



Dipartimento per l'Innovazione nei sistemi Biologici, Agroalimentari e Forestali –
Università degli Studi della Tuscia, Via San Camillo de Lellis SNC, 01100 Viterbo

Relazione di progetto finale

**Mixed species forest management. Lowering risk,
increasing resilience.**

**ACRONIMO DEL PROGETTO:
REFORM REsilience of FORest Mixtures**

Viterbo, 9 Dicembre 2020

Anna Barbati (coordinatore), 0761-357417 barbati.sisfor@unitus.it



**Dipartimento per l'Innovazione nei sistemi Biologici, Agroalimentari e Forestali –
Università degli Studi della Tuscia, Via San Camillo de Lellis SNC, 01100 Viterbo**

Indice

1. Progetto	3
2. Descrizione del progetto	5
3. Relazione intermedia del progetto	7
4. Obiettivi, benefici e criticità del progetto	15
5. Ostacoli occorsi ed azioni correttive messe in atto	18



Dipartimento per l'Innovazione nei sistemi Biologici, Agroalimentari e Forestali –
Università degli Studi della Tuscia, Via San Camillo de Lellis SNC, 01100 Viterbo

1. Progetto

Dati generali

Titolo del progetto	Mixed species forest management. Lowering risk, increasing resilience.
Acronimo del progetto	REFORM (REsilience of FORest Mixtures)
Area strategica di interventoⁱ	Area 2 - Cambiamento climatico, biodiversità, funzionalità suoli e altri servizi ecologici e sociali dell'agricoltura
Linea di attivitàⁱⁱ	a. Strategie per la mitigazione e per lo studio dell'adattamento al cambiamento climatico
Settore produttivoⁱⁱⁱ	i) Forestale
Tipo di progetto	<input checked="" type="checkbox"/> Bando <input type="checkbox"/> Affidamento diretto <input type="checkbox"/> Sportello
Riferimento del Bando/Affidamento diretto/Sportello	Bando Transnazionale FP7 ERA-NET Sumforest
Durata del progetto	36 mesi
Costo del progetto	115.000,00 Euro

Soggetto proponente il progetto	Dipartimento per la Innovazione nei sistemi Biologici Agroalimentari e Forestali (DIBAF)– Università degli Studi della Tuscia	Natura giuridica <input checked="" type="checkbox"/> Pubblico <input type="checkbox"/> Privato
Rappresentante legale	MAURIZIO PETRUCCIOLI (Codice Fiscale DIBAF: 80029030568]	

Coordinatore del progetto	BARBATI ANNA (Codice Fiscale: BRBNN70T60H501E)
----------------------------------	--

Numero di unità operative	1 - UNO
----------------------------------	---------

ELENCO DELLE UNITÀ OPERATIVE

Unità operativa n. 1 - Denominazione	Dipartimento per la Innovazione nei sistemi Biologici Agroalimentari e Forestali (DIBAF)– Università degli Studi della Tuscia	Natura giuridica <input checked="" type="checkbox"/> Pubblico <input type="checkbox"/> Privato
---	---	---



**Dipartimento per l'Innovazione nei sistemi Biologici, Agroalimentari e Forestali –
Università degli Studi della Tuscia, Via San Camillo de Lellis SNC, 01100 Viterbo**

Numero di partner esterni al progetto	1 - UNO	
ELENCO DEI PARTNER		
Partner n. 1 - Denominazione	CREA – Centro di ricerca per la selvicoltura	Natura giuridica <input checked="" type="checkbox"/> Pubblico <input type="checkbox"/> Privato



**Dipartimento per l'Innovazione nei sistemi Biologici, Agroalimentari e Forestali –
Università degli Studi della Tuscia, Via San Camillo de Lellis SNC, 01100 Viterbo**

2. Descrizione del progetto

Sintesi del progetto

Le foreste sono crescentemente esposte a disturbi biotici e abiotici connessi al cambiamento climatico. L'aumento dei regimi di disturbo potrebbe minare la capacità delle foreste di offrire servizi ecosistemici nel lungo termine. Emerge con urgenza la necessità di adattare nuovi orientamenti nella gestione forestale al fine di promuovere e migliorare la resilienza delle foreste ai disturbi a diverse scale spaziali e temporali. La creazione e il mantenimento di boschi misti è considerata una delle principali opzioni di adattamento. Infatti, popolamenti forestali composti da più specie sono in grado di mantenere più elevati livelli di produttività (anche in condizioni di stress climatico), di offrire un portafoglio più diversificato di servizi ecosistemici e di rispondere ai disturbi con maggiore resistenza e resilienza.

Tuttavia le conoscenze scientifiche disponibili su quali caratteristiche dei popolamenti forestali, quali la diversità e il grado di mescolanza tra le specie forestali, classi di età, condizioni di densità, meglio spieghino la resistenza e la resilienza ai per disturbi biotici ed abiotici sono ancora limitate. Il presente progetto è inserito nel progetto internazionale REFORM ammesso al finanziamento nell'ambito del bando transnazionale FP7 ERA-NET Sumforest (*Topic 2 Risk resilient forest management – Adapting forest management regimes which incorporate risk assessment related to potential climate change impacts to inform policy decisions*), che si pone l'obiettivo generale aumentare le conoscenze scientifiche sulla resistenza e resilienza ai disturbi connessi al cambiamento climatico nelle foreste miste e fornire le informazioni necessarie per migliorarne la gestione in un contesto del cambiamento climatico. Gli obiettivi specifici del progetto sono:

- a) determinare il ruolo dell'aumento del grado di mescolanza tra le specie sulla riduzione della vulnerabilità della foresta a disturbi biotici e abiotici;
- b) Identificare regimi di gestione in grado di migliorare la resilienza delle foreste miste;
- c) Analizzare l'effetto di alternative di gestione forestale orientate all'aumento della resilienza in termini di implicazioni sulla fornitura di servizi ecosistemici in boschi misti a diverse scale spazio-temporali.

La realizzazione di questi obiettivi è stata implementata tramite un programma di ricerca che ha visto il coinvolgimento di dodici partner provenienti da dieci paesi Europei, tra cui l'Italia, distribuiti tra diverse regioni bioclimatiche europee. Il Partner Coordinatore del Progetto Internazionale REFORM è INIA- Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (Spain).

