

Colloqui.AT.e 2023

In Transizione: sfide e opportunità per l'ambiente costruito

In Transition: challenges and opportunities for the build heritage

Editors

Fabio Fatiguso, Francesco Fiorito,
Mariella De Fino, Elena Cantatore

I curatori, l'editore, gli organizzatori ed il Comitato Scientifico non possono essere ritenuti responsabili né per il contenuto, né per le opinioni espresse all'interno degli articoli.

Gli articoli pubblicati, i cui contenuti sono stati dichiarati originali dagli autori stessi, sono stati sottoposti ad un processo di *double-blind peer review*.

Negli articoli l'asterisco accanto al cognome di un autore indica il referente al quale indirizzare la corrispondenza.

È utile sottolineare che i comitati non sono responsabili dei contenuti e delle opinioni espresse nei singoli contributi pubblicati nel volume. Le opinioni sono espressamente riferibili agli Autori dei contributi pubblicati nel presente volume. La presenza di prodotti e nomi commerciali non costituiscono una raccomandazione d'uso.

The editor, the publisher, the organizers and the Scientific Committee cannot be held responsible either for the content or for the opinions expressed in the articles.

Published articles, whose contents have been declared original by the authors themselves, have been subjected to a double-blind peer review process.

In the articles, the asterisk next to the surname of an author indicates the contact person to whom correspondence should be addressed.

The conference Committees are not responsible for the statements of opinions expressed in this publication. Any Statements of view expressed in the papers contained in this Book are those of the Author(s). Mention of trade names or commercial products does not constitute endorsement or recommendation for use.

Il volume è a cura di / The volume was edited by:

Fabio Fatiguso, Francesco Fiorito, Mariella De Fino, Elena Cantatore

Il volume è pubblicato con il patrocinio di / This book has been published with the patronage of
UNIBIM | Master BIM Manager – Università di Pisa

La foto di copertina è di Francesco Carlucci

EdicomEdizioni
Monfalcone (Gorizia)
info@edicomedizioni.com
www.edicomedizioni.com
www.edicomstore.it

© Copyright EdicomEdizioni

Vietata la riproduzione anche parziale di testi, disegni e foto se non espressamente autorizzata. Tutti i diritti sono riservati a norma di legge e delle convenzioni internazionali.

The reproduction, even partial, of texts, drawings and photos is forbidden unless expressly authorized. All rights are reserved by law and international conventions.

ISBN 979-12-81229-02-0

Prima edizione ottobre 2023 / First edition October 2023

Colloqui.AT.e 2023

**In Transizione:
sfide e opportunità
per l'ambiente costruito**

**In Transition:
challenges and opportunities
for the build heritage**

A cura di / Editors

Fabio Fatiguso, Francesco Fiorito,
Mariella De Fino, Elena Cantatore

14-17 giugno 2023

*Politecnico di Bari – Dipartimento di Ingegneria Civile,
Ambientale, del Territorio, Edile e di Chimica*

*Polytechnic University of Bari – Department of Civil,
Environmental, Land, Building Engineering and Chemistry*

EdicomEdizioni



Strategie di rigenerazione dei centri minori attraverso la valorizzazione e l'innovazione tecnologica delle risorse locali: un caso lombardo

Strategies for the regeneration of smaller towns through the enhancement and technological innovation of local resources: a case study in Lombardy

F. Speciale^{1*}, L. E. Malighetti², M. Grecchi³

^{1*} Politecnico di Milano, Milano, fernanda.speciale@polimi.it

² Politecnico di Milano, Milano, laura.malighetti@polimi.it

³ Politecnico di Milano, Milano, manuela.grecchi@polimi.it

Abstract

The scenario that Europe presents up to now shows a strong tendency towards the centralization of the population in urban areas, causing depopulation of smaller towns, aging, and the abandonment of the tangible and intangible heritage of marginal areas, where 30% of the total EU population lives. It is necessary to offset the macro-trend and promote sustainable development where new emerging post-pandemic challenges become the drivers for implementing regenerative actions. Strategies have to enhance residents and marginalized social groups, as well as cultural and natural heritage and the development of small and medium-sized businesses through creativity and innovation, hinging on culture and local knowledge. The research aims to characterize marginal areas to identify strategies for improving the resilience and adaptation of the building stock, preserving its cultural heritage while making it more adaptive to climate change, by using natural resources and promoting new circular economies through the activation of cross-sector synergies, in a multiscale and multi-disciplinary approach. Valorization of historical minor villages is investigated having as reference the case study of the Spluga Valley regeneration project (Italy). The paper describes methods to recognize the values of pre-existence through the knowledge phase and the indicators, originating from the analysis and diagnosis process. The aim is to hypothesize new functions compatible with the existing and capable to link the physical renovation to the relaunch of the territory and therefore of its local community, underlining the role of short supply chains for building materials. In particular, strategies for the refurbishment of historical buildings are presented, through technologies that make use of natural materials taking advantage of the territory's short supply chains. Finally, the rehabilitation of a historic hydroelectric plant is illustrated to ensure the self-sufficiency of the area.

Keywords: building refurbishment and valorization, vernacular architecture, small and rural centers, circular economy, bio-based materials

1. Introduzione nuclei storici minori: forze e debolezze

La definizione di insediamento storico minore include i nuclei antecedenti all'epoca moderna e i fabbricati tradizionali diffusi, comprendendo gli spazi organizzati dalle generazioni passate di contadini per permettere le attività dell'allevamento e della coltivazione [1]. Il nostro Paese è caratterizzato da una rete complessa e diffusa di questi piccoli insediamenti, integrati in territori dalle grandi valenze paesaggistiche e naturali, ma dalla economia debole. Molti di questi insediamenti oggi si trovano infatti in uno stato di abbandono e in una condizione di forte degrado fisico che ne rende molto difficile il recupero, a causa degli ingenti costi richiesti per adattare le prestazioni degli edifici esistenti agli standard abitativi contemporanei. Se adeguatamente recuperati e rifunzionalizzati, essi tuttavia possono trasformarsi in un'opportunità per accrescere le attrattive di un territorio fragile e per creare nuovi sviluppi per le popolazioni locali, risolvendo al contempo i problemi (manutenzione del territorio, protezione dal rischio di frane o valanghe, etc.) dei luoghi non presidiati. Le tipologie insediative dei centri storici minori vanno protette agendo sul principale punto di forza che li caratterizza, ovvero il valore ambientale d'insieme. Il concetto di patrimonio va esteso agli insediamenti storici nella loro interezza, inclusi gli spazi aperti privati e collettivi tra le singole costruzioni e il sistema dei manufatti di ingegneria territoriale diffusi connessi all'agricoltura o alle funzioni produttive storiche. Identificato il valore complessivo dei nuclei storici minori, la conservazione del bene edilizio deve accompagnarsi necessariamente all'individuazione di una nuova destinazione d'uso, che giustifichi gli ingenti investimenti richiesti per il recupero [2]. Il progetto di rifunzionalizzazione deve avere forza di legare la riqualificazione fisica all'obiettivo della valorizzazione del territorio e della comunità locale. In questo senso sono da privilegiarsi le funzioni che creano nuove forme di attrazione territoriale e occasioni di occupazione per la comunità, tanto più se sono in grado di coinvolgere tutti i soggetti che intervengono nel processo di trasformazione, in primis gli attori locali, quali i Comuni e le Comunità [3].

