

## RELAZIONE SINTETICA 2018-2021 DEL PROGETTO DI ECCELLENZA

Il DIBAF riunisce competenze diverse e costituisce una struttura di ricerca e di didattica multidisciplinare che promuove l'innovazione scientifica e tecnologica con approcci complementari e ben integrabili. Questi includono le applicazioni biologiche, agroalimentari e forestali. La struttura articolata del DIBAF favorisce percorsi sia di innovazione che di evoluzione dell'identità culturale nell'area 07, lungo direttrici trasversali e di innovazione che nell'ambito del Progetto di Eccellenza (PdE) sono state individuate nel "paesaggio" e nei "big data".

Da questo contesto scaturisce l'obiettivo generale del progetto che può essere enunciato come "l'individuazione e lo sviluppo di metodi e tecnologie innovative in grado di superare la frammentazione delle conoscenze e favorire l'integrazione delle diverse tipologie di informazioni, consentendone l'accesso e l'utilizzo per la conservazione, gestione e valorizzazione del capitale naturale, alimentare e culturale del nostro paesaggio". L'obiettivo generale è stato declinato in obiettivi specifici: 1) Cambiamenti Climatici e Paesaggio; 2) Paesaggi alimentari e qualità; 3) Bioinformatica, biologia e biomateriali per il paesaggio; 4) Cultura e Natura, la conservazione e la valorizzazione del paesaggio.

### Obiettivi e risultati conseguiti

Il cuore del progetto è stato la realizzazione di un sistema per la gestione e l'interpretazione di informazioni e risultati eterogenei, seguendo i concetti e le tecnologie sviluppate attorno ai *Big Data* e che sono rappresentate da *datalake* complessi, metodi di *High Performance Computing* (HPC), modellistica e tecniche di *data analytics*. Per garantire un largo coinvolgimento, il PdE si è dotato di un Comitato di Coordinamento (CdC) che ha monitorato il lavoro. Le attività hanno seguito uno schema a matrice tra le aree di lavoro 1) Ecologia e gestione degli ecosistemi 2) Tecnologia e qualità alimentare 3) Biodiversità, biologia applicata e bioprodotto 4) Paesaggi naturali e culturali. Queste sono intrecciate in WP1 (Reperimento e acquisizione dati), WP2 (Organizzazione ed elaborazione) e WP3 (Interpretazione e scenari). Il WP3 rappresenta il Paesaggio 4.0 - con applicazioni settoriali e interdisciplinari - ed è il pilastro delle attività di ricerca didattica e trasferimento tecnologico alle imprese.

Di seguito sono descritti i principali risultati ottenuti nei WP in coerenza con gli obiettivi del progetto.

#### WP1 Reperimento e acquisizione dati

Una volta acquisito il concetto di *datalake* (come repository condiviso delle informazioni) e le potenzialità applicative, sono stati reperiti e acquisiti dati di diversa natura per le diverse aree di lavoro. Si citano ad esempio:

Dati di scambio di gas serra tra ecosistemi terrestri e atmosfera misurati con la tecnica dell'eddy covariance, e misure meteorologiche associate, collezionati nell'ambito dell'infrastruttura europea ICOS. Si ha il monitoraggio in continuo delle relazioni tra ecosistemi, clima e gestione ambientale e forestale, e si fornisce un importante contributo alla infrastruttura di ricerca ESFRI.

Risorse trascrittomiche da specie ittiche ad elevato interesse commerciale ottenute da organi immunologicamente rilevanti e da specie di insetti non modello.

Dataset multivariati di dati biologici, biochimici e chimici di specie ittiche in relazione a forzanti naturali e antropiche.

Spettri  $\mu$ FT-IR, con relativa mappatura, di litter campionato da contenuto stomacale di specie ittiche mediterranee.

Spettri FTIR con relative mappature e profili di PY-GC-MS per l'analisi dei gruppi funzionali dei composti chimici di materiali e nanomateriali impiegati nella Bioedilizia e nei Beni Culturali, e per la valutazione della loro conservazione.

Mappatura genetica (NGS) applicata ai campi più diversi (introduzione di microrganismi e specie aliene dovute a cambiamenti climatici).

Spettri FT-NIR e analisi di immagine iperspettrale Vis/NIR in combinazione alla deep chemometry per la misura della qualità visiva e interna degli alimenti; dati di igroscopicità, profili reologici misurati su produzioni agroalimentari e su materiali innovativi per l'edilizia, il restauro o per il packaging.

Flussi idrologici e parametri di qualità delle acque (pH e ossigeno, elementi minerali) in contesti fluviali e lacustri.