Il progetto nazionale si è articolato secondo i pacchetti di lavoro (Work Packages WPs) previsti dal progetto internazionale REFORM e fa riferimento alle attività specifiche assegnate al DIBAF unico partner italiano partecipante al progetto, coordinatore e unica unità operativa del progetto nazionale. L'articolazione dei WPs è di seguito elencata:

[Anna Barbati \(coordinatore\), 0761-357417 barbati.sisfor@unitus.it](mailto:barbati.sisfor@unitus.it)



**Dipartimento per l'Innovazione nei sistemi Biologici, Agroalimentari e Forestali –
Università degli Studi della Tuscia, Via San Camillo de Lellis SNC, 01100 Viterbo**

WP1 – Coordinamento

WP2 – Resilienza e resistenza delle foreste miste

WP3 – Gestione forestale resiliente

WP4 – Fornitura di lungo termine di servizi ecosistemici

WP5 – Interfaccia scienza-politica-pratica

WP6 – Comunicazione

Dal punto di vista metodologico, il progetto ha impiegato approcci di indagine basati sulla raccolta e analisi di dati tramite: i) una rete di dati osservazionali (triplette-transetti, dati da inventari forestali, casi di studio sperimentali) al fine di comparare popolamenti monospecifici e popolamenti misti delle stesse specie per studiare l'effetto dell'interazione tra le specie sulla resilienza, resistenza e fornitura di servizi ecosistemici; ii) modelli di simulazione della crescita degli ecosistemi forestali (SILVA, Prognaus, ForCEEPS, 3D-CMCC) per condurre analisi di scenario per valutare gli effetti di trattamenti selvicolturali e del cambiamento climatico sulla crescita e produttività di popolamenti puri e misti delle stesse specie.

La partecipazione della presente unità operativa al progetto internazionale REFORM è avvenuta principalmente tramite: i) l'implementazione di un caso di studio in Italia (CS5 nel progetto EU "Foreste miste di faggio e pino laricio nell'Italia Meridionale"; ii) il coordinamento da parte di ANNA BARBATI del pacchetto di lavoro WP4 e la partecipazione al team di coordinamento del progetto internazionale nel WP1; iii) il coordinamento e la realizzazione nell'ambito del WP4 di un task relativo a un'analisi comparativa condotta su sette casi di studio distribuiti in sei paesi Europei, della fornitura multipla di servizi ecosistemici in popolamenti puri e misti. Nella realizzazione delle attività di progetto l'Unità operativa si è avvalsa della collaborazione del partner esterno CREA - Centro di ricerca per la selvicoltura, a cui sono state assegnate attività di raccolta e elaborazione dati di carattere prevalentemente tecnico (rilievi forestali e prelievo di carote legnose nel caso di studio CS5).



**Dipartimento per l'Innovazione nei sistemi Biologici, Agroalimentari e Forestali –
Università degli Studi della Tuscia, Via San Camillo de Lellis SNC, 01100 Viterbo**

3. Relazione finale del progetto

SPAZIO RISERVATO AL COORDINATORE DEL PROGETTO

Relazione tecnico-scientifica (intermedia max 10 pagine – finale max 20 pagine)

Le attività condotte dall'Unità operativa DIBAF hanno seguito il piano di lavoro definitivo del progetto internazionale REFORM concordato nel *Project management plan* del pacchetto di coordinamento WP1.

Le attività di ricerca si sono concentrate sulle seguenti linee di lavoro: i) raccolta di dati osservazionali da diverse piattaforme, sulla base di protocolli armonizzati; ii) messa a punto di metodi di analisi comuni dei dati raccolti su base modellistica o statistica; iii) organizzazione di project meetings e di attività di divulgazione per gli stakeholders.

Le analisi sono state sviluppate a partire da dati raccolti su tre piattaforme operative:

-Triplette transetti: 50 triplette sono state stabilite in 18 Paesi Europei nel quadro del progetto. Le triplette-transetti sono costituite da una serie di triplette distribuite lungo un gradiente latitudinale, ovvero repliche di 3 aree campione ubicate in condizioni stazionali e strutturali simili (età, densità) ciascuna tripletta rappresentata da popolamenti puri e misti di due specie forestali. Le combinazioni di specie rappresentate nelle triplette, rispecchiano le specie commercialmente più rappresentative a scala europea, ovvero *Pinus sylvestris-Quercus petraea*, *P. sylvestris-Picea abies*, *P. sylvestris-Fagus sylvatica*. Nelle aree campione di questa piattaforma sono state misurate le caratteristiche dei suoli, in particolare il contenuto di C organico, variabili dendrometriche e alcune variabili relative a quattro variabili di servizi ecosistemici (produttività, qualità del legno, offerta di microhabitat, resistenza alla defoliazione). I dati raccolti in 47 triplette pure e miste di Pino silvestre, sono utilizzati per lo sviluppo nel WP4 di analisi comparative, basate su approcci di metanalisi, della multifunzionalità di popolamenti monospecifici e misti.

- Inventari forestali: dati da inventari forestali (nazionali o regionali) disponibili per alcuni Paesi partecipanti al progetto (Austria, Germania, Francia, Italia, Spagna, Lituania) sono stati selezionati per analizzare sette diverse combinazioni di popolamenti monospecifici e miste di specie di conifere e latifoglie commercialmente rappresentative a scala europea per derivare cinque variabili di servizi ecosistemici. I dati raccolti sono utilizzati per lo sviluppo nel WP4 per analizzare, su scala



**Dipartimento per l'Innovazione nei sistemi Biologici, Agroalimentari e Forestali –
Università degli Studi della Tuscia, Via San Camillo de Lellis SNC, 01100 Viterbo**

vasta, se esistono delle differenze tra popolamenti monospecifici e misti delle stesse specie nella capacità di fornitura multipla di servizi ecosistemici.

-Case studies: nel progetto sono stati implementati 13 casi di studio in Europa, che consistono in aree campione dove sono stati realizzati rilievi spazialmente espliciti della struttura, composizione e produttività di popolamenti monospecifici e misti delle stesse specie.

L'Unità operativa del DIBAF è responsabile del Caso di studio 5 "Foreste miste di faggio e pino laricio nell'Italia Meridionale"; i dati dei casi di studio sono elaborati nell'ambito di un'analisi comune sulla reazione delle risposte di crescita alle siccità estreme nel WP2.

Nel quadro degli obiettivi generali del progetto, le analisi sono volte a determinare: i) il ruolo della mescolanza tra le specie sulla resilienza a disturbi connessi al cambiamento climatico, quale la siccità (WP2); ii) i regimi di gestione selvicolturale in grado migliorare la resilienza ai disturbi (WP3) iii) eventuali differenze tra popolamenti puri e misti nella capacità di fornire simultaneamente più servizi ecosistemici (WP4).

Le spese documentate nel rendiconto analitico relative al personale del DIBAF impegnato nel progetto, alle attività esterne (convenzioni) e alle missioni, riguardano le attività svolte nei pacchetti pacchetti di lavoro WP1, WP2, WP4 e WP6 di seguito descritte.

