare interventi di ripristino e riabilitazione ambientale per salvaguardare gli ecosistemi di Carbonio blu</i>	1-5

Impatti e salute umana

Stato dell'arte e gap della ricerca

È ben noto che condizioni alterate dell'ambiente marino possono causare problemi alla salute umana. L'impatto dell'ambiente marino sulla salute umana può essere positivo o negativo.

Impatti positivi – Il mare ha impatti positivi sulla salute umana in termini di salubrità dell'aria marina, talassoterapia e elioterapia. L'ambiente marino è “fonte ispirazionale” che aumenta il valore economico degli edifici e degli insediamenti in generale. Il consumo di cibi di derivazione marina, soprattutto pesci e molluschi, è fonte di proteine nobili che contribuiscono significativamente al nostro benessere.

Gli organismi marini rappresentano la più estesa varietà dei viventi e hanno caratteristiche rilevanti ai fini di sviluppo biotecnologico, con innegabili potenzialità positive in termini di nuove molecole di interesse biotecnologico.

Impatti negativi – L'utilizzo indiscriminato del sistema marino costiero dell'ultimo secolo ha fortemente danneggiato ampi tratti di litorali del nostro Paese. La definizione di 17 delle attuali 41 aree definite come Siti di Interesse Nazionale (SIN) a causa dell'elevato livello di contaminazione che le caratterizza, chiarisce lo stato di precaria salubrità di ambienti marini che influisce sullo stato di salute delle popolazioni che insistono su aree costiere inquinate. Alcune specie tossiche entrate recentemente in Mediterraneo hanno causato diverse morti. Le specie velenose mediterranee appartengono ai pesci (es. la tracina, le razze) e alle meduse. Le alghe tossiche contenute nell'aerosol marino e gli Harmful Algal Blooms creano sindromi patologiche all'apparato respiratorio dovute all'inalazione di aerosol marino contenente alghe tossiche (es. Ostreopsis). Le alghe tossiche possono rendere pericoloso il consumo di filtratori come i molluschi bivalvi. Oltre ai pericoli derivanti da interazioni con organismi, gli impatti negativi dell'ambiente marino sulla salute umana derivano dall'inquinamento di origine antropica.

Sfide ed azioni: dalla ricerca di base alla ricerca applicata

Il concetto di Salute Unica (One Health) è alla base della politica europea sulla salute umana: non possono esistere umani sani se l'ambiente non è sano. Le sfide, quindi, consistono nell'identificare tutte le minacce alla salute umana e nella loro rimozione, attraverso opportune tecnologie e comportamenti.

L'estrazione di sostanze attive dagli organismi marini offre enormi potenzialità di sviluppo tecnologico finalizzato alla salvaguardia della salute umana. L'esplorazione della biodiversità in termini di ricchezza specifica fa parte della ricerca di base, mentre l'esplorazione delle proprietà degli organismi ai fini della salute umana fa parte della ricerca applicata.



Affermare il principio di Salute Unica utilizzando molecole di origine marina per sviluppo di nuovi farmaci e per la nutraceutica	
Azione	TRL
<i>Effettuare indagini biochimiche e biomolecolari su organismi marini per identificare molecole di interesse biotecnologico</i>	1-5
<i>Realizzare attività di ricerca per lo sviluppo di nuovi cibi a base marina (es. meduse, oloturie, alghe)</i>	1-5
<i>Sviluppare sistemi di trattamento delle acque reflue in grado di gestire la stagionalità turistica nelle zone costiere</i>	1-5
<i>Comprendere e costruire modelli in grado di rappresentare i meccanismi di bioaccumulo e biomagnificazione di inquinanti (anche emergenti) nelle reti trofiche e relativo impatto -anche cumulativo- sugli ecosistemi e la salute umana</i>	1-4
<i>Sviluppare di modelli integrati di recupero di territori contaminati e di approcci di bioeconomia circolare in aree a rischio (soprattutto in settori marino-costieri) per implementazione di approcci di sviluppo moderno</i>	2-6

Conservazione e gestione

Stato dell'arte e gap della ricerca

La conservazione dell'ambiente marino avviene attraverso la creazione di aree marine protette (AMP), strumenti legislativi ed OECM (*Other Effective Conservation Measures*). La Direttiva Habitat individua una rete di aree protette, la Rete Natura 2000, che in mare copre quasi unicamente le praterie di fanerogame ed è gestita dalle regioni, mentre il Ministero dell'Ambiente ha designato 27 Aree Marine Protette, e il Santuario dei cetacei in Mar Ligure e Tirreno. Con l'eccezione del Santuario dei cetacei, le AMP italiane sono tutte destinate alla protezione di *habitat* bentonici ad alto valore paesaggistico, essendo focalizzate su modelli di distribuzione della biodiversità e non sui processi che li determinano.

La *Marine Strategy Framework Directive (MSFD)* sancisce che tutte le acque europee debbano raggiungere il *Good Environmental Status (GES)* entro il 2020. Se si raggiungessero gli obiettivi di GES in tutte le acque europee, non ci sarebbe bisogno di Aree Marine Protette. La MSFD, rispetto alla Direttiva Habitat, prende in considerazione i processi ecosistemici e non solo le modalità di distribuzione di particolari *habitat* bentonici, richiedendo l'*upgrade* della conservazione alla gestione.

Attualmente la Commissione Europea sta programmando la messa in rete delle Aree Marine Protette, armonizzando le politiche nazionali (AMP designate a livello nazionale) con quelle europee (Rete Natura 2000) e con le OECM (es. le zone escluse alla pesca, le aree soggette a servitù militari, le carceri ecc.).

La maggior parte degli studi ambientali intrapresi finora hanno descritto l'ambiente considerando porzioni spaziali o particolari variabili, senza tener conto delle interazioni. La Pianificazione Spaziale Marittima e Marina, la Gestione Integrata della Fascia Costiera e le reti di AMP sono perseguite secondo criteri differenti, agiscono tutte sugli stessi volumi d'acqua compresi tra la superficie e il fondo del mare, le cui caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche variano nel tempo. L'approccio richiesto, quindi, deve essere quadri-dimensionale (volume più tempo), collegando spazialmente e temporalmente lo spazio marino in modo che le azioni dell'uomo siano programmate in un contesto ecosistemico dinamico, basato sulla connettività.

Occorre definire unità spaziali coerenti al fine della conservazione e gestione dell'ambiente marino e costiero: spazi marini e costieri composti da sotto-aree relativamente omogenee e interconnesse tra loro da fenomeni fisici, biologici, geologici ed ecologici più strettamente di quanto lo siano con altri spazi limitrofi. Le informazioni monodisciplinari (oceanografiche, biogeochimiche, biologiche ed ecologiche) sono già in parte disponibili ma è necessario colmare le lacune conoscitive ed integrare il tutto in un contesto olistico e sistemico per ricostruire in modo quanto più dettagliato possibile il "paesaggio ecologico" in cui programmare le nostre azioni, anche con l'ausilio di modelli oceanografici ed ecosistemici e di metodi di Intelligenza Artificiale.

Sfide ed azioni: dalla ricerca di base alla ricerca applicata

Il primo obiettivo della conservazione consiste nel mantenimento della biodiversità e degli ecosistemi. La sfida più impellente è di effettuare un accurato inventario della biodiversità nelle AMP e nel definire la distribuzione spaziale



degli ecosistemi. In nessuna AMP del mondo è stato compilato un inventario dell'intera biodiversità. Analogamente manca un inventario completo della biodiversità negli ecosistemi, assieme alla misura della loro efficienza e al rapporto tra funzionamento ecosistemico e biodiversità.

La ricerca applicata deve essere finalizzata alla pianificazione spaziale marina e marittima, identificando i volumi (e non le aree) in cui si possono sviluppare le attività, con una gestione del capitale naturale che comprenda l'uso del sistema mare (es. vie d'acqua, porti ecc.), l'estrazione di risorse (pesca, estrazione di gas, petrolio, altre sostanze), il tutto compatibilmente con la protezione dell'ambiente.

L'UE sta promuovendo ricerche che mirano alla realizzazione di Reti di AMP che tengano conto non solo dei modelli di distribuzione della biodiversità, con protezione di emergenze naturalistiche di rilievo, ma anche dei processi ecosistemici che ne determinano l'esistenza. **La sfida consiste nel passare dalla protezione di singole specie alla protezione di *habitate*, infine, di interi ecosistemi.**

La definizione di Unità coerenti di Conservazione e Gestione (Celle di Funzionamento Ecosistemico) prevede:

- **Restituzione delle informazioni disponibili** – Le informazioni devono essere rese facilmente fruibili **attraverso geoportali** interfacciati con i diversi database esistenti.
- **Identificazione dei *gap* di conoscenza** – L'approccio deve collegare tutte le analisi riduzionistiche, per costruire una base di conoscenza che porti alla comprensione, attraverso ricerche mirate, dei livelli di connettività che rendono omogenee alcune porzioni dello spazio marino.
- **Identificazione e osservazione delle Unità di Conservazione e Gestione.**

L'assemblaggio delle informazioni conduce a modelli di struttura e funzionamento degli ecosistemi marini che permetteranno di inserire le attività antropiche in un contesto ecosistemico a rapida evoluzione temporale al quale ci dobbiamo adattare.

In questo contesto giocano un ruolo chiave le attività di ricerca e monitoraggio dell'ambiente polare (Artico e Antartico) dove è possibile analizzare i cambiamenti climatici e gli effetti sugli ecosistemi in ambienti dove la pressione antropica diretta è trascurabile.

Tutte le attività previste dalle reti di AMP, dal MSP e ICZM (*Integrated Coastal Zone Management*) devono essere impostate in base alle caratteristiche ambientali e solo in questo modo sarà possibile raggiungere obiettivi di sostenibilità ambientale, sociale, ed economica.

Osservare, conservare e gestire l'ambiente secondo l'approccio ecosistemico	
Azione	TRL
<i>Collegare la distribuzione della biodiversità con la distribuzione di habitat e ecosistemi</i>	1-2
<i>Supportare il passaggio dallo studio degli habitat allo studio degli ecosistemi</i>	1-2
<i>Valutare i beni e i servizi ecosistemici della rete di aree marine protette</i>	1-2
<i>Realizzare reti di AMP basate su funzioni ecosistemiche</i>	1-2
<i>Sviluppare di modelli integrati di recupero di territori contaminati e di approcci di bioeconomia circolare in aree a rischio (soprattutto in settori marino-costieri) per implementazione di approcci di sviluppo moderno</i>	2-6
<i>Effettuare la mappatura quadri-dimensionale dell'ambiente marino, identificando le Celle di Funzionamento Ecosistemico ed analizzando la connettività in tutti i mari italiani</i>	3
<i>Adeguare i sistemi osservativi alle caratteristiche dell'ambiente</i>	4

Erosione costiera, sommersione ed impatti antropici da terra

Stato dell'arte e gap della ricerca

Le pressioni di origine antropica, combinate a fattori naturali, **hanno contribuito sia ad un peggioramento delle qualità ambientali delle aree costiere, sia all'innescò di dinamiche di erosione, con arretramento della costa sabbiosa e dissesti di quella rocciosa.** I più importanti fattori naturali dell'erosione costiera sono vento, moto ondoso, correnti, mancato apporto di sedimenti dei fiumi nei mari, movimenti del suolo, cambiamenti climatici che determinano l'innalzamento del livello del mare e l'aumento della frequenza e dell'intensità delle mareggiate estreme. I principali



fattori di natura antropica sono: realizzazione di infrastrutture e opere per insediamenti abitativi, industriali, ricreativi, estrazioni di acqua dal sottosuolo, errata realizzazione di opere a mare, regressione delle praterie di fanerogame marine, interventi nei bacini idrografici dei fiumi con maggior uso del suolo, alterazione della vegetazione e sistemazioni idraulico forestali. Ancorché diversi studi siano stati eseguiti in campo e con modelli fisici e numerici, rimane **l'esigenza di sviluppare sistemi osservativi innovativi alla scala dell'unità fisiografica, modelli fisici e numerici accoppiati a quelli ecologici, tecniche innovative di protezione costiera**, che salvaguardino anche il livello di biodiversità necessario a garantire il funzionamento ecosistemico.

Sfide ed azioni: dalla ricerca di base alla ricerca applicata

Gli interventi a protezione delle aree costiere possono influire negativamente sulla capacità del litorale di reagire ai cambiamenti indotti naturalmente dalle condizioni climatiche e da azioni antropiche.

Pertanto, emerge l'importanza della conoscenza di: 1) dinamica dei sedimenti nella fascia costiera sabbiosa, dei dissesti di quella rocciosa e degli effetti dell'innalzamento del livello medio del mare; 2) interazione tra i flussi costieri e le strutture marittime di varia tipologia; 3) meccanismi di dissipazione dell'energia ondosa su fondali sabbiosi o in presenza di ostruzioni. Recentemente si è osservato come possano apportare un effetto benefico in termini di protezione costiera anche soluzioni di tipo *nature-based*, ovvero resistenze naturali, quali dune vegetate, praterie di alghe e fanerogame marine, canneti, ambienti lagunari salmastri, allevamenti di molluschicoltura, formazioni coralligene, in grado di assorbire e dissipare la violenza delle mareggiate e allo stesso tempo di costituire un habitat prezioso per la biodiversità vegetale e animale. Pertanto, vanno promosse le attività di ricerca che consentano di: 1) **identificare i fattori che inducono impatti e rischi alla luce dei cambiamenti climatici**; 2) **sviluppare tecniche di modellazione di possibili scenari**, basati sull'idrodinamica e sul trasporto di sedimenti, accoppiati a modelli di diffusione di traccianti/contaminanti ed ecologici; 3) **sviluppare tecnologie per la salvaguardia costiera**, che tengano conto anche dell'esigenza di preservazione della biodiversità.

Sviluppo di modelli e tecnologie per la salvaguardia della fascia costiera dall'erosione nel rispetto degli <i>habitat</i> naturali	
Azione	TRL
<i>Analizzare gli effetti climatici e le pressioni antropiche sui processi erosivi</i>	1-6
<i>Identificare gli effetti cumulativi e sinergici dovuti a pressioni multiple e identificazione dei limiti di resilienza delle coste</i>	1-6
<i>Conoscere gli effetti antropici dei processi erosivi anche funzionali alla biodiversità</i>	1-5
<i>Realizzare azioni di mitigazione degli effetti dei cambiamenti climatici attraverso soluzioni naturali</i>	1-6
<i>Creare metodi osservativi per la fascia costiera ad ampia scala di parametri fisici, connessi a quelli chimici ed ecologici</i>	1-5



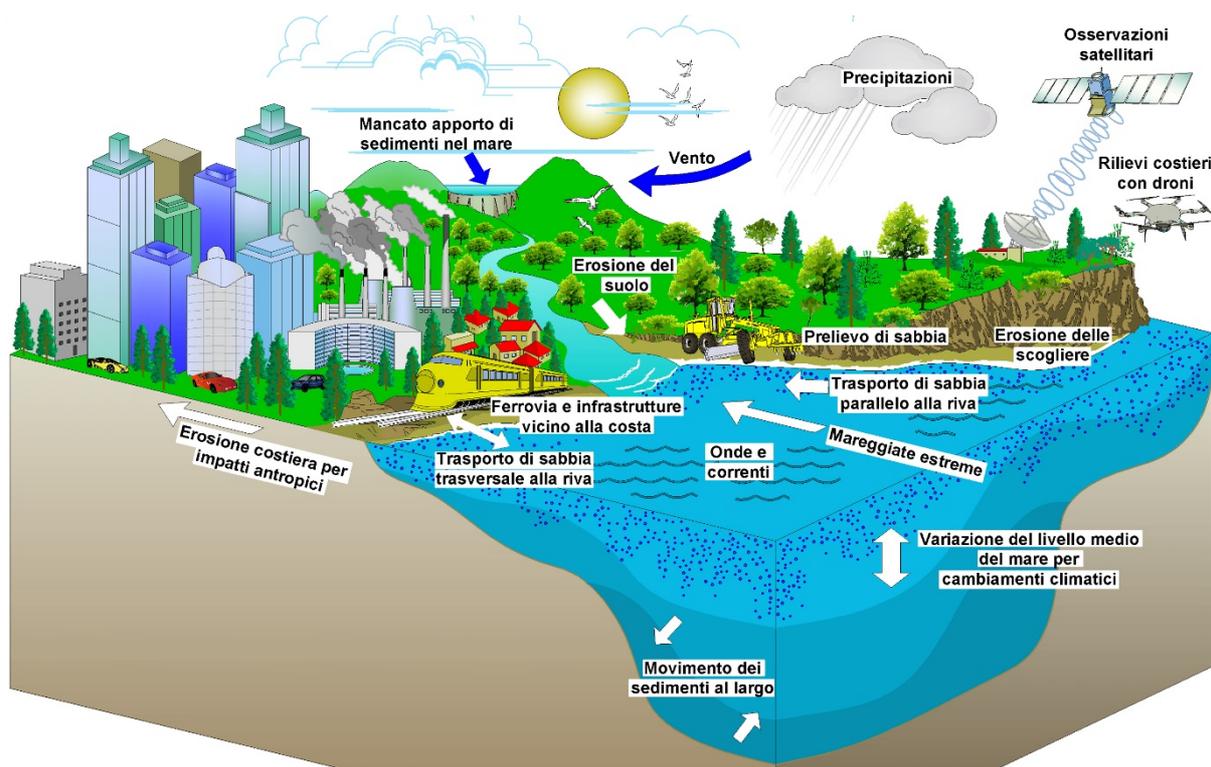


Figura 2 - Alcuni dei fattori naturali e antropici causa dell'erosione costiera, con una sintesi delle linee di ricerca.