1.1. Strategie locali di recupero e presidio del territorio

La costante astrazione da quello che è lo spazio locale e specifico adottata negli ultimi interventi compiuti nel nostro Paese ha condotto alla specializzazione funzionale e alla concentrazione di eccellenze in pochi ed elitari centri metropolitani e cittadini, provocando una spaccatura all'interno del territorio nazionale, caratterizzato così da zone di sviluppo a velocità differenti. Per tale motivo, le più recenti politiche mirano al contrario ad articolare una strategia strutturata e contestualizzata per i centri minori e i territori fragili. A tale scopo, la rigenerazione dei piccoli insediamenti rurali richiede un approccio multi scalare e multidisciplinare, che coinvolga le comunità e le risorse locali in un equilibrio strategico. Un approccio di analisi multi scalare è fondamentale per indagare e identificare i bisogni attuali e futuri per la rigenerazione di queste aree e le risorse territoriali, che costituiscono la base per la definizione di scenari strategici [4]. Intervenire sul recupero di centri minori richiede la messa a punto di un metodo sistematico di valutazione del patrimonio territoriale, che comprenda valori ambientali, beni culturali materiali e immateriali,

patrimonio storico diffuso, beni paesaggistici e risorse sociali ed economiche.

La necessità di rivitalizzare i centri minori italiani ha portato negli anni a elaborare diverse strategie di riqualificazione, dal borgo telematico, agli alberghi diffusi, ad esempi di sperimentazioni sociali, agricole, ecologiche o artistiche. Tali soluzioni si sono rivelate più o meno vincenti; uno dei punti deboli riscontrati è la scelta di puntare esclusivamente sul turismo, seppur in una forma più lenta, improntata principalmente sull'esperienza del visitatore. Infatti, tale strategia comporta il rischio di avere sul territorio un presidio stagionale, con picchi di frequentazione alternati a periodi di inattività. Dalla letteratura emerge come le strategie meglio riuscite risultano piuttosto quelle che partono dalla riattivazione del sapere locale e che coinvolgono la popolazione autoctona e i visitatori esterni, quali studiosi, imprese, turisti ecc., in un processo di rigenerazione del territorio e delle economie sin dalle fasi preliminari [5]. Ne sono alcuni esempi le scuole presso cui si svolgono soggiorni formativi sull'educazione e la sostenibilità all'ambiente, come la "Libera università del bosco" [6] in Brianza (che svolge corsi, laboratori, seminari, animazione di itinerari tematici nel bosco, campus, eventi che vertono attorno alla formazione in natura e alla rigenerazione del territorio); l'"Accademia della Montagna di Trento" [7]; il centro d'eccellenza Università della Montagna UNIMONT (dal programma tra il Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca e l'Università degli Studi di Milano, ma che comprende ad oggi anche quelle di Torino, Firenze, Brescia e Padova) [8]. Di successo è risultato anche il progetto dell'"Atelier delle Acque e delle Energie" [9], nato a Ligonchio, un comune all'interno del Parco Nazionale dell'Appennino tosco-emiliano, dal progetto della strategia nazionale Aree Interne di Onda in Onda, che nel 2008 ha puntato sugli elementi costitutivi dell'identità del territorio, sulla storia e presenza di Enel, sul know-how di Reggio Children. Valorizzazione dei saperi, ri-funzionalizzazione di siti depotenziati e attivazione di strategie propulsive sono alcuni dei temi alla base del "Progetto Borca", una piattaforma di rigenerazione attivata nel 2014 da Dolomiti Contemporanee insieme alla Proprietà Minoter nell'ex Villaggio Eni, voluto da Enrico Mattei e progettato alla fine degli anni Cinquanta da Edoardo Gellner. Il progetto ha portato alla realizzazione di una residenza internazionale per artisti, designer e architetti, dotata di studi e laboratori per sviluppare pratiche connesse alla riconfigurazione funzionale degli spazi del villaggio, ora trasformato in un cantiere condiviso [10]. Tra i progetti con le medesime finalità vi è quello della "Banca del Fare" che contribuisce alla salvaguardia del paesaggio costruito: la sede è collocata in un'antica filanda a Monesiglio, restaurata grazie al contributo di volontari e al cui interno è stato collocato un ostello. Esso ospita soprattutto studenti di Architettura, Ingegneria, Belle Arti ed Erasmus, oltre ad interessati, che seguono i corsi proposti. Quest'ultimi vertono principalmente sul fare pratica sul campo per imparare i saperi e le tecniche, al fine di intervenire sulle antiche costruzioni tradizionali in pietra [11].

2. Filiere locali, economie circolari e materiali sostenibili

2.1. L'importanza di un'economia circolare e dell'impiego di materiali di origine biogenica

È sempre doveroso ricordare la responsabilità che il campo delle costruzioni ricopre nell'impatto globale dell'operato umano: con un consumo di 458 Mtep nei territori UE nel 2016, gli edifici rappresentano il 41% del consumo energetico annuo [12]; le emissioni di CO₂ legate all'energia degli edifici sono aumentate negli ultimi anni, raggiungendo le 10 GtCO₂, il livello più alto mai registrato [13]. Inoltre, nel 2020 è stato condotto uno studio dal Weizmann Institute of Science

(Israele) sulla produzione di materiale proveniente dall'attività umana rispetto alla biomassa naturale complessiva del pianeta, comparati in termini di massa secca: la massa antropogenica, che recentemente è raddoppiata all'incirca ogni 20 anni, ha superato la biomassa vivente globale [14]. Per tali motivi, il Green Deal Europeo [15] spinge a costruire e rinnovare gli edifici in modo efficiente, riducendo il consumo energetico e lo spreco delle risorse. Difatti, in questo contesto, è fondamentale realizzare edifici che abbiano il minor impatto ambientale possibile durante tutto il loro ciclo di vita, impiegando materiali che minimizzino l'impatto durante la fase produttiva, con un progetto chiaro di riciclabilità o biodegradabilità per il fine vita [16]. La crescente scarsità di risorse e la necessità di diminuire le emissioni legate al trasporto di materiali impongono il ritorno all'impiego di risorse locali che, come nel caso della paglia e del legno, sono disponibili nel territorio in ragione della loro posizione geografica specifica. Inoltre, una strategia è quella di indagare gli scarti di produzioni esistenti nelle zone prese in considerazione per spingere verso una circolarità del loro impiego [17]. In questo senso, i materiali biogenici, oltre ad avere impatti ambientali minori rispetto ai materiali convenzionali, come il calcestruzzo armato e la lana di vetro, provengono da biomasse che ricrescono nel giro di un anno, come quelle agricole, o in 20-100 anni nel caso del legno [18]. La scelta di usare sostanze biogeniche permette dunque di tenere in considerazione la capacità rigenerativa dell'ambiente, oltre allo stoccaggio di CO₂ nella biomassa attraverso la fotosintesi durante la crescita e la ricrescita dopo la raccolta del materiale. Oggi nel mercato europeo e mondiale sono già presenti diversi prodotti per l'edilizia di origine biogenica, impiegati maggiormente per la componente termoisolante; essi infatti presentano ottime proprietà termiche e di regolazione del passaggio dell'umidità, sfruttando la naturale struttura porosa delle fibre biologiche. Alcuni esempi di materiali impiegati sono il legno, la paglia, la lolla di riso (quale scarto di produzione agricola), la fibra di erba, la canapa, la lana di pecora, le fibre di cellulosa, il kenaf ecc. Altri esempi mostrano come una riscoperta dell'architettura vernacolare, ossia derivata direttamente dall'analisi climatica di una determinata area geografica, dei materiali, della geologia e delle tradizioni, sia capace di combinare le pratiche locali con le ultime tecnologie innovative, sfruttando strategie passive per l'efficientamento energetico e il comfort interno, come i componenti edilizi composti da terreni estrusi da stampanti 3D in grado di supportare la germinazione e la crescita delle piante, sviluppati da un gruppo di ricercatori alla UVA's School of Engineering and Applied Science [19][20].

