

ARTICLE INFO

Received	15 September 2023
Revised	19 October 2023
Accepted	26 October 2023
Published	31 December 2023

ASSEMBLAGGIO E DIS-ASSEMBLAGGIO

Il modulo come elemento compositivo per una ‘nuova’ sostenibilità: il caso spagnolo

ASSEMBLY AND DISASSEMBLY

The module as a compositional element for a ‘new’ sustainability: the Spanish case

Claudia Pirina, Giovanni Comi, Anna Frangipane

ABSTRACT

Il contributo indaga il concetto di modulo a partire dalla duplice definizione proposta da Argan di modulo-misura e modulo-oggetto riflettendo sulla progettazione architettonica per ‘elementi’ in un’ottica di economia circolare. Questa riflessione viene condotta selezionando alcuni casi studio di architetture prefabbricate all’interno del panorama iberico, mettendo a confronto progetti contemporanei con alcune opere dei Maestri del ‘900, secondo un processo a ritroso. Tali opere si offrono come emblematiche, in una logica di interazione e ‘sintesi’ tra tecnologia e progettazione in relazione alle contemporanee sfide mondiali di sostenibilità e transizione energetica. L’indagine sui nuovi modi di intendere e progettare l’architettura introduce il metodo del Design for Disassembly e amplia la riflessione sul riuso dei singoli elementi di cui si compongono gli edifici.

This paper investigates the concept of module based on Argan’s proposed dual definition of module-measure and module-object, reflecting on architectural design by ‘elements’ from a circular economy perspective. This reflection is conducted by selecting case studies on prefabricated architecture within the Iberian context, comparing contemporary projects with selected works by 20th-century Masters, following a reverse process. These works are offered as emblematic, in a logic of interaction and ‘synthesis’ between technology and design in relation to the contemporary global challenges of sustainability and energy transition. The investigation into new ways of understanding and designing architecture introduces the method of Design for Disassembly and extends the reflection on the reuse of buildings to the individual elements they are composed of.

KEYWORDS

assemblaggio, disassemblaggio, prefabbricazione, modulo, Spagna

assembly, disassembly, prefabrication, module, Spain

Claudia Pirina, Architect and PhD, is an Associate Professor of Architectural and Urban Composition at the University of Udine (Italy). She has taught and lectured at Italian and foreign Universities, organized exhibitions and seminars, and participated in workshops. Her research topics are archaeology, the Masters of Spanish architecture, the relationship between architecture and the arts and the landscapes that were the scene of the Great War. E-mail: claudia.pirina@uniud.it

Giovanni Comi, Architect and PhD in Architectural and Urban Composition, is a Researcher at the DPIA of the University of Udine (Italy). His research focuses on architectural composition at different scales, design related to the built environment, and urban and landscape regeneration in marginal and fragile contexts. E-mail: giovanni.comi@uniud.it

Anna Frangipane, PhD, is an Associate Professor of Technical Architecture at the University of Udine (Italy). Her research focuses on materials and techniques of historic construction, the Modern, and sustainability, most recently in relation to the circular economy. E-mail: anna.frangipane@uniud.it



Nel panorama contemporaneo la questione ambientale e i temi della sostenibilità e del risparmio delle risorse rivestono una sempre maggiore centralità che si esprime su due piani reciprocamente interconnessi: da un lato le politiche, gli interventi normativi, le strategie e gli investimenti incentivano in diversi settori produttivi la transizione verso un'economia maggiormente sostenibile; dall'altro – in ambito edilizio – lo sviluppo delle tecniche di prefabbricazione e l'impiego della tecnologia BIM nelle fasi di progetto e cantiere hanno favorito un modo 'alternativo' di pensare l'edificio nei termini sia dell'eco-efficienza che della maggiore versatilità e flessibilità. Negli anni Novanta il settore delle costruzioni era ritenuto responsabile del consumo di circa il 40% delle materie prime e di un terzo dell'energia globale. I dati relativi all'impatto dell'Ambiente costruito sull'Ecosfera¹ (Rees, 1999) mostrano che, due decenni dopo, alla filiera degli edifici è imputabile la produzione di oltre un terzo dei rifiuti e il 40% delle emissioni di diossido di carbonio (Pomponi and Moncaster, 2017).

Questi dati evidenziano come il settore edilizio, che riveste un ruolo cruciale nella costruzione di contesti abitabili e nella realizzazione di infrastrutture per il territorio, eserciti anche la maggior pressione sull'ambiente (Pomponi and Moncaster, 2016): pur occupando solo il 3% della superficie terrestre le città sono, infatti, responsabili di oltre il 70% del consumo di energia (UN, 2023). A tali criticità si aggiunge un tasso di consumo delle materie prime non rinnovabili che supera il tasso di rigenerazione, con conseguenti ripercussioni sulla reperibilità e sui costi dei materiali. Nonostante i Piani strategici e le politiche promosse a livello Europeo (European Commission, 2020a) per il raggiungimento degli Obiettivi per lo Sviluppo Sostenibile dell'Agenda 2030 (UN – General Assembly, 2015), i livelli di CO₂ sono in continuo aumento e se ne prevede il raddoppio entro il 2050 (IEA, 2013).

Alla luce dell'attuale crisi energetica si rende pertanto necessario un cambio di visione che affronti le problematiche della sostenibilità oltre la semplice tutela dell'ambiente per spingersi verso una sua rigenerazione (De Leonadis, 2017). Il Green Deal (European Commission, 2019) ha proposto una prima transizione dall'economia lineare a quella circolare rappresentando, infatti, una pianificazione ragionata e orientata, da attuarsi in una prospettiva a medio e lungo periodo (Mazzucato, 2021; Fig. 1). Questa politica mostra, tuttavia, dei limiti: pur incoraggiando l'uso delle fonti rinnovabili e della eco-efficienza edilizia, il paradigma dello 'sviluppo sostenibile' della green economy non interviene sulle modalità produttive come invece si propone di fare, sia pure tra molte difficoltà, il modello del 'futuro sostenibile' della blue economy (Pauli, 2010).

Se la green economy rappresenta una fase di transizione dall'economia lineare a quella circolare, la blue economy ne costituisce il pieno superamento, la sua trasformazione verso un'economia chiusa, 'cradle to cradle'² (McDonough and Braungart, 2002), nella quale 'i rifiuti di qualcuno diventano risorsa per qualcun altro' (Pauli, 2010; Fig. 2). Intervenedo sui meccanismi produttivi, sul risparmio a monte dei materiali – suscettibili di ripetuti riutilizzi – la blue economy rappresenta pertanto una rifondazione della cultura industriale e produttiva, che dal paradigma meccanicistico

del 'mondo come macchina' muove verso quel paradigma ecologico che interpreta il 'mondo come rete' di sistemi interconnessi (Capria and Mattei, 2017).

In questo ampio e complesso quadro culturale, la diffusione di soluzioni modulari si offre come opportunità per un metodo aperto, sistemico e processuale di costruire, non solo favorendo la versatilità e la potenziale riconfigurazione spaziale degli edifici (Open building e Design for Change), ma anche lo smontaggio e il riutilizzo dei loro componenti (Design for Disassembly – DfD). Il testo, attraverso alcune applicazioni della progettazione modulare e della prefabbricazione, approfondisce le conseguenze che questo approccio circolare, 'zero rifiuti', determina non solo sull'ambiente costruito (European Commission, 2020b) ma anche sul modo di pensare la costruzione.

L'articolo si compone di quattro paragrafi: 'Obiettivi e criticità' motiva e illustra l'originalità del contributo nell'interazione tra considerazioni tecnologiche e compositive; 'Il modulo come principio d'ordine sostenibile' presenta una riflessione sul passaggio dall'idea unitaria dell'organismo architettonico al progetto come montaggio di componenti performanti; 'Tra architettura dei Maestri e contemporaneità: il caso spagnolo' declina il concetto di sostenibilità attraverso il tema compositivo dell'assemblaggio e dis-assemblaggio; 'Conclusioni e sviluppi futuri' riflette sull'esigenza e sulla difficoltà di definire un rinnovato statuto identitario dell'architettura alla luce dei processi progettuali e costruttivi contemporanei.

Obiettivi e criticità | Rivolgendosi a progettisti e tecnologi il contributo si pone l'obiettivo di indagare nuovi modi di intendere e progettare l'architettura in relazione alle contemporanee sfide determinate dalla consapevolezza di risorse limitate, di sostenibilità e transizione energetica, interrogandosi sulle modalità con cui la didattica del progetto possa farne un tema compositivo. Il testo si propone di evitare semplificazioni e rimozioni rassicuranti che farebbero della tecnologia un nucleo di conoscenze agganciato all'attualità ma separato dalla elaborazione progettuale, con la conseguenza di trascurare temi centrali dell'architettura contemporanea come quelli della contestualizzazione e del significato da assegnare ai nuovi materiali performanti.

