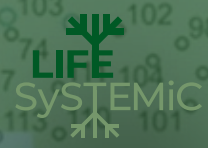


Layman's REPORT



LIFE18ENV/IT/000124

Close-to-nature foreSt SusTainable Management practices under Climate Changes

CONTENUTO DEL PROGETTO

Nel 2018 il programma LIFE, lo strumento di finanziamento dell'UE destinato alle azioni per l'ambiente e il clima, ha offerto l'opportunità di presentare progetti che sviluppino e approfondiscano ulteriormente il tema del monitoraggio forestale, fornendo tutti i dati che possono essere rilevanti per gli attuali o futuri sistemi di informazione forestale europei. Inoltre, ha richiesto l'applicazione efficace ed efficiente di strumenti, metodologie, tecniche, tecnologie e attrezzature per implementare approcci di gestione forestale *close-to-nature* e alternative selvicolturali simili rispetto alla gestione forestale più intensiva e/o agli approcci gestionali basati su piantagioni di popolamenti coetanei e monospecifici. L'impatto del cambiamento climatico sui sistemi forestali è riconosciuto a livello mondiale e i suoi effetti sono sempre più visibili nelle foreste europee. Questo è particolarmente evidente nell'area del Mediterraneo, dove l'aumento delle temperature e la crescente frequenza di eventi estremi come tempeste, ondate di calore e periodi di siccità prolungata rappresentano una minaccia significativa per gli ecosistemi forestali. Questi effetti negativi e le nuove sfide per una Gestione Forestale Sostenibile (SFM - *Sustainable Forest Management*) richiedono approcci innovativi per proteggere e preservare le foreste come risorse naturali vitali.

La diversità genetica dei popolamenti forestali ha un ruolo cruciale nella capacità delle foreste di affrontare il cambiamento climatico e altre minacce. La diversità genetica costituisce la base per i processi evolutivi a lungo termine che consentono alle foreste di mantenere il loro potenziale adattativo di fronte ai cambiamenti ambientali attuali e futuri.

In questo contesto, il progetto LIFE SySTEMiC (*Close-to-nature foreSt SusTainable Management under Climate Changes*) fornisce informazioni e strategie importanti per una conservazione più efficace della diversità genetica delle popolazioni forestali.

OBIETTIVI DEL PROGETTO

Lo scopo del progetto LIFE SySTEMiC è quello di utilizzare la diversità genetica come "strumento" al fine di proteggere le foreste dal cambiamento climatico. L'idea di base del progetto è relativamente semplice: maggiore è la diversità genetica degli alberi di una foresta più è probabile che alcuni alberi abbiano caratteristiche genetiche che li rendono più adattabili ai cambiamenti climatici, aumentando la resistenza e la resilienza del sistema forestale.

Sulla base di queste premesse, gli obiettivi principali del progetto sono:

1. Indagare le relazioni tra gestione forestale e diversità genetica per 8 specie di alberi forestali in 3 paesi europei (Croazia, Italia, Slovenia) al fine di identificare i sistemi selvicolturali che mantengono alti livelli di diversità genetica.
2. Sviluppare un modello innovativo che comprenda Genetica, Biodiversità e Selvicoltura (GenBioSilvi) basato sulla combinazione di tecniche avanzate di *Landscape Genomics*, genetica applicata e modelli selvicolturali al fine di supportare una Gestione Forestale Sostenibile.
3. Diffondere la conoscenza del metodo in tutta Europa e trasferirne l'uso nella pratica forestale attraverso il coinvolgimento di *Stakeholder*.

Proprietari forestali, utilizzatori forestali, uffici forestali nazionali, regionali e locali, istituzioni accademiche e di ricerca e tutte le istituzioni e organizzazioni coinvolte nella gestione forestale, protezione e conservazione della biodiversità sono i principali beneficiari del modello GenBioSilvi.

AREA DI STUDIO DEL PROGETTO

Le analisi sono state condotte su 31 siti forestali selezionati, comprese le esistenti Unità di Conservazione Genetica Dinamica (DCU) del *European information system on forest genetic resources* (EUFGIS, www.eufgis.org), riserve forestali e diverse categorie di foreste gestite in Italia, Croazia e Slovenia. La selezione dei siti è stata effettuata per 8 specie di alberi forestali: abete bianco (*Abies alba* Mill.), faggio (*Fagus sylvatica* L.), pino nero (*Pinus nigra* J.F. Arnold.), pino domestico (*Pinus pinea* L.), pino marittimo (*Pinus pinaster* Aiton), farnia (*Quercus robur* L.), roverella (*Quercus pubescens* Willd.) e leccio (*Quercus ilex* L.). La selezione dei siti è stata effettuata considerando diversi tipi di foreste europee, gestite con sistemi selvicolturali a diverse intensità o non gestite (riserve forestali) per stimare l'influenza della gestione forestale sulla struttura forestale e sulla sua biodiversità sopra e sotto il suolo, e per consentire lo sviluppo del modello GenBioSilvi.

Nella Tabella 1 sono riportati i siti del progetto.



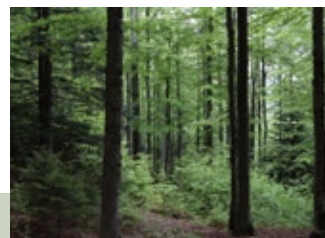
Tabella 1. Elenco dei siti del Progetto LIFE SySTEMiC, indicati con il nome del sito, paese, specie, tipi di foreste europee (*European Forest Type - EFT*), struttura del soprassuolo e sistema selvicolturale.

