

Abstract

In the light of the evidences that testify to the dramatic current situation, due to the acceleration of climate change and the consequent impacts, it is interesting to investigate on what strategies are being deployed to make cities resilient. It is necessary to aim at an urban and building development capable of adapting to any situation, where design, construction and management actions must acquire a fundamental role. Resorting to technical solutions with a higher or lower technological level is the way to make cities resilient to flooding, as flooding resilient cities teach, both those present in the Mediterranean area and those outside. A further step requires the effort to focus attention on the scale of the building to understand and refine the construction techniques and to use the most suitable technology to make the building adaptive to water. Among the most interesting solutions emerges the amphibious building, an experimentation in the design field that is spreading, also feasible in the Italian context.

Keywords: *resilient, city, building, water, amphibious.*

Introduction

The UN 2030 Agenda, within the 17 sustainable development goals and the 169 sub-objectives associated with them, also pays attention to the living spaces of the populations, dedicating a specific objective. Goal 11 is "to make cities and human settlements inclusive, safe, long-lasting and sustainable" to be explicitly aimed at human settlements. Particularly important is the Target 11.b "By 2020, considerably increase the number of cities and human settlements that adopt and implement integrated policies and plans aimed at [...] mitigating and adapting to climate change, disaster resistance [...] [1]. The latest data contained in the Legambiente Observatory [2], dedicated to urban areas, reveals a critical Italian situation and show that cities are the most at risk for the consequences of climate change, both because the majority of the world's population lives there, and because extreme events occur in cities with increasing frequency and proportions. In Italy, 2019 was marked by 85 cases of flooding from heavy rains, 54 of damages from tornadoes, 16 of river floods and 5 ones of landslides caused by torrential rains, along the entire Peninsula. It is clear that water is one of the most worrying problems, a consideration supported by numerous investigations, including that of

Climate Central, a scientific organization that collects and disseminates data on the impacts of climate change, which estimates that 300 million people living in coastal areas will be submerged by the waters of the seas at least once a year by 2050, due to the melting of glaciers [3]. It is sad to realize that Italy still lacks a climate adaptation plan that would allow to identify priorities for intervention and rethink how to intervene in urban settlements. This would also allow to reverse the relationship between prevention and repair of damages. Now the expense in planning and realization of works of prevention for hydrogeological risk is approximately € 5.6 billion (Ispra data through the Rendis platform, from 1998 to 2018), compared to about € 20 billion spent to "repair" the damage of the disorder, according to CNR and Civil Protection data.

Therefore, in the light of the numerous scientific evidences that testify to the dramatic current situation, due to the acceleration of climate change and the consequent impacts [4], it is interesting to investigate on what strategies are being deployed to make cities resilient. It is necessary to aim at an urban and building development capable of adapting to any situation, where design, construction and management actions must acquire a fundamental role in the global challenge to climate change [5]. "It is essential for cities to develop resilience and protect their citizens", as underlined in the "Cities at risk" Report of the Carbon Disclosure Project (Cdp), an NGO that deals with collecting and publishing data on the environmental impact of cities, organizations and companies, according to the criterion that nothing can be managed if you don't measure it first [6].

City-Water: adaptation strategies

In an urban environment, the water element can create different situations. In cities like Rotterdam and Venice the inhabitants have now learned to live with the frequent rise of water and to take action to reduce the damage; in other places, however, even only persistent rains can create great problems due to the unpreparedness of the city in the face of an unexpected event (fig. 1).



Fig. 1 - The flooded Piazza S. Marco, Venice (Source: @Wikipedia)

It has become an urgent action and cannot be postponed that all local municipalities also adopt new adaptation strategies with the implementation of innovative technical and technological solutions.

From water squares to large underground containers, from cycle paths to the raising of sidewalks for the collection and outflow of excess water, from green roofs to the replacement of waterproof floors with gardens and park areas (fig. 2): different operations, but with the common goal of controlling the flow of water to ensure the city a pacific coexistence with this element.



Fig. 2 - An example of Rain Garden (Photo Credit: DAsonnenfeld)

In Italy, the first city to adopt a climate change adaptation plan was Bologna, thanks to the outcome of the BlueAp project, launched in 2012, with funding from the European Commission [7]. The Municipality, in collaboration with the Kyoto Club, ARPAE Emilia-Romagna, Ambiente Italia and CMCC (Euro-Mediterranean Center for Climate Change), had studied the situation in Bologna and has draw up the local climate profile to identify its vulnerabilities. Three critical areas

have been distinguished: drought and water scarcity, heat waves in urban area and unconventional events, hydrogeological risk. To limit water waste and avoid the water storage, Bologna has reduced the levies, trying to use alternative water resources, especially the recovery of rainwater. With the increase in green surfaces, however, the city aims to reduce temperatures during the warmest months. As regards water control, specifically, the city has applied technological solutions known as Sustainable urban drainage systems (Suds). These systems have a dual objective: on the one hand, to increase the permeability of urban surfaces, promoting absorption and reducing the flow into the sewer. On the other hand, to retain the waters by laminating them in small volumes scattered in the urban area, limiting the flow rates that reach the waterways and at the same time improving their quality (fig. 3).