WP1- Coordinamento

Il coordinatore del progetto per conto del DIBAF, in qualità di componente del team di gestione del progetto internazionale ha contribuito alla redazione del Project management plan, approvato dopo circa 12 mesi dall'avvio del progetto (risultato a.1.1). Il piano ha previsto l'articolazione definitiva di dettaglio della struttura dei WPs e relativa timeline, modalità di implementazione di azioni correttive in caso di deviazioni dagli obiettivi iniziali, gestione dei rischi e un protocollo di condivisione dei dati. È stato inoltre concordato un piano delle pubblicazioni del progetto, annualmente aggiornato, nell'ambito della strategia di comunicazione del pacchetto WP6 (risultato f.1).

Nel corso dei 42 mesi di progetto il Coordinatore ha partecipato a tre annual project meetings (maggio 2017, febbraio 2018, aprile 2019) e ha contribuito alla stesura dei connessi report di stato di avanzamento del progetto internazionale (Reform annual meeting minutes, risultato a.1.2). A causa di un ritardo nell'avvio dell'attività del progetto internazionale, nell'ultimo annual meeting tenutosi a Cracovia nell'aprile 2019, si è stabilito che i Paesi partecipanti richiedessero una proroga di sei mesi della durata del progetto (nuova scadenza: 30/09/2020). La richiesta di proroga del termine di scadenza del progetto è stata approvata dal MIPAAF con D.M. N. 40066 del 13/12/2019.



**Dipartimento per l'Innovazione nei sistemi Biologici, Agroalimentari e Forestali –
Università degli Studi della Tuscia, Via San Camillo de Lellis SNC, 01100 Viterbo**

Questo ritardo ha comportato anche uno slittamento in avanti della tempistica di raggiungimento di alcuni obiettivi di progetto.

WP2 – Resistenza e resilienza delle foreste miste

L'attività è consistita nella raccolta e analisi di dati sulla struttura e sulla crescita dei popolamenti puri e misti di faggio e pino laricio miste del Caso di studio 5. La raccolta dati è stata affidata, tramite Convenzione, al CONSIGLIO PER LA RICERCA IN AGRICOLTURA E L'ANALISI DELL'ECONOMIA AGRARIA - CREA FL sotto la supervisione scientifica del DIBAF.

A seguito di sopralluoghi congiunti effettuati in Sila (Comune di Spezzano della Sila -CS- in località "Camigliatello Silano") nell'ottobre e novembre 2017 dal personale CREA-FL e DIBAF, sono state individuate 9 aree di saggio (suddivise in 3 triplete: 3 aree di faggeta pura, 3 aree di pineta pura di pino laricio e 3 aree miste di faggio e pino), tali da includere almeno 40 individui per ognuna delle 2 specie e da presentare almeno 20 soggetti ascrivibili al piano dominante nei popolamenti misti.

Ciascuna area include almeno 40 individui per ognuna delle 2 specie e presenta almeno 20 soggetti ascrivibili al piano dominante nei popolamenti misti.

Le aree campione sono permanenti e di forma circolare con raggio di 15 m. Il centro di ciascuna area è stato fisicamente contrassegnato sul terreno con picchetti in metallo e georeferenziato attraverso GPS satellitare Trimble GeoXT. A partire dalla primavera 2018, è stata implementata l'attività di rilevamento in bosco che ha consentito di:

- definire il posizionamento dei singoli alberi all'interno delle ACP, misurandone la distanza dal centro e l'angolo azimutale attraverso TruePulse Laser Rangefinder;
- misurare il diametro a 1,30 m di ogni albero con cavalletto dendrometrico (soglia minima di cavallettamento = 7 cm);
- misurare l'altezza totale e di inserzione chioma di ogni singolo albero mediante ipsometro Vertex;
- prelevare un totale di 165 carote legnose con l'ausilio di un succhiello di Pressler ad un'altezza di 1,3 m da terra con lo scopo di misurare gli incrementi delle due specie in condizioni di purezza e mescolanza. Nei popolamenti puri di faggio e di pino sono state prelevate 15 carotine legnose (10 sugli alberi dominanti e 5 su quelli dominati) a 1,30 m; nei popolamenti misti pino/faggio al prelievo, con le stesse modalità, 25 carotine legnose (10 tra i faggi dominanti, 10 tra i pini dominanti, 5 tra gli alberi dominati).

I dati relativi alle carotine del caso di studio sono stati analizzati dall'Unità Operativa del DIBAF. Ogni carota raccolta nel CS5 è stata analizzata con l'ausilio un positiometer con precisione 0.01 mm e del software TSAPWIN per la ricostruzione retrospettiva degli incrementi in un periodo di osservazione



**Dipartimento per l'Innovazione nei sistemi Biologici, Agroalimentari e Forestali –
Università degli Studi della Tuscia, Via San Camillo de Lellis SNC, 01100 Viterbo**

di trenta anni (1988-2017). Il prodotto (Risultato b.2.1) è una banca dati per il caso di studio 5 (vd. Estratto in Figura 1) che contiene per ciascun anno e individuo censito nelle 9 aree di saggio dati sugli accrescimenti individuali degli alberi di pino e faggio.

Year	7_20	7_26	7_6	7_81	7_93	7_94	7_10	7_17	7_2	7_42	7_50
2017	1.28	0.11	0.36	1.81	1.02	1.61	3.19	4.11	2.12	1.23	1.54
2016	1.46	0.18	0.22	2.36	1.15	2.22	4.2	6.51	2.51	1.25	1.42
2015	1.81	0.16	0.71	3.54	1.76	3.01	5.45	6.92	4.17	0.99	1.8
2014	1.77	0.27	0.35	2.97	1.74	2.95	5.57	7.84	4.58	1.35	1.74
2013	1.6	0.3	0.16	2.66	1.24	2.58	5.29	7.47	4.86	1.47	1.84
2012	1.43	0.15	0.51	2.77	1.06	2.04	5.17	6.75	4.33	1.38	2.1
2011	1.44	0.07	0.17	2.58	1.41	2.54	5.74	7.1	3.92	1.43	1.83
2010	1.87	0.76	0.59	3.34	1.71	3.42	5.54	8.79	4.83	2.01	2.55
2009	1.48	1.04	0.37	2.96	1.05	2.65	3.04	7.9	3.98	1.74	2.25
2008	0.56	0.89	0.99	2.29	0.66	1.89	1.52	4.43	2.57	0.96	1.15
2007	0.54	1.43	1.36	1.59	1.11	2.29	1.63	3.78	2.32	1.45	1.8
2006	0.46	1.2	1.2	2.94	0.93	2.42	2.27	4.88	2.26	2.01	1.96
2005	0.62	0.97	0.69	3.37	1.31	2.17	2.41	5.24	2.36	2.46	2.29
2004	0.79	1.2	0.55	3.26	1.15	1.74	1.16	4.27	2.48	2.29	2.33
2003	0.9	1.85	0.42	4.59	1.31	2.58	1.46	5.82	2.69	1.87	2.72
2002	1.38	3.69	0.43	5.48	1.9	3.19	1.76	5.67	3.41	2.23	3.09
2001	1.15	2.62	1	3.63	1.22	1.91	1.23	5.08	3	1.25	1.98
2000	0.8	1.5	1.91	4.28	1.53	2.58	1.77	6.5	2.92	1.54	1.99
1999	1.3	1.82	1.57	6.26	2.49	3.12	2.69	9.04	3.96	2.56	2.48

