

Un'infrastruttura adattiva per la *resource efficiency*: lo spazio pubblico dell'UCBM in Roma

RICERCA
SPERIMENTAZIONE/
RESEARCH AND
EXPERIMENTATION

Eliana Cangelli, Paola Altamura,
Dipartimento di Architettura e Progetto, Sapienza Università di Roma, Italia

eliana.cangelli@uniroma1.it
paola.altamura@uniroma1.it

Abstract. Il contributo affronta il tema del progetto degli spazi pubblici aperti come definizione di un sistema di luoghi che, nella città contemporanea, oltre a interagire con il costruito in termini di reciproco feedback microclimatico, configura un'infrastruttura di supporto per l'uso efficiente delle risorse materiali e immateriali su scala di insediamento. Un'infrastruttura adattiva, che integra reti per la raccolta e distribuzione dei flussi di energia, acqua, materiali che attraversano l'insediamento stesso e devono essere approvvigionati, bilanciati, smaltiti dinamicamente, le cui potenzialità sono approfondite nel caso studio presentato: una sperimentazione progettuale multidisciplinare nell'ambito dell'UCBM Masterplan International Design Competition per lo sviluppo dell'Università Campus Bio-Medico a Roma.

Parole chiave: Controllo microclimatico; Efficienza nell'uso delle risorse; Smart district; Smart grid; Carichi ambientali.

Conseguire efficienza energetica e *resource efficiency* a scala di distretto, per un metabolismo urbano sostenibile

In rispondenza agli obiettivi comunitari, che oggi allargano sempre più chiaramente il focus dall'edificio al "distretto urbano" in materia di sostenibilità ambientale, e dunque di contenimento delle emissioni e dei consumi energetici da un lato (Dir. UE 2002/2018), di controllo dei fattori microclimatici dall'altro, ma anche di *resource efficiency* in senso più ampio (Roadmap to a Resource Efficient Europe [COM (2011) 571], *Closing the loop - An EU action plan for the Circular Economy* [COM (2015) 614 final] aggiornato nel 2018), la presente ricerca riflette sulle strategie progettuali applicabili a livello di quartiere/piccolo insediamento, e segnatamente sul ruolo del sistema degli spazi pubblici aperti nel conseguimento di un metabolismo urbano sostenibile.

Un recente report dell'EU Joint Research Center dimostra come, se si esaminano la letteratura scientifica, nell'arco degli ultimi 30

anni, e i più recenti casi studio a scala di quartiere raccolti in progetti di ricerca comunitari (Tab. 1), riconducibili alle tematiche della produzione energetica a scala locale, dei distretti *zero energy/zero carbon*, dei *positive energy districts*, delle comunità sostenibili, la transizione degli insediamenti europei – a scala di quartiere – verso il modello del *net-zero energy district* sia già concretamente e diffusamente in atto (Saheb *et al.*, 2019).

Se l'implementazione degli obiettivi energetici e climatici di Europa 2020 ha innescato virtuose azioni a livello di distretto urbano, incentrate soprattutto sulla produzione energetica da fonti rinnovabili a scala locale, più sfidante appare l'integrazione dell'obiettivo della *resource efficiency* alla scala dell'insediamento, nell'applicazione del modello circolare per la minimizzazione dei flussi input e degli output nell'impiego delle risorse naturali e dell'energia necessari a sostenere le attività della popolazione urbana (Fig. 1). Sfida che comporta la necessità di scalare le strategie progettuali dall'edificio al distretto, attribuendo l'opportuno ruolo strategico agli spazi pubblici e agli spazi intermedi per il necessario supporto integrato a più flussi di risorse, e sovvertendo gli attuali modelli di gestione centralizzata a livello municipale, a favore di sistemi decentrati e diffusi, a rete, con ruolo attivo dei cittadini (European Environment Agency, 2015). Sistemi che, a livello energetico, si concretizzano oggi nel sistema della *smart grid* energetica a livello di quartiere, con il coinvolgimento dell'utente in veste di *prosumer*, e non più di mero consumatore, nella gestione delle cosiddette *distributed generation micro-grids* (Wolsink, 2012).

Rispetto alle altre tipologie di risorse, vi è ancora ampio margine di sperimentazione.