Fig. 3 - An example of SUDS under construction (foreground) and established (background) (Source: @Duk at English Wikipedia)

The primacy goes to Barcelona as the first city in the world Flooding Resilient, awarded in April 2013 by the United Nations with the title of "World Leading Resilient City Model". The Catalan city has been able to revolutionize itself to face the problem represented by floods. The concreteness is represented by engineering works that are present in the subsoil of the city. These are twelve deposits for the collection of rainwater with a total capacity of one million cubic meters of water, the result of an intervention plan launched since the '90s [8] (fig. 4).



Fig. 4 - Rainwater storage Parc Joan Mirò, Barcelona (Source: @Ajuntament de Barcelona)

The purpose of these deposits is to succeed in storing the share of water that drainage systems are unable to dispose of during thunderstorms and then large pipes and pumping systems are able to distribute to the city's purification plants. This system was

developed in collaboration with the Barcelona Cicle de l'Aigua, a company that has introduced technological tools that allow the city to have a real-time knowledge of the situation of the water supply networks and drainage systems. In the long way to become a resilient city, a milestone was the foundation, in 2014, of the Department of Urban Resilience. So, Barcelona becomes the first real city in the world to have a section that deals specifically with the topic and aims to integrate new principles in all processes and projects of management and maintenance of the city.

Rotterdam is another city that deserves mention for the results obtained, characterized by the great technological content, and for its foresight. The first action plan against floods dates back to 2001, an instrument that was implemented in 2005 with a document that offered a time horizon of public interventions to 2035 [9]. Water is no longer seen as an environmental threat, but as an economic and social opportunity. The Water Program Office, the authority that deals with the counter-action against floods, has drawn up a strategy that is based on four principles: the development of scientific knowledge, immediate action, the development of the necessary professional skills and the sharing of experiences. About the actions and works to be carried out, the technicians, being now able to count on a safe and efficient water system, tend to prefer multifunctional solutions with high flexibility, to be implemented on a small scale and starting from the suburbs. For the most central areas of the city, instead, they privilege technological solutions that can re-functionalize the structures already in place. An example is a former underground garage transformed into a water deposit with a capacity of almost 10 thousand cubic meters, as well as the redevelopment of open public spaces in water squares [10]. These squares, from a social space, are transformed, if necessary, into collection basins with a containing capacity up to 1800 cubic meters of water, so as to be able to relieve pressure on the city's sewer system (fig. 5).

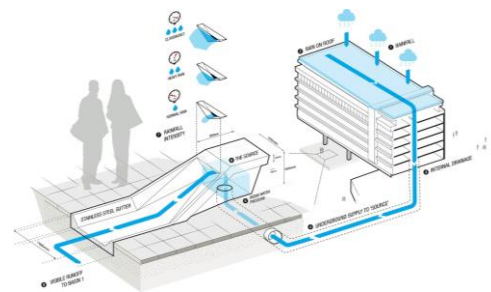


Fig. 5 - Diagram of water collection for Bentemplein square, Rotterdam (Source: @rdcroterdam)

This is a clear example of how the Dutch city does not oppose the climate change but tries to adapt.

Alongside these virtuous examples that refer to existing urban settlements, there are projects for the new ones, even if they are still limited in size, such as neighborhoods. Dordrecht, a municipality of the Netherlands, has entrusted

the London firm Baca Architects the design of a flood-proof neighborhood, which includes a mix of floating, amphibious and resilient houses to provide the best guarantee of safety in any risk area [fig. 6].

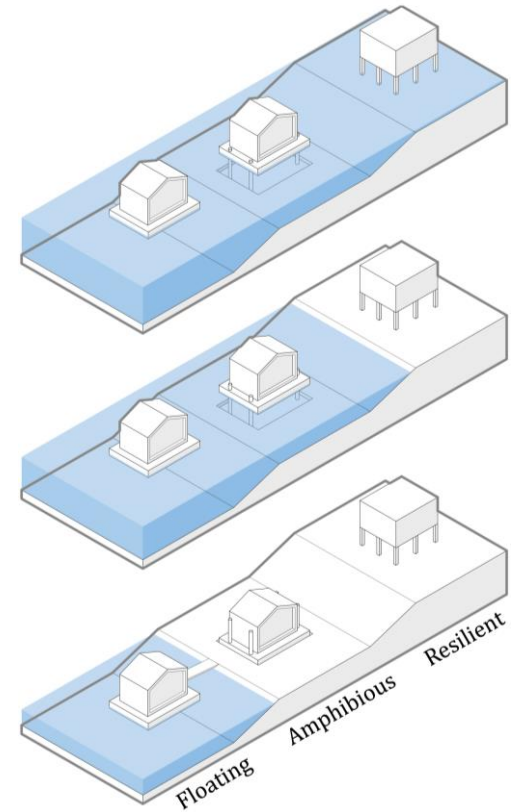


Fig. 6 - Scheme of the different buildings designed by Baca Architects in Dordrecht (Source: Simone Pagani)

The amphibious units, built with a wooden frame, rise for three and a half floors and are coupled through concrete piers. The floating houses, characterized by a wooden structure, are positioned on floating platforms and each has an additional platform used as play area, anchored to the main units. The traditional buildings, designed for resilience, are built with a combination of flood-proofing techniques, capable of resisting any climate change. Bridges and escape ways are not located on the ground floor to allow a full use during flood events and the evacuation in complete safety, whenever necessary.