Articolazione 2. Tecnologie industriali e digitali per la navigazione e la gestione sostenibile delle operazioni in mare (TRL > 2)

La domanda di servizi di trasporto sempre più rapidi e competitivi e il crescente bisogno di sostenibilità ambientale e di attenzione al cambiamento climatico, ha indotto gli armatori ad avviare processi di innovazione più attenti e focalizzati sulle priorità ambientali identificando soluzioni ecologiche ma efficienti.

Il progresso scientifico e l'evoluzione tecnologica rappresentano strumenti essenziali per la creazione e lo sviluppo di modelli di trasporto ed imbarcazioni ecologiche dotate di tecnologie all'avanguardia verso la realizzazione di un sistema di trasporto non invasivo ma in continua evoluzione per essere sempre in armonia con l'ambiente marino. A tal fine, **la cantieristica navale, la robotica marina, le tecnologie ICT e l'intelligenza artificiale sono i principali tasselli su cui intervenire per il miglioramento del trasporto marittimo e della gestione delle operazioni in mare.** Nell'attuale scenario macroeconomico in cui la salvaguardia dell'ambiente diventa protagonista, la cantieristica italiana deve difendere la propria leadership adottando un nuovo approccio alla progettazione (*design for recycle*) di navi efficienti a basso impatto ambientale, sicure, connesse, autonome e in grado di acquisire misure ambientali lungo la rotta (PIANO DI AZIONE TRIENNALE – EDIZIONE 2019, CLUSTER BIG). La robotica marina, settore con un significativo potenziale di sviluppo in Italia, offre opportunità di realizzare innovazioni che potranno garantire costantemente il buono stato ambientale degli ecosistemi marini e costieri. Le tecnologie ICT consentono l'ottimizzazione della gestione delle operazioni in mare e della navigazione.

Obiettivi

Il trasporto marittimo deve puntare ad obiettivi di efficienza, sicurezza e sostenibilità ambientale sviluppando soluzioni innovative attraverso: 1) imbarcazioni a basso impatto ambientale realizzate con nuovi processi produttivi e materiali sostenibili; 2) robotica marina, 3) digitalizzazione dei servizi e implementazione di sistemi dell'ICT per sistemi di bordo finalizzati all'identificazione e al monitoraggio continuo dei mari. Si configura così il concetto di "trasporto marittimo connesso e automatizzato per migliorare la sicurezza e l'efficienza della navigazione" (PIANO DI AZIONE



TRIENNALE - EDIZIONE 2019, CLUSTER BIG). La digitalizzazione e la decarbonizzazione sono i principali trend che governano i nuovi modelli di trasporto stimolando la progettazione di tecnologie a supporto. È necessario intraprendere studi ed analisi per identificare barriere operative, regolamentari ed economiche, che ne ostacolano ancora la piena adozione ed individuare i principali ambiti di intervento che possono favorirne lo sviluppo. L'acquisizione di nuove conoscenze e la realizzazione di sistemi innovativi e tecnologie funzionali alla costruzione di imbarcazioni *green* (a ridotto impatto sui diversi comparti ambientali) dotate di strumentazione all'avanguardia per l'acquisizione e l'elaborazione dei dati e allo sviluppo di droni marini e delle relative applicazioni in mare contribuiscono all'adozione di un approccio ecosistemico negli usi della risorsa mare.

Ricadute sulle aree di Horizon Europe

19. Creazione ed adozione di processi costruttivi e materiali riciclabili innovativi basati sul concetto di economia circolare e implementazione di soluzioni tecnologiche digitali che contribuiscono alla decarbonizzazione del trasporto marittimo; 26. Tecnologie per l'efficientamento energetico delle imbarcazioni e l'impiego di combustibili alternativi a supporto del processo di transizione del settore dei trasporti verso obiettivi di neutralità climatica e sostenibilità ambientale; 29. Soluzioni tecnologiche avanzate per un sistema di trasporto marittimo competitivo e pulito; 30. Creazione di un sistema di trasporto in mare sicuro ed intelligente mediante le tecnologie digitali e i servizi avanzati di navigazione satellitare.

Interconnessioni con altri Ambiti Tematici

Tecnologie industriali e digitali per la navigazione e la gestione sostenibile delle operazioni in mare presenta interconnessioni con gli Ambiti Tematici di "Cybersecurity", "High Performing Computer, Big Data", "Intelligenza artificiale", "Robotica" e "Aerospazio". Lo sviluppo di linee di ricerca in sinergia con questi ambiti è strategico per la realizzazione di un sistema di trasporto sicuro, pulito ed interconnesso dotato di sistemi digitali, innovazioni ICT e veicoli marini autonomi con prestazioni sempre più elevate. Inoltre il collegamento con "Mobilità sostenibile" può attivare utili spunti per lo sviluppo di progetti di ricerca finalizzati ad aumentare il livello di integrazione tra i diversi modi di trasporto con l'obiettivo comune di ridurre le emissioni prodotte dall'intero comparto.

Indicatori

- Nuovi modelli per la promozione, monitoraggio e diffusione di modelli di *life cycle thinking approach* al sottoambito
- Nuove forme di veicoli sottomarini sviluppate in Italia
- Incremento di start up innovative dedicate allo sviluppo di innovazioni nel settore Blue Economy
- Incremento delle pubblicazioni prodotte in riviste indicizzate per anno e per numero di autori e il relativo numero di citazioni
- Incremento del numero brevetti internazionali depositati e dati in licenza.

Costruzioni navali e marine

Stato dell'arte e gap della ricerca

I temi del trasporto marittimo, dello sfruttamento industriale delle risorse marine e della relativa costruzione dei necessari mezzi (navi, piattaforme), hanno qui rilevanza in rapporto alla decarbonizzazione e più specificatamente allo **sviluppo di mezzi in grado di ridurre il loro impatto antropico sul mare**, ad esempio **eliminando le emissioni inquinanti**, sia chimiche (in aria – NO_x, SO_x, CO₂ – o in acqua – olii lubrificanti, petrolio, rifiuti ecc.), sia fisiche (rumore sottomarino), o **riducendo i rischi di incidenti** con i relativi disastri ambientali, garantendo al tempo stesso lo sviluppo di un'economia "blu" basata sull'utilizzo sostenibile della risorsa mare.

La transizione in atto in questo settore tende qui a svilupparsi secondo tre linee principali: 1) nuovi metodi e tecnologie a bordo della flotta esistente, attraverso programmi di *refitting* e *retrofitting* finalizzati al miglioramento dell'efficienza energetica e alla transizione verso fonti di energia più pulite o all'aumento della sicurezza del mezzo, 2) progettazione di nuovi e più avanzati veicoli marini, che includa anche il trattamento del mezzo a fine vita; 3) progettazione di metodi



intelligenti per gestire questi mezzi durante la loro vita operativa, avendo sempre come obiettivo l'efficienza energetica, la sicurezza e la sostenibilità.

Lo sforzo della ricerca industriale punta quindi sullo **sviluppo di tecnologie e di nuove tipologie di mezzi a basso impatto e più efficienti**, producendo risultati su temi quali:

- impiego di combustibili a basso contenuto di zolfo, quale il Gas Naturale Liquefatto (GNL), con lo sviluppo di sistemi della catena di distribuzione del gas alle navi;
- sviluppo di moderni sistemi di abbattimento e gestione delle polveri sottili (es. nuovi *scrubber*);
- fornitura di energia alle navi mediante banchine elettrificate (*cold ironing*);
- sistemi per l'efficientamento energetico delle imbarcazioni;
- produzione a costi competitivi di vernici antivegetative che impediscono il *biofouling* (presenza di microorganismi sullo scafo delle imbarcazioni) e che riducono l'attrito in navigazione.

Sfide ed azioni: dalla ricerca di base alla ricerca applicata

Le sfide di ricerca del sotto-ambito di ricerca COSTRUZIONI NAVALI E MARINE, implicano azioni che intervengono su più livelli del "sistema nave" basate su una rinnovata attenzione agli aspetti ambientali già in fase di progettazione scegliendo **materiali performanti ed eco-friendly** (e.g. materiale biocompositi con parte naturale prevalente facilmente riciclabili) e **processi produttivi nell'ottica del life cycle thinking approach** (e.g. modelli innovativi per il riciclaggio della vetroresina). Lo studio di materiali innovativi potrebbe favorire per le nuove imbarcazioni la creazione di *design* concepiti con l'obiettivo di **migliorare l'idrodinamica riducendo il rumore irradiato in acqua** dai propulsori e dalla carena delle imbarcazioni. Inoltre è indispensabile **migliorare i sistemi di propulsione e di alimentazione** mediante la progettazione di motori ibridi e innovativi basati su tecnologie ad idrogeno e sistemi di generazione elettrica anche per la realizzazione di **impianti ausiliari innovativi a risparmio energetico** (es. configurazioni combinate, pannelli solari, *fuel cell*, tecnologie per il recupero di calore). In particolare, in linea con gli obiettivi di transizione energetica, per favorire la diffusione dell'impiego di GNL nel trasporto marittimo è importante che la ricerca intervenga nello sviluppo per il miglioramento dei sistemi di propulsione e sulla realizzazione di servizi di bunkeraggio, in mare aperto e in porto, e delle relative infrastrutture in funzione delle condizioni di contesto che caratterizzano i siti di attracco. In riferimento ai danni generati dalle acque di zavorra delle imbarcazioni, studi e ricerche sono indispensabili per la realizzazione di sistemi di gestione che consentano di abbattere totalmente il fenomeno di introduzione di specie non indigene e del loro impatto ecologico e, al contempo, soddisfino le esigenze di operatori ed armatori dal punto di vista economico ed operativo.

Il life cycle thinking approach per la progettazione di navi e imbarcazioni green	
Azione	TRL
<i>Colmare le lacune conoscitive e tecnologiche per l'utilizzo di materiali innovativi eco-friendly (riciclabili e performanti)</i>	1-3
<i>Realizzare design innovativi per imbarcazioni ecologiche e non invasive (ottimizzazione dell'idrodinamica per la riduzione della resistenza al moto)</i>	1-7
<i>Progettare navi alimentate a GNL (gas naturale liquefatto) e dei relativi sistemi per i servizi di bunkeraggio</i>	5-7
<i>Sviluppare sistemi di propulsione a basso impatto ambientale</i>	1-5
<i>Implementare tecnologie innovative per l'efficientamento energetico delle imbarcazioni mediante anche l'impiego di energie rinnovabili</i>	1-7
<i>Progettare di sistemi innovativi per la gestione ottimale delle acque di zavorra</i>	1-5

Robotica Marina

Stato dell'arte e gap della ricerca

Il progresso e lo sviluppo tecnologico hanno dimostrato le potenzialità applicative insite nella robotica marina. **I robot marini sono in grado di estendere le aree operative sulle superfici marine e negli ambienti sottomarini svolgendo operazioni in diversi scenari applicativi.** La ricerca scientifica nelle discipline dell'ingegneria ha



sviluppato robot modulari, con differenti dimensioni a seconda delle esigenze, leggeri, trasformabili e trasportabili. Tali caratteristiche, a cui si aggiungono sistemi hardware e software per l'esecuzione di diverse funzioni, li rendono potenti macchine in grado di sostituire l'uomo in ambienti critici o estremi in cui è difficile operare (e.g. profondità marine, aree inquinate da sversamenti petroliferi, regioni polari). Grazie all'installazione di tecnologie di calcolo e sistemi per l'acquisizione di dati eterogenei i robot marini elaborano e trasmettono informazioni con affidabilità e precisione. Tipicamente sui robot vengono installati sonar, sonde multi-parametriche, campionatori e telecamere termiche. La comunità scientifica italiana nell'ambito del progetto UVASS (*Unmanned Vehicles for Autonomous Sensing and Sampling* – Veicoli senza equipaggio per il rilevamento e il campionamento autonomo) mediante l'impiego di questi sistemi ha condotto operazioni finalizzate alla rilevazione di informazioni relative ad aria, acqua e ghiaccio mediante l'utilizzo di UMV (*Unmanned Marine Vehicles* – veicoli marini autonomi) in prossimità dei ghiacciai in aree non navigabili. Sebbene **la robotica marina** sia già impiegata in diversi settori (e.g. settore della difesa, della ricerca e dell'estrazione degli idrocarburi) **presenta ancora ampi margini di miglioramento che potrebbero favorire la nascita di nuove applicazioni.**

Sfide ed azioni: dalla ricerca di base alla ricerca applicata

La robotica marina è un settore in grado di fornire soluzioni tecnologiche dalle grandi potenzialità operative in vari campi marini come la difesa, la ricerca e l'industria di estrazione. La sfida che la ricerca deve affrontare riguarda lo studio dei principali fattori su cui bisogna intervenire per velocizzare il processo di diffusione dei robot marini e per garantirne un efficace utilizzo. Pertanto gli obiettivi di ricerca nel campo della *marine robotics* sono:

- colmare i *gap* conoscitivi e tecnologici necessari a creare protocolli e procedure anche certificate per la regolamentazione del settore dei mezzi autonomi marini;
- sviluppare metodologie e tecnologie per l'integrazione di più veicoli autonomi a supporto di una nave o per la realizzazione di sciame di droni in grado di svolgere operazioni in aria, sulla superficie e nelle acque profonde al fine di estenderne l'operatività e potenziare le prestazioni in determinati scenari applicativi (Piano d'Azione 2019, CLUSTER BIG);
- sviluppare sistemi di alimentazione e strumentazione hardware e software per il miglioramento delle caratteristiche fisiche e funzionali dei robot (sistemi di gestione dell'energia di bordo integrati con sistemi propulsivi basati su *fuel cells* e prototipi di laboratorio di sensori di bordo per il riconoscimento di ostacoli e il monitoraggio ambientale.

L'estensione delle funzionalità e il miglioramento della strumentazione per la rilevazione ed elaborazione dati, grazie anche allo sviluppo di algoritmi di calcolo avanzati, potranno stimolare **nuove applicazioni finalizzate all'esplorazione e alla conoscenza degli oceani raccogliendo utili informazioni che l'uomo potrà utilizzare per applicare un approccio ecosistemico nell'uso delle risorse marine.**

Promuovere la nascita in Italia di un'industria competitiva per la robotica marina	
Azione	TRL
<i>Creare nuovi modelli e tecnologie costruttive per migliorare l'idrodinamica</i>	1-5
<i>Sviluppare sensoristica avanzata per estendere le funzionalità dei sistemi di robotica marina e per migliorare le performance operative</i>	1-6
<i>Identificare strumenti e metodologie avanzate per il controllo cooperativo di robot eterogenei</i>	1-6
<i>Progettare sistemi di propulsione a basso impatto ambientale</i>	1-5
<i>Elaborare strumenti e metodologie avanzate per il controllo cooperativo di robot eterogenei</i>	1-6
<i>Costruire sistemi di alimentazione innovativi ed ecologici in grado di aumentare l'autonomia dei veicoli marini autonomi</i>	1-6



Nuove soluzioni digitali per la sicurezza in mare

Stato dell'arte e gap della ricerca

Sicurezza, efficienza e sostenibilità ambientale sono i principali filoni che negli ultimi anni stanno guidando la ricerca condotta nei settori dell'elettronica, dell'informatica e delle telecomunicazioni nella **realizzazione di sistemi digitali a supporto della navigazione in mare**. Enti di ricerca, provider tecnologici ed istituzioni sono tutt'oggi impegnati nella realizzazione e nel continuo miglioramento di sistemi informativi in grado di mettere in comunicazione tutti gli stakeholder portuali. Sebbene per gli attori che operano in mare (compagnie di navigazione, capitaneria di porto) sono state realizzate soluzioni che guardano anche all'ambiente e agli aspetti di sicurezza anche nel rispetto di quanto imposto dall'International Maritime Organization (IMO) i risultati finora raggiunti sono ancora ben lontani da quelli necessari per poter rispettare gli obiettivi posti a livello globale in materia ambientale e di biodiversità marina.