An adaptive infrastructure for resource efficiency: public spaces of the UCBM Campus in Rome

Abstract. This contribution addresses the theme of the design of outdoor public spaces as a way to define a system of places which, in the contemporary city, in addition to interacting with the built fabric in terms of mutual microclimatic feedback, also configures a support infrastructure for the efficient use of material and intangible resources on a settlement scale. An adaptive infrastructure, which integrates networks for the collection and distribution of the flows of energy, water, materials that pass through the settlement itself and must be supplied, balanced, dynamically disposed of, the potential of which is explored in the case study presented: a multidisciplinary design experimentation within the UCBM Masterplan International Design Competition for the development of the Campus Bio-Medico University in Rome.

Keywords: Microclimatic control; Resource efficiency; Smart district; Smart grid; Environmental loads.

Achieving energy and resource efficiency on a district scale for a sustainable urban metabolism

In compliance with the EU objectives, which today more and more clearly widen the focus from the building to the "urban district" in terms of environmental sustainability, and therefore on the one hand of emissions and energy consumption reduction (EU Directive 2002/2018), of control of microclimatic factors on the other hand, but also of resource efficiency in a broader sense (Roadmap to a Resource Efficient Europe (COM (2011) 571), *Closing the loop - An EU action plan for the Circular Economy* (COM (2015) 614 final) updated in 2018), this research reflects on the design strategies applicable at the neighborhood/small settlement level, and in particular on the role of the system of outdoor public spaces in achieving a sustainable urban metabolism.

A recent report by the EU Joint Research Center demonstrates how, if we examine scientific literature, over the past 30 years, and the case studies on a neighbourhood scale, collected in the most recent EU research projects (Tab. 1), referable to the issues of energy production on a local scale, of *zero energy/zero carbon* districts, of *positive energy districts*, of sustainable communities, the transition of European settlements – on a neighbourhood scale – towards the *net-zero energy district* model is already concretely and widely in place (Saheb *et al.*, 2019).

While the implementation of EU2020's energy and climate objectives has triggered virtuous actions at the urban district level, mainly focused on energy production from renewable sources on a local scale, what seems today more challenging is the integration of the objective of resource efficiency on the

Tab. 01 | Selezione di casi studio a scala di quartiere/distretto tratti da progetti di ricerca comunitari, con i relativi obiettivi strategici
Selection of case studies on a neighbourhood/district scale from EU research projects, with their strategic objectives

Research Project [Funds]	Cities involved (Role)	Strategy/Goal	Reference
+CityxChange (Positive City Exchange)[H2020]	Trondheim (NO) and Limerick (IE) [Lighthouse Cities]; Alba Iulia (RO), Pisek (CZ), Võru (EE), Smolyan (BG) and Sestao (ES) [Follower Cities]	Creating solutions for Positive Energy Blocks leading to Positive Energy Districts and Cities	https://cityxchange.eu/
Making City [H2020]	Groningen (NL) and Oulu (FI) [Lighthouse Cities]; Bassano del Grappa (IT), Kadiköy (TR), León (ES), Lublin (PL), Trenčín (SK), and Vidin (BG) [Follower cities]	Transforming urban energy system towards smart and low-carbon cities, based on the Positive Energy District concept	http://makingcity.eu/
Atelier [H2020]	Amsterdam (NL) and Bilbao (PT) [Lighthouse Cities]; Bratislava (SK), Budapest (HU), Copenhagen (DK), Krakow (PL), Matosinhos (PT), and Riga (LV) [Follower cities]	Demonstrating Positive Energy Districts (PEDs) with sustainability and carbon neutrality as guiding ambitions	https://cordis.europa.eu/project/id/864374
SPARCS (Sustainable energy Positive & zero cARbon CommunitieS)[H2020]	Espoo (FI) and Leipzig (DE) [Lighthouse Cities]; Maia (PT), Kifissia (GR), Kladno (CZ), Lviv (UA), Reykjavik (IS) [Follower cities]	Proving that the urban energy transformation of a city into a carbon neutral urban community is socially and economically viable	https://www.sparcs.info/home

| Tab. 01

Il ruolo degli spazi pubblici aperti come supporto alla gestione dei flussi di risorse e di controllo del microclima urbano

Il contributo affronta in particolare il tema del progetto degli spazi pubblici aperti come definizione di un sistema di luoghi che – nella città contemporanea – oltre ad interagire con il costruito in termini di reciproco feedback microclimatico, configura un’infrastruttura di supporto per l’uso efficiente delle risorse materiali ed immateriali, su scala di insediamento. Un’infrastruttura verde, che integra reti per la distribuzione, la raccolta, la gestione dei flussi di energia, acqua, materiali che attraversano l’insediamento stesso e devono essere approvvigionati, bilanciati, smaltiti dinamicamente.

