

INSIDE, cartone e nanotecnologie applicate per un'abitazione temporanea e per l'emergenza off grid

Anna Garifi *

Abstract

Inside is a project of a temporary emergency housing that stems from an in-depth study of the concept of environmental sustainability and places particular emphasis on the building life cycle. The use of eco-friendly materials represents the strong point of the project and aims at developing a sustainable and recyclable architecture thanks to the application of cardboard and nanotechnologies. The project develops the idea of a "mobile home" which is designed to be self-sufficient.

Parole chiave: Casa mobile, cartone, off grid, abitazioni per l'emergenza, sostenibilità.

Keywords: Mobile house, cardboard, off grid, emergency housing, sustainability.

«Il moto, il movimento, la mobilità, diceva Leonardo da Vinci, sono alla base di ogni forma di vita sulla terra. Abitare in movimento e quindi vivere la mobilità è un concetto antico ma anche moderno»¹. L'uomo moderno deve adattarsi a diversi contesti, in una cultura del divenire, dove l'asse fondamentale non è lo spazio, ma il continuo senso di mutamento e transitorietà. Dal problema degli immigrati a quello dei senza tetto, dalle necessità lavorative o per svago, fino al problema dell'emergenza dopo catastrofi naturali, si sono creati vincoli che trasportano la vita moderna in una condizione di instabilità; tutto ciò si pone alla base di una maggiore richiesta di produzione di architetture temporanee e mobili nelle città contemporanee. Si crea un'antitesi tra il concetto di transitorietà abitativa e quello di permanenza, che ovviamente contrasta con il senso tradizionale dell'architettura, vincolata ai canoni classici di durevolezza e permanenza nel tempo e nello spazio. In Italia, in particolare, si vive in contesti dove il passare del tempo non ha portato troppe mutazioni sostanziali nella struttura della forma se non per l'involucro esterno. Diversa è la situazione in altri paesi emergenti, in via di sviluppo, dove l'abitazione rappresenta un

bene temporaneo, mutabile in base alle stagioni e alle esigenze. Le loro costruzioni presentano diverse tipologie, che vanno dalle semplici strutture trasportabili a quelle in parte o interamente ricostruibili; i materiali naturali impiegati per la realizzazione di queste abitazioni, come feltro di lana e pelli, vengono oggi sostituiti con altri materiali più leggeri ma che non differiscono sostanzialmente da quelli originali.

Nel passato diverse personalità e movimenti d'avanguardia si sono interessati ed avvicinati verso un'architettura leggera e mobile, caratterizzata dalla smontabilità e trasformabilità. Tra le ricerche del passato un materiale che si è fatto spazio nel mondo delle costruzioni è stata la carta ed il cartone. I giapponesi furono i primi ad adoperare elementi cartacei nella loro edilizia tradizionale, utilizzando la carta per la costruzione di porte e pareti: fu la prima volta che la carta venne utilizzata come componente interno di un edificio. Le origini della carta hanno, però, albori molto antichi, dalle fonti pervenute, è noto che i primi ad utilizzare la carta furono i cinesi e gli egizi. Inizialmente utilizzata come cartapesta, fu poi impiegata per la realizzazione di fogli a partire da alcuni stracci; a creare questo nuovo materiale fu il cinese Ts'ai Lun nel 105 d.C. Per altri cinquecento anni circa, l'arte della fabbricazione della carta fu confinata in Cina, ma nel 610 fu introdotta in Giappone e, intorno al 750, nell'Asia centrale; solo intorno al 1150 il suo uso fu introdotto in Europa dagli arabi.

Nel 1844 Gottlob Keller ideò la soluzione di sfibrare il legno anziché gli stracci, creando una soluzione vincente ancora oggi utilizzata. Le prime sperimentazioni legate all'uso del cartone risalgono intorno agli anni venti del novecento, adoperato come isolante negli Stati Uniti. Con il passare degli anni sempre più architetti si avvicinarono a questo nuovo materiale, uno dei massimi esponenti dell'architettura di cartone è senza dubbio Shingeru Ban, che di questo materiale ne ha fatto la sua firma.