Il settore dell'ICT e delle telecomunicazioni satellitari offrono numerose soluzioni tecnologiche a supporto di un trasporto marittimo più sicuro ed efficiente. L'esigenza di gestire situazioni di rischio per l'uomo e l'ambiente e la necessità di contribuire alla salvaguardia degli ecosistemi marini e costieri richiedono lo sviluppo di sistemi digitali che non siano solo finalizzati ad obiettivi di efficienza e di riduzione dei costi. Nuove applicazioni unite alla strumentazione per la gestione tecnica della nave rappresentano cruscotti funzionali ad una gestione ottimale della navigazione e dell'imbarcazione ma ancora poco attenta al rispetto e alla salvaguardia dell'ambiente.

Sfide ed azioni: dalla ricerca di base alla ricerca applicata

Per la realizzazione di un sistema di trasporto sicuro, integrato ed ecologico le soluzioni digitali e le recenti innovazioni ICT rappresentano i domini tecnologici da esplorare affinché la ricerca scientifica possa acquisire nuova conoscenza e sviluppare sistemi innovativi intelligenti a supporto di soluzioni di navigazione che siano confortevoli per l'uomo e rispettose dell'ambiente. Un sistema di trasporto con tali requisiti deve basarsi su:

- tecnologie e standard di comunicazione efficienti;
- tecnologie per l'acquisizione e il monitoraggio di dati eterogenei affidabili;
- tecnologie intelligenti per l'elaborazione dati.

In riferimento al primo punto è necessario migliorare i sistemi di comunicazione satellitare intervenendo anche su aspetti che possono indurre sempre più imbarcazioni a dotarsi di sistemi AIS. Il miglioramento dei sistemi di comunicazione investe anche lo scambio di dati tra sistemi di bordo e tra sistemi di bordo e sistemi a terra. Bisogna quindi sviluppare nuovi standard tenendo conto dell'importanza degli aspetti di *cyber security* essenziali in diversi scenari.

Il secondo punto riguarda lo sviluppo di sensori innovativi sempre più performanti e la realizzazione di tecniche e metodologie per sfruttare i vantaggi offerti dalla tecnologia dell'*Internet of Things*.

Il terzo punto implica la realizzazione di sistemi hardware e software in grado di gestire ed elaborare moli di dati eterogenei. In tal senso tecnologie del *cloud computing*, *big data* ed intelligenza artificiale rivestono importanza nella realizzazione di sistemi di apprendimento automatico in grado di acquisire ed elaborare dati fornendo informazioni relative ad esempio all'idrodinamica dell'imbarcazione. Lo studio di tali aspetti e l'analisi anche degli effetti della navigazione sugli ecosistemi possono fornire dati utili alla progettazione di imbarcazioni sempre più ecologiche. Lo sviluppo e l'integrazione di tecnologie innovative e l'implementazione di algoritmi in grado di sfruttare al meglio l'enorme quantità di dati forniti anche dalla rete di stazioni fisse e mobili concorrono alla realizzazione dell'ambizioso obiettivo di realizzare una nave completamente autonoma.

Introduzione di modelli innovativi per la gestione del traffico marino	
Azione	TRL
Realizzare tecnologie satellitari integrate con sistemi informativi, delle telecomunicazioni, Big Data, Machine learning, IoT per la realizzazione di sistemi anti collisione	6
Sviluppare sistemi di gestione on-board basati su modelli multi-obiettivo per la navigazione sostenibile (e.g. rotta ottimale attraverso servizi di previsione meteo - marine)	8



<i>Implementare applicazioni ICT e nuove tecnologie (IoT, Big Data ecc.) per la mobilità integrata marina basata sull'interconnessione tra navi e porti</i>	8
<i>Definire sistemi innovativi di acquisizione dati per l'elaborazione di informazioni e modelli utili al miglioramento degli standard di sicurezza nelle fasi di progettazione ed operative delle navi</i>	8

Oceano digitale

Stato dell'arte e gap della ricerca

La grande quantità di dati oceanografici e biogeochimici costituisce un enorme bacino di informazioni digitalizzate fondamentali per lo studio della dinamica dei fondali, la comprensione della biodiversità marina e del funzionamento degli ecosistemi, che potranno essere più efficacemente esplorati, compresi e valorizzati attraverso auspicabili innovazioni tecnologiche che si avvalgano anche delle tecniche dell'apprendimento automatico e dell'intelligenza artificiale.

Le nuove tecnologie ICT porteranno ulteriori grandi vantaggi alla ricerca marina e alla gestione dello spazio marittimo, confluendo contemporaneamente verso la costruzione di un ambiente digitale intelligente – l'Oceano Digitale – uno spazio ampio e ubiquo di dati, connessioni, modelli, simulazioni, strumenti e mezzi digitali, sovrapposto allo spazio fisico, in grado di innovare radicalmente mezzi e metodi di ricerca, soprattutto quando saranno disponibile strutture di connessioni più estese ed efficaci.

L'uso contemporaneo sia di reti di sensori, sistemi di comunicazione subacquea, dati satellitari, interconnessioni intelligenti (IoT e Internet delle Azioni), sia di veicoli marini e di reti osservative, produrrà significativi volumi di dati che potranno essere analizzati velocemente tramite l'intelligenza artificiale, per divenire conoscenza a sua volta input per altri sistemi operativi, per la simulazione degli effetti di decisioni relative alla gestione di risorse marine e per la possibilità di simulare differenti impatti della stessa decisione.

Sfide ed azioni: dalla ricerca di base alla ricerca applicata

Per lo sviluppo e la realizzazione dell'Oceano Digitale occorre incrociare diverse competenze disciplinari, tecnologie abilitanti, modelli matematici per gli ecosistemi e l'uso sostenibile dello spazio marittimo, promuovendo la costituzione di un complesso ambiente virtuale che diverrà supporto fondamentale anche alle ricerche sui temi della *blue growth*. Questo permetterà di avere a disposizione 1) dati, con relativi ambienti di classificazione, catalogazione e interrogazione, 2) nuovi strumenti e ambienti di analisi basati su metodi di apprendimento automatico e IA e di visualizzazione in realtà virtuale, aumentata, estesa, 3) nuovi approcci di gestione integrata e intelligente per la pianificazione e lo svolgimento di missioni, campagne di misura e raccolta dati, ad esempio da siti di misura per la comprensione di variazioni climatiche a scala decennale e serie ecologiche a lungo termine.

La costruzione dell'Oceano Digitale rappresenta un tema di ricerca multidisciplinare, che integra elementi di ricerca a basso TRL e che arriva fino allo sviluppo di dimostratori, producendo modelli scalabili dapprima su zone marine di limitata estensione (i.e.: aree marine protette), capaci di integrare solo alcuni dei *layer* informativi (ossia un numero limitato di applicazioni e scopi), per l'analisi di un numero limitato di specie marine, per poi ampliarli progressivamente nello spazio, nella capacità di analisi, nella complessità e profondità di comprensione, man mano che l'ambiente Oceano Digitale si estenderà e sarà capace di dotarsi di maggiori mezzi, strumenti, risorse, conoscenza.

Per il conseguimento di questo obiettivo, fondamentali sono l'organizzazione e l'analisi dei dati costruiti tramite monitoraggi estesi (satellitari, di campo, ottenuti da simulazioni, ecc.) che saranno integrati con misure acquisite in passato, ottenendo amplissimi *data lake* utili nel contesto *Big Data and Advanced Analytics* (BDAA), fornendo previsioni sull'effetto e l'efficacia di misure per la sostenibilità. L'IA sarà necessaria anche per svolgere compiti di pianificazione di missioni, di tecniche di riconoscimento per l'analisi della biodiversità, di supporto allo sviluppo e alla conduzione ai sistemi sottomarini "bio-ispirati", alle decisioni operative dei sistemi pilotati o autonomi, integrati o meno con realtà virtuale/aumentata/estesa. Altrettanto importante sarà lo sviluppo di nuovi sistemi autonomi e robotici, come ad esempio sciami di micro-droni (ispirati dal comportamento singolo e sociale degli organismi marini), migliorando la collaborazione dell'operatore umano con il sistema autonomo e robotico, creando nuove piattaforme autonome per la raccolta continua di dati in mare, in zone di difficile accesso o in condizioni meteorologiche estreme.



Indispensabile è poi lo sviluppo del concetto dell'*Internet of Underwater Things* (Internet delle cose sottomarine), una rete mondiale di tutti gli oggetti sottomarini, ciascuno dotato di una propria identità digitale, interconnessi, fondamentali per l'esplorazione estesa del mare profondo e degli oceani, e gli studi e applicazioni nel settore delle *Bio and Human Enhancement Technologies*, con esempi di applicazioni nei settori dei biosensori. Le tecnologie spaziali e l'osservazione da satellite consentiranno di sviluppare più precisi strumenti per la sorveglianza marittima, il controllo e monitoraggio delle attività illegali dannose per l'ambiente, e per le attività di *search and rescue*. Fondamentale sarà anche lo sviluppo di modelli complessi ed integrati di simulazione, algoritmi predittivi deterministici e stocastici capaci di integrare un numero crescente di differenti discipline, necessari per lo studio degli ecosistemi.

La società impatta pesantemente, ma senza alcuna consapevolezza, gli ecosistemi ancora poco noti del mare profondo. **Attraverso la costruzione dell'Oceano Digitale sarà possibile migliorare e integrare le tecniche di *near-seafloor-observation***, incluso lo studio di emanazione di fluidi (*gas seepage* e *gas venting*) e la loro capacità di sostenere ecosistemi adattati a condizioni estreme di temperatura, pressione e assenza di ossigeno.

Sviluppo della prima mappa 4D di tutti gli ecosistemi marini italiani	
Azione	TRL
<i>Creare piattaforme per l'organizzazione e l'analisi di data lake dedicati agli ecosistemi marini</i>	3-7
<i>Sviluppare metodi IA per reti di sensori, sistemi di comunicazione acustici, per l'identificazione e previsione di rischi ambientali, controllo di mezzi gestiti in remoto, individuazione di specie animali in specifiche aree, stima della biomassa, invasione di specie aliene ecc.</i>	2-7
<i>Progettare e realizzare di sistemi robotici marini (singoli, in sciame, trasportabili, riconfigurabili, modulari) con capacità di decisione autonoma</i>	2-7
<i>Realizzare ambienti virtuali, collaborativi, open, per attività di ricerca multidisciplinari, dedicati agli ecosistemi marini</i>	4-8
<i>Sviluppare modelli numerici oceanici e biogeochimici, dalle scale globali alle regionali, utili per produrre stati oceanici realistici per previsioni da breve termine a scale stagionali, globali e regionali ad alta risoluzione spaziale ecc.</i>	2-8
<i>Progettare sensoristica avanzata e reti di sonde multiparametriche per sistemi di monitoraggio continuo per la misura e il monitoraggio della biodiversità marina</i>	3-7
<i>Costruire sistemi basati su osservazione da remoto (satellitare) utili per il contrasto ad attività illegali che impattino sull'ambiente, fornire dati e condizioni al contorno e iniziali per modelli numerici oceanici, modelli di IA per attività predittive ecc.</i>	3-7
<i>Implementare, anche attraverso modelli di IA, sistemi per la ricostruzione batimetrica dei fondali tramite survey ripetuti per caratterizzare processi naturali, presenza e tipo di popolazioni bentoniche, impatti antropici, usi dei fondali ecc.</i>	2-7

Articolazione 3. Innovazione infrastrutturale per lo sviluppo di una nuova economia sostenibile legata al mare (TRL > 3)

Sulle aree di interfaccia mare-terra, dalla costa ai fondali marini, sorgono infrastrutture a servizio delle attività antropiche che richiedono l'innovazione dei processi di sviluppo e di gestione necessari al miglioramento delle loro funzionalità e alla riduzione delle esternalità negative ad esse connesse.

I **porti** sono infrastrutture strategiche per l'Italia in grado di incidere sulla competitività internazionale del Paese. I porti, infatti, sono snodi di traffico fondamentali, luoghi di accoglienza e smistamento di persone e merci necessari all'economia attuale e futura dell'Italia. Gli impatti che i porti generano sull'ambiente marino e costiero richiedono processi di sviluppo innovativi in grado di garantire il loro stato e le relative funzionalità ponendo però al centro obiettivi di salvaguardia dell'ambiente e delle risorse naturali. Le traiettorie tracciate in recenti normative e documenti programmatici sottolineano la necessità di affiancare ad obiettivi di efficienza, la salvaguardia dell'ambiente spingendo gli enti gestori dei porti ad adottare politiche ambientali concepite non come un vincolo ma come un'opportunità per migliorare la reputazione e aumentare anche il grado di innovazione. Ad oggi alcuni porti italiani hanno introdotto il



concetto di *smart & green ports* realizzando programmi di gestione ambientale finalizzati alla riduzione degli impatti dei dragaggi, delle acque di zavorra, della qualità dell'aria, della gestione dei rifiuti ecc. Tuttavia ostacoli di varia natura (normativi prevalentemente) rallentano questo percorso ormai irreversibile che ora deve puntare ad obiettivi ancora più ambiziosi di resilienza e mitigazione degli effetti generati dal cambiamento climatico che minacciano la sicurezza e la funzionalità delle infrastrutture portuali.

Le **condotte sottomarine** sono realizzate per molteplici finalità quali ad esempio il trasporto di materie prime, il servizio idrico per le isole e nei processi di depurazione per il trasferimento al largo di reflui urbani e industriali. La valenza strategica di tali infrastrutture è in particolare connessa agli obiettivi definiti a livello Europeo quali il miglioramento dell'efficienza energetica e, allo stesso tempo, la riduzione della dipendenza energetica, implementando processi strategici come nuovi corridoi e *hub gasieri* regionali. In tale ambito si inserisce il progressivo incremento delle reti a cui si sta assistendo negli ultimi decenni. L'evoluzione tecnologica e la continua ricerca di soluzioni innovative per la posa e l'interro di tali infrastrutture ha consentito di rispondere alle crescenti richieste di energia a scala globale, collegando la costa con gli ambienti *offshore* per un trasporto efficace e continuo delle risorse energetiche il mare. La realizzazione delle condotte sottomarine richiede un processo di studio propedeutico e di progettazione volto a garantire l'integrità della tubazione e il corretto funzionamento dell'impianto. Poca attenzione è stata ad oggi dedicata al rispetto dell'ambiente. Il rischio ambientale connesso alle condotte sottomarine è molto rilevante. Basti pensare ai danni causati dall'elevata concentrazione batterica dei reflui urbani che incidono sulla balneabilità delle aree marine e sulla qualità dell'acqua igienico-sanitaria del pescato.

La creazione di **laboratori e poli scientifici interdisciplinari** dotati di strumentazione e sistemi digitali avanzati, collocati in aree marine costiere, oltre a produrre conoscenze e tecnologie per garantire l'uso sostenibile delle risorse marine, potrebbe potenziare e velocizzare la realizzazione di metodologie e sistemi avanzati per la risoluzione delle criticità riguardanti lo sviluppo delle infrastrutture marittime descritte.

