

## NUOVE TECNOLOGIE PER L'ABITARE DEL FUTURO

Una proposta per la Milano del 2100

## NEW TECHNOLOGIES FOR FUTURE LIVING

A proposal for 2100s Milan

Paola Marrone, Claudio Piferi, Antonello Monsu Scolaro,  
Elisa Belardi, Manuela Demurtas, Maria Grazia Giardinelli,  
Federico Orsini, Valentina Santi, Andrea Sichi

### ABSTRACT

Le dinamiche evolutive e le emergenze ambientali, sociali ed economiche in atto prospettano nuovi immaginari urbani, richiedendo ai progettisti di spostare l'orizzonte temporale di riferimento verso scenari di lungo periodo. Il contributo si inserisce in tale contesto con lo scopo di indagare il tema dell'abitare futuribile, presentando i risultati di un'esperienza progettuale di rigenerazione urbana sviluppata a Milano in occasione del concorso RELIVE 2019. Il progetto trae spunto dalle visioni delle città utopiche del secolo scorso e si sviluppa a partire dalla costruzione di un quadro esigenziale amplificato proiettato verso scenari a lungo termine. La proposta progettuale integra strumenti e tecniche tradizionali con le nuove potenzialità offerte dalle tecnologie abilitanti, prefigurando un modello replicabile di città resiliente, inclusiva e a ridotto impatto ambientale.

Evolutionary dynamics and the current environmental, social and economic emergencies envisage new urban visions requiring designers to shift the reference time's horizon towards long-period scenarios. The contribution refers to this context with the aim to investigate future inhabiting presenting the results of a design experience of urban regeneration led in Milan for RELIVE 2019 competition. The project draws inspiration from last century's utopian cities visions and is developed based on an Amplified Requirements Framework projected towards long-term scenarios. The design proposal integrates traditional tools and technologies with the new possibilities offered by Key Enabling Technologies prefiguring a replicable model for a resilient, inclusive and low-environmental impact city.

### KEYWORDS

cambiamenti climatici, soluzioni abitative flessibili, tecnologie abilitanti, infrastruttura dinamica, Milano 2100

climate change, flexible housing solutions, key enabling technologies, dynamic infrastructure, Milan 2100

**Paola Marrone**, Architect and PhD, is a Full Professor at the Department of Architecture of the 'Roma Tre' University (Italy). E-mail: [paola.marrone@uniroma3.it](mailto:paola.marrone@uniroma3.it)

**Claudio Piferi**, Architect and PhD, is an Associate Professor at the Department of Architecture of University of Florence (Italy). E-mail: [claudio.piferi@unifi.it](mailto:claudio.piferi@unifi.it)

**Antonello Monsù Scolaro**, Architect and PhD, is an Associate Professor at the Department of Architecture, Design and Urban Planning of the University of Sassari (Italy). E-mail: [amscolaro@uniss.it](mailto:amscolaro@uniss.it)

**Elisa Belardi**, Architect, is a PhD Candidate at Department of Architecture of University of Florence (Italy). **Manuela Demurtas**, Architect, is a PhD Candidate at the Department of Architecture, Design and Urban Planning of the University of Sassari (Italy). **Maria Grazia Giardinelli**, Architect, is a PhD in Architecture and Research Technologist for international projects at the University of Florence. **Federico Orsini**, Architect and PhD, is a Research Fellow the Department of Architecture of the 'Roma Tre' University (Italy). **Valentina Santi**, Architect and PhD, carries out teaching and consultancy activities in the field of design dedicated to fragile users. **Andrea Sichi**, Architect, is a Research Fellow at the Department of Architecture of University of Florence (Italy).

Le esperienze delle città ideali rinascimentali o le proposte utopiche riconducibili al pensiero di Fourier nel XIX secolo sono alcuni esempi che evidenziano come vi sia una costante ricerca di modelli futuri dell'abitare nella storia dell'architettura e dello sviluppo urbano (Wilkinson, 2017). Tale indagine caratterizzerà i secoli XX e XXI sviluppando visioni di città innovative, utopiche e futuribili, pensate per essere adeguate alle esigenze dello specifico periodo storico. La prima metà del '900, fortemente influenzata dalle innovazioni tecnologiche e dal progresso, vede prima l'esperienza futurista, con le innovative visioni di città 'elastiche e leggere' di Depero e Sant'Elia (1914) e poi, qualche decennio più tardi, le teorie urbane del Movimento Moderno. Le mutazioni sociali, culturali, economiche ed ambientali del dopoguerra sono poi alla base di una rinnovata spinta utopica che emerge tra gli anni '60 e '70 del secolo scorso e trova espressione a livello nazionale nelle visioni provocatorie delle avanguardie radicali fiorentine (Archizoom, Remo Buti, Superstudio, Ziggurat) o a livello internazionale (Hollein e Pichler a Vienna, Archigram a Londra, Metabolisti in Giappone, Yona Friedman in Francia, Buckminster Fuller negli USA, Frei Otto in Germania), segnando fortemente le generazioni successive.

Recentemente, le istanze ecologico-ambientali hanno spinto Branzi a indagare il tema dell'abitare futuribile nel saggio *Modernità Debole e Diffusa* nel quale propone la visione di una città ibrida, non più caratterizzata dalle «[...] cattedrali forti e concentrate della vecchia modernità, ma da processi conoscitivi articolati, trasformazioni ambientali reversibili, sistemi in rete invisibili e penetranti» (Branzi, 2006, p. 127) in cui natura e città, agricolo, produttivo e abitativo si fondono in un unico ecosistema sostenibile. La perdurante crisi ambientale e la recentissima crisi sanitaria, trasformatesi anche in crisi sociale ed economica, sono sempre più alla base di nuovi immaginari urbani in architettura (SOA, Effekt, Guallart Architects), in letteratura e nel cinema: immaginari distopici, caratterizzati da paesaggi non più adatti a ospitare la vita dell'uomo, o visioni ad alto contenuto tecnologico che guardano al ri-progetto della città e del territorio in 'post-produzione' ipotizzando scenari di 'decrecita prosperosa dell'edificio' (Morabito and Bianchi, 2010). All'interno di questo scenario, oggi definito 'climate fiction' (Minardi, 2016), si trovano importanti spunti immaginifici che aiutano a spostare l'attenzione del progetto verso nuovi orizzonti futuri potenzialmente capaci di accogliere le molteplici istanze – sociali, ambientali ed economiche – connesse alla manipolazione e allo sfruttamento degli ecosistemi naturali.

Il presente contributo si inserisce in questo quadro culturale e indaga il tema dell'abitare futuribile attraverso un'esperienza di rigenerazione urbana, in occasione del concorso RELIVE 2019, per sviluppare una ricerca progettuale di una possibile città futuribile, capace di rispondere a un quadro esigenziale elaborato su scenari a lungo termine riguardo ai cambiamenti climatici, sociali e tecnologici. Indagando le opportunità offerte dalle nuove tecnologie e

dalla innovazione digitale nel campo del progetto e della costruzione, la proposta tenta di ristabilire quegli equilibri ambientali, sociali ed economici per troppi anni trascurati.

### **Abitare e riabitare futuribile in ragione di cambiamenti climatici, trasformazioni sociali e tecnologie abilitanti**

Flussi migratori, cambiamenti climatici e invecchiamento della popolazione (Fig. 1) sono alcuni dei fattori che influenzano la qualità complessiva dell'abitare contemporaneo e futuro. Ricerchare soluzioni finalizzate al miglioramento di tale qualità, in relazione ai suddetti fenomeni, rappresenta una delle sfide più importanti che architetti e sociologi, ma non solo, hanno iniziato ad affrontare da qualche anno. In ambito accademico sono state avviate molte ricerche e, a livello di governance del territorio, le pubbliche amministrazioni cominciano a mettere in atto processi finalizzati alla risoluzione delle problematiche urbane e sociali derivanti da tali fenomeni, prevedendone gli sviluppi anche su tempistiche molto lunghe (United Nations, 2015). Ma è possibile spostare di 70 anni l'orizzonte temporale individuato dall'ONU, ipotizzando lo scenario che ci troveremo ad affrontare e definendo le mete da raggiungere nel 2100?

Il Laboratorio Modellistica Climatica e Impatti di ENEA ha tracciato una mappa dei luoghi che entro il 2100 potrebbero finire sommersi a causa del riscaldamento globale, dello scioglimento dei ghiacciai e dell'innalzamento dei mari (Antonioni et alii, 2017): l'Italia potrebbe perdere gran parte del suo patrimonio paesaggistico, molte delle aree costiere e la pianura Padana verrebbero sommerse, la città di Milano verrebbe raggiunta dal mare (Fig. 2). Il Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici sta studiando le caratteristiche del cambiamento climatico, con specifico riferimento agli scenari di concentrazione dell'Intergovernmental Panel on Climate Change e, adottando la tecnica del downscaling dinamico (Pizzigalli e alii, 2012), arriva a prefigurare un quadro delle variazioni attese in relazione a diverse variabili considerate fino al 2100, immaginando un clima dell'Europa meridionale sempre più tropicale (Rossi, 2017).

Se ai cambiamenti climatici associamo i flussi migratori, l'invecchiamento della popolazione (United Nations, 2019) e le emergenze sanitarie (come l'attuale) si intuisce che ipotizzare scenari abitativi così a lungo termine non sia del tutto sconsiderato. Le composizioni familiari in futuro potrebbero essere simili a quelle attuali, ma sarà diverso lo stile di vita, il modo di studiare, lavorare e relazionarsi: parafrasando Desvigne, tale trasformazione genererà un 'quadro esigenziale amplificato' (Mascheroni, 2018) sia nell'orizzonte temporale, perché basato su scenari futuri, sia nell'orizzonte spaziale, perché le variazioni ambientali, sociali ed economiche legate a questi scenari producono influenze dirette e indirette sul progetto. Ciò porterà alla richiesta di condizioni abitative e lavorative per le quali temporaneità, mobilità e connettività saranno imprescindibili, determinando scenari esigenziali secondo cui apparirebbe giustificato progettare pensando alla flessibilità e all'adattabilità dello spazio abitativo, guardando al contem-

po alla riduzione degli impatti ambientali indotti dalle attività edilizie. Altrettanto, pare auspicabile prevedere margini operabili del progetto affinché le sfere privata, pubblica e semipubblica non debbano essere ben identificate e possano crearsi condizioni di condivisione virtuale o reale da parte di utenti differenti per età, provenienza e cultura.

Tali condizioni vanno ricercate sia nel progetto del nuovo che nell'intervento di riqualificazione dell'esistente, la cui carente qualità – in particolare funzionale e tecnologica – denuncia anche la scarsa sensibilità ambientale che, in particolare a partire dal secondo dopoguerra, ha accompagnato la trasformazione dell'ambiente costruito. Nel corso dei decenni, l'attuale patrimonio edilizio ha incorporato ingenti quantità di risorse primarie a fronte di una bassa efficienza nell'impiego e di un elevato impatto ambientale associato, quantificabile anche in termini di rifiuti da attività da costruzione e demolizione pari al 30% dei rifiuti totalmente prodotti (Eurostat, 2016).

