



GALILEO

Rivista di informazione, attualità e cultura degli Ingegneri di Padova

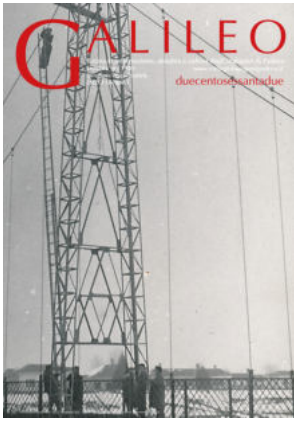
Fondata nel 1989

Direttore responsabile

ENZO SIMIERO

www.collegioingegneripadova.it

duecentosessantadue



Anno XXXIV
n. 262
Novembre-Dicembre
2022

In copertina: Passerella Benetti a Padova Operazioni di collegamento dei pendini alla fune principale. Opera di Giorgio Romaro

Direttore responsabile Enzo Siviero • **Condirettore** Giuliano Marel-la • **Vicedirettore**, Michele Culatti • **Editore** Collegio degli Ingegneri della Provincia di Padova, Piazza G. Salvemini 2, 35131 Padova, tel-fax 0498756160, e-mail segreteria@collegioingegneripadova.it, www.collegioingegneripadova.it, P.IVA: 01507860284. **Presidente** Fabio Tretti • **Stampa** Berchet. Ingegneria di stampa - Padova- Via Scrovegni, 27 - 35131 • La rivista è pubblicata on-line nel sito: www.collegioingegneripadova.it • **Autorizzazione Tribunale di Padova** n. 1118 del 15 marzo 1989 • **Comitato di redazione** Adriano Bisello, Alessia Mangialardo, Valentina Antonucci, Rubina Canesi • **Coordinamento editoriale** Rinaldo Pietrogrande • **Corrispondente da Roma** Patrizia Bernadette Berardi • **Avvertenze** La Direzione non si assume alcuna responsabilità per eventuali danni causati da informazioni errate. Gli articoli firmati esprimono solo l'opinione dell'autore e non impegnano in alcun modo né l'editore né la redazione • **Tutela della privacy** i nominativi inseriti nella nostra mailing list sono utilizzati esclusivamente per l'invio delle nostre comunicazioni e non sarà ceduto ad altri in virtù del nuovo regolamento UE sulla Privacy N. 2016/679. Qualora non si desidera ricevere in futuro altre informazioni, si può far richiesta all'editore, Collegio degli Ingegneri di Padova, scrivendo a: segreteria@collegioingegneripadova.it

• Norme generali e informazioni per gli autori: Galileo pubblica articoli di ingegneria, architettura, legislazione e normativa tecnica, attualità, redazionali promozionali • Rivista scientifica ai fini dell'Abilitazione Scientifica Nazionale per le aree CUN 08 e 11. Referenti Aree CUN Francesca Sciarretta (Area 08), Marco Teti (Area 10), Enrico Landoni e Martina Pantarotto (Area 11), Carlo Alberto Giusti (Area 12)

• **Note autori:** i testi degli articoli forniti in formato digitale non impaginato e privi di immagini devono contenere: titolo dell'articolo; sottotitolo; abstract sintetico; nome e cognome dell'autore/i; titoli accademici/carica/ruolo/affiliazione e eventuale breve Curriculum professionale dell'autore/i (max 60 parole); note a piè di pagina; indicazione nel testo della posizione dell'immagine; bibliografia (eventuale). Didascalie delle immagini in formato digitale con file separato. Per gli articoli il numero orientativo di battute (compresi gli spazi) è circa 15.000 ma può essere concordato. Le immagini, numerate, vanno fornite in file singoli separati dal testo in .jpg con definizione 300 dpi con base 21 cm; non coperte da Copyright, con libera licenza o diversamente, accompagnate da liberatoria e in ogni caso con citazione della fonte. Trasmissione: gli articoli vanno trasmessi michele_culatti@fastwebnet.it e a enzo.siviero@esap.it e se il materiale supera i 10MB si chiede di trasmetterlo agli stessi indirizzi con strumenti di trasmissione telematica che consentano il download di file di grandi dimensioni. Le bozze di stampa vanno confermate entro tre giorni dall'invio.

L'approvazione per la stampa spetta al Direttore che si riserva la facoltà di modificare il testo nella forma per uniformarlo alle caratteristiche e agli scopi della Rivista dandone informazione all'Autore. La proprietà letteraria e la responsabilità sono dell'Autore. Gli articoli accettati sono pubblicati gratuitamente.

• Iscrizione annuale al Collegio, aperta anche ai non ingegneri: 10,00 € per gli studenti di Ingegneria, 20,00 € per i colleghi fino a 35 anni di età e 35,00 € per tutti gli altri. Il pagamento può essere effettuato con bonifico sul c/c IBAN IT86J076011210000010766350 o in contanti in segreteria.

Contenuti

Editoriale

Enzo Siviero 8

L'ingegneria padovana della metà del Novecento raccontata in tre passerelle sospese

Chiara Romaro 9

Enzo Siviero "Ingegnere tra gli architetti"

Chiara Scanagatta 17

Per chi governa, un invito all' ascolto

Prefazione al libro: *MOVIN' TO THE FUTURE.*

Globalizzazione e infrastrutture. Visioni da Sud. 19

Le prospettive di rilancio del Porto di Venezia Resoconto convegno del 4 Novembre

Collegio degli Ingegneri di Venezia 20

Valorizzare il paesaggio attraverso il governo del territorio: analisi e prospettive dell'area Malamocco - Alberoni del Lido di Venezia

Beatrice Mamprin 22

Gesualdo Bufalino tra angoscia e paradosso

Sandra Vita Guddo 27

Enrico Bernardi

Lucio Voltolina 29

Un nuovo sistema costruttivo a secco in legno per strutture temporanee.

Progettare nuovi edifici

per preservare il patrimonio ambientale

Chiara Scanagatta, Laura Giamosa 33

Antropocene

Quale il suo futuro andamento?

Titti Brunori Zezza 40

There is no climate emergency

Report sul ghiacciaio del Calderone

Davide Peluzzi 42

Il Ponte di Bobbio

Erina Ferro 47

Riccardo Morandi e l'Arte del costruire

Alessandra Pasqua 49

UniZEB, il primo Living Lab sugli Zero Energy Building dell'Università di Padova

Un progetto universitario multidisciplinare e permanente volto alla progettazione e costruzione di un innovativo Living Lab

tramite un approccio di experimental learning
Silvia Cunico 57

Il Museo Didattico di Storia

dell'Informatica di Padova

Da virtuale a reale... quando?