Il contributo affronta in particolare il tema del progetto degli spazi pubblici aperti come definizione di un sistema di luoghi che – nella città contemporanea – oltre ad interagire con il costruito in termini di reciproco

A partire da precedenti indagini sul ruolo strategico degli spazi pubblici nella rigenerazione degli insediamenti periferici romani di origine abusiva in *smart districts*, e mettendo a frutto le proprie esperienze di ricerca e didattica sul progetto tecnologico-ambientale degli spazi aperti, quali lo sviluppo dell’Unità “How to improve the microclimate around buildings” nel CPD Educational Program “Design and Optimization of Zero Energy Consumption Buildings” dell’UOA e UIA - ARES¹, il Gruppo di Ricerca di Sapienza² ha approfondito le potenzialità degli spazi pubblici aperti in una sperimentazione progettuale multidisciplinare nell’ambito dell’UCBM Masterplan International Design Competition per lo sviluppo dell’Università Campus Bio-Medico a Trigoria, Roma³.

In particolare, muovendo dalla sperimentazione condotta sul

scale of the settlement, in the application of the circular model for the minimization of input and output flows in the use of natural resources and energy necessary to support the activities of the urban population (Fig. 1). This challenge entails the need to scale the design strategies from the building to the district scale, thus attributing the appropriate strategic role to public spaces and intermediate spaces for the necessary integrated support of multiple flows of resources, and subverting current centralized management models at the municipal level, in favour of decentralized and widespread, networked systems, with an active role of citizens (European Environment Agency, 2015). Today these systems, at the energy level, are materialized in the energy *smart grid* system at the district level, with the involvement of the user as a *prosumer*, and no longer as a mere

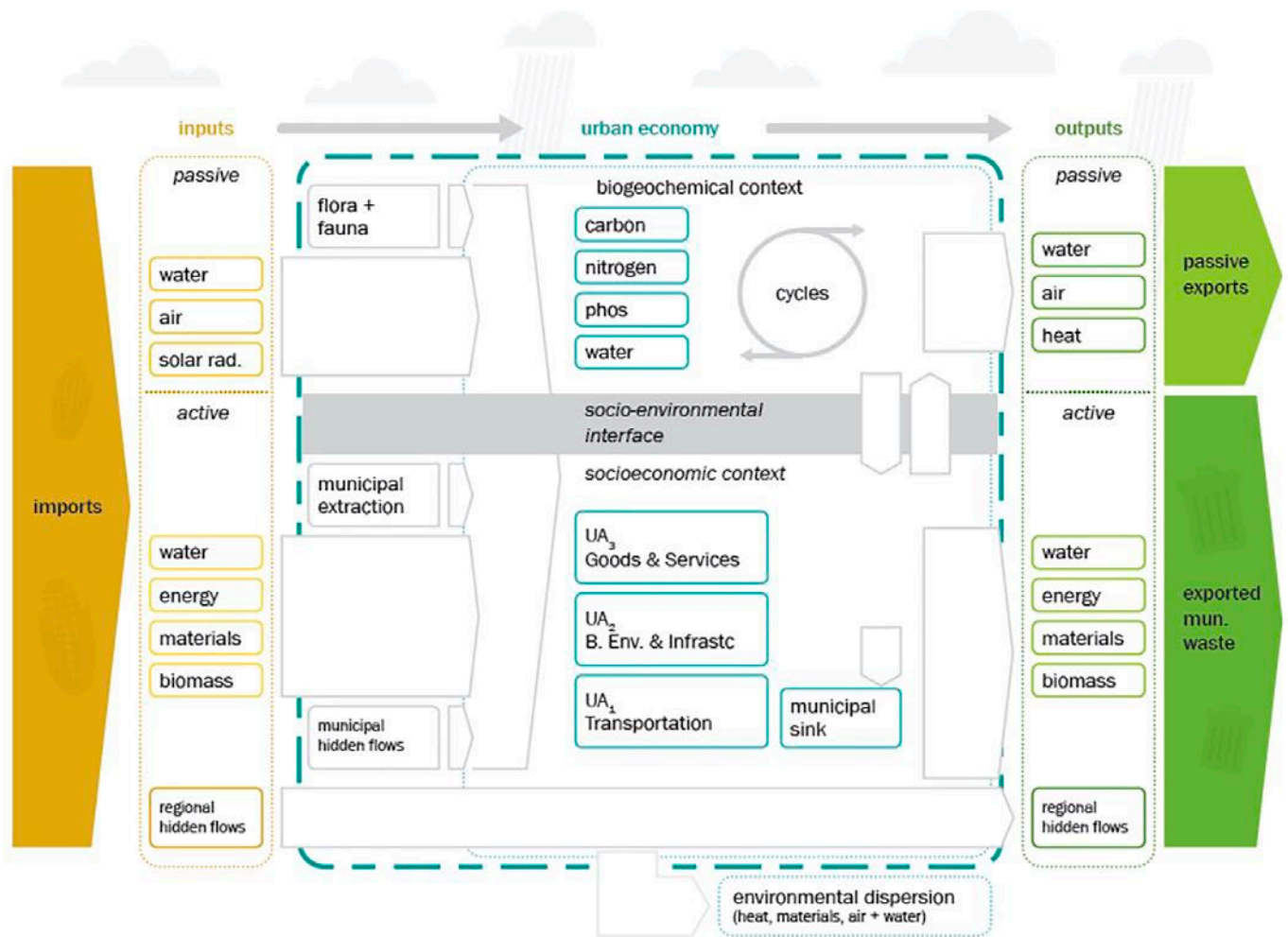
consumer, in the management of the so-called *distributed generation microgrids* (Wolsink, 2012). In relation to other types of resources, there is still ample margin for experimentation.