Diversi sono i vantaggi dell'utilizzare il cartone come materiale per l'edilizia, dal 2000, la *Delft University of Technology* (TUDelft) ha iniziato diverse ricerche sull'utilizzo del cartone nell'edilizia, creando nel 2008 un gruppo attivo nella ricerca sul materiale. Le ricerche condotte hanno approfondito i cicli di produzione della carta, schematizzando i processi che vanno dalla formazione all'essiccamento. Alcune prove a campione sono state testate su una porzione della struttura della *Wikkelhouse* di Fiction Factory, evidenziando notevoli caratteristiche di resistenza e durevolezza, assegnando alla struttura una durata di vita di circa 100 anni con l'adeguata manutenzione ogni 30 anni.

Ma oltre ai materiali utilizzati è bene fare riferimento ad altre risorse da sfruttare nella costruzione di una durevole abitazione. L'ultimo secolo ha visto un crescente processo di degradazione ambientale, causato soprattutto da un esteso sfruttamento delle risorse e dal rilascio di biossido di carbonio. È necessario, quindi, fare un passo indietro e ritornare allo sfruttamento di poche risorse, limitando al minimo la produzione di scarti. Queste necessità vengono soddisfatte, nel mondo dell'architettura, con le abitazioni off-grid, che hanno in comune l'ideologia di creare alloggi in grado di interagire ovunque, in mezzo al deserto o in alta montagna, sfruttando i fenomeni naturali per il riscaldamento e la ventilazione senza il bisogno di allacciamento alle reti. Il processo di costruzione è sicuramente finalizzato ad un risparmio energetico: le abitazioni, quindi, vengono fin dall'inizio studiate come componenti modulari, con assemblaggio a secco e facile manodopera. Il ciclo di vita degli elementi per la realizzazione muta in base alle caratteristiche dei materiali, ma il prefabbricato trasportabile potrebbe essere utilizzabile all'infinito, adoperandone la giusta manutenzione.

L'off-grid si appoggia a diverse forme di produzione di energia o accumulo ma, più nello specifico, si possono suddividere i sistemi off-grid in tre sottosistemi: i sistemi di raccolta e deposito di energia ed acqua; i sistemi di generazione di energia e rifornimento d'acqua; e i sistemi di utilizzatori ad alta efficienza. L'elettricità può essere ricavata da fonti rinnovabili quali il solare, l'eolico, il geotermico e le biomasse. Per il rifornimento d'acqua, invece, si può ricorrere a tecniche di recupero dell'acqua piovana o a sistemi di fitodepurazione compatibili con l'approccio off-grid, in quanto rendono riutilizzabili le acque di scarico di bagni e cucine dopo un processo di sgrassamento. Un edificio off-grid nasce come un organismo completamente isolato dalle reti tradizionali ma se, per esempio, due edifici off-grid vengono collocati vicini e collegati insieme, si può fare in modo che l'energia eccedente di un edificio, una volta che vengono caricati i vari sistemi di accumulo, invece che restare inutilizzata venga invece ceduta all'altro, in modo da avere un interscambio. In futuro potrebbero essere pensate, quindi, delle città composte da singole unità collegate tra loro, atte a creare insediamenti che non inquinino o deturpino il territorio.

La costruzione di un'abitazione off-grid aiuta sicuramente anche in caso di condizioni critiche di emergenza quali calamità naturali, perché l'autonomia di queste unità prevede un velocissimo inserimento in situ senza la richiesta di creare reti apposite per l'accampamento.

L'idea di progettare un'unità abitativa con caratteristiche simili, sia come materiali che come autonomia energetica, ha avuto non poche difficoltà. L'assenza di un riferimento topografico

porta a fare riferimento ad altri presupposti: standard abitativi, facilità di trasporto, facilità di montaggio o adattabilità a diversi luoghi. Sono questi i requisiti che hanno guidato alla progettazione di un'unità adattabile a più luoghi e compatibile con diverse tipologie climatiche.