Obiettivi

Nello scenario delineato emerge la necessità di coniugare nei processi di sviluppo delle infrastrutture marittime portuali, delle relative infrastrutture logistiche terrestri (autostrade e ferrovie) e delle condotte sottomarine, il continuo miglioramento delle performance e la tutela dell'ambiente attraverso:

1. creazione di conoscenze e tecnologie finalizzate allo sviluppo di "Ecoporti" ossia porti caratterizzati da aree portuali, pertinenze e servizi in un'ottica di riduzione dell'impatto ambientale e delle esternalità negative (e.g., congestione, incidentalità, inquinamento visivo/acustico ecc.);
2. sviluppo di metodologie per la progettazione di infrastrutture sottomarine nel rispetto della sicurezza delle infrastrutture stesse, in linea con lo sviluppo dimensionale e operativo degli asset navali (cd. "gigantismo");
3. sviluppo di un polo scientifico e tecnologico nazionale dedicato all'avanzamento delle conoscenze dei mari, delle infrastrutture e sovrastrutture portuali e ai processi gestionali nelle filiere logistiche, dedicato all'eccellenza delle scienze, dell'ingegneria, dell'alta formazione ed all'applicazione delle conoscenze legate al mare, alla logistica marittima e ai relativi problemi della società nelle regioni costiere.

Ricadute sulle aree di Horizon Europe

13. Tecniche e sistemi per la progettazione e costruzione di infrastrutture portuali resilienti; **16.** Sviluppo di conoscenze e tecnologie per la realizzazione e messa in opera delle condotte sottomarine a basso impatto; **25.** Sviluppo di un polo tecnologico delle scienze dedicato all'avanzamento delle conoscenze legate al mare e ai problemi della società riguardanti la mitigazione e l'adattamento al clima; **32.** Sistemi di monitoraggio in prossimità delle condotte sottomarine dei parametri di natura ecologica per la difesa della biodiversità.

Interconnessioni con altri Ambiti Tematici

Innovazione infrastrutturale per lo sviluppo di una nuova economia sostenibile legata al mare presenta evidenti interconnessioni con gli Ambiti Tematici di "Sistemi naturali" e "Cambiamenti climatici e adattamento". Lo sviluppo delle linee di ricerca in sinergia con questi ambiti concorre alla realizzazione di infrastrutture marittime resilienti, compatibili con l'ambiente, concepite e gestite con un approccio ecosistemico.



Indicatori

- Numero di modelli accoppiati idrodinamici ed ecologici impiegati nella progettazione e manutenzione dei porti
- Numero di *data set* di variabili fisico-chimiche e bio-ecologiche degli ecosistemi marini e costieri
- Numero di tecnologie innovative per la realizzazione e messa in opera a basso impatto ambientale delle condotte sottomarine
- Numero di iniziative di ricerca/programmi di formazione condotte nell'ambito del polo multidisciplinare dedicato all'avanzamento delle conoscenze e all'applicazione delle conoscenze legate al mare
- Incremento delle pubblicazioni prodotte in riviste indicizzate per anno e per numero di autori e il relativo numero di citazioni
- Incremento del numero brevetti internazionali depositati e dati in licenza.

Ecoporti

Stato dell'arte e gap della ricerca

In uno scenario globale in cui si assiste all'intensificazione degli effetti generati dal cambiamento climatico anche **i porti devono sviluppare soluzioni innovative per la riduzione dell'impatto ambientale e agire attivamente nei processi di decarbonizzazione dei trasporti e di transizione energetica**. L'European Sea Port Organization assegna un ruolo strategico ai porti in quanto nodi fondamentali della catena logistica chiamati a sviluppare e adottare soluzioni e scelte che rispettino l'ambiente come ad esempio l'impiego di energia prodotta da fonti rinnovabili. Inoltre, sempre più rilevanti diventano gli aspetti riguardanti la mitigazione degli impatti sulla biodiversità generati dallo sviluppo delle aree portuali e la necessità di gestire l'inquinamento degli specchi acquei nel bacino portuale generato anche dalle imbarcazioni. Pertanto, per le Autorità Portuali e gli operatori della filiera logistica si configura l'esigenza di dotarsi di soluzioni e tecnologie ecosostenibili.

Lo sviluppo economico di un sistema portuale compatibile con l'ambiente richiede una visione ampia, che contempli diversi aspetti, quali: 1) **l'inserimento della componente ambientale in tutti i processi** di progettazione, manutenzione e di gestione, 2) **l'utilizzo delle migliori tecnologie anche digitali** per la gestione dei rifiuti prodotti, per il risparmio idrico, per il monitoraggio della qualità delle acque sotterranee e di superficie, dell'inquinamento, dei processi di sedimentazione, dei livelli di rumore e delle emissioni in atmosfera, 3) **la riduzione dell'inquinamento delle acque, atmosferico, acustico e biologico** (specie non indigene), 4) **la riduzione dell'uso dei combustibili inquinanti**, con conseguente aumento dell'utilizzo di fonti di energia a basso impatto di CO₂. Pertanto, si rende necessaria una correlazione tra un sistema ecologico e un sistema antropico, con conseguente necessità di coniugare la tutela dell'ambiente con la costante crescita delle aree portuali in coerenza con le logiche di sviluppo sostenibile, come affermato dall'ONU sullo Stato dell'Ambiente e sullo Sviluppo (UNCED, 1992) e in un parere del Comitato economico e sociale europeo sulla politica portuale comunitaria (2007/C 168/12).

Sfide ed azioni: dalla ricerca di base alla ricerca applicata

Per favorire lo sviluppo sostenibile è fondamentale che un porto si doti di tutte le soluzioni possibili, agendo sulle innovazioni tecnologiche per l'efficientamento energetico, l'adozione di impianti ad energia rinnovabile, l'introduzione di soluzioni digitali e nuovi modelli per il contenimento dell'inquinamento delle acque e l'erosione costiera, rappresentano traiettorie verso cui orientare la ricerca per attivare e consolidare un processo di crescita del porto basato sull'approccio ecosistemico e sull'economia circolare.

Prerequisito di ogni area portuale è la protezione dagli eventi marosi anche estremi, soprattutto considerando i cambiamenti climatici in atto e, conseguentemente, l'innalzamento del livello medio del mare, che ne possono ridurre l'efficacia. A tal fine è necessario promuovere la ricerca multidisciplinare indirizzata allo sviluppo di 1) **modelli accoppiati idrodinamici ed ecologici** di ausilio ad una corretta progettazione, manutenzione e gestione dei porti; 2) **metodologie e tecnologie per il monitoraggio** costante delle opere sottomarine (e.g. muri di banchina, dighe foranee) soggette all'erosione del moto ondoso e a sollecitazioni operative sempre maggiori (e.g. meganavi e megagrù); 3) **nuove infrastrutture portuali**, che riescano a preservare la biodiversità e a ridurre operazioni di impatto, come i dragaggi; 4) **soluzioni naturali per la mitigazione degli impatti** delle aree portuali sugli ecosistemi; 5) **tecnologie di trattamento delle acque di zavorra** e di rimessaggio che prevengano la dispersione di specie potenzialmente dannose; 6)



nuove tecniche di dragaggio che limitino i processi di proliferazioni algali attraverso l'attivazione di forme di resistenza di specie potenzialmente dannose.

L'**installazione di sistemi di alimentazione alternativi ai combustibili tradizionali** quali ad esempio sistemi di alimentazione a GNL e a Idrogeno per l'alimentazione dei mezzi di movimentazione, delle imbarcazioni e in generale dei veicoli per il trasporto di merci e di persone, insieme all'elettrificazione delle banchine e alla realizzazione di impianti per lo stoccaggio e la distribuzione di energia pulita da fonte rinnovabile per il porto e dal porto verso il centro urbano lo rendono un *hub* energetico autosufficiente con una strategia di sviluppo nel rispetto dell'ambiente basato su soluzioni green a livello strategico e operativo. Di grande impatto potrebbe essere la creazione di strumenti che supportino l'ente gestore del porto nell'adozione di sistemi per il risparmio energetico e l'impiego di energia da fonti rinnovabili, analizzando l'idoneità di soluzioni e progetti (es. installazione di pannelli fotovoltaici e di un parco eolico *offshore*) attraverso metodi, ben definiti e snelli, per la valutazione di fattori che ne influenzano la fattibilità e la gestione. La **digitalizzazione dei servizi portuali** è centrale e trasversale allo sviluppo di tutte le soluzioni tecniche e gestionali a supporto dello sviluppo sostenibile di un porto. Le tecnologie ICT e i sistemi di digitalizzazione possono essere impiegati per la rilevazione degli inquinanti o per realizzare lo scambio informativo tra gli attori della *port community* (e.g. *Port Community System*) ottimizzando intere catene logistiche con conseguenze positive anche per l'ambiente (es. riduzione della congestione del traffico nel porto). L'impiego e l'integrazione di soluzioni digitali e di tecnologie avanzate (IoT, *big data*, sensoristica avanzata, cruscotti per la misurazione delle *performance* ecc.) come pure la promozione dell'utilizzo dei dati aperti consentirebbero di migliorare l'efficienza dei flussi di traffico, la sicurezza e le prestazioni ambientali anche del settore dei trasporti.

Sviluppo di modelli e tecnologie per la corretta progettazione e gestione delle aree portuali nel rispetto dell'ambiente	
Azione	TRL
<i>Analizzare gli effetti climatici e delle pressioni antropiche sulla capacità dei porti di proteggere i natanti</i>	1-5
<i>Sviluppare modelli accoppiati idrodinamici ed ecologici di ausilio ad una corretta progettazione e manutenzione dei porti</i>	1-6
<i>Identificare soluzioni naturali per la mitigazione degli impatti delle aree portuali sugli ecosistemi, fissando obiettivi misurabili e criteri capaci di individuare e quantificare l'interazione tra il sistema portuale e quello ambientale</i>	1-6
<i>Realizzare sistemi informativi portuali che rilevino parametri fisico-chimici funzionali anche alla salvaguardia degli ecosistemi</i>	1-6
<i>Installare impianti di rifornimento di combustibili a basso impatto ambientale</i>	3-8
<i>Costruire sistemi ed impianti per l'efficiamento energetico che prevedono anche l'impiego di energie rinnovabili</i>	1-8
<i>Implementare sistemi digitali avanzati e tecnologie ICT innovative per il monitoraggio e la gestione ottimale dei flussi fisici</i>	3-8



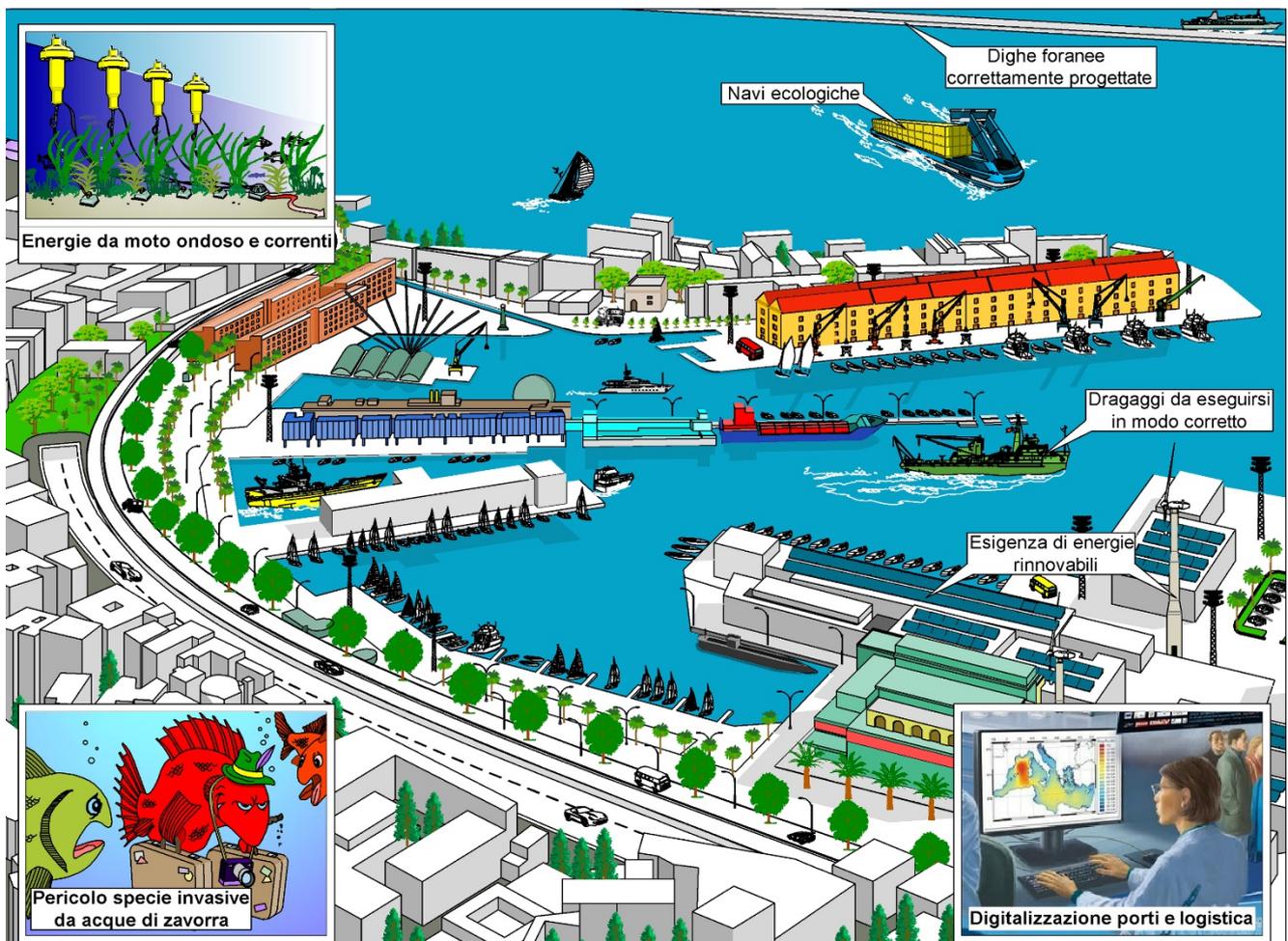


Figura 3 – Alcune indicazioni sulla corretta progettazione e gestione dei porti, con una sintesi delle linee di ricerca.

Ambiente ed economia nella posa in opera delle condotte sottomarine

Stato dell'arte e gap della ricerca

La realizzazione di condotte sottomarine ha molteplici finalità, potendo essere utilizzate, ad esempio, per il trasporto di materie prime o per consentire il trasferimento al largo di reflui urbani e industriali, preventivamente sottoposti a depurazione. L'immissione di scarichi in aree costiere, soprattutto se caratterizzate da una limitata profondità e da scarso ricambio, può produrre effetti negativi sull'ambiente, come ad esempio l'incremento della trofia, la riduzione della concentrazione di ossigeno disciolto e l'aumento dei depositi sul fondale.

Uno degli scopi principali dello studio di uno scarico a mare è quello di prevedere l'area che potrebbe essere influenzata dai processi naturali di diluizione e di auto-depurazione. In questo modo, si riesce a garantire l'insorgenza di quei fenomeni idrodinamici necessari per soddisfare gli standard di qualità delle acque e, dunque, preservare l'ambiente marino e costiero. **Fondamentali sono anche le misurazioni di campo per il monitoraggio e sistemi di allerta, che devono interessare un'area sufficientemente vasta, dipendente dal carico inquinante dell'effluente, dalle correnti marine e dai venti prevalenti in quel sito. Una corretta progettazione delle condotte sottomarine deve tener conto di una visione integrata dell'ecosistema, che parta da dati chimici, biologici ed ecotossicologici.**

Le condotte sottomarine e gli scarichi provenienti da essi, nel caso di condotte di smaltimento, interagiscono con l'ecosistema, in generale, e con la vegetazione marina, in particolare. Pertanto, soprattutto in un periodo di cambiamenti climatici, con conseguenti alterazioni delle condizioni idrologiche, il monitoraggio della vegetazione marina e delle aree costiere in prossimità delle condotte sottomarine è fondamentale per una corretta salvaguardia delle aree marine e costiere. Inoltre per garantire il buon funzionamento e il corretto posizionamento delle condotte e dei



cavi e per monitorare e rilevare fenomeni che possono incidere sia sull'infrastruttura che sull'ambiente è necessario mappare i fondali ed effettuare accurate indagini batimetriche. Il miglioramento in termini di precisione e sicurezza potrebbe essere conseguito ricorrendo all'impiego di tecnologie satellitari, di droni subacquei e di sensori e sistemi digitali per l'acquisizione ed elaborazione dei dati rilevati.

