

PROGETTO VALORLEGNO



Obiettivo Specifico 1.1 “Sviluppare e rafforzare le capacità di ricerca e di innovazione e l'introduzione di tecnologie avanzate”
Azione 1.1.1 Sub A “Rafforzare la ricerca e l'innovazione (in collaborazione) tra imprese e organismi di ricerca”
DGR n. 729 del 26 giugno 2024

DIVUGAZIONE RISULTATI

REPORT INTERMEDIO DEL PROGETTO DI R&S DENOMINATO “Filiera del legno veneto: sistemi avanzati di valorizzazione delle produzioni”

ACRONIMO DEL PROGETTO DI R&S “VALORLEGNO”

RIGUARDO ALLE ATTIVITA' DI R&S SVOLTE
DALLA DATA 01/10/2024
ALLA DATA 30/06/2026

Importo del sostegno pubblico concesso:
sovvenzione a fondo perduto: € 1.886.518,81
Finanziamento agevolato: € 599.530,00



PROGETTO VALORLEGNO

Premessa

Il presente report raccoglie e divulga i principali risultati tecnico-scientifici conseguiti dal progetto VALORLEGNO nel periodo compreso tra il 1° ottobre 2024 e il 30 giugno 2026, evidenziando lo stato di avanzamento delle attività di ricerca industriale e sviluppo sperimentale lungo l'intera filiera foresta-legno veneta. Il progetto terminerà il 30 aprile 2027.

Il progetto di ricerca e sviluppo, mira a trasformare la filiera del legno veneta attraverso l'integrazione di tecnologie digitali, nuovi materiali e soluzioni costruttive sostenibili.

L'architettura del progetto è organizzata in sei Work Package tra loro complementari: valorizzazione del legno di minor pregio (WP1), tracciabilità digitale mediante blockchain (WP2), bioedilizia e sistemi fondazionali innovativi (WP3), innovazione dei processi industriali (WP4), sviluppo di nuovi materiali e biochar (WP5) e studio degli effetti del legno sul benessere psicofisico (WP6). Tale articolazione consente di affrontare in modo integrato le principali sfide tecnologiche della filiera, favorendo la collaborazione tra imprese e organismi di ricerca. I risultati presentati costituiscono traguardi intermedi di un percorso di innovazione ancora in evoluzione, orientato allo sviluppo di soluzioni ad elevata trasferibilità industriale e al rafforzamento della competitività, della sostenibilità e della resilienza del sistema foresta-legno regionale.

Il progetto nasce dalla collaborazione tra le Reti Innovative Regionali **ForestaOroVeneto** e **Veneto Green Cluster**, due aggregazioni riconosciute dalla Regione del Veneto che operano per promuovere la ricerca, l'innovazione e il trasferimento tecnologico a favore del sistema produttivo regionale. **ForestaOroVeneto**, rappresentata dal soggetto giuridico **Consorzio Progetto Legno Veneto**, riunisce imprese, università e centri di ricerca della filiera foresta-legno con l'obiettivo di valorizzare il patrimonio forestale e sviluppare soluzioni innovative nei settori della bioedilizia, dei materiali e delle tecnologie di trasformazione del legno.

Veneto Green Cluster, rappresentata dal soggetto giuridico **Green Tech Italy**, opera invece nei settori dell'economia circolare, della sostenibilità ambientale e delle tecnologie verdi, promuovendo lo sviluppo di processi industriali innovativi, la valorizzazione delle risorse e la transizione ecologica delle imprese.

L'integrazione delle competenze delle due RIR ha consentito di sviluppare un progetto multidisciplinare capace di affrontare in modo sistemico le principali sfide tecnologiche della filiera del legno, dalla gestione sostenibile della risorsa forestale alla realizzazione di nuovi prodotti, processi e modelli di business ad elevato contenuto innovativo.

PROGETTO VALORLEGNO

1. Valorizzazione del Legno di Minor Pregio (WP1)

1.1. Obiettivi Iniziali del WP1

Il **WP1**, denominato "**Valorizzazione della filiera corta e del legno di minor pregio**", nasce con l'obiettivo strategico di rispondere alla profonda crisi strutturale che ha colpito la filiera foresta-legno veneta negli ultimi anni. La situazione di partenza era caratterizzata da una filiera frammentata e da un basso livello di innovazione tecnologica, fattori aggravati da eventi climatici estremi come la tempesta Vaia e l'infestazione parassitaria del bostrico. Questi eventi hanno generato un'eccezionale disponibilità di legno a basso valore aggiunto e di scarti forestali che rischiavano di rimanere fuori mercato o di essere utilizzati esclusivamente per fini energetici a basso rendimento economico.

L'obiettivo generale del WP1 è dunque quello di trasformare questa criticità ambientale in una leva di competitività, esplorando pratiche innovative per l'utilizzo del legno di minor pregio in applicazioni ad alto valore aggiunto, come le **bioplastiche**, i **biotessuti** o il **biochar**. Il lavoro si articola in due Task principali con obiettivi specifici:

task 1: innovazioni nella gestione del legno di minor pregio

Questo Task mira a superare i limiti logistici e tecnologici della filiera tradizionale attraverso:

- **analisi internazionale:** lo studio della letteratura e del mercato per individuare le soluzioni tecnologiche e logistiche più innovative esistenti in Europa per la gestione del legno bostricato e schiantato.
- **Identificazione di soluzioni sostenibili:** la selezione di tecnologie che rispondano a criteri di sostenibilità economica e ambientale, favorendo modelli di **economia circolare**.
- **Divulgazione tecnica:** la produzione di 20 schede sintetiche (**factsheet**) facilmente fruibili dalle imprese per presentare le innovazioni individuate.
- **Trasferimento tecnologico:** l'organizzazione di incontri e seminari con le aziende della Rete Innovativa Regionale (RIR) per analizzare ostacoli e opportunità legati all'implementazione locale di tali pratiche.

Task 2: pratiche innovative nel contesto dei servizi ecosistemici

L'attenzione si sposta qui sul valore "intangibile" del legno, con i seguenti obiettivi:

- **analisi normativa:** la valutazione dell'evoluzione delle norme europee e nazionali che promuovono l'uso del legno in edilizia, con focus specifico sul ruolo del legno nella generazione di **crediti di carbonio**.

PROGETTO VALORLEGNO

- **Regolamento CRCF:** lo studio dell'impatto del regolamento europeo "EU Carbon Removals and Carbon Farming Certification", identificando i prodotti in legno a lunga durata come strumenti di stoccaggio del carbonio.
- **Valutazione economica:** la fornitura di un'analisi costi-benefici sulla potenziale vendita di crediti di carbonio derivanti da una filiera locale basata su legno di minor pregio.

In termini di traiettorie tecnologiche della **S3 Veneto**, il WP1 percorre pienamente la **Traiettoria 4**, focalizzata sul recupero dei sottoprodotti e sulla conversione di scarti forestali in prodotti a valore aggiunto per settori come la **chimica verde**.

1.2. Risultati Conseguiti al 30 Giugno 2026

Al termine del periodo di riferimento, il **WP1** ha registrato un avanzamento tecnico-scientifico pienamente coerente con il cronoprogramma originale, portando a compimento le fasi di studio e avviando con successo il trasferimento delle conoscenze al sistema produttivo.

Traguardi della Task 1

Le attività coordinate dal Dipartimento TESAF dell'Università di Padova hanno portato ai seguenti risultati tangibili:

- **deliverable D1.1 e D1.1bis:** è stata completata e aggiornata l'analisi della letteratura internazionale. Il report finale ha definito una metodologia rigorosa per classificare le innovazioni europee più rilevanti, suddividendole in tre percorsi principali: termochimico, bio-chimico e meccanico-fisico.
- **Deliverable D1.2 (Factsheet):** sono state elaborate **20 schede tecniche** dettagliate. Ogni scheda descrive una tecnologia specifica (es. produzione di acido polilattico da zuccheri del legno, bio-compositi, schiume adsorbenti), il relativo processo produttivo e casi studio di aziende o progetti di ricerca europei. Queste schede rappresentano un ponte diretto tra la ricerca di frontiera e le PMI venete.
- **Deliverable D1.3 (Seminari):** sono stati realizzati due dei tre seminari previsti.
 - Il primo seminario (3 giugno 2026), intitolato *"Valorlegno: la filiera del legno italiana tra innovazione, sfide e nuove opportunità"*, ha fornito un quadro generale sull'importanza della bioeconomia e della decarbonizzazione.
 - Il secondo seminario (7 luglio 2026), *"Trend e prospettive per i prodotti innovativi a base di legno"*, è stato un incontro interattivo focalizzato su **WPC**

PROGETTO VALORLEGNO

(**Wood Plastic Composite**) e **biochar**, coinvolgendo direttamente le aziende produttrici per mappare i trend di mercato e la dipendenza dalle importazioni.

Traguardi della Task 2

Le attività relative ai mercati dei servizi ecosistemici hanno prodotto i seguenti output:

- **deliverable D2.1 e D2.1bis:** è stata conclusa l'analisi del quadro normativo europeo. Il report evidenzia come il nuovo **Regolamento CRCF (EU 2024/3012)** riconosca ufficialmente lo stoccaggio di carbonio nei prodotti legnosi durevoli (Permanent Carbon Removal) come una pratica fondamentale per la neutralità climatica.
- **Analisi di mercato:** sono stati identificati i principali riferimenti di mercato per i crediti di carbonio e i potenziali costi di certificazione necessari per le aziende della RIR.
- **Stato della valutazione economica (D2.2):** sebbene i riferimenti di mercato siano stati individuati, la valutazione economica definitiva è stata volutamente prolungata fino a fine progetto. Questo ritardo calcolato è dovuto alla necessità di attendere le metodologie ufficiali di quantificazione dell'UE, attualmente in fase di finalizzazione, per garantire dati scientificamente robusti e non soggetti a rischi di **greenwashing**.