Antonio Tringali 61



Un nuovo sistema costruttivo a secco in legno per strutture temporanee

Progettare nuovi edifici per preservare il patrimonio ambientale

Chiara Scanagatta
Laura Giamosa

Nel contesto italiano, dove la riduzione del consumo di suolo e la conservazione del patrimonio ambientale sono entrambi obiettivi importanti, nuovi sistemi costruttivi quali quelli a secco possono fornire soluzioni in grado di rispondere a tali esigenze e alla gestione consapevole del ciclo di vita degli edifici.

Muovendo da questa premessa, l'articolo presenta un progetto di ricerca che ha sviluppato un sistema costruttivo a secco in legno secondo i principi del *design for adaptability* e del *design for disassembly*, permettendo così il suo successivo riuso sia in elementi sia in moduli, adattandoli anche a destinazioni d'uso differenti. Il progetto di ricerca ha utilizzato come caso studio il Villaggio Olimpico per le Olimpiadi Invernali 2026 a Cortina (Italia) che, secondo le linee guida di progettazione, dovrebbe essere completamente decostruito alla fine dei Giochi per ripristinare il paesaggio naturale.

Il contributo, dunque, descrive le fasi che hanno portato a definire un sistema costruttivo basato sul sistema *platform frame*, implementato in opera attraverso *field factory*, e contraddistinto da tre caratteristiche principali: l'assemblaggio costruttivo completamente in loco, la sua completa reversibilità e la possibilità di riutilizzare la struttura ricomponendola in maniera anche differente per altre funzioni.

L'articolo, a seguito dell'analisi dello stato attuale che porta alla necessità di strutture a secco, tratta gli aspetti tecnici necessari per sviluppare un nuovo sistema costruttivo che presenti elementi e unità funzionali assemblabili in loco che non abbiano necessità di getti di fondazione.

In conclusione, si espongono le simulazioni di applicazione del sistema costruttivo sviluppato sia per il caso studio di Cortina, con lo sviluppo del progetto del Villaggio Olimpico, sia con un'ipotesi di riassetto delle unità funzionali per realizzare la struttura della comunità terapeutica residenziale protetta dell'Ospedale di Belluno.

Introduzione

Un suolo in condizioni naturali procura al genere umano tutto il necessario per il proprio sostentamento. Esso, infatti, fornisce l'approvvigionamento delle materie prime, preserva gli habitat e la biodiversità e regola il clima, l'erosione del terreno e la qualità dell'acqua, aiutando a mitigare i fenomeni idrogeologici estremi che, sempre più spesso, colpiscono la terra (APAT, 2008). Allo stesso tempo è anche una risorsa fragile che viene spesso trascurata e di cui ne vengono sottovalutati gli effetti derivanti dalla perdita delle sue funzioni (APAT, 2008). Secondo l'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) i processi di rigenerazione dei suoli sono rari, complessi e richiedono notevoli apporti di energia e tempi lunghi per ripristinare le condizioni intrinseche del suolo prima della sua antropizzazione.

Inoltre, sia la Comunità Europea sia le Nazioni Unite incoraggiano la tutela del suolo, dell'ambiente e del paesaggio e riconoscono il valore del capitale naturale, tanto da porsi come obiettivo l'azzeramento del consumo di suolo netto* entro il 2050. Nel 2015, inoltre, l'Agenda Globale per lo sviluppo sostenibile delle Nazioni Unite (UN, 2015) ha definito gli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (*Sustainable Development Goals* – SDGs) e ha stabilito dei *target* per il loro raggiungimento. Tra questi ve ne sono alcuni relativi alla difesa del territorio e del suolo che devono essere integrati nei programmi nazionali a breve e medio termine per poter raggiungere quanto auspicato entro il 2030. Tra gli obiettivi promossi vi è sia (i) assicurare che il consumo di suolo non superi la crescita demografica (SDG 11.3.1) sia (ii) permettere l'accesso universale a spazi verdi e spazi pubblici sicuri, inclusivi e accessibili, e raggiungere un *land degradation neutral world*, quale elemento essenziale per mantenere le funzioni e i servizi ecosistemici (SDG 15.3.1).

Risulta quindi necessario iniziare a modificare il modo in cui ci si appropria alle nuove costruzioni ad uso temporaneo e per eventistica, optando per sistemi costruttivi reversibili che rendano possibile ripristinare lo stato dei luoghi, per tornare al punto di partenza "senza lasciare tracce" (Martinez et al, 2013).

Per testare quanto ipotizzato si è utilizzato un caso studio: il bando per il Villaggio Olimpico di Cortina per i Giochi invernali Milano-Cortina 2026. Le prescrizioni previste dal dossier Olimpico indicano infatti che quanto edificato debba essere completamente smontato alla fine dei Giochi e donato alla protezione civile per poi essere riutilizzato in caso di emergenza. Il Comitato Olimpico ha disposto che il Villaggio sorga a Fiammes, località di Cortina d'Ampezzo, all'interno di un'area pubblica di 9 ettari a 1.293 m.s.l.m., un tempo occupata dall'aeroporto Sant'Anna di Cortina. L'area di alloggi e servizi per le squadre olimpiche dovrà essere costituita da 25 edifici a due piani composti da moduli temporanei,

* Con consumo di suolo netto si intende l'incremento della copertura artificiale del suolo valutato attraverso il bilancio tra il consumo di suolo e l'aumento di superfici agricole, naturali e seminaturali dovuto a interventi di recupero, demolizione, deimpermeabilizzazione, rinaturalizzazione o altre azioni in grado di riportare il suolo consumato in un suolo in grado di assicurare i servizi ecosistemici forniti da suoli naturali (ISPRA, 2022).

con una possibile espansione in altezza. Gli edifici dovranno essere dotati di camere singole e doppie, con bagno privato, che andranno ad accogliere circa mille persone tra atleti e tecnici. Oltre alla funzione residenziale si dovranno prevedere i seguenti servizi: uffici per i comitati olimpici, mensa per le delegazioni, mensa per gli impiegati, policlinico, centro di sicurezza e controllo, spazi ricreativi, media center, piazza olimpica con bar, parrucchiere, supermercato e altri servizi annessi. L'area identificata è prevalentemente pianeggiante e risulta delimitata ad ovest dal torrente Boite e ad est da un bosco: è ancora presente traccia della vecchia pista d'atterraggio per mezzi leggeri lunga circa un chilometro. L'entità dei lavori necessari sarà legata esclusivamente alla preparazione del suolo per ospitare le strutture temporanee, con un impatto minimo sul paesaggio esistente. Gli impianti idrici e fognari temporanei saranno collegati alle reti esistenti.