Building-Water: design approaches

Resorting to technical solutions with a higher or lower level of technology is the way to make cities resilient to flooding, as flooding resilient cities teach, both those present in the Mediterranean area and those outside.

A further step requires the effort to focus attention on the building's level to understand and refine the construction techniques and to use the most suitable technology to make the building adaptive to water. For the construction of a building able to deal with any type of event three design approaches are recognizable that provide: a) the exclusion of water, b) the acceptance of water, c) the control of water [11] (fig. 7).

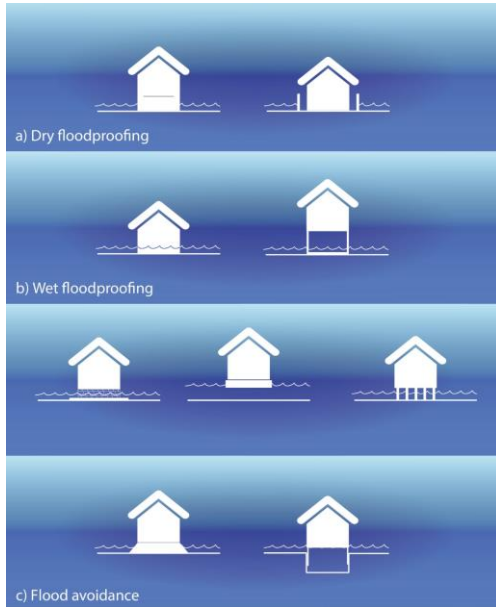


Fig. 7 - Diagram of the three design approach for adaptive building (Source: Chiara Nevioni)

In the first case, also known with the Anglo-Saxon term *dry floodproofing*, there is a tendency to intervene to keep the water outside the building in times of emergency, through the use of temporary measures, such as the placement of steel plates to protect openings, or sandbags to protect openings, or permanent. The latter provide the total waterproofing of the building through the application of suitable waterproofing and sealing materials, the design of the reinforced foundation structures to withstand water pressure, the elevation of the first floor above the level considered at risk. In the second case, also known as *wet waterproofing*, there are technical and design solutions to limit the damage once the water has passed the building envelope and entered the living space. To remove any possible damage due to the presence of water in the building, it is necessary to use non-porous building materials and to protect the building parts, which could be submerged, with technologically advanced waterproofing materials. This strategy allows the designer to consider in the project also spaces below the level considered at risk, giving them temporary or non-residential uses, for example a car park. However, it is necessary that all the technological systems are positioned above this level. These two approaches, by now consolidated, protect the building from water with different strategies, but both require high knowledge and continuous update on the frequency and flow rate of floods. The third is the more interesting approach and rich in constructive and technological solutions that have the aim of controlling the water flow (*flood avoidance*), allowing the building to adapt to different conditions. It is possible to manage the relationship with water through the exploitation of the orographic characteristics of the soil, drainage, as well as through self-supporting structures or barriers to prevent water from reaching the building. In addition, the same result can be achieved by elevating the building on pillars, on extensive foundation walls, on artificial hills or on floating

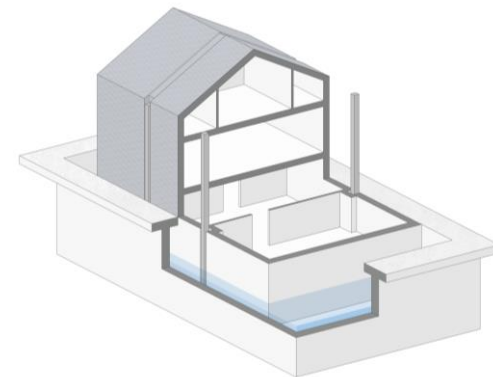


Fig. 8 - Formosa house: the two foundations (Source: Chiara Nevioni)

platforms. This third group includes the architectural/technological solution of the amphibious building, which is attracting the attention of designers and is certainly feasible even in the Italian context. An amphibious house is defined as a building located in marshy areas or in areas at risk of flooding, which in normal conditions rests on the mainland, but whenever a flood occurs rises up thanks to a special floating system. The peculiarity of this construction method is that the building can move in only one direction, from the bottom to the top, since it is hinged to guide poles that keep it in position [12]. The first example of an amphibious house was built in 2014 in Marlow (UK) along the banks of the Thames). Formosa, the name of the building, is the result of the project, developed by the London firm Baca Architects, capable of satisfying any type of flood up to a maximum of 2.5 meters, well above the levels expected in that area in the future [13]. It is located about 10 meters from the banks of the river, it is highly isolated, energy efficient, with a surface of approximately 225 square meters divided into 3 levels, one of which is a basement. The building has a wooden structure. Floating is ensured by the two foundations placed one above the other ones with a reserve of water in between (fig. 8). When the level of the river rises, the water flows to the hidden basin, making sure that the two platforms separate yourself and the house starts to float. The guides, typical of amphibious constructions, act as vertical axles and extend 4 meters above ground level. The floating system consists of mobile elements, therefore continuous maintenance is essential. The technological systems are connected through flexible pipes and can extend up to 3 meters. In addition, Baca Architects have designed a terraced garden, at the front of the site, defined as "intuitive landscape" or a visual early warning system for the owners of the house [14]. Another interesting example is located in the Dutch city of Maasbommel, which is part of the municipality of West Mass, where the amphibious and floating housing project is located outside the ring of dams in an area affected by floods.

