

Consuelo Nava¹, Alessandro Melis²,

¹ Dipartimento di Architettura e Territorio, Università Mediterranea degli Studi di Reggio Calabria, Italia

² School of Architecture, University of Portsmouth, Regno Unito

cnava@unirc.it

alessandro.melis@port.ac.uk

Abstract. Il presente saggio tenta una disamina critica intorno all'argomento proposto sulla "promozione del progetto di architettura quale strumento di sintesi interdisciplinare", affidando le sue possibili traiettorie conoscitive alle sperimentazioni progettuali, fondate sulla ricerca di frontiera di tipo transdisciplinare. Auspicando il superamento di una letteratura già riferita sui temi della progettazione dell'architettura e delle città, nelle sue forme "organiche" e di strutture "ecologiche", si apre una discussione più radicale, capace di attingere ai temi della biologia dell'evoluzione in chiave di innovazione eco-tecnologica, quale contributo alla resilienza trasformativa e alla circolarità delle risorse, nella definizione di "un progetto creativo" per le architetture e la città, abilitato a leggere il futuro.

Parole chiave: progettazione; tecnologie abilitanti; resilienza; ecologie e biologia; filogenesi e ontogenesi.

Lettura del futuro e transdisciplinarietà

La crisi, a partire da quella climatica, è il paradigma a cui dobbiamo riferirci nella progettazione. Grazie al ruolo dell'architetto "poligrafo" (Melis, 2019a), figura di sintesi emergente soprattutto durante i grandi cambiamenti socio-economici e ambientali, i modelli della convivenza tra uomo e natura possono essere messi in discussione in forma di "pre-visione e prevenzione", anziché di semplice "gestione del rischio". Il parallelismo disciplinare tra biologia ed architettura esiste nella letteratura sulla biologia e nelle declinazioni in chiave ecologica, già operato con le eco-tecnologie applicate alla sostenibilità del progetto e della produzione di flussi e materie, esso è poco noto come prassi nella letteratura architettonica. Entrambi gli approcci però necessitano di una radicale ridefinizione. La pratica del progetto transdisciplinare contribuisce alla lettura del futuro, ridisegnando i modi con cui la scienza inciderà nella società, orientando il progetto verso quei "nuovi scenari per l'umanità" (Rees, 2019), che, come tali, influiscono positivamente su-

A radical bioecological paradigm for design technologies with a transdisciplinary approach

Abstract. This essay attempts to critically examine the proposed topic of "promotion of the architectural project as an interdisciplinary synthesis tool", entrusting its possible cognitive trajectories to design experiments, based on transdisciplinary frontier research. Hoping to overcome a literature already referred to on the themes of the design of architecture and cities, a more radical discussion opens up concerning its "organic" forms and "ecological" structures. This debate draws on the themes of evolutionary biology in a key of eco-technological innovation, as a contribution to transformative resilience and circularity of resources, defining "a creative project" for architectures and the city, which are enabled to know the future.

Keywords: Design; Enabling Technologies; Resilience; Ecology and biology; Phylogenesis and ontogenesis.

gli assetti economici e della sicurezza sociale, della salute e nella formulazione di nuovi statuti socio-tecnici. La letteratura è vastissima, ma le domande di innovazione nella ricerca di frontiera sono attualmente dirompenti.

Il saggio s'inserisce all'interno del più contemporaneo ambito sperimentale sull'habitat degli insediamenti umani e della risposta agli impatti, per il ruolo che possono svolgere innovative "tecnologie progettanti" (Perriccioli, 2016).

Il progetto avanzato sostenibile

La necessaria strumentazione per innescare l'innovazione continua, la capacità di costruire scenari di cambiamento a breve e medio termine e la sfida a descrivere processi creativi attraverso pratiche tipiche di settori differenti, realizzano "il progetto avanzato sostenibile".

L'innescare di tali processi comporta uno sforzo sulle modalità di partecipazione su come gli interpreti del "design discourse" (Verganti, 2009) devono condividere significati, prima che tecnologie, interessarsi di conoscenze ed investimenti e di creatività produttive. Si tratta di apprendere, ascoltare e parlare, dei nuovi significati e linguaggi dell'innovazione radicale, del loro potere di seduzione, delle intuizioni sui trends dei mercati, dell'ibridazione tra locale e globale, della natura dell'obsolescenza e delle reinterpretazioni per una rivoluzione nei contesti produttivi.

Il multi-scenario produce un nuovo modello operativo sulla progettazione avanzata, che attiva processi "agili" a tutte le scale dell'ambiente costruito (città, edifici, prodotti), tra modelli circolari e resilienti, con riferimento ai nuovi obiettivi del JTM - Just Transition Mechanism and the SDGs 2030. Gli strumenti

Reading of the future and transdisciplinarity

The crisis, starting with the climatic one, is the paradigm we must refer to in the design. Thanks to the role of the "polygraph" architect (Melis, 2019a), a figure of synthesis emerging especially during the great socio-economic and environmental changes, the models of coexistence between man and nature can be questioned in the form of "foresight and prevention", rather than of simple "risk management". The disciplinary parallelism between biology and architecture exists in the literature on biology and in its declinations in an ecological key, which has already been implemented with eco-technologies applied to the sustainability of both project and production flows and materials. It is little known as a practice in architectural literature. However, both approaches need to be drastically redefined.

The practice of the transdisciplinary project contributes to *reading the future*, redesigning the ways in which science will affect society, and orienting the project towards "new scenarios for humanity" (Rees, 2019) that, as such, have a positive influence on economic and social security structures and on health, and on the formulation of new socio-technical statutes. The literature is vast, but the demands for innovation in *frontier research* are currently disruptive. The essay is part of the more contemporary experimental environment on the habitat of human settlements and on the impact response to the role innovative design technologies can play (Perriccioli, 2016).