Dal 2003 al 2011, nell'EU a 27 Stati, sono state consumate tra 1.200 e 1.800 milioni di tonnellate di materiali da costruzione, sia per nuovi edifici che per la riqualificazione di quelli esistenti; in peso, si tratta del 45% di inerti, del 42% di calcestruzzo, del 6,7% di laterizi, del 2,5% di materiali metallici, dell'1,6% di legname, mentre il rame, il vetro e l'alluminio occupano circa l'1% rimanente. La maggior parte di questo patrimonio ha più di 50 anni e più del 40% degli edifici residenziali sono stati costruiti prima del 1960 in assenza di norme sull'efficienza energetica e/o sulla sismica: nel 2009, il settore residenziale consumava il 68% dell'energia totale del settore edile (Fasano, 2011), di cui il 70% per il riscaldamento. In Italia, il patrimonio residenziale è costituito da 12,2 milioni di edifici, di cui circa il 60% è stato realizzato prima del 1980, mentre 5,2 milioni di edifici (circa il 40% del totale) hanno più di 50 anni.

Oggi disponiamo di un parco edilizio con una superficie utile calpestabile di 30,528 km<sup>2</sup> (l'estensione del Belgio), di cui il 75% a destinazione residenziale suddivisa in edifici per famiglie singole, pari al 64%, e appartamenti in blocchi plurifamiliari, pari al 36% (European Construction Sector Observatory, 2018). Di fronte a questo scenario, abitare e riabitare significa progettare o riqualificare il costruito dotandolo di nuove prestazioni tecnologiche e funzionali, rendendolo nel tempo capace di adeguarsi a nuovi utilizzi che limitino le ricadute sugli ecosistemi naturali e lo sfruttamento delle risorse non rinnovabili, perseguendo manufatti che non siano più 'designed not to adapt' (Brand, 2012).

In questo complesso scenario, dove si intrecciano aspetti e variabili multidimensionali – ambientali, economiche e sociali – che, fin dalla fase metaprogettuale richiedono un governo contestuale, le KETs (Key Enabling Technologies) permettono interessanti prospettive operative che integrano gli strumenti tradizionali del progetto con tecnologie predittive, anticipatorie e di controllo dei processi (Mengda et alii, 2019; Aguilar Peralta and Mauricio, 2020) lungo l'intero ciclo di vita dell'edificio (European Commission, 2015). Al contempo, pensando sia alla

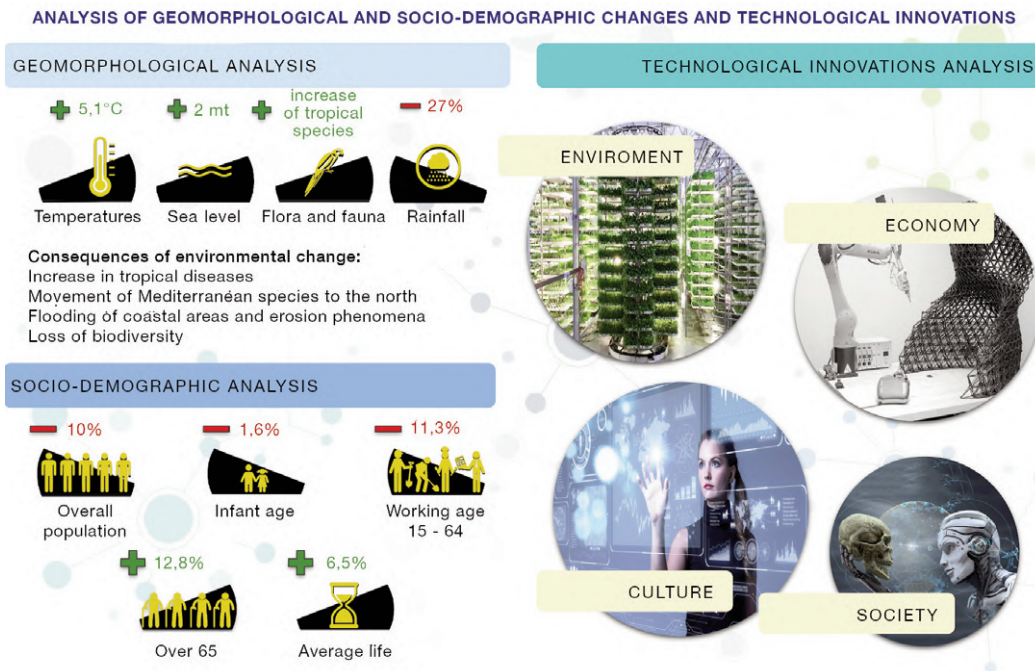


Fig. 1 | Main factors that affect the overall quality of contemporary living (credit: M. G. Giardinelli, V. Santi and A. Sichi, 2019).

Fig. 2 | Possible scenario of the Italian peninsula in 2100 following the rise in sea levels (source: www.corriere.it).

realtà virtuale sia a quella aumentata, le KETs permettono anche un coinvolgimento efficace dell'utente finale lungo il processo decisionale secondo una prospettiva anticipatoria dei possibili comportamenti e adattamenti futuri dello spazio architettonico.

**Pensieri: Casi studio di città utopiche** | L'approccio culturale alla base delle proposte utopistiche del '900 trova oggi, nelle innovazioni digitali introdotte dalle KETs, gli strumenti ideali per sperimentare ulteriormente il tema dell'abitare futuribile. Le esperienze contemporanee declinano il tema alle diverse scale del progetto – spaziale urbano, infrastrutturale, tecnologico – con il comune obiettivo di trasformare le città in veri e propri ecosistemi di sopravvivenza, dove la natura e le tecnologie, per essere indispensabili, devono essere obbligatoriamente interconnesse.

L'architetto ed ecologista belga Luc Schuiten ha ipotizzato l'architettura utopica della Vegetal City (Fig. 3), nella quale la natura diventa protagonista e parte integrante del tessuto urbano e degli edifici, attraverso la biomimesi, ovvero quei processi biologici e biomeccanici che avvengono in natura. La biomimesi permette alle piante di crescere plasmandosi in edifici, alloggi, costruzioni, creando delle 'archiboscenze' (neologismo ideato dall'architetto per descrivere la crescita della città in simbiosi con la vegetazione) e purificando al contempo l'aria. Negli interstizi tra i rami, quali elementi di chiusure o tamponature, sono previsti pannelli biotessili, mentre le partizioni trasparenti sono ispirate alle ali delle libellule. Solai e pareti interne, in terra cruda e materiali naturali, sono sorretti da strutture portanti vegetali. Anche l'impiantistica segue le regole della natura: l'illuminazione è resa possibile con la bioluminescenza, meccanismo grazie al quale gli organismi viventi emettono luce tramite reazioni chimiche, mentre la climatizzazione è pensata prendendo spunto dai termitai. Nelle illustrazioni utopiche Schuiten ripensa le grandi

megalopoli come Shanghai, Bruxelles, San Paolo e Strasburgo in chiave Harbitarbres, trasformandole da selve di cemento e vetro in foreste rimodulate (Schuiten, 2010).

La Toyota, con il progetto dello studio danese BIG (Bjarke Ingels Group) – autore, tra gli altri, del nuovo World Trade Center a New York, della Lego House in Danimarca e della sede Google di Mountain View e Londra – ha immaginato la Woven City (Fig. 4), un modello di città in cui sperimentare i vantaggi di un ecosistema interconnesso da tecnologie sensoristiche, alimentata completamente mediante celle a idrogeno. Il progetto, partendo dallo studio della mobilità, sarà realizzato entro il 2021 a Tokyo, alle pendici del monte Fuji. La città prende forma e si definisce partendo da tre tipologie di strade (percorsi per mobilità veloce, percorsi per micromobilità e pedoni, percorsi esclusivamente pedonali) che si intrecciano formando una griglia organica: gli e-pallete autonomi (prototipi ideati dalla Toyota) saranno utilizzati per il trasporto e le consegne, oltre che come negozi itineranti. Woven City è pensata come un incubatore di idee e un laboratorio vivente e ospiterà i collaboratori della casa automobilistica ma anche ricercatori, startup e scienziati, con l'obiettivo di testare e sviluppare nuove tecnologie come la robotica, le case intelligenti e l'intelligenza artificiale: quest'ultima monitorerà la salute degli abitanti, mentre la robotica sarà a servizio della vita di tutti i giorni (dalle abitazioni, al lavoro, allo sport e tempo libero). Nel progetto non mancano parchi e piazze per facilitare gli incontri e la socializzazione fra gli abitanti (Duy, 2020).

Il rapporto fra sistema insediativo e condizioni ambientali estreme, unito alla necessità di riqualificazione dell'esistente, trova un'interessante applicazione nella futuristica città per 10.000 abitanti ideata dallo studio russo AB Elis con il progetto Eco-City 2020 (Fig. 5), un eco-sistema ipogeo autosufficiente nella ex zona industriale di Mirniy, nella Siberia orientale, proposto quale ipotesi di recupero di una este-

sa miniera a cielo aperto (la seconda del pianeta), in disuso dal 2001. All'input iniziale, un enorme cratere conico di 500 metri di profondità con un diametro di oltre un chilometro, nel desolato permafrost siberiano dove le temperature raggiungono 50 °C sottozero, i progettisti hanno risposto con un'ipertrofica cupola trasparente che racchiude una Garden City, strutturata in tre macro-zone distribuite in altezza. Il livello inferiore è costituito dalla 'fattoria verticale', un centro urbano per la produzione di cibo e l'allevamento di bestiame che garantisce risorse alimentari fresche durante tutto l'anno; al livello intermedio, la 'foresta' consente di creare opportune condizioni microclimatiche; il livello superiore è destinato alla città vera e propria, dotata di servizi residenziali, amministrativi e pubblici oltre a spazi verdi collettivi e zone ricreative per la socializzazione. Il progetto si caratterizza per l'autosufficienza energetica, ottenuta attraverso celle fotovoltaiche integrate nella membrana trasparente della cupola, la quale, isolando dall'esterno, consente di creare un microclima mite, trattenendo il calore del terreno (Sokolina, 2013).

La ricerca di nuovi modelli dell'abitare in scenari estremi caratterizza anche il progetto ReGen Villages (Fig. 6), recentemente sviluppato dallo studio Effekt, che si propone come nuovo modello visionario per lo sviluppo di eco-villaggi off-grid, autosufficienti, integrati e resilienti. Il progetto lavora sul sistema degli spazi aperti e del costruito, combinando tecnologie innovative in un'ottica di economia circolare, come ricorda il nome stesso del villaggio. ReGen, infatti, richiama il processo rigenerativo delle risorse, trasformando gli output di un sistema negli input di un altro, riducendo sprechi e rifiuti. L'intero villaggio è caratterizzato da un involucro innovativo che ridefinisce il rapporto tra spazi aperti e spazi costruiti e definisce uno spazio intermedio protetto, produttivo, sociale (Effekt, 2016).