Sfide ed azioni: dalla ricerca di base alla ricerca applicata

La ricerca dovrà essere tesa a sviluppare: 1) la conoscenza dell'interazione dei campi di moto generati dalle condotte sottomarine con l'ecosistema marino e costiero, attraverso nuovi modelli concettuali e numerici; 2) nuove tecnologie di realizzazione e messa in opera delle condotte sottomarine a basso impatto; 3) azioni di monitoraggio dell'ambiente in prossimità delle condotte sottomarine con lo sviluppo di nuove tecnologie di sensori che consentano sistemi di allerta in termini di parametri fisico-chimici, accoppiati a variabili di natura ecologica.

Sviluppo di modelli e tecnologie per la corretta progettazione e posa in opera delle condotte sottomarine	
Azione	TRL
<i>Analizzare gli effetti della messa in opera delle condotte sottomarine sugli ecosistemi e sulla fascia costiera</i>	1-6
<i>Conoscere l'interazione dei campi di moto generati dalle condotte sottomarine con l'ecosistema marino e con la fascia costiera</i>	1-5
<i>Sviluppare nuove tecnologie di realizzazione e messa in opera delle condotte sottomarine a basso impatto</i>	1.6
<i>Realizzare sistemi di monitoraggio e di allerta in prossimità delle condotte sottomarine con nuovi sensori di parametri fisico-chimici e di variabili ecologiche</i>	1-6
<i>Progettare sistemi innovativi digitali integrati (tecnologia satellitare, nave, ROV, AUV, sensoristica, algoritmi intelligenti) per rilievi geofisici e geotecnici marini accurati a supporto della progettazione e ingegneria delle infrastrutture sottomarine</i>	3-6

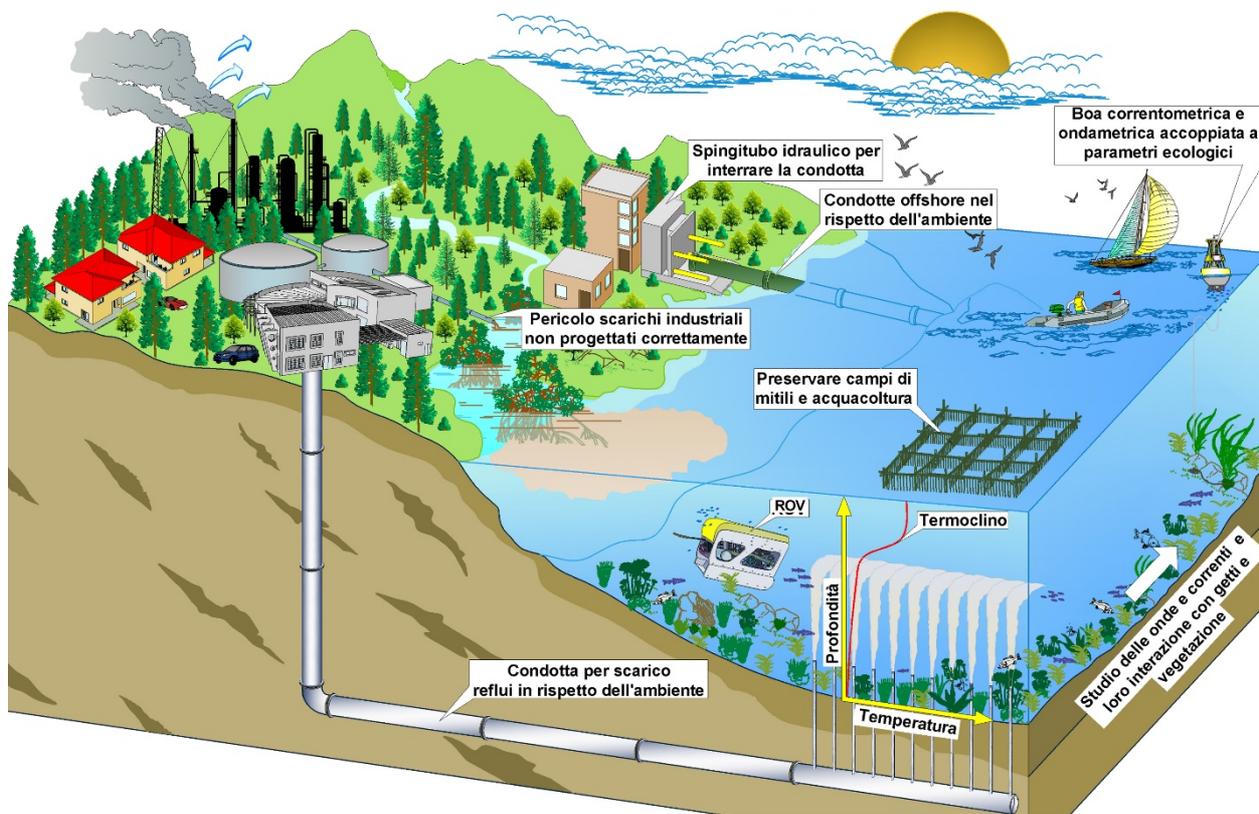


Figura 4 - Alcune indicazioni sulla corretta progettazione e gestione delle condotte sottomarine, con una sintesi delle linee di ricerca.



Smart bay

Stato dell'arte e gap della ricerca

Le normative emanate a livello europeo e nazionale per contrastare il continuo degrado ambientale evidenziano l'indiscutibile *gap* di conoscenze e tecnologie efficaci per garantire lo sviluppo sostenibile delle zone marine e delle aree portuali e l'uso sostenibile delle risorse basato su un approccio ecosistemico. Le azioni di ricerca indicate nel programma Horizon Europe in relazione alla difesa della biodiversità identificano nell'interdisciplinarietà, nel trasferimento tecnologico e nel coinvolgimento del tessuto imprenditoriale fattori indispensabili su cui investire e implementare azioni, anche integrate, per colmare il *gap* conoscitivo al fine di comprendere ciò di cui il pianeta necessita e realizzare così, sulla base di un nuovo sapere, un'economia realmente sostenibile. Questo bisogno investe in modo significativo gli ecosistemi marini e costieri, risorse strategiche per la salute e il benessere dell'uomo e, come dimostrano studi di settore sui trend dell'economia del mare, fonte di ricchezze e crescita economica. Ad oggi, sulla scorta di esperienze di successo come quelle della Nuova Scotia in Canada e di Woods Hole in Massachusetts, **il mondo della ricerca propone la creazione di poli di studio e laboratori per la collaborazione tra ricerca e industria basati sull'integrazione e la multidisciplinarietà dei diversi saperi** scientifici per l'analisi delle interazioni tra le diverse attività economiche che insistono sulla risorsa mare e la definizione delle tecniche e metodologie affinché queste possano coesistere senza generare danni irreversibili sull'ambiente.

Sfide ed azioni: dalla ricerca di base alla ricerca applicata

La **realizzazione di una struttura osservativa multidisciplinare in un sito costiero in cui già coesistono e cooperano infrastrutture di ricerca all'avanguardia e piccole e medie imprese operanti nel settore Blue Growth è una delle sfide più innovative su cui è necessario investire per conseguire gli obiettivi di salvaguardia della biodiversità e degli ecosistemi** producendo al contempo conoscenza (e.g. gestione integrata, usi economici del mare, cambiamenti climatici) tecnologie innovative (e.g. biotecnologie, sistemi di monitoraggio, sorveglianza, sicurezza ed esplorazione) ed opportunità economiche (e.g. pesca, acquacoltura, servizi ecosistemici, portualità, turismo, archeologia subacquea). Un tale polo di innovazione, potrebbe collocarsi in territori come quello campano che è sede del Cluster nazionale BIG, di una grande Zona Economica Speciale, nonché di iniziative di integrazione tra mondo delle imprese e mondo della ricerca. L'esistenza di tali condizioni favorisce la creazione di poli di alta specializzazione in aree marine costiere (*Smart bay*) di particolare rilevanza dal punto di vista geomorfologico, marino o storico, che mediante attività di ricerca sviluppo ed innovazione opera per dare vita a progetti e programmi volti alla promozione e valorizzazione e alla difesa delle aree e delle risorse naturali. La *Smart Bay* potrà generare ricadute anche sull'occupazione in quanto potrà ospitare programmi di formazione dedicati a migliorare la capacità e le competenze di figure professionali che operano nei diversi comparti dell'economia del mare creando anche nuovi profili in grado di applicare il *know-how* acquisito dallo sviluppo delle innovazioni di settore.

Creazione del primo polo nazionale multidisciplinare dedicato all'avanzamento delle conoscenze e all'applicazione delle conoscenze legate al mare e ai problemi della società	
Azione	TRL
Proporre iniziative di ricerca congiunte Università/Enti di Ricerca/Imprese per la difesa dell'ambiente e la valorizzazione delle risorse sui temi dell'ambiente, archeologia subacquea e risorse abiotiche	7-8
Lanciare il primo programma per lo sviluppo di un centro di aggregazione nazionale della conoscenza legata al mare	7-8

Articolazione 4. Nuovi modelli per la valorizzazione sostenibile delle risorse marine (TRL > 4)

Nel perseguire lo sviluppo dell'economia del mare è fondamentale che le nuove attività economiche che sfruttano le risorse del mare si fondino su: I) rispetto dei paradigmi della sostenibilità economica ed ecologica; II) analisi del **ciclo di vita integrato** delle attività produttive dell'economia circolare; III) **analisi integrate degli impatti e delle impronte ecologiche**. Questi principi si applicano sia alle attività che sfruttano le risorse **biotiche** (i.e.: pesca



e acquacoltura), **sia abiotiche** (produzione di energia, estrazione di idrocarburi e minerali). Molte delle metodologie ed indicatori utilizzati per implementare questi approcci sono stati tuttavia sviluppati con riferimento ad ecosistemi terrestri e spesso non possono essere utilizzati nella loro forma attuale per l'analisi di ecosistemi marini.

Gli oceani rappresentano una risorsa fondamentale nel processo di transizione energetica e nel raggiungimento degli obiettivi di decarbonizzazione sia per la produzione di energie rinnovabili marine, sia per la presenza di risorse minerarie e fossili (e.g. giacimenti di gas naturale liquefatto). L'Italia è attiva nel settore dell'esplorazione e della produzione di fonti energetiche non rinnovabili fin dagli anni '60 e vanta un consolidato *know-how* nelle tecnologie per l'esplorazione geofisica. Lo sfruttamento degli idrocarburi nel 2000 ha subito un declino a causa di diversi fattori primo tra tutti, le resistenze dell'opinione pubblica che valuta negativamente lo sfruttamento di giacimenti fossili. Queste resistenze hanno contribuito a favorire un incremento dei processi di dismissione delle piattaforme petrolifere. Tale fenomeno ha determinato la necessità da parte delle istituzioni di stimolare lo **sviluppo di soluzioni innovative per la riduzione degli impatti della dismissione** e la conservazione del corretto funzionamento degli ecosistemi marini. I rischi ambientali che si configurano nelle attività di produzione degli idrocarburi e nelle fasi di smantellamento degli impianti suggeriscono importanti riflessioni anche sulla necessità di **ripensare le attività di esplorazione ed estrazione nei processi di Deep Sea Mining (DSM)** finalizzati alla ricerca di risorse minerali nascoste nei fondali oceanici considerate strategiche per la produzione di componenti per impianti ad energia rinnovabile e che nel prossimo futuro dovranno far fronte alla crescente domanda.

L'insieme di risorse energetiche offerte dal mare include infine le energie rinnovabili marine. Lo **sviluppo di tecnologie per la produzione di energie rinnovabili marine** identificano nella risorsa mare grandi opportunità per la progettazione di soluzioni innovative per soddisfare la crescente domanda energia. È possibile ottenere energia dalle onde, dalle correnti, dalle maree, dal gradiente di salinità e dal gradiente di temperatura. L'Italia è uno dei paesi leader nella ricerca e sviluppo delle tecnologie per l'energia da maree e da moto ondoso anche in grado di superare i limiti naturali che caratterizzano il Mediterraneo (potenziale energetico da moto ondoso inferiore rispetto alle aree oceaniche). Le tecnologie per la produzione di energie rinnovabili marine sono ancora in fase di progettazione e dimostrazione; l'effettiva opportunità che potrà presentarsi, confermata anche dall'interesse dell'Unione Europea per il perseguimento degli obiettivi posti dalla Strategia energetica, rende indispensabile mappare gli effetti sull'ecosistema marino (e.g. alterazione del flusso d'acqua) causati da impianti di produzione di energia maremotrice per comprendere su cosa agire per poter evitarli.

Obiettivi

I processi di transizione energetica ed ecologica richiedono uno sforzo significativo per abilitare il mix energetico e dar vita ad una progettazione di sistemi energetici ed impianti per lo sfruttamento delle risorse marine che siano sostenibili e intelligenti. Questi elementi rappresentano le fondamenta sulle quali attivare un percorso virtuoso in cui il mare offre all'uomo la possibilità di generare energia, e quindi sviluppo, da fonti pulite e l'uomo garantisce un uso sostenibile delle risorse preservandone il buono stato.

Lo sviluppo di nuove attività economiche basate sullo sfruttamento delle risorse marine deve focalizzarsi sui paradigmi della sostenibilità economica ed ecologica, della contabilità ambientale e dell'analisi del ciclo di vita integrato delle attività produttive, anche con riferimento, laddove possibile, ai paradigmi dell'economia circolare e della riduzione degli impatti, e con l'uso di metodologie, modelli ed indicatori adatti ad integrare i vincoli fisico-termodinamici, ecologici e socio-economici tenendo presente le specificità dell'ambiente marino.

A tal fine è necessario: 1) analizzare gli impatti delle attività di esplorazione delle acque profonde ed identificare eventuali percorsi sostenibili; 2) progettare impianti alimentati da rinnovabili marine basate su scelte costruttive ecologiche; 3) valorizzare le infrastrutture estrattive non più attive in ottica ecosistemica e considerare gli effetti generati dai processi di dismissione già in fase di progettazione degli impianti; 4) identificare metodologie, modelli ed indicatori per la contabilità naturale, l'analisi e la valutazione quantitativa dei servizi ecosistemici, e la stima degli impatti e costi ambientali, che siano specifici per gli ecosistemi marini – e quindi di considerare, anche quantitativamente, la tridimensionalità del sistema, la sua dinamicità, l'assenza di confini fisici definiti, la forte connettività spaziale ed interconnessione fra variabili ecologiche – e capaci di supportare l'implementazione di approcci ecosistemici alla gestione delle risorse.



Ricadute sulle aree di Horizon Europe

19. Tecniche di progettazione e costruzione di piattaforme offshore basate sull'adozione del *life cycle thinking approach*; 27. Sviluppo di tecnologie per la produzione, lo stoccaggio e la distribuzione di energia rinnovabile marina; 32. Processi di dismissione innovativi a basso impatto ambientale basati sui principi dell'economia circolare; 33. Nuove tecnologie e metodi di indagine sostenibili per l'esplorazione e l'estrazione delle risorse dai fondali marini.

Interconnessioni con altri Ambiti Tematici

Nuovi modelli per la valorizzazione sostenibile delle risorse marine; presenta interconnessioni con gli Ambiti Tematici di "Energistica industriale", "Energistica ambientale", "Intelligenza Artificiale", "Transizione Digitale - I4.0", "Robotica". Lo sviluppo di linee di ricerca in sinergia con questi ambiti è strategico per garantire l'uso sostenibile delle risorse marine nella produzione di energia pulita.

Indicatori

- Numero di indagini condotte per l'analisi degli effetti delle attività di esplorazione ed estrazione sui fondali marini
- Numero di tecnologie innovative per l'esplorazione ecologica in acque profonde
- Percentuale di progetti di riconversione delle piattaforme in dismissione finalizzati alla valorizzazione dell'ambiente marino
- Numero di progetti di piattaforme basati sul *life cycle thinking approach*
- Numero di indicatori di sostenibilità o costo ambientale specifici per sistemi marini
- Numero di valutazioni integrate effettuate
- Incremento delle pubblicazioni prodotte in riviste indicizzate per anno e per numero di autori e il relativo numero di citazioni
- Incremento del numero brevetti internazionali depositati e dati in licenza.