The role of outdoor public spaces as support for the management of resource flows and the control of urban microclimate

This contribution addresses in particular the theme of the project of outdoor public spaces as the definition of a system of places which – in the contemporary city – in addition to interacting with the built in terms of mutual microclimatic feedback, also configures a support infrastructure for efficient use of material and intangible resources, on a settlement scale. A green infrastructure, which integrates networks for the distribution, collection, man-

agement of energy flows, water, materials that pass through the settlement itself and must be supplied, balanced, dynamically disposed of. Starting from previous investigations on the strategic role of public spaces in the regeneration of peripheral Roman settlements, of informal origin, in smart districts, and making use of its research and teaching experiences on the technological-environmental project of outdoor spaces, such as the development of the Unit “How to improve the microclimate around buildings” in the CPD Educational Program “Design and Optimization of Zero Energy Consumption Buildings” by UOA and UIA - ARES¹, the Sapienza Research Group² has investigated the potential of outdoor public spaces in a multidisciplinary design experimentation within the UCBM Masterplan International Design Competition for

the development of the Campus Bio-Medico University in Trigoria, Rome³. In particular, this research started with an experimentation conducted on the “Toponimo” Tragliatella in Rome, which revealed the strategic role of a system of integrated networks inserted onto the urban fabric with the aim of ordering it and structuring its flows of resources, a very complex operation on an informal fabric of spontaneous origin (Cangelli, 2018). The case study presented below was intended to test the possibility of organizing a new settlement by giving, from the outset, to the road network and to the related open spaces a series of functions/support infrastructures for the control of the flows of resources relevant to urban metabolism, among which a crucial weight – in cities in general and in particular in Rome – is to be attributed to waste.



A reference framework of principles and applicable design/technological solutions was also structured, to be calibrated according to the specific context conditions, by selecting a repository of case studies relating to public space systems designed as green infrastructure, such as: the Parisian neighbourhood Clichy-Batignolles (2019), for the solutions adopted to protect biodiversity and the water cycle in the structuring of green spaces, with a large sector of the settlement dedicated to a park and a strong presence of water; the ecological district Bottière Chêne in Nantes (by the Atelier des Paysages Bruel-Delmar, 2012) and the Water Square in Bentheimplein, Rotterdam (by the DE URBANISTEN studio, 2013) for rainwater management systems integrated into the design and furnishing of outdoor public spaces; the Passeig de St Joan in Barcelona (by

architect Lola Domènech, 2011) for the greening techniques applied to the pavement of the pedestrian walkways.