Numero	Nome del sito	Paese	Specie	EFT*	Struttura	Sistema selvicolturale
01	Pian degli Ontani	Italia	<i>F. sylvatica</i>	7.3	Coetanea	Tagli successivi uniformi
02	Bosco di Baldo	Italia	<i>F. sylvatica</i>	7.3	Disetanea	Taglio a scelta colturale
03	Pian dei Ciliegi	Italia	<i>F. sylvatica</i>	7.3	Coetanea	Tagli successivi uniformi
04	Caselle 1	Italia	<i>F. sylvatica</i>	7.3	Coetanea	Tagli successivi uniformi
05	Caselle 2	Italia	<i>F. sylvatica</i>	7.3	Coetanea	Tagli successivi uniformi
06	Faltelli	Italia	<i>A. alba</i>	10.6	Coetanea	Tagli successivi uniformi
07	Tre Termini	Italia	<i>A. alba</i>	7.3	Disetanea	Taglio a scelta colturale
08	Terminaccio	Italia	<i>P. pinea</i>	10.1	Coetanea	Taglio raso con rinnovazione artificiale posticipata
09	Fossacci	Italia	<i>P. pinea</i>	10.1	Coetanea	Taglio raso con rinnovazione artificiale posticipata
10	Culatta	Italia	<i>Q. robur</i>	5.1	Disetanea	Non gestito
11	Fonte Novello	Italia	<i>F. sylvatica</i>	7.3	Disetanea / Vetusta	Non gestito
12	Venacquaro	Italia	<i>F. sylvatica</i>	7.3	Coetanea	Tagli successivi uniformi
13	Nova Gradiška	Croazia	<i>Q. robur</i>	5.1	Coetanea	Tagli successivi uniformi
14	Ogulin	Croazia	<i>F. sylvatica</i>	7.2	Coetanea	Tagli successivi uniformi
15	Zadar	Croazia	<i>P. pinea</i>	10.1	Coetanea	Taglio raso con rinnovazione artificiale posticipata
16	Gorski kotar, Skrad	Croazia	<i>A. alba</i>	3.2	Disetanea	Taglio a scelta colturale
17	Klana	Croazia	<i>P. nigra</i>	3.3	Coetanea	Tagli successivi uniformi
18	Brač	Croazia	<i>P. nigra</i>	10.2	Coetanea	Tagli successivi a gruppi
19	Pelješac	Croazia	<i>P. pinaster</i>	10.1	Coetanea	Tagli successivi a gruppi
20	Pula	Croazia	<i>Q. ilex</i>	9.1	Coetanea	Tagli successivi uniformi
21	Črni kal	Slovenia	<i>Q. pubescens</i>	8.1	Coetanea	Tagli successivi a gruppi
22	Mlake	Slovenia	<i>P. nigra</i>	14.1	Coetanea	Tagli successivi uniformi
23	Osankarica	Slovenia	<i>F. sylvatica</i>	7.2	Coetanea	Tagli successivi a gruppi
24	Pri Studencu	Slovenia	<i>F. sylvatica</i>	6.6	Coetanea	Tagli successivi a gruppi
25	Rajhenavski Rog	Slovenia	<i>F. sylvatica</i>	7.4	Disetanea / Vetusta	Non gestito
26	Smolarjevo	Slovenia	<i>A. alba</i>	3.2	Disetanea	Taglio a scelta colturale
27	Leskova dolina	Slovenia	<i>A. alba</i>	7.4	Coetanea	Tagli successivi a gruppi
28A	Krakovo (Gestito)	Slovenia	<i>Q. robur</i>	5.1	Coetanea	Tagli successivi uniformi
28B	Krakovo (Riserva)	Slovenia	<i>Q. robur</i>	5.1	Disetanea	Non gestito
29	Gorski kotar, Vrbovsko	Croazia	<i>F. sylvatica</i>	7.2	Disetanea	Taglio a scelta colturale
30	La Verna	Italia	<i>A. alba</i>	10.6	Disetanea / Vetusta	Non gestito
31	Mljet	Croazia	<i>P. pinea</i>	10.1	Coetanea	Tagli successivi uniformi

*EFT = European Forest Type: 3.2 Subalpine and mountainous spruce and mountainous mixed spruce-silver fir forest; 3.3 Alpine Scots pine and Black pine forest; 5.1 Pedunculate oak-hornbeam forest; 6.6 Illyrian submountainous beech forest; 7.2 Central European mountainous beech forest; 7.3 Apennine-Corsican mountainous beech forest; 7.4 Illyrian mountainous beech forest; 8.1 Downy oak forest; 9.1 Mediterranean evergreen oak forest; 10.1 Mediterranean pine forest; 10.2 Mediterranean and Anatolian Black pine forest; 10.6 Mediterranean and Anatolian fir forest; 14.1 Plantations of site-native species.



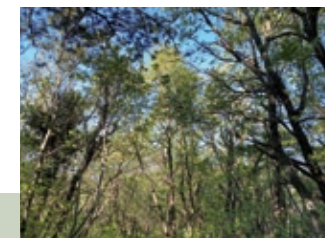
Abies alba, Foto R. Damjanić



Fagus sylvatica, Foto K. Sever



Pinus nigra, Foto M. Lanščak



Quercus pubescens, Foto K. Sever



Pinus pinea, Foto D. Travaglini



Pinus pinaster, Foto D. Travaglini



Quercus robur, Foto D. Travaglini



Quercus ilex, Foto M. Lanščak

Informazioni sui siti sono disponibili nel sito web del progetto Life SySTEMic <https://www.lifesystemic.eu/demonstration-sites/>

ATTIVITA' E RISULTATI DEL PROGETTO

Le attività ed i risultati più importanti sono di seguito riportati, e suddivisi per specie. I risultati dettagliati sono riportati nei prodotti del progetto, come il Manuale per una Gestione Forestale Sostenibile, le Linee Guida per una Gestione Forestale Sostenibile per tutte le specie studiate nel progetto e altri deliverable, disponibili sul sito web (<https://www.lifesystemic.eu/>). Sono stati analizzati la struttura delle foreste e condotti studi di *Landscape Genomics* per ciascuna delle otto specie. La biodiversità del suolo e l'impatto della brucatura* sono state studiate rispettivamente nei boschi di faggio e abete bianco. Il modello GenBioSilvi è stato sviluppato e validato le specie studiate, e sono stati realizzati tagli dimostrativi in soprassuoli selezionati per valutare l'influenza delle misure di gestione forestale sulla diversità genetica. Come risultato del progetto, sono state redatte raccomandazioni per una gestione forestale sostenibile**per ciascuna delle otto specie. Di seguito presentiamo i principali risultati per ciascuna specie.

*Impatto della brucatura: l'impatto da parte degli ungulati varia significativamente tra le diverse specie e stadi di crescita degli alberi forestali. Le giovani foreste, in particolare durante i primi stadi di crescita, spesso vanno incontro ad una maggiore pressione della brucatura, che influisce gravemente sui tassi di sopravvivenza e crescita della rinnovazione. Specie come la quercia e il faggio, più resistenti alla brucatura, possono sopportare meglio questa pressione rispetto all'abete e al pino, che sono più suscettibili.