1.3. Nuove conoscenze sviluppate e trasferibilità dei risultati

Il patrimonio di conoscenze generato dal **WP1** supera gli obiettivi della singola partnership per configurarsi come un modello di innovazione sistemica per l'intera filiera foresta-legno veneta e per settori trasversali.

Nuove Conoscenze Scientifiche e Tecniche

- **Valorizzazione del legno degradato:** il progetto ha dimostrato che il legno di minor pregio (bostricato o schiantato) non è un rifiuto, ma una risorsa tecnica per la **chimica verde**. La conoscenza sviluppata permette di identificare i percorsi di trasformazione chimico-fisica più idonei per mantenere il valore della risorsa il più a lungo possibile all'interno dei processi produttivi.
- **Metodologia di Screening Tecnologico:** è stata creata una metodologia replicabile per valutare l'applicabilità di tecnologie estere (principalmente nordeuropee) nel contesto delle piccole e medie imprese italiane, tenendo conto dei limiti di investimento e della struttura delle filiere corte.
- **Competenze sul Carbon Farming:** il WP1 ha sviluppato una competenza pionieristica sul Regolamento CRCF, posizionando la RIR ForestaOroVeneto

PROGETTO VALORLEGNO

all'avanguardia nella comprensione dei meccanismi di certificazione delle rimozioni di carbonio. È stato chiarito il ruolo strategico del legno nell'edilizia sostenibile non solo come materiale costruttivo, ma come "serbatoio" certificabile di carbonio.

Trasferibilità dei Risultati nei Sistemi Produttivi

La trasferibilità dei risultati di VALORLEGNO è uno dei punti di forza del progetto, estendendosi oltre i partner attuatori:

- **accesso all'innovazione per le PMI:** le 20 schede tecniche (D1.2) e i seminari forniscono alle imprese della RIR strumenti concreti per diversificare la produzione. Aziende che operano nella trasformazione primaria possono ora valutare investimenti in impianti per la produzione di **biochar** (utilizzabile anche come ammendante in agricoltura o filtro ambientale) o per lo sviluppo di **bioplastiche**.
- **Modelli di Business per i Gestori Forestali:** la ricerca sui crediti di carbonio offre ai gestori forestali e alle comunità locali un nuovo modello di reddito. La possibilità di generare crediti certificati attraverso la gestione sostenibile e l'uso di prodotti legnosi a lunga durata incentiva la tutela dei boschi e rafforza le economie delle aree montane.
- **Sinergia con la Chimica Verde e l'Agricoltura:** i risultati del WP1 trovano applicazione interdisciplinare nel settore della bio-depurazione e della produzione di fertilizzanti naturali, superando l'ambito strettamente forestale. Ad esempio, la conoscenza sulla valorizzazione degli scarti lignocellulosici è direttamente trasferibile alle aziende del settore agroalimentare per la creazione di **bio-packaging** o soluzioni di economia circolare.
- **Valorizzazione del Marchio "Legno Veneto":** l'integrazione tra le innovazioni del WP1 e i sistemi di tracciabilità del WP2 garantisce trasparenza e legalità territoriale. Questo binomio permette alle imprese di posizionarsi su segmenti di mercato di nicchia ad alto valore aggiunto, rispondendo alla crescente domanda di prodotti sostenibili e certificati.

In conclusione, il WP1 ha gettato le basi per un passaggio fondamentale della filiera veneta: da una gestione delle emergenze forestali a uno stadio di eccellenza tecnologica e consapevolezza normativa. La conoscenza prodotta è ora un asset disponibile per l'intero sistema regionale, capace di catalizzare investimenti futuri in bioeconomia e di rafforzare la resilienza del territorio di fronte ai cambiamenti climatici.

PROGETTO VALORLEGNO

Infografica WP1

VALORLEGNO: Nuova Vita al Legno di Minor Pregio

Il WP1 trasforma la crisi del legname degradato (Vaia e Bostrico) in opportunità di business e sostenibilità per le imprese venete, valorizzando risorse a basso valore attraverso innovazione e servizi ecosistemici.

Dalla Crisi all'Innovazione Tecnologica

Sostenibilità e Crediti di Carbonio

Il legno degradato
come risorsa tecnica



Il legname bostricato
non è un rifiuto,
ma una materia prima
per la chimica verde.



20 Schede Tecniche
per le PMI

Factsheet su bioplastiche,
bio-compositi e biochar per
favorire il trasferimento
tecnologico immediato.



Screening Tecnologico
Internazionale

Identificazione delle migliori
soluzioni europee per la
gestione logistica del
legname schiantato.

Il legno come
"Serbatoio" di Carbonio



Il regolamento CRCF
riconosce ufficialmente
lo stoccaggio di CO2 nei
prodotti legnosi durevoli.

Nuovi Modelli
di Reddito Forestale



Nuovi Modelli di
Reddito Forestale

La certificazione dei crediti di
carbonio offre nuove entrate per
i gestori delle foreste montane.

Applicazioni
Interdisciplinari



Applicazioni
Interdisciplinari

Uso dei biochar per la
depurazione acque e la
produzione di fertilizzanti
naturali.

Analisi Letteratura



Metodologia per percorsi
termochimici, bio-chimici
e meccanici

Trasferimento Conoscenza



2 Seminari tecnici realizzati
su bioeconomia e trend
di mercato

Quadro Normativo



Analisi conclusa sui
Regolamento UE
2024/3012 (CRCF)

PROGETTO VALORLEGNO

2. Tracciabilità e Tecnologia Blockchain (WP2)

2.1. Obiettivi iniziali del WP2

Il WP2, intitolato "Tracciabilità della filiera del legno tramite tecnologia blockchain", è stato concepito per rispondere a una delle sfide più pressanti per il settore forestale europeo: la necessità di garantire la trasparenza e l'origine legale della materia prima. L'obiettivo generale del Work Package è la progettazione e la prototipizzazione di una soluzione tecnologica integrata che sfrutti la blockchain e tecniche avanzate di anomaly detection per supportare la tracciabilità lungo tutta la catena di custodia, dal prelievo in bosco fino alla commercializzazione del prodotto finito.

Le finalità strategiche si articolano in diversi punti chiave:

- **conformità Normativa:** fornire alle imprese strumenti robusti per adempiere ai requisiti dei regolamenti europei EUTR e, soprattutto, del nuovo EUDR (European Deforestation Regulation), che impone di dimostrare l'assenza di legami con la deforestazione.
- **Valorizzazione del Brand:** utilizzare la tecnologia come leva di marketing per il marchio "Legno Veneto", garantendo al consumatore l'autenticità e l'integrità del dato territoriale attraverso lo "storytelling" digitale.
- **Efficienza e Fiducia:** creare un registro immutabile e decentralizzato che permetta a una rete di attori indipendenti (imprese boschive, segherie, trasformatori) di cooperare in una "network coalition", riducendo il bisogno di enti centrali di controllo e aumentando la fiducia reciproca.

Gli obiettivi specifici sono stati declinati in cinque Task operative:

1. **task 3 (Studio dello stato dell'arte):** mappare la struttura della filiera e i sistemi di tracciabilità esistenti, analizzando sia la letteratura scientifica che le certificazioni (FSC, PEFC) per identificare i punti di forza e le debolezze della tecnologia blockchain applicata al legno.
2. **Task 4 (Progettazione della soluzione):** definire l'architettura hardware e software, individuando i moduli funzionali, i ruoli degli utenti (amministratori, operatori, clienti) e i possibili dispositivi IoT da integrare per l'acquisizione automatica dei dati.
3. **Task 5 (Realizzazione del prototipo):** produrre un dimostratore funzionante (denominato WoodSwap o LeVeTrace) che implementi le specifiche tecniche e consenta la registrazione dei flussi di materiale.

PROGETTO VALORLEGNO

4. Task 6 (Anomaly Detection): sviluppare algoritmi di intelligenza artificiale per monitorare la coerenza dei dati salvati in blockchain rispetto allo stato reale delle foreste, utilizzando immagini satellitari.
5. Task 7 (Comunicazione del valore aggiunto): studiare come la trasparenza garantita dalla blockchain influenzi la percezione di valore dei clienti B2B e B2C, definendo strategie di comunicazione efficaci.

2.2. Risultati conseguiti al 30 Giugno 2026

Al termine del periodo di riferimento, lo stato di avanzamento del WP2 risulta pienamente in linea con il cronoprogramma, con il passaggio cruciale dalla fase di studio alla realizzazione di prototipi funzionali.

Mappatura e Analisi (Task 3)

L'attività è stata ultimata con successo. Il gruppo di lavoro, coordinato dal Dipartimento di Informatica dell'Università di Verona, ha mappato le informazioni richieste dalle normative vigenti e ha identificato le fasi critiche della trasformazione del legno in cui l'intervento della blockchain è più efficace. È emerso che, oltre ai dati obbligatori (geolocalizzazione, specie, quantità), l'inclusione di informazioni sul contesto geografico locale e sui processi produttivi può generare un significativo valore aggiunto per il marchio territoriale.

Progettazione del Sistema (Task 4)

È stata completata la progettazione completa della soluzione. I principali risultati includono:

- definizione dei Ruoli: sono stati identificati i profili utente e le relative autorizzazioni (lettura/scrittura) necessarie per operare sulla piattaforma.
- Architettura Ibrida: per superare i limiti di scalabilità e i costi elevati della blockchain, è stata scelta una struttura che combina il salvataggio dei dati sensibili on-chain (tramite smart contract) con l'archiviazione di documenti pesanti (come foto dei lotti o certificati regionali) off-chain tramite il sistema decentralizzato IPFS (InterPlanetary File System).
- Analisi dei Costi: è stata condotta una comparazione tra diversi ambienti blockchain. La scelta è ricaduta sulla piattaforma Polygon, un sistema Layer 2 compatibile con l'Ethereum Virtual Machine (EVM), che garantisce velocità, sicurezza e costi operativi ridotti di circa tre ordini di grandezza rispetto alla mainnet di Ethereum, essendo inoltre "Carbon Negative" dal 2022.