Advanced Sustainable Design

The necessary instrumentation to trigger continuous innovation (shelf innovation), the ability to build scenarios of

02 | FEW Nexus - Ottimizzazione spaziale della connessione tra cibo, energia e acqua: un approccio basato sulla valutazione del ciclo di vita (Author Kuang Yu Yuan, Ying CheLin Pei - Te Chieh Shang Lien Lo)
 FEW nexus - Spatial optimization of the food, energy, and water nexus: A life cycle assessment-based approach (Author Kuang Yu Yuan, Ying CheLin Pei - Te Chieh Shang Lien Lo)

di gestione (Celi, 2015), riferibili al flusso dei dati e delle informazioni, operano attraverso le aree applicative delle tecnologie soft (per i processi) e hard (per i prodotti), in ambito fisico, ambientale e digitale, al fine di finalizzare la progettazione avanzata con risultati ad alte prestazioni (Nava, 2021). In questo contesto i temi riferiti alla resilienza, (che di seguito declineremo come radicale e trasformativa), richiedono di imparare dalla «cura etica della pratica della pratica di sussistenza», dove i soggetti più resilienti si ritrovano nella costruzione dell'immaginario delle comunità (Trogal *et al.*, 2019).

Il progetto avanzato CRUNCH e la sua piattaforma transdisciplinare

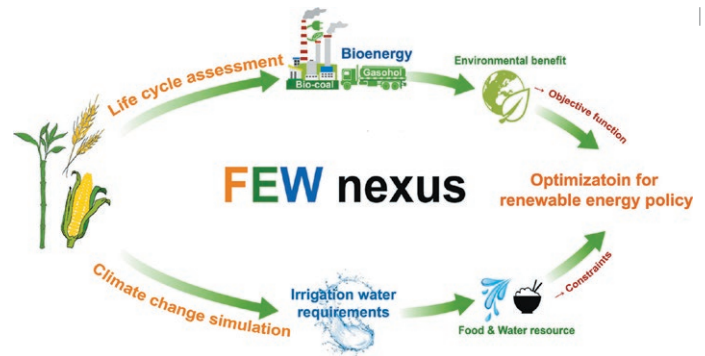
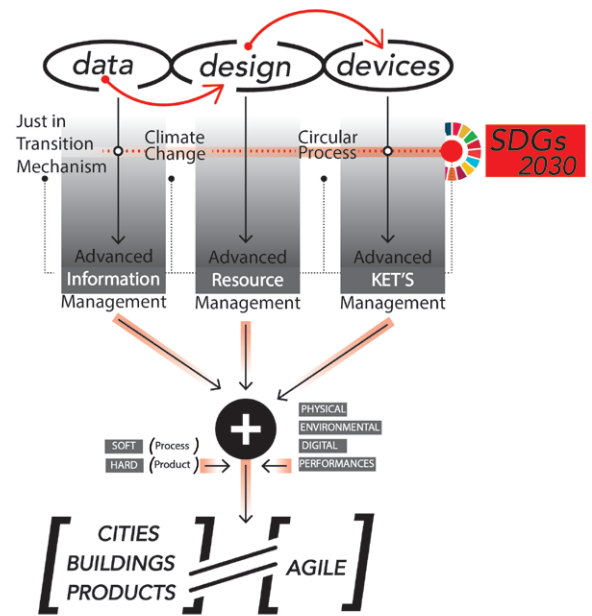
Tra le iniziative internazionali recenti di maggiore successo, nella direzione della trasdisciplinarietà, si può includere la “Sustainable Urbanization Global Initiative”, istituita nel 2017 congiuntamente dal Belmont Forum e dalla Joint Programming Initiative Urban Europe, al fine di riunire la ricerca frammentata e le competenze in tutto il mondo per trovare nuove soluzioni innovative per la sfida del Nexus Food-Water-Energy (FEW).

Infatti, «le interazioni tra cibo, acqua ed energia sono di fondamentale interesse per la politica, la scienza e la società in generale, oggi e ancora di più nei prossimi decenni. Le sfide legate all'aumento della popolazione e alla carenza di cibo, alla scarsità di acqua e alle risorse energetiche insufficienti richiedono soluzioni» (SUGI, 1917).

Un aspetto specifico di “Climate Resilient Urban Nexus Choices” (CRUNCH), uno dei 15 progetti SUGI finanziati, coordinato come Principal Investigator da A. Melis, riguarda la convinzione che, ben poco della ricerca sviluppata da parte della comunità

change in the short and medium term (anticipation design), and the challenge to describe creative processes through typical practices of different sectors (extreme design) implement “the sustainable advanced project”. Triggering these processes involves an effort on the modalities of participation on how the interpreters of the “design discourse” (Verganti, 2009) must share meanings, rather than technologies, and take an interest in knowledge, investments and productive creativity. It is a matter of learning, listening and speaking, of the new meanings and languages of radical innovation, of their power of seduction, of insights into market trends, of the hybridization between local and global, of the nature of obsolescence and of reinterpretations for a revolution in production contexts. The multi-scenario produces a new operating model on ad-

vanced design, which activates “agile” processes at all scales of the built environment (cities, buildings, products), including circular and resilient models, with reference to the new objectives of JTM - Just Transition Mechanism and the SDGs 2030 strategies. The management tools (Celi, 2015), referable to the data and information flow, operate through the application areas of soft (for processes) and hard (for products) technologies, in the physical, environmental and digital fields, in order to achieve advanced design with high performance results (Nava, 2021). In this context, the issues related to resilience (which we shall define below as radical and transformative) require “learning from the” ethical care of subsistence practice, where the most resilient subjects find themselves involved in constructing the imaginary of communities (Trogal *et al.*, 2019).



scientific, riesca ad influenzare le scelte strategiche dei decision makers. Questa convinzione si riflette nell'obiettivo di far evolvere rapidamente la base di conoscenze, gli indicatori avanzati

The advanced CRUNCH project and its transdisciplinary platform

The “Sustainable Urbanization Global Initiative” can be ranked among the most successful recent international initiatives in the scene of transdisciplinarity. It was jointly established by the Belmont Forum and the Joint Programming Initiative Urban Europe in 2017 to converge fragmented research and expertise around the world in order to find new innovative solutions to the Nexus Food-Water-Energy (FEW) challenge.

In fact, «the interactions between food, water and energy are of fundamental interest for politics, science and society in general, today and even more in the coming decades. The challenges related to population growth and food shortages, water shortages and insufficient energy resources require solutions» (SUGI, 1917).