**Raccomandazioni per una gestione forestale sostenibile: la conoscenza della variabilità genetica adattativa, può migliorare le decisioni di gestione forestale e anticipare gli sforzi per la migrazione assistita. Questo è cruciale per preservare le Risorse Genetiche Forestali (FGR - *Forest Genetic Resource*) e arricchire i popolamenti con genotipi "migliori per l'adattamento", garantendo la resilienza e la diversità genetica delle foreste.



Sito 30 - La Verna, foresta vetusta.

Abete bianco - Abies alba Mill.

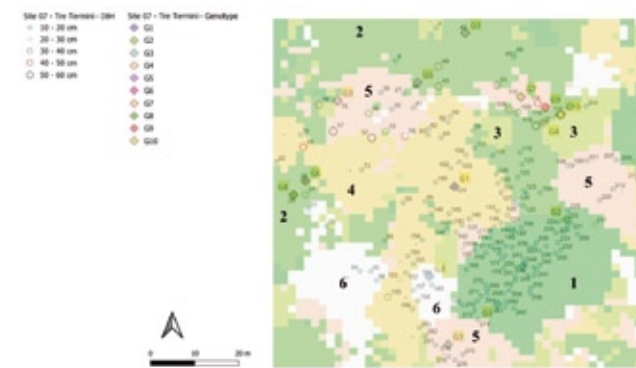
Struttura forestale, legno morto e microhabitat arborei

L'abete bianco è la specie arborea predominante nei siti Gorski kotar, Skrad (Croazia) e Leskova dolina (Slovenia), negli altri siti l'abete bianco costituisce soprassuoli misti con il faggio, l'acero montano, l'abete rosso e altre specie arboree secondarie. La diversità della struttura forestale è elevata nel bosco vetusto, seguita dalle strutture presenti nei soprassuoli disetanei e coetanei. Il volume totale di legno morto varia tra 14 m³/ha e 426 m³/ha. Il bosco vetusto presenta la maggiore quantità di legno morto (426 m³/ha).

Landscape Genomics

Al fine di identificare possibili "segni" di adattamento locale, abbiamo condotto analisi di *Genotype Environment Association* (GEA). I risultati dell'analisi hanno mostrato che il genotipo di adattamento basale dell'abete bianco potrebbe diffondersi nell'area dell'Europa

centrale. Analizzando il modello di distribuzione della diversità genetica, abbiamo osservato che i popolamenti di abete bianco gestiti secondo il taglio a scelta selvicolturale riportano una struttura genetica spaziale complessa ed eterogenea. Un risultato interessante è il numero di varianti alleliche associate agli indicatori bioclimatici che caratterizzano l'ambiente locale trovate nel Sito 07 - Tre Termini.



Risultati dell'analisi di associazione applicando il modello LFMM (*Latent Factor Mixed Models*) e mappa di distribuzione dei genotipi del Sito 07 - Tre Termini.

Impatto della brucatura

Nonostante gli effetti visibili della brucatura degli ungulati sulla struttura e composizione della rinnovazione naturale, non sono stati rilevati effetti genetici significativi. La diversità genetica non differiva significativamente tra gli alberi adulti di abete bianco e la loro rinnovazione, sia nelle aree di studio recintate che in quelle non recintate.

Modello GenBioSilvi

Al fine di analizzare la biodiversità negli ecosistemi forestali, abbiamo esaminato diversi indicatori: diversità genetica, struttura forestale, legno morto e presenza di microhabitat arborei. Per i popolamenti di abete bianco, abbiamo osservato che nelle foreste non gestite o vetuste la biodiversità è preservata e talvolta addirittura aumentata. Nelle foreste gestite con il taglio a scelta culturale, la biodiversità è conservata, arrivando a simulare le condizioni presenti nel bosco vetusto e promuovendo la rinnovazione naturale, migliorando così la diversità genetica e l'adattamento ai cambiamenti climatici.

Raccomandazioni per una Gestione Forestale Sostenibile

La conoscenza dell'influenza della gestione forestale sulla variabilità genetica delle specie arboree può migliorare le decisioni riguardanti una gestione forestale sostenibile ed anticipare gli sforzi di migrazione assistita. Per i popolamenti di abete bianco, si raccomandano pratiche di gestione forestale basate sul taglio a scelta culturale, che sono associate a popolazioni con alta probabilità di adattamento.

Faggio - Fagus sylvatica L.

Struttura forestale, legno morto e microhabitat arborei

Il faggio è la specie arborea predominante nella maggior parte dei siti studiati (01, 02, 03, 05, 11, 12, 14, 23, 24); nei restanti siti il faggio costituisce soprassuoli misti con abete bianco, acero montano, tiglio e altre specie arboree secondarie. La diversità della struttura forestale è elevata nei boschi vetusti, seguita dalle strutture presenti nei soprassuoli disetanei e coetanei. Il volume totale di legno morto varia tra 5 m³/ha e 420 m³/ha. I boschi vetusti (Sito 11 e Sito 25) presentano la maggiore quantità di legno morto (329 m³/ha come valore medio). La frequenza dei microhabitat arborei varia notevolmente tra i siti studiati.

Landscape Genomics

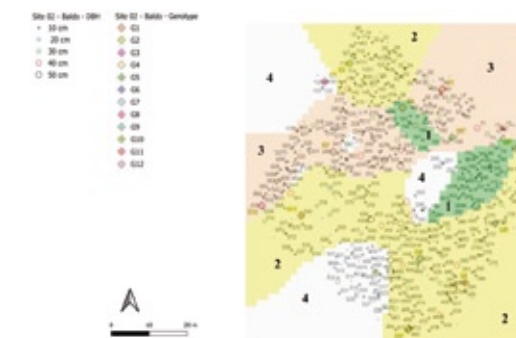
Al fine di identificare possibili "segni di adattamento" all'ambiente locale, abbiamo condotto analisi di *Genotype Environment Association* (GEA). In generale, abbiamo riscontrato un elevato numero di varianti alleliche specifiche nei siti non gestiti e nei boschi vetusti. La creazione di gap nella copertura forestale e la complessità della struttura che caratterizza questi popolamenti potrebbero essere collegate a una maggiore probabilità di ricombinazione genetica tra genotipi appartenenti a cluster familiari differenti. Questi profili sono simili a quelli riscontrati nei boschi vetusti e nelle popolazioni non gestite. Tipi di gestione meno impattanti, come il taglio a scelta culturale, sembrano supportare popolazioni caratterizzate da un elevato numero di varianti alleliche associate a condizioni ambientali locali. Risultati simili sono stati osservati nei popolamenti non gestiti e nei boschi vetusti.