Muovendo da queste premesse, ci si è posti come obiettivo della ricerca lo sviluppo di un sistema costruttivo a secco che seguisse i principi del *design for adaptability* e del *design for disassembly* (Askar et al, 2022; RIBA, 2021), e che permetta il ripristino dei luoghi finito il suo utilizzo. Perché ciò avvenga è stato necessario stabilire dei requisiti che consentano a tale sistema di essere effettivamente reversibile:

- assemblaggio a secco senza l'utilizzo (o con un ridotto uso) di leganti in opera;
- uso di fondazioni che siano facilmente smantellabili o che possano essere successivamente riutilizzate per altri scopi;
- scelta di materiali idonei al riutilizzo e riciclabili;
- attenta progettazione del fine vita dell'edificio per consentire uno smontaggio, e ripristino dei luoghi, quanto più agevole possibile.

Il sistema costruttivo a secco in legno

Data la volontà di preservare ambiente e paesaggio con soluzioni di progetto reversibili, si è scelto di progettare il nuovo sistema costruttivo a secco in legno, optando preferibilmente per filiere a km zero e certificate. Un esempio è la filiera certificata PEFC, che promuove l'acquisto a un prezzo "equo" di le-

gname proveniente dagli schianti causati dalla tempesta "Vaia" che il 26/10/2018 ha colpito la zona del Nord-Est Italia. Le strutture a telaio in legno vengono scelte in architettura per la loro leggerezza, rispetto a quelle in acciaio, oltre che per la facilità e velocità di montaggio e il costo inferiore. Il legno, utilizzato come sistema costruttivo a telaio, permette di raggiungere ottime capacità isolanti sia termiche sia acustiche con spessori ridotti: questo è possibile poiché vi è libertà di scelta dei materiali di tamponamento. Una struttura lignea presenta inoltre un'ottima resistenza sismica grazie alla capacità del materiale di dissipare le spinte sismiche. Considerando le lavorazioni per la produzione del così detto "legno ingegnerizzato", il processo industriale di realizzazione dei pannelli lignei emette quantità ridotte di CO2 rispetto alla produzione di altri materiali, con un maggior rispetto ambientale (Benjamin, 2017; Jin et al, 2020; Ruby and Ruby, 2010).

Questa attenzione nella scelta di materiali sostenibili, naturali e riciclabili per le strutture portanti è stata poi riproposta anche per i restanti componenti del sistema costruttivo. Dove possibile si è scelto di riutilizzare i materiali di scarto come nel pacchetto del pavimento che prevede l'uso di un sottofondo a secco in scaglie di legno mineralizzato. Tali scelte hanno consentito di rispettare i principi della reversibilità e dell'economia circolare.

Il sistema costruttivo a secco in legno progettato unisce solai a piastra in Xlam da 14 cm con pareti in *platform frame* per poter contenere gli spessori raggiungendo elevate capacità isolanti. Il montaggio, che avviene completamente a secco, è stato studiato con elementi che ne consentano il completo smontaggio e successivo rimontaggio. In tal senso la scelta degli elementi di collegamento è risultata di fondamentale importanza per consentire il rimontaggio di elementi lignei. Poiché non è stato possibile sfruttare le tecniche tradizionali di montaggio e fissaggio dell'Xlam, in quanto i fissaggi con viti autofilettanti non consentirebbero il riuso in più occasioni e ripetuto nel tempo di tutto il materiale, si è scelto di lavorare con l'imbullonatura tramite barre filettate preimpostate, che evita il danneggiamento degli elementi permettendone il riutilizzo.

Il progetto per il nuovo sistema costruttivo a secco in legno, si compone di moduli di base che, assemblati, compongono delle "cellule" con diverse destinazioni d'uso (abitativa, servizi comuni, distributivi). Tali "cellule" possono poi essere accostate o sovrapposte realizzando edifici che occupino meno superficie possibile e siano proporzionati al numero di utenti. L'elemento "cellula" è inoltre abbinabile ad un secondo sistema chiamato a "piano libero" per le zone comuni e di servizio che necessitano