Immagini ripetute e dati morfometrici ottenuti da analisi al microscopio (SEM, TEM LASER), su matrici differenziate (cellule animali, nanomateriali, pigmenti, vernici).

Serie di dati da sensori a tecnologia SAW (sound acoustic waves) e ENose implementati su sistemi a connettività remota (clouding), per la valutazione predittiva di parametri di qualità come polifenoli in uve/vini e olive/olio.

Dati satellitari SAR e multispettrali e dati geofisici (dei depositi sepolti) e documentazione fotografica di insediamenti rupestri di siti archeologici.

Dati UAV in contesti agrari, pastorali e forestali, nonché serie dendrocronologiche.

Vi è stato un notevole impulso alla conoscenza presente nel DIBAF. Ad esempio, nelle tecnologie alimentari, sono stati elaborati modelli di Intelligenza Artificiale (reti neurali convoluzionali, CNN) per migliorare la qualità delle produzioni e la sostenibilità dei processi, così come SmartData per la predizione di parametri legati alla qualità di uva e vino. Molte delle attività monitorate trovano un filo conduttore nello studio dell'impatto delle pressioni climatiche, ambientali, antropiche sul suolo, su ecosistemi agrari e forestali, sull'industria agroalimentare, sulle filiere forestali e su strutture storiche ed artistiche così come su depositi archeologici, tutti elementi che costituiscono il Capitale Naturale e Culturale. E' stato anche possibile ricostruire le forme di vita del passato e l'impatto sul paesaggio.

#### WP2 Organizzazione ed elaborazione dai dati

Si è lavorato su una mole di dati ampia, variegata ed eterogenea da serie temporali, come quelle relative a parametri ambientali, e acquisite tramite una sensoristica avanzata e legati alla diagnostica del singolo manufatto storico artistico o archeologico. E' stato necessario adattare ai diversi ambiti scientifici e anche strutturare le attività secondo metodiche di machine learning. Proprio dalla eterogeneità dei casi e dalla consapevolezza delle sfide da raccogliere per poter valorizzare le diverse aree del Dipartimento, sono scaturite nuove progettualità (c.f. ad esempio progetto EU SEBASTIEN).

#### WP3 Interpretazione e scenari

In seguito all'organizzazione del Cluster e datalake è iniziata l'elaborazione degli scenari di paesaggio. Un esempio di integrazione di dati molto diversi, e formulazione di scenari, è la ricerca cofinanziata e ottenuta grazie alla nuova infrastruttura del Cluster Highlander in cui è stata raccolta una grande mole di dati climatici, satellitari, da produzioni zootecniche e da sensori in campo (IoT). L'integrazione ed elaborazione di questi dati tramite Machine Learning consente di interpretare in modo innovativo nuovi scenari, sviluppando servizi agli allevatori, come la disponibilità di pascolo in tempo reale. L'interpretazione degli scenari è stata molto aiutata dalle interconnessioni tra le diverse aree disciplinari.

Il Cluster per i big data è ora un punto di riferimento per il DIBAF per numerosi progetti regionali, nazionali ed internazionali (i più rappresentativi già citati nei report annuali) oltre a contratti di ricerca i cui dati sono confluiti o sono in preparazione per la sottomissione al datalake del PdE.

Nuovi scenari saranno disponibili a fine 2022, visto che si avvarranno di ulteriori progettualità basate su collaborazioni fra le diverse aree disciplinari 3, 5, 7 e 10. Ad esempio alcuni progetti regionali (Ortechoke in aree 07,05,03; BIONANOINLEGNO aree 07,10 e 03); il progetto EU-JPICH WOODPDLAKE (aree 07, 10 e 03); progetti EU Highlander e Sebastien (aree 07, 03);

#### WP4 Trasferimento alla didattica e formazione

L'uso dei Big Data è stato impiegato per supportare la didattica di alta qualificazione e non solo. Sono stati erogati nuovi insegnamenti correlati alle scienze computazionali e ai Big Data:

- "Strumenti bioinformatici per la genomica", L-2 Biotecnologie;
- "Metodi spettroscopici e computazionali per lo studio di biomolecole", "Biostatistica e analisi dei dati sperimentali" e "Scienze omiche applicate", LM-8 Biotecnologie industriali per la salute e il benessere;
- "Remote sensing in forest resource management" e "Monitoring terrestrial ecosystems carbon cycle", LM-73 Internazionale in Forestry & Environmental Sciences;
- "Microbiota intestinale, probiotici e prebiotici" LM-61 Scienze dell'alimentazione e della nutrizione umana dal 2022-'23.