Economia circolare, analisi del ciclo di vita e contabilità naturale

Stato dell'arte e gap della ricerca

Gran parte delle metodologie ed indicatori per il calcolo dei costi ambientali e le impronte ecologiche legate ad attività antropiche e necessarie per integrare gli aspetti di contabilità ambientale nelle analisi di ciclo di vita, **sono stati sviluppati per gli ecosistemi terrestri e non possono essere utilizzate per gli ambienti marini senza una loro opportuna e ridefinizione**. Il mare è infatti un sistema: 1) tridimensionale in costante evoluzione; 2) aperto e impossibile da isolare; 3) fortemente influenzabile da scambi di materia ed energia con i sistemi confinanti; 4) esposto all'atmosfera e fattori meteorologici solo nell'interfaccia acqua-aria; 5) caratterizzato da alta variabilità spaziale e temporale; 6) abitato da organismi mobili impattati dalle attività antropiche in modo eterogeneo.

Sfide ed azioni: dalla ricerca di base alla ricerca applicata

Risulta pertanto necessario sviluppare nuovi indicatori e metodologie di analisi **specifiche per gli ambienti marini**, capaci di integrare i contributi **oceanografici, ecologici e socioeconomici** per quantificare **costi ambientali, capacità portanti** sociali ed ecologiche, e la sostenibilità dell'insieme delle attività antropiche che coesistono in uno spazio marino. Occorre quindi sviluppare metodologie di analisi ed indicatori per caratterizzare quantitativamente lo stato degli ecosistemi marini, per quantificare gli impatti cumulativi di una o più attività antropiche che insistono su un ecosistema e sulla sua capacità di fornire **servizi ecosistemici**, per determinare la sostenibilità di una specifica attività produttiva e per fornire gli elementi essenziali alla adozione di un **approccio ecosistemico alla pianificazione dell'uso dello spazio marittimo**. È inoltre necessario sviluppare strumenti per l'identificazione di politiche di *governance* del mare ottimali e per una loro implementazione efficace. Tali strumenti dovranno essere incorporati ed adottati nella definizione di piani di utilizzo dello spazio marittimo previsti dalle nuove normative comunitarie (MSP) ed a supporto dello sviluppo delle attività economiche basate sul mare.



Sviluppare nuove metodologie e nuovi indicatori per l'analisi degli ambienti marini	
Azione	TRL
<i>Sviluppare metodologie, modelli ed indicatori per la valutazione degli impatti ed i costi ambientali specifici per l'ambiente marino</i>	3-5
<i>Sviluppare metodologie ed indicatori per la valutazione dei servizi ecosistemici forniti dal mare</i>	3-5
<i>Valutare i servizi ecosistemici e capitale naturale degli ecosistemi marini italiani</i>	3-5
<i>Applicare in alcune aree pilota analisi di ciclo di vita e contabilità naturale all'insieme di attività produttive che coesistono in uno spazio marittimo</i>	5
<i>Redigere linee guida per l'implementazione di principi di contabilità naturali e di sostenibilità ecologica nelle procedure di pianificazione dell'uso dello spazio marittimo (MSP)</i>	5

Processi di decommissioning sostenibili

Stato dell'arte e gap della ricerca

Le piattaforme *offshore* hanno una vita media di 30-40 anni. L'ultimo stadio del ciclo vitale prevede la dismissione (*decommissioning*). La rimozione, totale o parziale e le attività di ripristino, recupero, restauro, compresa la bonifica ambientale, rappresentano i problemi più rilevanti del fine vita delle piattaforme.

Di recente, grazie anche all'evoluzione tecnologica, **il tema della conversione delle piattaforme ha acquisito un grande interesse rappresentando una grande opportunità per la valorizzazione delle risorse marine**. Ognuna delle diverse opzioni determina impatti ambientali e socio-economici di cui bisogna tenere conto nel progetto di riconversione. Ciò implica la necessità di affrontare il problema della dismissione individuando e approfondendo scenari di possibili soluzioni alternative alla rimozione valutando i diversi casi di interesse. A tal proposito esperti e studiosi di settore hanno identificato nell'analisi multicriteri un valido strumento per l'individuazione della migliore modalità di *decommissioning* sotto i profili socio-economico, ambientale e industriale. Modelli per la valutazione dei siti e quantificazione degli impatti dovuti alla rimozione delle piattaforme e studi di fattibilità tecnica per la riconversione di alcune piattaforme in Italia rappresentano il punto da cui la ricerca scientifica deve partire per acquisire nuove conoscenze che conducano alla realizzazione di soluzioni e tecnologie per fornire nuove opportunità al Sistema Paese creando processi di dismissione sempre più sostenibili.

Sfide ed azioni: dalla ricerca di base alla ricerca applicata

Riconversione e riutilizzo sostenibile, attenzione all'ambiente e creatività sono elementi alla base della sfida che la ricerca deve affrontare per innovare il dibattito sul tema del *decommissioning* delle piattaforme *offshore* e, più in generale, sulla gestione delle infrastrutture industriali al termine del loro ciclo produttivo realizzando processi efficienti di economia circolare. A tal fine è indispensabile sviluppare modelli di valutazione e soluzioni innovative per i processi di trasformazione di *asset* in dismissione. Nuovi e più avanzati modelli per la comparazione di parametri qualitativi e quantitativi basati sull'analisi multicriteri e la realizzazione di uno strumento di supporto alle decisioni che consenta di selezionare tra i diversi usi alternativi la soluzione che rappresenti il giusto compromesso tra numerosi fattori quali ad esempio quelli economici, ambientali e politici potrebbero condurre alla realizzazione di progetti di riconversione green. Inoltre il *life cycle thinking approach* deve guidare lo studio e la creazione di modelli per la valutazione di nuovi progetti che consentano di quantificare e analizzare gli impatti dovuti al processo di dismissione già in fase di studio di fattibilità di un progetto di un impianto industriale. L'adozione di modelli di valutazione basati su criteri e parametri che premiano la scelta di processi e materie prime volti al riutilizzo e alla valorizzazione di materiali di scarto favoriranno la realizzazione di piattaforme *offshore* a basso impatto e in armonia con l'ambiente marino.

Lo sviluppo di azioni di *decommissioning* deve basarsi sullo stato delle conoscenze ambientali nelle aree di interesse e su una valutazione esperta dei risultati dei monitoraggi effettuati. A questa fase preliminare deve seguire la creazione di traiettorie operative finalizzate all'acquisizione di conoscenze nel settore ambientale (modelli di dinamica oceanografica, dinamica in risposta ai cambiamenti climatici, produttività delle aree di interesse ecc.) che possano offrire supporto conoscitivo per la definizione di traiettorie di dismissione e/o riutilizzo (parziale o totale) delle infrastrutture. È necessario innescare un processo virtuoso che, attraverso lo sviluppo di azioni pilota, permetta di



disegnare e sperimentare concretamente azioni in grado di inserire il *decommissioning* in un processo di economia circolare e sostenibile per l'ambiente.

Il <i>life cycle thinking approach</i> nella progettazione di piattaforme O&G e valorizzazione del patrimonio delle infrastrutture estrattive non più attive in ottica ecosistemica	
Azione	TRL
<i>Costruire modelli per l'analisi e la valutazione dei progetti di decommissioning (piattaforme, navi, imbarcazioni ecc.)</i>	8
<i>Realizzare modelli basati su analisi multicriteri per la selezione delle strategie di riqualificazione e posizionamento delle piattaforme in fase di decommissioning</i>	8
<i>Identificare nuovi materiali e tecnologie per la progettazione e realizzazione di piattaforme che richiedano attività di dismissione compatibili con l'ambiente</i>	5
<i>Sviluppare modelli e strumenti per la valutazione degli impatti generati dal decommissioning da introdurre nello studio di fattibilità di nuovi progetti</i>	3-4

Risorse abiotiche marine

Stato dell'arte e gap della ricerca

Gran parte delle risorse energetiche abiotiche impiegate per soddisfare il fabbisogno nazionale vengono estratte dal mare. **In ambito nazionale il settore delle attività di estrazione degli idrocarburi vanta la presenza di stakeholder di rilievo internazionale che, per difendere i propri interessi di business minacciati dalle pressanti sfide ambientali, sono fortemente impegnati in attività di ricerca e sviluppo**, anche in collaborazione con università ed enti di ricerca, finalizzate alla realizzazione di soluzioni e tecnologie che possono migliorare le attività di esplorazione e di estrazione in termini di sicurezza e di sostenibilità ambientale.

Le attività di esplorazione rappresentano inoltre una grande opportunità per conoscere la risorsa mare. **I fondali e gli habitat marini sono ancora quasi completamente inesplorati e nascondono risorse minerarie di grande interesse strategico** (Piano d'Azione, Cluster BIG 2019). Tuttavia queste nuove attività di sfruttamento delle risorse presenti negli oceani rischiano di essere un ulteriore rischio per l'ambiente marino già fortemente in pericolo. Molte imprese utilizzano tecnologie invasive che danneggiano i fondali, aspirano lo strato marino superficiale alla ricerca di metalli e risorse strategiche e rilasciano in acqua particelle e sedimenti. Queste attività di esplorazione devono essere ripensate nel rispetto degli ecosistemi e della biodiversità marina.

Sfide ed azioni: dalla ricerca di base alla ricerca applicata

Le pressioni ambientali generate dalle piattaforme *oil&gas* esistenti e la necessità di individuare soluzioni per l'uso efficiente e sostenibile delle risorse marine, stimolano la ricerca e l'innovazione alla creazione di conoscenza e tecnologie tali da consentire attività di esplorazione ed estrazione a basso impatto ambientale. **L'innovazione di sistemi digitali, dell'automazione e dell'intelligenza artificiale può condurre allo sviluppo di nuove tecniche e metodi di indagine dei fondali marini.** Queste, se da un lato possono indirizzare il settore dell'estrazione verso scelte di progettazione ed esecuzione delle attività maggiormente eco-compatibili, dall'altro possono dar vita a nuovi modelli di *business* volti all'esplorazione delle risorse marine ad oggi sconosciute e a comprenderne un possibile utilizzo basato su un approccio ecosistemico (e.g.: estrazione mineraria sostenibile in alto mare). L'impiego di sistemi digitali avanzati per l'elaborazione di dati acquisiti dai fondali può consentire lo studio degli effetti generati dalle attività di estrazione sulle dinamiche evolutive degli ecosistemi marini. Le conoscenze potrebbero condurre alla creazione di modelli da studiare al variare delle condizioni al contorno e che potrebbero suggerire al settore dell'estrazione scelte costruttive e modalità operative sempre meno invasive.

Valorizzazione sostenibile delle risorse minerarie e fossili in mare	
Azione	TRL
<i>Sviluppare tecnologie per l'estrazione e l'esplorazione delle risorse minerarie e fossili a basso impatto ambientale</i>	6



<i>Promuovere la ricerca finalizzata ad attività di esplorazione sostenibile di risorse marine inesplorate</i>	6
<i>Progettare nuove tecnologie e metodi di indagine per l'analisi degli effetti delle attività di esplorazione ed estrazione sui fondali marini e sulle popolazioni dei cetacei</i>	6

Energie rinnovabili

Stato dell'arte e gap della ricerca

Le attività di ricerca e sviluppo relative alle energie rinnovabili marine sono rilevanti per il raggiungimento degli obiettivi di transizione energetica verso fonti di produzione a basse emissioni di carbonio. Come riporta il documento “*Bluemed Italian White Paper Working Group, 2019*” l'Italia è all'avanguardia nella ricerca per lo sviluppo e la sperimentazione di tecnologie per la produzione dell'energia da moto ondoso. La ricerca italiana che opera nel settore è attiva anche a livello internazionale ed ha realizzato molti prototipi e dispositivi pre-commerciali sviluppando tecnologie e sistemi di conversione che consentono la produzione di differenti forme di energia rinnovabile prodotta dal mare (e.g. energia dalle correnti e maree, energia del moto ondoso, energia talassotermica, energia chimica a gradiente salino). Tuttavia studi di settore hanno evidenziato gli ostacoli che ritardano lo sviluppo dell'energia rinnovabile marina. Tra i principali *gap* da colmare, oltre alla realizzazione di tecnologie per il miglioramento dell'operatività degli impianti e degli aspetti connessi alla manutenzione, emergono la **mancanza di un framework normativo che regoli la costruzione e la messa in esercizio di questi impianti e la mancanza di programmi di finanziamento per lo sviluppo delle energie marine rinnovabili**. Questi aspetti e a cui si aggiunge l'importanza di realizzare gli impianti nel rispetto degli ecosistemi marini e costieri suggeriscono la necessità di incentivare la ricerca in questo settore per poter abbattere le barriere e cogliere i vantaggi connessi all'uso delle energie rinnovabili marine.

Sfide ed azioni: dalla ricerca di base alla ricerca applicata

Le energie rinnovabili marine, affinché siano realmente sostenibili devono essere prodotte mediante sistemi ed impianti progettati sulla base di scelte che pongono al centro la protezione della biodiversità favorendo in tal modo l'adozione di un approccio ecosistemico. Le principali azioni che la ricerca deve intraprendere per garantire lo sviluppo sostenibile dell'energia rinnovabile marina mirano:

- al miglioramento delle tecnologie e dei dispositivi per la produzione, lo stoccaggio e la distribuzione dell'energia marina e per l'integrazione di diverse forme di energie rinnovabili (*wind-tidal-wave*);
- alla definizione di metodologie per la scelta dei siti di installazione, il monitoraggio e la mitigazione degli impatti delle strutture sull'ambiente marino;
- alla progettazione di impianti che tengano in conto degli effetti di fine vita dell'impianto (*life cycle thinking approach*);
- accoppiamento di estrazione di energie rinnovabili e produzione da acquacoltura sostenibile (es. molluschi bivalvi) in corrispondenza dell'impianto che funge anche da OECM (*Other Effective Conservation Measure*).

Identificare percorsi sostenibili per valorizzare le diverse fonti di energie rinnovabili ottenibili dai mari	
Azione	TRL
<i>Sviluppare tecnologie per la produzione, lo stoccaggio e la distribuzione di energia rinnovabile marina in armonia con l'ambiente</i>	8
<i>Effettuare studi per l'integrazione di diversi tipi di produzione di energia in mare (wind-tidal-wave)</i>	8
<i>Identificare metodi per la valutazione della sostenibilità economica, ambientale e sociale degli impianti di energia</i>	8
<i>Progettare impianti energetici da fonte rinnovabile marina basati sul life cycle thinking approach</i>	6



Articolazione 5. Strumenti osservativi per la conoscenza dell'ecosistema marino e costiero (TRL > 3)

I **sistemi di monitoraggio**, basati sulla rilevazione di variabili predefinite secondo protocolli standard, **devono evolvere in sistemi osservativi** che misurino variabili predefinite ma siano aperti al rilevamento di variabili e fenomeni inattesi che, in alcuni casi, possono condurre a cambiamenti di regime. I protocolli di monitoraggio, ad esempio, non rilevano le mortalità massive di organismi o le proliferazioni abnormi di alcune specie, o l'arrivo di specie aliene, fenomeni rilevabili, invece, da sistemi osservativi ad ampio spettro. Gli attuali sistemi di monitoraggio, che spesso si basano su strumentazioni automatiche installate su navi, satelliti, boe e droni, devono essere ulteriormente potenziati con attenzione alla copertura spaziale e alla frequenza di osservazione ed integrati con l'uso di modelli interpolativi vincolati dai dati esistenti. Le ampie distese marine devono essere quindi investigate attraverso sistemi di monitoraggio - con approcci tradizionali e non convenzionali - compreso le tecniche di telerilevamento (aereo e satellitare) nonché con un massiccio uso di boe fisse e derivanti (*floats* e *drifters*) e da sistemi autonomi (*glider*, AUV, ...) la cui integrazione permette di avere una visione quadridimensionale dell'ecosistema. In questo contesto particolarmente urgente è la loro estensione alla dimensione biologica e il loro adeguamento alla rilevazione di variabili rilevanti, come prescritto, dalla *Marine Strategy Framework Directive* e alla definizione di Buono Stato Ambientale in essa contenuto.

Attualmente non esistono sistemi di misurazione standard di biodiversità e funzionamento degli ecosistemi. La ricerca in questo ambito ha notevoli prospettive di sviluppo per nuovi sensori e l'allestimento di reti di infrastrutture di osservazione. L'utilizzo delle Stazioni di Biologia Marina e delle Aree Marine Protette ha la potenzialità di completare gli attuali sistemi di monitoraggio, portandoli al rango di sistemi osservativi. **L'osservazione dello stato dell'ambiente attraverso reti di rilevamento nel lungo termine fornirà materiale prezioso per l'elaborazione e la validazione di modelli predittivi** analoghi a quelli attualmente impiegati in meteorologia e oceanografia operativa.