To date, the studio Factor Architecten designed 32 amphibious and 14 floating houses. In particular, amphibious houses are composed of a 70-ton concrete box, on which the wooden frame structure of the houses' rests. The houses are built in pairs to increase stability during floating. Between the two units, there are two large steel poles that have the task of keeping the whole in position and allowing only vertical sliding (fig. 9).

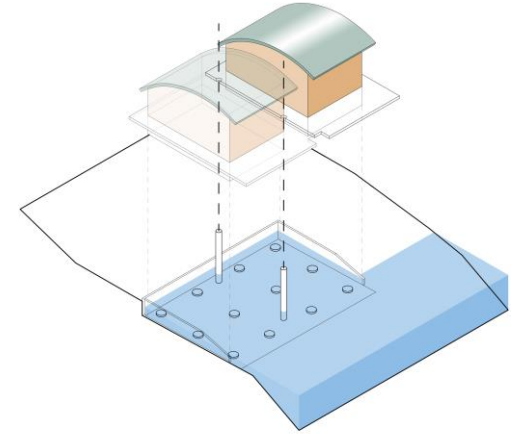


Fig. 9 - Vertical sliding of the buildings during flood (Source: Simone Pagani)

These poles exceed 4,5 meters the height of the dam, adjacent to the project site, ensuring safety from the risk of flooding. Systems and pipes are also specially designed, they are flexible and can support an elevation of 5 meters from the base. The house of 65 square meters per floor is considered recreational so it cannot be used all the year [15].

Conclusions

It's time for our country to face the challenges that the climate scenario, of which we are both actors and spectators, is presenting us day after day. Field new political strategies into action becomes an imperative in order to avoid that the impacts are even more relevant in the environment, especially on the more fragile territories from a hydrogeological point of view, very numerous in our national context. A good starting point is offered by all those cities, especially European ones and in particular those of the Mediterranean area, for similarity with our problems, that for a long time now have been experimenting and directing their urban policies towards the climate issue, focusing on innovative designing in all those mitigation and adaptation interventions. Where the problem is the relationship with water, the numerous virtuous examples used as reference, both on the urban and building scale, prove that the strategy points to one direction: building cities and buildings able to coexist with water, taking advantage of what technical and technological innovation make available. There do not seem to be any obstacles in implementing, even in the Italian context, what has already been experienced elsewhere, both on an urban and building scale. Furthermore, at the building level, it would be well suited the diffusion of the amphibious technological solution to be applied on detached and semi-detached house typology, today, and for the

future according to market forecasts, a type of construction widely present in the Italian building stock [16]. A possible limit to the application, which can be overcome without difficulty, is represented by the current poor knowledge, by the designers, of this specific construction technology.

REFERENCES

- [1] ONU, *Trasformare il nostro mondo: l'Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile*, 2015.
- [2] A. Minutolo, G. Nanni, E. Zanchini (a cura di), *Rapporto 2019. Il clima è già cambiato*. Roma: Stamperia Romana, 2019.
- [3] C. A. Kulp, B. H. Strauss, "New elevation data triple estimates of global vulnerability to sea-level rise and coastal flooding", 2019, available online: doi.org/10.1038/s41467-019-12803-z
- [4] WMO, "The Global Climate in 2015-2019: Climate change accelerates", 2019, available online: www.public.wmo.int
- [5] J. Mitchell, M. Aiolova and Terreform ONE, *Design with Life. Biotech Architecture and Resilient Cities*. New York: Actar Publisher, 2019.
- [6] CDP, "Report Cities at risk", 2019, available online: www.cdp.net/en/research/global-reports/cities-at-risk
- [7] L. Brenna, *Come Bologna è diventata la città più resiliente d'Italia*, 2018, available online: www.lifegate.it
- [8] A. Colucci, *Smart, Resilient and Transition Cities: Emerging approaches and tools for a climate-sensitive urban development*. Amsterdam: Elsevier, 2018.
- [9] P. Mezzi, P. Pellizzaro, *La città resiliente. Strategie e azioni di resilienza urbana in Italia e nel mondo*. Milano: Altraeconomia, 2016.
- [10] R. C. Brears, *Blue and Green Cities: The Role of Blue-Green Infrastructure in Managing Urban Water Resources*. London: Palgrave Macmillan, 2018.
- [11] AA.VV., FEMA P-259, *Engineering Principles and Practices of Retrofitting Floodprone Residential Structures*, 2012, available online: www.fema.gov
- [12] C. Zevenbergen, E. English, *Amphibious Building Design and Construction*. Palm Beach-Florida: CRC Press, 2019
- [13] Baca Architects, "Formosa", available online: www.baca.uk.com
- [14] A. Winston, "La "prima casa anfibia" del Regno Unito può galleggiare sulle acque alluvionali come una barca in un molo", Dezeen, 15 ott 2014, available online: www.dezeen.com/2014/10/15/baca-architects-amphibious-house-floating-floodwater
- [15] A. L. Nillesen, J. Singeleberg, *Amphibious Housing in the Netherlands: Architecture and Urbanism on the Water*. Rotterdam: NAI Uitgevers / Publishers, 2011.
- [16] CRESME, *XXVII Rapporto Congiunturale e previsionale. Il mercato delle costruzioni 2020*. Roma, 2019