Misurazione dell'altezza del novellame (sinistra), valutazione del danno dovuto alla brucatura da parte degli ungulati (centro) e dimostrazione del campionamento (destra).



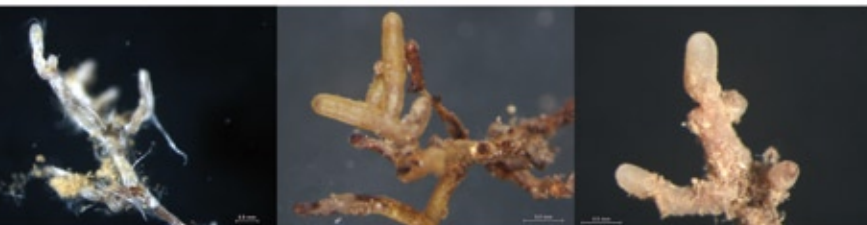
Legno morto e microhabitat arborei nel Sito 11 - Fonte Novello, foresta vetusta.



Risultati dell'analisi di associazione applicando il modello LFMM e mappa di distribuzione dei genotipi del Sito 02 - Bosco di Baldo.

Biodiversità del suolo

Gli effetti a breve termine della rimozione di singoli alberi hanno comportato una diminuzione della ricchezza di specie e una minore diversità di funghi ectomicorrizici sulle radici degli alberi rimasti. Tuttavia, la ricchezza e la diversità della comunità fungina complessiva non sono state influenzate.



Funghi ectomicorrizici nelle radici di faggio.

rivando a simulare le condizioni presenti nel bosco vetusto e promuovendo la rinnovazione naturale. L'analisi della diversità genetica ha rivelato che le foreste vetuste e i siti gestiti con tagli a scelta colturale, presentano strutture genetiche spaziali complesse, a differenza dei popolamenti gestiti con tagli successivi uniformi.

Raccomandazioni per una Gestione Forestale Sostenibile

I risultati del progetto mostrano che la conoscenza dell'influenza delle pratiche di gestione forestale sulla variabilità genetica del faggio può migliorare le decisioni riguardanti la gestione forestale e anticipare gli sforzi di adattamento ai cambiamenti climatici, come la migrazione assistita delle popolazioni all'interno del loro areale. La migrazione assistita implica che gli esseri umani spostino le specie arboree in nuove aree dove il clima e le condizioni ambientali sono più adatti per la loro crescita e sopravvivenza, a causa dei cambiamenti climatici che influenzano i loro habitat nativi. Questo è cruciale per la conservazione delle risorse genetiche delle foreste e per arricchire i popolamenti con genotipi favorevoli, garantendo la resilienza e la diversità genetica delle foreste. Nei popolamenti di faggio si raccomandano pratiche di gestione meno impattanti, come il taglio a scelta colturale, che caratterizzano popolamenti con un elevato numero di varianti alleliche associate alla risposta agli stress abiotici e all'adattamento ai cambiamenti climatici. Risultati simili sono stati osservati nei popolamenti non gestiti e nei boschi vetusti.



Legno morto nel Sito 9 - Fossacci.

Pinus spp (Pino nero - *Pinus nigra* J.F. Arnold., Pino domestico - *Pinus pinea* L., Pino marittimo - *Pinus pinaster* Aiton)

Struttura forestale, legno morto e microhabitat arborei

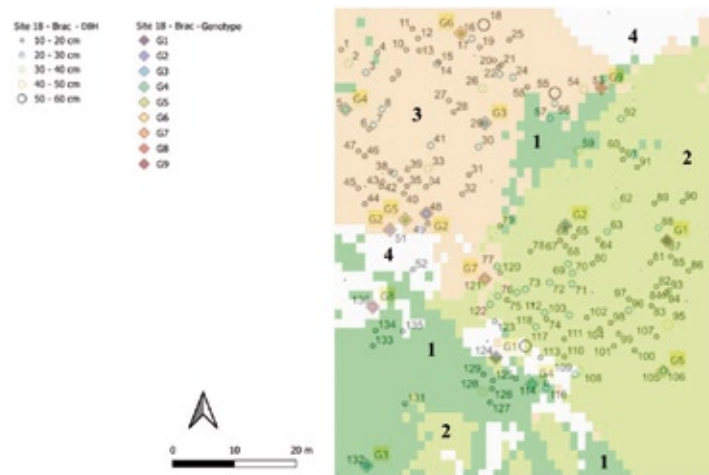
I popolamenti di pino domestico e pino nero analizzati sono stati gestiti come popolamenti coetanei. Il popolamento di pino marittimo è stato gestito con un sistema di tagli successivi irregolari. Nei popolamenti di pino domestico, il volume totale di legno morto varia tra 6 m³/ha e 20 m³/ha. I popolamenti di pino nero hanno un volume medio di legno morto di 21 m³/ha. Nel sito del pino marittimo, la quantità di legno morto è di 42 m³/ha. Il legno morto è la forma più comune di microhabitat arborei, nelle pinete di pino domestico. Nei popolamenti di pino nero sono comuni legno morto, epifite e ferite. Cavità, ferite e altre forme di microhabitat arborei erano pressoché ugualmente rappresentate nelle pinete di pino marittimo.

Landscape Genomics

Al fine di identificare possibili segni di adattamento all'ambiente locale, abbiamo condotto analisi di *Genotype Environment Association* (GEA). L'analisi globale ci ha permesso di identificare possibili modelli di adattamento alle condizioni bioclimatiche che caratterizzano l'areale delle popolazioni di pini. I risultati dell'analisi hanno mostrato l'esistenza di 3 diversi *cluster* per il pino domestico e 4 *cluster* per il pino nero.

Modello GenBioSilvi

Al fine di analizzare la biodiversità negli ecosistemi forestali, abbiamo esaminato diversi indicatori, inclusi diversità genetica, struttura forestale, legno morto e microhabitat arborei. Basati sui dati microsatelliti (nSSR - *nuclear Simple Sequence Repeats*), abbiamo osservato, per tutti i siti, strutture genetiche spaziali semplificate. Tuttavia, abbiamo osservato un'alta diversità genetica associata a geni coinvolti nella risposta allo stress abiotico.