Figura 1. Estratto del database degli incrementi degli alberi di pino e faggio censiti nelle 9 aree di saggio. Sulle colonne si leggono i codici univoci delle piante censite, sulle righe gli anni, mentre nelle celle si leggono i dati di incremento in millimetri.

Parallelamente, per lo stesso periodo di osservazione, sono stati elaborati su base mensile i dati relativi alla precipitazione cumulata, temperatura minima, temperatura massima, temperatura media. I dati meteo sono stati elaborati a partire da dati meteo giornalieri scaricati dal sito del JRC (<http://agri4cast.jrc.ec.europa.eu/DataPortal/Index.aspx>) sezione: Gridded Agro-Meteorological Data in Europe utilizzando le coordinate dei plot.

I dati elaborati per il Caso di studio 5, unitamente a quelli di altri 29 casi di studio del progetto internazionale sono utilizzati per un'analisi della resilienza alle siccità estreme di popolamenti puri e misti in Europa. Lo studio è stato coordinato dal partner INIA (Spagna).

La ricerca ha preso in considerazione undici specie forestali europee, distribuite dalla regione mediterranea a quella emiboreale. Lo studio ha identificato eventi di siccità estrema nel periodo 1975-2015. La risposta al disturbo da siccità è stata analizzata in base a resistenza, recupero, resilienza della crescita dei popolamenti forestali post-disturbo. In media, i popolamenti misti hanno



**Dipartimento per l'Innovazione nei sistemi Biologici, Agroalimentari e Forestali –
Università degli Studi della Tuscia, Via San Camillo de Lellis SNC, 01100 Viterbo**

mostrato una maggiore resistenza e resilienza agli eventi di siccità rispetto ai popolamenti puri, con un effetto più pronunciato nelle mescolanze di conifere e latifoglie.

I risultati di questa ricerca sono stati recentemente pubblicati tra i lavori dello special issue collegato alla conferenza finale del progetto internazionale REFORM (<https://www.sciencedirect.com/journal/forest-ecology-and-management/special-issue/104SPZLN61X>). Due Co-Autori della pubblicazione (Antonio Tomao, Loredana Oreti) sono parte dell'Unità Operativa DIBAF (risultato b.2.2).

WP4 – Fornitura di lungo termine di servizi ecosistemici

L'attività condotta nel WP4 comprende, oltre al Coordinamento scientifico del WP4 nel progetto internazionale REFORM da parte del Coordinatore del progetto per conto del DIBAF, le seguenti attività:

- partecipazione a attività modellistica coordinata dal partner austriaco BOKU.

Quattro modelli di simulazione della crescita degli ecosistemi forestali sviluppati in alcuni Paesi partner (Germania, SILVA; Austria PROGNAUS; Francia, ForCEEPS, Italia 3D-CMCC) sono utilizzati per lo sviluppo di analisi di scenario nel Transetto- tripletta *Pinus sylvestris*- *Quercus petraea* per valutare la variabilità della produttività dei popolamenti puri e misti in rapporto alla variabilità climatica e a scenari di trattamento selvicolturale che prevedono diverse intensità di diradamento.

Il dato di input è rappresentato dai rilievi sulla struttura e gli incrementi dei popolamenti forestali campionati nella piattaforma tripletta-transetto (23 triplette, 69 plots) e distribuiti in un ampio gradiente ecologico in Europa (altitudine 100-1660 m, temperatura media annuale 6°C -11.4 °C, precipitazione cumulata 598-819 mm). La ricerca ha prodotto simulazioni della produttività dei popolamenti puri e misti in un periodo di 100 anni dall'attualità, in condizioni di variabilità climatica comparabili alle attuali. Le simulazioni sono condotte con l'ensemble dei quattro modelli di crescita (SILVA, PROGNAUS, FORCEEPS, 3DCMCC). Gli scenari testati sono i seguenti: nessun diradamento (controllo), diradamento dal basso con intensità pari al 50% e 80% dell'area basimetrica massima, diradamento dall'alto con intensità pari al 50% e 80% dell'area basimetrica massima. Gli scenari di diradamento sono applicati in corrispondenza del raggiungimento (simulato) dell'area basimetrica massima. Questa è definita sulla base di valori di riferimento stabiliti da letteratura per ciascuna tripletta.

L'unità operativa ha contribuito a questa attività di ricerca generando le simulazioni per la tripletta



**Dipartimento per l'Innovazione nei sistemi Biologici, Agroalimentari e Forestali –
Università degli Studi della Tuscia, Via San Camillo de Lellis SNC, 01100 Viterbo**

con il modello 3D-CMCC (www.3d-cmcc-fem.com). La realizzazione delle simulazioni è stata realizzata da una unità di personale assunta tramite contratto CoCoCo (Dott. Carlo Trotta). L'unità Tre unità di personale dell'Unità operativa DIBAF (Anna Barbati, Antonio Tomao, Carlo Trotta) hanno contribuito alla stesura di una pubblicazione scientifica su questa attività di ricerca, in collaborazione con i colleghi del progetto internazionale. La pubblicazione è stata accettata per la pubblicazione su una rivista internazionale con IF (risultato d.5.1).

- coordinamento da parte dell'Unità operativa dell'attività di analisi comparativa per la quantificazione della fornitura multipla di servizi ecosistemici (ES) in sette diverse combinazioni di popolamenti monospecifici e miste di specie di conifere e latifoglie commercialmente rappresentative a scala europea.