ABITARE E CONVIVERE CON L'ACQUA: IL RUOLO DELLA TECNOLOGIA

Abstract

Sono ormai numerose le evidenze che testimoniano la drammatica situazione attuale e le poco incoraggianti previsioni future per la vita delle città, a causa dell'accelerazione dei cambiamenti climatici e dei conseguenti impatti. È necessario puntare a uno sviluppo urbano ed edilizio in grado di adattarsi ad ogni situazione, dove le azioni di progettazione, di costruzione e di gestione devono acquisire un ruolo fondamentale. Ricorrere a soluzioni tecniche, con un livello tecnologico più o meno elevato, è la strada per

rendere le città resilienti nei confronti delle inondazioni, così come insegnano le *flooding resilient cities*, sia quelle presenti nell'area mediterranea sia quelle al di fuori. Un ulteriore passo chiede lo sforzo di concentrare l'attenzione alla scala dell'edificio per comprendere e affinare le tecniche di costruzione e per utilizzare la tecnologia più adatta a rendere adattivo l'edificio nei confronti dell'acqua. Fra le soluzioni più interessanti emerge l'edificio anfibio, una sperimentazione nel campo della progettazione che si sta diffondendo, attuabile anche nel contesto italiano.

Keywords: resilienza, città, edificio, acqua, anfibio

Introduzione

L'Agenda 2030 dell'ONU, all'interno dei 17 obiettivi di sviluppo sostenibile e dei 169 sotto-obiettivi ad essi associati, rivolge l'attenzione anche agli spazi di vita delle popolazioni, dedicando un obiettivo specifico. È l'obiettivo 11 "Rendere le città e gli insediamenti umani inclusivi, sicuri, duraturi e sostenibili" a essere esplicitamente rivolto agli insediamenti umani per eccellenza, ossia le città. Di particolare importanza è il Target 11.b "Entro il 2020, aumentare considerevolmente il numero di città e insediamenti umani che adottano e attuano politiche integrate e piani tesi [...] alla mitigazione e all'adattamento ai cambiamenti climatici, alla resistenza ai disastri [...]" [1]. Gli ultimi dati contenuti nell'Osservatorio di Legambiente [2], dedicato alle aree urbane, ci restituiscono una situazione critica per l'Italia e dimostrano che le città sono l'ambito più a rischio per le conseguenze dei cambiamenti climatici, sia perché la maggior parte della popolazione nel mondo è lì che risiede, sia perché gli eventi estremi si manifestano nelle città con frequenza e proporzioni crescenti. Il 2019, per l'Italia, è stato segnato da 85 casi di allagamenti da piogge intense, 54 di danni da trombe d'aria, 16 di esondazioni fluviali e 5 di frane causate da piogge torrenziali, lungo tutta la Penisola. È chiaro che è l'acqua uno dei problemi più preoccupanti, considerazione avvalorata da numerose indagini, fra cui quella di Climate Central, organizzazione scientifica che raccoglie e diffonde dati sugli impatti dei cambiamenti climatici, che stima che 300 milioni di persone che vivono in aree costiere saranno sommersi dalle acque dei mari almeno una volta l'anno entro il 2050, a causa dello scioglimento dei ghiacciai [3]. È amaro constatare che l'Italia è ancora sprovvista di un piano di adattamento al clima che consentirebbe di individuare le priorità di intervento e di ripensare a come intervenire negli insediamenti urbani. Questo permetterebbe, inoltre, di invertire il rapporto tra prevenzione e riparazione dei danni. Attualmente, la spesa in progettazione e realizzazione di opere di prevenzione del rischio idrogeologico (dati Ispra attraverso la piattaforma Rendis, dal 1998 al 2018) è di circa 5,6 miliardi di euro a fronte di circa 20 miliardi di euro spesi per "riparare" i danni del dissesto, secondo dati del CNR e della Protezione civile. Alla luce, dunque, delle ormai numerose evidenze scientifiche che testimoniano la drammatica situazione attuale e le poco incoraggianti previsioni future per la vita delle città, a causa dell'accelerazione dei cambiamenti climatici e dei conseguenti impatti [4], è di interesse indagare quali siano le strategie messe in campo per rendere le città resilienti. È necessario puntare a uno sviluppo urbano ed edilizio in grado di adattarsi ad ogni situazione, dove le azioni di progettazione, di costruzione e di gestione devono acquisire un ruolo fondamentale nella sfida globale ai cambiamenti climatici [5]. "È fondamentale che le città sviluppino resilienza e proteggano i loro cittadini", come sottolineato all'interno del report "Cities at risk" del Carbon Disclosure Project (Cdp), una ong che si occupa di raccogliere e rendere pubblici i dati relativi all'impatto ambientale di città, organizzazioni e aziende, secondo il criterio che non si può gestire nulla se prima non lo si misura [6].