La Composizione Architettonica condivide con la Tecnologia dell'Architettura la stessa consapevolezza della gravità della situazione ambientale ed economica, la tensione per rispondere alla crisi climatica e la scelta dell'economia circolare. Tuttavia – si pensi alle esperienze architettoniche presentate alla Mostra Internazionale di Architettura di Venezia 2018 da Julien Choppin, Nicola Delon e Sébastien Eymard (Fig. 3) – spesso queste tensioni si esprimono in opposizione programmatica a un mondo di specialismi proponendo, in alternativa, l'invenzione di nuovi modi di costruire economicamente ed ecologicamente sobri, ricchi di significato e di immaginazione. D'altra parte, recenti ricerche hanno riscontrato che a fronte di una grande quantità di pubblicazioni scientifiche a livello internazionale sul tema della sostenibilità, della circolarità e della digitalizzazione nel settore delle costruzioni, vi è una «[...] scarsa partecipazione delle discipline dell'Architettura e del Design al corpus della produzione scientifica» (Rigillo, Galluccio

and Paragliola, 2023, p. 248), segnalando una progressiva settorializzazione dei saperi.

L'originalità del contributo risiede quindi nel tentativo di far convergere su questi temi un duplice sguardo, compositivo e tecnologico, creando concrete occasioni di ricerca scientifica secondo pratiche di lavoro comune che vadano oltre il semplicistico dialogo tra saperi. Riferimento costante è il fatto architettonico inteso nella sua complessità, ovvero sintesi di contenuti compositivi e formali (tipologico-spaziali e morfologici), ragioni d'uso (programma funzionale e destinazioni d'uso), componenti costruttive (tecniche e materiali) e controllo ambientale (risorse).

Con l'obiettivo di favorire l'approfondimento di questo confronto, il testo illustra una serie di casi studio ritenuti significativi all'interno del panorama spagnolo moderno e contemporaneo. Attraverso questi riferimenti si intende motivare la tesi per cui l'architettura per essere sostenibile debba recuperare la capacità di 'misurare' il proprio rapporto con il contesto e i caratteri del luogo. Infatti se appare doveroso soffermarsi sull'impatto che tutta la filiera edilizia determina sull'ambiente, è altrettanto importante evitare una 'riduzione' del progetto a un compendio di soluzioni impiegate in una prospettiva tecnologica come unica espressione e 'garanzia' di attualità dell'architettura. I casi considerati vengono proposti in quanto esempi emblematici di come il progetto possa inglobare e trasformare le conoscenze tecnologiche stabilendo una significativa 'sintesi' tra costruzione e architettura.

Il modulo come principio d'ordine sostenibile | Studi e ricerche recenti mostrano che la strategia più comune con cui si interviene su un edificio al termine del suo ciclo di vita è ancora quella del riciclo applicato a materiali e prodotti secondo logiche di 'down-cycling'. Le ragioni sono molteplici, sia intrinseche alla natura stessa degli edifici sia relative alla normativa che premia le pratiche di riciclo rispetto a quelle di riuso. Questo approccio end-of-life di riciclo dei rifiuti tuttavia presenta diverse criticità legate agli elevati costi energetici e alla qualità progressivamente inferiore del prodotto riciclato. In questo quadro si inseriscono le operazioni di decostruzione selettiva che, anche attraverso documenti fondamentali come l'European Union Construction and Demolition Management Protocol (European Commission, 2016) e le Guidelines for the Waste Audits Before Demolition and Renovation Works of Buildings (European Commission, 2018), intervengono allo scopo di migliorare l'identificazione e la logistica dei rifiuti, il loro trattamento e la gestione della loro qualità.

Questo approccio progettuale alternativo non solo è rivolto all'edificio nella sua unità, ma più specificatamente alla progettazione dei singoli elementi tecnici e alla catalogazione dei materiali di cui è composto (Fig. 4): si tratta di un processo che attraverso dispositivi meccanici e tecniche costruttive a secco consente un grado di 'libertà' dei componenti tale da renderli maggiormente 'controllabili' aumentandone il grado di reversibilità.

Mutuato dal design industriale (Design for Manufacturing and Assembly), dal quale recupera alcuni principi e strategie, a partire dal Life Cycle Guidance Manual (Keoleian and Menerey, 1993), il Design for Disassembly (Guy and Ciarimboli, 2007) consente lo sviluppo di un processo ecologica-

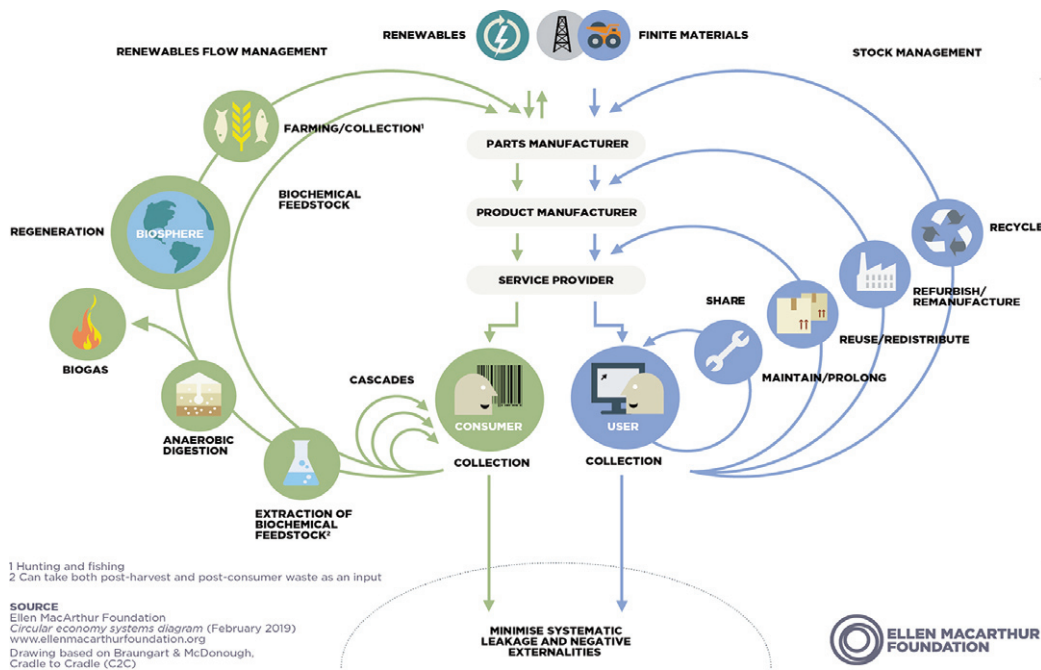


Fig. 1 | Circular Economy Systems diagram, 2019 (credit: Ellen MacArthur Foundation, drawing based on Braungart & McDonough, Cradle to Cradle – C2C).

mente vantaggioso perché, semplificando la separazione dei componenti e dei materiali, ne favorisce il loro recupero e riuso, prevenendo la produzione di rifiuti. Per applicare adeguatamente questo metodo è necessaria, tuttavia, un'approfondita conoscenza e valutazione delle casistiche dei prodotti e dei componenti, affinché nelle operazioni di disassemblaggio se ne preservi l'integrità (Gambato et alii, 2022). È pertanto utile che la progettazione si ispiri a principi di modularità e, per quanto possibile, mono-materialità, introducendo, attraverso la prefabbricazione dei componenti industrializzati, quel principio d'ordine che lega insieme il sistema di moduli-oggetti di cui si compone la costruzione.

L'architettura modulare e le sue possibili applicazioni in una logica di sostenibilità si collocano alla convergenza di molti fattori che già Argan (1965, p. 104) esplicita nel suo lavoro modulo-misura e modulo-oggetto. Infatti, quando scrive che «[...] il fatto che i procedimenti operativi dell'architettura vengano giorno per giorno trasformandosi ed assumendo il carattere di procedimenti industriali, e che si traccino programmi per l'industrializzazione totale della produzione edilizia, non giustifica, in linea di principio, alcun timore circa la possibilità di raggiungere, attraverso questi nuovi processi, risultati di valore artistico» è perché riconosce nell'uso del modulo una matrice che vincola la composizione architettonica senza limitarla completamente. La modularità, anzi, offre una coerenza costruttiva a tutte le parti del sistema con il risultato di un rapporto consapevole tra progetto di architettura e tecnica costruttiva (Fig. 5).

Il modulo viene così inteso nella sua duplice definizione di «principio metrico [...] che mira ad assicurare un'armonia di effetti visivi» (Argan, 1965, p. 109) e di fatto-base della costruzione, identificabile con quella produzione in serie di elementi, tra cui stabilire sistemi di relazioni a scale differenti. La riflessione sull'architettura come composizione modulare viene quindi condotta secondo una prospettiva che richiede un necessario cambio di

senso nel progetto di un edificio in rapporto al suo ciclo di vita e costituisce un'opportunità per riflettere sull'ineludibile questione di come le nuove tecniche si rapportino con il progetto di architettura.

Tra architettura dei Maestri e contemporaneità: il caso spagnolo | Condividendo con l'accademico, ambientalista e divulgatore scientifico canadese David Takayoshi Suzuki l'idea che «[...] the way we see the world shapes the way we treat it»³, appare utile e interessante rileggere alcune esperienze architettoniche, più o meno recenti, alla luce di una rinnovata contemporanea visione del mondo, a partire dal concetto di sostenibilità inteso in senso allargato.

Il tema dell'assemblaggio e dis-assemblaggio in architettura sottende il considerare l'edificio come struttura in costante evoluzione, caratterizzata da flessibilità e reversibilità spaziali, funzionali, strutturali e materiali. Tali requisiti hanno caratterizzato la costruzione di numerosi edifici fin dall'antichità⁴ e, in tempi più recenti, di edifici 'a secco', edifici prefabbricati o temporanei, senza che l'attributo della sostenibilità costituisse necessariamente obiettivo primario dell'intervento. A causa dell'esponenziale crescita di fenomeni legati ai cambiamenti climatici le recenti e future sfide, alle quali come architetti siamo chiamati a tentare di fornire proposte e risposte, impongono un cambio di prospettiva che, nonostante venga spesso interpretato e descritto come la necessità di modifica radicale di modi e tecniche, può e deve invece essere inteso come evoluzione di dispositivi e procedimenti preesistenti, eventualmente modificati e integrati al fine di adeguarli alle nuove istanze.