INSIDE rappresenta la sintesi di questi requisiti, due volumi si sviluppano intorno ad un cubo 4x4m, uno all'interno dell'altro, che traslano tramite l'utilizzo di binari direzionali per la creazione di due configurazioni diverse. Le dimensioni limite sono state stabilite per garantire, tramite autoarticolati, il trasporto dell'unità su strada. La struttura è formata da telai paralleli in cartone multistrato, alternati a colla ecosostenibile e impregnati da nanocellulosa. L'autosufficienza energetica di INSIDE è data dall'inserimento di un solare termodinamico, da

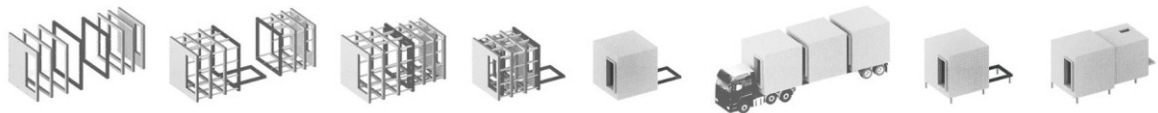


Figura 1 - Composizione e trasporto dell'abitazione con vista esterna.

vasche e un giardino per la fitodepurazione e da finestre con sistema di celle solari stampate in microfilm in 3d per la produzione di energia elettrica. In configurazione stabile, l'abitazione si diparte in pianta per funzioni: il volume più piccolo accoglie i servizi igienici, la cucina, una vasca per l'approvvigionamento d'acqua, il letto e cassetti a scomparsa; il volume più grande invece funge da area libera abitabile multifunzione, nello stesso luogo, infatti, è possibile pranzare dormire e sostare.

L'abitazione sfrutta al massimo ogni spazio e, già dall'ingresso, l'ambiente è reso otticamente più grande ed accogliente dalla differenza di quota tra la porta e la finestra principale. Il progetto prevede due finestre a bilico verticale dotate di tecnologia termocromatica, una finestra per tetto piano e la porta finestra pensate con l'utilizzo del *clear wood*, un vetro prodotto dal legno con l'estrazione della lignina. Tutte le finestre del cubo traslante hanno incorporate delle sottilissime celle solari stampate in 3d per la produzione di energia elettrica. L'abitazione prevede anche un impianto per la fitodepurazione off-grid, esclusivamente concentrato nel cubo più piccolo, previsto all'interno della struttura in legno lamellare che sostiene il volume estruso all'esterno. Insieme all'abitazione è stato pensato anche un piccolo giardino all'interno di vasche per il filtraggio delle acque reflue nere. Il riscaldamento dell'acqua è stato progettato con l'inserimento di un solare termodinamico provvisto di pompa di calore, che consente la produzione di acqua calda in qualsiasi ora del giorno e della notte con qualsiasi condizione metereologica.

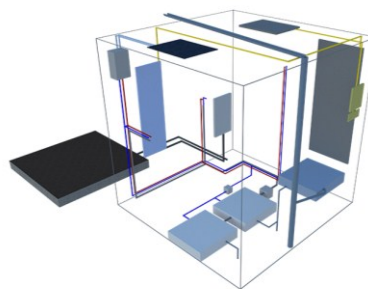


Figura 2 - Sistema per l'autosufficienza energetica del progetto.



Figura 3 - Ipotesi di insediamento di più unità abitative con impianti off-grid.



Figura 4 - Vista interna dell'area multifunzione.