Realizzazione del Prototipo "WoodSwap" (Task 5)

PROGETTO VALORLEGNO

Il traguardo più significativo di questa fase è il rilascio della prima versione funzionale del prototipo, denominato "WoodSwap". Il sistema permette già:

- gestione Lotti e Partite: la piattaforma distingue correttamente tra il "lotto" (wood lot), riferito al prelievo della materia prima in bosco, e le successive "partite" (wood batches), derivanti dalle fasi di prima e seconda trasformazione.
- Interfaccia User-Friendly: sviluppata tramite framework moderni (React + Ionic), la dApp (applicazione decentralizzata) LeVeTrace consente agli operatori di inserire dati in modo trasparente, nascondendo le complessità tecniche della blockchain sottostante.
- Integrazione Dati: è stata avviata l'integrazione con le informazioni catastali per migliorare la precisione della tracciabilità territoriale e facilitare la compilazione dei campi da parte degli utenti.

Monitoraggio Satellitare e Anomaly Detection (Task 6)

Le attività coordinate dall'Università di Verona hanno portato alla creazione di un'applicazione web dedicata all'elaborazione automatizzata di immagini satellitari provenienti dal programma europeo Copernicus (satellite Sentinel-2 L2A). I risultati tecnici includono:

- pipeline di Elaborazione: il sistema automatizza il download selettivo delle bande spettrali necessarie (B02, B03, B04, B08), effettuando operazioni di merge, ri-proiezione e ritaglio sulla base dei file GeoJSON forniti dall'utente.
- Indici di Analisi: sono stati generati derivati fondamentali per il monitoraggio forestale, come l'NDVI (analisi della vegetazione) e l'NDWI (superfici d'acqua), salvati in formato COG (Cloud Optimized GeoTIFF) per consentire una visualizzazione rapida ed efficiente via web.
- Dataset Veneto: è stato costruito un dataset spazio-temporale relativo al territorio veneto per testare i modelli di calcolo che dovranno individuare discrepanze tra i tagli dichiarati in blockchain e lo stato effettivo delle coperture boschive.

Percezione del Mercato (Task 7)

Attraverso la consulenza specialistica di FabCampaigns, è stata condotta un'indagine preliminare sulla disponibilità dei consumatori a riconoscere il valore della tracciabilità. I dati indicano che il 73,9% degli intervistati sarebbe disposto a pagare un sovrapprezzo (premium price) compreso tra l'1% e il 5% per prodotti legnosi la cui storia sia certificata in modo trasparente tramite blockchain. Questo risultato conferma l'opportunità economica legata all'implementazione tecnologica del WP2.

PROGETTO VALORLEGNO

2.3. Nuove conoscenze sviluppate e trasferibilità dei risultati

Il WP2 non ha solo prodotto strumenti software, ma ha generato un patrimonio di conoscenze metodologiche e tecniche di alto profilo, caratterizzate da un'elevata trasferibilità sia all'interno che all'esterno del settore legno.

Nuove Conoscenze Scientifiche e Tecniche

- Architetture Hybrid-Blockchain per Supply Chain Complesse: il progetto ha consolidato la conoscenza sulla gestione di grandi volumi di dati in filiere frammentate, validando l'uso della combinazione On-chain/IPFS. Questa competenza permette di risolvere il conflitto tra la necessità di immutabilità del dato e i limiti tecnici di memorizzazione delle blockchain pubbliche.
- Applicazione della Explainable AI (XAI): la metodologia sviluppata per la Task 6 introduce l'uso di tecniche di intelligenza artificiale "spiegabile" per analizzare le connessioni causali tra i dati satellitari e le transazioni blockchain, permettendo non solo di rilevare anomalie, ma di spiegarne le potenziali cause per interventi tempestivi.
- Integrazione tra Digitalizzazione e Normativa EUDR: vALORLEGNO ha sviluppato una competenza pionieristica nell'allineare i processi digitali alle richieste del regolamento anti-deforestazione, creando uno standard operativo per la "due diligence" digitale che riduce sensibilmente i rischi di non conformità e di "greenwashing".

Trasferibilità nei Sistemi Produttivi (RIR)

La soluzione di tracciabilità è stata pensata per essere direttamente utilizzabile dalle piccole e medie imprese della Rete Innovativa Regionale ForestaOroVeneto e del Veneto Green Cluster:

- accessibilità Economica: l'implementazione su Layer 2 (Polygon) rende il costo per singola transazione estremamente contenuto, rendendo la tecnologia accessibile anche a PMI con limitate capacità di investimento.
- Protezione del Marchio Territoriale: le imprese venete possono ora disporre di uno strumento di certificazione dell'origine che agisce come elemento di differenziazione competitiva sul mercato globale, valorizzando il legno locale rispetto a prodotti di importazione di dubbia provenienza.
- Modelli di Business B2C: la ricerca sulla percezione del valore (Task 7) fornisce alle aziende i dati necessari per strutturare strategie di premium pricing e di comunicazione

PROGETTO VALORLEGNO

basate sulla trasparenza, rispondendo alla crescente domanda di prodotti etici e sostenibili.

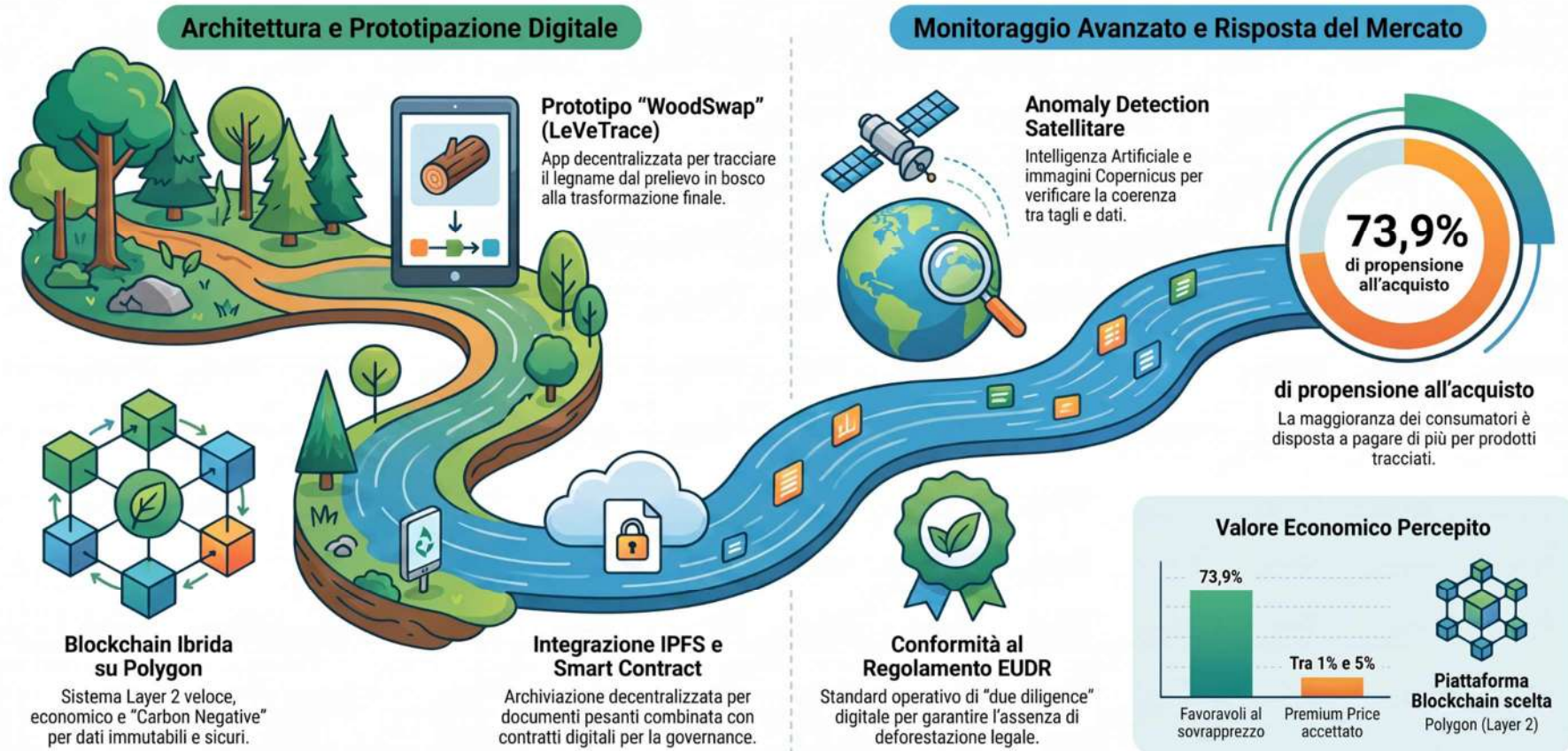
Prospettive Interdisciplinari (Oltre il Settore Legno)

La natura della conoscenza generata nel WP2 possiede una forte valenza multisettoriale:

- altre Filiere critiche: l'architettura software di WoodSwap, i suoi smart contract per la governance della rete e l'autenticazione multi-ruolo sono facilmente adattabili ad altre supply chain che richiedono elevata trasparenza, come l'agroalimentare (DOP/IGP), il fashion, il turismo o la gestione dei rifiuti.
- Monitoraggio Ambientale: il sistema sviluppato per l'integrazione di immagini satellitari Copernicus può trovare applicazione in qualsiasi ambito di controllo territoriale, dalla pianificazione urbanistica alla gestione delle emergenze idriche o dei pascoli.
- Standard di Autenticità Digitale: la metodologia scientifica per garantire l'integrità del dato attraverso la blockchain può diventare un riferimento per futuri standard di certificazione olistica nazionali e internazionali, contribuendo alla creazione di un valore intangibile legato alla fiducia digitale.