Anche il progetto per il Campus dell'Università Teatinos (Fig. 7), a Malaga, propone una

nuova visione per lo spazio urbano, nella quale tecnologie innovative e natura si fondono in un unico ecosistema resiliente, intelligente e responsivo. Il progetto dello studio spagnolo Ecosistema Urbano ripensa gli spazi aperti infrastrutturandoli con innovativi dispositivi e tecnologie abilitanti che permettono di ricreare spazi sociali, prevedendo nuovi usi e individuando funzioni aperte destinate agli studenti, al personale e a tutti i cittadini che possono liberamente accedervi. Si costruisce così un campus aperto, verde, connesso, interattivo, fortemente caratterizzato da innovativi paesaggi natural-artificiali, che implementano tecnologie visibili e tecnologie invisibili: tra le prime troviamo le grandi pensiline che definiscono infrastrutture dinamiche per il controllo delle condizioni ambientali, tra le seconde i sistemi di monitoraggio e raccolta dati, per il controllo del clima, per la gestione delle acque meteoriche, per lo scambio di informazioni, per la comunicazione, per il monitoraggio delle condizioni ambientali (Ecosistema Urbano, 2017).

Le proposte riportate (fra le più significative tra quelle analizzate) individuano uno scenario ben definito in quanto oltre a prospettare un quadro di esperienze variabile ed eterogeneo, sono legate dal fil rouge della sperimentazione sul tema dell'abitare futuro integrato con le innovazioni digitali. Tali casi studio sono inoltre caratterizzati da approcci strategici al progetto comuni, come la valorizzazione degli spazi aperti (teatro delle strategie di resilienza e adattamento), la riqualificazione del patrimonio costruito (in cui testare l'applicazione di sistemi tecnologici innovativi e altamente performanti) e la creazione di infrastrutture dinamiche e metaboliche (a cui demandare il controllo adattivo degli insediamenti). Tali strategie concorrono sinergicamente alla creazione di sistemi urbani complessi e resilienti, in grado di garantire l'adattamento progressivo ai futuri mutamenti ambientali e antropologici, e sono alla base della proposta progettuale per il comparto di Via Medici del Vascello a Milano, descritta più avanti.

**Una metodologia progettuale per valorizzare e rigenerare l'ambiente costruito** | Sustainable Cities, ottavo obiettivo prioritario del 7th Environmental Action Programme (European Parliament and Council of the European Union, 2013; European Commission, 2014), pone l'attenzione su alcuni temi attraverso i quali è possibile declinare la sostenibilità alla scala urbana: potenziare il capitale naturale; aumentare l'efficienza nell'uso delle risorse incentivando un'economia low carbon; salvaguardare la salute e il benessere dei cittadini. L'European Green Capital Award da oltre 10 anni premia le città europee che si sono distinte per interventi di riqualificazione e rigenerazione urbana, dimostrando come l'intervento sull'ambiente costruito rappresenti un obiettivo ormai strategico, sia a scala europea che nazionale. Dagli anni '70 del Novecento, il digital tool World3 fu impiegato per comprendere e proiettare nel futuro le conseguenze dell'interazione tra uomo e ambiente, poi adottato per ipotizzare gli scenari alla base di *The Limits to Growth* (Meadows et alii, 1972). Da allora, gli strumenti digitali hanno accompagnato la comprensione del-

la complessità delle dinamiche tra uomo e ambiente che, progressivamente assunte all'interno del processo di progetto, innovano le politiche urbane (Knox and Mayer, 2009).

Si apre così uno scenario operativo che il progetto di riqualificazione dello spazio, confinato e pubblico, dovrà riuscire a governare, sia sulla base di parametri reali ottenuti da analisi dirette (dati climatici; previsioni demografiche; consumo di risorse; produzione di rifiuti; costi sociali e ambientali) sia su dati di difficile se non impossibile previsione (flussi migratori; tecnologie produttive; sistemi cognitivi; mezzi di comunicazione; dinamiche comportamentali nel lavoro e tempo libero, nella sfera privata e pubblica).

In questo contesto, un approccio alla rigenerazione urbana sostenibile nel tempo mirerà a una configurazione 'adattiva' dello spazio, sia pubblico che privato, elaborando un 'quadro esigenziale amplificato' ricavabile, in una prima fase, dall'analisi dei dati riguardanti: 1) alla scala urbana, lo stato di conservazione dell'area (servizi presenti, tipologie di aree, ecc.) allo scopo di ridisegnare lo spazio pubblico e ottimizzare il comportamento bioclimatico attivo e passivo dei corpi di fabbrica in funzione dei dati climatici locali, di ridurre l'apporto di energia da combustibili fossili e le emissioni in atmosfera di GHG e di contribuire al miglioramento della qualità dell'aria (European Environment Agency, 2019); 2) alla scala dello spazio abitativo, le potenzialità di uno spazio dell'abitare flessibile, in grado di adattarsi alle richieste presenti e future degli utenti, di adeguamento e trasformazione, attraverso la progettazione di strutture reversibili e adattabili; 3) alla scala del singolo edificio, l'ottimizzazione e valorizzazione delle risorse ed energie già incorporate (misurate in MJ in termini di embodied energy e carbon energy) per controllare sia la quantità di rifiuti da costruzione e demolizione prodotti, sia lo sfruttamento di nuove risorse naturali (Ecorys, 2014).

In una seconda fase, l'introduzione delle tecnologie abilitanti nel perseguimento degli obiettivi ambientali, sociali ed economici potrà concorrere a: 1) elaborare i dati climatici di contesto, per definire il modello fluidodinamico più adeguato alla riconfigurazione degli spazi pubblici, in grado di orientare le scelte progettuali; 2) simulare i possibili modelli e comportamenti d'uso dello spazio, per prevedere i futuri adeguamenti da parte degli utenti ma al tempo stesso per rendere l'utente parte attiva del processo di progetto coinvolgendolo attraverso gli strumenti della realtà virtuale e/o aumentata; 3) ottimizzare il controllo domotico dell'abitazione, sulla base dei modelli d'uso e in funzione dei tempi standardizzati di occupazione dello spazio, per ridurre in particolare i consumi energetici; 4) localizzare le risorse presenti, attraverso strumenti GIS interoperabili, per definire una sorta di piattaforma per la raccolta di dati di contesto, nella quale schedare i componenti edilizi e le parti riutilizzabili nel progetto di riqualificazione e riuso della preesistenza; 5) monitorare i costi e confrontare le alternative progettuali in chiave Life Cycle Costs sia sul piano tecnico, in funzione delle scelte progettuali e dei cicli manutentivi, sia su quello di gestione dello spazio, per

renderlo adattivo ai possibili scenari d'uso.

Prima e seconda fase delineano, pertanto, una possibile metodologia progettuale (Fig. 8) grazie alla quale, attraverso un approccio tradizionale al progetto, implementato con le tecnologie abilitanti, si possono perseguire risultati quali: a) la resilienza, come attitudine del costruito ri-progettato alla resistenza nel lungo periodo alle sollecitazioni dinamiche sociali, economiche ed ambientali; b) la partecipazione, attiva ed efficace dell'utente nel processo di progetto e la crescita della consapevolezza ambientale correlate alle modalità d'uso dello spazio; c) la circolarità delle risorse, preesistenti o di nuovo impiego, all'interno di un sistema economico progettato per autorigenerarsi; d) l'integrazione dei sistemi di produzione (Industria 4.0), come incremento degli aspetti legati allo Smart Product, Smart Service e Smart Energy; e) la replicabilità, come un processo i cui fondamenti e intenti possano essere ripetuti in altri contesti urbani similari.

### Un progetto di 'auto-rigenerazione' del comparto urbano di via Medici del Vascello a Milano

L'approccio metodologico così delineato è diventato lo strumento guida per il progetto di riqualificazione di un'area localizzata nel quadrante sud-est di Milano, in prossimità della Stazione di Rogoredo, in adiacenza al sedime ferroviario. Le strade sterrate, la scarsa illuminazione pubblica, i numerosi edifici in abbandono, oltre agli insediamenti informali e alle occupazioni abusive che negli anni si sono susseguite, restituiscono oggi un'immagine di degrado fra le più accentuate della città (Fig. 9).

Propedeuticamente alla definizione delle strategie progettuali di intervento, è stata svolta una disamina dell'area che ha messo in evi-

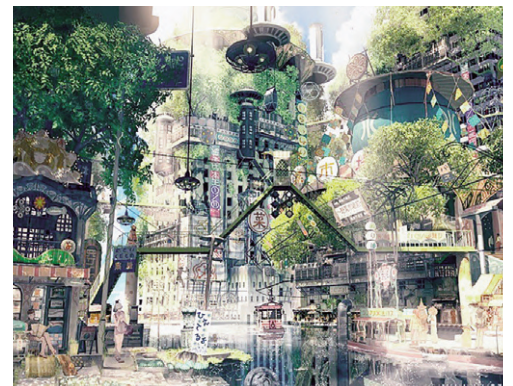


Fig. 3 | The utopian Vegetal City conceived by Luc Schuiten (source: fedoracittaideale.weebly.com).

Fig. 4 | View of the Toyota Group's Woven City project (source: www.toyota.it).

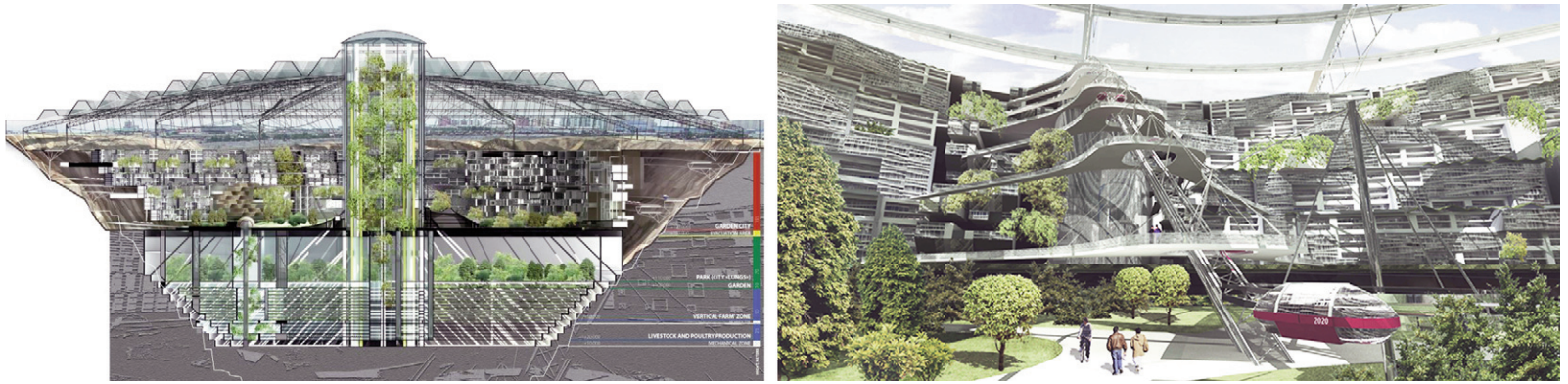


Fig. 5 | Proposal for Eco-City 2020 by the Russian designers AB Elis (source: www.ab-elis.ru/ecocity2020).

denza criticità di varia natura: 1) scarsa rispondenza ai nuovi bisogni residenziali e alle tendenze sociali e di fruizione della città (carenze di tipo funzionale); 2) inadeguatezza prestazionale degli edifici – energetica, acustica e di comfort indoor – rispetto all’attuale quadro normativo (carenze di tipo tecnologico); 3) composizione dei volumi, connessioni urbane e relazioni con il luogo scarsamente rappresentativi della città contemporanea (carenze di tipo formale). Le evidenze raccolte hanno permesso di formulare un ‘quadro esigenziale amplificato’, secondo il quale il progetto ha operato su una visione complessa e integrata dell’area rendendola capace di assorbire le variazioni climatiche esterne, integrando lo spazio pubblico, privato e le funzioni collettive, riutilizzando quanto più possibile il costruito ma definendo una nuova immagine di città, attraverso la sua implementazione formale, funzionale e tecnologica.