A specific aspect of “Climate Resilient Urban Nexus Choices” (CRUNCH), one of the 15 funded SUGI projects, coordinated as Principal Investigator (PI) by A. Melis, concerns the belief that very little of the research developed by the scientific community is able to influence the strategic choices of decision makers. This belief is reflected in the goal of rapidly evolving the knowledge base, advanced indicators and evaluation tools necessary to fully understand the FWE connection. Hence, CRUNCH also aims to demonstrate how FWE Nexus can strengthen urban resilience through the creation of an interconnected knowledge platform with intersectoral indicators called ISSD (Integrated Decision Support System), to be used as a support tool and an assessment framework designed to guide the decision-making process, even regardless of the scale

e gli strumenti di valutazione necessari per una comprensione completa del nesso FWE.

CRUNCH, quindi, mira anche a dimostrare come il FWE Nexus possa rafforzare la resilienza urbana attraverso la creazione di una piattaforma di conoscenza interconnessa con indicatori inter-settoriali detta ISSD (Integrated Decision Support System), uno strumento di supporto e un quadro di valutazione, per guidare il processo decisionale, anche indipendentemente dalla scala e dalla localizzazione dell'intervento. L'aspirazione è, infatti, di garantire un approccio integrato per facilitare il processo decisionale e l'apprendimento di città in città.

La differenza di scala e di obiettivi, dei 6 Urban Living Lab nelle città partner, pur all'interno degli obiettivi Nexus, ha rafforzato la necessità di strumenti versatili e trasferibili per i processi decisionali e strategici: mentre a Miami, la resilienza è grandemente influenzata dalle politiche a scala territoriale sulla protezione della città dall'innalzamento dell'oceano, ad Eindhoven ci si è concentrati soprattutto sull'incremento della biodiversità, attraverso la riduzione delle superfici urbane pavimentate.

Similmente a Taipei l'Urban Living Lab ha riguardato la bonifica e la trasformazione di una discarica assai estesa in un parco produttivo, e a Uppsala la gestione delle acque, mentre a Danzica e a Southend - on sea sono stati attivati micro-progetti di rivitalizzazione di comunità, sempre in chiave Nexus. L'aspirazione a risolvere le crescenti sfide urbane sulla gestione coordinata di cibo, acqua ed energia, potrebbe quindi essere trasferibile ad altri obiettivi di tipo strategico ed ecologico, attraverso una integrazione degli indicatori utilizzati per la piattaforma.

and location of the intervention. The goal is, in fact, to ensure an integrated approach that facilitates decision-making and learning from city to city.

The difference in scale and objectives of the 6 urban living labs in the partner cities, even within the Nexus objectives, has strengthened the need for versatile and transferable tools for decision-making and strategic processes. Indeed, while in Miami resilience is greatly influenced by territorial policies to protect the city from rising ocean levels, in Eindhoven we focused above all on increasing biodiversity by reducing urban paved surfaces.

Similarly, in Taipei the Urban Living Lab involved the reclamation and transformation of a very large landfill into a production park, and in Uppsala the management of water, while micro-projects for the revitalization of communities were activated in Gda-

nsk and Southend-on sea, always in a Nexus key. The aspiration to solve the growing urban challenges on the coordinated management of food, water and energy could, therefore, also apply to other strategic and ecological objectives by integrating the indicators used for the platform.

Transformative resilience and "transition". Radical resilience and "exaptation"

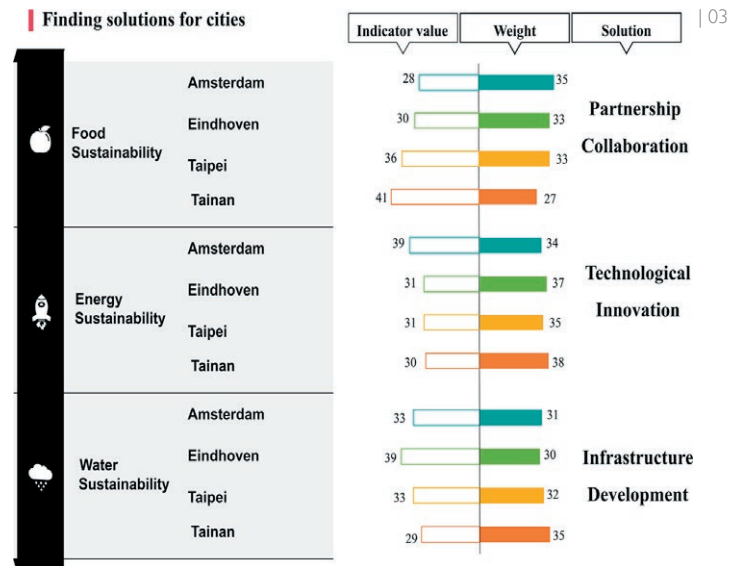
Today, the design of architecture and cities appears as the "wild card", one of the few creative tools available to us (Fletcher, 2007). However, only by focusing our attention on a time span of 100,000 years and beyond will disciplines, such as paleoanthropology (Pringle, 2013) and the biology of evolution, of ecology without nature (Morton, 2007), be able to intercept elements of transformative resilience

Resilienza trasformativa e "transition". Resilienza radicale e "exaptation"

La progettazione dell'architettura e delle città, appare oggi come la "wild card", uno dei pochi strumenti creativi, a nostra disposizione. Tuttavia, solo focalizzando la nostra attenzione su un arco temporale di 100.000 anni, ed oltre, discipline come la paleoantropologia (Pringle, 2013) e la biologia dell'evoluzione, dell'ecologia senza natura (Morton, 2007), potremo intercettare elementi di *resilienza trasformativa e transizione*, capaci di rispondere alle differenti crisi, attraverso il progetto transdisciplinare. Già in passato, *la creatività progettuale*, espressa in favore del *pensiero associativo*, capace di rispondere con azioni innovative, ha contribuito alla soluzione di equazioni simili, soprattutto attraverso l'evoluzione tecnologica verso *una resilienza radicale* (Melis, 2019), istruendo *nuove avanguardie attive* (Nava, 2019).

Nel ridefinire i termini nelle loro accezioni ne emerge immediatamente una specifica interpretazione, connessa a fatti di processo (tempo) e di qualità del progetto nel processo che si innescano (valore), volta a sfidare la particolare condizione oppositiva che diventa il campo di azione delle eco-tecnologie, per i nuovi scenari socio-produttivi che interessano le trasformazioni delle città e dell'architettura costruita.