Obiettivi

La biodiversità e il funzionamento degli ecosistemi (BEF) sono i capisaldi di ogni valutazione dello stato ambientale. È quindi urgente adeguare i sistemi osservativi alla misurazione dello stato della biodiversità (Descrittore 1 della MFS) e dell'efficienza del funzionamento degli ecosistemi (gli altri 10 descrittori). Gli attuali sistemi di monitoraggio rilevano gli effetti di possibili agenti stressanti su alcune componenti fisico, chimiche e biologiche ma non sono in grado di rilevare i loro effetti su BEF come richiesto dalla Strategia Marina. L'allestimento di efficienti reti osservative che possano permettere di rilevare l'impatto delle azioni umane è un prerequisito per ogni azione di pianificazione o di mitigazione. Lo sviluppo di sensoristica avanzata ha interessanti potenzialità commerciali in quanto oggi tali tecnologie sono assenti e devono essere inventate.

L'obiettivo dell'adeguamento dei sistemi osservativi, quindi, è sia normativo (misurazione di variabili previste da una Direttiva europea recepita dall'Italia) sia scientifico, in quanto le variabili misurate acquistano tanta più rilevanza quanto più modificano le componenti essenziali dell'ambiente, cioè la biodiversità e il funzionamento degli ecosistemi.

Ricadute sulle aree di Horizon Europe

1.,2. Sistemi osservativi marini per acquisire conoscenza e stimolare strategie di sostenibilità che portino a modificare gli stili di vita e i modelli di produzione e consumo verso obiettivi di sostenibilità ambientale garantendo la salvaguardia dei servizi ecosistemici essenziali alla salute dell'uomo; **23.** Sistemi per l'acquisizione e l'elaborazione dati basate su tecnologie e servizi satellitari; **31.,32.** Reti osservative e modelli integrati per acquisire conoscenza sul funzionamento degli ecosistemi e della biodiversità per comprendere come arrestare il processo di degrado e promuovere l'uso sostenibile delle risorse marine; **36.** L'osservazione e la conoscenza degli ecosistemi marini e della biodiversità per la realizzazione di modelli di monitoraggio e di *governance* che garantiscono la sostenibilità marina.

Interconnessioni con altri Ambiti Tematici

Strumenti osservativi per la conoscenza dell'ecosistema marino e costiero presenta interconnessioni con gli Ambiti Tematici "Cambiamenti climatici e adattamento" e "Energia ambientale" in quanto il cambiamento climatico



e la produzione di energia sono strettamente collegati e hanno forti impatti sugli ecosistemi e la biodiversità, valutabili attraverso sistemi osservativi. A supporto dello sviluppo di sistemi osservativi avanzati e intelligenti sono necessarie le tecnologie che nascono dalle discipline degli Ambiti Tematici “Transizione Digitale”, “I4.0 High Performance Computing”, “Big Data”, “Intelligenza Artificiale”, “Robotica” e “Aerospazio”. L’innovazione tecnologica e la digitalizzazione delle informazioni sono di prioritaria importanza per la messa a punto di efficienti reti osservative. Anche gli Ambiti Tematici “Sicurezza delle strutture, infrastrutture e reti” e “Sicurezza sistemi naturali” presentano evidenti interconnessioni con i sistemi osservativi degli ecosistemi marini e costieri in quanto da essi è possibile rilevare utili informazioni per garantire l’integrità ambientale e delle infrastrutture ed attivare sistemi di prevenzione e protezione da catastrofi naturali generate dal cambiamento climatico.

Indicatori

- Numero di nuove stazioni di osservazione
- Numero di variabili osservate
- Numero di nuovi protocolli per la misurazione di variabili complesse (bio-ecologiche)
- Addestramento di tecnici e ricercatori per operare nei sistemi osservativi
- Copertura spazio-temporale dei sistemi osservati
- Digitalizzazione delle informazioni ai fini di modellistica avanzata
- Incremento delle pubblicazioni prodotte in riviste indicizzate per anno e per numero di autori e il relativo numero di citazioni
- Incremento del numero brevetti internazionali depositati e dati in licenza.

Ecosistema marino e costiero

Stato dell’arte e gap della ricerca

Gli ecosistemi marini e le connessioni con gli ecosistemi terrestri sono studiati da una vasta gamma di discipline (fisica, chimica, geologia, biogeochimica, biologia, ecologia, sociologia, economia, geografia, ingegneria) con sviluppi spesso autonomi l’una rispetto all’altra e che si sono ulteriormente frammentate in sotto-discipline, anch’esse sviluppate in isolamento reciproco. Le acque costiere sono studiate da alcune categorie di ricercatori, mentre le acque oceaniche o il mare profondo sono studiati da altri specialisti. La stessa nozione di ecosistema prevede lo studio di entità interconnesse ecologicamente che esulano da suddivisioni artificiali dovute a necessità logistiche. Mentre molti approfondimenti sono disponibili per la conoscenza di questi sistemi, anche se la loro semplice descrizione è lungi dall’essere completata, è ancora carente la comprensione delle connessioni tra le varie parti.

La Direttiva Habitat dell’Unione Europea comprende solo habitat marini bentonici e le osservazioni da satellite interessano la superficie marina, senza scendere in profondità. **I sistemi marini, invece, sono tridimensionali e molto variabili nel tempo.** Il funzionamento degli ecosistemi, infatti, avviene per “impulsi” come le fioriture di microalghe primaverili, seguite da esplosioni demografiche dello zooplancton, e poi da reclutamento di specie nectoniche. La figura mostra i concetti appena descritti: sistemi osservativi di variabili fisiche, chimiche, biogeochimiche e geologiche (sopra), biodiversità marina e funzionamento degli ecosistemi (sotto). Al centro le varie attività e infrastrutture necessarie per passare da sistemi di monitoraggio a sistemi osservativi (illustrazione di A. Gennari). I sistemi osservativi devono inoltre essere concepiti in una ottica pan-mediterranea al fine di poter facilmente scambiare e integrare le informazioni acquisite (es. JRU EMSO Italia).



Figura 5 – Sistemi osservativi per la conoscenza dell’ecosistema marino e costiero.

Sfide ed azioni: dalla ricerca di base alla ricerca applicata



La ricerca deve completare la **descrizione delle varie componenti degli ecosistemi marini e costieri ed identificare le connessioni che le collegano**. Il passo successivo consiste nell'**affinare i modelli al fine di includervi le variabili rilevanti e le loro connessioni**.

Gli sviluppi nel campo dei rilievi batimetrici multi-fascio (sia da nave sia da strumenti *near sea floor*) sono stati notevoli anche in Italia negli ultimi 5 anni e hanno messo in luce nuove possibilità di mappare il fondale marino definendo aree di grande dinamica e fornendo informazioni sull'evoluzione geomorfologica del sistema (es. impatto di tempeste che erodono tratti di costa e spostano sedimenti in punti di accumulo subacqueo temporaneo).

I rilievi *multibeam* di ultima generazione forniscono preziose informazioni quantitative sulla riflettività (*backscatter*) dei fondali che possono essere usate per guidare lo studio degli ecosistemi bentonici identificando anche la presenza di impatti antropici (ad es. l'impatto della pesca a strascico che distrugge la micromorfologia dei fondali e con essa riduce il supporto fisico alla biodiversità bentonica. Gli stessi rilievi batimetrici *multibeam* servono anche ad identificare aree di sfuggita di fluidi dal sottofondo attraverso processi lenti (*seepage*) o veloci (*venting*) e a studiarne l'impatto sulla stabilità dei fondali e sugli ecosistemi bentonici.

Lo studio del fondale in mare profondo può infine identificare aree ad intensa dinamica come quelle prospicienti delta fluviali caratterizzati da piene di alta densità con sedimenti che possono raggiungere profondità abissali e quelle legate alla formazione e passaggio di acque dense che si formano in risposta a intensi episodi di raffreddamento invernale della colonna d'acqua. A queste acque dense è associato un importante impatto sugli ecosistemi abissali attraverso il trasporto di ossigeno, carbonio e altri nutrienti ma anche di materiali legati alle attività antropiche (microplastiche). In questo contesto la realizzazione dei sistemi di osservazione profonda (*mooring* oceanici) e l'utilizzo dei sistemi autonomi (*glider, waveglide, floats, drifeters*) assume una importanza strategica.

Passaggio da sistemi di monitoraggio a sistemi osservativi	
Azione	TRL
<i>Effettuare attività di ricerca e sviluppo finalizzate al rafforzamento dei sistemi di monitoraggio esistenti</i>	7-9
<i>Aggiornare e comprendere variabili bio-ecologiche</i>	3
<i>Realizzare il set up di reti osservative complete</i>	3
<i>Creare banche dati georeferenziate integrate</i>	3
<i>Utilizzare modelli ecosistemici per la interpolazione spazio temporale in tempo quasi reale delle variabili osservate e la stima di variabili non osservabili, e per le previsioni a breve termine</i>	5

Condizioni climatiche

Stato dell'arte e gap della ricerca

Le variazioni delle condizioni climatiche in termini fisici e chimici, con maggiore frequenza di eventi di estrema intensità, hanno ripercussioni importanti sulla biologia e l'ecologia dei sistemi marini e costieri alterando di conseguenza la composizione della biodiversità e il funzionamento degli ecosistemi. È quindi prioritario, assieme alla valutazione dei cambiamenti fisico-chimici osservati, rilevare anche le loro ripercussioni sull'ambiente in generale. L'alterazione delle correnti oceaniche (il grande nastro trasportatore oceanico, attivato dalla formazione dei ghiacci polari) nonché le modifiche della dinamica marina a scala più piccola (l'alterazione dei motori freddi che governano la circolazione del Mediterraneo) dovuta al riscaldamento globale, generano ulteriori cambiamenti bio-ecologici come i periodi riproduttivi delle specie (fenologia), la distribuzione delle specie (mortalità massive, invasioni di specie non indigene, proliferazioni di specie) nonché cambiamenti nel funzionamento degli ecosistemi che dipendono dalla composizione dei biota. Gli effetti dell'innalzamento del livello del mare avranno conseguenze diverse nelle differenti aree costiere. La conoscenza di questi fenomeni è ancora frammentaria e **la ricerca deve ora essere indirizzata verso modelli basati su conoscenza approfondita dei fenomeni che derivano dal cambiamento climatico e i relativi impatti ecosistemici**.

Sfide ed azioni: dalla ricerca di base alla ricerca applicata

La ricerca di base è stata in un primo tempo focalizzata sulla descrizione del cambiamento fisico-chimico, ma le conoscenze sono mature per passare dalla descrizione dei pattern alla individuazione dei processi che li generano per



interrompere la catena di azioni che produce il cambiamento climatico. A tal fine è fondamentale acquisire serie temporali per evidenziare la variabilità climatica, anche a scale locale, impiegando strumenti osservativi e tecnologie innovative quali ad esempio sistemi per il monitoraggio attraverso postazioni costiere e boe oceanografiche fisse e derivanti (lagrangiane). È necessario, quindi, passare dalle analisi puntuali ad una sintesi che permetta di affrontare il problema nella sua complessità, al fine di stimolare strategie di sostenibilità che portino a modificare i nostri sistemi di produzione e consumo verso obiettivi di sostenibilità ambientale. La misurazione dell'efficienza di ogni azione innovativa si attua attraverso la valutazione dell'impatto dell'innovazione stessa sul mantenimento dell'integrità degli ecosistemi, attraverso azioni di adattamento e mitigazione di ogni campo di azione antropica.

Comprensione, adattamenti e mitigazione del cambiamento climatico	
Azione	TRL
<i>Implementazione di sistemi osservativi anche a scala locale</i>	5-7
<i>Comprensione e quantificazione delle le attività climalteranti</i>	5-7
<i>Analisi degli impatti di diversi scenari gestionali</i>	5-7
<i>Modificare le attività antropiche in senso adattativo</i>	5-7

Articolazione 6. Costruzione di modelli di gestione basati sull'approccio ecosistemico TRL > 3

I settori del turismo, della pesca e dell'acquacoltura se da un lato rappresentano attività economiche di assoluto rilievo per l'economia italiana dall'altro, basandosi molto spesso su uno sfruttamento incontrollato della risorsa mare, possono essere causa di un processo di degrado delle aree marine e costiere. I fenomeni di antropizzazione delle aree costiere generano un forte impatto sulla salvaguardia delle risorse ambientali e marine (ad esempio quelle causate dal turismo nautico-diportistico). Incremento della produzione dei rifiuti, distruzione degli ecosistemi costieri e marini, inquinamento del suolo e dell'acqua, concentrazione dei benefici in poche aziende, aumento della domanda di mobilità, sono solo parte delle esternalità negative che possono configurarsi nel comparto turistico marino. Allo stesso modo nel settore della pesca il depauperamento delle risorse alieutiche impone, il passaggio da una gestione basata sugli *stock* oggetto di cattura ad una basata sull'approccio ecosistemico (come richiesto dalla *Common Fishery Policy* CFP; EU Reg. 1380/2014 e dalla *GFCM Mid-term Strategy*). La conoscenza della biodiversità e del funzionamento degli ecosistemi è alla base di questa tipologia di gestione. I modelli incentrati sugli stock di singole specie, estratti dagli ecosistemi sono inadeguati a fornire previsioni attendibili, e devono essere implementati con modelli più rispondenti alla realtà ecosistemica.

Obiettivi

Sebbene nell'ambito della ricerca esistano iniziative finalizzate alla descrizione e all'analisi delle pressioni ambientali generate dalle attività turistiche, non esiste ancora un'adeguata conoscenza e una valutazione sistemica dei fenomeni legati al turismo marino e costiero e degli effetti che esso produce sulla biodiversità degli ecosistemi marini. Un'analisi sistematica e quantitativa delle pressioni ambientali generate da tale settore è indispensabile per comprendere le azioni da perseguire per la realizzazione di un turismo sostenibile caratterizzato da una gestione virtuosa dei beni di consumo primari (acqua, energia ecc.) e finalizzato alla valorizzazione sostenibile delle risorse naturali e ambientali.

In riferimento ai settori della pesca e dell'acquacoltura, la ricerca alieutica, oltre alla conoscenza di base volta a ottimizzare lo sforzo di pesca in un'ottica ecosistemica, deve sviluppare innovazione tecnologica finalizzata a: ridurre l'impatto del prelievo introducendo attrezzi selettivi e performanti; migliorare la conservazione dei prodotti e la connessione filiera pesca/acquacoltura con il recupero degli scarti e/o con nuove produzioni; ridurre i consumi energetici ed operare attivamente nel recupero della spazzatura marina in un'ottica di economia circolare.

Ricadute sulle aree di Horizon Europe

32. Accrescere la conoscenza e l'innovazione nella gestione delle attività dei settori del turismo, della pesca e dell'acquacoltura rispettando il corretto funzionamento della biodiversità e degli ecosistemi in mare; **33.** Modelli di



gestione delle attività di turismo, pesca e acquacoltura basati sui principi dell'economia circolare quali driver di competitività; **34.** Conoscenza delle attività di pesca e acquacoltura e delle relative interazioni con il sistema mare per accrescere gli standard qualitativi e di sicurezza della filiera alimentare ad essi connessa; **36.** Conoscenze e metodologie per la creazione di modelli di monitoraggio e gestione delle attività di turismo, della pesca e dell'acquacoltura.

Interconnessioni con altri Ambiti Tematici

Costruzione di modelli di gestione basati sull'approccio ecosistemico presenta interconnessioni con gli Ambiti Tematici "Tecnologie alimentare" e "Bioeconomia" in quanto le sfide di ricerca identificate sono finalizzate alla realizzazione di modelli di gestione basati sui principi di funzionamento della "bioeconomia circolare", sull'integrazione fra i soggetti all'interno delle filiere e sulla creazione di processi di trasformazione efficienti volti ad un uso ottimale delle risorse nel rispetto dell'ambiente e della salute dell'uomo. Inoltre, le azioni di ricerca proposte per la realizzazione di un turismo sostenibile potranno presentare collegamenti con gli Ambiti Tematici "Trasformazioni sociali, società dell'inclusione", "Creatività, design e made in Italy", "Patrimonio culturale" e "Discipline storico letterarie e artistiche" in quanto hanno in comune obiettivi di ricerca volti alla valorizzazione delle risorse e del patrimonio naturale, culturale e storico dei territori italiani. La sinergia con l'Ambito Tematico della "Transizione Digitale - I4.0" infine sarà funzionale all'identificazione di strumenti per la digitalizzazione dei modelli innovativi di gestione sostenibile di turismo, pesca e acquacoltura.