Le strategie compositive di assemblaggio e dis-assemblaggio acquisiscono maggior interesse se applicate a edifici preesistenti grazie alla possibilità di garantire la preservazione attraverso operazioni di trasformazione che possono prevedere la sovrapposizione, la giustapposizione, l'inserimento del nuovo in rapporto a fabbriche esistenti (Russo, 2021) che, a loro volta possono essere man-

tenute e/o riqualificate anche attraverso operazioni di demolizione parziale o selettiva. In tal senso queste strategie consentono di aprire prospettive di riusi adattivi di quell'immenso patrimonio edilizio, spesso in obsolescenza e/o disuso che caratterizza Paesi come il nostro, oltre che molte nazioni europee.

Il caso spagnolo viene utilizzato a pretesto di questa ipotesi e indagine, provando a rintracciare affinità e divergenze tra il lavoro di alcuni Maestri e una serie di proposte e interventi più recenti sul nuovo e sull'antico. Le opere presentate non intendono proporsi come esaustive di un dibattito complesso e articolato, ma pongono al centro la composizione intesa come primo atto progettuale che, nella sua ideazione, unisce inscindibilmente immagine architettonica con soluzioni strutturali, tecniche e tecnologiche. I progetti selezionati utilizzano inoltre figure 'semplici'⁵, e un numero limitato di materiali – non necessariamente di ultima ideazione o innovativi – stimolando a interrogarci criticamente sul significato della parola 'sostenibilità'.

Nell'occuparci di architettura modulare e sue possibili applicazioni, il lavoro di alcuni Maestri spagnoli ha efficacemente indagato la duplice definizione di Argan lavorando sul tema della prefabbricazione. Tra i numerosi esempi che si potrebbero citare, il lavoro di ricerca di Miguel Fisac (1967, p. 9) rappresenta una tappa fondamentale nel quadro dell'architettura spagnola. Le sue opere indagano infatti le possibilità di quel «[...] material pastoso que se echa en moldes» che è il calcestruzzo armato utilizzato per forme strutturali, ma anche per la realizzazione di elementi di rivestimento o tamponamento esterni. Fisac dedicherà quasi l'intera carriera al progetto di una serie di elementi modulari prefabbricati – poi brevettati – che utilizzerà per la composizione di edifici attraverso ripetitive, ma spazialmente innovative, operazioni di assemblaggio.

Nel Laboratorio modelli del Centro di Studi Idrografici (Fig. 6), per esempio, il ritmato utilizzo delle 'travi osso' (Arqués Soler, 1996; González Blanco, 2010; Fig. 7) modella lo spazio in stretto rapporto con il ritmo della luce introdotta zenitalmente grazie all'asimmetrica composizione della sezione delle travi. Nella Chiesa di Santa Ana, invece, le potenzialità espressive degli elementi prefabbricati sono sperimentate in relazione all'andamento di forme concave e convesse, sempre amplificate del rapporto con la luce (Figg. 8, 9). Nelle sue opere un unico materiale è utilizzato per la definizione di spazi che aspirano a coniugare l'utile, il tecnicamente possibile con il bello (Castro, 1971). Attenzione particolare è sempre rivolta ai giunti che tuttavia nel tempo si sono dimostrati gli elementi maggiormente deboli delle strutture, al punto da rendere necessario, in taluni casi, lo smontaggio e rimontaggio degli elementi strutturali. Il sistema utilizzato per i giunti, nella nostra generale riflessione, costituisce motivo di particolare attenzione perché può essere inteso come quell'elemento progettuale capace di rendere più o meno possibile e/o agevole lo smontaggio e riutilizzo delle strutture lungo il ciclo di vita dell'edificio.

Il lavoro realizzato da Fisac è stato generalmente rivolto al progetto di edifici ex novo, tuttavia, in tempi recenti, in Spagna è possibile individuare alcuni interventi che, recuperando la tradizione dell'opera di Fisac, si occupano di interve-

nire su strutture preesistenti al fine di riconvertirle nella funzione e di riutilizzarle.

Seppur nelle differenze, alcuni interventi di Ensamble Studio possono essere letti secondo questa logica. Nella Casa del Lettore⁶, sviluppata dalla Fondazione Germán Sánchez Ruipérez e completata nel 2012 all'interno del Matadero Madrid (Fig. 10), una serie di travi prefabbricate a U, di 23 metri di lunghezza, sono utilizzate come unico elemento per la definizione del progetto. Attraversando lo spazio basilicale degli edifici industriali gemelli preesistenti, le travi risolvono spazialmente il rapporto tra piano inferiore e superiore: senza l'introduzione di sostegni intermedi, tali elementi prefabbricati si inseriscono all'interno delle antiche strutture, richiamando la forma delle pensiline esterne che collegano una serie di manufatti presenti all'interno del complesso dell'ex mattatoio (Fig. 11). L'idea potente, nella realizzazione finale, è affiancata dall'introduzione di una serie di elementi metallici o di giunti che conferiscono all'insieme un'immagine che tende alla ricerca di omogeneità e assonanze tra manufatto esistente e progetto del nuovo, più che alla messa in evidenza delle differenze.

La costruzione di rapporti dialettici tra antico e nuovo caratterizza anche altri interventi all'interno delle strutture dell'ex mattatoio. L'architetto Arturo Franco Díaz, insieme con Fabrice Van Teslaar, nella Nave 17 affidata all'Istituzione denominata Intermediae (Pastorelli, 2011; Fig. 12), spe-

rimenta l'introduzione di interventi minimi e totalmente autonomi strutturalmente, che mettono in evidenza il processo di decostruzione e costruzione. L'edificio esistente mantiene tutte le tracce del tempo – quasi in forma di rovina – componendosi con nuovi elementi metallici, impianti a vista e serramenti che definiscono e racchiudono una serie (limitata) di spazi climatizzati. In un costante dialogo tra antico e nuovo, due linguaggi differenti manifestano due posture fronte a fronte. Anche i sistemi vetrati di protezione esterni sono progettati nell'intento di costruire una distanza tra l'antica struttura e l'opera contemporanea, fino a produrre un inusuale rapporto tra architettura e natura (Fig. 13). Nell'intero progetto il giunto assume ruolo primario perché elemento capace di separare, e contemporaneamente unire, distinti mondi.

Nella Nave 8 lo stesso Arturo Franco Díaz interviene in un piccolo edificio amministrativo che necessitava prevalentemente del ripristino della copertura, di un rinforzo strutturale e dell'inserimento di sistemi di condizionamento (Franco and Van Teslaar, 2014). Sebbene in questo caso si tratti di un intervento non 'a secco', l'Architetto individua nuove opportunità per il progetto nelle montagne di macerie derivate dagli interventi sugli edifici adiacenti. L'intero spazio è perimetrato da alte pareti realizzate con la sovrapposizione di tegole piane in forma di 'gelosie' che producono una vibrazione definendo un sistema costruttivo semplice (Fig. 14, 15). Un 'semplice' materiale della tradizione da

scarto si trasforma non solamente in risorsa per il progetto, ma addirittura in unico elemento capace di definire e modulare l'intero spazio. Nell'intelligente modo d'uso di un materiale, incrociato con un'antica tecnica costruttiva, risiede l'interesse di questo piccolo progetto.

Nonostante tali interventi non siano stati progettati secondo le norme e logiche del Design for Disassembly, le strategie progettuali utilizzate rendono più o meno facilmente applicabile lo smontaggio delle nuove strutture. Il passo potrebbe allora essere facilmente colmato introducendo e implementando, nelle fasi iniziali del progetto, un'ulteriore variabile che incorpori l'idea di futuro per tali strutture, pianificandone lo smontaggio, valutando la scelta dei materiali, studiando nel dettaglio gli elementi della composizione e i giunti di connessione. Tali operazioni possono pertanto essere intese come elemento 'aggiunto' a modi, strategie, tecniche e materiali già ampiamente utilizzati e sperimentati, recuperando parallelamente quelle regole del buon costruire affinate dell'architettura 'vernacolare' in funzione del luogo e delle specifiche caratteristiche climatiche in cui l'edificio si inserisce.

Conclusioni e sviluppi futuri | Dalle diverse esperienze presentate emerge la possibilità di tenere insieme nei processi progettuali e costruttivi contemporanei gli esiti della ricerca scientifica e tecnologica con lo statuto identitario dell'architettura.