Risultati dell'analisi di associazione applicando il modello LFMM e mappa di distribuzione dei genotipi del Sito 18 - Brač.

Raccomandazioni per una Gestione Forestale Sostenibile

Per le specie di pini studiate nel progetto, che tipicamente mostrano bassi livelli di biodiversità, tranne per il pino nero, si raccomandano approcci di gestione forestale che aumentano la complessità dei popolamenti forestali con una struttura verticale pluristratificata. La diversificazione degli approcci selvicolturali e la promozione di popolamento disetaneo, facilitano la dispersione del polline, promuovendo la diversità genetica e aumentando la probabilità di comparsa di nuove varianti alleliche, importanti per l'adattamento ai cambiamenti climatici.

Quercus spp (Farnia - *Quercus robur* L., Roverella - *Quercus pubescens* Willd., Leccio - *Quercus ilex* L.)

Struttura forestale, legno morto e microhabitat arborei

Tre specie di querce sono state studiate nel progetto LIFE SySTEMiC: la farnia è la specie arborea predominante nel Sito 28A - Krakovo (Managed), e costituisce soprassuoli misti con il carpino bianco. Negli altri siti la farnia costituisce soprassuoli misti con il frassino, il carpino bianco e altre specie arboree secondarie. La roverella è la specie predominante nel Sito 21 - Črni kal, e costituisce soprassuoli misti con il frassino meridionale e altre specie arboree secondarie. Il leccio è la specie più frequente nel Sito 20 - Pula, e costituisce soprassuoli misti con la roverella e l'alloro. Il volume totale di legno morto nei popolamenti di farnia varia tra 13 m³/ha e 490 m³/ha. I popolamenti non gestiti (Sito 10 - Culatta, Sito 28B - Krakovo (Reserve)) presentano la maggiore quantità di legno morto, rappresentato da alberi morti a terra ed in piedi e altri detriti di legno morto a terra. Il volume totale di legno morto nel popolamento di roverella e nel popolamento di leccio è rispettivamente di 7 m³/ha e 16 m³/ha. Quasi tutte le forme di microhabitat arborei (cavità, ferite; corteccia; legno morto; deformazioni della crescita, epifite, nidi) sono state rilevate nelle querce analizzate.



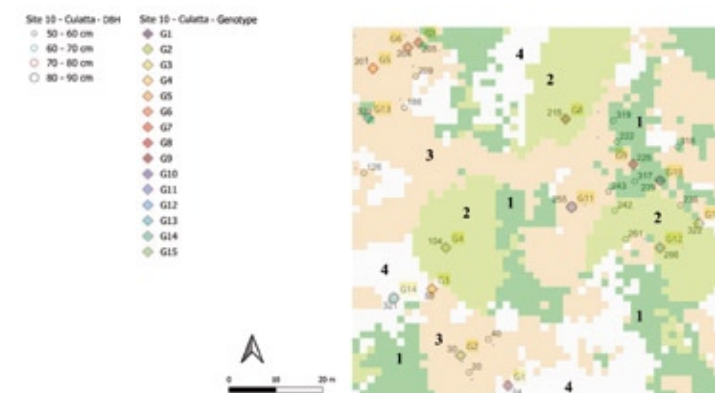
Microhabitat arborei nel Sito 10 - Culatta.

Landscape Genomics

Al fine di identificare possibili segni di adattamento all'ambiente locale nei popolamenti di querce, abbiamo condotto l'analisi di *Genotype Environment Association* (GEA). I risultati hanno mostrato l'esistenza di 4 diversi *cluster* presenti in Italia, Croazia e Slovenia. I popolamenti di quercia gestiti con diversi sistemi di gestione selvicolturale sembrano riportare una struttura genetica spaziale semplificata rispetto a quella osservata nei siti non gestiti e nelle foreste vetuste.

Oidio della quercia

Nell'ambito del progetto LIFE SySTEMiC sono stati testati diversi modi di controllare l'oidio della quercia, in uno dei nostri siti sperimentali nella foresta di Sito 28 - Krakovo.



Risultati dell'analisi di associazione applicando il modello LFMM e mappa di distribuzione dei genotipi del Sito 10 - Culatta.



Area di studio sperimentale nel Sito 28 - Krakovo.

Modello GenBioSilvi

Sulla base dei risultati ottenuti, possiamo assumere che esiste un'elevata diversità genetica in tutti i siti, ma non possiamo concludere che ci sia una significativa diversità genetica tra i siti anche se differiscono nei tipi di gestione.

Raccomandazioni per una Gestione Forestale Sostenibile

Il sistema selvicolturale più adatto per le foreste di farnia è il taglio successivo a gruppi, con creazione di aperture più grandi, o il sistema a tagli successivi uniformi, che soddisfa le esigenze di luce necessaria alla rinnovazione della quercia. Per le specie di quercia che hanno mostrato caratteristiche simili a quelle incluse nel nostro studio, suggeriamo di utilizzare un tipo di gestione che aumenti la complessità dei popolamenti forestali con una struttura verticale pluristratificata che influisce positivamente sulla conservazione della diversità genetica e aumenta la probabilità di comparsa di nuove varianti alleliche, importanti per l'adattamento ai cambiamenti climatici. Il sistema di ripristino forestale nei popolamenti di quercia deve essere adattato ai sempre più frequenti disastri naturali, principalmente con la diversificazione delle dimensioni delle aree di ripristino, poiché questo assicura la struttura a mosaico dei futuri popolamenti e aumenta la loro resilienza.