Sono stati raccolti e elaborati dati sui servizi ecosistemici produttività, sequestro di carbonio nella biomassa epigea e offerta di habitat. Questa ultima è misurata tramite variabili relative alla ricchezza specifica, diversità dimensionale (indice di Gini, presenza di alberi di grande dimensione DBH>65 o 50 cm). Nel complesso sono stati raccolti e analizzati dati raccolti in 11082 plot inventariali, derivanti da inventari forestali nazionali o regionali in Lituania, Austria, Germania, Francia, Spagna e Italia. Le specie forestali campionate nei plot inventariali sono rappresentative di sette casi di studio ovvero contesti gestionali e operativi differenziati in Europa: conifere (*Picea abies*, *Larix decidua*, *Pinus sylvestris*, *Pinus pinaster*) e/o latifoglie (*Betula pendula*, *Fagus sylvatica*) a lungo coltivate in Europa per le loro per l'approvvigionamento di legname e/o per la capacità di miglioramento del suolo (*Alnus glutinosa*); ii) pinete per la produzione di pinoli (*Pinus pinea*) e loro mescolanze naturali con querce sempreverdi (*Quercus ilex* e *Quercus faginea*) e/o ginepri (*Juniperus thuriphora*, *Juniperus oxicedrus*) di elevato valore per la conservazione dell'habitat; iv) pinete originariamente costituite da rimboschimento per il recupero di suoli degradati in aree montane (*Pinus nigra* spp. *Laricio*) e loro stadi dinamici di transizione a popolamenti misti, caratterizzati dalla coesistenza con *Fagus sylvatica* in diversi stadi di sviluppo.

I plot inventariali sono stati classificati in popolamenti forestali puri (presenza di una specie con area basimetrica pari o superiore all'85% dell'area basimetrica totale del plot) e misti (presenza di due specie con area basimetrica superiore all'15% dell'area basimetrica totale del plot) per ciascun caso di studio.

L'obiettivo della ricerca è stato analizzare tramite metodi statistici inferenziali comuni ai sette casi di studio le differenze tra popolamenti puri e misti, in termini di fornitura di servizi ecosistemici multipli a scala vasta. Ciò nell'ottica di fornire agli stakeholders conoscenze oggettive sull'influenza della composizione specifica sull'offerta di un ventaglio di servizi ecosistemici forniti dalle foreste a scala vasta. A tal fine, i dati grezzi sulla fornitura dei servizi ecosistemici sono standardizzati, sulla base dei valori minimi e massimi osservati nei singoli casi di studio, per ottenere una variabile continua



**Dipartimento per l'Innovazione nei sistemi Biologici, Agroalimentari e Forestali –
Università degli Studi della Tuscia, Via San Camillo de Lellis SNC, 01100 Viterbo**

nell'intervallo (0, 1). La fornitura di servizi ecosistemici multipli è stata quantificata identificando nell'intervallo (0, 1) valori soglia crescenti (0.2, 0.4, 0.6) e calcolando il numero di servizi ecosistemici che in ciascun plot è pari o supera i valori soglia.

Per comprendere se esistono differenze statisticamente significative tra plot appartenenti ai popolamenti puri e misti, è condotta un'analisi non parametrica per verificare l'uguaglianza tra le mediane dei gruppi mediante il Kruskal-Wallis test.

La fornitura di ES multipli si è rivelata una condizione diffusa tra le soglie da 0,2 a 0,4. In almeno il 50% dei popolamenti misti e in (almeno uno) dei popolamenti monospecifici delle specie componenti almeno tre ES sono forniti sopra la soglia di 0,2 e due sopra la soglia di 0,4. Il valore medio di questi ES è risultato, in ogni caso, ben al di sopra di questi valori di soglia, ovvero rispettivamente 0,45-0,6 e 0,6-75. Le analisi statistiche hanno confermato in tre CS i popolamenti misti come il gruppo in grado di fornire un numero maggiore di ES rispetto ai corrispettivi popolamenti puri, mentre in un caso di studio questo sono stati trovate condizioni di pari-merito con i gruppi puri. Sebbene i popolamenti misti non costituiscano ancora uno standard diffuso per la gestione forestale questo studio porta a concludere che dovrebbero essere promossi, laddove si ricerchino sinergie tra produttività dei popolamenti, sequestro del carbonio e fornitura di habitat a livello di popolamento, a condizione che siano accettabili livelli moderati di fornitura di questi servizi ecosistemici.

I risultati della ricerca sono oggetto di una pubblicazione che è prossima alla fase di submission (d.5.1). Due unità di personale dell'unità operativa sono Co-Autori della pubblicazione (Anna Barbati, Antonio Tomao), insieme a colleghi del progetto internazionale.

WP6 - Comunicazione. Il sito web del progetto internazionale REFORM è stato implementato (<http://www.reform-mixing.eu/>). Dall'avvio del progetto sono stati realizzati tre workshops regionali con gli stakeholders (1 per la Regione Boreale organizzato a Riga in aprile 2018, 1 per le Regioni Temperata/Continentale/Alpina organizzato a Vienna a gennaio 2019, 1 per la Regione Mediterranea realizzato a Valladolid, Spagna a novembre 2019). Il Coordinatore dell'unità operativa ha partecipato direttamente al secondo e terzo workshop (vd. rendiconto analitico missioni # 7 e 12) e contribuito all'organizzazione del primo. Il workshop per la regione Mediterranea ha visto la partecipazione di due relatori invitati per conto dell'Italia (Dott. Simone Luppi, Studio RDM progetti, Dott. Pierluca Gaglioppa, Servizio Foreste e Parchi della Regione Lazio). L'Unità operativa DIBAF ha sostenuto le spese di missione per la partecipazione di questi due stakeholders italiani (vd. rendiconto analitico, missioni # 13 e 14).

Il coordinatore dell'Unità operativa ha infine preso parte al comitato scientifico per l'organizzazione della conferenza finale del progetto REFORM internazionale che si sarebbe dovuta tenere a LUND (Svezia) il 25-27 Marzo 2020 (<https://www.mixedforest2020.se/>). La crisi pandemica del COVID19 ha costretto prima a posticipare la conferenza al 27-29 ottobre 2020, per poi annullarla completamente. Si prevedeva la partecipazione di circa 170 ricercatori e professionisti da tutto il mondo. Tuttavia, il numero speciale inizialmente pianificato per raccogliere i contributi della



**Dipartimento per l'Innovazione nei sistemi Biologici, Agroalimentari e Forestali –
Università degli Studi della Tuscia, Via San Camillo de Lellis SNC, 01100 Viterbo**

conferenza sulla rivista *Forest Ecology and Management* è stato realizzato (<https://www.sciencedirect.com/journal/forest-ecology-and-management/special-issue/104SPZLN61X>).