Dopo la prima fase di analisi, sono stati definiti gli obiettivi dell’intervento di riqualificazione identificando tre ambiti operativi primari: la valorizzazione degli spazi aperti; la riqualificazione del patrimonio edilizio costruito; la progettazione di una ‘infrastruttura dinamica’. Quest’ultimo dispositivo spaziale, concettualmente assimilabile a una membrana neuronale (Fig. 10), accoglie le KETs (impiegate, in questa sperimentazione soltanto in fase metaprogettuale) con lo scopo di rendere possibile un controllo dinamico dell’intero intervento progettuale.

**La valorizzazione degli spazi aperti** | Secondo un’idea di urbanizzazione diffusa, caratterizzata da gerarchie mutevoli nel tempo, gli spazi di socialità all’aperto, le aree gioco e per lo sport, gli spazi produttivi, gli orti urbani, le vasche di laminazione, i giardini di fitodepurazione e le aree allagabili definiscono un nuovo paesaggio urbano assumendo il ruolo di gradiente di resilienza dello spazio pubblico e rispondendo alle informazioni sui dati climatici dell’area. Gli spazi aperti al piano terra, completamente permeabile, e quelli ai livelli superiori, tra gli edifici o tra gli appartamenti, sono indispensabili al funzionamento dell’intero organismo e per il raggiungimento della qualità complessiva dell’abitare: in particolare, quelli verdi contribuiscono al microclima locale favorendo processi di evapotraspirazione che riducono il fenomeno dell’isola di calore urbana.

### La riqualificazione del patrimonio costruito

L’intervento di riqualificazione ha riguardato in particolare le prestazioni tecnologiche residue (in prevalenza strutturali), ad eccezione dell’edificio a pianta trilobata e dell’edificio a un solo piano, per i quali si è optato per una demolizione integrale selettiva (Fig. 11). La riqualificazione tecnologica dell’involucro ha presupposto la conservazione dell’ossatura strutturale per l’implementazione prestazionale dei sistemi di chiusura verticali, opachi e trasparenti (Fig. 12). L’abitare flessibile di un’utenza eterogenea, soggetta a diversificarsi nel tempo, è stato affrontato con la progettazione di moduli abitativi prefabbricati – le Living Units – inseribili all’interno della maglia strutturale esistente. Le unità abitative minime, destinate a utenti differenziati (anziani, studenti, giovani lavoratori, giovani nuclei familiari) sono aggregate secondo uno schema in cui si alternano laboratori, spazi per la produzione artigianale e di socializzazione. L’articolazione planimetrica è ipotizzata flessibile per gli utenti che, attraverso le possibilità offerte dalla realtà aumentata e virtuale, possono variare gli ambienti in relazione alle esigenze mutevoli. Le Living Units sono composte da due parallelepipedi, uno vetrato e uno opaco, che possono scorrere uno sull’altro garantendo così incrementi di superficie e nuove configurazioni spaziali (Fig. 13).

**L’infrastruttura dinamica** | L’infrastruttura dinamica è un dispositivo spaziale pensato per modificare radicalmente il carattere dell’esistente, adeguandolo al ‘quadro esigenziale amplificato’ e a una nuova immagine di città, attivando un profondo processo di rigenerazione che lavora su un arco temporale variabile e su più livelli. All’infrastruttura sono demandate le funzioni di resistenza attiva ai cambiamenti climatici e tecnologici perché in grado di adeguarsi al variare delle esigenze, le performances attive riguardanti il comfort indoor e il microclima degli spazi aperti per l’effetto ombreggiante e l’approvvigionamento di energia e di acqua. L’infrastruttura ingloba gli edifici come una membrana multisensoriale, avvolgendoli e coprendoli, connettendo e separando dove necessario, rendendo i vari corpi energeticamente autonomi; inoltre, consentendo di definire spazi aperti ulteriormente ripensabili a seconda delle necessità d’uso o delle modificazioni sociali dell’area, essa contribuisce al grado di re-

silienza e alla capacità adattiva dell’intera area ai cambiamenti complessivi del comparto urbano di riferimento (Fig. 14).

Dal punto di vista strutturale, l’infrastruttura è una maglia reticolare spaziale metallica (in parte vetrata) stampata in 3D, le cui geometrie possono essere occupate all’occorrenza da materiali, idonei ad accogliere le KETs, frutto delle attuali e delle future tecnologie di produzione: la membrana si appoggia puntualmente a terra, ripiegandosi sotto gli edifici esistenti, svuotando i piani terra, creando percorsi protetti di collegamento, ricucendo il territorio verso la città e verso lo scalo ferroviario, ospitando spazi aperti e/o protetti dedicati agli orti urbani e al verde (Fig. 15). Gli spazi a terra si lasciano così allagare senza creare criticità ma favorendo differenti modi di comunicazione (Fig. 16). L’infrastruttura può essere adeguata nel tempo seguendo gli input dell’evoluzione delle nuove tecnologie diventando: a) strumento di monitoraggio ambientale ed energetico, favorendo la tutela del suolo, il recupero, il trattamento e la conservazione delle acque meteoriche, oltre alla creazione di energia elettrica e al riscaldamento delle acque sanitarie tramite pannelli fotovoltaici e collettori solari; b) generatrice di spazi collettivi aperti – come piazze, giardini e orti urbani – e chiusi – interni agli edifici stessi – creando luoghi di socializzazione e di produzione collettivi; c) generatrice di soluzioni abitative flessibili sulla base delle esigenze dell’utenza e modificabili nel tempo.

Coerentemente con la metodologia elaborata, l’infrastruttura dinamica rappresenta il dispositivo spaziale attraverso il quale costruire un’interfaccia tra progetto e nuove tecnologie abilitanti. Essa è il filtro tra interno ed esterno, dove è possibile integrare sensori ambientali e climatici per il monitoraggio e controllo adattivo locale, attuando sistemi di correzione microclimatica esterni (aumento degli ombreggiamenti con pannelli integrati nella struttura reticolare in Phase Changing Materials) e interni agli edifici (oscuramento automatico degli involucri trasparenti). L’infrastruttura è in grado di ospitare elementi e strumenti ICT e IoT, indispensabili per quella trasformazione digitale verso la quale siamo ormai rivolti negli scenari di vita, comunicazione, studio e lavoro (Fig. 17, 18).

**Discussione e conclusioni** | La metodologia proposta, partendo dall’evidenza scientifica, ov-

vero dal risultato dell'analisi sull'esistente e della valutazione delle previsioni di climatologi e sociologi circa i possibili futuri scenari ambientali e di vita, articola fasi e attività per coadiuvare l'approccio tradizionale al progetto con gli strumenti offerti dalle tecnologie abilitanti. Confrontandosi con un tema progettuale di rigenerazione urbana molto complesso, a partire dalla valutazione dello stato di fatto dell'ambiente urbano, dall'analisi delle esigenze abitative e dalle problematiche energetiche e ambientali, sono state elaborate soluzioni progettuali in risposta all'obiettivo di dar forma alla resilienza del costruito esistente attraverso interventi di ri-progettazione e ri-qualificazione anche inedite. In tal senso, le soluzioni riguardano i processi di:

- autorigenerazione del tessuto urbano, a partire dai luoghi in abbandono e dalle potenzialità, urbane, sociali, funzionali, ambientali e tecnologiche, in essi residue;
- resilienza, come attributo da cui dipende la capacità di assorbire le modificazioni nell'uso dello spazio e nell'adeguamento tecnologico delle parti controllando le ricadute, ambientali, sociali ed economiche, indotte dalle trasformazioni;
- integrazione delle tecnologie abilitanti nel processo di progettazione, strumenti predittivi di controllo degli esiti formali di progetto (visualizzazioni 3D; realtà aumentata) e delle prestazioni tecnologiche (valutazione delle alternative progettuali nella configurazione degli involucri o dei pacchetti tecnologici, in relazione agli impatti ambientali indotti);
- integrazione delle tecnologie abilitanti nelle soluzioni progettuali, come strumenti di monitoraggio delle prestazioni tecnologiche in fase di esercizio dell'opera e delle condizioni ambientali e microclimatiche al contorno.

Similmente alle teorizzazioni dei movimenti avanguardisti degli anni '70 del Novecento, dalle cui suggestioni ha preso vita la presente ricerca, il risultato progettuale guarda oltre l'immediata resa formale e assetto funzionale dello spazio, tentando di definire una nuova dimensione urbana per interpretare (anticipandole) e governare (senza subirle) le trasformazioni che nei prossimi decenni riguarderanno le nostre città. Le potenzialità della proposta metodologica definiscono anche i limiti della ricerca: l'applicazione delle tecnologie abilitanti è stata ipotizzata come apparato di strumenti in grado di implementare gli esiti del progetto e renderlo adattivo in funzione dei cambiamenti e delle trasformazioni microclimatiche e sociali oggi prevedibili. La verifica della reale efficacia di apparecchiature e tecnologie abilitanti sull'infrastruttura dinamica che avvolge fisicamente e concettualmente l'idea progettuale richiede una sperimentazione specifica finalizzata a fornire dati utili a validare la capacità di questo 'filtro adattivo' (Scalisi, 2020) di accogliere, governare e garantire nel tempo le risposte al cambiamento di una società sempre più 'fluida' e mutevole.