Il termine "valore" si riferisce alla misura "non comune" di una dote o di una capacità, di un'abilità. Il suo sinonimo economico, si riferisce al termine prezzo, quotazione o pregio, ma anche alla sua locuzione come "valore aggiunto", quale incremento dovuto alla trasformazione. Il "valore ecologico" è l'insieme delle caratteristiche che determina il pregio naturale di un determinato biotopo, esso determina la priorità di conservazione del biotopo



04 | Rivestimenti realizzati con materiali plastici da cicli del rifiuto People's Pavilion, Eindhoven 2017, Bureau SLA & Overtreders W., Amsterdam - Hester van Dijk, Peter van Assche, Reinder Bakker, ph.source: bureau SLA & Overtreders W., Amsterdam; immagine di Jeroen van der Wielen, Filip Dujardin

Envelope skin made with plastic materials from waste cycles (upcycling), People's Pavilion, Eindhoven 2017, Bureau SLA & Overtreders W., Amsterdam - Hester van Dijk, Peter van Assche, Reinder Bakker, ph.source: bureau SLA & Overtreders W., Amsterdam; image of Jeroen van der Wielen, Filip Dujardin

05 | Un edificio circolare al 100%, People's Pavilion, Eindhoven 2017, Bureau SLA & Overtreders W., Amsterdam - Hester van Dijk, Peter van Assche, Reinder Bakker, ph. source: bureau SLA & Overtreders W., Amsterdam; immagine di Jeroen van der Wielen, Filip Dujardin

A 100% circular building, People's Pavilion, Eindhoven 2017, Bureau SLA & Overtreders W., Amsterdam - Hester van Dijk, Peter van Assche, Reinder Bakker, ph. source: bureau SLA & Overtreders W., Amsterdam; image of Jeroen van der Wielen, Filip Dujardin

04 |



05 |



stesso. La parola “tempo” è invece etimologicamente connessa al significato di “durata” di certe azioni, situazioni o fatti ed anche al loro periodo; il termine, in economia come in ecologia si ritrova sulla condizione meglio riferita agli oggetti osservati ed anche sulla sua definizione come “ciclo”. Si parla di “ciclo ecologico” riferendosi a processi di sviluppo e riproduzione di un qualsiasi sistema o fenomeno, si parla di “ciclo economico” per indicare una fase in cui non si hanno comportamenti di un fenomeno in maniera “uniforme”, ma in maniera “fluttuante” (Nava, 2019). *La resilienza trasformativa* assume il carattere fluttuante del ciclo economico e quello più fenomenologico del ciclo ecologico, per cui si riferisce ad un sistema di transizione necessario ad assorbire tali mutazioni in un tempo che si qualifica come “valore aggiunto”. Per rispondere alla dimensione socio-economica, geopolitica, green e digitale delle nuove azioni progettuali su città ed edifici e comunità resilienti, i processi di transizione si trovano quindi a gestire misure di prevenzione, di preparazione, di protezione, di promozione ma soprattutto di trasformazione (Nava, 2020). Le trasformazioni dell’architettura, dei paesaggi e delle città diventano così materia di un progetto di tipo ecologico, ma quando lo stesso assume un carattere rigenerativo, la sua più corretta definizione e ambito di azione si definiscono come «progettazione di ecologie biologiche e di rigenerazione». (Zari *et al.*, 2020). Un cambio di paradigma che conduce direttamente ai temi della resilienza radicale, attraverso “*Exaptation*”.

Secondo le tassonomie dell’architettura, infatti, definiamo progetto tutto ciò che implica un determinismo funzionale: anche quando questo determinismo riguarda la trasformazione di strutture preesistenti nate e sviluppate per usi diversi, come nel

and transition capable of responding to different crises through the transdisciplinary program. Already in the past, design creativity, expressed in favor of associative thinking, capable of responding with innovative actions, has contributed to solving similar equations, especially through technological evolution towards *radical resilience* (Melis, 2019), educating a new active avant-garde process (Nava, 2019).

When redefining the meaning of terms, a specific interpretation immediately emerges, linked to facts of process (time) and project quality in the process that is triggered (value), aimed at challenging the particular oppositional condition, which becomes the field of eco-technological action for the new socio-productive scenarios affecting the transformations of cities and built architecture.

In the etymological sense of the word,

the term “value” refers to the “uncommon” measure of a dowry, ability or skill. Its economic synonym is price, quotation or value, but also “added value”, an increase resulting from transformation. The “ecological value” is the set of characteristics that determine the natural value of a given biotope. It determines the priority of the biotope’s conservation. The word “time”, on the other hand, is etymologically connected to the meaning of “duration” of certain actions, situations or facts, and also to their period. In economics as in ecology, the term is better referred to objects observed and is also found in its definition as “cycle”. We speak of “ecological cycle” referring to the development and reproduction processes of any system or phenomenon. We speak of “economic cycle” to indicate a phase in which there is no behavior of a phenomenon in a “uniform” way, but

caso delle pareti del tempio paleocristiano che vengono cooptate per diventare le fondamenta di una basilica, o quando una casa di una celebrità diventa poi un museo.

Tutte queste modalità di trasformazione, se eseguite consapevolmente, quindi con determinismo, anche se il progetto architettonico iniziale non le prevedeva, sono alternativamente indicate come rigenerazione, restauro, conservazione, consolidamento e adattamento funzionale, a seconda del contesto geografico, o del periodo storico, o della specificità della disciplina architettonica. Tuttavia, diverse forme di cooptazione funzionale in architettura rimangono escluse da questa presunta interpretazione deterministica dell’architettura, realizzando forme e fenomeni di *resilienza radicale*. Ad esempio, i fenomeni di appropriazione temporanea dello spazio pubblico, che contribuiscono alla resilienza dei quartieri, alla salute delle comunità, e all’accrescimento del ciclo della vita dei materiali, riguardano gli usi dello spazio non previsti in nessun progetto convenzionale (Melis, 2019; Curran, 2016). Per quanto ci sembrino marginali, rispetto al progetto convenzionale, l’informalità dell’uso degli spazi riguarda oltre il 60% di quanto avviene nelle città (Melis and Pievani, 2020).