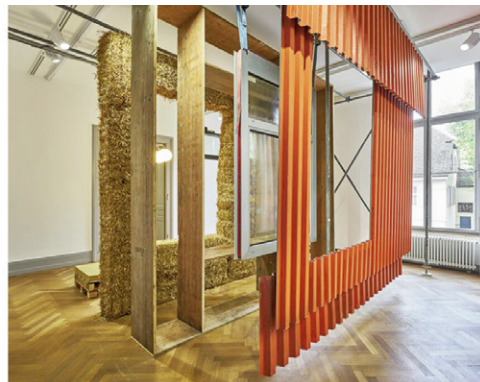
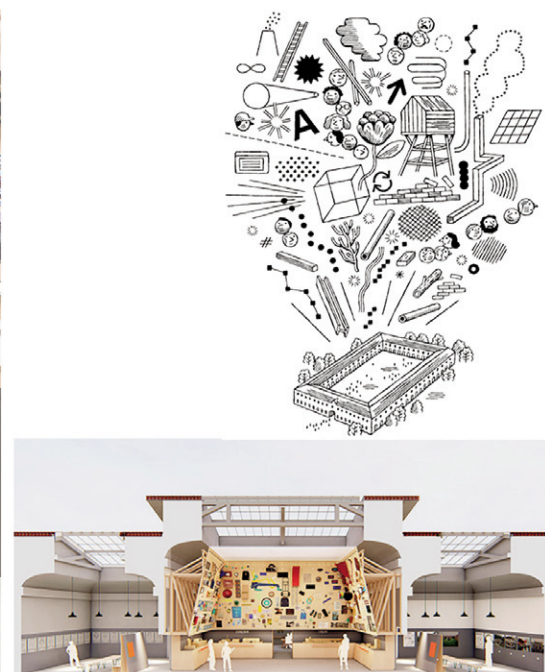


Fig. 2 | K118 – Kopfbau Halle 118 (2021) in Winterthur, designed by baubüro in situ: The corrugated sheet metal cladding system, disassembly from a construction site on the outskirts of Winterthur; Its reuse within the project (credits: Martin Zeller).

Fig. 3 | Lieux Infinis – Pavillon français, designed by Encore Hereux (Nicole Delon, Julien Choppin, Sébastien Eynard), at the International Architecture Exhibition – La Biennale di Venezia, 2018 (credits: Encore Hereux, J. Gerner).



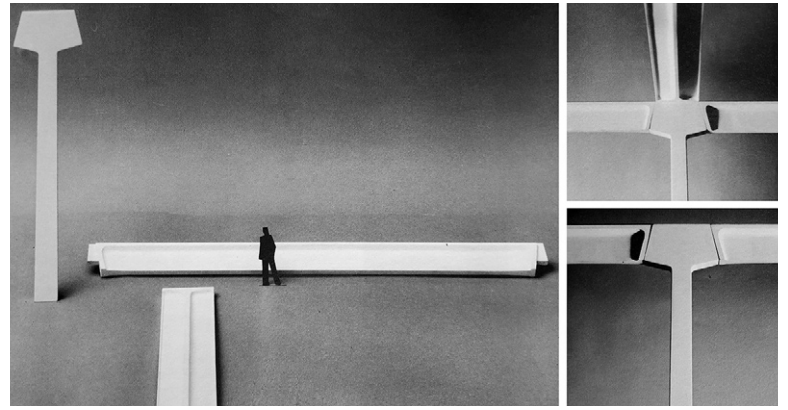
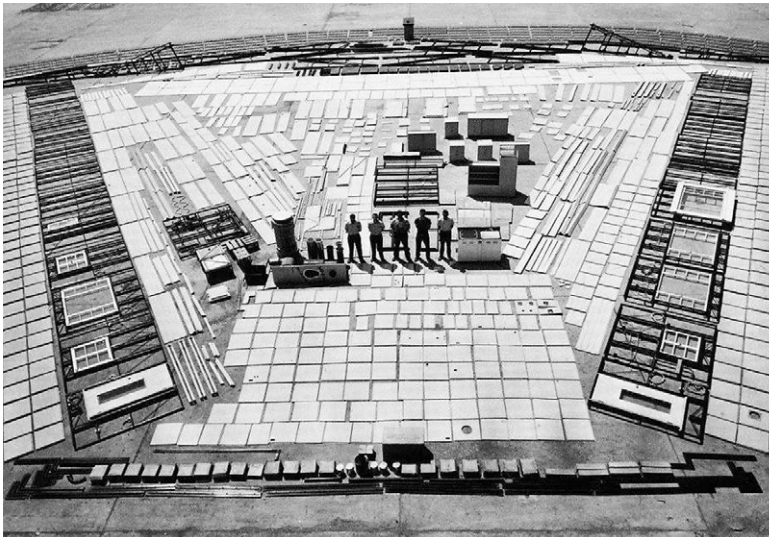


Fig. 4 | Lustron prefabricated house (1949) in Columbus, Ohio: aerial photo of its 3,000 pieces (credit: A. Newman).

Fig. 5 | Elmag factory (1963-1966) in Lissone, designed by Angelo Mangiarotti: system elements assembled in simple support (credits: G. Casali, TFAM, Milan).

Lo sguardo sull'edificato e la progettazione dell'edificabile, come dicono i casi spagnoli, non può prescindere dalla riflessione sul ciclo vitale degli edifici, sulla loro trasformabilità, riparabilità e disassemblabilità, purché questa aumentata competenza a 'sostenere' i processi costruttivi non si coaguli come un sapere che da specifico rischierebbe di diventare settoriale.

L'architettura modulare, il DfD e l'Urban Mining rappresentano discipline che offrono al progetto molte opportunità relative alla flessibilità degli edifici e alla versatilità nell'uso di materiali tali per cui l'attenzione dal prodotto si sposta al 'processo' bidirezionale. Si tratta di pratiche infatti che, se accompagnate dal rispetto di alcuni procedimenti, possono ridurre i costi di costruzione del 30-60 % (Ellen MacArthur Foundation, 2015) e favorire una maggiore adattabilità tipologica degli spazi per edifici, in particolare per edifici del settore terziario soggetti a frequenti rinnovi del fit-out (Talamo et alii, 2021).

Nonostante il crescente interesse verso queste strategie vi sono questioni organizzative e tecniche che ne rallentano la diffusione: la principale difficoltà è rappresentata dalla qualità prestazionale dei prodotti esito di processi di smontaggio, da reimmettere nelle filiere di riuso. In questo senso svolgono un ruolo centrale i procedimenti – già indicati dal progetto Building As Material Banks (Peters et alii, 2017) tra cui il Reversible Building Design e il Building Passport – che consentono di «[...] ricostruire la 'vita' pregressa degli elementi e poterne valutare il possibile inserimento nel modello digitale di un progetto futuro» (Viscuso, 2021, p. 273). Gli edifici sono così assimilabili a delle 'banche' di componenti che possono essere rimessi in circolo senza che ne venga modificata la funzione oppure attraverso operazioni totali o parziali di trasformazione. L'adozione di queste piattaforme digitali⁷ nate nell'ultimo decennio in Europa (Crippa and alii, 2022) tuttavia, conduce a una costruzione 'corretta' solo se l'insieme e ogni parte risulta riferita alla medesima concezione logico-costruttiva (Mangiarotti, 2000).

In ambito mediterraneo e in modo ancora più evidente in Italia (Baiani and Altamura, 2019), le metodologie di DfD e di decostruzione selettiva non hanno ancora assunto i caratteri di una filiera 'altra' rispetto alle modalità di costruzione lineare per la presenza di numerose resistenze di carat-

tere culturale e ambientale. Infatti nonostante il DM 11/10/2017 preveda per gli appalti pubblici che almeno il 50% dei componenti edilizi sia sottoponibile, a fine vita, a demolizione selettiva o a essere riciclabile o riutilizzabile, questa disposizione non ha finora rappresentato un 'driver' per le costruzioni non normate (Sposito and Scalisi, 2020).

Per tutte queste ragioni è opportuno riflettere sulle nuove competenze che sono richieste all'Architetto, a fronte di un inedito approccio al progetto, competenze non solo riferite a una conoscenza accurata dei materiali, ma all'acquisizione di una reale consapevolezza del margine di libertà compositiva per interpretare, vagliare e scegliere in modo appropriato ciò che è necessario alla costruzione in una prospettiva di edilizia circolare. Nel passaggio che avviene tra i saperi della Tecnologia e dell'Architettura il progetto come raccolta di componenti si fa 'catalogo di inventiva', modo inedito di guardare all'opera nella sua totalità e per parti, a ciascuna delle quali restituire un valore di senso e un valore di progetto.

In the contemporary landscape, sustainability and resource-saving are increasingly central themes related to environmental matters. This is expressed on two mutually interconnected planes: on the one hand, policies, regulatory interventions, strategies and investments incentivise the transition to a more sustainable economy in various productive sectors; on the other hand – in the building sector – the development of prefabrication techniques and the use of BIM technology in the design and construction phases have fostered an 'alternative' way of thinking about building in terms of both eco-efficiency and greater versatility and flexibility. In the 1990s, the construction sector was believed to be responsible for consuming about 40% of raw materials and one-third of global energy. Data on the impact of the Built Environment on the Eco-sphere¹ (Rees, 1999) show that, two decades later, the building supply chain is responsible for the production of more than one-third of global waste and 40% of carbon dioxide emissions (Pomponi and Moncaster, 2017).

The data highlights how the building sector, which plays a crucial role in the construction of habitable contexts and the provision of land in-

frastructure, also exerts the most significant pressure on the environment (Pomponi and Moncaster, 2016): despite occupying only 3% of the Earth's surface, cities are, in fact, responsible for more than 70% of energy consumption (UN, 2023). These critical issues are compounded by a consumption rate of non-renewable raw materials that exceeds the remanufacturing rate, affecting material cost and availability. Despite the strategic plans and policies promoted at the European level (European Commission, 2020a) to achieve the Sustainable Development Goals of the 2030 Agenda (UN – General Assembly, 2015), CO₂ levels are continuously increasing and are expected to double by 2050 (IEA, 2013).