Nel Corso di Dottorato in "Scienze, Tecnologie e Biotecnologie per la Sostenibilità" il personale reclutato con il PdE ha gestito la formazione obbligatoria su "Applied Statistics", "Introduction to High Performance and

Data Intensive Computing”, “Phyton” e “Bioeconomics”. Si sottolinea che il dottorato ha incrementato il numero di dottorandi, da 11 borse nei 32°/33° cicli a 15 borse nel 35°, a 27 borse nel 37° ciclo. Significativa è stata anche l’attrazione di dottorati industriali.

Anche il numero di iscritti ai vari CdS è incrementato notevolmente: L-2 Biotecnologie, LM internazionale LM73 Forestry & Environmental Science e il curriculum in inglese LM-3 Architettura del Paesaggio (Landscape Architecture).

La formazione post-laurea ha avuto forte impulso anche attraverso assegni di ricerca, saliti negli ultimi due anni a 17. Nel 2021 sono state bandite 5 posizioni cofinanziate su fondi del PdE direttamente correlate a tematiche multidisciplinari del PdE. Sempre per la formazione, sono stati rafforzati i rapporti internazionali con istituzioni e imprese.

Ulteriori esempi di formazione nell’ambito del Progetto “Paesaggio 4.0” sono: la Summer School internazionale 2021 su “Design of sustainable food systems” (CSALP di Pieve Tesino), e il Master interuniversitario di “Diritto Alimentare”.

#### WP5 Monitoraggio e divulgazione

Un attento monitoraggio del PdE è stato condotto dal CdC e dall’ Organismo Esterno di Monitoraggio del PdE. Per valutare l’impatto del PdE, il CdC ha acquisito da piattaforme pubbliche, usando i Big Data, informazioni riguardo i prodotti della ricerca: al 2021 sono stati censiti circa 100 prodotti con “Acknowledgments” su studi svolti anche grazie alle infrastrutture acquisite con il PdE. Le pubblicazioni, su riviste internazionali censite, sono passate da 140 nel 2018 a 165 nel 2019 e 154 nel 2020, crescendo a 181 nel 2021.

Il coinvolgimento del DIBAF in attività innovative ha portato al finanziamento di progetti europei (24 attivi nel 2021: Horizon, Life, Interreg, JPI), e a numerose collaborazioni (vedi authorship delle pubblicazioni).

Il monitoraggio, inoltre, mostra che, grazie al volano costituito dal PdE, incluso il contributo del personale reclutato, è stato possibile creare sinergie utili a livello di proposte progettuali che hanno avuto buon esito: un numero di progetti di ricerca attivati per anno è cresciuto da 22 nel 2018 a 25, 35 e, infine, 37 negli anni 2019-’21. Il budget raccolto con i progetti è passato da 1.066.322,65 € nel 2018 a 2.158.659,48 € nel 2021. Il contributo del personale reclutato è significativo: 431.530,64€ nel 2020 e 416.677,21 € nel 2021.

Riguardo alla divulgazione, sono state svolte numerose attività di “terza missione”. A questo proposito, il numero di contratti e consulenze con privati (convenzioni e attività conto terzi) attivati è passato da 15 e 18 nel 2018 e 2019 a 23 nel 2021. Gli accordi di collaborazione e ricerca con enti e istituzioni pubbliche stipulati sono passati da 5 nel 2018 a 15 nel 2021. Il DIBAF ha anche numerose collaborazioni come partner nei progetti di implementazione della ricerca. Per il trasferimento di know-how, la divulgazione e la formazione il dipartimento ha organizzato o partecipato a 70 iniziative nel 2018 e a 106 nel 2021.

#### **Il Progetto di eccellenza nel contesto di riferimento**

Il Dipartimento ha operato nel PdE in coerenza con i suoi obiettivi. Infatti, nonostante la pandemia abbia reso più complessa la realizzazione delle attività, gli obiettivi delle 4 aree sono stati raggiunti (si veda il quadro 1 precedente) coerentemente con lo sviluppo temporale dei WP, che prevedeva il completamento delle attività di reperimento e acquisizione dati (WP1) e l’avvio della loro organizzazione e elaborazione (WP2), così come l’Interpretazione e la definizione degli scenari (WP3), da sviluppare, come previsto, nel 2022.