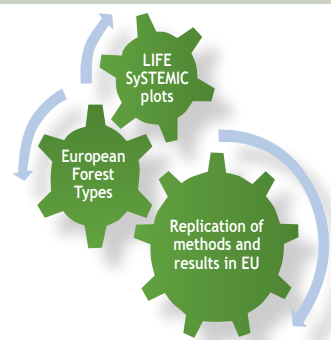
LINEE GUIDA SULLE ATTIVITÀ DI GESTIONE NELLE AREE DI CONSERVAZIONE FORESTALE IN CONDIZIONI DI CAMBIAMENTO CLIMATICO PER CIASCUNA DELLE 4 SPECIE/GENERI TARGET



Le nostre azioni di implementazione hanno portato alla realizzazione di Linee Guida per una gestione forestale *close-to-nature*, supportando pratiche forestali e raccomandazioni normative. Il progetto LIFE SySTEMiC non solo ha preso in considerazione le pratiche di gestione passate basate sui dati dell'Inventario Forestale Nazionale, ma durante il progetto abbiamo sviluppato e validato il modello predittivo "GenBioSilvi" utile per lo studio dell'adattabilità degli alberi e degli ecosistemi forestali in vista degli scenari correnti e futuri. Le tecniche selvicolturali implementate oggi in Europa non considerano indicatori o linee guida che mirano a migliorare la diversità genetica. Pertanto, i dati raccolti riguardanti la diversità genetica, l'ecosistema forestale e la biodiversità sono stati implementati nel modello GenBioSilvi per una Gestione Forestale Sostenibile e utilizzati per fornire linee guida applicabili nell'UE per le specie considerate nel progetto. Il progetto LIFE SySTEMiC ha contribuito all'armonizzazione delle informazioni dai dati raccolti in diversi tipi di foreste europee (EFT) situate in tre Paesi dell'UE, e soggette a diverse gestioni selvicolturali, fornendo Linee Guida specifiche

per una Gestione Forestale Sostenibile, al fine di aiutare a mantenere un'elevata biodiversità degli ecosistemi forestali, le risorse genetiche forestali e la produttività delle foreste nel tempo, mantenendo il potenziale adattativo delle foreste. I suggerimenti riportati nelle linee guida sono utili per mantenere la biodiversità degli ecosistemi forestali in accordo con le priorità della strategia dell'UE per la biodiversità 2030 [COM (2020) 380] e delle Autorità Competenti degli Stati Membri.

REPLICABILITÀ E TRASFERIBILITÀ



L'approccio multidisciplinare in diverse foreste protette e gestite, in diversi tipi di foreste europee, ha prodotto protocolli standardizzati che faciliteranno ulteriormente la replicabilità dei risultati, ha portato all'organizzazione di riunioni con gli *Stakeholder* a livello UE e ha identificato i possibili siti di trasferimento al di fuori dei Paesi del progetto (Italia, Croazia, Slovenia) durante la prima riunione con gli *Stakeholder*, ottenendo il loro interesse per le metodologie sviluppate nel progetto.

Il progetto LIFE SySTEMiC ha fornito un piano per la replicabilità e la trasferibilità, per utilizzare concretamente i risultati del progetto anche al di fuori delle regioni del progetto, per replicarli ed utilizzarli in altri contesti. Questo piano consiste in 1) identificazione dei siti di replicazione e trasferimento; 2) protocollo per l'ottimizzazione e la replicabilità dei risultati e 3) costi per l'attuazione.

Lo *Stakeholder* del LIFE SySTEMiC, Parco Nazionale della Sila (Italia), ha replicato il metodo in un sito di pino nero di nuova istituzione durante il progetto.

Il progetto LIFE SySTEMiC ha inoltre firmato lettere di intenti per collaborare in un progetto congiunto con il coordinatore del progetto in corso di Horizon Europe "Sustainable Management models and value chains for small Forests" (SMURF), e con i coordinatori della proposta "Managing Ecosystems to Drive Forests towards Optimum Resilience for Ensuring a Sustainable Tomorrow" (MEDFOREST) presentata nell'ambito della call del programma Interreg NEXT MED, e della proposta "Restore and improve the conservation status of threatened forests by holm oak dieback" (LIFE RECLOAK) presentata nella call 2024 LIFE-2024-SAP-NAT (Topic LIFE-2024-SAP-NAT-NATURE).

ATTIVITÀ DI DISSEMINAZIONE E COMUNICAZIONE



Sono state svolte diverse attività per comunicare e diffondere i risultati del progetto. Parte di queste attività ha riguardato la costituzione del sito web e di *account* su alcuni social media, l'organizzazione di workshop e la partecipazione ad altre iniziative (*networking*). I destinatari sono stati le istituzioni pubbliche e le organizzazioni/proprietari privati attivi nel monitoraggio ambientale, nella gestione e nella politica forestale, nonché il pubblico in generale interessato alla tutela dell'ambiente. Gli eventi chiave e le attività di diffusione hanno incluso: conferenze stampa, apparizioni in TV e radio, video dei siti, post sui social media (Facebook, Twitter (ora X), Instagram, YouTube), workshop, visite didattiche, escursioni sul campo, podcast scientifici, *networking* con altri progetti, conferenze. I risultati del progetto LIFE SySTEMiC sono stati presentati durante la conferenza finale, a organizzazioni specializzate nel monitoraggio e nella conservazione della natura, nonché a istituzioni pubbliche e private coinvolte nella conservazione della natura, protezione delle foreste e Gestione Forestale Sostenibile (ad esempio, schemi di certificazione forestale).



CONTESTO SOCIO-ECONOMICO DEL PROGETTO

Impatto Sociale

Il progetto ha coinvolto principalmente professionisti del settore a diversi livelli (dagli studenti ai ricercatori, proprietari e utilizzatori forestali, fino ai decisori politici forestali). Un importante risultato del progetto è costituito dalle pubblicazioni scientifiche e dalla partecipazione a conferenze (complessivamente 15 articoli in riviste nazionali o internazionali o abstract in conferenze internazionali e circa 4 articoli scientifici sono stati presentati entro la fine del progetto).

Tuttavia, sono stati fatti notevoli sforzi per coinvolgere un pubblico più ampio: presenza su media tradizionali (televisione e radio) e nuovi media (siti web); presenza su piattaforme di social media (Facebook, Twitter (ora X), Instagram) ed eventi pubblici (visite ai siti, giornate educative per studenti e insegnanti, visite sul campo per studenti/*stakeholder*) organizzati dal progetto LIFE SySTEMiC. Sono stati distribuiti questionari (> 700 risposte in totale) per coinvolgere maggiormente le persone e determinare la loro conoscenza e consapevolezza su una Gestione Forestale Sostenibile, la protezione della biodiversità e le risorse genetiche delle foreste. Complessivamente, c'è stato un alto livello di consapevolezza sul cambiamento climatico globale, con particolare attenzione alla protezione della biodiversità (ad esempio, preservare gli alberi vecchi, evitare il disboscamento durante la stagione riproduttiva degli uccelli) e all'impatto del cambiamento climatico sulle foreste, considerato necessario per migliorare una Gestione Forestale Sostenibile.