Therefore, in light of the current energy crisis, a vision change is necessary to address sustainability issues beyond the simple protection of the environment and to push towards its regeneration (De Leonardis, 2017). The Green Deal (European Commission, 2019) proposed an initial transition from a linear to circular economy representing a reasoned and oriented planning to be implemented in a medium and long-term perspective (Mazzucato, 2021; Fig. 1). However, this policy presents limitations: although the 'sustainable development' paradigm of the green economy encourages the use of renewable energy sources and building eco-efficiency, it does not intervene in production modes as the 'sustainable development' model of the blue economy proposes to do, albeit amid many difficulties (Pauli, 2010).

If the green economy represents a phase of transition from the linear to the circular economy, the blue economy constitutes its full outgrowth, its transformation to a closed, 'cradle to cradle'² economy (McDonough and Braungart, 2002), in which someone's waste becomes a resource for someone else (Pauli, 2010; Fig. 2). By intervening on production mechanisms, on the upstream saving of materials – susceptible to repeated reuse – the blue economy, therefore, represents a refounding of industrial and productive culture, which from the mechanistic paradigm of the 'world as a machine' moves toward the ecological paradigm that interprets the 'world as a network' of interconnected systems (Capria and Mattei, 2017).

Within this broad and complex cultural framework, the dissemination of modular solutions presents itself as an opportunity for an open, sys-

temic and process-oriented method of building, fostering not only the versatility and potential spatial reconfiguration of buildings (Open Building and Design for Change) but also the disassembly and reuse of their components (Design for Disassembly – DfD). Through some applications of modular design and prefabrication, this paper explores the consequences that this circular, ‘zero waste’ approach determines not only on the built environment (European Commission, 2020b) but also on the way we think about construction.

The article consists of four paragraphs: ‘Objectives and critical issues’ motivates and illustrates the originality of the contribution in the interaction between technological and compositional considerations; ‘The module as a sustainable principle of order’ presents a reflection on the transition from the unitary idea of the architectural organism to the project as the assembly of performing components; ‘Between architecture of the Masters and contemporaneity: the Spanish case’ declines the concept of sustainability through the compositional theme of assembly and disassembly; ‘Conclusions and future developments’ reflects on the need and difficulty of defining a renewed identity status of architecture in the light of contemporary design and construction processes.

Objectives and critical issues | The contribution, addressing architects and technologists, aims to investigate new ways of understanding and designing architecture in relation to contemporary challenges determined by awareness of limited resources, sustainability and energy transition, while also investigating how project didactics can embrace it as a compositional theme. The paper aims to avoid simplifications and reassuring removals that would make technology a core of knowledge linked to current events but separated from project elaboration, with the consequence of neglecting central issues in contemporary architecture such as those of contextualisation and of the meaning to be assigned to new performance materials.

Architectural Composition and Building Technology share the same awareness of the severity of the environmental and economic situation, the tension in responding to the climate crisis and the choice of a circular economy. However – considering the architectural experiences presented at the 2018 Venice International Architecture Exhibition by Julien Choppin, Nicola Delon and Sébastien Eymard (Fig. 3) – often these tensions are expressed in programmatic opposition to a world of specialisms by proposing, as an alternative, the invention of new ways of building that are economically and ecologically sober, rich in meaning and imagination. On the other hand, recent research has found that, despite a large number of scientific publications at the international level on the topic of sustainability, circularity and digitisation in the construction sector, there is low participation of the disciplines of Architecture and Design in the body of scientific production (Rigillo, Galluccio and Paragliola, 2023), signalling a progressive sectorisation of knowledge.

Therefore, the originality of the contribution lies in the attempt to bring together a dual perspective on these issues, compositional and technological, creating concrete opportunities for scientific research according to common working practices

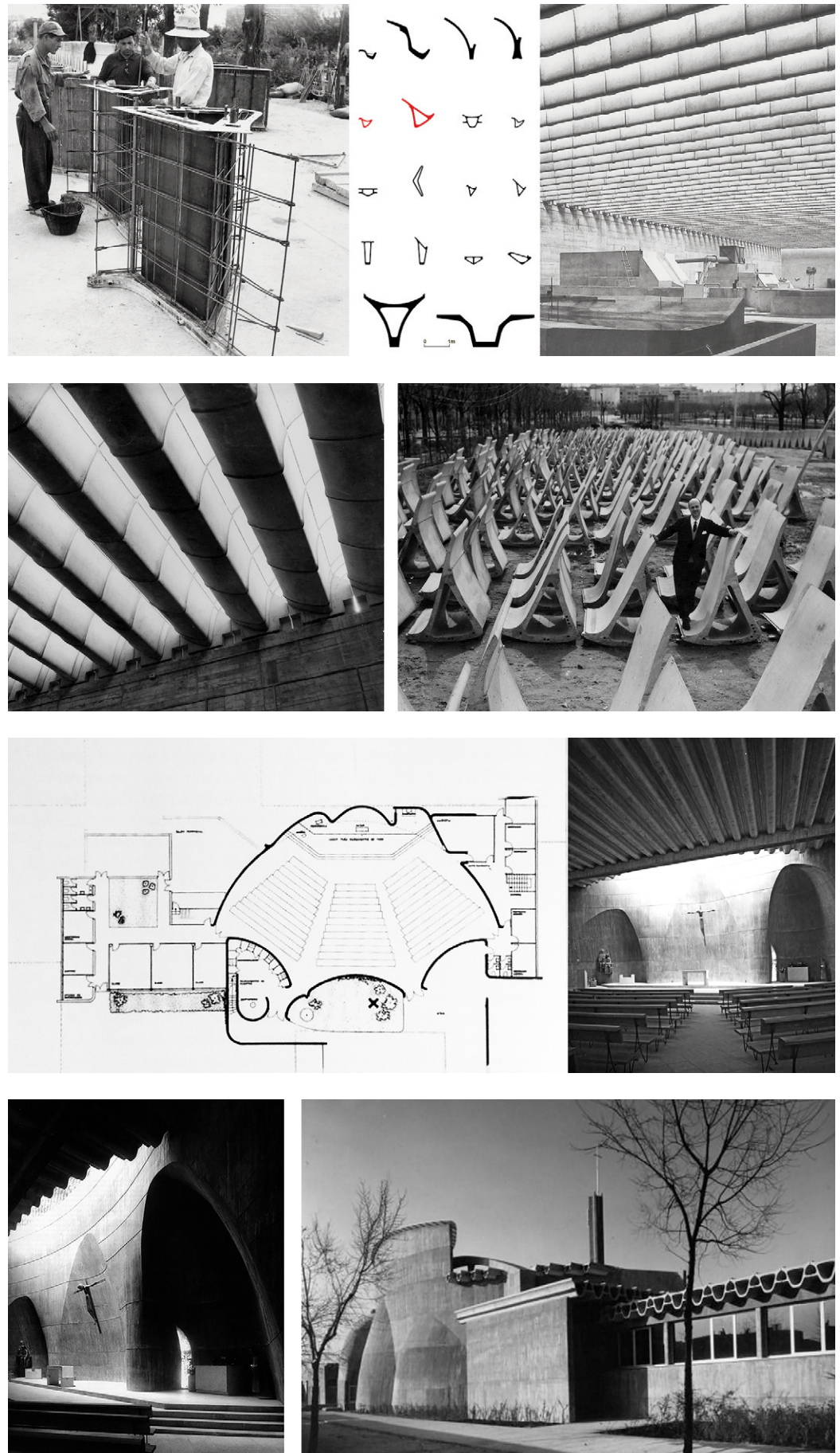


Fig. 6 | Center for Hydrographic Studies (1960) in Madrid, designed by Miguel Fisac: View of the formwork of the beam module; Interior photo of the model workshop; Drawings of the sections of the ‘bone’ beams. The beams used in the Center for Hydrographic Studies are shown in red (credits: Centro de Estudios Hidrográficos; section redesign by C. Pirina).

Fig. 7 | Center for Hydrographic Studies (1960) in Madrid, designed by Miguel Fisac: views of the beams and their modules (credits: Centro de Estudios Hidrográficos).

Figs. 8, 9 | Church of Santa Ana (1965) in Motalaz, designed by Miguel Fisac: Plan and interior of the nave; View of the interior and exterior of the apse (credits: Fundación Fisac).

that go beyond a simplistic dialogue between different fields of knowledge. A constant reference is the architectural fact understood in its complexity, that is, a synthesis of compositional and formal content (typological-spatial and morphological), reasons for use (functional program and intended uses), construction components (techniques and materials), and environmental control (resources).

To encourage further exploration of this comparison, the text illustrates a series of case studies deemed significant within the modern and contemporary Spanish context. Through these references, the intention is to substantiate the thesis that in order to be sustainable, architecture must recover the ability to 'measure' its relationship with the context and characteristics of the place. While it seems necessary to focus on the impact that the entire building supply chain determines on the environment, it is equally important to avoid a 'reduction' of the project to a compendium of solutions employed in a technological perspective as the only expression and 'guarantee' of architectural relevance. The cases under consideration are emblematic examples of how the design project can incorporate and transform technological knowledge by establishing a meaningful 'synthesis' between construction and architecture.