Design experimentation: the case study of the Masterplan for the development of the Campus Bio-Medico University in Trigatoria, Rome

As part of the design experimentation, an innovative methodological approach was adopted to verify and integrate landscape, urban and architectural design, conducted by a multidisciplinary team, which structured the UCBM Masterplan solution (Fig. 2). In close collaboration with the designers who took care of defining the architectural layout of the Campus, the methodological approach was structured starting from two strategic principles from an environmental point of view. The first principle concerned the definition of the methods of sustainable

management of environmental loads, with the aim of maximizing resource efficiency. The project in fact foresees: the progressive optimization of the energy infrastructure (the main contribution of which will be provided by biomass, integrated with the geothermal and solar resource); an infrastructure to protect water resources, with systems for collecting, filtering, accumulating and recycling rainwater, as well as monitoring water use and preventing waste; an infrastructure for the closed-loop cycle of waste.

The second principle concerns the achievement of a high environmental quality of buildings and open spaces, through the careful verification and control of the spatial, vegetational and material structures of the Campus. Eco-sustainability and energy efficiency criteria have guided the design of different types of spaces (class-

rooms, offices, residences, etc., but also squares, courtyards, paths) and the selection of appropriate construction techniques and materials.

The layout of the Masterplan follows, with a grid system, the optimal orientation with respect to the local conditions of sunshine and ventilation. In consideration of the project set-up requirements, the main microclimatic characteristics of the area were verified, in order to define the appropriate mitigation measures for any environmental discomfort that may be determined by climatic peaks in outdoor spaces. At the same time, the definition of the building typologies took place with particular attention to their solar orientation: the widespread presence of courtyards, porches, atria, brise soleil, while configuring the architectures, allows the implementation of passive strategies to increase environmental comfort,

toponimo Tragliatella, che rilevava il ruolo strategico di un sistema di reti integrate, innestate sul tessuto urbano con lo scopo di ordinarlo e strutturarne i flussi di risorse, operazione quanto mai complessa su un tessuto di origine spontanea ed informale (Cangelli, 2018), nel caso di studio presentato di seguito, si è inteso testare la possibilità di organizzare un nuovo insediamento conferendo ab origine alla maglia della viabilità e ai connessi spazi aperti una serie di funzioni/infrastrutture di supporto per il controllo dei flussi di risorse pertinenti il metabolismo urbano, tra i quali un peso cruciale, nelle città ed in particolare a Roma, è da attribuirsi ai rifiuti.

È stato strutturato inoltre un *framework* di riferimento di principi e soluzioni progettuali/tecnologiche applicabili, da calibrare in funzione delle specifiche condizioni di contesto, avendo selezionato un repertorio di casi studio relativi a sistemi di spazi pubblici progettati come infrastruttura verde, quali: il quartiere parigino Clichy-Batignolles (2019), per le soluzioni adottate a tutela della biodiversità e del ciclo delle acque nella strutturazione degli spazi verdi, con un ampio settore dell'insediamento dedicato a parco con forte presenza d'acqua; il quartiere ecologico Bottière Chêne a Nantes (dell'Atelier des paysages Bruel-Delmar, 2012) e la Water Square a Benthemplein, Rotterdam (dello studio DE URBANISTEN, 2013) per i sistemi di gestione delle acque piovane integrati nel disegno e arredo degli spazi aperti; il Passeig de St Joan a Barcelona (dell'arch. Lola Domènech, 2011) per le modalità di inerbimento delle pavimentazioni dei percorsi pedonali.

indoor and outdoor, and reduce energy needs. Furthermore, the generous indoor spaces of the buildings, as well as their very flexible layout, guarantee a high potential for adaptability and the extension of buildings' life cycle, together with the technologies and construction materials, chosen with the aim of maximizing durability.

Interaction with the context and natural resources: an adaptive green and blue infrastructure

The Masterplan incorporates and structures the environmental components of the area through the grid that defines its morphology, enhancing the natural resources, vegetation and water, as much as the flows of waste materials that will be produced in the Campus' life, responding to needs while maximizing the prevention and recovery of waste.

La sperimentazione progettuale: il caso studio del Masterplan per lo sviluppo dell'Università Campus Bio-Medico a Trigatoria, Roma

Nell'ambito della sperimentazione progettuale è stato adottato un approccio metodologico innovativo a verifica e integrazione della progettazione paesaggistica, urbana e architettonica, condotta da un team multidisciplinare, che ha strutturato la soluzione del Masterplan UCBM (Fig. 2). In stretta collaborazione con i progettisti che si sono occupati di definire il layout architettonico del Campus, l'approccio metodologico si è strutturato a partire da due principi strategici dal punto di vista ambientale.