Tra gli anni Sessanta e Duemila il dibattito nel campo della biologia (Williams, 1966; Bock, 1980), riguardante la definizione dei meccanismi evolutivi di adattamento, è culminato nella pubblicazione di un articolo in cui Gould ed Vrba (1982), hanno proposto, per la prima volta, una tassonomia che comprendesse sia i processi adattativi che l’*exaptation*.

Quest’ultima era intesa come “*shift*” funzionale di una struttura che aveva già una funzione o la cooptazione funzionale di strutture ormai obsolete.

Nonostante l’*exaptation* sia stata applicata, con successo, nello

in a “floating” manner (Nava, 2019).

Transformative resilience assumes the fluctuating character of the economic cycle and the more phenomenological one of the ecological one; therefore, it refers to a “transition” system required to absorb these mutations in a time that qualifies, in transformative processes, as “added value” to respond to the socio-economic, geopolitical, green and digital dimensions of the new project actions on cities and buildings and resilient communities. Transition processes should, therefore, manage measures of prevention, preparation, protection and promotion and, above all, transformation (Nava, 2020). The transformations of architecture, landscapes and cities thus become the subject of an ecological project type, but when the same acquires a regenerative character, its appropriate definition and scope of action are defined

as «planning of biological ecologies and regeneration» (Zari *et al.*, 2020). This paradigm shift directly leads to the issues of radical resilience through “*exaptation*”.

Indeed, according to architectural taxonomies, we define a project as something that implies functional determinism, even when this determinism concerns the transformation of previously existing structures born and developed for different uses, as in the case of the walls of the early Christian temple, which are co-opted to become the foundations of a basilica, or when a celebrity home later becomes a museum.

When carried out consciously, therefore with determinism, even if the initial architectural project did not foresee them, all these methods of transformation are alternatively referred to as regeneration, restoration,

studio dell'evoluzione delle tecnologie (Arthur, 2009), e dall'evoluzione dei linguaggi (Lass, 1990), sorprendentemente in architettura risulta essere ancora poco conosciuta anche se i suoi meccanismi possono essere trasferiti, in modo quasi automatico, nel campo del design, come dimostrerebbe proprio il fatto che Gould abbia spiegato la natura degli "spandrel", cioè delle strutture cooptabili funzionalmente, in biologia dell'evoluzione, proprio a partire dall'architettura (Gould and Lewontin, 1979). Tuttavia, le due aree disciplinari hanno sviluppato, in modo autonomo, un proprio codice linguistico, da cui derivano le rispettive tassonomie. Una connessione interdisciplinare è utile quando ha un valore euristico, ovvero quando l'utilizzo di un concetto di un'altra disciplina ci aiuta a porre nuove domande fruttuose in un'altra disciplina. Ci sembra che l'*exaptation* soddisfi molto bene questo criterio, come affermato di seguito (Pievani and Serreli, 2011).

Come per la biologia, per l'architettura, l'assenza di una definizione non implica che l'*exaptation*, pur con altri nomi, non sia stata osservata. Le tassonomie, infatti, come affermava Michel Foucault, spiegano come le persone pensano (Gould, 1996).

Applicazione dei principi a un caso di studio

Nonostante l'ampia letteratura sulla transdisciplinarietà in architettura, la trasposizione della biologia dell'evoluzione, nei processi di architettura è oggi non praticata, a fronte delle potenziali e estese applicazioni possibili alla progettazione, che potrebbero incidere sui modi con cui le eco-tecnologie debbano declinarsi su "tipologie processuali adattive", definendole e misurandole, attraverso l'indagine di metodo su casi studio/prototipo.

conservation, consolidation and functional adaptation, depending on the geographical context, or the historical period, or the specificity of the architectural discipline.

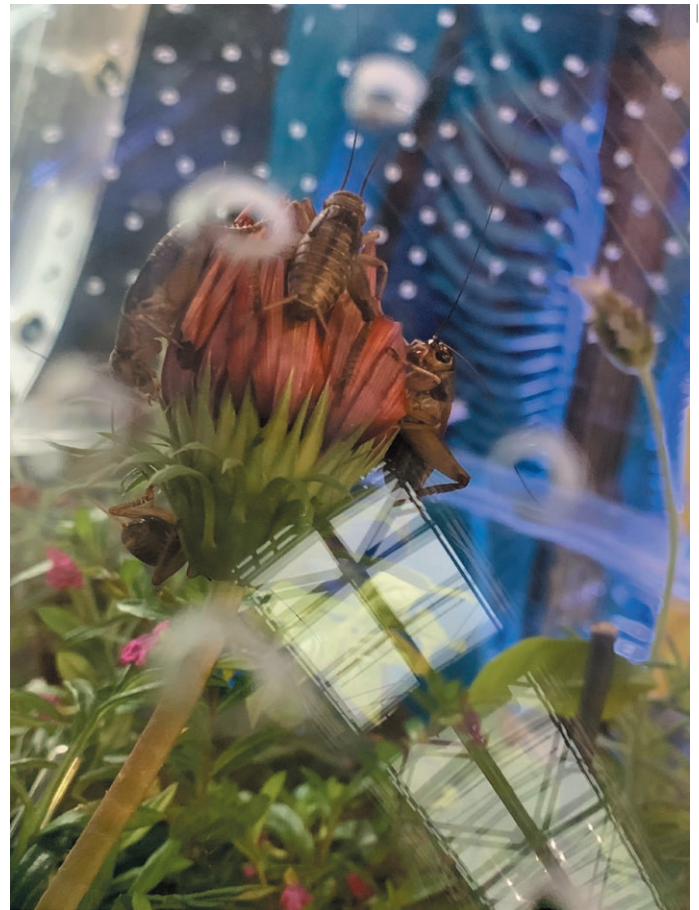
However, various forms of functional co-optation in architecture remain excluded from this alleged deterministic interpretation of architecture, creating forms and phenomena of radical resilience. For example, the phenomena of temporary appropriation of public space, which contribute to the resilience of neighborhoods, to the health of communities, and to the increased life cycle of materials concern uses of space not foreseen in any conventional project (Hernandez and Melis, 2018; Melis, 2019; Curran, 2016). Although they seem marginal to us, compared to the conventional project, the informality of the use of spaces concerns over 60% of what happens in cities (Melis

and Pievani, 2020).