SPAZIO RISERVATO ALL'ESPERTO (qualora designato)

Osservazioni alla relazione tecnico-scientifica



Dipartimento per l'Innovazione nei sistemi Biologici, Agroalimentari e Forestali –
Università degli Studi della Tuscia, Via San Camillo de Lellis SNC, 01100 Viterbo

4. Obiettivi, benefici e criticità del progetto

SPAZIO RISERVATO AL COORDINATORE DEL PROGETTO				
Descrizione degli obiettivi del progetto				
Obiettivi generali	Obiettivi specifici	Linee di attività in WP	Risultati attesi	Risultati raggiunti
a. Coordinamento del progetto		<p>WP 1- <i>Coordinamento</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Coordinamento scientifico del progetto internazionale REFORM (management team) - Project meetings 	<p>a.1.1 Project management plan (mese 3)</p> <p>a.1.2 Report di stato di avanzamento progetto (mesi 12, 24, 36)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Raggiunto - Raggiunto due report (minutes report meeting annuali 2017, 2018 e 2019);
b. determinare il ruolo dell'aumento del grado di mescolanza tra le specie sulla riduzione della vulnerabilità della foresta a disturbi biotici e abiotici	1. Comparare foreste pure e miste in termini di vulnerabilità a rischi multipli biotici e abiotici	<p>WP 2 – <i>Resistenza e resilienza delle foreste miste</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Raccolta dati forestali in caso di studio CS5 in popolamenti puri e misto di faggio e pino nero in Sila per il monitoraggio della crescita, rinnovazione e disturbo da patogeni 	b.1. Banca dati rilievi monitoraggio forestale in CS5 (mese 12)	- Raggiunto
	2. Stabilire link funzionali tramite approcci statistici tra caratteristiche dei boschi e vulnerabilità ai disturbi	<ul style="list-style-type: none"> - Analisi statistiche degli effetti delle caratteristiche di diversità specifica e struttura dei popolamenti sulla vulnerabilità ai disturbi 	<p>b.2.1 Completamento analisi per caso di studio (mese 24)</p> <p>b.2.2 Collaborazione a articolo scientifico su fattori chiave nella resistenza e resilienza ai disturbi (mese 30)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Raggiunto (analisi serie storica incrementi radiali) - Raggiunto Pardos et. al. 2021
c. Identificare regimi di gestione in grado di	3. Identificazione di trattamenti selvicolturali in grado di ridurre la	WP 3 – Gestione forestale resiliente	c.3.1 Collaborazione a articolo scientifico	-Non raggiunto



**Dipartimento per l'Innovazione nei sistemi Biologici, Agroalimentari e Forestali –
Università degli Studi della Tuscia, Via San Camillo de Lellis SNC, 01100 Viterbo**

migliorare la resilienza delle foreste miste	vulnerabilità ai disturbi a scala di stand	- Review scientifica sugli effetti del grado di mescolanza su struttura, crescita, resistenza e resilienza dei popolamenti forestali	su effetti del grado di mescolanza su crescita e resistenza e resilienza dei popolamenti forestali (mese 14)	
	4. Formulazione di linee guida selvicolturali per una gestione forestale resiliente	- Formulazione di linee guida su base quantitativa per una gestione forestale resiliente	c.4.1 Collaborazione alla redazione di un compendio di linee guida selvicolturali per una gestione forestale resiliente (mese 30)	-Non raggiunto
d. Analizzare l'effetto di alternative di gestione forestale orientate all'aumento della resilienza in termini di implicazioni sulla fornitura di servizi ecosistemici in boschi misti a diverse scale spazio-temporali	5. Previsione dell'effetto di interventi selvicolturali sulla riduzione della vulnerabilità nella fornitura di servizi ecosistemici	WP 4 - Fornitura di servizi ecosistemici - Simulazione di scenari alternativi di gestione forestale resiliente a scala di popolamento forestale nelle aree sperimentali del progetto internazionale REFORM	d.5.1 Articoli scientifici sulla vulnerabilità nella fornitura a varie scale di servizi ecosistemici in foreste mononospecifiche e miste (mese 24, 36)	- Raggiunto Engel et. al 2021 Barbati et al., in fase di completamento.
	6. Previsione della fornitura di servizi ecosistemici multiscala	- Modellistica della fornitura di servizi ecosistemici in scenari di cambiamento climatico - Spazializzazione di dati inventariali di una selezione di 9 Paesi partecipanti al progetto internazionale per la modellizzazione a ampia scala di scenari alternativi di gestione forestale resiliente		



**Dipartimento per l'Innovazione nei sistemi Biologici, Agroalimentari e Forestali –
Università degli Studi della Tuscia, Via San Camillo de Lellis SNC, 01100 Viterbo**

e. Trasferimento dei risultati del progetto ai decisori politici		WP 5 – Interfaccia scienza-politica-pratica	e.1 Contributo alla redazione di policy documents destinati a decisori politici a livello nazionale e internazionale (mese 33)	
f. Comunicazione con stakeholders e disseminazione dei risultati del progetto	Coinvolgimento di stakeholder e policy makers nell'identificazione di gap di ricerca sulla gestione dei boschi misti Organizzazione di workshops regionali e conferenza per attività di training e disseminazione dei risultati del progetto	WP 6- Communication - Creazione e mantenimento sito web progetto internazionale REFORM - Organizzazione di workshops regionali per stakeholders - Piano di divulgazione scientifica e conferenza scientifica finale	Contributo a: f.1 piano di divulgazione scientifica (mese 3) f.2 Proceedings workshops e conferenza finale (mesi 12, 18, 24, 36)	-Raggiunto -Raggiunto
NOTE				
<p>Lista delle pubblicazioni (in grassetto nominativi componenti Unità Operativa DIBAF).</p> <p>M. Pardos, M. del Río, H. Pretzsch, H. Jactel, K. Bielak, F. Bravo, G. Brazaitis, E. Defosse, M. Engel, K. Godvod, K. Jacobs, L. Jansone, A. Jansons, X. Morin, A. Nothdurft, L. Oreti, Q. Ponette, M. Pach, J. Riofrío, R. Ruíz-Peinado, A. Tomao, E. Uhl, R. Calama (2021). <i>The greater resilience of mixed forests to drought mainly depends on their composition: Analysis along a climate gradient across Europe</i>, Forest Ecology and Management, Volume 481, 2021,118687,ISSN 0378-1127, https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118687.</p> <p>M. Engel , S. Vospernik, M.Toïgo , X. Morin, A. Tomao , C. Trotta , M. Steckel , A. Barbati, A. Nothdurft, H. Pretzsch, M. del Río , J. Skrzyszewski , Q. Ponette, M. Lóf, M., Á., Jansons, G Brazaitis (2021). <i>Simulating the effects of thinning and species mixing on stands of oak (Quercus petraea (Matt.) Liebl.) / Quercus robur L.) and pine (Pinus sylvestris L.) across Europe</i>. Ecological modelling, (accepted).</p> <p>A. Barbati, A. Tomao, H. Jactel, F. Bravo, C. Ordóñez, G. Brazaitis, G. Kulbokas, R. Calama, A. Nothdurft, A. M. Engel, M. H. Pretzsch, M. Heym, M. del Río. <i>Provision of multiple ecosystem services in single and mixed forests in Europe</i>, Forest Ecology and Management (in fase di completamento).</p> <p>Obiettivo non raggiunto c.3.1: questo obiettivo prevedeva una collaborazione al pacchetto WP3 del progetto internazionale REFORM del Coordinatore, per un numero ridotto di ore (25 h). Questa collaborazione di fatto non è avvenuta, in quanto in fase di realizzazione del progetto, in accordo tra tutti i partner, l'attività è stata centralizzata e realizzata da un solo Partner (Technical University of Munich - TUM) che è Autore della pubblicazione di cui all'obiettivo c.3.1 "Towards managing mixed species stands" (scaricabile al sito: http://www.reform-mixing.eu/results-and-information/scientific-papers).</p>				
<p>Obiettivo non raggiunto c.3.2: motivazione analoga alla precedente, il compendio verrà realizzato dal partner TUM.</p>				