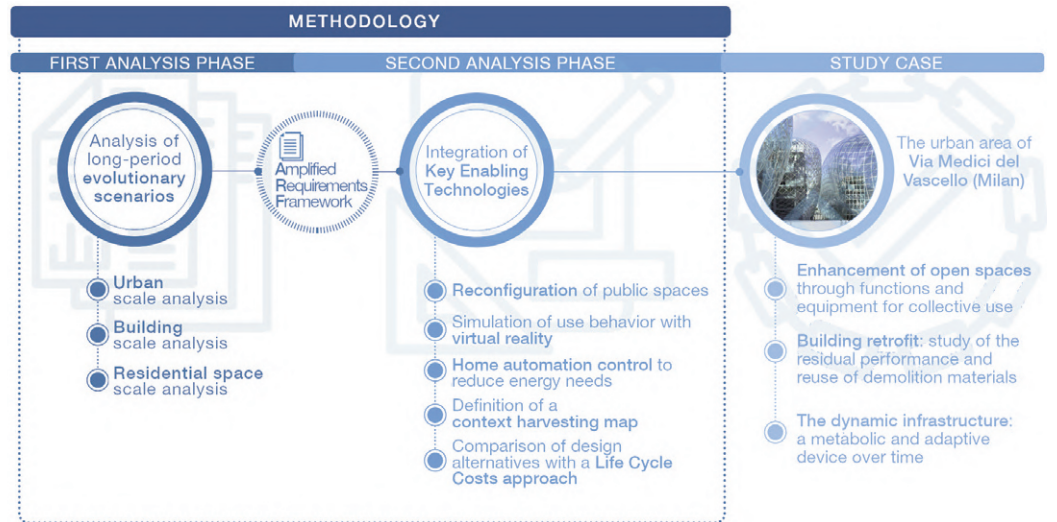
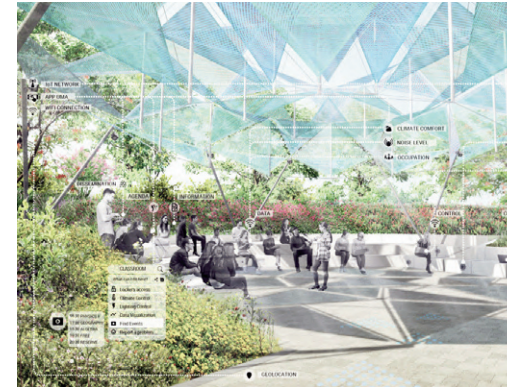


Fig. 6 | ReGen Village project by Effekt studio (source: www.effekt.dk/regenvillages).

Fig. 7 | Infrastructural strategies for Teatinos University Campus in Malaga (source: ecosistemaurbano.com).

Fig. 8 | Outline of the methodological approach and expected results (credit: E. Belardi, 2020).

Fig. 9 | Framing of the project area (credit: Google Maps, 2020).

Fig. 10 | Synthesis of the neuronal process of the multisensory membrane (credit: F. Orsini 2018).

Fig. 11 | Identification of the buildings subject to intervention (credit: E. Belardi, 2020).

In the history of architecture and urban development, there has always been a constant quest for future models of living, as demonstrated by

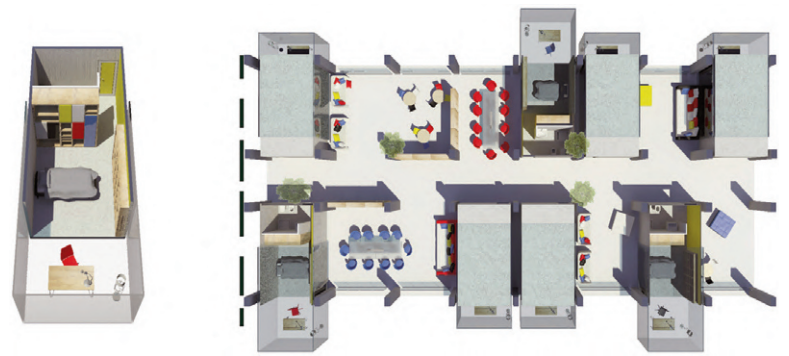
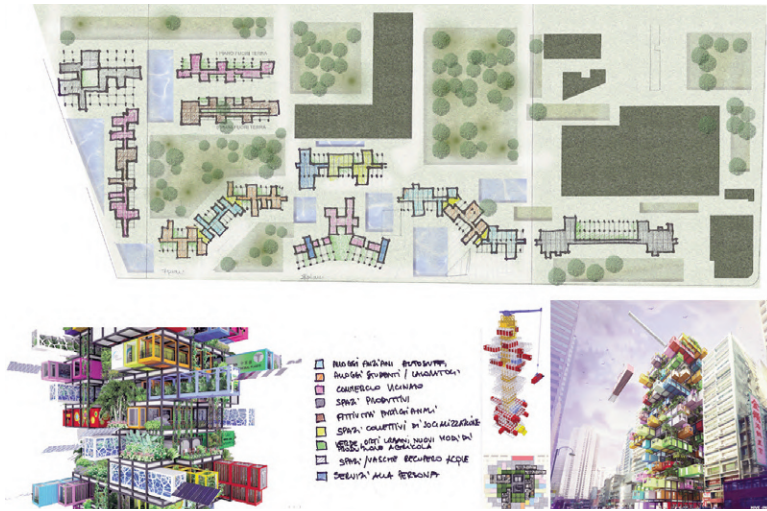


Fig. 12 | Design studies (credit: M. G. Giardinelli and V. Santi, 2018).

Fig. 13 | Cell-type of the Living Unit and possible distribution configurations within the existing structural network (credit: M. G. Giardinelli and A. Sichi, 2019).

the experiences of the ideal Renaissance cities or the utopian proposals, which can be attributed to Fourier's thought in the nineteenth century (Wilkinson, 2017). During the twentieth and twenty-first centuries, innovative, utopian and futuristic visions of the cities were developed and designed to be adapted to the needs of the specific historical period. The progress and the technological innovation have strongly impacted the first half of the twentieth century, which was influenced, at first, by Depero and Sant'Elia's innovative visions of 'elastic and light' cities (Sant'Elia, 1914) and then, a few decades later, by the urban theories of the Modern Movement. All the changes concerning the social, cultural, economic and environmental aspects, which characterised the post-war period, can be considered as the foundation of a renewed utopian impulse: both at the national level, in the provocative visions of the radical Florentine's avant-gardes (Archizoom, Remo Buti, Superstudio, Ziggurat), and internationally (Hollein and Pichler in Vienna, Archigram in London, Metabolists in Japan, Yona Friedman in France, Buckminster Fuller in the USA, Frei Otto in Germany), strongly marking the succeeding generations.

Recently Branzi, driven by the ecological and environmental's instances, has investigated the futuristic living's theme in the essay *Moderità Debole e Diffusa*, a vision of a hybrid city no longer characterised by solid and concentrated cathedrals of the old modernity, but defined by well-structured cognitive processes, reversible environmental changes, invisible and pervasive's network systems (Branzi, 2006, p. 127) in which nature and the city can merge with the agricultural, industrial and residential's layers, in a single sustainable ecosystem. Besides, the ongoing environmental crisis and the very recent pandemic, which have turned into social and economic crises as well, are – every day more – the foundation of new urban imaginaries not only in the architecture field (SOA, Effekt, Guallart Architects), but also in literature and cinema: dystopian imaginaries, which are characterized by landscapes no longer suitable to host human life, or high technological content's visions, which seem to look at the city and territory's re-design as a post-production phase, assuming 'scenarios of prosperous decay of the building'

(Morabito and Bianchi, 2010). In this scenario, which nowadays can be referred to as 'climate fiction' (Minardi, 2016), it can be find some important imaginative ideas, which might deflect the project's focus to new future horizons, capable of embracing the multiple instances – social, environmental and economic – related to the manipulation and exploitation of the natural ecosystems.

This paper is a part of this cultural framework and it investigates the futuristic way of living through an experience of an urban regeneration's project, developed during the contest RELIVE 2019, in order research on a potential futuristic city, which might be able to answer to a framework of needs elaborated on the long term scenario, in regards to the climate, social and technological changes. The aim of this proposal, which investigates the opportunities offered by new technologies and digital innovation, is to re-establish the environmental, social and economic balance that has been neglected for too many years.

**Future living and re-living concerning climate changes, social transformations and enabling technologies**

The overall quality of contemporary and future living has been influenced by several factors, such as migration flows, climate changes and population ageing (Fig. 1). Considering the abovementioned phenomena, one of the most important challenges that architects, sociologists and more had to face over the last few years was the constant search of solutions which could improve our way of living. Several kinds of research have already been carried out in academics, while the public administration has begun to implement the processes whose aim is to solve the urban and social problems resulting from these phenomena, by predicting their development even over very long periods (United Nations, 2015). Is it possible to delay by 70 years the timeframe which the UN identified, by imagining a possible scenario that we could face and by defining the goals that we would like to achieve in 2100?

The Modeling Laboratory Climate and Impacts of ENEA has drawn a map of the places which could end up underwater by 2100, because of the global warming, the melting glaciers

and the rise of the sea level (Antonioli et alii, 2017): Italy could lose the major part of its landscape heritage; a large part of its coastal areas and the Po valley would end up being submerged and the city of Milan would be reached by sea (Fig. 2). The Euro-Mediterranean Centre of Climate Change has been studying the characteristics related to the climate change by considering the concentration's scenarios of the Intergovernmental Panel on Climate Change, and, by adopting the dynamical downscaling technique (Pizzigalli et alii, 2012), it comes to anticipate a framework of the changes which should be expected to several variables, which have been taken into account up to 2100, by imagining an increasingly tropical climate in the south of Europe (Rossi, 2017).

If we associate the Climate Changes to migration flows, the ageing population (United Nations, 2019) and the health emergencies (such as the current one), it seems justifiable to imagine such long-term housing scenarios. In the future, the family compositions might be similar to the current ones, but the lifestyle, the way of studying, working or interacting with others may be different from the present: according to Desvigne, this transformation is going to produce an 'amplified framework of needs' (Mascheroni, 2018), both in the temporal horizon – since it is going to be built on future scenarios – and in the spatial one, because of the environmental, social and economic issues, which could influence the project, either directly or indirectly.

This will lead to housing and working conditions unavoidably linked to temporariness, mobility and connectivity, configuring new needs' scenarios according to which it would be justifiable to design everything by keeping in mind the flexibility and adaptability of the living space, and by simultaneously paying attention to the reduction of the environmental impacts, which are a consequence of construction activities. Likewise, the private, public and semi-public spheres are not going to need to be identified in all of their facets, allowing to create the conditions to share – by different users in age, origins and culture – the designed spaces, virtually or effectively. These conditions should be pursued both in the new buildings' design

and in the refurbishment of the existing ones; their poor quality – both functional and technological – points out the lack of environmental sensitivity, which hasn't been guiding the built environment transformation since the second world war. Over the decades, the building stock has incorporated a large number of primary resources, in response to low work efficiency and a consequent high environmental impact, which can also be quantified in terms of construction and demolition wastes, that amount to 30% of the total production (Eurostat, 2016).