Indicatori

- Riduzione degli scarti della pesca
- Sostenibilità economico-finanziaria del settore aliceutico
- Percentuale di enti locali che adottano sistemi di valutazione e monitoraggio della sostenibilità del turismo del mare
- Percentuale di imprese turistiche che adottano nuovi modelli di business basati sulla salvaguardia e la valorizzazione ambientale
- Numero di sistemi di certificazione di sostenibilità delle imprese e delle destinazioni
- Percentuale di aree marine che adottano un approccio ecosistemico nella gestione di pesca e acquacoltura
- Incremento delle pubblicazioni prodotte in riviste indicizzate per anno e per numero di autori e il relativo numero di citazioni
- Incremento del numero brevetti internazionali depositati e dati in licenza.

Turismo sostenibile

Stato dell'arte e gap della ricerca

Quello legato al mare è la principale forma di turismo in Italia ed è caratterizzato da una forte stagionalità, con picchi nel periodo estivo ed un'elevata concentrazione di turisti nelle zone costiere. Questo determina la necessità di controllare e gestire i flussi sia per mitigare gli impatti ambientali che insistono sulle coste, sia per incentivare il turismo anche nelle zone dell'entroterra (*The BLUEMED Italian White Paper, 2019*).

La sostenibilità del turismo e nel turismo è un tema ampiamente dibattuto poiché determina impatti negativi non solo sull'ecosistema ambientale ma anche sul contesto socio-culturale sono importanti (UNWTO, 2004; UNWTO, 2019). Negli ultimi decenni la gestione della capacità di carico delle destinazioni marine, dell'impatto della pressione turistica – nelle sue dimensioni fattuale, percettiva e comportamentale – è al centro di un crescente dibattito internazionale volto a monitorare, gestire e reindirizzare i flussi turistici, contenendone gli impatti. Non esiste ad oggi la capacità di descrivere quali pressioni ambientali vengono generate dalle attività turistiche e **non esiste ancora un'adeguata conoscenza e una valutazione sistemica dei fenomeni legati al turismo costiero e degli effetti che esso produce sulla biodiversità degli ecosistemi marini.**

Sfide ed azioni: dalla ricerca di base alla ricerca applicata



La definizione di modelli di sviluppo sostenibile del turismo richiede un cambiamento nell'interpretazione della destinazione turistica vista come una *knowledge-based destination*. Nella *knowledge-based destination* i driver di innovazione e di sviluppo sostenibile sono gli attori (imprese, attori politico-istituzionali, *destination management organization* e comunità locale) e le piattaforme tecnologiche ed il capitale sociale. **Pensare quindi di favorire lo sviluppo sostenibile del turismo del mare implica agire sui attori, sul DNA della destinazione e su forme di innovazione guidate dalla tecnologia.** Questo potrebbe tradursi nella definizione di metodologie di analisi e strumenti per la gestione del turismo locale che consentano di giungere ad una definizione condivisa da parte di operatori ed istituzioni di nuovi modelli di turismo in cui vengono preferite ed adottate soluzioni sostenibili. Inoltre, non bisogna trascurare il grande potenziale insito nell'attivazione e la creazione di servizi digitali che possono consentire l'accesso e la conoscenza facile ed integrata dell'offerta turistica ripensata nell'ottica della sostenibilità.

I pilastri dello sviluppo sostenibile sono da rinvenirsi sia nella definizione di nuovi *business model*, sia nello sviluppo in un sistema di valutazione e di monitoraggio degli impatti e, successivamente, in un sistema di gestione dei flussi e delle attività economiche in grado di ricostruire l'equilibrio tra uomo, economia turistica e natura.

Sviluppo di forme di turismo sostenibile ed educazione ai comportamenti responsabili	
Azione	TRL
<i>Definire sistemi di valutazione e monitoraggio della sostenibilità del turismo del mare</i>	7
<i>Realizzare strumenti tecnologici innovativi per monitorare i flussi turistici e attuare 'dispersal strategies'</i>	7
<i>Sviluppare esperienze di turismo sostenibile che recuperino l'autenticità dei luoghi e i rapporti con le comunità locali</i>	7
<i>Elaborare nuovi modelli di business delle imprese turistiche sostenibili</i>	7
<i>Definire ed implementare sistemi di certificazione di sostenibilità delle imprese e delle destinazioni</i>	8

Pesca

Stato dell'arte e gap della ricerca

Gli effetti negativi, sia dal punto di vista ecologico sia economico, generati dalla sovrappesca e in generale dallo sfruttamento incontrollato di risorse comuni sono ben noti.

I modelli matematici usati finora per la gestione delle risorse ittiche non sempre hanno garantito un'adeguata gestione di tali risorse. La limitata capacità interpretativa degli effetti derivanti dall'interazione tra fenomeni naturali (es. cambiamenti climatici) e azione dell'uomo attraverso la pesca dipende sia dalla carenza di informazioni, sia dalla molteplicità dei fattori coinvolti, spesso non conosciuti. La pesca è un'attività umana che si realizza nel contesto del funzionamento ecosistemico per cui un'analisi riduzionistica per popolazioni non può garantirne la corretta gestione. Le molteplici interazioni tra le componenti (biotiche e abiotiche) e i fattori (fisico, chimici, biologici) non seguono semplici meccanismi di causa-effetto, ma presentano dinamiche non lineari che limitano la predicibilità del sistema e sono regolati da causalità multipla. I tentativi di rappresentare la realtà ambientale attraverso l'uso di modelli matematico-statistici risultano ancora inadeguati così come inadeguati si presentano gli strumenti predittivi.

Sfide ed azioni: dalla ricerca di base alla ricerca applicata

La valorizzazione e la gestione dell'attività di pesca richiedono di essere affrontate secondo l'approccio ecosistemico (già richiesto dalla *Common Fishery Policy* (CFP; EU Reg. 1380/2014) unendo le conoscenze scientifiche a quelle tradizionali (*Traditional Ecological Knowledge*: TEK) per una gestione sostenibile (ambiente, economia, società + istituzioni). L'impostazione più adeguata si configura nell'analisi/conoscenza del sistema e nel mantenimento del suo funzionamento (approccio olistico). Non esistono univoche opzioni gestionali, ma occorre integrare misure delle diverse forme di conoscenza (ecologiche, economiche, socio-culturali). Alcune soluzioni possono essere integrate con economia circolare e turismo.



Obiettivo importante è **conoscere le zone destinate alla pesca non soltanto come superfici statiche, ma come volumi di estensione variabile nel tempo (celle di funzionamento) in modo da poter adottare modelli completi di gestione della risorsa alieutica** (demersale e pelagica). Una particolare attenzione dovrà essere posta poi sul recupero della spazzatura marina da parte delle stesse marinerie opportunamente addestrate e finanziate, per raggiungere un ulteriore obiettivo già previsto dalla stessa *Marine Strategy* (descrittore 10 di GES).

Occorre **valutare i servizi ecosistemici da organismi non di diretto interesse per la pesca, ma come risorse potenziali da catture accessorie**, di cui non si conosce il valore nutrizionale e le caratteristiche organolettiche e che potrebbero essere reimmesse in un ciclo di economia circolare.

Occorre sviluppare modelli predittivi del funzionamento ecosistemico tipo *end-to-end*, a partire dalle caratteristiche fisico-oceanografiche, la produttività primaria/secondaria e considerando le differenti interazioni competitive/predatorie in tutta la rete trofica, oltre che meglio definire le relazioni trofiche con sistemi tradizionali (analisi contenuti gastrici), l'uso di traccianti isotopici, e metodi genetici. È necessario considerare il sistema con il numero maggiore di dati disponibili e coinvolti nelle interazioni (come ad es. modelli di rete trofica), anche con analisi interdisciplinari per differenti competenze nell'ambiente marino, e considerando le variabilità ambientali ed oceanografiche.

Occorre **sviluppare modelli predittivi per la valutazione dell'impatto e della resilienza degli ecosistemi marini** in relazione agli effetti dei cambiamenti climatici in atto e ad altre pressioni antropiche (*marine litter, dumping* ecc.) o naturali finalizzati allo sviluppo di strategie di prevenzione e mitigazione. Infine, il settore necessita urgentemente di innovazione tecnologica con una progressiva eliminazione di attrezzi di prelievo fortemente impattanti e con la loro sostituzione con attrezzi selettivi e a basso impatto. In assenza di queste innovazioni tecnologiche, sarà molto difficile garantire una vera resilienza al sistema.



Figura 6 - Dalla pesca redditizia alla riduzione del rendimento, con successiva modifica nella struttura trofica dell'ecosistema (da Pauly et al., 1998 e Danovaro, 2013, mod.).

Riuscire a dimensionare la cattura degli organismi alieutici adottando un approccio ecosistemico	
Azione	TRL
Conoscere l'ecosistema tridimensionale in cui si esercitano le attività alieutiche, soprattutto in termini di biodiversità e di cicli biologici delle singole specie	1-3
Realizzare la mappatura dettagliata delle aree di aggregazione per spawning e nursery e loro interconnessione	1-4
Condurre attività di ricerca riguardanti la modellistica ecosistemica a supporto della gestione sostenibile della pesca	1-3
Calibrare lo sforzo di pesca rispetto ai parametri biologici popolazionistici	1-5
Identificare soluzioni di fishing for litter e recupero delle plastiche con sistemi innovativi da collegare a produzioni di combustibili	1-4
Perfezionare il sistema di trasferimento e riciclo dei rifiuti, attivando a livello locale il collegamento con aziende, consorzi e presidi vari per recupero e riciclo dei materiali	7



Acquacoltura

Stato dell'arte e gap della ricerca

L'**acquacoltura** deve garantire la **produzione di alimenti provenienti dal mare**, affiancandosi alla pesca, tenendo presente che il suo sviluppo, se non condotto in maniera sostenibile, può portare a degrado ambientale. Il settore della ricerca tende a sviluppare principalmente l'allevamento di specie carnivore, con consumo non ottimale di risorse animali che potrebbero essere invece indirizzate verso l'alimentazione umana. Solo pochi impianti distribuiti fra il Nord e Sud Italia, producono molluschi lamellibranchi o altri organismi di basso livello trofico.

Sfide ed azioni: dalla ricerca di base alla ricerca applicata

La **conoscenza degli ecosistemi** in cui si collocano gli impianti di acquacoltura, per variabili sia abiotiche (es. correnti, termosalinità ecc.), sia biologiche (dalla produttività sino al riciclo naturale degli elementi), rappresenta un fondamentale obiettivo di ricerca nel settore. In particolare sarà importante valutare le potenzialità produttive ed ecosistemiche anche delle aree umide costiere (lagune, valli da pesca, laghi costieri) anche al fine di mantenere l'equilibrio degli ecosistemi, mantenendo la biodiversità tipica e preservando l'ambiente.

L'**innovazione tecnologica** deve essere soprattutto finalizzata all'allevamento di organismi filtratori (Molluschi) a basso impatto ambientale nonché di specie di basso livello trofico (Echinodermi, Crostacei, vertebrati erbivori e planctofagi, alghe) nonché a ridurre l'impatto ambientale degli impianti esistenti (es. riduzione dei rifiuti) dopo attenta valutazione della carrying capacity dei differenti siti.

L'**economia circolare** necessita di ricerche sull'**individuazione di specie** autoctone idonee per l'allevamento, associate a ricerche nel settore della **mangimistica**, con prodotti **naturali e funzionali**, con l'**utilizzo degli scarti della pesca** (accorciamento della filiera e/o l'integrazione con la pesca) e riduzione progressiva dell'uso delle farine e degli olii di pesce, ottenuti tramite pesca tradizionale, selezionando specie in grado di alimentarsi con prodotti naturali di basso o nullo interesse economico e di facile reperibilità.

Un ulteriore obiettivo di ricerca riguarda lo **sviluppo di impianti** di acquacoltura in piattaforme polivalenti offshore (ad es. associate a impianti eolici, sistemi IMTA, Integrated Multi Trophic Aquaculture), e di pratiche di allevamento di specie utili nei processi di **biorimediazione** finalizzati alle Bonifiche Ambientali (Poriferi, Anellidi, Molluschi ecc.).

Produrre alimenti vegetali e animali provenienti dal mare, riducendo l'impatto negativo di attività tradizionale	
Azione	TRL
Conoscere gli ecosistemi in cui si collocano gli impianti	5
Sviluppare l'innovazione tecnologica	3
Valutare impatti e costi ambientali, implementare contabilità naturale e realizzare una reale economia circolare nel settore dell'acquacoltura	3
Progettare impianti di acquacoltura in piattaforme polivalenti offshore	9

Alta Formazione: l'interdisciplinarietà a sostegno della biodiversità e dell'approccio ecosistemico

L'Italia per il suo ruolo nel Mediterraneo e per la sua eccellenza nella ricerca in tutte le discipline legate al mare, non può rinunciare ad investire risorse nella creazione di esperti di tutte le conoscenze legate al recupero e alla valorizzazione del mare.

Le scienze marine sono frammentate in una serie di discipline con approcci riduzionistici che hanno portato a notevoli progressi nei vari campi di indagine ma **ostacolano l'approccio olistico richiesto dalla Unione Europea nelle sue Direttive, dalla MSFD a MSP e altre.**

La iperspecializzazione delle varie scienze marine rende difficile l'integrazione, in assenza di un linguaggio comune e di un uso condiviso delle infrastrutture per la ricerca. D'altra parte, il progresso scientifico e tecnologico delle varie



branche delle scienze marine richiede periodi sempre più prolungati di addestramento e la formazione degli specialisti è essenziale.

I percorsi formativi di specializzazione devono puntare a promuovere un filone di risorse esperte sul tema del mare. Partendo da corsi di laurea triennale, corsi di laurea specialistici interclasse, sino a dottorati focalizzati sul tema.

Le difficoltà di integrare i diversi saperi e discipline che ruotano intorno al mare (Oceanografia, Fisica, Chimica, Geofisica Marina, Geomorfologia, Ingegneria, Biologia Marina, Economia, Sociologia, Tecniche di Modellistica complessa, Data Science, Statistica, ecc.) **richiede uno sforzo di riprogettazione dei corsi di formazione universitaria**. La creazione di esperti del mare nelle varie discipline deve avere come *fil rouge* nei veri percorsi di formazione **l'attenzione alla sostenibilità ambientale**. In altri termini tutti i corsi dovranno prevedere un significativo numero di crediti formativi dedicati a temi quali: economia circolare, sostenibilità ambientale, *life cycle thinking approach*, ecc. L'introduzione di tali discipline nei corsi di laurea e di dottorato consentirà di sviluppare profili esperti che abbiano una visione condivisa anche nei casi di più alta verticalizzazione disciplinare. In questo modo i formandi saranno abituati a parlare altri linguaggi oltre al proprio.

Inoltre, i percorsi formativi potrebbero includere anche **l'attivazione di tirocini o di collaborazioni con gli Ordini professionali** che operano nel settore delle scienze marine.

Il ruolo centrale che l'Italia riveste nel mondo dello *shipping* commerciale è testimoniato dalla presenza di alcuni corsi di laurea professionalizzanti per la formazione di Ufficiali di coperta ed ufficiali di macchina, tuttavia **l'Italia svolge un ruolo marginale nella formazione universitaria di esperti legati al mondo dello *shipping* diportistico**, settore ad alto valore aggiunto, oggi presidiato prevalentemente da realtà britanniche, francesi e statunitensi. Occorre quindi prevedere l'introduzione di percorsi formativi sul modello della United Kingdom Sailing Academy indirizzati a futuri manager, comandanti, esperti di navi da crociera private che consenta all'Italia di entrare in un mercato ricco di opportunità per i giovani laureati che potranno incidere nella riduzione dell'impatto ambientale delle attività turistiche svolte in mare.

La formazione di figure ad ampio spettro di competenze è coerente con le richieste dell'approccio ecosistemico e del *New Green Deal* e si rivelerà particolarmente rilevante per la gestione di progetti complessi.