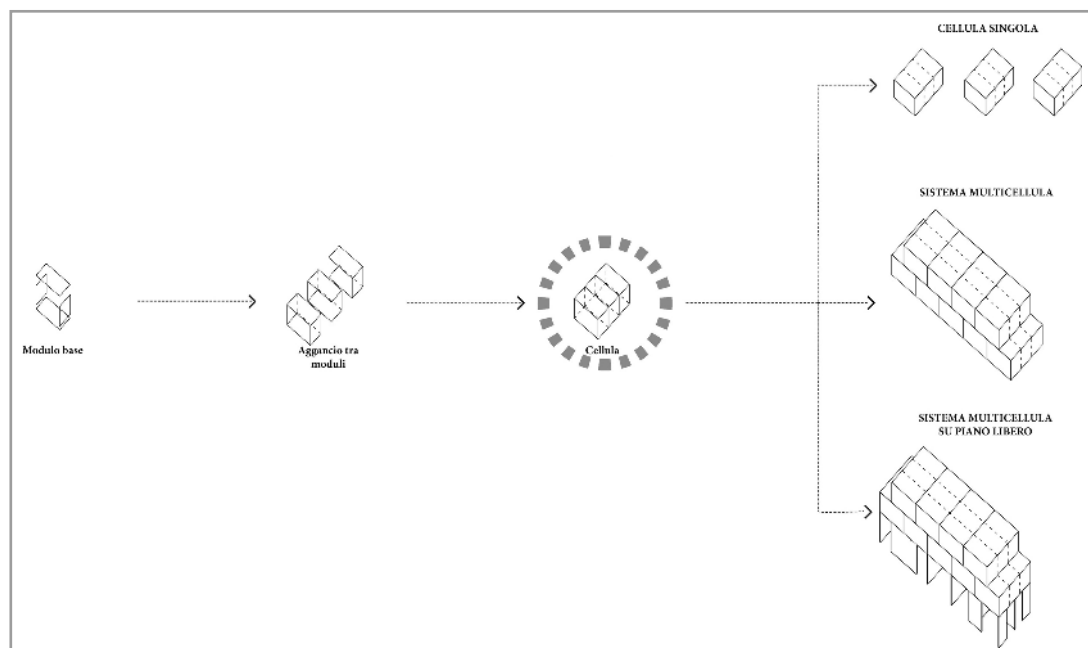


Fig. 1 - Schema di composizione da modulo base a sistemi multicellulari

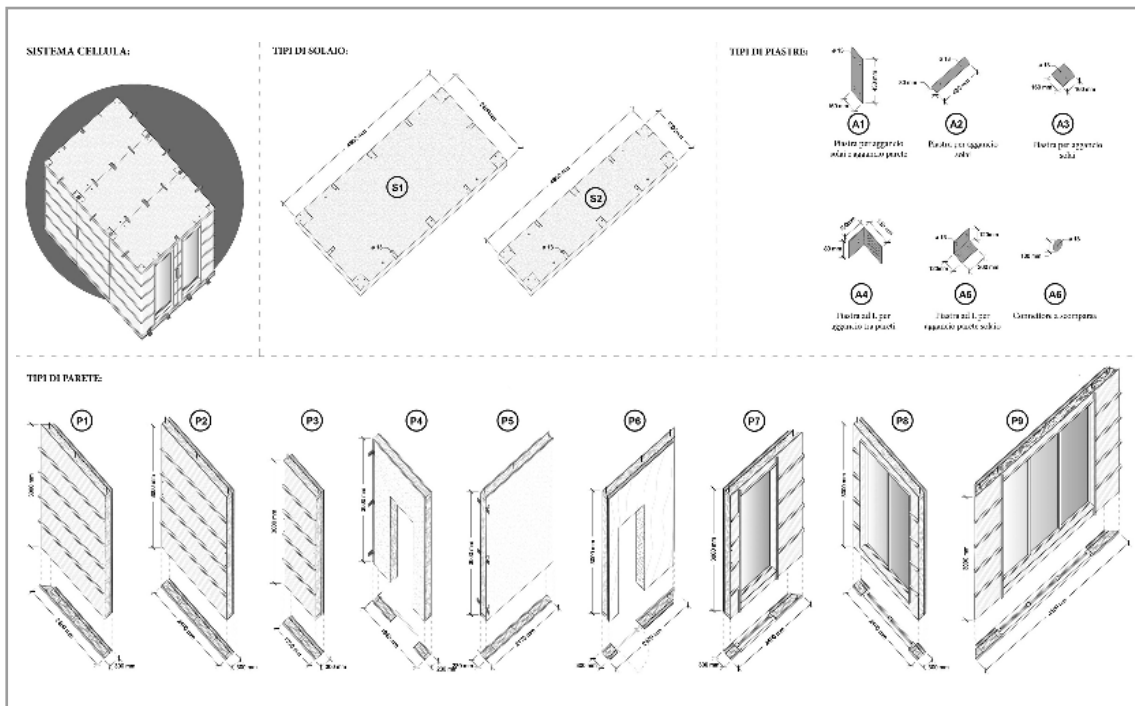


Fig. 2 - Schema del sistema "cellula" con gli elementi che lo compongono

di spazi più ampi e con flessibilità di utilizzo (Fig. 1). Le problematiche emerse durante la fase di studio sono legate principalmente alla lavorazione a secco, senza l'uso di leganti, alla realizzazione di fondazioni poco invasive e che si possano adattare a diverse tipologie di terreno e alla possibilità di smontare e rimontare la struttura più volte senza danneggiarla

Si è partiti ragionando un modulo di base. L'uso di un modulo permette di considerare la sua infinita possibilità di accostamento creando, almeno idealmente, spazi che possano continuamente crescere partendo spesso da una base semplice e di dimensione contenuta. L'idea di utilizzare dei moduli per il progetto del sistema costruttivo è nata dall'esempio del sistema adottato da Gellner per il Villaggio ENI di Borca di Cadore. L'architetto partì da un quadrato 30x30cm (ideale per il disegno dei mobili) poi quadruplicato raggiungendo un macro-modulo di 1,20 x 1,20m. Ogni 3 macro-moduli poneva un setto ottenendo così cellule da 3,60x7,20m. Le misure usate da Gellner risultano però inapplicabili nel nostro caso in quanto la trasportabilità dei pezzi dalla fabbrica al cantiere pone delle limitazioni. Tali limiti sono dati dalle dimensioni dei camion e sono: 3m in altezza, 2,5m in larghezza e 13,5m in profondità. Per questo si è ragionato un modulo base di 2,40 x 4,80m per il sistema degli alloggi e di 3,60x4,80m per il sistema piano libero. Viene comunque rispettata la griglia dei 30cm in quanto risulta ancora attuale per permettere una miglior suddivisione degli spazi.

Il sistema "cellula"

Per consentire la realizzazione di "cellule" adatte ad ospitare le diverse funzioni sono state predisposte 9 tipologie di parete e 2 tipologie di solaio (Fig. 2). Le prime sono state ragionate in modo da poter ottenere più alternative possibili con il minor quantitativo di pezzi, i secondi diventano superiori o inferiori a seconda di come viene posizionata la faccia con le fessature. Le pareti possono essere ruotate lungo entrambi gli assi garantendone l'incastro al solaio, e sono costituite con un sistema a telaio in cui le due pareti in OSB racchiudono 16cm di isolamento in lana di roccia e una membrana di freno a vapore. Nel lato interno viene inoltre predisposta una controparete per il passaggio degli impianti che consente di integrare ulteriori 5cm di isolamento. Verso l'esterno invece un telaio in legno sostiene altri 4 cm ag-

giuntivi di isolante. Si viene quindi a formare così un pacchetto base integrabile sia con la coibentazione necessaria in base alla zona climatica sia con ulteriore sottostruttura in base alla scelta del rivestimento. Le due versioni dei solai in Xlam misurano 2,40 x 4,80m, il più grande, e 1,20x 4,80m, il più piccolo, e presentano dei fori e delle fessature che andranno ad accogliere le barre filettate predisposte nelle pareti con le piastre metalliche. Quest'ultime garantiscono l'aggancio tra i vari elementi e tra le diverse cellule: sono appunto una serie di piastre posizionate sia sul solaio superiore che inferiore a permettere l'aggancio tra le parti dei diversi moduli creando una struttura resistente che diventa anche impilabile.

Per quanto riguarda gli impianti è stato previsto il posizionamento di un impianto di riscaldamento radiante elettrico a soffitto, in quanto la superficie libera da arredo a pavimento non risulterebbe sufficiente per raggiungere il necessario comfort interno, e con l'installazione di un piccolo boiler elettrico in bagno per l'acqua calda sanitaria. Tale scelta è stata fatta in modo tale che la cellula possa essere utilizzata anche singolarmente, magari con l'integrazione di pannelli fotovoltaici o generatori, nel caso non sia possibile l'allaccio alla rete principale (Fig.2).