In conclusione, le attività del WP2 hanno trasformato una necessità normativa stringente (EUDR) in un'opportunità di eccellenza tecnologica per il sistema Veneto. Il prototipo WoodSwap rappresenta oggi non solo un traguardo tecnico, ma un modello operativo pronto per essere scalato e industrializzato, fungendo da catalizzatore per la digitalizzazione dell'intera filiera foresta-legno.

VALORLEGNO: La Rivoluzione Digitale della Filiera del Legno Veneto



3. Bioedilizia e Sistemi di Fondazione Innovativi (WP3)

3.1. Obiettivi iniziali del WP3

Il **WP3**, intitolato "**Bioedilizia: sistemi di fondazione innovativi, sostenibili, reversibili ad elevata economicità per edifici in legno**", rappresenta uno dei pilastri tecnologici del progetto VALORLEGNO. L'obiettivo generale è il superamento dei limiti intrinseci delle fondazioni tradizionali in calcestruzzo, che risultano spesso incoerenti con i requisiti di **sostenibilità, efficienza energetica e reversibilità** tipici delle costruzioni moderne in legno. Le finalità strategiche del WP3 mirano a percorrere la **Traiettoria 37 della S3 Veneto** ("Soluzioni e materiali innovativi per il living"), focalizzandosi sullo sviluppo di sistemi fondazionali "a secco" che utilizzino risorse locali come il legno di castagno o componenti prefabbricati. Tali sistemi sono progettati per preservare l'integrità del suolo, ridurre l'impronta di carbonio del cantiere e migliorare le prestazioni termo-igrometriche all'interfaccia edificio-terreno.

Gli obiettivi iniziali sono stati declinati in otto Task operative:

- **task 8 (Analisi della letteratura):** condurre una revisione tecnico-scientifica per qualificare i sistemi di fondazione esistenti, analizzando il comportamento dei materiali, la durabilità e le criticità dei nodi di collegamento.
- **Task 9 (Caratterizzazione del sistema):** eseguire modellazioni preliminari geotecniche e strutturali tramite software specialistici (FEM) per individuare le condizioni ottimali di progetto per il sito specifico di Vigonza.
- **Task 10 (Prove sperimentali in situ):** validare le prestazioni delle soluzioni individuate (pali in castagno) attraverso prove di carico statico e dinamico, raccogliendo dati reali per la taratura dei modelli teorici.
- **Task 11 (Progettazione strutturale):** definire il modello strutturale esecutivo dell'edificio prototipo in CLT (Cross Laminated Timber), ottimizzando le connessioni tra fondazione e sovrastruttura.
- **Task 12 (Progettazione architettonica):** sviluppare il progetto architettonico completo (preliminare, concessorio ed esecutivo), integrando requisiti funzionali, impiantistici e di comfort ambientale.
- **Task 13 (Esecuzione del prototipo):** realizzare fisicamente l'edificio in scala reale poggante sulle fondazioni innovative sviluppate.
- **Task 14 (Prove sul prototipo):** eseguire test di identificazione dinamica e monitoraggio a lungo termine sulla struttura ultimata.

PROGETTO VALORLEGNO

- **Task 15 (Valutazioni economiche e LCA):** quantificare la sostenibilità economica e l'impatto ambientale (Life Cycle Assessment) delle soluzioni proposte rispetto a quelle tradizionali.

3.2. Risultati conseguiti al 30 Giugno 2026

Al termine del periodo di riferimento (giugno 2026), il WP3 ha completato con successo la fase di progettazione e validazione sperimentale delle fondazioni, avviando la fase di cantierizzazione del prototipo.

Stato dell'arte e Scelte Progettuali (Task 8 e 9)

Le attività coordinate dai Dipartimenti **DICEA e DBC** dell'Università di Padova hanno portato alla conclusione dell'analisi comparativa tra diverse tipologie fondazionali (muratura, travi rovesce, plinti, platea e pali). Lo studio ha confermato che la soluzione fondazionale a secco con **pali in legno di castagno** rappresenta il miglior compromesso tra efficienza strutturale, reversibilità e riduzione dei ponti termici. Per il sito di Vigonza (PD), sono stati selezionati pali di 5 metri di lunghezza, infissi per 4,5 metri, definendo uno schema di posa specifico basato sulla capacità portante del terreno.

Validazione Sperimentale in Situ (Task 10)

Il traguardo tecnico più rilevante è rappresentato dal completamento della campagna di prove sperimentali presso il campo prova di Bozza Srl a Vigonza. I risultati, documentati nel deliverable **D10.1 bis**, includono:

- **prove di carico statico:** misurazione degli cedimenti sotto carichi verticali per quantificare la portanza del palo singolo e dei pali accoppiati.
- **Test di tiro orizzontale:** valutazione della rigidezza del nodo palo-terreno e della risposta alle sollecitazioni laterali (vento, sisma).
- **Identificazione dinamica:** acquisizione delle frequenze proprie del sistema fondazionale per la taratura fine dei modelli numerici. I dati raccolti hanno permesso di validare il modello FEM, assicurando che la risposta reale della palificata sia coerente con le previsioni progettuali.

Progettazione Strutturale Innovativa (Task 11)

La Task 11 è stata ultimata a giugno 2026 con la definizione del modello numerico di riferimento per l'intero edificio prototipo. Una delle innovazioni di rilievo riguarda lo sviluppo di **connessioni innovative in legno ingegnerizzato**. Nello specifico:

- è stata progettata un'interfaccia a tre livelli che collega il pannello in CLT, la trave banchina in **Glulam**, un elemento interposto in **Kerto** e la testa del palo in castagno.

PROGETTO VALORLEGNO

- Tali connessioni sostituiscono gran parte delle piastre metalliche tradizionali, garantendo un'omogeneità materica che migliora la durabilità e facilita lo smontaggio futuro della struttura.
- La mappatura dei carichi ha incluso azioni variabili (neve, vento) e parametri di pericolosità sismica secondo le NTC 2018.

Progetto Architettonico ed Esecutivo (Task 12)

Anche la Task 12 si è conclusa a giugno 2026, producendo la documentazione tecnica necessaria per la realizzazione. Il progetto architettonico del prototipo prevede:

- un **layout funzionale modulare** (basato su un modulo di 120x240 cm) destinato a uso ufficio e area servizi per il personale.
- Soluzioni integrate di raffrescamento e ventilazione, inclusi scambiatori di calore aria-terra per mitigare i carichi termici estivi.
- Un approccio **BIM (Building Information Modeling)** tramite piattaforma Autodesk Revit, che garantisce la coerenza tra struttura, architettura e impianti.

Cantierizzazione e Prospettive (Task 13 e 15)

L'attività di esecuzione del prototipo (Task 13) è stata avviata presso il sito di Bozza Srl. La cantierizzazione è in corso e seguirà gli schemi comportamentali ottimizzati durante la ricerca. Parallelamente, è iniziata la raccolta dati per l'analisi **LCA (Life Cycle Assessment)** e la valutazione economica comparativa (Task 15), che fornirà i risultati definitivi dopo il completamento della costruzione.

3.3. Nuove conoscenze sviluppate e trasferibilità dei risultati

Il WP3 ha generato un patrimonio di conoscenze multidisciplinari ad alto valore aggiunto, caratterizzato da un'elevata trasferibilità tecnologica verso l'intero ecosistema della bioedilizia regionale.

Nuove Conoscenze Scientifiche e Tecniche

- **Modellazione Numerica Avanzata (Digital Twin):** il progetto ha consolidato la capacità di creare "gemelli digitali" di sistemi fondazionali complessi, tarandoli su dati sperimentali reali (displacement, carichi statici e frequenze dinamiche). Questa metodologia permette di ridurre i coefficienti di sicurezza empirici a favore di una progettazione basata sulle prestazioni effettive.
- **Ingegnerizzazione dei Nodi Legno-Legno:** la conoscenza acquisita sullo sviluppo di connessioni strutturali ad alte prestazioni che utilizzano legno ingegnerizzato (Kerto, Glulam) al posto dell'acciaio rappresenta un'innovazione di frontiera. Tale approccio

PROGETTO VALORLEGNO

risponde ai criteri dell'**economia circolare** facilitando il disassemblaggio senza danni ai componenti.

- **Efficienza Termo-Igrometrica all'Interfaccia:** la ricerca ha chiarito le dinamiche termiche che si innescano tra suolo, fondazione e involucro, individuando soluzioni per mitigare i ponti termici in strutture sopraelevate, migliorando sensibilmente il comfort abitativo e riducendo i consumi energetici.

Trasferibilità nei Sistemi Produttivi (RIR)

I risultati del WP3 sono direttamente applicabili dalle imprese delle Reti Innovative Regionali (**RIR ForestaOroVeneto e Veneto Green Cluster**) e dai professionisti del settore:

- **manuali Operativi per Costruttori:** le metodologie di infissione dei pali in castagno e i protocolli di montaggio dei sistemi a secco sono pronti per essere industrializzati da aziende come FBE, Bozza e Artuso, offrendo loro un vantaggio competitivo unico nel mercato degli edifici bio-compatibili.
- **Riduzione dei Costi di Cantiere:** la dimostrata efficacia delle fondazioni su pali in legno, che non richiedono tempi di maturazione del getto né scavi invasivi, consente alle PMI della filiera di proporre soluzioni abitative più rapide ed economiche.
- **Sostenibilità Certificata:** i dati derivanti dall'analisi LCA permetteranno alle imprese di certificare il basso impatto ambientale dei loro prodotti, rispondendo alle richieste di un mercato sempre più attento ai criteri ESG e DNSH (Do No Significant Harm).