Città-Acqua: strategie di adattamento

In ambiente urbano, l'elemento acqua può creare situazioni differenti. In città come Rotterdam e Venezia gli abitanti hanno ormai imparato a convivere con il frequente innalzamento delle acque e ad attivarsi per ridurre i danni; in altri luoghi, invece, anche solo delle piogge insistenti possono creare grandi problemi a causa dell'impreparazione della città di fronte a un evento imprevisto (fig. 1). È diventata un'azione urgente e improrogabile che anche tutte le municipalità locali adottino nuove strategie di adattamento con la messa in campo di soluzioni tecniche e tecnologiche innovative. Dalle piazze d'acqua ai grandi contenitori sotterranei, dalle piste ciclabili alla sopraelevazione dei marciapiedi per la raccolta e il deflusso delle acque in eccesso, dalle coperture verdi alla sostituzione di pavimentazioni impermeabili con giardini e aree parco (fig. 2): differenti interventi, ma con l'obiettivo comune di controllare il flusso delle acque per garantire alla città una pacifica convivenza con questo elemento. In Italia, la prima città a dotarsi di un piano di adattamento ai cambiamenti climatici è stata Bologna, grazie all'esito del progetto BlueAp, avviato nel 2012 su finanziamento della Commissione europea [7]. Il Comune, in collaborazione con il Kyoto Club, l'Arpa Emilia-Romagna, Ambiente Italia e CMCC (Centro Euro-Mediterraneo per i Cambiamenti Climatici), ha studiato la situazione bolognese e ha redatto il profilo climatico locale per identificarne le vulnerabilità. Sono state distinte tre aree di criticità: siccità e carenza idrica, ondate di calore in area urbana ed eventi non convenzionali, rischio idrogeologico. Per limitare lo spreco d'acqua ed evitare la carenza idrica, Bologna ha ridotto i prelievi, cercando di utilizzare risorse idriche alternative, soprattutto il recupero dell'acqua piovana. Con l'aumento di superfici verdi, invece, la città punta a ridurre le temperature durante i mesi più caldi. Per quanto riguarda il controllo delle acque, nello specifico, la città ha applicato soluzioni tecnologiche conosciute con il termine Sustainable urban drainage systems (Suds). Tali sistemi hanno un duplice obiettivo: da un lato, aumentare la permeabilità delle superfici urbane, favorendo l'assorbimento e riducendo l'afflusso in fogna; dall'altro, trattenere le acque laminandole in piccoli volumi dispersi sul territorio urbano, limitando le portate che raggiungono i corsi d'acqua e migliorandone allo stesso tempo la qualità (fig. 3). A Barcellona va lo scettro come prima città al mondo Flooding Resilient, premiata nell'aprile 2013 dalle Nazioni Unite con il titolo di "World Leading Resilient City Model". La città catalana ha saputo rivoluzionarsi per fronteggiare il problema rappresentato dalle alluvioni. La concretezza è rappresentata da opere di ingegneria che sono presenti nel sottosuolo della città. Si tratta di dodici depositi per la raccolta delle acque pluviali di una capacità totale di un milione di metri cubi d'acqua, esito di un piano di interventi avviato a partire dagli anni '90 [8] (fig. 4). Il fine di questi depositi è di riuscire a immagazzinare la quota d'acqua che gli impianti di drenaggio durante i temporali non riescono a smaltire e che poi grandi tubature e sistemi di pompaggio sono in grado di distribuire agli impianti di depurazione della città. Questo sistema è stato sviluppato in collaborazione con il Barcelona Cicle de l'Aigua, società che ha introdotto strumenti tecnologici che permettono alla città di avere una conoscenza in tempo reale dello stato delle reti e degli impianti di drenaggio. Nel lungo percorso per poter essere definita città resiliente, una tappa fondamentale è stata la fondazione, nel 2014, del Dipartimento di Resilienza Urbana. Barcellona diventa così la prima vera e propria città nel mondo ad avere una sezione che si occupa specificamente del tema e si propone di integrare nuovi principi in tutti i processi e progetti di gestione e manutenzione della città. Rotterdam è un altro centro urbano che merita menzione per la lungimiranza, si pensi che risale al 2001 il primo piano d'azione contro le alluvioni, strumento che è stato implementato nel 2005 con un