Il primo principio ha riguardato la definizione delle modalità di gestione sostenibile dei carichi ambientali, con l'obiettivo di massimizzare la *resource efficiency*. Il progetto prevede infatti: la progressiva ottimizzazione dell'infrastruttura energetica (il cui principale contributo sarà fornito dalla biomassa, integrata con la risorsa geotermica e solare); una infrastruttura a tutela della risorsa idrica, con sistemi di raccolta, filtraggio, accumulo e riciclo dell'acqua piovana, nonché monitoraggio degli usi idrici e prevenzione degli sprechi; una infrastruttura per il ciclo *closed-loop* dei rifiuti.

Il secondo principio riguarda il conseguimento di un'elevata qualità ambientale di edifici e spazi aperti, attraverso un'attenta verifica e controllo degli assetti spaziali, vegetazionali e materici del Campus. Criteri di eco-sostenibilità e di efficienza energetica hanno guidato la progettazione di differenti tipologie di spazi (aule, uffici, residenze, ecc., ma anche piazze, corti, percorsi) e la selezione di appropriate tecniche e materiali da costruzione.

Il layout del Masterplan segue, con un impianto a griglia, l'orien-

This natural collection and filtering network will contribute to feeding the pond, a key element of the Campus landscape project, allowing to connect the hydrological system of the surrounding area, the wet area around the canal to the west of the Campus, with the new inner water system, by re-distributing the rainwater exceeding the single building's storing capacity/water needs. In fact, each building will include integrated devices for the collection and first treatment of rainwater, thus representing an absorbing node of the network. After a first filtering, based on the functional destination of the building, there will be a different recovery and reuse of the internal water; other secondary uses will include filling of fire-fighting water tanks and use for irrigation. If the water requirement of a single building is not met internally, the water

will be supplied from another node in the network. The excess water, before being reintroduced into the external hydrological network, will be reused inside the Campus to feed the artificial basins provided in the "water plazas", paved squares destined to host events, with the function of microclimatic mitigation, as well as value aesthetics. In this way, the closed-loop management of water through the network avoids waste and optimizes the use of the resource.

Towards a Zero Carbon & Zero Energy Campus: The Energy Smart Micro Grid system

The project's energy strategy, which provides for an implementation plan extended until 2045, promotes the progressive achievement of the goal of a Zero Carbon & Zero Energy Campus, starting already from the first

tamento ottimale rispetto alle condizioni locali di soleggiamento e ventilazione. In considerazione dei requisiti di progetto, si sono verificate le principali caratteristiche microclimatiche dell'area, allo scopo di definire le misure di mitigazione appropriate per ogni eventuale discomfort ambientale generabile da picchi climatici negli spazi aperti. Contemporaneamente, la definizione delle tipologie edilizie è avvenuta con particolare attenzione al loro orientamento solare: la diffusa presenza di corti, portici, atri, brise soleil, mentre configura le architetture, consente l'implementazione di strategie passive per incrementare il comfort ambientale, indoor e outdoor, e ridurre i fabbisogni energetici. Inoltre, i generosi spazi interni degli edifici, nonché il loro layout molto flessibile, garantiscono un elevato potenziale di adattabilità e l'estensione del loro ciclo di vita, congiuntamente alle tecnologie e materiali da costruzione, scelti in modo da massimizzare la durabilità.

Interazione con il contesto e le risorse naturali: un'infrastruttura adattiva verde e blu

Il Masterplan incorpora e struttura le componenti ambientali dell'area attraverso la griglia che ne definisce la morfologia, valorizzando le risorse naturali, vegetazione e acqua, tanto quanto i flussi di materiali di scarto che si produrranno nella vita del Campus, rispondendo ai fabbisogni e al contempo massimizzando prevenzione e recupero degli scarti.

L'uso del suolo nell'intorno del Campus comprende seminativi e terreni boschivi, campi e fattorie che forniranno la biomassa, derivante da patate e attività simili, da raccogliere e gestire a fini energetici all'interno del Campus (cfr. paragrafo successivo). Il sistema vegetazionale interno al Campus (Fig. 3) è strutturato sul viale pedonale principale che, collegando gli ingressi est e ovest, connette l'insediamento di Trigoria al paesaggio naturale della Riserva Naturale di Decima Malafede. La griglia definisce anche i percorsi urbani, determinando la posizione della vegetazione che mitiga il comfort ambientale su strade pedonali, piazze e corti.