2.2. I centri minori come campo di applicazione sperimentale di materiali sostenibili

Se prima dell'avvento della rivoluzione industriale i materiali da costruzione venivano scelti secondo la loro disponibilità locale e provenivano principalmente da sostanze biogeniche [21], oggi la loro riscoperta è dovuta alla maggiore sensibilizzazione verso i temi ambientali e alla possibilità di ricostruire economie locali laddove una bioeconomia potrebbe rivelarsi fondamentale per il rilancio delle zone rurali e meno industrializzate [22]. Ne consegue il crescente interesse per il ruolo che le aree marginali e i centri minori potrebbero ricoprire nello sviluppo sostenibile nazionale, beneficiando dall'attivazione di nuove economie circolari per l'uso di materiali da costruzione a base biogenica che sfruttino degli scarti naturali di altre produzioni, ad esempio agricole. Spesso infatti le regioni rurali sono caratterizzate da un'elevata disponibilità di risorse biogeniche e dalla produzione di rifiuti di origine naturale provenienti dall'agricoltura e dall'allevamento.

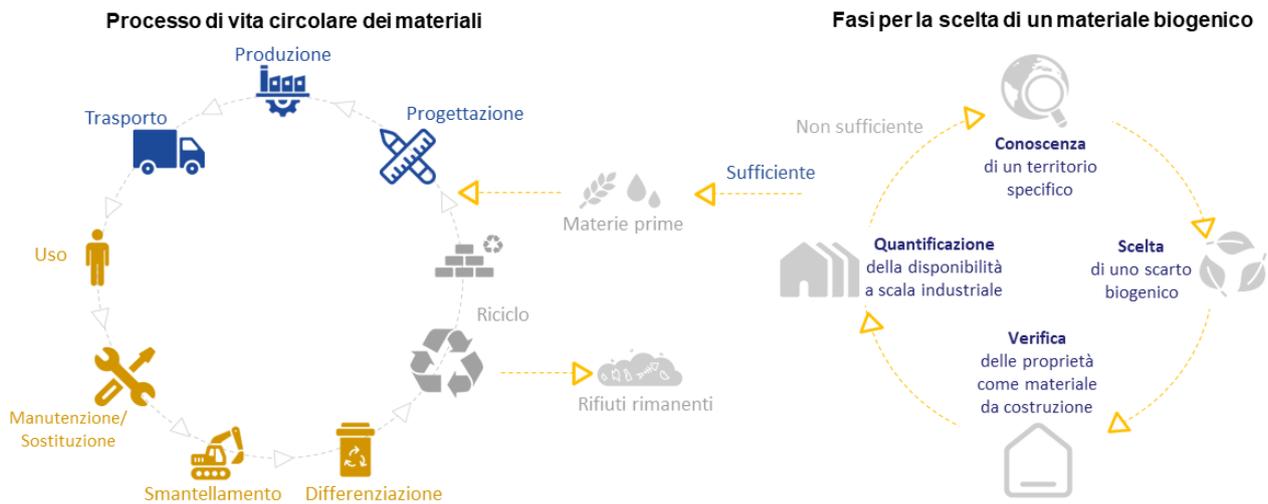


Fig. 1. Processo di vita circolare dei materiali + fasi per la scelta di un nuovo materiale biogenico per l'edilizia. Rielaborazione personale. Fonte: Carcassi, O. B., Paoletti, I., Malighetti, L. E., 2021

Il presente studio si pone l'obiettivo di indagare la promozione di nuove economie circolari che attivino sinergie trasversali legate al settore agroalimentare e della silvicoltura, sfruttando il *Life Cycle Thinking Approach* (LCTA) per ridurre l'uso delle risorse primarie e le emissioni di carbonio, e migliorare al contempo gli impatti socio-economici delle scelte legate alla trasformazione dell'ambiente costruito. Per garantire la competitività sul mercato globale è fondamentale sviluppare modelli economici basati sul riciclo e che non mettano a rischio la biodiversità dell'ecosistema: in tal senso, i nuovi modelli di economia circolare adottano un comportamento simile a quello naturale, dove i rifiuti vengono considerati input per altri processi [23]. Contestualmente, la quarta rivoluzione industriale permette una più agevole gestione dei dati lungo tutta la catena produttiva, facilitando l'accesso alle informazioni e favorendo nuovi modelli di *business* dove agricoltori, autorità locali e produttori di materiali da costruzione sono in grado di accedere ai dati e creare nuove sinergie [24]. Per la promozione di economie circolari risulta dunque più efficace partire dalle caratteristiche del territorio e identificare i residui disponibili secondo una profonda conoscenza del suo funzionamento (Fig. 1).

3. Caso studio

La Valle Spluga è un territorio alpino che costituisce l'estrema propaggine settentrionale della Lombardia verso la Svizzera. In quanto territorio montano, presenta problemi orografici, morfologici e idrologici correlati, ma il fatto di essere un territorio di frontiera, a cavallo delle due polarità economiche e commerciali della Svizzera e della Lombardia, favorisce la possibilità per ogni proposta di intervento di svilupparsi anche in una prospettiva internazionale e multiculturale, che consolida ulteriormente il rapporto e lo scambio tra le diverse comunità europee. L'analisi di questo territorio, condotta attraverso indagini conoscitive, questionari, interviste sul campo, mappature di dati GIS ecc., ha portato allo sviluppo di una visione e di una strategia di rilancio che ha coinvolto i diversi comuni interessati, legandoli attraverso interventi di mobilità sostenibile, riattivazione e incremento di filiere locali e la formazione di centri educativi per il presidio e la valorizzazione del patrimonio esistente. L'obiettivo finale è la creazione di una rete sinergica

formativa, che metta a sistema l'intero patrimonio della Valle Spluga e ne permetta la profonda comprensione, come un'accademia della montagna diffusa e specifica. Nel presente articolo vengono descritte alcune delle strategie sviluppate negli interventi lungo la Valle, grazie alle quali è possibile comprendere l'importanza di una progettazione che muova dalle specificità del territorio, nonché il potenziale strategico delle sue risorse per il rilancio economico.

3.1. Le peculiarità del territorio alla base della strategia

I presupposti ambientali di un progetto strategico possono riguardare le condizioni ecologiche, storiche, morfologiche, climatiche, paesaggistiche, visuali, viabilistiche o trasportistiche oltre che la presenza, l'efficienza, la mancanza o la scarsità di servizi [25]. Delle analisi del territorio si riporta quanto emerso riguardo l'economia e le filiere produttive della Valle Spluga, la quale si presenta ad oggi poco vivace ma con punti di eccellenza in particolari produzioni. Dal programma di sviluppo rurale della regione, la Valchiavenna risulta in zona D, classificata come quella più debole dal punto di vista sociale, economico e territoriale. Analizzando comune per comune, la Valle esprime un'unitarietà di condizioni locali di sviluppo definita dai rapporti relazionali esistenti tra i diversi comuni, a partire dalla centralità di Chiavenna, generando numerosi spostamenti giornalieri. Non mancano produzioni storiche e consolidate, come quella dell'estrazione della pietra ollare, documentata sin dall'età del ferro, per manifatture artistiche e tradizionali; ma anche la produzione storica di birra, diverse attività commerciali antiche, legate soprattutto a prodotti tipici alimentari e la forte presenza dell'industria idroelettrica. L'insieme di tutti i settori presenti a Chiavenna, primo comune della Valle Spluga, costituisce il 42% delle filiere del territorio. Il secondo comune, San Giacomo Filippo, rimane in una posizione marginale nell'economia della Valle, rappresentandone solo il 2%. L'elemento chiave è stato individuato nel settore primario agricolo, spronato soprattutto dal ruolo di attività di presidio e mantenimento del paesaggio rurale. Esempi di produzione boschiva sono i castagneti che costituiscono una storica coltivazione, ma anche gli alpeggi e i maggenghi col bestiame durante i mesi estivi. Altra produzione storica è la tessitura, con la coltivazione e la lavorazione della canapa e del lino e il ciclo dei *cànef*, che sfrutta periodi di coltura a valle e di essiccazione sui pendii. Anche lo sfruttamento delle foreste e il trasporto del legname rappresentano un commercio storico dei mercati della regione, ormai tuttavia quasi abbandonato. Inoltrandosi a nord, a Campodolcino permangono simili filiere storiche, come le cave di estrazione della pietra, la consolidata produzione di energia idroelettrica, la tradizione degli alpeggi e diverse produzioni tipiche. A Madesimo, infine, oltre alla storica industria del forestiero, che vede il 43,3% dell'occupazione, sono presenti ditte di artigianato prevalentemente edilizio e alcune cave di beola ancora attive dove viene estratta la pregiata beola verde, o i travertini di Madesimo e Isola.