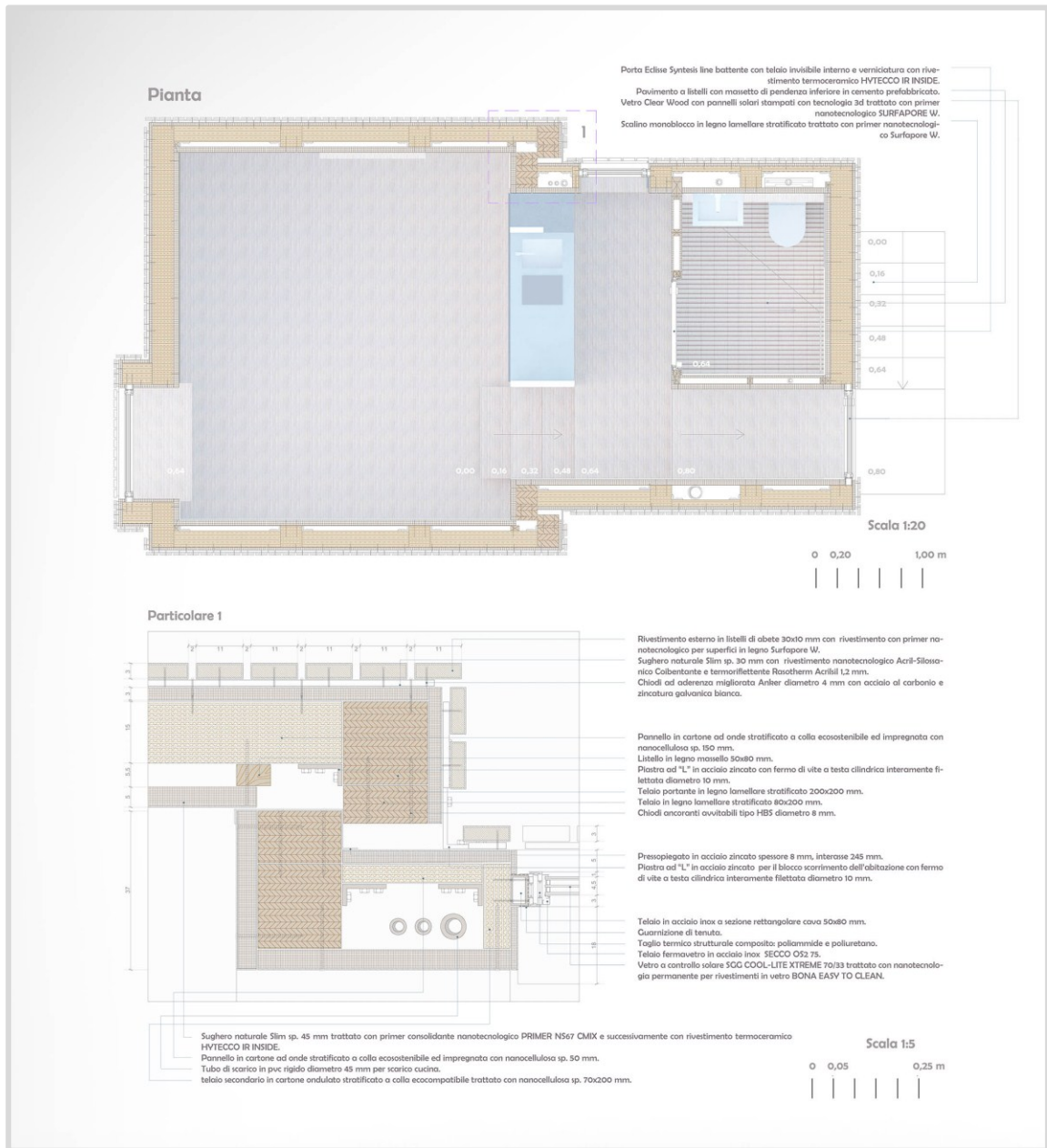


Figura 5 - Sezione orizzontale dell'unità abitativa e particolare costruttivo.

La struttura dell'abitazione è del tutto innovativa, il progetto cresce intorno ad una successione di telai paralleli in cartone multistrato, alternati a colla ecosostenibile ed impregnati da nanocellulosa. I telai quadrati riprendono le caratteristiche fisiche della *Wikkelhuse*, rivisitati però come telai da assemblare in più parti; la struttura, inoltre, essendo impregnata di nanocellulosa, riesce a sostenere una forza otto volte maggiore a trazione rispetto all'acciaio. La struttura è così composta da 30 elementi in cartone e 5 in legno lamellare stratificato.