The module as a sustainable principle of order |

Recent studies and research show that the most common strategy to intervene on a building at end-of-life is that recycling applies to materials and products according to 'down-cycling' logic. There are several reasons for this, both intrinsic to the nature of buildings and related to regulations that reward recycling over reuse practices. However, this end-

of-life approach to waste recycling presents several critical issues related to high energy costs and progressively lower recycled product quality. This framework includes selective deconstruction operations, which, in part through key documents such as the European Union Construction and Demolition Management Protocol (European Commission, 2016) and the Guidelines for the Waste Audits Before Demolition and Renovation Works of Buildings (European Commission, 2018), take action to improve the identification and logistics of waste, its treatment, and its quality management. This alternative design approach is not only aimed at the building in its unity, but more specifically at the design of the individual technical elements and the cataloguing of the materials of which it is composed (Fig. 4): it is a process that, through mechanical devices and dry construction techniques, allows a degree of 'freedom' of the components, such as to make them more 'controllable' by increasing the degree of reversibility.

Borrowed from industrial design (Design for Manufacturing and Assembly), from which it retrieves some principles and strategies, starting with the Life Cycle Guidance Manual (Keoleian and Menerey, 1993), Design for Disassembly (Guy and Ciarimboli, 2007) enables the development of an ecologically beneficial process since it supports the recovery and reuse of components and materials by simplifying their separation, preventing the production of waste. The proper application of this method, however, requires a thorough knowledge and evaluation of the case histories of products and components to ensure their integrity is preserved in disassembly operations (Gambato et alii, 2022). Therefore, it is useful for the design to be inspired by principles of modularity and,

as far as possible mono-materiality, introducing, through the prefabrication of industrialised components, that principle of order that binds together the system of module-objects of which the construction is composed.

Modular architecture and its possible applications in a logic of sustainability stand at the convergence of many factors that Argan (1965) explicitly articulates in his work on module-measure and module-object. When he writes that concerns regarding the possibility of achieving, through these new processes, results of artistic value are not justified by the fact that the operational procedures of architecture are being transformed on a daily basis, taking on the character of industrial procedures, and that programs for the total industrialisation of building production are being devised, it is because he recognises in the use of the module a matrix that constrains architectural composition without limiting it completely. Modularity, on the contrary, determines a constructive coherence to all system parts, resulting in a conscious relationship between architectural design and construction technique (Fig. 5).

The module is thus understood in its dual definition, as a metric principle which aims to ensure harmony of visual effects (Argan, 1965) and as a fact-basis of construction, identifiable with that serial production of elements, between which to establish systems of relations at different scales. Reflection on architecture as a modular composition is thus conducted from a perspective that requires a necessary change of meaning in the design of a building in relation to its life cycle and provides an opportunity to reflect on the unavoidable question of how new techniques relate to architectural design.

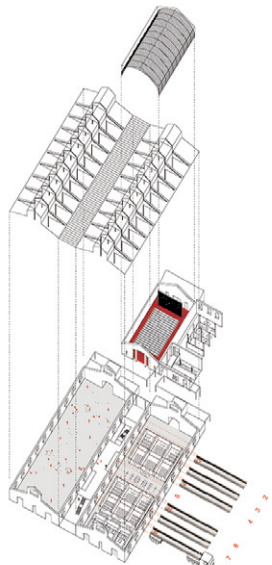
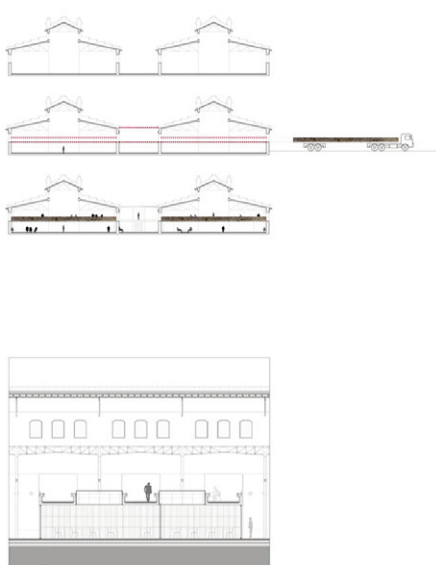


Fig. 10 | Casa del Lector (2012) in Madrid, designed by Ensamble Studio: sections and axonometric cutaway of the project (credits: Ensamble Studio).

Fig. 11 | Casa del Lector (2012) in Madrid, designed by Ensamble Studio: Exterior view of the completed intervention; Photos of the construction site and the installation of the prefabricated beams (credits: Ensamble Studio).

Next page

Fig. 12 | Nave 17 Matadero (2006) in Madrid, designed by Arturo Franco Díaz with Fabrice Van Teslaar: Entrance view from Paseo de la Chopera; Project section (credits: A. Franco Díaz and C. Fernández Pinar).

Fig. 13 | Nave 17 Matadero (2006) in Madrid, designed by Arturo Franco Díaz with Fabrice Van Teslaar: Access system from the outside; Images of interior interventions in relation to traces of the ancient artefact (credits: C. Fernández Pinar).

Fig. 14 | Nave 8B Matadero (2009) in Madrid, designed by Arturo Franco Díaz: Axonometric scheme of the intervention; Detail of the flat tile masonry (credits: A. Franco Díaz and C. Fernández Pinar).

Fig. 15 | Nave 8B Matadero (2009) in Madrid, designed by Arturo Franco Díaz: views of the intervention (credits: C. Fernández Pinar).



Between architecture of the Masters and contemporaneity: the Spanish case | In agreeing with the Canadian academic, environmentalist and scientific populariser David Takayoshi Suzuki with the idea that «[...] the way we see the world shapes the way we treat it»³, it is useful and interesting to reread specific architectural experiences, more or less recent, in the light of a renewed contemporary worldview, starting from the concept of sustainability understood in a broad sense.

The theme of assembly and disassembly in architecture implies considering the building a constantly evolving structure, characterised by spatial, functional, structural and material flexibility and reversibility. These requirements have characterised the construction of numerous buildings since ancient times⁴ and, in more recent times, 'dry', prefabricated or temporary structures, not necessarily setting the attribute of sustainability as the primary objective of the intervention. Due to the exponential growth of phenomena related to climate change, the recent and future challenges we as architects are called upon to try to provide proposals and answers impose a change of perspective that, although often interpreted and described as the need for radical change in methods and techniques, can and should instead be understood as the evolution of pre-existing devices and procedures, possibly modified and integrated to adapt to new demands.

Compositional strategies for assembly and disassembly become even more interesting if they are also applied to pre-existing buildings, due to the possibility of ensuring their preservation through transformation operations that can involve the superimposition, juxtaposition, and insertion of the new in relation to existing factories (Russo, 2021) which, in turn, can also be maintained and/or upgraded through partial or selective demolition operations. In this sense, these strategies open up prospects for adaptive reuses of the immense, often obsolescent and/or disused building stock that characterises countries like Italy, as well as many European nations.

The Spanish case is used as a pretext for this hypothesis and investigation, attempting to trace affinities and divergences between the work of selected Masters and several more recent proposals and interventions on the new and the ancient. The presented works do not intend to introduce themselves as an exhaustive overview of a complex and articulated debate, but they do focus on composition understood as the first act of a project that, in its conception, inseparably combines architectural image with structural, technical and technological solutions. The selected projects also use 'simple' figures⁵, and a limited number of materials – not necessarily innovative or featuring the latest design – prompting a critical questioning of the meaning of the word 'sustainability'.

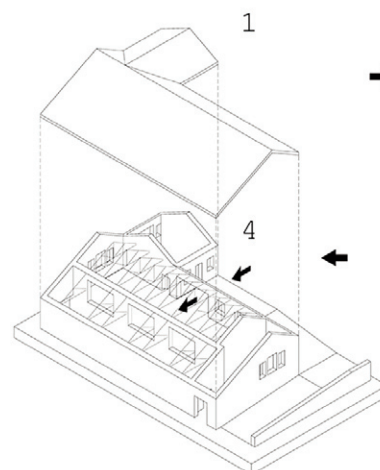
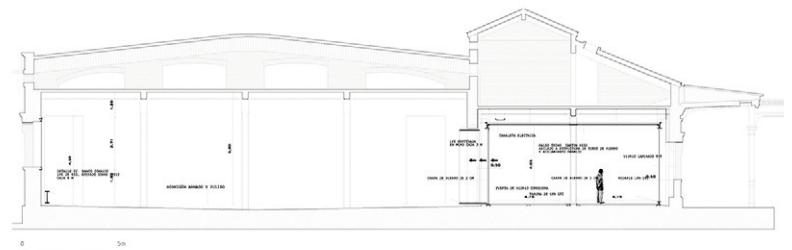
In dealing with modular architecture and its possible applications, the work of certain Spanish Masters has effectively investigated Argan's dual definition by working on the theme of prefabrication. Among the many examples one could cite, the research conducted by Miguel Fisac (1967, p. 9) represents a milestone in the framework of Spanish architecture. In fact, his works investigate the possibilities of that «[...] material pastoso que se echa en moldes» that is reinforced concrete used for structural forms, but also for the realisation of

external cladding or curtain walling elements. Fisac would devote almost his entire career to designing a series of prefabricated modular elements – later patented – that he would use to compose buildings through repetitive, but spatially innovative, assembly operations.