In sintesi (Fig. 2), la Valle Spluga appare ricca di cave di estrazione della pietra, affiancata da una consolidata produzione di energia idroelettrica, dalla tradizione degli alpeggi e dalla filiera boschiva, queste ultime due in parte sconvolte da fenomeni di esondazione dei fiumi e di fragilità dei versanti. Determinante risulta perciò la salvaguardia della filiera boschiva e quella delle poche attività agricole e dei caricatori d'alpe, in quanto fondamentali strumenti di presidio e manutenzione del paesaggio rurale, oltre che importanti attività economiche da reddito e di promozione turistica per il valore sociale, storico e culturale che rivestono nel contesto della Valle Spluga. Similmente andrebbero valorizzate le ampie superfici boscate, diffuse con il progressivo ab-



Fig. 2. Mappa della Valle Spluga con i quattro comuni evidenziati e le filiere principali riscontrate – 2020.

bandono delle attività agricole, a partire dal dopoguerra, che, oltre ad avere importanti funzioni ambientali, costituiscono una risorsa economica da sfruttare attraverso la creazione di filiere per la trasformazione dei prodotti agroforestali.

3.2. Sapere locale e materiali naturali per il recupero dei fabbricati esistenti

Il processo di analisi del territorio ha permesso di individuare quegli ambiti di emergenza che richiedono un intervento imminente, al fine di poterli inserire come punti cardine all'interno del progetto di rivalorizzazione della Valle Spluga. Dai Piani di Governo del Territorio dei quattro comuni analizzati sono state individuate tutte le aree di trasformazione urbana con destinazioni d'uso compatibili con la strategia di rilancio territoriale di accademia diffusa; parallelamente sono state mappate le aree dismesse e gli ambiti di degrado, talvolta segnalati direttamente dagli attori locali. Tra le aree selezionate come potenzialmente utili, sono state scelte quelle in grado di rispondere maggiormente agli obiettivi prefissati: il processo di cernita è partito dalla necessità di consumo zero del suolo, dunque dall'esclusione dei terreni attualmente non edificati nelle quali è previsto un processo di nuova costruzione. Tali aree sono state poi classificate tenendo conto di diverse caratteristiche quali proprietà, accessibilità, stato di conservazione degli edifici ecc. Sono stati infine preferiti quegli ambiti maggiormente capaci di innescare la strategia dell'accademia diffusa, moltiplicando le utilità del singolo intervento sul territorio. Alcuni esempi sono il Presidio di Studio e Gestione del Rischio Idrogeologico e dell'Energia Idroelettrica previsto a Campodolcino, un centro di competenza per la gestione del bosco e delle filiere agro-alimentari a San Giacomo Filippo, un laboratorio di innovazione, ricerca e sviluppo della valle e dei territori alpini a Chiavenna (con la funzione di centro di formazione, ricerca e sperimentazione sulla sostenibilità e resilienza e per la ricerca di potenziali economie circolari e l'uso delle energie rinnovabili).

Lo scopo dell'individuazione di nuove funzioni localizzate in nodi strategici del territorio è quello di incentivare azioni di sostegno da parte dei centri di formazione e ricerca per la nascita e il consolidamento di imprese agricole, della filiera agro-forestale, dei prodotti tipici e delle imprese ricettive per mezzo di idee innovative. Il tutto a sottolineare come le risorse necessarie al rilancio della Valle Spluga siano già presenti al suo interno ma necessitino di strategie di valorizzazione.

Alcuni obiettivi specifici della progettazione alla grande scala possono essere così riassunti: riattivazione della filiera agro-alimentare e sviluppo della filiera agrituristica; sviluppo di catene certificate delle risorse locali e naturali e dei prodotti; promozione delle filiere corte; incentivi per l'attivazione di economie circolari dagli scarti di produzioni agricole come materiali da costruzione per il recupero del patrimonio edilizio; incentivazione alla creazione e allo sviluppo di nuove imprese; rafforzamento di un artigianato di qualità; attrazione delle fasce giovanili, per invertire il trend demografico, attraverso la realizzazione di nuovi servizi.

Le forme architettoniche, i materiali adottati e le tecniche costruttive sviluppate costituiscono anch'essi i caratteri identitari di un territorio, rappresentandone il patrimonio costruito e la storia della comunità. In particolare, nel territorio della Valle Spluga sono presenti numerosi *Carden*, tipiche costruzioni usate come dimore, fienili o stalle. Esse sono parte integrante del paesaggio alpino, costituite interamente da materiali naturali e locali quali la pietra e il legno; poggiano infatti su una base in pietra a protezione della struttura lignea sovrastante. La copertura è costituita da un tetto a falde ricoperto da *piode*, lastre grezze di gneiss, mentre la coibentazione da una protezione in muschio. L'origine del nome è da individuarsi nella definizione latina di *opus cardinatum*, una tecnica costruttiva che utilizza travi lignee sovrapposte e incastrate negli angoli. Un'altra costruzione tipica è il Crotto, dal greco *krypta* (grotta): si tratta di cantine naturali caratterizzate da pareti di viva roccia, che grazie ad uno spiraglio fra le rocce nel quale soffia una corrente d'aria a temperatura costante, si mantengono freschi d'estate e tiepidi d'inverno.

Da questi esempi si evince quanto la pietra e il legno rappresentino i materiali principali per la realizzazione delle architetture spontanee nel territorio, prevalentemente applicati in sistemi a secco, tipici dei territori montani e strettamente legati all'abilità dei costruttori. L'uso di materiali naturali e locali è perciò l'approccio che si è scelto nel recupero degli edifici presenti nell'area d'intervento oggetto di approfondimento (Fig. 3).