Prospettive Inter/Multidisciplinari

Oltre i confini del settore legno, la conoscenza generata dal WP3 possiede una valenza trasversale:

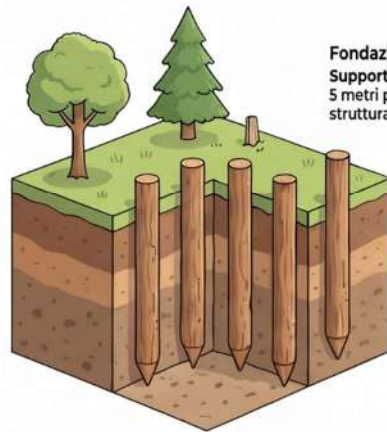
- **edilizia Modulare e Temporanea:** i modelli FEM e i protocolli per le fondazioni reversibili possono essere applicati a qualsiasi tipologia di costruzione leggera e prefabbricata (scuole, ospedali da campo, moduli turistici), promuovendo la rigenerazione urbana senza consumo permanente di suolo.
- **Ingegneria Geotecnica Sostenibile:** la metodologia di prova a basso costo per la caratterizzazione dei pali infissi può diventare uno standard per il recupero di terreni marginali o instabili dove le fondazioni pesanti sarebbero tecnicamente ed economicamente improponibili.
- **Smart Living:** l'integrazione di sensoristica permanente per il monitoraggio strutturale e termo-igrometrico trasforma l'edificio in un sistema intelligente capace di segnalare necessità di manutenzione o cali di efficienza energetica in tempo reale.

PROGETTO VALORLEGNO

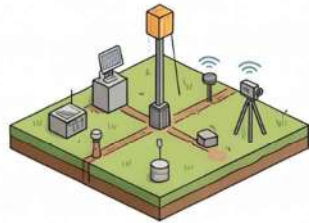
In conclusione, il WP3 ha portato la bioedilizia veneta verso uno stadio di eccellenza tecnologica consolidata. Il passaggio dalle sfide teoriche del "Modello Progetto" alla **realizzazione fisica di un prototipo strumentato** garantisce alla filiera foresta-legno uno strumento di validazione scientifica fondamentale per competere sui mercati internazionali dell'architettura sostenibile.

VALORLEGNO WP3: Fondazioni Innovative e Sostenibili in Legno

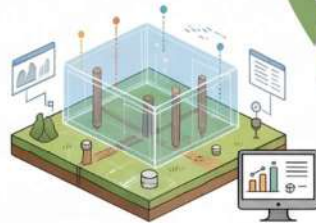
Dalla Ricerca alla Validazione Sperimentale



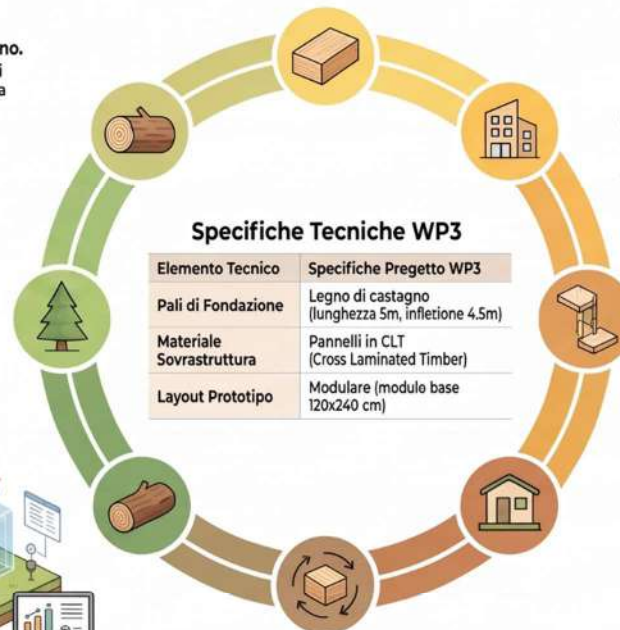
Fondazioni "a secco" in castagno.
Supporting Detail: Scelta di pali di 5 metri per massimizzare efficienza strutturale e reversibilità del sito.



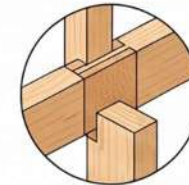
STATISTIC:
Test di carico in situ a Vigonza (PD).
Supporting Detail: Validazione dai modelli FEM tramite prove di carico statico e test di tiro orizzontale.



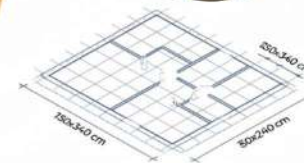
PROCESS_STEP:
Creazione del "Gemello Digitale".
Supporting Detail: Utilizzo di modelli numerici avanzati terati su dati reali per ridurre i coefficienti di sicurezza.



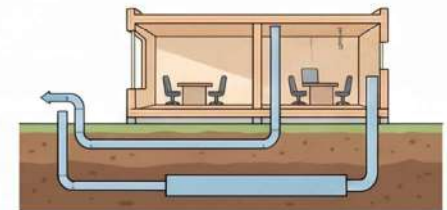
Il Prototipo e l'Innovazione Strutturale



Nodi di connessione Legno-Legno.
Supporting Detail: Sostituzione delle piastre metalliche con interfacce in Kerto e Ciuiam per facilitare il disassemblaggio.



Enca moduli con interfaccia a vassano
da liberare in caso di necessità
di Costruzione in legno massiccio
Architettura Modulare e BIM.
Supporting Detail: Progettazione di un ufficio prototipo basato su moduli 120x240 cm interamente gestito in BIM.



SUPPORTING_FACT:
Efficienza Termo-Igrometrica.
Supporting Detail: Integrazione di scambiatori aria-terra per mitigare i carichi termici e migliorare il comfort.

PROGETTO VALORLEGNO

4. Innovazione dei Processi Industriali (WP4)

4.1. Obiettivi Iniziali del WP4

Il **WP4**, intitolato "**Progettazione e ingegnerizzazione di nuovi macchinari e impianti per la valorizzazione del legno**", rappresenta il cuore dell'innovazione di processo del progetto VALORLEGNO. L'obiettivo strategico complessivo è quello di trasformare sistemi produttivi tradizionali in modelli industriali avanzati, flessibili e sostenibili, superando i limiti tecnologici che storicamente penalizzano la filiera foresta-legno regionale.

Le finalità del WP4 si articolano su tre direttrici tecnologiche principali, ciascuna rispondente a specifici fabbisogni delle imprese partner:

a. Automazione Robotizzata per l'Imballaggio (Task 16 e 17)

L'obiettivo primario in questo ambito è lo sviluppo di una **linea automatizzata per la costruzione di pallet** che superi il concetto delle "dime statiche". I sistemi attuali richiedono settaggi manuali lunghi e costosi per ogni cambio formato; la ricerca mira a progettare una linea capace di un **settaggio prossimo allo zero**, garantendo un'infinita flessibilità produttiva grazie all'integrazione di robot industriali e di un innovativo **banco da ribattitura dinamico**. Il sistema deve automatizzare le operazioni di carico, posizionamento delle tavole tramite camere di aspirazione, chiodatura e scarico, riducendo gli spazi occupati del 70-80% rispetto alle linee tradizionali.

B. Ottimizzazione Ambientale ed Energetica dell'Essiccazione (Task 18, 19, 20 e 21)

In questo settore, l'obiettivo è l'upgrade tecnologico dei processi di essiccazione e, soprattutto, di **termomodificazione (THW)** del legno. Si intende:

- definire un **protocollo metodologico** rigoroso per monitorare parametri critici quali consumi energetici, emissioni e qualità del prodotto.
- Sperimentare un **impianto pilota** dotato di elementi innovativi per il recupero del calore e il controllo intelligente dell'energia.
- Sviluppare un **sistema di misura multi-matrice** per la riduzione degli impatti ambientali, capace di mappare e analizzare chimicamente le sostanze generate (emissioni, condense e legno trattato), fornendo ai produttori standard operativi certi.

C. Innovazione Strutturale nella Bioedilizia (Task 22 e 23)

L'attività è focalizzata sulla tecnologia **MHM (Massive Holz Mauer)**, ovvero pareti in legno massiccio prive di colle. L'obiettivo iniziale consiste nel progettare e prototipare un **kit tecnologico** da implementare sui macchinari esistenti (Hundegger Wall Master) per produrre pannelli con **strati inclinati** e unioni realizzate interamente con chiodi in legno anziché in

PROGETTO VALORLEGNO

alluminio. L'ipotesi scientifica è che l'inclinazione degli strati interni aumenti significativamente la capacità portante della parete, permettendo la realizzazione di strutture più snelle e riducendo il consumo di materia prima.

In termini di coerenza con la **S3 Veneto**, il WP4 percorre la **Traiettoria 14** ("Nuovi macchinari e impianti"), puntando su sicurezza, risparmio energetico e uso razionale delle risorse.

4.2. Risultati conseguiti al 30 Giugno 2026

Al termine del periodo di riferimento, il WP4 ha registrato un avanzamento tecnico di rilievo, portando a compimento le fasi di progettazione complessa e avviando l'installazione dei prototipi fisici.

Linea Imballi: dal Concept Digitale alla Realizzazione (Task 16 e 17)

La progettazione meccanica ha raggiunto la piena maturità tecnica. I principali traguardi includono:

- **progettazione 3D Avanzata:** è stato completato il modello CAD 3D integrato dell'intera linea. Il concept è evoluto da una configurazione a piani mobili verso un sistema di **piani dinamici** con una testa robotica a presa multipla dotata di **6 pinze indipendenti**. Questa soluzione permette di movimentare fino a 6 tavole in un unico ciclo, riducendo drasticamente i tempi operativi.
- **Sviluppo HMI:** è stato realizzato un **dimostratore HMI** funzionante che permette il disegno degli imballaggi in formato vettoriale SVG e il controllo automatico delle collisioni tra i componenti dei pallet. Il software copre formati da 600x1200 mm fino a 1600x3000 mm.
- **Acquisizione Hardware:** è stato acquistato il robot industriale **KUKA KR 340 R3400-2**, componente essenziale per la futura linea prototipale.
- **Tutela della Proprietà Intellettuale:** sono state avviate le attività propedeutiche per il deposito di un **brevetto** relativo all'utilizzo dinamico del banco in ambiente di chiodatura.