In the Model Laboratory of the Center for Hydrographic Studies (Fig. 6), for example, the rhythmic use of 'bone beams' (Arqués Soler, 1996; González Blanco, 2010; Fig. 7) shapes the space in close relationship with the rhythm of light introduced zenithally through the asymmetrical composition of the beam section. In the Church of Santa Ana, on the other hand, the expressive potential of prefabricated elements is tested in relation to the trend of concave and convex shapes, always amplified by the relationship with light (Figg.

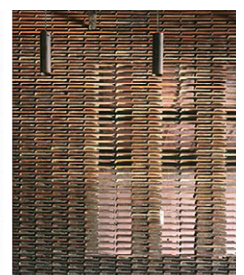
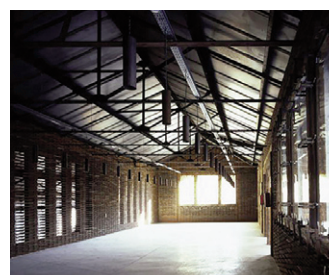
8, 9). In his work, a single material is used to define spaces that aspire to combine useful and technically possible with beautiful (Castro, 1971). Special attention is always paid to the joints, which over time have proven to be the weakest elements of the structures, requiring, in some cases, the disassembly and reassembly of structural elements. The system used for joints, in our general reflection, is a cause for special attention since it can be understood as that design element that can make disassembly and reuse of structures more or less possible and/or easy over the life cycle of the building.

Fisac's work has generally been aimed at the design of buildings ex novo; however, in recent times, it is possible to identify interventions in Spain that, drawing on the tradition of Fisac's work, are



2

3



concerned with intervening on pre-existing structures to convert them back into function and reuse them. Some of Ensemble Studio's interventions can be understood according to this logic despite the differences. In the Reader's House⁶, developed by the Germán Sánchez Ruipérez Foundation and completed in 2012 inside the Madero Madrid (Fig. 10), a series of prefabricated U-shaped beams, 23 meters in length, are used as the only element for the design definition. Crossing the basilica space of the pre-existing twin industrial buildings, the beams spatially resolve the relationship between the lower and upper floors. Without the introduction of intermediate supports, these prefabricated elements fit within the ancient structures, echoing the shape of the exterior canopies that connect a series of artefacts within the former slaughterhouse complex (Fig. 11). The powerful idea, in the final realisation, is flanked by the introduction of a series of metal elements or joints that give the overall image an appearance that tends toward the search for homogeneity and resonances between the existing artefact and the design of the new one, rather than the highlighting of differences.

The establishment of dialectical relationships between old and new also characterises other interventions within the structures of the former slaughterhouse. Architect Arturo Franco Díaz, together with Fabrice Van Teslaar, in Nave 17, entrusted to the institution *Intermediae* (Pastorelli, 2011; Fig. 12), experiments with the introduction of minimal and fully autonomous structural interventions that emphasise the process of deconstruction and construction. The existing building maintains all signs of time – almost in the form of a ruin – comprising new metal elements, exposed fixtures and window frames that define and enclose a (limited) set of air-conditioned spaces. In a constant dialogue between ancient and new, two different languages manifest two confronting positions. The exterior protective glass systems are also designed to create distance between the ancient building and the contemporary structure, to the point of producing an unusual relationship between architecture and nature (Fig. 13). In the entire project, the joint takes on a primary role as an element capable of separating and simultaneously uniting distinct worlds.

In Nave 8, Arturo Franco Díaz himself intervened in a small office building that mainly required roof restoration, structural reinforcement, and the installation of air conditioning systems (Franco and Van Teslaar, 2014). Although this case is not a 'dry' intervention, the Architect identifies new opportunities for the project in the mountains of

rubble derived from interventions on adjacent buildings. The entire space is defined through the insertion of high walls made through the horizontal assembly of flat tiles that produce vibration by establishing a simple construction system (Fig. 14, 15). A 'simple' traditional material is transformed from waste not only into a resource for the project but also into the only element capable of defining and modulating the entire space. The interest of this small project lies in the intelligent way of using materials combined with an ancient construction technique.

Although these interventions were not designed according to the rules and logic of Design for Disassembly, the design strategies employed more or less facilitate the disassembly of new structures. The gap could then be easily bridged by introducing and implementing, in the early stages of the project, an additional variable that incorporates the idea of the future for such structures, planning their disassembly, evaluating the choice of materials, studying in detail the elements of the composition and the connecting joints. Therefore, these operations can be understood as an 'added' element to methods, strategies, techniques and materials that have already been widely used and tested, while at the same time recovering those refined rules of good building of 'vernacular' architecture according to the place and specific climatic characteristics in which the building is set.

Conclusions and future developments | The various experiences presented reveal the possibility of holding together the outcomes of scientific and technological research with the identity status of architecture in contemporary design and construction processes. The outlook on the built and the design of the buildable, as the Spanish cases suggest, cannot ignore a reflection on the life cycle of buildings, on their transformability, reparability and disassemblability, as long as this increased competence to 'sustain' construction processes does not coagulate into knowledge that, from specific, would risk becoming sectoral.

Modular architecture, DfD and Urban Mining represent disciplines that offer the project many opportunities related to building flexibility and versatility in using materials, shifting the focus from the product to the two-way 'process'. These are practices that, if in compliance with specific procedures, can reduce construction costs by 30-60% (Ellen MacArthur Foundation, 2015) and encourage greater typological adaptability of building spaces, particularly for buildings in the tertiary sector that are subject to frequent fit-out renovations (Talamo et alii, 2021).

Despite a growing interest in these strategies, organisational and technical issues are slowing their implementation: the main difficulty is the performance quality of products resulting from disassembly processes to be reintroduced into reuse supply chains. In this sense, central are the processes – already indicated by the Building As Material Banks project (Peters et alii, 2017), including Reversible Building Design and Building Passport – which make it possible to reconstruct the past 'life' of elements and to assess their possible inclusion in the digital model of a future project (Viscuso, 2021). Buildings are thus likened to 'banks' of components that can be put back into circulation without changing their function or through total or partial transformation operations. The adoption of these digital platforms⁷ born in the last decade in Europe (Crippa and alii, 2022), however, leads to a 'correct' construction only if the logical-constructive concept underlying the whole and each part is the same (Mangiarotti, 2000).

In the Mediterranean and even more evidently in Italy (Baiani and Altamura, 2019), DfD methods and selective deconstruction have not yet assumed the characteristics of a 'different' chain compared to linear construction methods, due to numerous cultural and environmental resistances. Although Italian Ministerial Decree 11/10/2017 requires for public procurement that at least 50% of building components be subject to selective demolition or be recyclable or reusable at the end of their life, this provision has not been a 'driver' for non-regulated construction to date (Sposito and Scalisi, 2020).

For all of the reasons above, it is appropriate to reflect on the new skills that are required of the Architect, given an unprecedented approach to the project, skills not only related to an accurate knowledge of materials but also to the acquisition of a true awareness of the margin of compositional freedom to interpret, sift and appropriately select what is needed for construction in a circular building perspective. In the transition that takes place between Technology and Architectural knowledge, the project as a collection of components becomes a 'catalogue of inventiveness', an unprecedented way of looking at the work in its totality and in its parts, each of which is restored a value of meaning and a value of design.

Acknowledgements

The contribution results from a common reflection of the Authors in the general approach and final revision. However, the introductory paragraph, 'Objectives and critical issues', 'The module as a sustainable principle of order' and 'Conclusions and future developments' are to be attributed to G. Comi, and the paragraph 'Between architecture of the Masters and contemporaneity: the Spanish case' to C. Pirina.

This research is developed within the iNEST – Spoke 04

project. The project is funded by the European Union – Next GenerationEU. However, the views and opinions expressed are those of the Authors only and do not necessarily reflect those of the European Union or the European Commission, which cannot be held responsible for said views.

Notes

1) According to an ecological perspective, the «[...] human ecological perspective sees the economy not in isola-

tion, but rather as an inextricably integrated completely contained, and wholly dependent subsystem of the ecosphere. Moreover [...] economy and the ecosphere are complex self-organizing systems whose behaviour is governed [...] by evolutionary forces» (Rees, 1999, p. 5).

2) The 'cradle to cradle' approach is proposed as a system in which resources circulate without waste production. Building design involves using biodegradable materials, as pure as possible, and artificial, technical materials designed to be reusable. At end-of-life, the former can be reintegrated

into the environment and the latter can rejoin 'industrial metabolism', in both cases overcoming the problem posed by waste and its recycling. It differs from the 'cradle to grave' approach by which we denote the energy cost of a building calculated from the costs of raw material extraction, construction, operation, maintenance, demolition and waste disposal.

3) For more information, see the webpage: davidsuzuki.org/ [Accessed 10 October 2023].

4) Referring specifically to the tradition of 'spolio' architecture.

5) The term, frequently used by Spanish architects, is intended explicitly in 1916 by Heinrich Tessenow in his book *Hausbau und Dergleichen*, in which simplicity is identified as the rigorous pursuit of essential form.

6) For more information, see the webpage: ensamble.info/readershouse [Accessed 10 October 2023].

7) An example of this kind of online platform is Madaster, a system on which building data are inventoried and catalogued by creating an actual passport of materials. Registration of each component provides information on the degree to which an object is dismantled, the level of carbon incorporated, or the toxicity of the materials and products used, making it possible to determine whether they can be reused after disassembly.