From 2003 to 2011 in the EU-27, between 1,200 and 1,800 million to tons of building materials were consumed either for new buildings or for the refurbishment of the existing ones; in weight, it consisted of 45% of aggregates, 42% of concrete, 6.7% of bricks, 2.5% of metals and 1.6% of wood, the residual 1% was made of copper, glass and aluminium. The majority of this heritage is more than 50 years old and more than 40% of the residential buildings were built before 1960, without any standard about energy efficiency or seismic safety: in 2009, the residential sector used up to 68% of the total construction sector's energy (Fasano, 2011), of which 70% for the heating system. In Italy, the residential stock (heritage) consists of 12.2 million buildings, of which about 60% were built before 1980, while 5.2 million buildings (about 40% of the total) are more than 50 years old.

Today the building stock has a usable floor area of 30,528 km<sup>2</sup> (the extension of Belgium), of which 75% are dwellings, which are divided into typologies for single families (equal to 64%) and apartments in multi-family blocks, equal to 36% (European Construction Sector Observatory, 2018). Against this background, the act of living and re-living (buildings) implies the design or the refurbishment of the built environment by looking at brand-new technologies and functional performances and, at the same time, by making it suitable for new uses, to limit the environmental impacts on the natural ecosystems and the exploitation of non-renewable resources. Hence, buildings that are no longer 'designed not to adapt' (Brand, 2012).

In this complex field, where several multidimensional variables – environmental, econom-

ic and social – which require to be constantly and simultaneously monitored from the beginning of each project were intertwined, the KETs (Key Enabling Technologies) might enable some interesting operating perspectives, by integrating traditional design's tools with predictive, anticipatory and processes control's technologies (Mengda et alii, 2019; Aguilar Peralta and Mauricio, 2020), throughout the entire life-cycle of the building (European Commission, 2015). At the same time, thinking of both virtual and augmented reality, KETs also allow an effective involvement of the end-user along the decision-making process according to an anticipatory perspective of possible behaviours and future adaptations of the architectural space.

**Thoughts: Case Studies of Utopian Cities |**

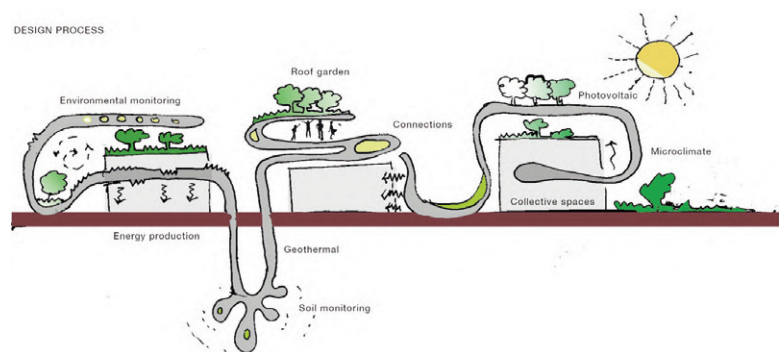
The twentieth-century utopian cultural approach finds today, in the digital innovation era introduced by KETs, the ideal mood for further experimentation concerning the way of living. Contemporary experiences decline this theme at the different project scales – urban space, infrastructural, technological – with the common goal of transforming cities into real survival ecosystems, where nature and technologies, to be indispensables, must necessarily be interconnected.

The Belgian architect and ecologist Luc Schuiten hypothesized the utopian architecture of the Vegetal City (Fig. 3), in which nature becomes the protagonist and integral part of the urban texture and buildings. Biomimesis (biological and biomechanical processes that occur in nature) allows plants growing by moulding themselves into buildings, lodgings, constructions, creating 'archiborescence' (neologism used by the architect to describe the growth of the city in symbiosis with vegetation) and purifying the air at the same time. In the interstices between the branches, bio-textile panels are provided as closure elements, while the transparent partitions are inspired by the wings of dragonflies. Floors and internal walls, made of raw earth and natural materials, are supported by vegetal structures. Installations also follow the rules of nature: lighting is made with bioluminescence, a mechanism by which living organisms emit light through chemical re-

actions, while air conditioning is designed taking inspiration from termite mounds. In the utopian illustrations, Schuiten rethinks the great megalopolises such as Shanghai, Brussels, Sao Paulo and Strasbourg in a Harbitarbres key, transforming them from forests of concrete and glass into remodelled forests (Schuiten and Loze, 2010).

With the project of the Danish studio BIG (Bjarke Ingels Group, author, among others, of the new World Trade Center in New York, the Lego House in Denmark and the Google headquarters in Mountain View and London), Toyota has imagined the Woven City (Fig. 4), a utopian city characterized by an interconnected ecosystem with sensor technologies, entirely powered by hydrogen cells. The project, starting from the study of mobility, will be carried out by 2021 in Tokyo, Japan, on the slopes of Mount Fuji. Three types of roads (routes for fast mobility, pedestrian and micro-mobility routes and pedestrian routes) shape and defines the city, forming an organic grid. The autonomous e-pallets (prototypes designed by Toyota) will be used for transport and deliveries, as well as mobile shops. Woven City is conceived as an incubator of ideas and a living laboratory and will host collaborators of the car manufacturer but also researchers, start-ups and scientists, with the aim of testing and developing new technologies such as robotics, smart homes and Artificial Intelligence (AI). AI will monitor the health of the inhabitants, while robotics will be at the service of everyday life (homes, work, sports and free time). The project integrates parks and squares to facilitate meetings and socialization between the inhabitants (Duy, 2020).

The relationship between the settlement system and extreme environmental conditions, combined with the need to reuse the existing, finds an interesting application in the futuristic city for 10,000 inhabitants conceived by the Russian studio AB Elis with the Eco-City 2020 project (Fig. 5), a self-sufficient underground ecosystem in the ex-industrial area of Mirniy, in eastern Siberia. The project is a hypothesis for the recovery of an extensive open-pit mine (the second on the planet), in disuse since 2001. As initial input, a huge 500-meters-deep conical crater with a diameter of over a kilometre, in the desolate Siberian permafrost where tem-



**Fig. 14 |** Conceptual scheme and functions of the dynamic infrastructure applied to the project methodology (credit: F. Orsini, 2018).

**Fig. 15 |** Example sketch regarding the operation of the dynamic infrastructure (credit: M. G. Giardinelli, 2018).



peratures reach 50 °C below zero, the designers responded with a hypertrophic transparent dome that encloses a Garden City, structured in three distributed macro-zone. The lower level consists of the 'vertical farm', an urban centre for the production of food and the breeding of livestock that guarantees fresh food resources throughout the year; at the intermediate level, the 'forest' allows the creation of suitable microclimatic conditions; the upper level is intended for the city, equipped with residential, administrative and public services as well as collective green spaces and recreational areas for socializing. The project is characterized by self-sufficiency energy, obtained through photovoltaic cells integrated into the transparent membrane of the dome which, isolating it from the outside, allows creating a mild microclimate, retaining the heat of the ground (Sokolina, 2013).

The search for new models of living in extreme scenarios also characterizes the ReGen Villages project (Fig. 6), recently developed by Effekt Studio. The project is characterized by a new visionary model for the development of off-grid, self-sufficient, resilient and integrated eco-villages. The project works on the system of open spaces and buildings, combining innovative technologies with a view to the circular economy, as suggested by the name of the village. Indeed, ReGen recalls the regeneration process of resources, transforming the outputs of one system into the inputs of another while reducing waste. The entire village is characterized by an innovative envelope that redefines the relationship between open spaces and built spaces and defines a protected, productive, intermediate social space (Effekt, 2016).

The project for the Teatinos University Campus (Fig. 7), in Malaga, also proposes a new vision for the urban space, in which innovative technologies and nature come together in a single resilient, intelligent and responsive ecosystem. The project by the Spanish studio Ecosistema Urbano rethinks the open spaces by infrastructuring them with innovative devices and enabling technologies. This process allows rethinking social spaces, providing new uses and identifying open functions for students, staff and all citizens who can freely access them. The results is an open, green, connected, interactive campus, strongly characterized by innovative natural-artificial landscapes, which implement visible technologies and invisible technologies: among the former we find large shelters that define dynamic infrastructures for environmental conditions control, among the second we find monitoring and data collection systems for climate control, rainwater management, information exchange, communication, environmental conditions monitoring (Ecosistema Urbano, 2017).

These visions (among the most significant of those analysed) provide a variable and het-

erogeneous framework of experiences characterized by the experimentations concerning the future living integrated with digital innovations. These case studies show, furthermore, common strategic approaches such as: the enhancement of open spaces (place for resilience and adaptation strategies), the requalification of built heritage (testing the application of innovative and highly performing technological systems), the creation of dynamic and metabolic infrastructures (to which the adaptive control of settlements is entrusted). These strategies contribute synergistically to the creation of complex and resilient urban systems, capable of ensuring progressive adaptation to future environmental and anthropological changes. These principles were placed at the centre of the research process conducted for the Via Medici del Vascello, in Milan, described in this paper.

#### **A design methodology to enhance and regenerate the built environment**

Sustainable Cities, eighth priority objective of the 7th Environmental Action Programme (European Parliament and Council of the European Union, 2013; European Commission, 2014), focuses on some issues through which it is possible to decline sustainability at the urban scale: to improve natural capital; to increase efficiency in the use of resources by encouraging a low carbon economy; to safeguard the health and well-being of citizens. For over 10 years, the European Green Capital Award has rewarded European cities that have distinguished themselves for urban redevelopment and regeneration, demonstrating how intervention on the built environment represents a strategic goal, both at a European and national scale. Since the 1970s, the World3 digital tool was used to understand and project into the future the consequences of the interaction between man and the environment, then adopted to hypothesize the scenarios defined by The Limits to Growth (Meadows et alii, 1972). Since then, digital tools have accompanied the understanding of the complexity of the dynamics between man and the environment which, progressively assumed within the design process, innovate urban policies (Knox and Mayer, 2009).

This framework opens an operational scenario that a project of confined and public space will have to manage, both based on real parameters obtained from direct analyses (climatic data; demographic forecasts; consumption of resources; waste production; social costs and environmental) and on data that are difficult, if not impossible, to predict (migration flows; production technologies; cognitive systems; means of communication; behavioural dynamics in work and leisure, in the private and public sphere).

In this context, an approach to sustainable urban regeneration, designed over a long peri-

od of time, will aim at an 'adaptive' configuration of the space, both public and private, elaborating an 'amplified need framework' which can be obtained, in a first phase, from the analysis of data concerning: 1) at the urban scale, the state of conservation of the area (services present, types of areas, etc.) in order to redesign the public space and optimize the active and passive bioclimatic behaviour of the buildings according to local climatic data, to reduce the contribution of energy from fossil fuels and GHG emissions into the atmosphere and to contribute to the improvement of air quality (European Environment Agency, 2019); 2) at the scale of the living space, the potential of a flexible living space, able to adapt to the present and future demands of users, for adaptation and transformation, through the design of reversible and adaptable structures; 3) at the scale of the single building, the optimization and enhancement of the resources and energies already incorporated (measured in MJ in terms of embodied energy and carbon energy) to control both the quantity of construction and demolition waste produced, and the exploitation of new natural resources (Ecorys, 2014).