Il sistema "piano libero"

Nel caso di necessità di zone comuni e di servizio più aperte è stato ragionato un sistema più fluido: rispetto al sistema cellula il solaio si allarga diventando di 3,60x 4,80m. Esso è predisposto con dei fori che seguono una griglia di 60x60cm che, nel caso del solaio inferiore, accoglie delle barre filettate incollate sulle quali si andranno ad incastrare le pareti. Nel caso del solaio superiore invece saranno le pareti a presentare delle barre che andranno a inserirsi nei fori per poi essere imbullonate. Per garantire la stabilità della struttura si è ragionato un "sistema a 3": ogni solaio ha ancorato a sé tre pareti una delle quali posta in senso opposto rispetto le altre. Le pareti po-

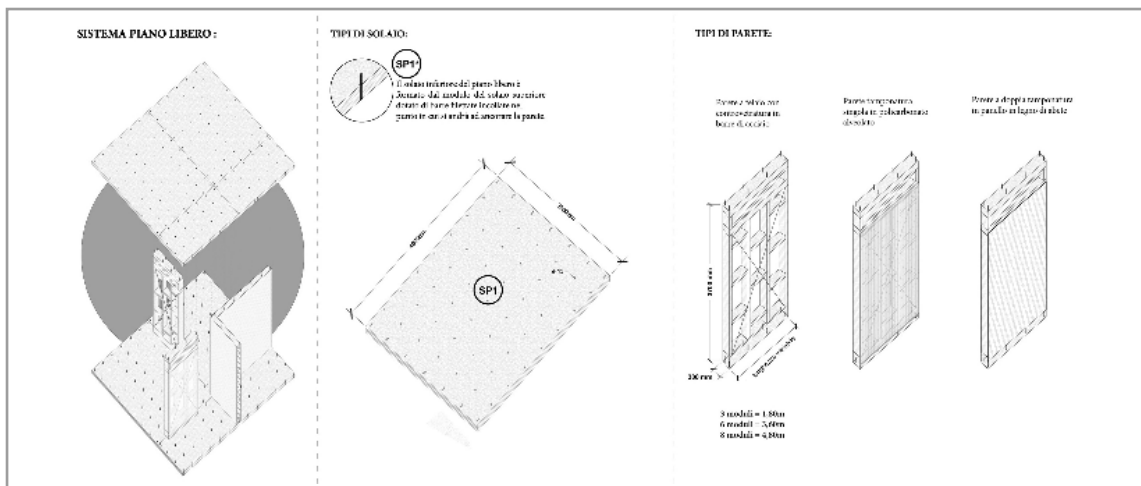


Fig.3 - Schema del sistema "piano libero" con gli elementi che lo compongono

ste nei punti di congiunzione tra più solai saranno più spesse per accogliere due file adiacenti di barre filettate dei diversi moduli di solaio, mentre quelle poste nelle zone perimetrali dei solai accoglieranno una sola barra (Fig. 3).

Anche la gestione delle pareti risulta differente rispetto alla "cellula": la parete, infatti, non presenta la tamponatura in OSB tipica del *platform frame*, ma garantisce stabilità tramite delle diagonali in tubulari in acciaio di 3cm. Ciò consente alla luce e allo sguardo di filtrare lungo l'edificio, dando ariosità allo spazio oltre che a dichiararne l'aspetto costruttivo. La parete è parzialmente tamponabile con un pannello in polibarbonato alveolato, che consente l'ingresso di luce ma impedisce di distinguere ciò che accade oltre ad esso, garantendo un certo livello di privacy. Dove necessario, si può poi avere una doppia tamponatura in OSB come nella parete a "cellula" in modo tale da permettere il passaggio degli impianti e di isolare le attività più rumorose. Come le pareti del sistema "cellula" i montanti hanno un interasse di 60cm che corrisponde ai fori sul solaio e che determina la lunghezza totale della parete.

Fondazioni

Per garantire un certo livello di reversibilità del sistema costruttivo si è optato per fondazioni poco invasive formate dall'unione di pali di fondazione prefabbricati in acciaio rimovibili e plinti prefabbricati (Fig. 4). Tale scelta è stata fatta sia per consentire un più agevole ripristino dello stato iniziale dei luoghi, sia per cercare di applicare un singolo sistema a più tipologie di terreno. I pali saranno posizionati in caso di necessità. Ogni plinto è predisposto per poter poggiare su tre pali, i quali vengono ancorati tramite una barra filettata preimpostata che attraversa il blocco di cemento armato per poi essere imbullonata, consentendo ai due elementi di collaborare. Il plinto è di 90x90x30cm e presenta, oltre i 3 fori per l'aggancio dei pali, 4 barre filettate immerse nel c.a. che permettono l'ancoraggio dei piedi di fondazione: una struttura metallica che permette l'allontanamento del telaio di fondazione in legno dal terreno in modo tale da evitare la formazione di gas tossici, se presenti, e consente anche di impedire l'umidità di risalita.

Delle "L" metalliche saldate alla piastra superiore fungono da invito, e appoggio, per il telaio che viene poi fissato alla struttura tramite delle viti da legno. Il telaio è di dimensione 2,40x 4,80m per essere adattabile sia al sistema del piano libero che a quello della cellula. Esso presenta infatti dei sistemi di ancoraggio a secco che permettono l'incastro di una barra filettata che andrà ad attraversare il solaio del piano terra per ancorarsi alla parete. Inoltre, tra le travi secondarie sarà posizionato dell'isolante (Fig.4).