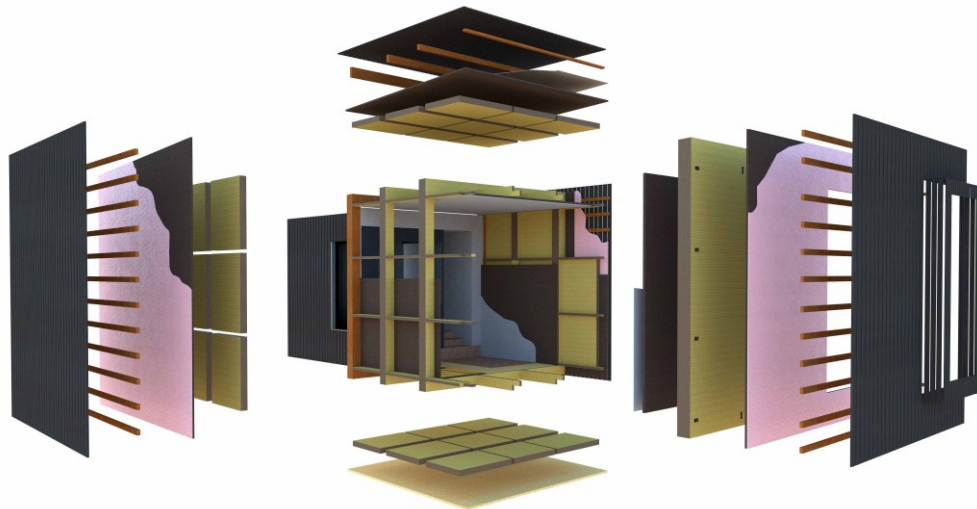


Figura 6 - Esploso assonometrico dei materiali costruttivi.

Tra i materiali utilizzati per il progetto, oltre al cartone, adoperato per la struttura e per i tamponamenti (realizzati con pannelli in cartone stratificato a colla), vi è il sughero, impiegato sia per l'interno che per l'esterno, attraverso il trattamento con materiali nanotecnologici. L'utilizzo di questi materiali ha reso la stratificazione dei tamponamenti molto semplice e di facile costruzione. All'interno, per la pavimentazione, sono stati alternati pannelli OSB e parquet; esternamente, invece, è stato aggiunto un rivestimento con listelli in legno distanti 2 cm tra di loro, atti a creare una parete ventilata, utile sia in estate che in inverno.

Le nanotecnologie sono state inserite nel progetto tramite l'approccio *top down*, impiegate come termoriflettenti idrorepellenti e traspiranti nei rivestimenti in sughero, sia interno che esterno. L'utilizzo di queste nanotecnologie ha consentito l'utilizzo di pochi materiali costruttivi ed ha evitato l'uso di teli impermeabili per la protezione esterna dagli agenti atmosferici. Il punto forte del progetto è sicuramente la natura ecologica dei materiali che, unita alle nanotecnologie, mira alla creazione di un'architettura sostenibile e riciclabile.

Fondamentale è il metodo che si è voluto seguire in questo progetto, in quanto, l'idea, fin

dall'inizio, non è stata quella di creare un'abitazione 100% riciclabile, bensì partire da materiali riciclati o riciclabili per ottenere un prodotto secondario riutilizzabile come elemento prefabbricato a secco. Questo presupposto ha aperto la strada a diverse definizioni e studi per distinguere un edificio sostenibile da uno non sostenibile. Un progetto sostenibile è sicuramente atto a limitare l'impatto ambientale, ponendosi come finalità progettuale il comfort e la facile fruizione per gli abitanti, l'efficienza energetica e l'utilizzo di materiali ecologici. Già dalla fase embrionale il progetto deve

avere queste finalità, ma non è solo questo che rende vincente un progetto architettonico di questo tipo: oltre al riuso dello spazio e dei materiali, è importantissimo creare un ambiente in cui si indirizza il comportamento degli abitanti verso un fare sostenibile, riducendo al minimo gli sprechi e i consumi energetici, per creare una consapevolezza collettiva. Con l'espressione *ciclo di vita* si intende il lasso di tempo compreso tra la costruzione e la demolizione di un immobile. Per valutare il ciclo di vita di un edificio si utilizza il *Life Cycle Assessment* (LCA) che è un metodo utilizzato per analizzare l'insieme di interazioni che un prodotto ha con l'ambiente, considerando tutte le fasi di vita dello stesso. Tra i processi da considerare per valutare un prodotto LCA vi sono: l'estrazione, la produzione, l'imballaggio, il trasporto dal sito di produzione al punto vendita, l'utilizzo, la demolizione e lo smaltimento.

Il progetto INSIDE è coerente con la definizione sopra descritta, in quasi tutte le sue parti, e gran parte dei suoi componenti possono essere definiti materie prime seconde, ovvero derivati da scarti di produzione, demolizioni di edifici o dalla stessa raccolta differenziata.