In a second phase, the introduction of enabling technologies in the pursuit of environmental, social and economic objectives may contribute to: 1) processing the contextual climatic data, to define the fluid-dynamic model most suitable for the reconfiguration of public spaces, capable of orienting the design choices; 2) simulate possible models and behaviour of use of space, to predict future adjustments by users and, at the same time, to make the user an active part of the project process by involving him through the tools of virtual and / or augmented reality; 3) optimize the home automation control of the home, based on the patterns of use and according to the standardized times of space occupation, to reduce energy consumption in particular; 4) locate the resources present, through interoperable GIS tools, to define a sort of platform for the collection of context data, in which to file the building components and the reusable parts in the redevelopment and reuse of the pre-existing project; 5) monitor costs and compare design alternatives in terms of Life Cycle Costs both on a technical level, according to the design choices and maintenance cycles, and on that of space management, to make it adaptive to possible scenarios of use.

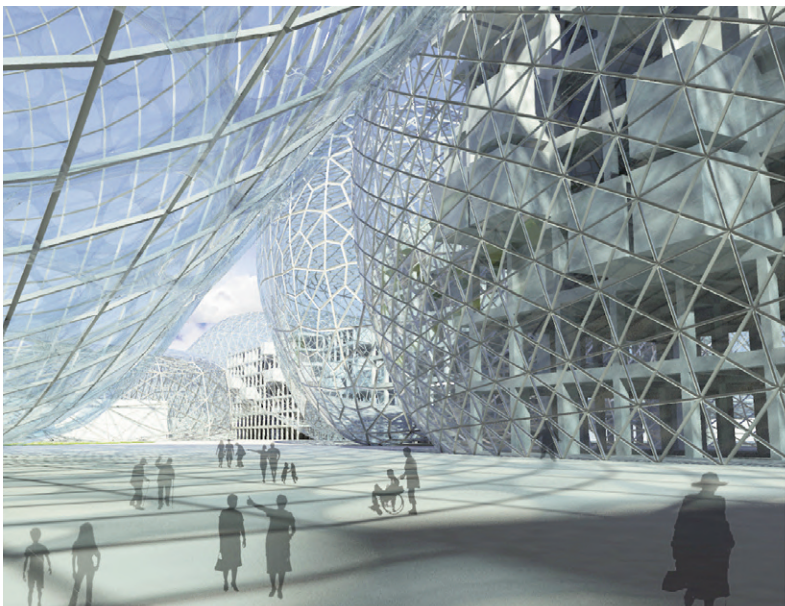
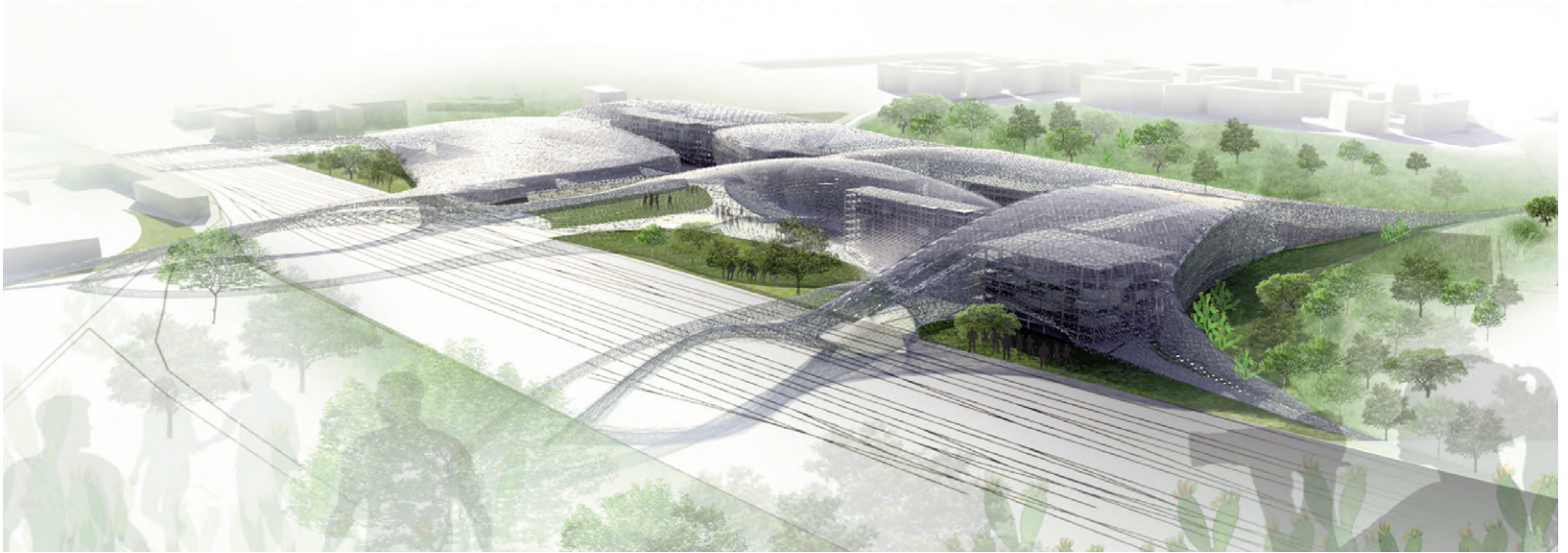
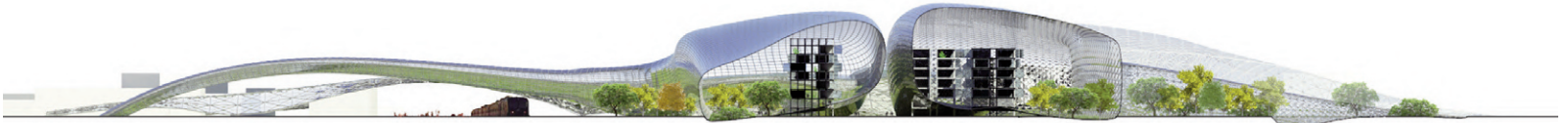
The first and second phases, therefore, outline a possible design methodology (Fig. 8) thanks to which, through a traditional approach to the project, implemented with enabling technologies, it is possible to pursue results such as: a) resilience, as an attitude of the built re-designed for long-term resistance to dynamic social, economic and environmental stresses; b) the active and effective partici-

*Next page*

**Fig. 16** | The scenario assumed in 2100 (credit: A. Sichi, 2020).

**Fig. 17** | The project: environmental section and render (credit: M. G. Giardinelli and A. Sichi, 2019).

**Fig. 18** | Overall views (credit: M. G. Giardinelli and A. Sichi, 2019).



pation of the user in the design process and the growth of environmental awareness related to the use of the space; c) the circularity of resources, pre-existing or newly used, within an economic system designed to self-regenerate; d) the integration of production systems (Industry 4.0), as an increase in aspects related to the Smart Product, Smart Service and Smart Energy; e) replicability, as a process whose foundations and intentions can be repeated in other similar urban contexts.

**A 'self-regeneration' project of the urban area of via Medici del Vascello in Milan** | The methodological approach outlined has become the guiding tool for the retrofit project of an area located in the south-east quadrant of Milan, near the Rogoredo station, adjacent to the railway grounds. The dirt roads, the poor public lighting, the numerous abandoned buildings, in addition to the informal settlements and illegal occupations that have followed one another over the years, now give back an image of degradation among the most pronounced in the city (Fig. 9).

In preparation for the definition of the intervention planning strategies, an examination of the area highlighted various critical issues: 1) poor response to the new residential needs and the social and use trends of the city (functional deficiencies); 2) inadequate performance of buildings in terms of energy, acoustics and indoor comfort compared to the current regulatory framework (technological deficiencies); 3) composition of volumes, urban connections and relations with the place that are scarcely representative of the contemporary city (formal deficiencies). The data collected allowed us to identify an 'amplified need framework', according to which the project operated on a complex and integrated vision of the area, making it able to absorb external climatic variations, integrating public and private spaces and collective functions, reusing as much as possible the built, defining at the same time a new image of the city, through its formal, functional and technological implementation.

After the first phase of analysis, we defined the goals of the redevelopment intervention, identifying three primary operational areas: the enhancement of open spaces; the requalification of the built environment; the design of a 'dynamic infrastructure'. This last spatial device, conceptually similar to a neuronal membrane (Fig. 10), houses the KETs (used in this experimentation only in the meta-design phase) to make possible a dynamic control of the entire design intervention.

**The enhancement of open spaces** | According to an idea of diffused urbanization, characterized by hierarchies that change over time, open spaces for socializing, playgrounds and sports areas, production spaces, urban gardens, lamination tanks, phyto-purification gardens and floodable areas define a new urban landscape assuming the role of resilience gradient of public space and responding to information on the area's climate data. The completely permeable open spaces on the ground floor and those on the upper levels between

buildings or lodgings are indispensable for the functioning of the entire system and for achieving the overall quality of living. In particular, the green areas contribute to the local microclimate, reducing the phenomenon of the urban heat island.

**The requalification of the built environment** | The redevelopment project concerned in particular the residual technological performances (mainly structural); we decided for the complete selective demolition of two buildings, the three-lobed one and the single-storey one (Fig. 11). The casing technological retrofit required the preservation of the structural framework for the performance implementation of the vertical, opaque and transparent closing systems (Fig. 12). The flexible living of a heterogeneous user, subject to diversify over time, was faced with the design of prefabricated housing modules – the Living Units – to be inserted within the existing structural grid. The aggregation of the minimum housing units, intended for various types of users (elderly, students, young workers, young families), results from a distribution scheme that alternates them with laboratories, spaces for craft production and socialization. The planimetric articulation adapts to users who, through the possibilities offered by augmented and virtual reality, can modify the environments with changing needs. Two parallelepipeds constitute the casing envelope of the living units; they can slide one over the other, thus ensuring surface increases and new spatial configurations (Fig. 13).

**The dynamic infrastructure** | The dynamic infrastructure is a spatial device designed to radically change the character of the existing, adapting it to the 'amplified need framework' and a new image of the city, through a profound regeneration process that operates at several levels over a variable period. The infrastructure is entrusted with the functions of active resistance to climatic and technological changes because it can adapt to changing needs, the active performances regarding indoor comfort and the microclimate of open spaces for the shading effect and energy supply and water. The infrastructure incorporates the buildings as a multisensory membrane, wrapping and covering them, connecting and separating where necessary, making the various compartments energetically autonomous. Furthermore, by allowing the definition of open spaces that can be further rethought according to the needs of users or social changes, it contributes to the degree of resilience and the adaptive capacity of the entire area with respect to the overall changes of the reference urban sector (Fig. 14).