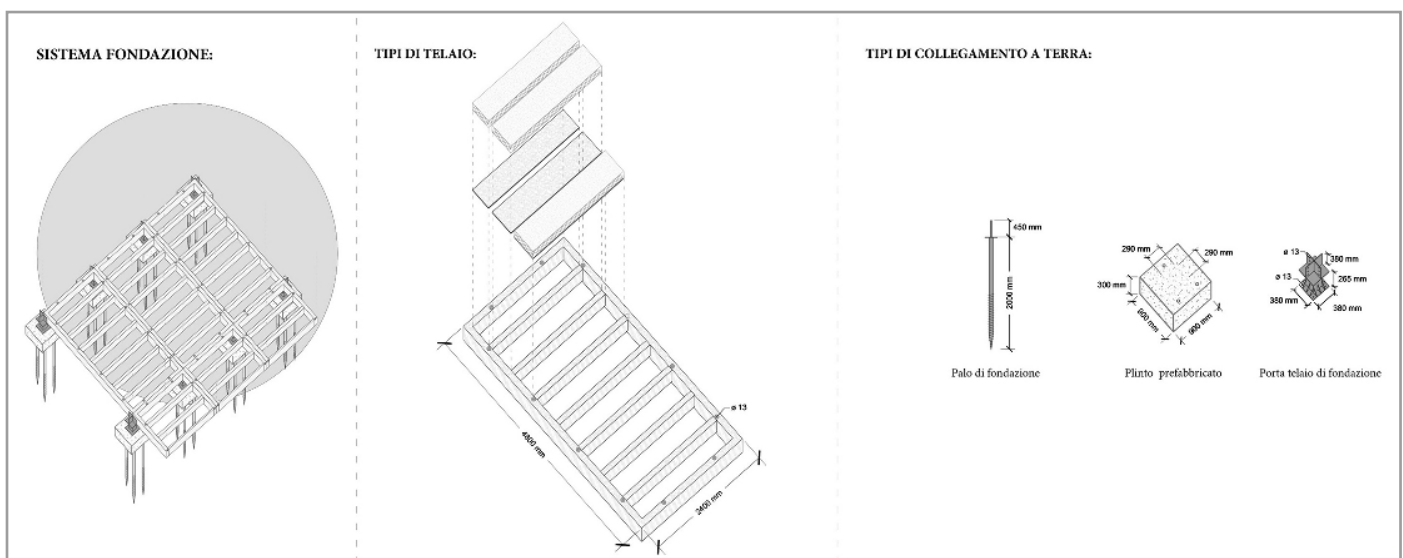


Fig. 4 - Schema delle fondazioni con gli elementi che le compongono

L'applicazione al caso studio del Villaggio Olimpico di Cortina 2026

Nell'applicare il sistema costruttivo sviluppato, e per soddisfare le richieste del Comitato Olimpico, si è progettato ogni edificio del Villaggio Olimpico sfruttando entrambi i sistemi sviluppati: il sistema a "piano libero" che caratterizza gli ambienti al piano terra e il sistema di "cellule" ai piani superiori (Fig. 5). Queste ultime potranno essere posizionate a creare degli sbalzi, che potranno variare da 90cm a 240cm. È stato necessario adottare delle ulteriori strategie progettuali quali il posizionamento di solai a perdere che permettono, tramite delle "L" metalliche, di ancorare le cellule del piano primo e del piano sovrastante e di realizzare la parte strutturale per i corridoi distributivi. Inoltre, per irrigidire la struttura, in copertura giacerà un cordolo ligneo che circonda e irrobustisce l'intero edificio e due pareti in Xlam poste sui fronti minori che, abbinata ai corpi delle scale, fungono da controventi. Vi è poi un ultimo sistema che viene sovrapposto, quello di copertura: sia il sistema "cellula" che quello a "pianta libera" sfruttano un solaio superiore in Xlam che permette sia il diretto posizionamento del pacchetto di copertura sia la sovrapposizione di una copertura inclinata oppure piana. Data l'altitudine dell'area di progetto, e la stagione di utilizzo degli edifici, si è optato per un tetto a falde realizzato con una serie di reticolari in legno di abete poste a 80cm le une dalle altre, e unite tramite un tavolato posto al di sopra e collegato alle stesse. Questo sistema permette di ottenere una copertura leggera, riutilizzabile come magazzino per gli elementi costruttivi dopo lo smontaggio degli edifici. Per il Villaggio Olimpico sono state progettate quattro tipologie di cellule alloggio (Fig. 6) accumulate tra loro dal primo modulo che presenta la porta di ingresso, un bagno adatto ai disabili e, in fronte ad esso, sono stati predisposti gli impianti per una cucina; i due moduli successivi sono stati posizionati parallelamente o perpendicolarmente a seconda di come la cellula andrà a sbalzo rispetto il fronte dell'edificio.