Between the 1960s and 2000s, the debate in the field of biology (Williams, 1966; Bock, 1967; Bock, 1979; Bock, 1980; Bock and Von Wahlert, 1965) concerning the definition of the evolutionary mechanisms of adaptation culminated in the publication of an article in which Stephen Jay Gould and Elisabeth Vrba first proposed a taxonomy including both adaptive processes and exaptation (Gould and Vrba, 1982).

The latter was intended as a functional "shift" of a structure that already had a function or the functional co-option of obsolete structures.

Although exaptation has been successfully applied to the study of the evolution of technologies (Arthur, 2009) and of languages (Lass, 1990), surprisingly it is still little known in the architectural scene, even if its mechanisms may be transferred, almost automatically,



Il metodo utilizzato per eseguire il progetto Borboletta si fonda proprio sulla "research question": «in che modo l'applicazione dei principi della biologia dell'evoluzione come la cooptazione funzionale e la filogenesi-ontogenesi, possono contribuire ad un cambio di paradigma nella progettazione in chiave di innovazione tecnologica, resilienza trasformativa e circolarità delle risorse?». Coerentemente con "Architectural research methods",

to the field of design, as demonstrated by the fact that Gould explained the nature of "spandrels", functionally co-optable structures, in the biology of evolution, starting from architecture (Gould and Lewontin, 1979).

However, the two subject areas have independently developed their own linguistic code from which the respective taxonomies derive. An interdisciplinary connection is useful when it has heuristic value, that is, when using a concept from another discipline helps us ask fruitful new questions in another discipline. It seems to us that exaptation meets this criterion very well, as stated below (Pievani and Serreli, 2011).

As for biology, for architecture the absence of a definition does not imply that exaptation, even with other names, has not been observed. Indeed, as Michel Foucault said, taxonomies

explain how people think (Gould, 1991; Gould, 1996).

Application of principles to a case study

In spite of the extensive literature on transdisciplinarity in architecture, the transposition of the biology of evolution into architectural processes is not practiced today, considering the potential and extensive possible applications to design, which could affect the ways in which eco-technologies must be applied to "adaptive process typologies", defining and measuring them through methodological investigation about case studies/prototypes.

The method used to carry out the Borboletta project is based on the "research question": «how can the application of the principles of evolutionary biology, such as functional co-optation and phylogeny-ontogenesis, contribute to

la metodologia mista adottata comprende la revisione di letteratura, con focus negli ambiti della biologia, per spiegare il significato della tecnologia, in chiave evolutiva/innovativa, e della resilienza in architettura, e l'analisi comparativa (qualitativa e quantitativa) del caso studio/prototipo selezionato, secondo la metodologia prevista dal UK Research Excellence Framework per la Practice Based Research riguardo ai parametri di "significato", "originalità" e "rigore".

Il progetto Borboletta

Borboletta è un progetto di ricerca transdisciplinare riguardante l'integrazione tra microbiologia, biodiversità e architettura finalizzato alla costruzione di un nuovo paradigma urbano inteso come ecosistema piuttosto che come artificio. Il team di ricerca, oltre a A. Melis, include J. Gokchepinar, che coordina l'integrazione tra architettura e microbiologia, E. Goldemberg, per l'interazione sonora, F. Lipari, per la biodiversità, J. Cereghetti per la fabbricazione digitale, oltre a ad entomologi, per il cricket farming e tecnici per il sistema Arduino.

La suddetta integrazione è il risultato di alcuni anni di ricerca condotti dal Cluster for Sustainable Cities dell'Università di

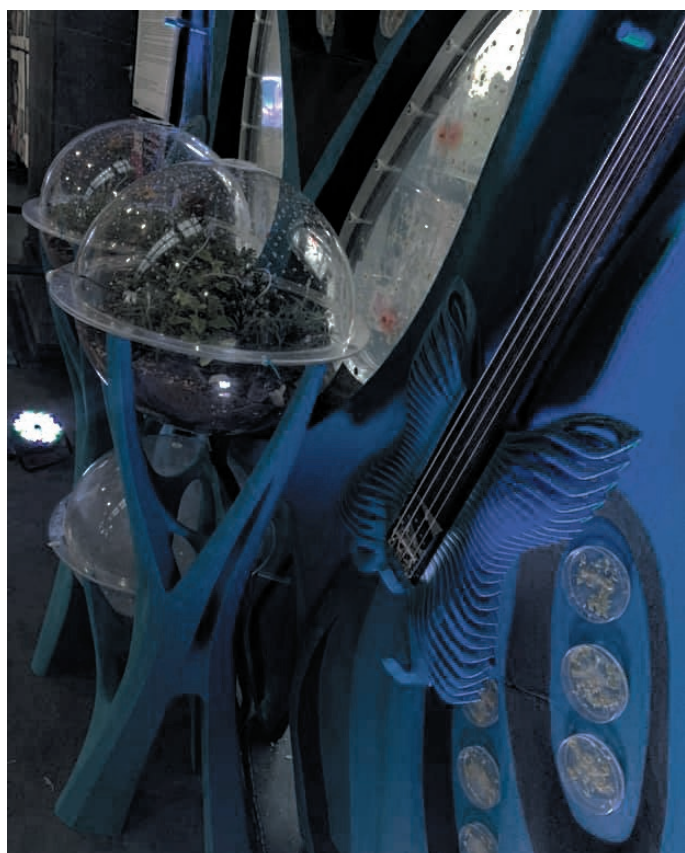
Portsmouth, diretto da Alessandro Melis, e da Monad Studio/Florida International University, in collaborazione con UADE di Buenos Aires.

Il caso studio prevede iterazioni che hanno prodotto e produrranno un workflow di dati da cui costruiranno una banca dati per una possibile revisione della tassonomia architettonica.