From a structural point of view, the infrastructure is a 3D printed metal spatial reticular mesh (partly glazed), whose geometries can be occupied if necessary by materials, suitable for accommodating the KETs, the result of current and future technologies of production. The membrane rests punctually on the ground, folding under the existing buildings, emptying the ground floors, creating protected connection paths, mending the territory towards the

city and towards the railway yard, hosting open or protected spaces dedicated to urban gardens and green (Fig. 15). The spaces on the ground are thus allowed to flood without creating criticalities but favouring different ways of communication (Fig. 16). The infrastructure can adapt over time to the inputs of the evolution of new technologies becoming: a) an environmental and energy monitoring tool, favouring the protection of the soil, the recovery, treatment and conservation of rainwater and creating electricity and heating of sanitary water through photovoltaic panels and solar connectors; b) generator of open collective spaces (such as squares, urban gardens and vegetable gardens) and closed (inside the buildings themselves) creating places for socialization and collective production; c) generator of flexible housing solutions, that can be modified over time, based on user needs.

Consistent with the methodology developed, the dynamic infrastructure represents the spatial device that creates an interface between the project and new enabling technologies. It is the filter between inside and outside and hosts environmental and climatic sensors for local adaptive monitoring and control, implementing external microclimatic correction systems (increased shading with panels integrated into the reticular structure in Phase-Change Materials) and internal to buildings (automatic darkening transparent casings). The infrastructure can host ICT and IoT elements and tools, essential for the digital transformation towards which we are now projected into the scenarios of life, communication, study and work (Fig. 17, 18).

**Discussion and conclusions** | Starting from scientific evidence, i.e. the result of analysis on the existent and of evaluation of climatologists and sociologists' predictions about possible future living and environmental scenarios, the proposed methodology articulates phases and activities to an adjuvant traditional design approach with the tools offered by enabling technologies. Facing a complex urban regeneration design problem, starting from the evaluation of the current state of the urban environment, the analysis of living needs and environmental and energetic issues, design solutions have been elaborated to address the goal of giving form to existing building's resilience through even not known re-design and re-qualification interventions. In this sense, solutions concern processes of:

- urban texture's auto-regeneration starting from abandoned places and their residual urban, social, functional, environmental and technological potentials;
- resilience as attribute from which depends the capacity of absorbing modifications in space use and parts' technological adaptation controlling environmental, social and economic fallouts induced by transformations;
- integration of enabling technologies in the design process as predictive control tools of the formal design outcomes (3D visualizations; augmented reality) and of technological performances (evaluation of design alternatives in envelopes' configurations or technological lay-

ering related to induced environmental impacts); – integration of enabling technologies in design solutions as monitoring tools of technological performances during the building use and of environmental and microclimatic context conditions.

According to theorizations of 1970's avant-garde movements, from whom suggestions the presented research started, the design result looks beyond the immediate formal result and

space functional asset, trying to define a new urban dimension to interpret (anticipating) and govern (without suffering them) the transformations that in next decades affect our cities. Potentials of proposed methodology also define the research limits: the application of enabling technologies has been speculated as a tool apparatus able to implement the design outcome and make it adaptable according to changes and microclimatic and social transformations

nowadays foreseeable. The verification of real effectiveness of equipment and enabling technologies on dynamic infrastructure that physically and conceptually enclose the design idea requires specific experimentation finalized to provide data needed to validate the capacity of this 'adaptive filter' (Scalisi, 2020) to receive, govern and guarantee throughout time responses to changes of a more and more 'fluid' and changing society.

## Acknowledgements

The contribution, resulting from a common reflection, is to be assigned in equal parts to all Authors.

## References

- Aguilar, L., Peralta, S. and Mauricio, D. (2020), "Technological architecture for IoT smart buildings", in *Proceedings of the 2nd International Conference on Electrical, Communication, and Computer Engineering (ICECCE) – 12-13 June 2020, Istanbul, Turkey*, IEEE.
- Antonoli, F., Anzidei, M., Amorosi, A., Lo Presti, V., Mastronuzzi, G., Deiana, G., De Falco, G., Fontana, A., Fontolan, G., Lisco, S., Marsico, A., Moretti, M., Orrù, P. E., Sannino G. M., Serpelloni, E. and Vecchio, A. (2017), "Sea-level rise and potential drowning of the Italian coastal plains – Flooding risk scenarios for 2100", in *Quaternary Science Reviews*, vol. 158, pp. 29-43. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.quascirev.2016.12.021 [Accessed 10 September 2020].
- Brand, S. (2012), *How Buildings Learn – What Happens After They're Built*, Penguin Books, London.
- Branzi, A. (2006), *Modernità Debole e Diffusa – Il mondo del progetto all'inizio del XXI Secolo*, Skira, Milano.
- Duy, M. (2020), "An Urban Incubator – Toyota Woven City by BIG", in *Detail online*, 20/02/2020. [Online] Available at: detail-online.com/blog-article/an-urban-incubator-toyota-woven-city-by-big-35279/ [Accessed 20 September 2020].
- Ecorys (2014), *Resource efficiency in the building sector – Final report*. [Online] Available at: ec.europa.eu/environment/eussd/pdf/Resource%20efficiency%20in%20the%20building%20sector.pdf [Accessed 20 September 2020].
- Ecosistema Urbano (2017), *Malaga Campus*. [Online] Available at: ecosistemaurbano.com/malaga-university-campus/ [Accessed 25 October 2020].
- Effekt (2016), *ReGen Villages*. [Online] Available at: www.oeffekt.dk/regenvillages [Accessed 25 October 2020].
- European Commission (2015), *Pilot Production in Key Enabling Technologies – Crossing the Valley of Death and boosting the industrial deployment of Key Enabling Technologies in Europe*, European Commission, Directorate General for Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SEMs. [Online] Available at: mkpl.eu/fileadmin/site/final/mKETS\_brochure\_web.pdf [Accessed 20 August 2020].
- European Commission (2014), *General Union Environment Action Programme to 2020 – Living well, within the limits of our planet*. [Online] Available at: op.europa.eu/en-GB/publication-detail/-/publication/1d861dfb-ae0c-4638-83ab-69b234bde376 [Accessed 29 September 2020].
- European Construction Sector Observatory (2018), *Improving energy and resource efficiency – Analytical Report, November 2018*. [Online] Available at: ec.europa.eu/docroom/documents/33121 [Accessed 22 September 2020].
- European Environment Agency (2019), *The European Environment – State and outlook 2020 – Knowledge for transition to a sustainable Europe*, Publications Office of the European Union, Luxembourg. [Online] Available at: www.eea.europa.eu/publications/soer-2020 [Accessed 22 September 2020].
- European Parliament and Council of the European Union (2013), *Decision No 1386/2013/EU of the European Parliament and of the Council of 20 November 2013 on a General Union Environment Action Programme to 2020 'Living well, within the limits of our planet'*, L 354/171, Document 32013D1386. [Online] Available at: eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32013D1386&from=EN [Accessed 29 September 2020].
- Eurostat (2016), *Key figures on Europe – 2016 edition*, Publications Office of the European Union, Luxembourg. [Online] Available at: ec.europa.eu/eurostat/documents/3217494/7827738/KS-EI-16-001-EN-N.pdf/bb5af7e-2b21-45d6-8358-9e130c8668ab [Accessed 18 July 2020].
- Fasano, G. (ed.) (2011), *Quaderno – L'efficienza energetica nel settore civile*, ENEA, Frascati (RM). [Online] Available at: enea.it/it/seguici/documenti/quaderni-energetica/civile.pdf [Accessed 20 August 2020].
- Knox, P. L. and Mayer, H. (2009), *Small Town Sustainability – Economic, Social, and Environmental Innovation*, Birkhäuser Verlag AG, Basel.
- Mascheroni, L. (2018), "Michel Desvigne – Il paesaggio viene prima di tutto anche dell'architettura", in *Domusweb*, 10/10/2018. [Online] Available at: domusweb.it/it/speciali/domus-paper/2018/michel-desvigne-il-paesaggio-viene-prima-di-tutto-anche-dellarchitettura.html [Accessed 19 September 2020].
- Meadows, D. H., Meadows, D. L. Randers, J. and Behrens III, W. W. (1972), *The Limits to Growth – A report to the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind*, Universe Books, New York. [Online] Available at: donellameadows.org/wp-content/userfiles/Limits-to-Growth-digital-scan-version.pdf [Accessed 11 September 2020].
- Mengda, J., Komeilya, A., Wang, Y. and Srinivasan, R. S. (2019), "Adopting Internet of Things for the development of smart buildings – A review of enabling technologies and applications", in *Automation in Construction*, vol. 101, pp. 111-126.
- Minardi, S. (2016), "Climate Fiction, gli scrittori raccontano la terra malata", in *L'Espresso*, 26/04/2016. [Online] Available at: espresso.repubblica.it/visioni/cultura/2016/04/14/news/climate-fiction-gli-scrittori-raccontano-la-terra-malata-1.260092 [Accessed 30 May 2020].
- Morabito, G. and Bianchi, R. (2010), *La decrescita prospera dell'edificio – Architecture from high tech to low cost*, Gangemi Editore, Roma.
- Pizzigalli, C., Palatella, L., Zampieri, M., Lionello, P., Miglietta, M. M. and Paradisi, P. (2012), "Dynamical and statistical downscaling of precipitation and temperature in a Mediterranean area", in *Italian Journal of Agronomy*, vol. 7, pp. 3-12. [Online] Available at: www.agronomy.it/index.php/agro/article/view/ija.2012.e2/385 [Accessed 19 September 2020].
- Rossi, M. (2017), "Il cambiamento climatico minaccia la pianura padana", in *Internazionale*, 11/09/2017. [Online] Available at: internazionale.it/reportage/ marcello-rossi/2017/09/11/cambiamento-climatico-fiume-po [Accessed 12 June 2020].
- Sant'Elia, A. (1914), *Manifesto dell'Architettura Futurista*, Milano.
- Scalisi, F. (2020), "Adaptive Façade and Phase Change Materials (PCMs) – A sustainable approach for building construction", in Scalisi, F. (ed.), *From Mega to Nano – The Complexity of a Multiscalar Project*, Palermo University Press, Palermo, pp. 44-69. [Online] Available at: unipapress.it/it/book/from-mega-to-nano\_264/article/80 [Accessed 24 September 2020].
- Schuiten, L. (2010), *Archiborescence*, Pierre Mardaga, Wavre.
- Sokolina, A. P. (2013), "Utopian Environments for Siberia: Eco-City 2020", in *Northeast Slavic, East European, and Eurasian Studies Conference*, Session II, Panel 2.2 – Urban Visions, Barnard College at Columbia University, New York, March 23, 2013. [Online] Available at: academia.edu/3067410/Utopian\_Environments\_for\_Siberia\_Eco\_City\_2020?auto=download [Accessed 24 September 2020].
- United Nations – Department of Economic and Social Affairs (2019), *World Population Prospects 2019 – Highlights*. [Online] Available at: population.un.org/wpp/Publications/Files/WPP2019\_Highlights.pdf [Accessed 29 September 2020].
- United Nations – General Assembly (2015), *Transforming Our World – The 2030 Agenda for Sustainable Development*, Resolution adopted by the General Assembly on 25 September 2015. [Online] Available at: un.org/ga/search/view\_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=E [Accessed 29 September 2020].
- Wilkinson, P. (2017), *Phantom Architecture – The fantastical structures the world's great architects really wanted to build*, Simon & Schuster, London.