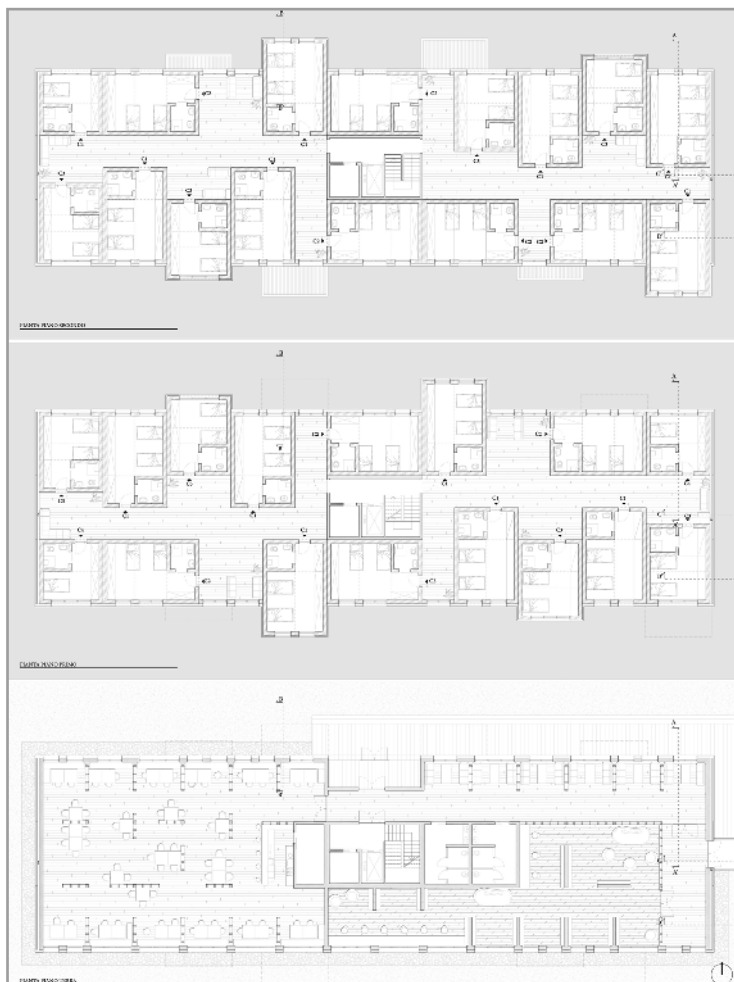


Fig. 5 piante piano terra, piano primo e piano secondo di un edificio tipo

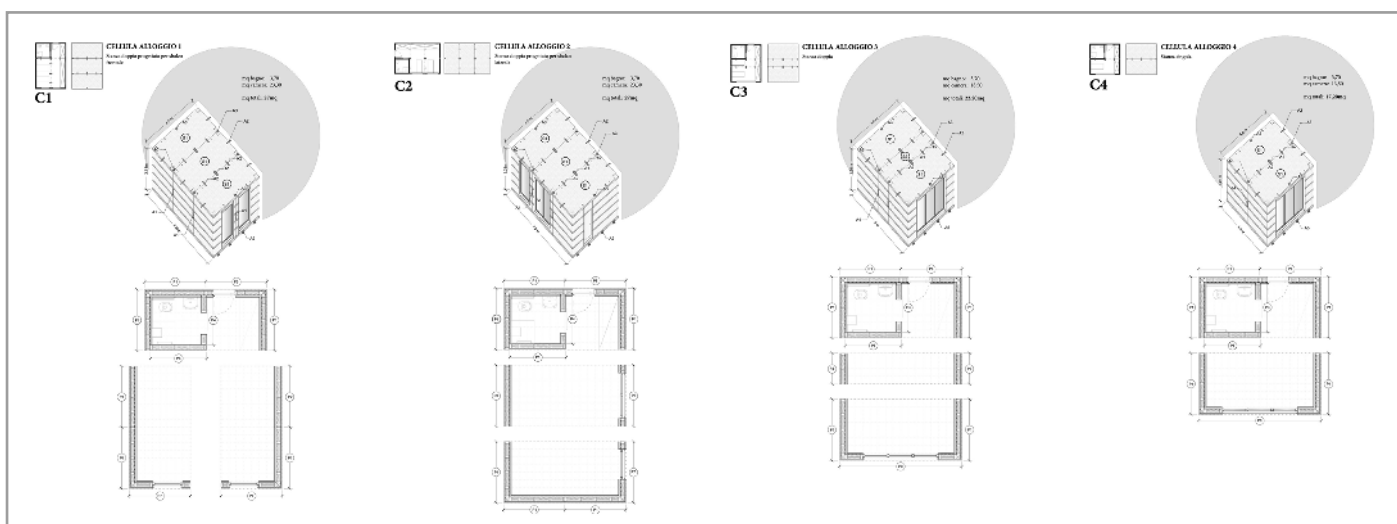


Fig. 6 tipi di cellule alloggio

Il rivestimento esterno è l'ultima fase costruttiva per il completamento dell'edificio (Fig. 7) e non è parte del modulo di base, bensì fa parte del pacchetto aggiuntivo che cambierà in base alla funzione e all'uso a cui saranno destinati i moduli. Nel caso qui applicato si è voluto riprendere il paesaggio circostante, sia naturale che artificiale, attraverso la scelta dei materiali e finiture del rivestimento di facciata: lamiera zincata e legno. La prima ricopre gran parte del fabbricato e rimanda, con le sue sfumature di grigio, alle formazioni rocciose in dolomite dei monti circostanti. Questa viene inoltre spesso usata nelle zone montane per la copertura. Il legno, che caratterizza le scatole in oggetto, si rifà ai materiali della tradizione data la vasta presenza di boschi nell'area.

Dopo le Olimpiadi e le Paraolimpiadi gli edifici dovranno essere completamente smontanti, ciò sarà possibile grazie al nuovo sistema costruito sviluppato quasi interamente a secco, con una soluzione di fondazioni prefabbricate e non gettate in opera. Gli elementi dei moduli e della struttura della copertura verranno poi stoccati per poter essere riutilizzati. Il pacchetto aggiuntivo potrà essere parzialmente riutilizzato per rivestire i magazzini di stoccaggio, rea-

lizzati con la copertura degli edifici e l'Xlam delle pareti di controvento, e quanto in avanzo potrà essere riciclato trattandosi di materiale metallico.

Per evitare il deterioramento dell'isolante, le "cellule" potranno essere smontate per porzioni, cioè per moduli base: verrà infatti mantenuta la struttura composta dai due moduli di solaio superiore e inferiore, con le due o tre pareti perimetrali. Anche le fondazioni verranno rimosse, consentendo il ripristino del terreno nella zona degli scavi di fondazione.

Conclusioni

In conclusione, possiamo dire che il progetto rispetta i requisiti di reversibilità posti in fase preliminare in quanto:

1. l'assemblaggio degli elementi avviene quasi esclusivamente a secco con uno scarso uso di leganti, se non per fissare le barre filettate preimpostate;
2. le fondazioni risultano poco invasive e adattabili a più tipologie sia di terreno sia di composizione dei moduli. Queste inoltre possono essere recuperate e riutilizzate in un secondo momento o contesto;
3. si è prestata particolare attenzione ai materiali privilegiando quelli di origine naturale e, come nel caso del sottofondo di legno mineralizzato, si è cercato di ridurre al minimo gli