Essiccazione e Termomodificazione: installazione del Pilota (Task 18 e 19)

Le attività coordinate da BigonDry e Chimicambiente hanno portato a risultati concreti sul fronte impiantistico:

- **prototipo PRT25001:** l'impianto pilota per la termomodificazione è stato **assemblato e installato**. Il sistema integra un nuovo **post-combustore** alimentato a metano (bruciatore Ecoflam) progettato per abbattere le emissioni residue a valle del trattamento.

PROGETTO VALORLEGNO

- **Efficienza Energetica:** è stato installato un sistema di raffreddamento basato su refrigeratore industriale e **free-cooling** per favorire la condensazione degli estrattivi del legno riducendo il carico odorigeno.
- **Sensoristica di Precisione:** il prototipo include una **sonda lambda** per il monitoraggio dell'ossigeno (essenziale per la sicurezza nei processi in sovrappressione) e sonde di livello a vibrazione resistenti a resine ed estrattivi.
- **Protocolli di Monitoraggio (Task 20):** è stato validato un protocollo di ricerca **multi-matrice** che utilizza tecniche analitiche d'avanguardia come la **GC-MS** (gascromatografia-spettrometria di massa) e l'HPLC per monitorare COV e formaldeide.

Pareti MHM: validazione delle Prestazioni Strutturali (Task 22)

Nonostante alcune complicazioni tecniche che hanno richiesto una proroga al 30 settembre 2026, i risultati sperimentali sono eccellenti:

- **prove di Carico:** test fisici condotti sotto un carico di punta di 10 kN hanno dimostrato che le pareti MHM a strati inclinati (60° e 120°) presentano una **deformazione ridotta a soli 6 mm**.
- **Confronto Prestazionale:** le analisi evidenziano che il comportamento meccanico di queste pareti si avvicina notevolmente a quello del legno incollato **XLAM**, offrendo stabilità d'eccellenza senza l'uso di colle.
- **Certificazione ETA:** è in fase di elaborazione un nuovo **ETA (European Technical Assessment)** per fornire ai progettisti i dati tecnici necessari all'impiego su larga scala di questa innovazione.
- **Installazione Prototipale:** un kit prototipale è stato installato su una macchina Wall Master per test funzionali di lunga durata.

4.3. Nuove conoscenze sviluppate e trasferibilità dei risultati

Il WP4 sta generando un patrimonio di conoscenze multidisciplinari (meccanica, chimica ambientale, ingegneria strutturale) con un potenziale di impatto che supera la singola partnership.

Nuove Conoscenze Scientifiche e Tecniche

- **Concetto di "Piano Dinamico":** il superamento della produzione a dime statiche introduce un nuovo paradigma nella lavorazione del legno, dove il software di gestione genera configurazioni virtualmente illimitate. Questa conoscenza è fondamentale per l'industria 4.0 applicata ai processi di assemblaggio rapido.

PROGETTO VALORLEGNO

- **Ingegnerizzazione Structural-Bio:** la scoperta che la geometria diagonale degli strati interni conferisce una rigidità intrinseca superiore apre nuove strade per l'edilizia ecosostenibile. La capacità di calibrare la risposta meccanica variando l'inclinazione e gli schemi di chiodatura è una competenza di frontiera.
- **Standard di Monitoraggio Ambientale:** la messa a punto di metodiche accreditate per l'analisi delle emissioni da termomodificazione fornisce una base scientifica robusta per garantire la sostenibilità di processi industriali critici, permettendo di quantificare con precisione i composti organici volatili (COV) rilasciati.

Trasferibilità dei Risultati nel Sistema Produttivo (RIR)

I risultati del WP4 sono stati pensati per una ricaduta immediata sulle imprese delle Rete Innovativa Regionale **ForestaOroVeneto** e **Veneto Green Cluster**:

- **efficientamento Industriale:** la linea pallet robotizzata è trasferibile a tutte le segherie e produttori di imballaggi della regione che necessitano di flessibilità operativa per gestire piccoli lotti personalizzati a costi competitivi.
- **Risparmio di Materia Prima:** l'adozione del kit MHM a strati inclinati permette di produrre pareti portanti con uno spessore di **160 mm invece dei 205 mm** tradizionali, garantendo un **risparmio di legno del 20-30%**. Inoltre, si stima una riduzione del **20-30% nell'uso di piastre metalliche** strutturali grazie alla maggiore rigidità della parete stessa.
- **Modelli di Business Green:** i risultati sull'efficienza energetica e sull'abbattimento delle emissioni negli impianti THW permettono alle aziende del comparto dell'essiccazione di posizionarsi su mercati internazionali sensibili ai criteri di sostenibilità ambientale e sicurezza dei processi.
- **Verso l'Economia Circolare:** la conoscenza acquisita sulla gestione delle condense e degli estrattivi nel processo THW apre prospettive per il riuso di queste frazioni liquide in altri settori (es. chimica verde o agricoltura), trasformando un residuo di processo in un sottoprodotto di valore.

In sintesi, il WP4 ha trasformato le sfide iniziali in soluzioni tecnologiche pronte per la validazione industriale. Il passaggio dalla progettazione digitale alla realizzazione fisica dei prototipi (robot imballi, impianto THW e kit MHM) garantisce alla filiera foresta-legno veneta strumenti concreti per incrementare la propria competitività, sicurezza e sostenibilità.

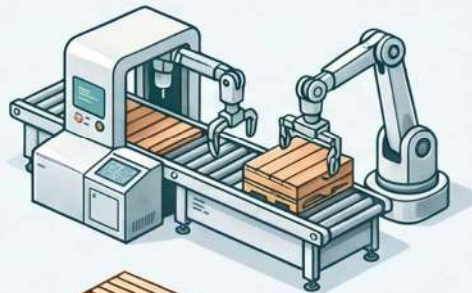
VALORLEGNO WP4: Innovazione e Sostenibilità nella Filiera del Legno

Il WP4 del progetto VALORLEGNO punta a trasformare la filiera tradizionale in un modello Industria 4.0. I risultati al giugno 2026 evidenziano innovazioni radicali nell'automazione degli imballaggi, nei processi di termomodificazione ecosostenibile e nello sviluppo di pareti strutturali in legno massiccio senza colle.

Automazione e Strutture Avanzate

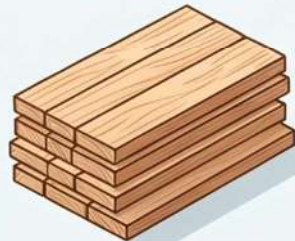
Linea Pallet:
-80%
di spazio occupato

La nuova linea robotizzata riduce drasticamente gli ingombri e i tempi di settaggio manuale.



Pareti MHM senza colle

Pannelli in legno massiccio con strati inclinati uniti esclusivamente da chiodi in legno.



**Risparmio di
materia prima del
20-30%**

L'inclinazione degli strati interni aumenta la rigidità, permettendo strutture più snelle e sostenibili.

Efficienza Energetica e Ambiente



Termomodificazione a basse emissioni
Installazione di un impianto pilota con post-combustore e free-cooling per abbattere gli odori.



Monitoraggio analitico d'avanguardia
Validazione di protocolli scientifici (GC-MS) per garantire la sicurezza e la sostenibilità dei processi.

Sintesi delle prestazioni tecniche raggiunte dai prototipi del WP4



Flessibilità Robotica:
**Presa simultanea
di 6 tavole**



Deformazione
Strutturale (10kN):
Solo 6 mm

PROGETTO VALORLEGNO

5. Sviluppo di Materiali Innovativi e Biochar (WP5)

5.1. Obiettivi iniziali del WP5

Gli obiettivi strategici del WP5 sono stati definiti per rispondere alla necessità di una transizione verso l'**economia circolare** nella filiera del legno veneta, valorizzando scarti industriali e forestali. Il lavoro si articola in sei Task operative (dalla 24 alla 29), guidate da due leader industriali: **woodn Greenwood** per i compositi e **OPIGEO** per la linea biochar.

Sviluppo di compositi legno-polimero (Task 24 e 25)

L'obiettivo iniziale era lo studio e l'ingegnerizzazione di nuove formulazioni di "legno tecnico", un materiale composto da polveri di legno e matrici polimeriche (PVC o PP). Woodn Greenwood ha fissato sette obiettivi specifici (**SO**):

- **sO1 - Utilizzo di polimeri riciclati:** valutare l'applicabilità di polimeri da riciclo post-consumo per nuove linee di prodotto a basso impatto.
- **SO2 - Reazione al fuoco decking:** sviluppare una formula per pavimentazioni esterne capace di ottenere la classe **Cfl-s1** secondo la norma EN13501-1.
- **SO3 - Reazione al fuoco pareti:** creare una formula per rivestimenti verticali in classe **B-s2,d0**.
- **SO4 - Nuovi materiali e filler:** studiare l'impiego di filler innovativi (es. materiali fotosensibili o pigmenti a basso assorbimento UV) per migliorare la resistenza meccanica e ridurre la temperatura superficiale.
- **SO5 - Trattamenti superficiali:** individuare soluzioni per aumentare la resistenza all'assorbimento di acqua e oli, la protezione biologica e la resistenza ai graffi.
- **SO6 - Prodotti riciclabili:** studiare il design e la composizione dei profili per massimizzarne la riciclabilità a fine vita.
- **SO7 - Formula economica:** sviluppare una miscela a basso costo che consenta una diffusione capillare di materiali ecosostenibili.