Queste attività sono state condotte parallelamente all’acquisizione di strumenti e alla realizzazione di azioni indispensabili allo sviluppo del PdE, di seguito riassunte:

##### 1. Consolidamento delle infrastrutture per ricerca e didattica.

Le infrastrutture acquisite hanno consentito di aumentare la base di conoscenza (la mole di dati prodotti nello svolgimento di tematiche di ricerca) e, soprattutto, di inserire in maniera innovativa e originale i dati prodotti per costituire un data lake. Tra le strumentazioni più significative acquisite si citano: MICROSCOPIO ROBOTIZZATO A DISSEZIONE LASER (2019); APPARATO KONIK K2Q12 MULTIDIMENSIONAL HPLC+GC con DETECTORS e MS (2019-’20); SISTEMA DI CALCOLO HPC/AI (2019-’21). Queste hanno dato un impulso alle attività del DIBAF sulle tematiche del PdE. In particolare, l’investimento sul CLUSTER HPC (anche grazie a fondi esterni al PdE) ha consentito il management intensivo dei Big Data e la loro elaborazione euristica mediante reti neurali basata su GPU e storage ad elevate prestazioni (SSD e NVMe). Anche le altre strumentazioni acquisite, documentate nei report annuali, hanno contribuito a rafforzare la qualità di ricerca

e progettualità. Sono numerosi i progetti di ricerca e commesse acquisite grazie a queste nuove apparecchiature.

Le strumentazioni sono oggetto di formazione del personale e di studenti in alcuni corsi di alta qualificazione (LM e corso di dottorato); hanno anche permesso di creare collaborazioni interdisciplinari e sinergie nel contesto del dipartimento ma anche collaborazioni internazionali (es. quella sviluppata con l'Università di Castilla-La Mancha, sul KONIK K2Q12).

## 2. Incremento del personale scientifico per ricerca e alta formazione

Il personale reclutato ha consentito di lavorare secondo le direttrici big data e paesaggio, contribuendo allo sviluppo delle tematiche inserite nei sub-obiettivi. Sono stati reclutati due docenti esperti in big data e machine learning:

1 PA AGR/17-07/G1 – G. Chillemi con competenze specifiche nella bioinformatica applicata alla biodiversità animale incluse genomica, trascrittomica, epigenomica;

1 PA CHIM/03-03/B1 – N. Sanna con competenze nella chimica computazionale e con esperienza nello sviluppo e utilizzo di codici dedicati, gestione di dati e workflow complessi nonché nel settore delle tecnologie dell'informazione e delle comunicazioni.

In linea con la tematica del Paesaggio, sono stati reclutati:

1 RTB AGR/08-07/C1 – F. Tauro con esperienza scientifica nella idrologia e protezione del suolo a scala di bacino e di paesaggio;

1 RTB AGR/14-07/E1 – T. Chiti con competenze nello studio del suolo e del paesaggio per la gestione dei sink di Carbonio e la mitigazione dei cambiamenti climatici.

In linea con il PdE, si è dato seguito ai seguenti reclutamenti con cofinanziamento di Dipartimento/Ateneo:

1 RTDA BIO/05-05/B1 – A. Miccoli con esperienza nello studio e gestione della biodiversità animale;

1 PO AGR/06-07/B2 – M. Romagnoli con competenza nella scienza e tecnologia del legno, anche a fini paesaggistici, della bioarchitettura e conservazione dei manufatti lignei.

Infine, come previsto dal progetto, è stato reclutato un altro RTD nel settore AGR/09-07/C1, Roberto Moscetti, per le applicazioni ingegneristiche alle tecnologie alimentari e nella gestione di big data; in questo caso il reclutamento è stato effettuato come RTD-B (piuttosto che RTD-A) grazie a fondi esterni (si veda il quadro 3).

Al personale programmato in base al PdE, si sono aggiunti altri RTD-A finanziati o co-finanziati da progetti e fondi di docenti del DIBAF: si è passati da 3-4 RTD-A reclutati nel 2018-2020 a 6 nel 2021, anche grazie a cofinanziamenti su tematiche “green” e “innovazione” in ambito PON.

Criteri di coerenza agli obiettivi culturali e di sviluppo del DIBAF hanno anche guidato il reclutamento di assegnisti di ricerca per attività legate alla raccolta/generazione di dati per il cluster dei Big Data (bando 2021).

## 3. Rafforzamento dei rapporti internazionali, istituzionali, con le imprese

Il rafforzamento dei rapporti internazionali è stato cospicuo: con 24 progetti europei nel 2021, di cui 3 nuovi (Horizon e Life, INTERREG e Parlamento europeo a beneficio del Centro di Pieve Tesino) e con l'attivazione di progetti internazionali, come JPICH.