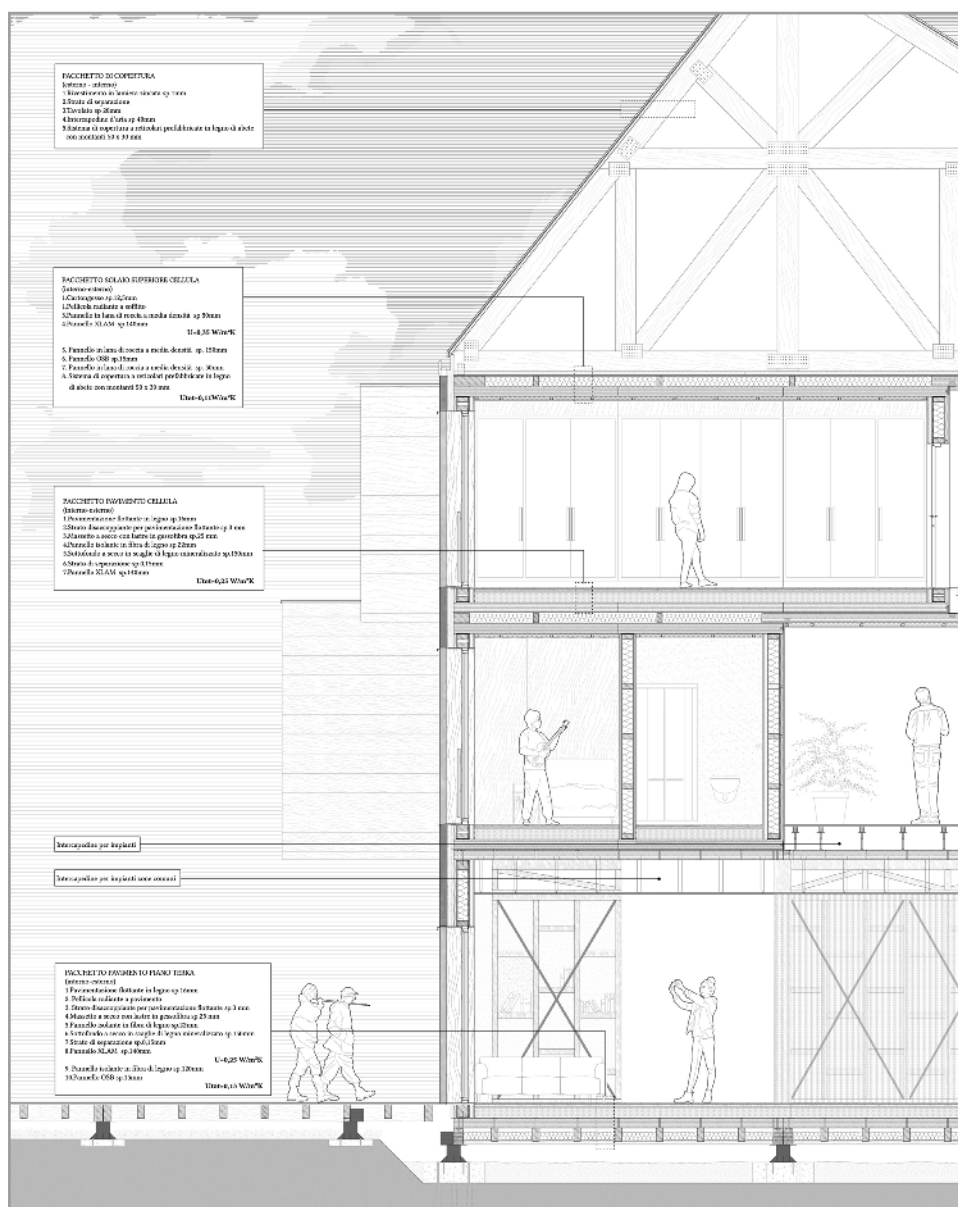


Fig. 7 - sezione costruttiva terra-cielo

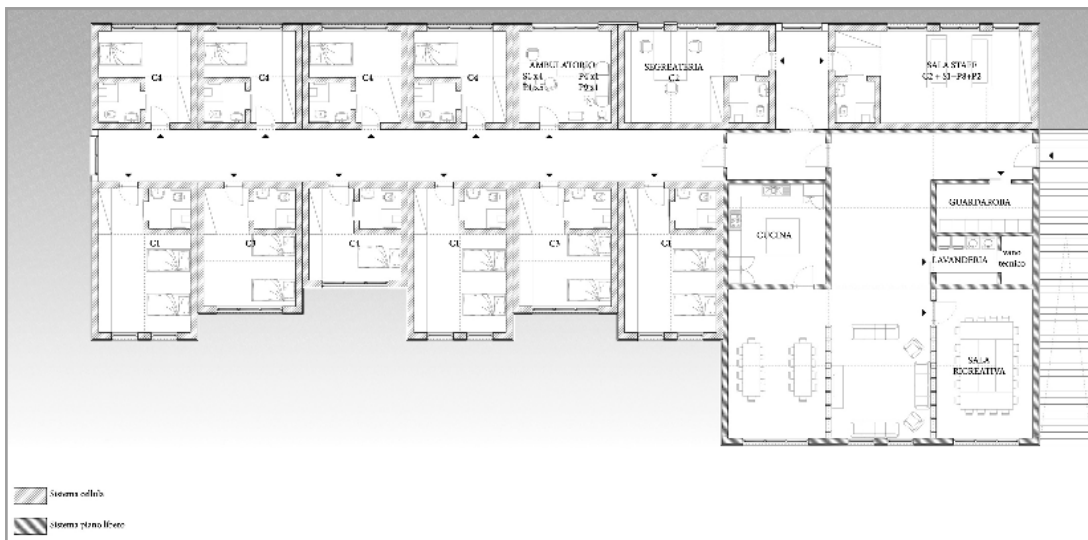


Fig. 8 riuso dei moduli per realizzare la sede per la comunità psichiatrica a Belluno

sprechi optando per il riutilizzo dei materiali di scarto. Inoltre, si è deciso di non imporre un rivestimento fisso in modo tale da sfruttare al meglio le varie composizioni del modulo e di studiare volta per volta un involucro che adatto alla zona climatica, evitando di aggiungere strati di materiale isolante non necessari;

4. si è data alla fase di smontaggio la stessa importanza di quella di montaggio programmando lo stoccaggio dei materiali e proponendo un esempio di riutilizzo degli stessi.

Per validare il nuovo sistema costruttivo e il suo riutilizzo per altre funzioni, è stato infatti elaborato il progetto per una comunità psichiatrica a Belluno. Per questo caso studio il sistema “cellula” e quello a “piano libero” sono stati accostati per realizzare un edificio su un unico livello. Per questa ipotesi il sistema “cellula” è stato implementato inserendo un numero maggiore dei medesimi moduli di base per ospitare uffici e segreteria (Fig. 8).

Il sistema costruttivo sopra descritto, trattandosi di un sistema reversibile e attento al paesaggio e all’ambiente, vuole presentare un’alternativa ai sistemi costruttivi tradizionali che tendono ad aumentare la cementificazione dei suoli. Questo sistema costruttivo a secco in legno vede infatti nella temporaneità, nella flessibilità e nell’adattamento una soluzione per evitare sprechi, risparmiare risorse e cercare di creare un futuro migliore, più sostenibile. •

Bibliografia

- APAT (2008) *Il suolo, la radice della vita*. Roma: APAT - Servizio Comunicazione
- Askar, R., Bragança, L., & Gervásio, H. (2022) ‘Design for Adaptability (DfA)—Frameworks and Assessment Models for Enhanced Circularity in Buildings’, *Applied System Innovation*, 5(1), 24. doi: <http://dx.doi.org/10.3390/asi5010024>
- Benjamin, D. (ed.) (2017) *Embodied Energy and Design: Making architecture between metrics and narratives*. New York: Columbia University GSAPP/Lars Mullers Publishers
- ISPRA (2022) *Definizioni*. In <https://www.isprambiente.gov.it/it/attivita/suolo-e-territorio/suolo/il-consumo-di-suolo/definizioni> (ultimo accesso luglio 2022)
- Jin, R, Hong, J. and Zuo, J. (2020) ‘Environmental performance of off-site constructed facilities: A critical review’, *Energy & Buildings*, 207. doi: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.109567>
- Martinez, S., Jardón, A., Victores, J., Balaguer, C. (2013) ‘Flexible field factory for construction industry’, *Assembly Automation*, 33(2), 175-183. doi: <http://dx.doi.org/10.1108/01445151311306708>
- RIBA (2021) *The Design for Manufacture and Assembly (DfMA) Report and Overlay provides guidance on implementing seven categories of Modern Methods of Construction through each RIBA Plan of Work stage*. In <https://www.architecture.com/knowledge-and-resources/resources-landing-page/dfma-overlay-to-the-riba-plan-of-work> (ultimo accesso luglio 2022)
- Ruby, I. and Ruby, A. (eds.) (2010) *Re-inventing construction*. Berlino: Ruby Press
- UN (2015) *Sustainable Development Goals*. In <https://sdgs.un.org/goals> (ultimo accesso luglio 2022)

Chiara Scanagatta, architetto e dottore di ricerca, è assegnista di ricerca all’Università luav di Venezia. La sua ricerca verte su tecnologie a supporto della progettazione partecipata per le trasformazioni urbane, e sugli strumenti digitali per la gestione della fase manutentiva degli edifici. Svolge attività di ricerca anche su progettazione ambientale, sostenibilità e tecnologie edilizie.

Laura Giamosa, architetto, collabora con lo Studio di architettura Antonio Pollazzon, specializzato nel recupero di fabbricati rurali montani (tabià). I suoi interessi riguardano principalmente lo studio di nuovi sistemi costruttivi e il riutilizzo e riuso di materiali.