Valorizzazione del Biochar per la depurazione (Task 26, 27, 28 e 29)

Questo filone, coordinato da **OPIGEO**, mira a trasformare il **biochar** (prodotto dalla pirolisi di scarti agroforestali locali) in materiali adsorbenti per la depurazione delle acque. Gli obiettivi includevano:

- **caratterizzazione del materiale:** identificare le proprietà chimico-fisiche del biochar derivante da specie venete (es. castagno, abete).
- **Formulazione di schiume minerali:** sviluppare una matrice geopolimerica in grado di incorporare stabilmente il biochar creando una porosità aperta intercomunicante.

PROGETTO VALORLEGNO

- **Progettazione della linea di granulazione:** simulare e progettare un processo industriale per la produzione di granuli filtranti.
- **Prototipazione di sistemi di filtrazione:** realizzare colonne di adsorbimento caricate con i granuli per il trattamento di contaminanti emergenti come i **PFAS**.

5.2. Risultati conseguiti al 30 Giugno 2026

Al termine del periodo di riferimento, il WP5 ha registrato un avanzamento significativo, portando a compimento gran parte delle validazioni industriali e delle certificazioni previste.

Risultati sui materiali compositi

- **Certificazioni Antincendio:** sono stati ottenuti risultati eccellenti nella reazione al fuoco. L'**Istituto Giordano** ha certificato la formula "Greenwood Fire Performance" in classe **Cfl-s1** per il decking e la formula "Woodn Fire Performance" (codice W13B) in classe **B-s2,d0** per le pareti. È stata inoltre testata la formula **W23** con un contenuto di farina di legno quattro volte superiore allo standard, ottenendo la classe **B-s3,d1**.
- **Trattamenti Superficiali:** è stata sviluppata e validata industrialmente una tecnologia di trattamento superficiale impregnante che riduce drasticamente l'assorbimento di acqua e grassi, garantendo stabilità estetica anche dopo mesi di esposizione alle intemperie.
- **Bio-filler Circolari:** grazie alla collaborazione con Crossing S.r.l., sono stati testati sottoprodotti agroalimentari come la **coffee silver skin** (efficace come ritardante di fiamma naturale) e la **sansa** (utile per migliorare la fluidità del materiale in fase di estrusione).
- **Variazioni progettuali:** l'obiettivo SO1 (polimeri riciclati) è stato ufficialmente scartato poiché l'analisi tecnico-economica ha evidenziato incompatibilità estetiche (disomogeneità cromatica) e costi non sostenibili rispetto ai requisiti del mercato.

Risultati sulla linea Biochar

- **Formulazione Ottimale (F-07):** è stata definita la miscela definitiva composta da **metakaolino industriale (48%)**, **ceneri pesanti da combustione (21%)** e **biochar da segatura di latifoglia (31%)**. Questa formulazione garantisce un equilibrio perfetto tra capacità adsorbente (6,3 mg/g per il PFOS) e resistenza meccanica (4,6 MPa).
- **Linea di Granulazione:** è stata completata la progettazione costruttiva del sistema di produzione. Il processo prevede un **granulatore a disco** da un metro di diametro e un miscelatore intensivo che opera a temperatura ambiente, eliminando la necessità di essiccamento termico e riducendo drasticamente i consumi energetici.

PROGETTO VALORLEGNO

- **Prototipo Anti-PFAS:** è stata anticipata la progettazione tecnica dell'impianto di filtrazione per acque di falda. Il sistema è configurato su **tre colonne lead-lag** (due in serie e una in standby) caricate con 340 kg di granuli ciascuna, con una vita utile stimata di **9 mesi** prima della saturazione.

5.3. Nuove conoscenze sviluppate e trasferibilità dei risultati

Il patrimonio di conoscenze generato dal WP5 supera i confini della partnership per configurarsi come un modello di eccellenza per le Reti Innovative Regionali (RIR) **ForestaOroVeneto** e **Veneto Green Cluster**.

Nuove conoscenze scientifiche e tecniche

- **Ingegneria dei Materiali Ibridi:** il progetto ha approfondito la comprensione delle interfacce tra matrici polimeriche e fibre naturali, ottimizzando l'adesione tramite additivi funzionali e processi di estrusione a temperature calibrate per evitare la degradazione organica.
- **Sinergie Antifiamma:** è stata acquisita una conoscenza pionieristica sull'uso sinergico di mix di additivi antifiamma in matrici in PVC, permettendo di mantenere alte prestazioni di sicurezza antincendio anche in presenza di carichi elevati di cellulosa (fino al 20-30%).
- **Geopolimerizzazione Espansa:** la Task 26 ha consolidato la capacità di controllare la cinetica di sviluppo dei gas (tramite decomposizione di perossido di idrogeno) durante la presa del gel alluminosilicatico. Questo ha permesso di creare "schiume minerali nanostrutturate" con porosità macro-micro controllata, ottimizzando il trasferimento di massa dei contaminanti verso il biochar incorporato.
- **Ciclo di Vita e Degradazione:** attraverso analisi strumentali (TGA, MFI, SEM), è stato mappato il trend di degradazione dei materiali WPC dopo molteplici cicli di ri-estrazione, fornendo una procedura interna per la validazione dei processi di riciclaggio.

Trasferibilità nei sistemi produttivi di riferimento

I risultati del WP5 offrono strumenti concreti per le imprese del territorio veneto:

- **diversificazione per le Segherie:** la possibilità di trasformare scarti di scarso valore (bostricato, cortecce, segatura) in biochar di alta qualità per la depurazione acque apre nuovi mercati legati alla **chimica verde** e ai servizi ambientali.
- **Vantaggio Competitivo per l'Edilizia:** le certificazioni di reazione al fuoco (B-s2,d0) e i trattamenti superficiali anti-assorbimento permettono alle aziende venete di

PROGETTO VALORLEGNO

posizionare i loro prodotti in segmenti di mercato internazionali ad alto valore aggiunto (es. grattacieli o edifici pubblici soggetti a normative stringenti), inclusi i mercati nordamericani che richiedono lo standard **NFPA 285**.

- **Modelli di Business a Scarto Zero:** l'approccio di OPIGEO, che prevede il reimpiego dei granuli filtranti esausti come aggregati leggeri nei calcestruzzi, chiude il ciclo di vita del materiale eliminando la produzione di rifiuti speciali e riducendo l'impronta carbonica del settore cementizio.
- **Sinergie Intersettoriali:** la tecnologia dei granuli geopolimero-biochar è trasferibile oltre la filiera legno, trovando applicazione nel trattamento delle acque reflue industriali in settori come il tessile, il conciaro o la gestione dei rifiuti.

In conclusione, il WP5 ha trasformato scarti forestali e sottoprodotti industriali in asset tecnologici di frontiera. Il passaggio dalla validazione in laboratorio alla **prototipazione industriale (TRL 5/6)** garantisce alla filiera veneta una base di conoscenza solida per competere sulla sostenibilità e sull'efficienza delle risorse.

Innovazione Sostenibile nel WP5: Nuovi Materiali e Biochar

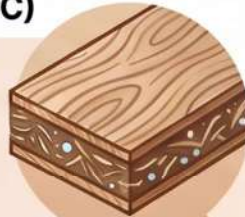
Il WP5 del progetto VALORLEGNO trasforma scarti industriali e forestali in prodotti ad alto valore aggiunto per l'economia circolare, concentrandosi su compositi legno-polimero e biochar per la depurazione delle acque.

Compositi Legno-Polimero (WPC)



Certificazioni Antincendio d'Eccellenza

Ottenute classi B-s2,d0 per rivestimenti verticali e Cfi-s1 per pavimentazioni esterne.



Bio-filler da Scarti Agroalimentari

Validato l'uso di coffee silver skin e sansa per migliorare fluidità e resistenza al fuoco.



Trattamenti Superficiali Avanzati

Sviluppate tecnologie impregnanti che bloccano l'assorbimento di acqua e grassi nel tempo.

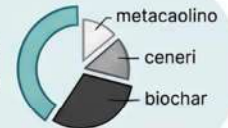


Biochar e Depurazione Acque



Formula Ottimale F-07 per Filtrazione

Mix di metacaolino, ceneri e biochar.



Capacità Adsorbente (PFOS)
6,3 mg/g



Resistenza Meccanica
4,6 MPa



Composizione Biochar
31%

Granulazione a Basso Consumo

Produzione a temperatura ambiente senza necessità di essiccamento termico energivoro.



Sistema Prototipale Anti-PFAS

Configurazione a tre colonne con vita utile stimata di 9 mesi prima della saturazione.



6. Legno e Benessere Psicofisico (WP6)

6.1. Obiettivi Iniziali del WP6

Il WP6 nasce dalla necessità di colmare una lacuna significativa nelle attuali certificazioni edilizie, le quali si concentrano prevalentemente su parametri fisici (temperatura, umidità, isolamento acustico), sull'efficienza energetica e sulla qualità chimica dell'aria, trascurando quasi interamente la **dimensione del benessere psicologico eudaimonico** derivante dall'interazione con i materiali naturali.

L'obiettivo generale è testare scientificamente l'ipotesi che abitare in ambienti dove il legno è il materiale prevalente favorisca la costruzione di risorse positive durature negli individui, quali **ottimismo, resilienza e vitalità**, oltre a promuovere un senso di realizzazione e vita ottimale. Il progetto mira quindi a quantificare questi benefici per creare nuove **classi di comfort psicologico** da integrare negli standard di bioedilizia.