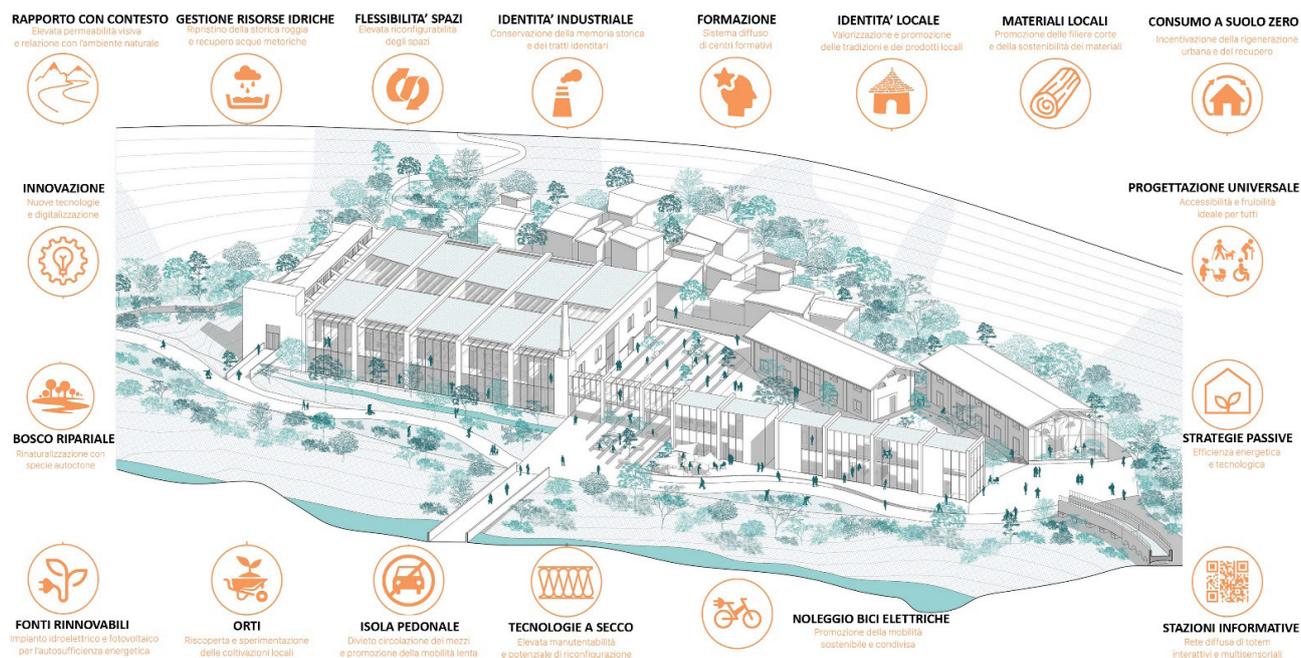


Fig. 3. Assonometria dell'area di intervento approfondita con alcune delle strategie progettuali proposte – 2020.

Si tratta di un'area industriale dismessa a Chiavenna, delimitata dal fiume Mera e dalla montagna, risalente ai primi anni del 1800 e fortemente rimaneggiata nel tempo, passando da cotonificio a produzione di birra. Gli edifici esistenti al suo interno presentano una struttura originale ottocentesca costituita da spesse murature in pietra e calce, che il progetto di recupero ha deciso di conservare con la pietra a vista.

La scelta dei materiali termoisolanti per l'implementazione delle prestazioni residue deriva da un'analisi approfondita delle filiere locali di materiali di origine naturale, derivanti da fibre organiche vegetali o animali, con lo scopo di perseguire gli obiettivi di sostenibilità e circolarità in tutto il ciclo di vita, dell'uso di fonti rinnovabili, dell'assenza di derivati del petrolio o elementi nocivi, riscoprendo al contempo anche tecniche di isolamento del passato. Tra i materiali inizialmente valutati rientrano: la lana di pecora, la cellulosa, il sughero, la canna palustre e il legno. All'interno di questo campione di materiali si è operata un'ulteriore scrematura, basata su differenti parametri analizzando il ciclo vita dei materiali in quel determinato territorio, la quale ha portato alla scelta conclusiva di utilizzare isolanti in fibra di legno. Essi vengono realizzati già a partire da processi di riciclo utilizzando scarti di legname, ricavati dai residui di segherie, lavorazioni e interventi di dismissione.

I vantaggi dei prodotti in fibra di legno risultano numerosi: oltre alle prestazioni termoacustiche, la capacità di accumulo del calore e di sfasamento termico, che contribuisce a mantenere l'ambiente interno nelle sue condizioni ottimali più a lungo. Inoltre, al contrario della cellulosa e della lana di pecora, le fibre di legno così trattate acquistano un'ottima capacità di resistenza a compressione, rendendolo perciò un prodotto molto versatile e applicabile a tutte le differenti unità tecnologiche.

Il legno è stato inoltre scelto per la realizzazione della nuova struttura in x-lam, introdotta all'interno dell'edificio per delimitare i locali e sostenere il relativo solaio interpiano in legno lamellare. Anche per le sottostrutture di sostegno delle contro pareti e delle restanti partizioni divisorie si è optato per degli elementi lignei, mentre per l'intera coibentazione termoacustica degli edifici è stato previsto l'uso di pannelli isolanti in fibra di legno (Fig. 4) di spessori variabili dagli 8 ai 12 cm. Anche per la realizzazione dei sottofondi a secco si è scelto l'uso di questo materiale naturale, in forma di scaglie: il cippato di legno viene rivestito tramite un processo di mineralizzazione sostenibile ed ecocompatibile, privo di addizioni chimiche, al fine di proteggerlo dall'attacco di parassiti, con ottime proprietà di resistenza meccanica, di fonoassorbimento e isolamento termico. Per le finiture interne la scelta si è orientata ugualmente su materiali naturali, ricadendo sull'uso dell'argilla per il suo aspetto e le sue proprietà, quali le capacità di regolazione termica, igrometrica e di fonoassorbimento, oltre a quella di trattenere polvere e odori, mantenendo l'ambiente interno salubre. Come alternativa ai pannelli in cartongesso, il progetto ha previsto l'utilizzo di pannelli preassemblati a secco costituiti da lastre in terra cruda di spessori e pesi ridotti che permettono anche una maggiore manovrabilità in cantiere.

Un altro concetto fortemente radicato nella tradizione dei territori montani e delle loro comunità è quello del riuso: il motto "non si butta via niente" esplica a pieno la cura e l'attenzione, adottata nel passato nei contesti rurali, per l'ottimizzazione dell'uso di materie prime e delle risorse disponibili. In questo modo il concetto di fine vita viene sostituito con quello di riqualificazione. Seguendo questi principi di progettazione, sono stati classificati i materiali di scarto provenienti

dalle sostituzioni o demolizioni di alcuni dei fabbricati presenti nell'area di intervento e ne è stato studiato il nuovo impiego; ad esempio, i tegoli di copertura di un edificio esistente, da dismettersi completamente in quanto sostituiti da un tetto verde, vengono recuperati e riutilizzati come arredo urbano, in qualità di sedute per la piazza antistante, trattandosi di tegoli prefabbricati in appoggio sulla struttura attuale.

3.3. L'importanza delle filiere corte specializzate

L'introduzione e lo sviluppo di economie circolari a livello locale e in aree particolarmente marginali consente ad attori privati quali proprietari di segherie, di imprese legate alla filiera bosco-legno, di attività estrattive e di imprese di costruzioni, di divenire protagonisti attivi della crescita economica della realtà in cui operano, trasferendo il loro bagaglio di saperi ed esperienze al territorio, senza tralasciare il vantaggio in termini di profitto economico [26]. Tali azioni sono inoltre capaci di promuovere efficacemente lo sviluppo di filiere corte specializzate. La filiera corta risulta caratterizzata da un numero limitato e circoscritto di passaggi produttivi e operatori economici, che si impegnano a promuovere la cooperazione, lo sviluppo economico locale e gli stretti rapporti socio-territoriali favorendo il contatto diretto fra il produttore e il consumatore. Essa ha come obiettivo sia la garanzia della qualità dei prodotti e delle loro materie prime, sia la riduzione dei loro costi, costituendo un valido, efficace ed economico sistema di controllo e certificazione di un prodotto, basato sia sull'assenza di intermediazioni e dunque possibili contraffazioni, sia sul rapporto diretto di fiducia che si instaura fra il produttore e il consumatore. Inoltre, rappresenta un'insostituibile risorsa per il territorio in quanto contribuisce attivamente alla sua gestione e manutenzione, oltre a dare vita a prodotti identitari e caratterizzanti il territorio stesso.