Sono stati rafforzati anche i rapporti istituzionali e con le imprese, di cui si dà qualche esempio: Univ. of Washington, Univ. British Columbia, Univ. Exeter, Univ. della Pace-ONU, Univ. of Russia di Mosca, Univ. di Zhejiang A&F, Univ. di Yantai, Univ. di Jiliang; UNdeC del Cile, CNR, CREA, ENEA, CMCC-INGV, CINECA, FAO, Amministrazioni Regionali. Sono anche attivi rapporti con imprese operanti a scala nazionale ed internazionale (Barilla, Dompè, Ferrero, Microsoft, Google, Pagano Costruzioni e Città del Gusto). Il DIBAF ha coinvolto le aziende come partners in progetti di ricerca in analogia con quanto è avvenuto con la partecipazione all'Infrastruttura di Ricerca Europea ICOS collegata al corso LM in Forestry & Environmental Sciences. Inoltre, sono stati finanziati progetti di trasferimento dell'innovazione in ambito PSR (12 progetti sulla misura 16.1 Regione Lazio).

Inoltre, contribuiscono diverse istituzioni alla gestione dei CdS in Conservazione e Restauro dei Beni Culturali, LM-73 in Forestry and Environmental Sciences e curriculum in inglese in Landscape Architecture.

Infine, per la coerenza con il panorama di riferimento, si sottolinea che le linee di sviluppo proposte con il PdE nel 2017 risultano lungimiranti e anticipatrici di tematiche divenute di punta in ambito nazionale, anche per il futuro. Basti pensare alle azioni del PNRR dove la digitalizzazione, il machine learning e le IoT sono elementi portanti e basati sui Big data.

Le linee di azione del PdE sono perfettamente integrate ai temi di indirizzo nazionale ed internazionale che alcuni docenti del DIBAF hanno individuato nei comitati di coordinamento ministeriali (Strategia Forestale Nazionali, Green Deal, strategia nazionale sulla Bioeconomia, rapporto sullo stato del Capitale Naturale in Italia).

Rispetto al quadro nazionale, il DIBAF ha partecipato al PON (è presente in due progetti, ha cofinanziato 4 posizioni RTD-A e 4 nel dottorato di ricerca), è coinvolti nel PNR (es., grazie al Cluster HPC è stato ottenuto un budget per estendere le funzionalità verso la didattica avanzata) e nel PNRR, missione 4. Ciò mostra quanto le attività PdE sui BIG DATA abbiano posto le basi per il coinvolgimento del DIBAF nella progettualità del PNRR, nei Centri Nazionali (Agritech e Biodiversità) e negli Ecosistemi dell'Innovazione. Verrà certamente coinvolto, anche, nei Partenariati estesi.

Le attività ed i risultati conseguiti sono pienamente coerenti anche nell'ambito dell'Ateneo -Piano Strategico e Programmazione Triennale.

### **Prospettive future del progetto**

Una volta esaurito il finanziamento ministeriale, le attività di progetto saranno sostenibili grazie all'organico reclutato e a quello già presente, grazie al numero elevato di docenti e giovani ricercatori con profili di alto livello scientifico e coerenti con le tematiche del Progetto Paesaggio 4.0.

Anche le infrastrutture acquisite, in particolare il Cluster HPC, e quelle sottoposte a manutenzione offrono garanzia della sostenibilità del progetto.

L'impatto positivo che ha avuto il PdE nell'ambito dei Big Data ha, inoltre, consentito al dipartimento un riposizionamento nell'alta formazione e nella competitività progettuale a livello territoriale, regionale, nazionale e internazionale. Grazie alle competenze rafforzate con il PdE, sono stati rinnovati gli accordi che permettono al DIBAF di utilizzare appieno la piattaforma ICOS.

L'utilizzo dei Big Data ha anche ricadute positive in termini di commesse e servizi conto terzi.

Anche nell'area Beni Culturali il Dipartimento si è assicurato un consolidamento e una prosecuzione delle attività con la stipula di una convenzione con la Regione Lazio, volta alla condivisione e finanziamento di restauro di opere nella Regione Lazio.

I co-finanziamenti che potranno essere messi a disposizione per un futuro quinquennio saranno pertinenti con le tematiche del PdE e potranno derivare da progetti ottenuti grazie alle attività e risorse acquisite dal PdE. Sono disponibili, infatti, vari progetti avviati nel 2021 (le cui attività potranno estendersi al 2024) e ne saranno acquisiti altri, attualmente in fase di valutazione, o che verranno sottomessi a breve su bandi di rilevanza nazionale e internazionale.