Allo stesso tempo, lungo la griglia si prevede un sistema di fitodepurazione nella forma di canali vegetati per il trattamento dell'acqua piovana raccolta da coperture e piazza pavimentate (Fig. 4). Tale rete di raccolta e filtraggio naturale contribuirà ad alimentare il laghetto, elemento chiave del progetto paesaggistico del Campus, consentendo di connettere il sistema idrologico dell'intorno, l'area umida attorno al canale presente ad ovest del Campus, con il nuovo sistema idrico interno, con la distribuzione dell'acqua in eccesso rispetto al fabbisogno/capacità di stoccaggio dei singoli edifici. Ciascun edificio includerà infatti dispositivi integrati per la raccolta e il primo trattamento dell'acqua piovana, rappresentando così un nodo di captazione della rete. Dopo un primo filtraggio, in base alla destinazione funzio-

02 |





phase of implementation with the use of efficient systems that can be gradually implemented. The effectiveness of the energy strategy is closely related to the responsibility assigned, in its management, directly to the Campus community. In accordance with the new role of *prosumer*, which interprets the user as the first person responsible for environmental impacts, in the future the Campus will be able to progressively monitor its local energy production, choosing how and how much to activate active and passive processes.

The project also promotes the rationalization of energy needs, to be calibrated on the real needs of comfort and consumption profiles, defined by the functions and interactions between buildings, systems and users, according to a new dynamic vision. The reduction of energy demand is

guaranteed in progressive steps: first by the environmental and bioclimatic characteristics of buildings and outdoor spaces, then by the efficient integration of active systems, and lastly by the effective role of the Smart Grid. The strategies, actions and key components necessary for energy management are illustrated in table 2; the components of the Energy Smart Micro Grid are described in detail in table 3.

Towards a Zero Waste Campus: a widespread system of waste collection and closed-loop management

The 3R solid waste management approach (Reduction, Reuse and Recycling) represents a key aspect of the environmental sustainability of the UCBM Campus, which has been translated into a network system integrated with that of the management of other resource flows (Fig. 6). The ac-

curate definition of the combination of reuse, recycling and disposal strategies with lower environmental impact and maximum management savings therefore constitutes a complex challenge. With the aim of guaranteeing at least 90% of diversion from landfill, the waste management system is characterized by: underground separate collection of waste in public spaces, within "ecological islands" strategically positioned in the nodes of the Campus grid; mechanical collection systems for hospital waste; a local plant aimed at promoting separate collection and recycling, i.e. a plant (Materials Recovery Facility - MRF) for the recovery of clean materials recyclable from the separate collection of solid waste (for example, a mixed paper flow including corrugated cardboard boxes, newspapers, magazines, etc.) separating each single material for better recycling; an

organic waste composting and treatment station to obtain biomass, located near the tri-generation (CHP) plant, on the southwestern side of the Campus, which can potentially produce compost for the maintenance of green areas, as well as providing fuel for the Campus CHP plant. The recyclable materials collected on the Campus, excluding organic ones that will be recovered on site, are supposed to be destined to local recycling plants. User awareness regarding 3R strategies in the implementation of separate collection must be promoted in each building of the Campus, constituting a key factor for the effective implementation of the envisaged system. Finally, the closed-loop approach will also be promoted in the construction phase, with the optimization of supplies, the prevention, separate collection and recovery of construction