La Valle Spluga oggetto di studio è risultata ricca di materie prime locali trasformate in materiali per l'edilizia grazie al lavoro svolto da tante piccole aziende e laboratori storici ancora presenti sul territorio. Tra i più antichi mestieri svolti in questa Valle vi erano quelli legati al taglio, al trasporto e alla lavorazione del legname, condotto a valle tramite apposite vie d'acqua, fino a Lecco, Como e Milano. Diciassette segherie della Valtellina, Valchiavenna, Valcamonica, Valsassina e Alto Lario sono riunite ad oggi nel "Consorzio Legno Alta Lombardia", il quale promuove la crescita delle stesse, in un clima di condivisione, sviluppando strategie comuni a tutela dei loro interessi e del territorio. Il Consorzio istituisce inoltre corsi di formazione per stimolare la crescita di figure professionali e soddisfare nel contempo l'offerta d'impiego del settore, promuovendo una gestione sostenibile e attenta del patrimonio forestale locale. Tra i progetti in cantiere vi è l'idea di realizzare un impianto di legno ingegnerizzato, per la produzione di travi lamellari e pareti x-lam, al fine di portare crescita e sviluppo, oltre che innovazione [27].

Altre attività storica è l'estrazione e la lavorazione della pietra: da essa si ricavavano delle pregiate lastre utilizzate soprattutto per i manti di copertura. Da alcuni decenni la maggior parte delle cave sono state chiuse, rimanendo attive solo quelle di Splughetta e di Isola, dalle quali viene estratta la pregiata beola verde, chiamata Verde Spluga, lavorata da alcune aziende presenti sul territorio, individuate come fornitori per alcuni rivestimenti interni ed esterni dell'intervento in oggetto.

3.4. Tecnologie resilienti a secco

Riqualificare e ristrutturare significa essere capaci di valorizzare gli edifici oggetto dell'intervento nel rispetto dell'esistente e dei suoi elementi costituenti, ma anche riuscire a massimizzare il comfort interno con particolare attenzione alla sostenibilità ambientale, economica e sociale delle scelte, prediligendo l'adozione di tecnologie costruttive adattabili nel tempo. Le tecniche stratificate rappresentano un'ottima risposta a questi requisiti, permettendo una maggiore capacità di adattabilità del sistema: se ben progettati, i componenti risultano infatti facilmente sostituibili, sia in caso di guasto sia per adattarsi alle esigenze, mutevoli nel tempo, legate a cambi di funzione, distribuzione, nonché all'adeguamento a requisiti prestazionali crescenti degli elementi di involucro. Questi sistemi offrono importanti vantaggi anche a fine vita e nelle fasi di dismissione degli edifici: grazie infatti alle connessioni meccaniche reversibili, le operazioni di demolizione consistono per lo più in interventi di smontaggio, anche selettivo, delle varie componenti, le quali possono essere in questo modo facilmente recuperate e riusate o riciclate. La leggerezza che caratterizza i sistemi a secco comporta vantaggi pratici in fase di realizzazione relativi alla movimentazione in cantiere, minimizzando i tempi di costruzione e migliorando la logistica in caso di cantieri con difficoltà di accesso. Il legno può essere assemblato tramite giunzioni semplici interamente in legno in componenti prefabbricati, dando origine a intere pareti, composte da telai lignei, isolanti e relativi rivestimenti, o elementi ingegnerizzati come l'*x-lam* e il legno lamellare. Nel caso studio, si è dunque scelto di operare sui fabbricati esistenti con i suddetti sistemi prefabbricati a secco in legno, realizzando la struttura interna del nuovo interpiano in l'*x-lam* sia per gli elementi verticali che orizzontali. Per tutte le altre partizioni sono state adottate invece pareti a telai lignei prefabbricati. Queste scelte hanno permesso la completa e amplificata rifunzionalizzazione dei capannoni mediante l'introduzione di una nuova struttura indipendente da quella preesistente, costituita dalle murature perimetrali in pietra, operando sia in rispetto dell'esistente sia a favore di sicurezza, evitando di aggravare con ulteriori carichi la struttura originaria in pietra (Fig. 4).

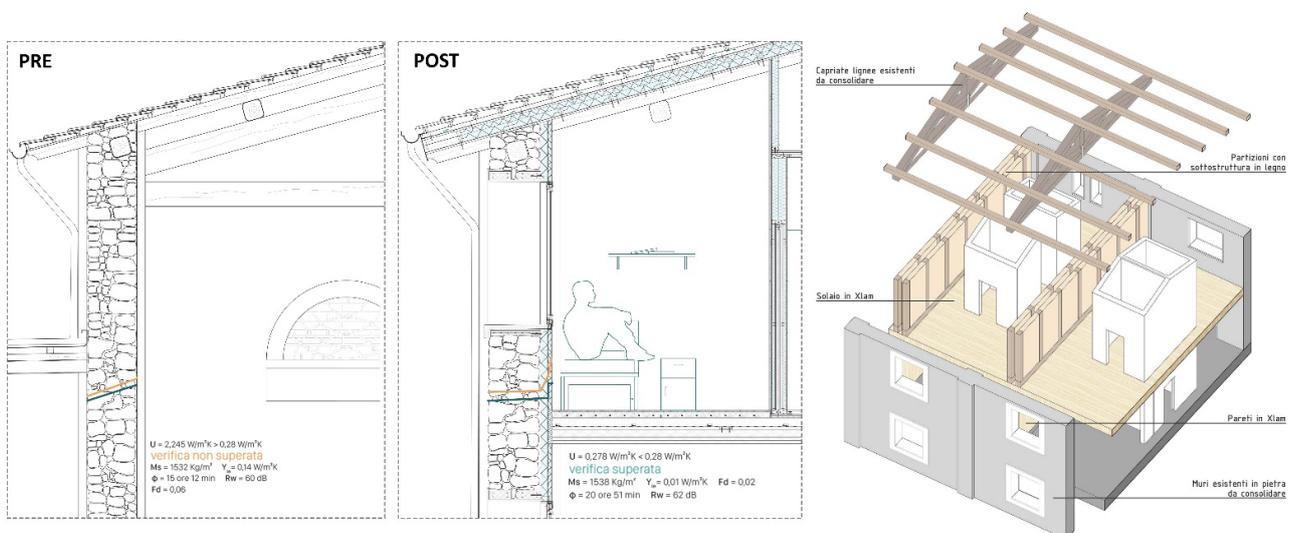


Fig. 4. Sezioni tecnologiche stato di fatto e di progetto tra chiusura verticale e inclinata, con stratigrafie a confronto e relative prestazioni; esploso assometrico dell'intervento di una porzione di fabbricato; – 2020.

3.5. Il recupero del mini impianto idroelettrico e l'autosufficienza dell'area

Le linee guida che hanno condotto la progettazione sono suddivise in tre macro fasi: riduzione, attraverso l'utilizzo di strategie passive per il comfort interno per minimizzare il fabbisogno energetico; ottimizzazione, ricorrendo all'utilizzo di sistemi di climatizzazione altamente efficienti e controllati da sistemi digitali avanzati per massimizzare l'efficienza del sistema edificio-impianto; neutralità del ciclo di vita, dalla scelta di materiali naturali a filiera corta, al controllo delle emissioni nella fase di utilizzo dell'edificio, grazie al ricorso alle fonti energetiche rinnovabili e l'implementazione della qualità della vegetazione e della biodiversità dell'area.

Si è optato per un *all-electric building*, sfruttando esclusivamente impianti ad energia elettrica, con UTA equipaggiate di recupero di calore e sistemi ad alta efficienza di filtrazione. L'obiettivo è stato quello di garantire l'utilizzo esclusivo di fonti rinnovabili per coprire i consumi energetici residui. La scelta di impiegare l'energia idroelettrica, oltre ad essere la fonte primaria di energia della Valle Spluga, deriva dalle specificità dell'area d'intervento, nella quale è possibile recuperare un mini impianto idroelettrico già esistente e che storicamente assicurava l'autosufficienza energetica della fabbrica.