Dal punto di vista metodologico Borboletta è la prima applicazione intenzionale e programmata dell'*exaptation* in architettura. Nella versione di Buenos Aires, Borboletta comprendeva 4 componenti integrate: una struttura di ponteggio variabile che consente l'interazione con il corpo umano che riflette, in chiave architettonica, il meccanismo di "*spandrel*" (cooptabile funzionalmente), due biosfere per l'allevamento dei grilli, controllate da un sistema di feedback Arduino (umidità e componente sensoriale-sonora) e da un prototipo di finestratura che conferisce responsività climatica al sistema, attraverso l'espansione e la contrazione di una massa acellulare di funghi mucilluginosi ("*slime mold*").

Le suddette componenti mirano a due obiettivi:

1. associazione di ingredienti essenziali per un potenziale ecosistema resiliente;



2. proliferazione di forme variabili, interconnessioni e relazioni non deterministiche, coerentemente con ricerche precedenti sul tema della exaptation architettonica (Melis and Pievani, 2020).

Il secondo obiettivo è infatti un primo passo verso la costruzione di moduli cooptabili funzionalmente.

L'impatto del progetto è confermato anche dall'interesse dei media e dall'invito, seguito da un premio, ad esporre il primo prototipo della Borboletta alla Biennale di Buenos Aires (ottobre 2019), tra i più importanti eventi di architettura del Sud America, poi alla Biennale di Pisa (novembre 2019), nella sua versione applicativa, e, nella prossima versione, al New York Institute of Technology (maggio 2021).

Il raggiungimento del risultato, rispetto agli obiettivi della *exaptation*, è la proposta, per il Comune di Peccioli, di utilizzare Borboletta come modulo di attivazione della biodiversità.

Gli obiettivi del progetto sono la trasformazione della discarica di Legoli, a Peccioli, in un lago artificiale inteso come luogo dove arte, tecnologia e sostenibilità si mescolano in un racconto sui trent'anni di resilienza del fenomeno Peccioli. Presentata in occasione della Biennale di Pisa (2019), l'installazione di Borboletta, al centro del lago, rappresenta la sintesi del percorso culturale e del modello virtuoso di Peccioli, e, contestualmente, le potenzialità di cooptazione garantite dalle molteplici interconnessioni e dalla ridondanza e variabilità delle forme.

Conclusioni. Intelligenza collettiva e proto-tipologie

Il tentativo di superamento dell'approccio interdisciplinare con uno di tipo transdisciplinare apre il dibattito su quanto in una società così fragile e in tran-

a paradigm shift in design in terms of technological innovation, transformative resilience and circularity of resources?» Consistently with "Architectural research methods", the mixed methodology adopted includes the literature review, with a focus on biology, to explain the meaning of technology in an evolutionary/innovative key. It also considers resilience in architecture, besides the comparative analysis (qualitative and quantitative) of the selected case study/prototype, according to the methodology provided by the UK Research Excellence Framework for Practice Based Research regarding the parameters of "meaning", "originality" and "strictness".

Project Borboletta

Borboletta is a transdisciplinary research project concerning the integration of microbiology, biodiversity and architecture aimed at building a new

urban paradigm, an ecosystem rather than an artifice. The research team, in addition to A. Melis, includes J. Gokchepinar, who coordinates the integration between architecture and microbiology, E. Goldemberg, for sound interaction, F. Lipari, for biodiversity, J. Cereghetti for digital fabrication, as well as entomologists for cricket farming, and technicians for the Arduino system.

The aforementioned integration is the result of several years of research conducted by the University of Portsmouth's Cluster for Sustainable Cities, directed by Alessandro Melis and by Monad Studio/Florida International University, in collaboration with UADE of Buenos Aires.

The case study foresees iterations that have produced and will produce a workflow of data from which they will build a database for the possible revi-

sione, l'ecologia debba continuare a autoregolarsi e la biologia possa liberare la sua genesi storica dalla sua stessa capacità di essere utile. Con tali scenari il ruolo della scienza deve affidarsi all'intelligenza collettiva, poiché le catastrofi globali, come i rischi dovuti ai cambiamenti climatici, sono di interesse di intere comunità e di ogni singolo individuo, contemporaneamente. È la necessità di comprendere gli stessi fenomeni che è divenuta transdisciplinare, tanto che l'auspicata sperimentazione progettuale non può che divenire "proto-tipologica". La proto-tipologia per le città e le architetture, diventa anche una piattaforma aperta di discussione, di nuova evoluzione e necessaria innovazione. Così come definito da Andreas Ruby (2003), «il prototipo anticipa un prodotto ancora da sviluppare, rappresenta una tipologica configurazione in stato di evoluzione permanente. Mentre una tipologia convenzionale definisce un generico modello di organizzazione, che diventa specifico attraverso la sua applicazione, la proto-tipologia è specifica dall'inizio. D'altra parte, non diventa mai veramente generica poiché continua a trasformarsi essa stessa attraverso le informazioni che riceve. In quanto materia flessibile e di apprendimento, si adatta alle mutevoli esigenze di programmi e utenti. Quindi, una proto-tipologia non è un modello, ma una fase transitoria di un'evoluzione di processo e, quindi, sempre in anticipo sul suo tipo».

REFERENCES

Arthur, W.B. (2009), *The nature of technology: What it is and how it evolves*, Simon and Schuster.

Bock, W.J. (1980), "The definition and recognition of biological adaptation", *American Zoologist*, Vol. 20, pp. 217-227.

sion of architectural taxonomy.

From a methodological point of view, Borboletta is the first intentional and planned application of exaptation in architecture.

In the Buenos Aires version, Borboletta included 4 integrated components, precisely a variable scaffolding structure that allows interaction with the human body to reflect the "spandrel" mechanism in an architectural key (functionally co-optable); two biospheres for breeding crickets, controlled by an Arduino feedback system (humidity and sensory-sound component); and a prototype window designed to endow the system with climatic responsiveness through expansion and contraction of an acellular mass of mucilaginous fungi ("slime mold").

The aforementioned components aim at two objectives:

1. association of essential ingredients

for a potential resilient ecosystem;

2. proliferation of variable forms, interconnections and non-deterministic relationships consistent with previous research on the theme of architectural exaptation (Melis and Pievani, 2020).

The second objective is, in fact, a first step towards the construction of functionally co-optable modules.