documento che offriva un orizzonte temporale degli interventi pubblici al 2035, e per i risultati ottenuti caratterizzati dal grande contenuto tecnologico [9]. L'acqua ormai non viene più vista come una minaccia ambientale, bensì come un'opportunità sia economica sia sociale. Il Water Program Office, cioè l'ente che si occupa del contrasto alle alluvioni, ha stilato una strategia che si basa su quattro principi: lo sviluppo delle conoscenze scientifiche, l'azione immediata, lo sviluppo delle professionalità necessarie e la condivisione delle esperienze. Rispetto alle azioni e alle opere da realizzare, da qualche anno i tecnici, potendo ormai contare su un impianto idrico sicuro ed efficiente, tendono a privilegiare soluzioni multifunzionali dall'elevata flessibilità, da attuare sulla piccola scala e partendo dalle periferie. Per le zone più centrali della città, invece, si punta a soluzioni tecnologiche in grado di rifunzionalizzare le strutture già in essere. Un esempio è un ex garage sotterraneo trasformato in un deposito delle acque con una capacità di quasi 10 mila metri cubi, così come la riqualificazione, dal punto di vista idrico e sociale, di spazi pubblici aperti, che dà vita alle piazze d'acqua [10]. Queste piazze, da spazio di socialità, si trasformano, all'occorrenza, in bacini di raccolta in grado di accogliere fino a 1800 metri cubi di acqua, così da poter alleggerire la pressione sull'impianto fognario della città (fig. 5). È questo un chiaro esempio di come la città olandese non contrasti il cambiamento climatico, ma cerchi di adattarsi. Accanto a questi esempi virtuosi che fanno riferimento a insediamenti urbani esistenti, non mancano progetti per nuovi abitati, anche se ancora di dimensioni limitate, quali i quartieri. Dordrecht, una municipalità dei Paesi Bassi, ha affidato allo studio londinese Baca Architects la progettazione di un quartiere a prova d'inondazione, che comprende un mix di abitazioni galleggianti, anfibie e resilienti, quest'ultime con l'applicazione di tecnologia tradizionale, così da poter fornire la migliore garanzia di sicurezza in ogni zona considerata a rischio (fig. 6). Le unità anfibie, costruite con un telaio in legno, si elevano per tre piani e mezzo e vengono accoppiate attraverso pontili in calcestruzzo. Questi poggiano su un bacino asciutto che funge da cassaforte e, in caso di alluvione, permette ai pontili di galleggiare. Queste abitazioni hanno la possibilità di godere dell'accesso ai giardini e del parcheggio in condizioni normali e di essere sollevate dal molo durante inondazioni di alto livello. Gli edifici galleggianti, caratterizzati da struttura lignea, sono posizionati su piattaforme galleggianti e ognuno ha a disposizione piattaforme secondarie, ancorate alle unità principali, in cui sono situati gli spazi comuni come le aree gioco. Gli edifici tradizionali, progettati per la resilienza, infine, sono le abitazioni che vengono realizzate con una combinazione di tecniche di costruzione a prova di inondazione, capaci di resistere a ogni cambio climatico. I ponti di accesso secondari e le vie di fuga non sono disposti al piano terra per consentire sia il completo utilizzo anche in occasione di inondazione sia l'evacuazione in tutta sicurezza, quando necessaria.

Edificio-Acqua: approcci progettuali

Ricorrere a soluzioni tecniche con un livello di tecnologia più o meno elevato è la strada per rendere le città resilienti nei confronti delle inondazioni, così come insegnano le *flooding resilient cities*, sia quelle presenti nell'area mediterranea sia quelle al di fuori. Un ulteriore passo chiede lo sforzo di concentrare l'attenzione alla scala dell'edificio per comprendere e affinare le tecniche di costruzione e per utilizzare la tecnologia più adatta a rendere adattivo l'edificio nei confronti dell'acqua. Per la costruzione di un edificio in grado di affrontare ogni tipo di evento sono riconoscibili tre approcci progettuali che prevedono: a) l'esclusione dell'acqua, b) l'accettazione dell'acqua, c) il controllo dell'acqua [11] (fig. 7). Nel primo caso, noto anche con il termine anglosassone *dry floodproofing*, si tende ad intervenire per mantenere l'acqua al di fuori dell'edificio nei momenti di emergenza, attraverso l'uso

di misure temporanee, quali la collocazione di lamiere d'acciaio a protezione delle aperture o sacchi di sabbia, oppure permanenti. Quest'ultime prevedono l'impermeabilizzazione totale dell'edificio attraverso l'applicazione di idonei materiali impermeabilizzanti e sigillanti, il progetto delle strutture di fondazione rinforzate per resistere alla pressione dell'acqua, l'elevazione del primo piano di calpestio al di sopra del livello considerato a rischio. Nel secondo caso, *wet floodproofing*, si cercano soluzioni tecniche e progettuali per limitare i danni una volta che l'acqua ha superato l'involucro dell'edificio ed è entrata nello spazio abitato. Per eliminare ogni possibile danno dovuto alla presenza dell'acqua nell'edificio, è necessario ricorrere a materiali da costruzione non porosi e alla protezione delle parti edilizie, che potrebbero essere sommerse, con materiali impermeabilizzanti tecnologicamente avanzati. Questa strategia permette al progettista di considerare nel progetto anche gli spazi al di sotto del livello considerato a rischio, conferendo loro utilizzi temporanei o non abitativi, per esempio un parcheggio d'auto. Tuttavia, è necessario che tutti gli impianti tecnologici siano posizionati al di sopra di tale livello. Questi primi due approcci, ormai consolidati, proteggono l'edificio dall'acqua con strategie differenti, ma per entrambi è necessaria un'elevata conoscenza e un continuo aggiornamento sulla frequenza e sulla portata delle alluvioni.

È il terzo l'approccio decisamente più interessante e ricco di soluzioni costruttive e tecnologiche che hanno l'obiettivo di controllare il flusso dell'acqua (*flood avoidance*), permettendo all'edificio di adattarsi alle diverse condizioni. È possibile gestire il rapporto con l'acqua tramite lo sfruttamento delle caratteristiche orografiche del terreno, il drenaggio, oltre che attraverso strutture autoportanti o barriere per impedire all'acqua di raggiungere gli edifici. Inoltre, si può raggiungere lo stesso risultato elevando l'edificio su pilastri, su muri di fondazione estesi, su colline di terra artificiali o su piattaforme galleggianti. Rientra in questo terzo gruppo la soluzione architettonica/tecnologica dell'edificio anfibio, che sta catturando l'attenzione dei progettisti ed è certamente attuabile anche nel contesto italiano. Si definisce anfibio un edificio situato in aree paludose o in territori a rischio alluvione, che in condizioni normali poggia sulla terraferma, e che, in caso di inondazione, si solleva, grazie a un apposito sistema di galleggiamento sul quale l'edificio viene costruito. La particolarità di questo metodo costruttivo riguarda il fatto che l'edificio si possa muovere in una sola direzione, dal basso verso l'alto, poiché incernierato a pali guida che lo mantengono in posizione [12].