Il ciclo di vita di un edificio non è prevedibile nel tempo, ed è utilizzando "strategie di flessibilizzazione" che bisogna mirare all'utilizzo di materiali durevoli nel tempo per diminuire la manodopera. Nel panorama architettonico vi è un continuo cambiamento delle condizioni esterne, ciò porta a creare delle premesse affinché anche gli edifici siano in grado di trasformarsi e adattarsi ai mutamenti; è bene quindi che il progetto sia composto da pezzi smontabili e sostituibili, per garantire una facile manutenzione senza particolari problemi tecnici. Idealmente un edificio, al termine del suo ciclo di vita, si avvia per il riciclo totale dei materiali ma, se si intende operare in base ai principi della sostenibilità e dell'efficienza energetica, la conservazione e la conversione dei materiali di un edificio hanno la netta priorità sulla demolizione e sulla successiva ricostruzione. Questo approccio, chiamato *downcycling*, è quello previsto per INSIDE e vede il continuo utilizzo dello stesso sostituendo unicamente i componenti edilizi primari e secondari in caso di malfunzionamento.



Figura 7 - Sezione longitudinale sui servizi.



Figura 8 - Sezione longitudinale sull'area d'ingresso.

Note

¹ Trivellin E. (2003). *Abitare on the road*. Firenze: Alinea editrice. p. 10.

Bibliografia

- Bonaiti M. (2002). *Architettura è Luis I. Kahn, gli scritti*. Electa.
- Cao G., Wang Y. (2011). *Nanostructures and Nanomaterials, 2nd edition: Synthesis, Properties, and Applications, World Scientific Ser. Nanosci. Nanotechnol.* Singapore: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.
- Cecchini C. (2003). *Costruire con il cartone; altro che scatole*. In *Costruire*. N.243/ 2003. pp. 116-122.
- Comieco (2012). *Costruire con il cartone, guida all'utilizzo del cartone negli allestimenti e nel design*. Milano: Lucense.
- Corrado M. (1999). *Architettura Bio-Ecologica. Nuove tendenze per la casa del benessere*. De Vecchi. p. 91.
- Cumo F., Sferra A., Pennacchia E. (2015). *Uso, disuso, riuso. Criteri e modalità per il riuso dei rifiuti come materiale per l'edilizia*. Franco Angeli Editore.
- Drexler K.E., Peterson C., Pergamit G. (1991). *Unbounding the future: the nanotechnology revolution*. New York: William Morrow.
- Edelstein A.S., Cammarata R.C. (1996). *Nanomaterials: Synthesis, Properties and Applications*. Bristol and Philadelphia: IOP publishing Ltd.
- Eekhout M., Verheijen F., Visser R. (2008). *Cardboard in Architecture*. Amsterdam.
- Firrone T. (1983). *Sistemi Abitativi di permanenza temporanea*. Roma: Aracne editrice.
- Foti, M. & Forgnone (1980). *Costruire con il "cartone"*. Torino.
- Gambardella C. (1995). *La casa mobile. Nomadismo e residenza dall'architettura al disegno industriale*. Napoli, Electa.
- Gribbon, H. and Foerster, F. (2008). *Structural Engineering and Design in Paper and Cardboard-Approaches and Projects, Cardboard in Architecture*.
- Hegger M., Fuchs M., Stark T., Zeumer M. (2008). *Atlante della Sostenibilità e dell'efficienza energetica degli edifici*. Monaco: UTET Scienze Tecniche.
- Lauria M. (2008). *La permanenza in architettura. Progetto, costruzione, gestione*. Gangemi.
- Perec G. (1989). *Specie di spazi*. Torino: Bollati Boringhieri.
- Rossi (2004). *Cenni storici e materia prima; alla scoperta del pianeta carta (Assocarta)*. Roma.
- Sekulić B. (2013). *Cartón estructural, estudio de la viabilidad del cartón como material estructural de larga duración en arquitectura*. Barcellona.
- Sposito C., Scalisi F. (2013). *Terracruda e nanotecnologie; tradizione, innovazione, sostenibilità*. Roma: Aracne editrice.
- Taut B. (1986). *Una casa di abitazione*. Milano: Franco Angeli.
- Trivellin E. (2003). *Abitare on the road*. Firenze: Alinea editrice.

*Architetto