References

- Argan, G. C. (1965), *Progetto e destino*, Il Saggiatore, Milano.
- Arqués Soler, F. (1996), *Miguel Fisac*, Ediciones Pronaos, Madrid. [Online] Available at: oa.upm.es/45622/ [Accessed 10 October 2023].
- Baiani, S. and Altamura, P. (2019), "Il Processo del Progetto per la Resource Productivity – Un Caso Studio | The Design Process towards Resource Productivity – A Case Study", in *Agathón | International Journal of Architecture Art and Design*, vol. 5, pp. 83-92. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/592019 [Accessed 22 October 2023].
- Capria, F. and Mattei, U. (2017), *Ecologia del diritto – Scienza, politica, beni comuni*, Aboca, Sansepolcro.
- Castro, C. (1971), "Los arquitectos critican sus propias obras – Miguel Fisac", in *Arquitectura*, n. 151, pp. 44-49. [Online] Available at: coam.org/es/fundacion/biblioteca/revista-arquitectura-100-anios/etapa-1959-1973/revista-arquitectura-n151-Julio-1971 [Accessed 10 October 2023].
- Crippa, D., Cason Villa, M., Di Prete, B., Ratti, L., Rebaglio, A., Zanini, M. and Zanutto, F. (2022), "Verso un progetto circolare, tra architettura e allestimento – Piattaforme digitali per il riuso | Towards a circular project, between architecture and exhibition design – Digital platforms for reuse practices", in *Agathón | International Journal of Architecture Art and Design*, vol. 12, pp. 234-245. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/12212022 [Accessed 22 October 2023].
- De Leonardi, F. (2017), "Economia circolare – Saggio sui suoi tre diversi aspetti giuridici – Verso uno stato circolare?", in *Diritto Amministrativo*, XXV, fasc. 1, pp. 163-207.
- Ellen MacArthur Foundation (2015), *Growth within – A circular economy vision for a competitive Europe*. [Online] Available at: mckinsey.com/capabilities/sustainability/our-insights/growth-within-a-circular-economy-vision-for-a-competitive-europe [Accessed 23 October 2023].
- European Commission (2020a), *Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions – A New Circular Economy Action Plan for a cleaner and more competitive Europe*, document 52020DC0098, COM/2020/98 final. [Online] Available at: eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM%3A2020%3A98%3AFIN [Accessed 10 October 2023].
- European Commission (2020b), *Circular Economy – Principles for Building Design*. [Online] Available at: ec.europa.eu/docsroom/documents/39984/attachments/1/translations/en/renditions/pdf [Accessed 10 October 2023].
- European Commission (2019), *Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions – The European Green Deal*, document 52019DC0640, COM/2019/640 final. [Online] Available at: eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM%3A2019%3A640%3AFIN [Accessed 10 October 2023].
- European Commission (2018), *Guidelines for the waste audits before demolition and renovation works of buildings*. [Online] Available at: ec.europa.eu/docsroom/documents/31521/ [Accessed 22 October 2023].
- European Commission (2016), *European Union Construction and Demolition Management Protocol*. [Online] Available at: ec.europa.eu/docsroom/documents/20509/ [Accessed 22 October 2023].
- Fisac, M. (1967), "Breves reflexiones", in *Arquitectura*, n. 99, pp. 9-10. [Online] Available at: coam.org/es/fundacion/biblioteca/revista-arquitectura-100-anios/etapa-1959-1973/revista-arquitectura-n99-Marzo-1967 [Accessed 10 October 2023].
- Franco, A. and Van Teslaar, F. (2014), "Nave 8B de Matadero Madrid – Arturo Franco Díaz", in *Tectónica*, 09/01/2014. [Online] Available at: tectonica.archi/projects/nave-8b-de-matadero-madrid/ [Accessed 10 October 2023].
- Gambato, C. A., Zerbi, S., Mosca, C. and Fibioli, I. (2022), *DeCo – Linee guida per la decostruzione degli edifici recenti*, SUPSI, Mendrisio.
- González Blanco, F. (2010), *Los Huesos de Fisac – La búsqueda de la pieza ideal*, PhD Thesis, Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas, Madrid. [Online] Available at: ferminblanco.com/contenidos/120131+ARQUIA+TESIS+FISAC.pdf [Accessed 10 October 2023].
- Guy, B. and Ciarimboli, N. (2007), *DfD – Design for Disassembly in the Built Environment – A guide to closed-loop design and building*, Pennsylvania State University. [Online] Available at: lifecyclebuilding.org/docs/DfDseattle.pdf [Accessed 10 October 2023].
- IEA – International Energy Agency (2013), *Technology roadmap – Energy efficient building envelopes*. [Online] Available at: iea.org/reports/technology-roadmap-energy-efficient-building-envelopes [Accessed 10 October 2023].
- Keoleian, G. A. and Menerey, D. (1993), *Life Cycle Design Guidance Manual – Environmental Requirements and the Product System*, Risk Reduction Engineering Laboratory, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency, EPA/600/R-92/226. [Online] Available at: css.umich.edu/sites/default/files/publication/CSS-9-02.pdf [Accessed 10 October 2023].
- Mangiarotti, A. (2000), *Pratica alla via analitica in architettura*, in Dal Lago, A. (ed.), *Progettare e Costruire nel XXI secolo*, Abitare Segesta, Milano, pp. 106-115.
- Mazzucato, M. (2021), *Missione economia – Una guida per cambiare il capitalismo*, Laterza, Roma.
- McDonough, W. and Braungart, M. (2002), *Cradle to Cradle – Remaking the Way We Make Things*, North Point Press, New York.
- Pastorelli, G. (2011), "Intermediae Matadero Madrid / Arturo Franco", in *archdaily*, 27/05/2023. [Online] Available at: archdaily.cl/cl/723647/intermediae-matadero-madrid-arturo-franco [Accessed 10 October 2023].
- Pauli, G. (2010), *The blue economy – 10 Years – 100 Innovations – 100 Million Jobs – Report to the Club of Rome*, Paradigm Publications, Taos.
- Peters, M., Ribeiro, A., Oseyran, J. and Wang, K. (2017), *Building As Material Banks and the need for innovative business models*. [Online] Available at: bamb2020.eu/wp-content/uploads/2017/11/BAMB_Business-Models_20171114_extract.pdf [Accessed 10 October 2023].
- Pomponi, F. and Moncaster, A. (2017), "Circular economy for the built environment – A research framework", in *Journal of Cleaner Production*, vol. 143, pp. 710-718. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.055 [Accessed 10 October 2023].
- Pomponi, F. and Moncaster, A. (2016), "Embodied carbon mitigation and reduction in the built environment – What does the evidence say?", in *Journal of Environmental Management*, vol. 181, pp. 687-700. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.08.036 [Accessed 10 October 2023].
- Rees, W. E. (1999), "The Built Environment and Ecosphere – A global Perspective", in *Building Research & Information*, vol. 27, issue 4-5, pp. 206-220. [Online] Available at: doi.org/10.1080/096132199369336 [Accessed 10 October 2023].
- Rigillo, M., Galluccio, G. and Paragliola, F. (2023), "Digitale e circolarità in edilizia – Le KETs per la gestione degli scarti in UE | Digital and circularity in building – KETs for waste management in the European Union", in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 13, pp. 247-258. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/13212023 [Accessed 22 October 2023].
- Russo, M. (2021), "Innesto, manomissione, ricostruzione – Tre modelli di riuso adattivo | Addition, alteration, reconstruction – Three models of adaptive re-use", in *Agathón | International Journal of Architecture Art and Design*, vol. 9, pp. 92-101. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/992021 [Accessed 11 October 2023].
- Sposito, C. and Scalisi, F. (2020), "Ambiente costruito e sostenibilità – Materiali riciclati e Design for Disassembly tra ricerca e buone pratiche | Built environment and sustainability – Recycled materials and Design for Disassembly between research and good practices", in *Agathón | International Journal of Architecture Art and Design*, vol. 8, pp. 106-117. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/8102020 [Accessed 22 October 2023].
- Talamo, C., Lavagna, M., Monticelli, C., Zanelli, A. and Campioli, A. (2021), "Remanufacturing – Strategie per valorizzare l'estensione della vita dei prodotti edilizi a breve ciclo d'uso | Remanufacturing – Strategies to enhance the life extension of short-cycle building products", in *Techne | Journal of Technology for Architecture and Environment*, vol. 22, pp. 71-78. [Online] Available at: doi.org/10.36253/techne-10591 [Accessed 10 October 2023].
- UN – General Assembly (2015), *Transforming our World – The 2030 Agenda for Sustainable Development*, document A/RES/70/1. [Online] Available at: un.org/en/development/desa/population/migration/generalassembly/docs/globalcompact/A_RES_70_1_E.pdf [Accessed 10 October 2023].
- UN – United Nations (2023), *The Sustainable Development Goals Report 2023 – Special Edition*. [Online] Available at: unstats.un.org/sdgs/report/2023/?_gl=1*1kgb2c2*_ga*MTE0NzQ2NjM5MC4xNjk4MzMwNDU0*_ga_TK9BQL5X7Z*MTY5ODMzMDQ1NC4xLjAuMTY5ODMzMDQ1NC4wLjAuMA [Accessed 23 October 2023].
- Viscuso, S. (2021), "Coding the circularity – Programmare il disassemblaggio e il riutilizzo dei componenti edili | Coding the circularity – Design for the disassembly and reuse of building components", in *Techne | Journal of Technology for Architecture and Environment*, vol. 22, pp. 271-278. [Online] Available at: doi.org/10.36253/techne-10620 [Accessed 10 October 2023].