Il primo esempio di edificio anfibio è stato costruito, nel 2014, nel Regno Unito a Marlow, sulle rive del Tamigi. Formosa, il nome dell'edificio, è l'esito del progetto sviluppato dallo studio londinese Baca Architects, capace di assecondare ogni tipo di piena fino a un massimo di 2,5 metri, ben al di sopra dei livelli previsti in quella zona nel futuro [13].

È collocato a circa 10 metri dalla riva del fiume, è altamente isolato, a basso consumo energetico, con una superficie di circa 225 mq tripartita su 3 livelli, di cui uno seminterrato.

L'edificio, in legno, riprende la tradizione nella sua forma. Il galleggiamento è assicurato dalle due fondazioni a platea collocate una sopra l'altra con una riserva d'acqua imprigionata (fig. 8). Quando il livello del fiume si innalza, l'acqua scorre fino al bacino nascosto, facendo in modo che le due basi si separino e la casa inizi a galleggiare. Le guide, caratteristica tipica delle costruzioni anfibie, fungono come assi verticali e si estendono di 4 metri sopra al livello del suolo. Il sistema di galleggiamento è costituito da parti mobili, dunque è fondamentale la continua manutenzione. Gli impianti tecnologici sono collegati attraverso tubi flessibili e possono estendersi fino a 3 metri. Inoltre, i Baca Architects hanno progettato un giardino a terrazze, nella parte anteriore del sito,

definito dagli stessi ideatori come "paesaggio intuitivo" ovvero un sistema visivo di allarme rapido per i proprietari della casa che inizia a segnalare il movimento della struttura [14].

Un altro esempio interessante si trova nella città olandese di Maasbommel, che fa parte del comune di West Mass, dove il progetto delle abitazioni anfibie e galleggianti si trova al di fuori dell'anello di dighe in un'area particolarmente colpita dalle alluvioni. Lo studio di progettazione Factor Architecten ha progettato, a oggi, 32 case anfibie e 14 galleggianti. In particolare, le abitazioni anfibie sono composte da un cassone in calcestruzzo di 70 tonnellate, sul quale poggia la struttura lignea a telaio delle case. Le abitazioni sono costruite in coppia per aumentare la stabilità durante il galleggiamento. Tra le due unità, si trovano due grossi pali d'acciaio che hanno il compito di tenere l'insieme in posizione e di permettere il solo scorrimento verticale (fig. 9). Questi piloni superano per quota l'altezza della diga adiacente al sito di progetto, 4,5 metri rispetto alla base d'appoggio, garantendo la sicurezza dal rischio di inondazione. Anche il sistema di impianti e tubazioni è progettato appositamente ed è quindi flessibile e può sostenere un innalzamento di ben 5 metri dalla base. L'abitazione di 65 mq di superficie per piano è considerata come ricreativa quindi non utilizzabile tutto l'anno [15].

Conclusioni

È giunto il momento che il nostro Paese affronti con decisione le inedite sfide che lo scenario climatico, di cui siamo sia attori sia spettatori, ci sta presentando giorno dopo giorno. Mettere in campo strategie politiche nuove diventa un imperativo al fine di evitare che gli impatti siano ancora più rilevanti, soprattutto sui territori più fragili dal punto di vista idrogeologico, molto numerosi nel nostro contesto nazionale. Un buon punto di partenza ci è offerto da tutte quelle città, soprattutto europee e in particolare quelle dell'area mediterranea, per affinità con le nostre problematiche, che già da tempo stanno sperimentando e indirizzando le proprie politiche urbane nella direzione della questione climatica, puntando su una progettazione innovativa in tutti quegli interventi di mitigazione e di adattamento. Laddove il problema è il rapporto con l'acqua, i numerosi esempi virtuosi a cui si può fare riferimento, sia alla scala urbana sia a quella di edificio, dimostrano che la strategia punta verso una sola direzione: costruire città ed edifici in grado di convivere con l'acqua, sfruttando al meglio ciò che innovazione tecnica e tecnologica ci mettono a disposizione. Non paiono esserci ostacoli nell'attuare anche nel contesto italiano quanto già sperimentato altrove, sia a scala urbana sia di edificio. A livello di edificio, inoltre, ben si presterebbe la diffusione della soluzione tecnologica anfibia da applicare su tipologia mono-bifamiliare, a oggi e per il futuro, secondo le previsioni di mercato, un tipo di costruzione ampiamente presente nel parco edilizio italiano [16]. Un possibile limite all'applicazione, superabile senza difficoltà, è rappresentato dall'attuale scarsa conoscenza, da parte dei progettisti, di questa specifica tecnologia costruttiva.