**Dipartimento per l'Innovazione nei sistemi Biologici, Agroalimentari e Forestali –
Università degli Studi della Tuscia, Via San Camillo de Lellis SNC, 01100 Viterbo**

SPAZIO RISERVATO ALL'ESPERTO (qualora designato)

Osservazioni al raggiungimento degli obiettivi del progetto

5. Ostacoli occorsi ed azioni correttive messe in atto

Descrivere gli ostacoli occorsi durante la realizzazione delle attività del progetto indicando la linea di attività interessata, l'Unità operativa coinvolta e le azioni che sono state attivate al fine di rimuovere gli ostacoli che impedivano la realizzazione degli obiettivi.

Eccetto il ritardo già indicato sui tempi di raggiungimento dei risultati del progetto, non si segnalano ostacoli specifici occorsi durante la realizzazione del progetto.

Numero WP	Unità operative coinvolte	Ostacolo	Azioni correttive

SPAZIO RISERVATO ALL'ESPERTO (qualora designato)

Osservazioni alle azioni correttive messe in atto



**Dipartimento per l'Innovazione nei sistemi Biologici, Agroalimentari e Forestali –
Università degli Studi della Tuscia, Via San Camillo de Lellis SNC, 01100 Viterbo**





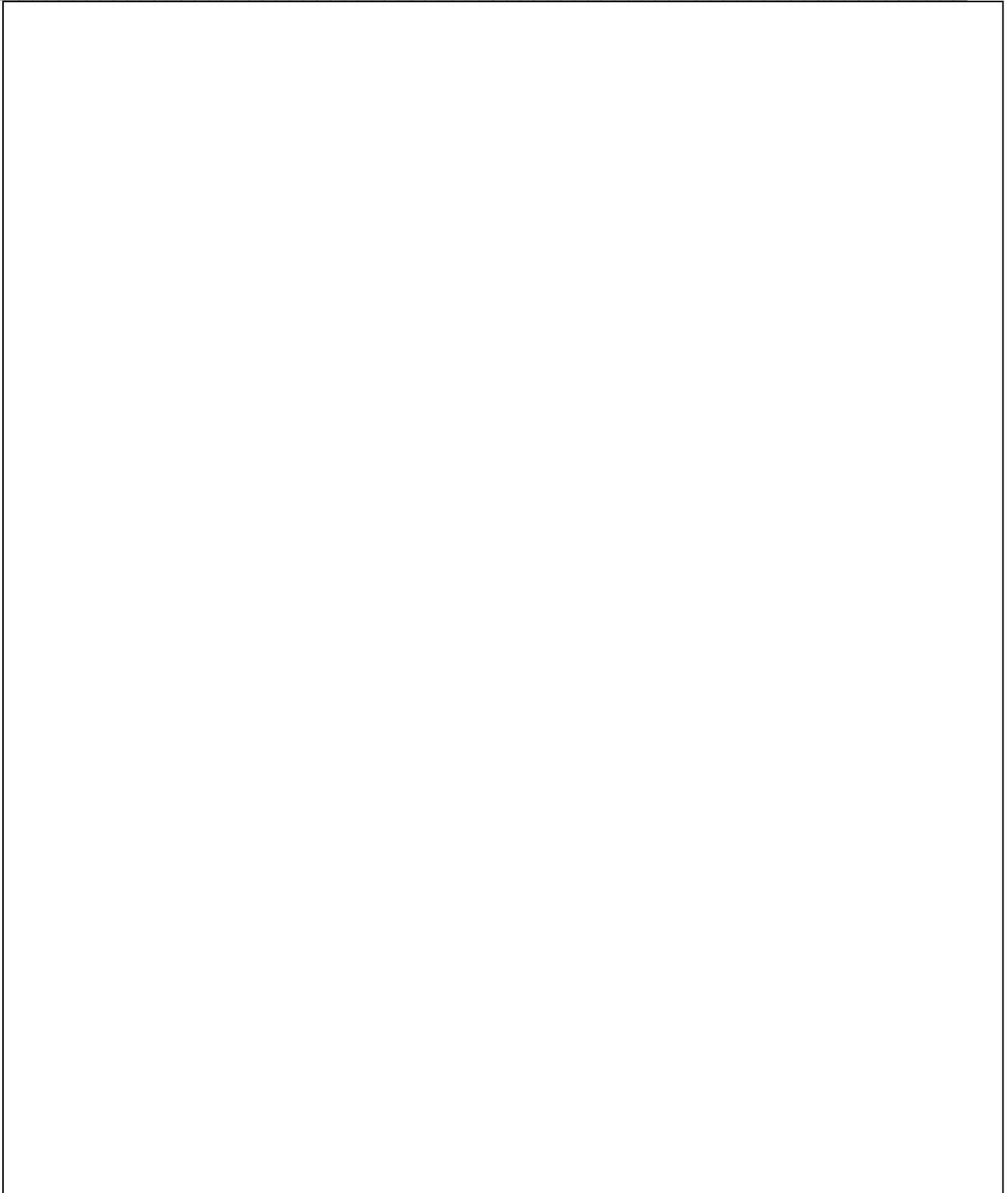
**Dipartimento per l'Innovazione nei sistemi Biologici, Agroalimentari e Forestali –
Università degli Studi della Tuscia, Via San Camillo de Lellis SNC, 01100 Viterbo**