Impatto economico

Il cambiamento climatico, modificando le condizioni ecologiche che influenzano le specie forestali, avrà un impatto significativo su una Gestione Forestale Sostenibile. I modelli di distribuzione delle specie sviluppati dal progetto LIFE SySTEMiC hanno riportato, ad esempio, che in Italia, Croazia e Slovenia, le aree ad alta idoneità per il faggio saranno notevolmente ridotte (circa dell'86% in scenari a medio rischio, RCP 4.5). In una singola foresta, come la foresta di Pratomagno (Arezzo, Italia), che include anche il Sito 03 - Pian dei Ciliegi (Italia), l'area occupata dal faggio, attualmente di circa 1.100 ettari (principalmente ad alta o media idoneità), si ridurrà a 750 ettari (principalmente a bassa o media idoneità) anche in scenari a basso rischio (RCP 2.5).

In questi scenari, la conservazione delle Risorse Genetiche Forestali e l'aumento della diversità genetica sono di vitale importanza. Abbiamo cercato di valutare l'impatto economico a breve e medio termine di una Gestione Forestale Sostenibile nelle foreste di faggio (come proposto dalle Linee Guida del progetto), confrontando l'intervento effettuato nel sito di Pian dei Ciliegi, che mira a cambiare la struttura forestale, da coetanea a disetanea, con il "diradamento tradizionale" solitamente effettuato negli stessi tipi di foresta. Il volume del legno raccolto è abbastanza simile (44,4 m³/ha negli interventi LIFE SySTEMiC, circa 42 m³/ha nel diradamento tradizionale), così come il valore del legno raccolto (quasi tutto legna da ardere, rispettivamente circa 2300 €/ha e 2100 €/ha), mentre il costo totale è inferiore negli interventi del LIFE SySTEMiC (circa 7300 €/ha) rispetto al diradamento tradizionale (circa 9200 €/ha). Riguardo all'impatto economico a lungo termine, abbiamo valutato, ad esempio, il Sito - 02 Bosco di Baldo. Questa foresta è stata gestita dal proprietario (impresa familiare), per molti decenni come foresta di faggio disetanea. Circa 30-50 alberi vengono abbattuti ogni anno (su un'area totale di 10 ha), generando circa 1200 €/ha all'anno. Nell'intervento del LIFE SySTEMiC presso il Bosco di Baldo, il volume del legno raccolto è piuttosto alto (63,3 m³/ha). Questo tipo di intervento fornisce anche legname di alta qualità: i tronchi vengono solitamente venduti all'industria del mobile per impiallacciatura, mentre i rami e i materiali più piccoli vengono venduti come legna da ardere.

Allo stesso modo, abbiamo confrontato la gestione forestale tradizionale nelle foreste di pino domestico (taglio raso con rinnovazione artificiale posticipata) con gli interventi del progetto LIFE SySTEMiC (tagli successivi uniformi e taglio a scelta a gruppi, entrambi mirati a ottenere la rinnovazione naturale) nel Parco Regionale di San Rossore Migliarino Massaciuccoli (Pisa, Italia) (Siti 08, 9A, 9B). Il volume del legno raccolto è maggiore nel caso di taglio raso (circa 65 t/ha) e nel sistema di tagli successivi uniformi (20 t/ha) rispetto al sistema di taglio a scelta a gruppi (11 t/ha). Di conseguenza, il ricavo totale è maggiore nel caso di taglio raso (5300 €/ha) e di tagli successivi uniformi (1700 €/ha) rispetto al sistema di taglio a scelta a gruppi (900 €/ha). Il costo del taglio è di 2900 €/ha per il taglio raso, 1900 €/ha per i tagli successivi uniformi e 1400 €/ha per i tagli a scelta a gruppi. Tuttavia, i tagli successivi uniformi e il taglio a scelta a gruppi evitano i costi aggiuntivi di riforestazione (circa 3600 €/ha), recinzione (8400 €/ha) o protezione (4800 €/ha), necessari per rinnovare una pineta di pino domestico dopo il taglio raso.

Tuttavia, è importante notare che l'influenza delle pratiche di gestione forestale sul valore economico totale delle foreste, dovrebbe considerare non solo l'approvvigionamento di legname, ma anche altri importanti servizi ecosistemici che non sono stati considerati nel nostro studio.

FOLLOW-UP DEL PROGETTO E CONTESTO DELLE POLITICHE

Dopo la conclusione del progetto, alcune attività continueranno per diffondere i risultati del progetto e per implementare le conoscenze delle aree di studio.

Monitoraggio e valutazione dell'effetto dei tagli dimostrativi effettuati durante il progetto, nei siti: 02 - Bosco di Baldo, 03

- Pian dei Ciliegi, 06 - Faltelli, 07 - Tre Termini, Sito 08 - Terminaccio e Sito 09 - Fossacci.
- Valutazione dell'impatto della pressione della brucatura da parte degli ungulati nelle aree recintate e non recintate realizzate durante il progetto, nei siti: 03 - Pian dei Ciliegi, 05 - Caselle 2, 06 - Faltelli, 07 - Tre Termini, 08 - Terminaccio, 09 - Fossacci e 10 - Culatta.
- Verranno utilizzati strumenti di comunicazione istituzionale per riportare le attività rilevanti svolte all'interno del progetto (sito web istituzionale, stampa interna, conferenze, ecc.).
- La comunicazione del progetto continuerà nelle conferenze o mostre rilevanti dove saranno presenti gli *stand* dei *partner*.

Le conoscenze e le esperienze acquisite saranno utilizzate come base per costruire una legislazione regionale e/o Linee Guida per una Gestione Forestale Sostenibile. Inoltre, i beneficiari che hanno un ruolo specifico nella gestione forestale sostenibile e nel monitoraggio della biodiversità, possono applicare direttamente gli strumenti sviluppati nel progetto (MRSM, SFS, UCCAS).