Gli obiettivi sono stati declinati in tre Task operative:

- **task 30 (Analisi e Classificazione):** coordinato dai Dipartimenti **TESAF** e **DPG** dell'Università di Padova, questo task si è prefissato di analizzare la letteratura internazionale, selezionare campioni di diverse specie legnose (inclusi assortimenti di minor pregio come il legno **bostricato**), misurarne i parametri fisici (colore, densità, temperatura superficiale) e sviluppare esperimenti psicologici per quantificare la relazione tra caratteristiche fisiche e benessere percepito.
- **Task 31 (Progettazione e Costruzione Prototipo):** l'obiettivo è la realizzazione di un ambiente prototipo in scala reale composto da quattro moduli: uno di controllo (con materiali sintetici) e tre rappresentativi delle diverse classi di benessere (alto, medio, basso) identificate nella fase precedente.
- **Task 32 (Valutazione a Lungo Termine):** questo task mira a validare gli effetti psicofisiologici nel tempo attraverso una sperimentazione su un campione di utenti, monitorando parametri come il recupero dallo stress e le performance cognitive all'interno degli ambienti prototipali.

Dal punto di vista strategico, il WP6 persegue la **Traiettoria 37 della S3 Veneto** ("Soluzioni per il living"), introducendo una visione olistica dell'architettura sostenibile basata sulla salute mentale degli abitanti.

6.2. Risultati Conseguiti al 30 Giugno 2026

Al termine del periodo di riferimento, il WP6 ha registrato progressi decisivi, completando interamente la fase di ricerca sperimentale e avviando la progettazione fisica del prototipo abitativo.

Completamento della Ricerca Sperimentale (Task 30)

Il gruppo di lavoro ha condotto una complessa sperimentazione psicologica che ha coinvolto **143 partecipanti** volontari (di età compresa tra 18 e 80 anni), superando ampiamente la dimensione minima del campione richiesta per la validità statistica. I partecipanti sono stati sottoposti a sessioni di esplorazione visiva, tattile e olfattiva di campioni legnosi e materiali di controllo (vinile, laminato, pietra).

I risultati scientifici più rilevanti, documentati nel deliverable **D30.3**, includono:

- **superiorità del legno:** tutti i campioni lignei, indipendentemente dalla specie o dal trattamento, sono stati valutati come **più calmanti e piacevoli** rispetto ai materiali non legnosi (piastrelle, laminati).
- **Indifferenza della specie:** un risultato inaspettato e di grande valore commerciale è che **non sono emerse differenze significative tra le specie legnose** nelle valutazioni di benessere. Ciò suggerisce che anche essenze meno costose o locali, come l'abete rosso o il larice, offrono benefici simili a legni pregiati come il noce o il ciliegio.
- **Impatto dei trattamenti:** è stato dimostrato che il trattamento superficiale influisce sulla percezione: le finiture naturali favoriscono effetti calmanti maggiori rispetto ai trattamenti più coprenti.
- **Differenze individuali:** la stabilità emotiva dei soggetti è emersa come un predittore chiave della piacevolezza del legno, mentre gli effetti calmanti sembrano dipendere universalmente dalle caratteristiche fisiche percepite del materiale.

Definizione delle Classi di Benessere

Sulla base della somma dei punteggi di "piacevolezza" e "rilassamento" indotti dai campioni, sono state elaborate **tre classi preliminari di benessere**:

1. **classe ALTO Comfort:** associata all'**Abete rosso naturale** (punteggio 2,20).
2. **Classe MEDIO Comfort:** associata al **Noce naturale** (punteggio 1,92).
3. **Classe BASSO Comfort:** associata alla **Quercia trattata con lasur** (punteggio 1,17).

Validazione Scientifica e Progettazione (Task 31)

PROGETTO VALORLEGNO

I risultati della ricerca sono stati formalizzati in un articolo scientifico intitolato **"Wood and Well-Being: looking Deeper into Individual Differences"**, sottomesso alla prestigiosa rivista internazionale *Journal of Housing and the Built Environment*.

Per quanto riguarda il prototipo fisico (Task 31), la progettazione preliminare è conclusa. È stato individuato il sito per l'installazione delle "cassette del benessere": il **Parco Iris di Padova**. L'amministrazione comunale ha accolto con entusiasmo la proposta, inserendola nelle linee programmatiche per la promozione della salute nel verde urbano.

6.3 Nuove conoscenze sviluppate e trasferibilità dei risultati

Il WP6 ha generato un patrimonio di conoscenze multidisciplinari di frontiera, che fonde la psicologia ambientale con la tecnologia del legno, con implicazioni che superano i confini del partenariato.

Nuove Conoscenze Scientifiche e Tecniche

- **Metodologia di Assessment Multimodale:** è stato sviluppato e validato un protocollo di test che utilizza strumenti come l'**Affective Slider** (per misurare piacere e attivazione) e il **Differenziale Semantico** (per mappare attributi come calore, naturalezza e levigatezza). Questa metodologia è ora uno standard per quantificare la risposta psicofisiologica ai materiali.
- **Caratterizzazione CIELab:** l'integrazione di misurazioni fisiche del colore (nello spazio CIELab) e della massa volumica con i dati psicologici ha permesso di identificare i "driver" del benessere: la piacevolezza è indotta dalle caratteristiche "naturale" e "profumato", mentre il rilassamento è legato a materiali "luminosi" e "pesanti".
- **Valorizzazione del legno di minor pregio:** la scoperta che il legno **bostricato** genera un benessere psicologico paragonabile a quello del legno sano fornisce una base scientifica per il suo recupero industriale in settori ad alto valore aggiunto, come l'arredo indoor, trasformando una crisi ambientale in un'opportunità economica.

Trasferibilità nei Sistemi Produttivi (RIR)

I risultati del WP6 offrono strumenti strategici per le imprese delle Reti Innovative Regionali (**RIR ForestaOroVeneto e Veneto Green Cluster**):

- **certificazioni "Umano-Centriche":** le aziende di bioedilizia (come FBE Woodliving) e di arredamento possono ora promuovere i loro prodotti non solo per le prestazioni energetiche, ma per la capacità di migliorare la salute mentale degli utenti, creando un **vantaggio competitivo di nicchia** e giustificando un *premium price*.

PROGETTO VALORLEGNO

- **Normativa UNI:** la conoscenza generata servirà da base per proporre una **nuova norma UNI** che ufficializzi le classi di comfort eudaimonico, rendendo tali etichette applicabili e standardizzabili a livello industriale.
- **Marketing Territoriale:** la valorizzazione del marchio "**Legno Veneto**" viene rafforzata da prove scientifiche che legano l'origine locale del materiale a benefici tangibili per la salute dei cittadini.

Prospettive Interdisciplinari

La trasferibilità della conoscenza prodotta dal WP6 si estende a numerosi settori intersettoriali:

- **healthcare e Sanità:** i protocolli per la progettazione di ambienti rigenerativi sono direttamente applicabili a **ospedali, residenze per anziani e centri di cura**, dove il benessere psicofisico dei pazienti è prioritario.
- **Education e Workplaces:** la progettazione di scuole e uffici basata sulle classi di comfort del legno può migliorare la concentrazione, ridurre lo stress da lavoro e aumentare la produttività, influenzando le future politiche di *welfare* aziendale e scolastico.
- **Design Industriale:** la capacità di calibrare la risposta emotiva degli utenti attraverso la scelta di trattamenti e texture permette ai designer di sviluppare prodotti "personalizzati" in base ai profili psicologici dei consumatori.

In sintesi, il WP6 ha trasformato il legno veneto da semplice "commodity" edilizia a **strumento di salute pubblica e benessere sociale**. Il passaggio dalla ricerca bibliografica alla validazione scientifica su larga scala pone la regione all'avanguardia internazionale nella certificazione olistica degli ambienti di vita.

Il Legno che Rigenera: Scienza e Benessere Psicofisico (WP6)

Comunicare i risultati scientifici del Work Package 6 (VALORLEGNO) sull'impatto del legno come materiale che promuove la salute mentale e il benessere eudaimonico.

Evidenze dalla Ricerca Scientifica

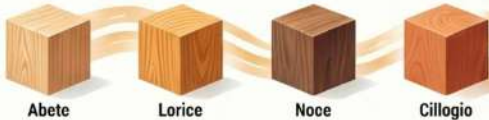
Studio su 143 partecipanti (18-80 anni)



Il legno supera i materiali sintetici.

Tutti i campioni lignei sono risultati più calmanti rispetto a laminati o vinile.

Indifferenza della specie legnosa.



Abete e larice offrono benefici simili a legni pregiati come noce o cillegio.

Il legno di recupero genera benessere.



Il legno bostricato è efficace quanto quello sano per l'arredo indoor.

Classi di Comfort e Applicazioni



Nuovi standard di "Comfort Psicologico".

Parametri scientifici per integrare la salute mentale nelle certificazioni di bioedilizia.



EXAMPLE: Prototipo al Parco Iris di Padova.



"Casette del benessere"

Realizzazione di "casette del benessere" per testare gli effetti psicofisici a lungo termine.

PROGETTO VALORLEGNO

7. Informazioni

Ogni ulteriore dettaglio o approfondimento può essere richiesto scrivendo a:

forestaoroveneto@legnoveneto.it

Le **Imprese** che partecipano al progetto sono:

- Bozza srl
- Artuso Legnami srl
- FBE snc
- Chemicambiente srl
- STUDIO GALLIAN snc
- Galvan Imballaggi srl
- Joutech srl
- Bigondry srl
- WOODN Greenwood srl
- Opigeo srl
- Centro Consorzi
- CATA
- Ecomanagement srl

Gli **Organismi di Ricerca** che partecipano al progetto sono:

- Università degli Studi di Padova (UNIPD)
 - Dipartimento di Ingegneria Civile Edile e Ambientale
 - Dipartimento di Ingegneria Industriale
 - Dipartimento di Territorio e Sistemi Agroforestali
 - Dipartimento di Psicologia
 - Dipartimento dei Beni Culturali
- Università degli Studi di Verona (UNIVR)
 - Dipartimento di Informatica
 - Dipartimento di Management