Lo scenario studiato prevede la generazione energetica termo-frigorifera ad acqua e anello di reintegro. Si è ipotizzato l'impiego dell'acqua prelevata dal canale esistente interno all'area come fluido termo-vettore in ingresso nella pompa di calore acqua-acqua. Gli impianti di condizionamento ad anello d'acqua sono basati sull'impiego di apparecchiature autonome funzionanti a pompa di calore acqua-acqua, tramite un anello composto da due sole tubazioni, una di andata e una di ritorno dell'acqua. Quest'ultima funge da fluido termovettore per il trasporto dell'energia termica e/o frigorifera alle varie apparecchiature, con possibilità di recupero del calore. Quando i carichi di raffreddamento e quelli di riscaldamento si eguagliano, il sistema risulta auto-bilanciarsi, non richiedendo consumo di energia per il suo funzionamento, se non per l'azionamento delle pompe per la circolazione dell'anello.

Il riscaldamento e il raffrescamento, nonché il controllo della ventilazione e dell'umidità degli ambienti, vengono interamente demandati all'impianto a tutt'aria a portata variabile (*variable air volume*, VAV), che prevede l'immissione di aria con temperatura costante e portata variabile in funzione dei carichi termici delle zone servite. Una volta definite tutte le strategie passive e i pacchetti tecnologici, si è proceduto con la modellazione energetica dell'edificio, al fine di verificare quanto ipotizzato e la conformità alle normative nazionali e regionali, utilizzando il software Edilclima EC700, in grado di eseguire il calcolo regolamentare (verifiche di legge e APE), oltre che il calcolo della potenza estiva in regime dinamico.

L'impianto fotovoltaico è stato dimensionato seguendo le prescrizioni da Decreto Ministeriale del 3 marzo 2011, secondo cui si è dedotta la potenza elettrica minima da installare. Il software Edilclima ha restituito il fabbisogno di energia invernale ed estiva, estrapolando i valori di fabbisogno elettrico in entrata per l'impianto di riscaldamento, raffrescamento e per l'illuminazione. Viene riportato un diagramma in cui si registrano mese per mese i consumi di energia dell'edificio così suddivisi e vengono comparati con la produzione di energia dell'impianto fotovoltaico, evidenziando in grigio la rimanente domanda di energia, input necessario al dimensionamento dell'impianto idroelettrico (Fig. 5).

Ad oggi, Valtellina e Valchiavenna sono responsabili della produzione del 50% dell'energia idro-

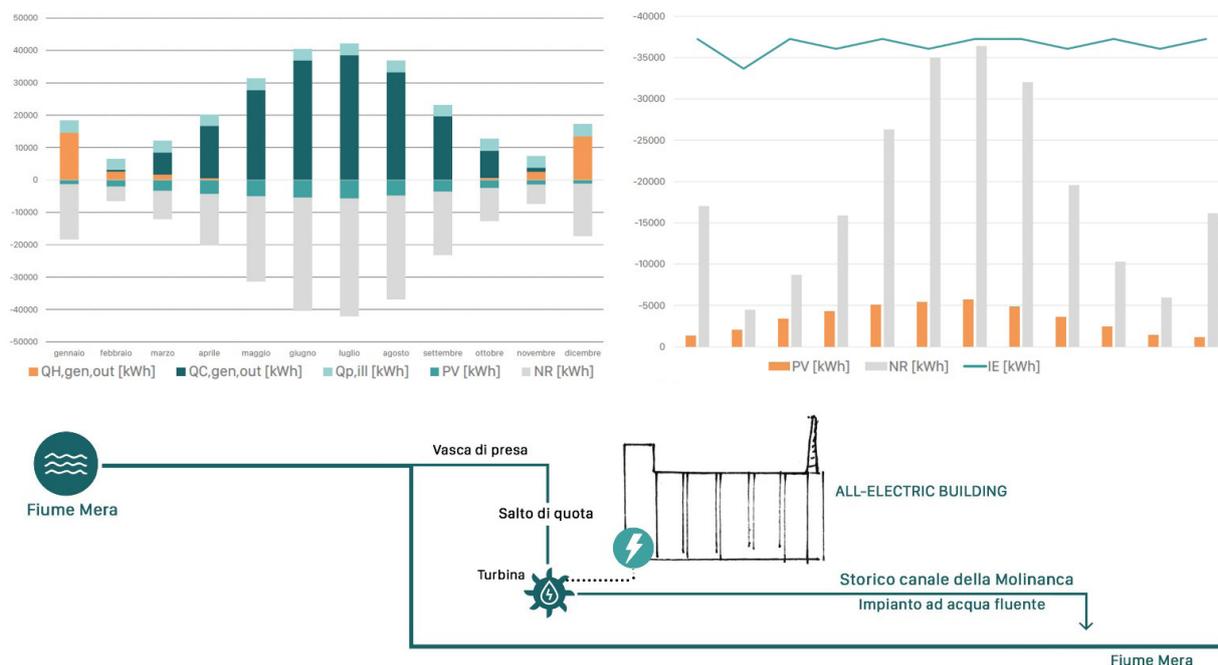


Fig. 5. Fabbisogno annuale espresso in mesi dell'edificio principale dell'intervento paragonato alla produzione dell'impianto fotovoltaico; fabbisogno residuo da coprire con la produzione dell'impianto idroelettrico; schema semplificato del funzionamento dell'impianto idroelettrico recuperato nell'area – 2020.

elettrica di tutta la Lombardia, con un fatturato dell'idroelettrico oltre i 250 milioni all'anno nella sola provincia di Sondrio. Lo storico canale della Molinanca, condotta di derivazione dell'acqua del fiume Mera, ha permesso per secoli l'approvvigionamento di forza motrice di importanti ditte manifatturiere sorte qui nell'Ottocento. Il cotonificio Amman di Chiavenna nel 1883 fu il primo nella provincia di Sondrio ad installare un generatore elettrico azionato idraulicamente per illuminare lo stabilimento.

Il canale storico, dopo la presa, corre per una lunghezza di circa 90 metri con pendenza del 2% fino ad un serbatoio munito di sfioratore, scaricatore e presa per la storica turbina Girard, con salto netto di 6,30 m. Successivamente il canale continua, in parte incassato in terra e in parte sopraelevato, per poi azionare una seconda turbina.

Nel progetto sviluppato si prevede il recupero della prima parte dell'impianto, riattivando il suo funzionamento storico con il minimo intervento, così da ridurre l'impatto e il costo (Fig. 5). È importante sottolineare che la presa principale, essendo a livello dell'alveo, non si inoltra in esso, così da non intaccare il fiume nel suo andamento. Oltre alle prescrizioni per la bonifica del canale, si è valutata la scelta della turbina, al fine di rimodulare la portata d'acqua da richiedere in concessione. L'intento è quello di diminuire la portata in base all'effettiva domanda di energia elettrica del nuovo progetto, onde modificare il meno possibile il regime idraulico del fiume stesso. L'impianto è del tipo ad acqua fluente, che parte da una vasca di presa a monte a sfioro sull'alveo del fiume, con paratoie di regolazione della portata in ingresso. La vasca di presa permette di attuare un processo di decantazione dei residui solidi, e termina con una soglia sfiorante sul salto di quota da cui parte la tubazione forzata azionante la turbina. Il successivo canale all'aperto prosegue con

una pendenza dell'1% affiancando la nuova facciata dell'edificio principale dinnanzi una collina verde per poi interrarsi. Si prevedono impianti di re-immissione controllata nel fiume Mera.