Il progetto LIFE SySTEMiC sta facilitando lo sviluppo di strategie, metodi e raccomandazioni scientifiche anche per i decisori politici e i gestori a scala pan-europea. Il progetto ha partecipato attivamente all'iniziativa inerente le politiche forestali di otto progetti LIFE incentrati sulle foreste nell'area del Mediterraneo, che hanno unito le forze per allineare i loro risultati agli obiettivi dell'UE in materia di clima e biodiversità nel quadro della Strategia Forestale Europea. Abbiamo co-prodotto il documento "A step forward in EU forest policy: the Mediterranean perspective" e partecipato alla tavola rotonda sulle politiche forestali nel maggio 2022 a Bruxelles, per contribuire alla definizione delle politiche dell'UE verso la sostenibilità. La finalizzazione dei risultati del progetto contribuirà in modo significativo alle possibilità di trasferire le raccomandazioni politiche ai decisori dell'UE attraverso eventi internazionali e nazionali (congresso IUFRO, workshop a Bruxelles, workshop locali per gli Stakeholder nei Paesi beneficiari) e pubblicazioni. L'implementazione delle misure politiche in ciascun Paese dipende dalle condizioni specifiche e dalle capacità sociali basate sulle istituzioni, politiche e leggi nazionali/locali esistenti. In Croazia - supporto all'adattamento delle politiche forestali con il Ministero dell'Agricoltura Croato, il settore forestale e l'azienda forestale nazionale, *Croatian Forests Ltd.* ed in particolare al gruppo di lavoro per la pianificazione della gestione forestale, la preparazione di piani di gestione forestali per la produzione di semi (FSO), la preparazione di linee guida per la selezione di alberi FSO/plus in Croazia. In Slovenia, i risultati delle attività del progetto sono stati utilizzati per rinnovare l'approccio nazionale al ripristino delle foreste e alle strategie per la conservazione della biodiversità nell'ambito dei piani regionali di gestione forestale per il periodo 2021-2030, per l'adattamento delle politiche selvicolturali e operative e della legislazione sul materiale riproduttivo forestale, nonché per lo sviluppo di servizi forestali nell'ambito del programma UE *Next Generation EU*. In Italia - i risultati possono essere di supporto all'implementazione della Strategia Forestale Nazionale (pubblicata nel 2022), soprattutto nel campo della conservazione delle risorse genetiche forestali (Azione specifica 3 - Risorse genetiche e materiale di propagazione forestale, e sotto-azioni 3.1 Vivaistica forestale, risorse genetiche e materiale di propagazione forestale; e 3.2 Gestione selvicolturale orientata e migrazione assistita o colonizzazione guidata), fornitura di nuove informazioni basate sulla scienza ed esperienze pratiche per supportare le decisioni dei responsabili delle politiche forestali a scala regionale (ad esempio, Regione Toscana), ed utilizzate dagli Stakeholder dello Stakeholder Advisory Board del progetto e responsabili della gestione forestale nelle aree protette (Parco Nazionale delle Foreste Casentinesi, Parco Nazionale della Sila, Riserva Naturale Biogenetica di "Pian degli Ontani").

Lo sviluppo delle linee guida, del manuale pratico e del modello GenBioSilvi faciliterà ulteriormente la cooperazione tra utilizzatori forestali, conservazionisti, ed altri utenti finali nell'implementazione della conservazione delle risorse genetiche forestali in una Gestione Forestale Sostenibile.





Beneficiary's name

Department of Agriculture, Food, Environment and Forestry (DAGRI), University of Florence (UNIFI), Italy (Coordinator)
Croatian Forest Research Institute (CFRI), Croatia
D.R.E.A.M., Italy
Ente Parco Regionale Migliarino San Rossore Massaciuccoli (MSRM), Italy
Slovenian Forestry Institute (SFI), Slovenia
Slovenia Forest Service (SFS), Slovenia
Unione dei Comuni Montani del Casentino (UCCAS), Italy

Contributors

DAGRI-UNIFI: Cristina Vettori (IBBR-CNR), Roberta Ferrante, Cesare Garosi, Francesco Parisi, Patrizia Rossi, Davide Travaglini, Donatella Paffetti
CFRI: Sanja Bogunović, Mladen Ivanković, Anđelina Gavranović Markić, Barbara Škiljan, Zvonimir Vujnović, Miran Lanščak
D.R.E.A.M.: Guglielmo Londi
MSRM: Francesca Logli, Francesco Anecchini, Barbara Cecconi
SFI: Marčo Bajc, Rok Damjanić, Natalija Dovč, Tine Grebenc, Tijana Martinović, Tanja Mrak, Tina Unuk Nahberger, Boris Rantaša, Nataša Šibanc, Katja Kavčič Sonnenschein, Marjana Westergren, Hojka Kraigher
SFS: Andrej Breznikar, Kristina Sever
UCCAS: Fabio Ciabatti, Beatrice Brezzi, Antonella Mugnai, Donatella Bargellini, Fiorenza Bianchi, Lucia Cresci, Lucio Lasagni, Ivana Fantoni, Alberto Tizzi, Fulvio Cherubini, Lorenzo Lupini, Silvano Rossi, and all the forestry workers of the Organization.

Project duration

01/09/2019 - 31/08/2024

Total cost and EU contribution

Total project budget: 2,976,245 €
LIFE Funding: 1,635,709 € (55% of total eligible budget)

Project's contact details

Coordinator and scientific responsible of the project
Donatella Paffetti - DAGRI-UNIFI
Via Maragliano, 77
50144 Firenze
Italy
donatella.paffetti@unifi.it

Project Manager

Cristina Vettori - IBBR-CNR
Via Madonna del Piano, 10
50019 Sesto Fiorentino (FI)
Italy
cristina.vettori@cnr.it

Communication Manager

Davide Travaglini - DAGRI-UNIFI
Via San Bonaventura, 13
50145 Firenze
Italy
davide.travaglini@unifi.it

Website

<https://www.lifesystemic.eu>



Zavod za gozdove Slovenije
Slovenia Forest Service



The LIFE SySTEMiC - LIFE18ENV/IT/000124 project has received funding from the LIFE program of the European Union.

Details on how to cite the content

The contents of book is under the Licensed Rights bound by the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-Non-Commercial-ShareAlike 4.0 International Public License ("Public License") (for details see <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/legalcode>).

Text, photos, images, illustrations

You are allowed to use the text, photos, images, and illustrations reported within the Laymans' report, but acknowledgements to LIFE SySTEMiC project must be provided reporting the link to website of the project in the case of presentation/publications, and cited as Layman's Report page 12 (www.lifesystemic.eu).



See details