SPAZIO RISERVATO ALL'ESPERTO (qualora designato)

Valutazione complessiva del progetto



**Dipartimento per l'Innovazione nei sistemi Biologici, Agroalimentari e Forestali –
Università degli Studi della Tuscia, Via San Camillo de Lellis SNC, 01100 Viterbo**





**Dipartimento per l'Innovazione nei sistemi Biologici, Agroalimentari e Forestali –
Università degli Studi della Tuscia, Via San Camillo de Lellis SNC, 01100 Viterbo**

Luogo e Data

Firma leggibile dell'Esperto (qualora designato)



**Dipartimento per l'Innovazione nei sistemi Biologici, Agroalimentari e Forestali –
Università degli Studi della Tuscia, Via San Camillo de Lellis SNC, 01100 Viterbo**

Note

ⁱ Inserire una delle 6 aree prioritarie previste dal capitolo 2 del Piano Strategico per l'Innovazione e la ricerca nel settore agricolo alimentare e forestale (2014-2020), ovvero:

- Area 1 - Aumento sostenibile della produttività, della redditività e dell'efficienza delle risorse negli agro-ecosistemi**
- Area 2 - Cambiamento climatico, biodiversità, funzionalità suoli e altri servizi ecologici e sociali dell'agricoltura**
- Area 3 - Coordinamento e integrazione dei processi di filiera e potenziamento del ruolo dell'agricoltura**
- Area 4 - Qualità, tipicità e sicurezza degli alimenti e stili di vita sani**
- Area 5 - Utilizzo sostenibile delle risorse biologiche a fini energetici ed industriali**
- Area 6 - Sviluppo e riorganizzazione del sistema della conoscenza per il settore agricolo, alimentare e forestale**
- Area 7 - Pesca e acquacoltura**

ⁱⁱ Inserire una delle seguenti linee di attività (previste dal Piano Strategico per l'Innovazione e la ricerca nel settore agricolo alimentare e forestale 2014-2020). La linea di attività da inserire dovrà corrispondere all'area strategica di intervento indicata nel precedente campo, ovvero per la:

Area 1 - Inserire una delle seguenti linee di attività:

- a. Scelte varietali, di razza, di destinazione d'uso, miglioramento genetico mediante l'utilizzo di biotecnologie sostenibili;
- b. Uso sostenibile dei nutrienti, dei prodotti fitosanitari e dei prodotti zooprofilattici, utilizzazione di microrganismi, insetti utili e molecole bioattive per la difesa delle piante;
- c. Ottimizzazione dei processi produttivi (tecnica colturale, alimentazione, benessere animale, pratiche di prevenzione, risparmio energetico, ecc.), anche mediante l'utilizzo di sistemi di supporto alle decisioni (telerilevamento, agricoltura e zootecnia di precisione, meccanizzazione integrale, robotica e altri sistemi automatici intelligenti, applicazione di principi e strumenti di intelligenza artificiale ecc.) e biotecnologie sostenibili;
- d. Soluzioni tecnologiche per il miglioramento degli impianti e delle strutture aziendali;
- e. Gestione efficiente della risorsa idrica e della qualità delle acque;
- f. Conservazione, conservabilità e condizionamento delle produzioni (riduzione degli sprechi, conservanti naturali ecc.);
- g. Strumenti e sistemi funzionali alla gestione aziendale (pianificazione, costi di produzione, diversificazione ecc.) e alla sua caratterizzazione (impronta ecologica).

Area 2 - Inserire una delle seguenti linee di attività:

- a. Strategie per la mitigazione e per lo studio dell'adattamento al cambiamento climatico;
- b. Valorizzazione delle varietà e razze locali e salvaguardia delle risorse genetiche;
- c. Tutela del fattore "suolo": conservazione, qualità, fertilità e salvaguardia della biodiversità microbica;
- d. Valorizzazione di alcuni servizi ecologici forniti dal settore primario: manutenzione e ripristini ambientali, verde urbano, agricoltore/selvicoltore custode, bonifica dei terreni inquinati ecc.;
- e. Valorizzazione del ruolo sociale dell'agricoltura: "agricoltura sociale", relazioni urbano – rurale, accettabilità sociale dell'attività agricola.

Area 3 - Inserire una delle seguenti linee di attività:

- a. Soluzioni organizzative, economiche e sociali alle difficoltà strutturali di integrazione orizzontale e verticale nei distretti e nelle filiere;
- b. Soluzioni tecnologiche per il miglioramento dei processi di filiera;
- c. Sviluppo di sistemi distributivi, commerciali, promozionali e di marketing.

Area 4 - Inserire una delle seguenti linee di attività:

- a. Produzione di alimenti di qualità per tutti (food security);
- b. Miglioramento, tutela e tracciabilità della qualità e della distintività e adeguamento dei relativi standard di certificazione;
- c. Tecniche sostenibili per la trasformazione, conservazione e confezionamento dei prodotti agroalimentari;
- d. Valorizzazione della relazione tra alimentazione e salute e della valenza nutraceutica dei prodotti agroalimentari.

Area 5 - Inserire una delle seguenti linee di attività:

- a. Sviluppo e razionalizzazione delle filiere di biomasse e di biocarburanti con adeguati requisiti di sostenibilità ambientale ed economica;
- b. Sviluppo di bioraffinerie per la produzione di materiali industriali e mezzi tecnici a partire da residui e scarti agricoli nell'ottica dell'adeguata remunerazione del settore agricolo.

Area 6 - Inserire una delle seguenti linee di attività:

- a. Nuovi strumenti di governance per il coordinamento e l'efficienza del sistema della conoscenza: analisi dei fabbisogni, pianificazione, monitoraggio, valutazione ecc.;
- b. Promozione del trasferimento dell'innovazione mediante servizi di supporto, formazione e consulenza alle imprese agricole, alimentari e forestali;
- c. Sviluppo di nuove modalità.



**Dipartimento per l'Innovazione nei sistemi Biologici, Agroalimentari e Forestali –
Università degli Studi della Tuscia, Via San Camillo de Lellis SNC, 01100 Viterbo**

- ⁱⁱⁱ Inserire uno degli 13 settori produttivi previsti dall'Allegato A del Piano Strategico per l'Innovazione e la ricerca nel settore agricolo alimentare e forestale (2014-2020), ovvero:
- a) Zootecnico;
 - b) Orticolo;
 - c) Cerealicolo;
 - d) Viticolo;
 - e) Frutticolo;
 - f) Olivicolo;
 - g) Biologico;
 - h) Floricolo;
 - i) Forestale;
 - j) Innovazione sociale;
 - k) Piante officinali;
 - l) Risicolo;
 - m) Pesca e acquacoltura.