La scelta della quantità di portata da chiedere in concessione è stata dettata primariamente dal grafico che riporta la domanda di energia residua, sottraendo l'energia offerta dai pannelli fotovoltaici (Fig. 5). L'impianto micro-idroelettrico è stato dimensionato con riferimento a tale valore massimo, nell'ipotesi di garantire la totale copertura della domanda con tale sistema. Poiché un impianto di tal genere consente di produrre energia pressoché continua sia nell'arco delle 24 ore sia nel corso dell'anno, con modeste variazioni in base alla portata del fiume, si prevede di realizzare un impianto misto con parziale stoccaggio sul posto (batterie di stoccaggio non superiori a 3kW) e cessione alla rete comunale della rimanente parte di energia prodotta in eccesso, per gli edifici adiacenti e le stazioni di ricarica per mezzi di trasporto elettrici. In particolare si prevede la distribuzione primariamente alle scuole pubbliche presenti nelle vicinanze dell'area, a sottolineare la funzione cardine del centro di formazione e l'importante servizio fornito alla comunità. La scelta della turbina dell'impianto è basata principalmente sulla portata d'acqua media nota, ridotta a 1 m³/s rispetto a quella storica, e sul salto di quota di 6,30 m. La variabilità della portata e la relativamente modesta potenza richiesta, suggeriscono di progettare una macchina che sia parzializzabile e quindi una turbina ad azione (tipo Turgo). La scelta è ricaduta su un piccolo motore asincrono collegato tramite un moltiplicatore di giri, che evita sforzi meccanici dalla turbina applicati all'albero generatore, poiché normalmente vengono assorbiti da esso. L'energia media annuale prodotta da un impianto viene espressa in M kWh; tale grandezza è ricavata moltiplicando la potenza corrispondente alla portata media per il numero di ore in un anno (8760) = 430679,7 M kWh.

4. Conclusioni

La conoscenza del contesto rurale e locale fornisce una comprensione unica e profonda della cultura, della storia e delle tradizioni che influenzano la progettazione in ambiti specifici, suggerendo una progettazione integrata e coerente con il contesto e il paesaggio circostante. Inoltre, aiuta a sviluppare soluzioni sostenibili e resilienti alle sfide ambientali e climatiche locali, come la gestione delle acque, la conservazione dell'energia e la protezione della biodiversità. Questo contribuisce a creare comunità più eque e sostenibili e a preservare le tradizioni culturali e le conoscenze locali.

La ricerca prefigura una visione dell'architettura in termini olistici, capace di connettersi e porsi in una stretta relazione di interscambio con il contesto e il territorio in cui essa si insedia, attraverso i suoi spazi, i materiali e i componenti.

Il lavoro qui presentato si propone di indagare un processo replicabile e multi scalare da attivare nei diversi contesti rurali montani per individuare la migliore strategia di recupero del patrimonio costruito che sia specifica per ogni territorio, avvalendosi dell'implementazione o della riattivazione di filiere corte specializzate in materiali naturali. Sono state avanzate proposte di rilancio per il caso studio ubicato nel territorio alpino lombardo, suggerendo una strada da percorrere per dare nuovamente valore e importanza all'architettura e al sapere locale quale strumento di rinascita per questi territori.

Riferimenti bibliografici

- [1] Mariani L, Mancini MP. Centri storici minori. Indagine metodologica. Bulzoni, Roma, 1981.
- [2] Malighetti LE, Colucci A. Strategies for small town centers regeneration: proposal for Mondonico Village. In: Fiore P e D'Andria E, STC2019 Small towns ... from problem to resource. Sustainable strategies for the valorization of building, landscape, and cultural heritage in inland areas. Book of abstract, Small Towns Conference 2019, University of Salerno, Fisciano, Italy, 19-20 September 2019, CUA Cooperativa Universitaria Athena, Fisciano, 1-10.
- [3] Malighetti LE. Metodi e strategie per il recupero nuclei storici minori. Architettura tra tradizione e innovazione: il caso Svizzero di Wespi de Mueron Romeo Architetti. *Techne* 12, Firenze, 2016, 112-121.
- [4] Malighetti LE, Colucci A. Strategies for small town centres regeneration: proposal for Mondonico Village. STC 2019 – International Conference, University of Salerno, 19-20 September 2019.
- [5] Speciale F, Malighetti LE, Grecchi M. Strategies for rural settlements and marginal areas regeneration: multiscale and multidisciplinary approach for a systemic process, Xth ReUSO Edition | Documentation, Restoration and Reuse of Heritage, Porto, 2022.
- [6] Si veda: <https://www.liberisogni.org/progetti/lub/>, ultima consultazione: 10/12/2022
- [7] Si veda: <https://www.montagneinrete.it>, ultima consultazione: 10/12/2022
- [8] Si veda: <https://www.unimontagna.it/>, ultima consultazione: 10/12/2022
- [9] Si veda: <http://www.parcoappennino.it/pagina.php?id=238>, ultima consultazione: 10/12/2022
- [10] Si veda: <http://www.progettoborca.net/progetto/>, ultima consultazione: 10/12/2022
- [11] Si veda: <http://www.parcoculturalealtalanga.org/>, ultima consultazione: 10/12/2022
- [12] Rousselot M, Pollier K. Energy efficiency trends in buildings. *Odyssee-Mure, Policy Br.*, June 2018, 1-4.
- [13] ESA 2010. Emissions of greenhouse gases and air pollutants from final use of CPA08 products – input-output analysis, 2017.
- [14] Elhacham E, Ben-Uri L, Grozovski J, Bar-On YM, Milo R. Global human-made mass exceeds all living biomass. *Nature* 588(7838), Rehovot, 2020, 442-444.
- [15] European Commission. The European Green Deal, COM(2019) 640 Final Commun. (2019) 47-65.
- [16] Dritsas S, Vijay Y, Dimopoulou M, Sanadiya N, Fernandez JG. An Additive and Subtractive Process for Manufacturing with Natural Composites. In: Willmann J, Block P, Hutter M, Byrne K, Schork T (eds). *Robotic Fabrication in Architecture, Art and Design 2018*. ROBARCH 2018. Springer, Cham.
- [17] European Commission, Circular economy: Closing the loop. From waste to resources, 2015.
- [18] Pittau F, Krause F, Lumia G, Habert G. Fast-growing bio-based materials as an opportunity for storing carbon in exterior walls. *Build. Environ.* 129: 117-129, 2018.
- [19] Barnes S., Kirssin L., Needham E., Baharlou E., Carr D. E., Ma J., 3D printing of ecologically active soil structures, *Additive Manufacturing*, vol. 52, p. 102670, apr. 2022.
- [20] Carcassi OB, Paoletti I, Malighetti LE. Catalogo ragionato dei prodotti biogenici in Europa. Una visione anticipatoria tra potenzialità tecniche e disponibilità. *TECHNE – Journal of Technology for Architecture and Environment*, Firenze University Press, 22, 2021.
- [21] Piesik S. *Habitat: Vernacular Architecture for a Changing Planet*. London, 2017.

- [22] European Commission. A sustainable Bioeconomy for Europe: strengthening the connection between economy, society and the environment Updated Bioeconomy Strategy, 2018.
- [23] Ellen MacArthur Foundation. The Circular Economy Concept – Regenerative Economy, 2017.
- [24] Massarutto A. Un mondo senza rifiuti? Viaggio nell'economia circolare. Il Mulino, 2019.
- [25] Palazzo D. Urban Design, Un processo per la progettazione urbana. Mondadori, Pomezia, 2008, 41.
- [26] Origgi G, Gelmini A. Cultura del costruire e dell'abitare in Valtellina. Ersaf, 2015, 51
- [27] Si veda: <http://ecomuseovallespluga.it/>, ultima consultazione: 10/12/2022