The project's impact is also confirmed by the interest of the media and by the invitation, followed by an award, to exhibit the first Borboletta prototype at the Buenos Aires Biennale (October 2019), a leading architectural event held in South America; then at the Pisa Biennale (November 2019), with its application version; and at the New York Institute of Technology (May 2021) with the final version.

The outcome, with respect to the objectives of the exaptation, is the pro-

Celi, M. (2015), *Advanced Design Cultures. Long-term Perspective and Continuous Innovation*, Springer, Switzerland.

Curran, M.A. (2016), *Goal and scope definition in life cycle assessment*, Springer.

Gould, S.J. (1996), *Full house: The spread of excellence from Plato to Darwin*, Harvard University Press, Cambridge.

Gould, S.J. and Vrba, E.S. (1982), "Exaptation—a missing term in the science of form", *Paleobiology*, pp. 4-15.

Gould, S.J. and Lewontin, R.C. (1979), "The spandrels of San Marco and the Panglossian paradigm: a critique of the adaptationist programme", *Proceedings of the Royal Society of London, Series B, Biological Sciences*, Vol. 205(1161), pp. 581-598

Khemri, M.Y., Melis, A. and Caputo, S. (2020), "Sustaining the Liveliness of Public Spaces in El Houma through Placemaking", *The Journal of Public Space*, Vol. 5(1), pp. 129-152.

Lass, R. (1990), "How to do things with junk: exaptation in language evolution", *Journal of linguistics*, Vol 26(1), pp. 79-102.

Lara-Hernandez, J.A. and Melis A. (2018), "Understanding the temporary appropriation in relationship to social sustainability", *Sustainable Cities and Society*, Vol. 39, pp. 366-374.

Melis, A. and Pievani, T. (2020), "Exaptation as a design strategy for resilient communities", *Integrated Science: Transdisciplinarity Across the Different Disciplines*, Springer Nature.

Melis, A. (2019c), "Disruptive technologies in architectural education", In Melis, A. and Auer, T. (Eds.), *Transforming Built Environments: Addressing Resource Awareness in Architectural Design Technology*, Technical University of Munich, Munich, pp. 7-11.

Melis, A. (2019b), "The introduction of nature in the Austrian radicals practice", *Planning Cities with Nature*, Springer, Cham, pp. 45-63

Melis, A. (2019a), "Resilienza radicale", *Intervento a 25° Fondazione dell'Ordine degli Architetti di Lecco "La pluralità della bellezza"*, Lecco, 8 November

posal for the Peccioli Municipality to use Borboletta as a biodiversity activation module.

The project's objective is to transform the Legoli landfill, in Peccioli, into an artificial lake intended as a place where art, technology and sustainability come together in a story about the thirty years of resilience of the Peccioli phenomenon. Presented at the Pisa Biennale (2019), the Borboletta installation in the center of the lake is the synthesis of the cultural path and the virtuous model of Peccioli. It also offers the potential for co-optation guaranteed by the multiple redundancy and variability of forms.

Conclusions. Collective intelligence and proto-typologies

The attempt to overcome the interdisciplinary approach with a trans-disciplinary one opens the debate

on the extent to which ecology must continue to self-regulate and biology can free its historical genesis from its own capacity to be helpful in a society so fragile and in transition. With such scenarios, the role of science must rely on collective intelligence, since global disasters, such as risks associated with climate change, are of interest to entire communities and to every single individual at the same time. The need to understand the same phenomena has become transdisciplinary, so much so that the desired design experimentation can only become "proto-typological". The proto-typology for cities and architectures also becomes an open platform to discuss new evolution and necessary innovation.

As defined by Andreas Ruby (2003), «the prototype anticipates a product still to be developed, it represents a typological configuration in a state of

2019, available at: <https://www.youtube.com/watch?v=9j8KE4N9fQA>.

Morton, T. (2007), *Ecology without nature. Rethinking Environmental Aesthetics*, Harvard University Press, USA.

Nava, C. (2021), "Advanced Sustainable Design (ASD) for Resilient Scenarios", in Chiesa G. (Ed.), *Bioclimatic approaches in urban and building design*, Springer, Cham, pp. 255-274.

Nava, C. (2020), "Recycling or Reclaiming? Dal paradigma "ecologico" alle sperimentazioni progettuali della transizione", *L'Industria delle Costruzioni, rivista scientifica*, n. 475, pp.21-27.

Nava, C. (2019), *Ipersostenibilità e Tecnologie abilitanti. Teoria, Metodo e Progetto*, Aracne Editrice, Roma.

Perriccioli, M. (2016), *Pensiero tecnico e cultura del progetto. Riflessione sulla ricerca tecnologica in architettura*, Franco Angeli, Milano.

Pievani, T. and Serrelli, E. (2011), "Exaptation in human evolution: how to test adaptive vs exaptive evolutionary hypotheses", *Journal of Anthropological Sciences*, Vol. 89, pp. 9-23.

Pringle, H. (2013), "The origins of creativity", *Scientific American*, Vol. 308(3), Springer Nature, pp. 36-43.

Rees, M. (2019), *Il nostro futuro. Scenari per l'umanità*, Treccani, Roma.

Ruby, A. (2003), "Proto-Typology", in Gausa, M., Guallart, V. and Müller, M. (Eds.), *The Metapolis Dictionary of Advanced Architecture. City, Technology and Society in the Information Age*, Actar Publishers, Barcelona, Spain.

Trogal, K., Bauman, I., Ranald, L. and Petrescu, D. (2019), *Architecture & Resilience. Interdisciplinary Dialogues*, Routledge, New York, pp. 179-204

Verganti, R. (2009), *Design-Driven Innovation*, Rizzoli, Parma.

Williams, G.C. (1966), *Adaptation and Natural Selection*. Princeton, Princeton University Press, New Jersey.

Zari, M.P.; Connolly, P. and Southcombe, M. (2020), *Ecologie design. Transforming Architecture, Landscape, And Urbanism*, Routledge, New York, pp. 11-17.

permanent evolution. While a conventional typology defines a generic organization model, which becomes specific through its application, the proto-typology is specific from the beginning. On the other hand, it never becomes truly generic as it continues to transform itself through the information it receives. As a flexible and learning subject, it adapts to the changing needs of programs and users. Therefore, a proto-typology is not a model, but a transitory phase of a process evolution and, therefore, always ahead of its type».