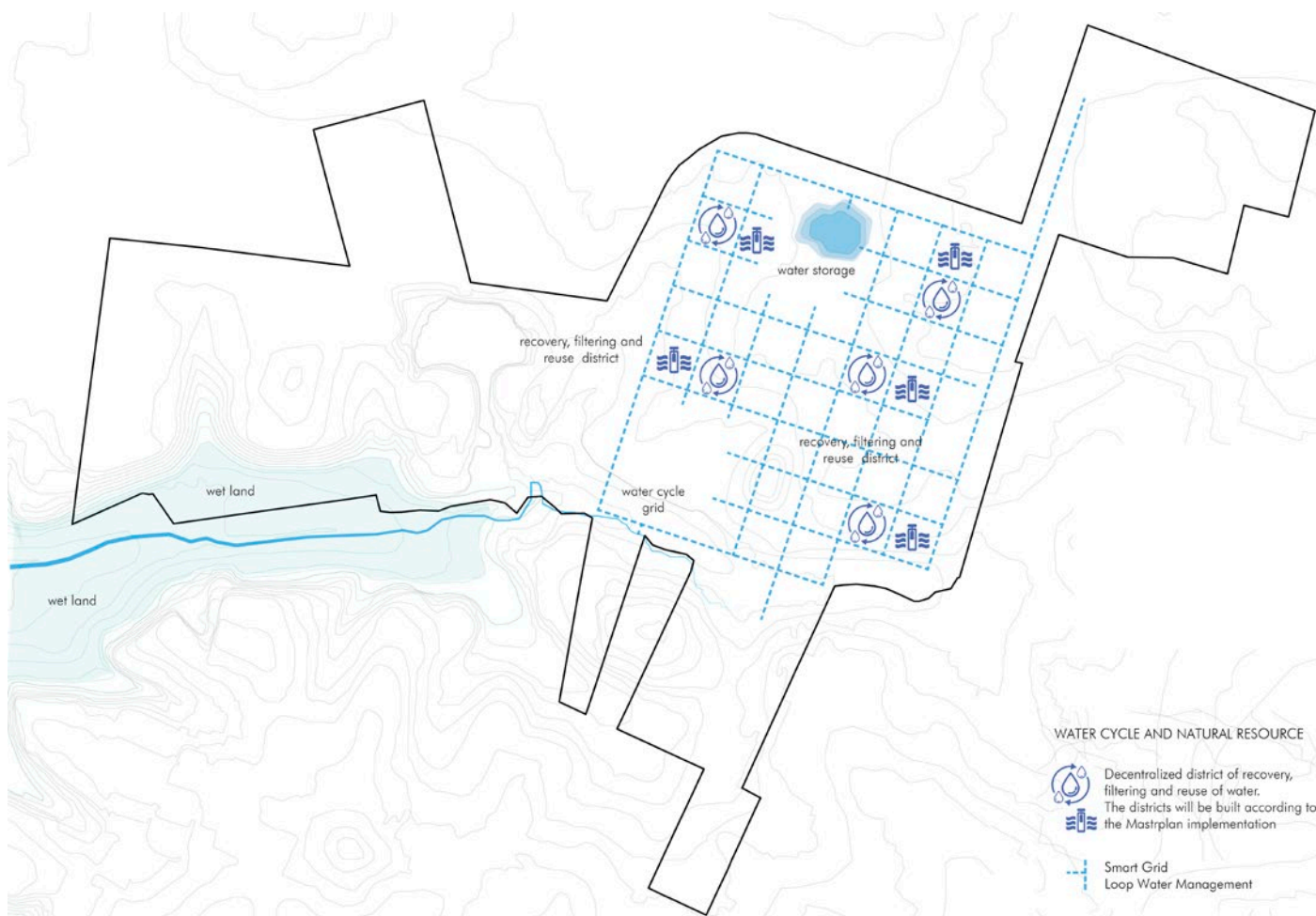
nale dell'edificio si avrà un diverso recupero e riuso dell'acqua interno; altri usi secondari comprenderanno il riempimento dei serbatoi d'acqua antincendio e l'uso per irrigazione. Se il fabbisogno idrico di un singolo edificio non dovesse essere soddisfatto internamente, l'acqua verrà approvvigionata da un altro nodo della rete. L'acqua in eccesso, prima di essere reintrodotta nella rete idrologica esterna, sarà riutilizzata all'interno del Campus per alimentare i bacini artificiali previsti nelle "water plazas", piazze pavimentate destinate ad ospitare eventi, con funzione di mitigazione microclimatica, oltre che valenza estetica. In questo modo, la gestione *closed-loop* delle acque attraverso la rete evita gli sprechi e ottimizza l'uso della risorsa.

Verso uno Zero Carbon & Zero Energy Campus: il sistema della Energy Smart Micro Grid

La strategia energetica di progetto, che prevede un piano di implementazione esteso fino al 2045, promuove il progressivo rag-

giungimento dell'obiettivo di uno *Zero Carbon & Zero Energy Campus*, avviato già dalla prima fase di attuazione con il ricorso a sistemi efficienti implementabili gradualmente. Sulla base della stima quantitativa dei fabbisogni energetici per le diverse tipologie di edifici (con la definizione di fasce di fabbisogno decrescenti a partire da quella dell'ospedale - *energy demand* > 500 MWh/a - fino a quella del residenziale - *energy demand* < 100 MWh/a) (Fig. 5), è stata progettata una Energy Smart Micro Grid che consente di gestire i flussi di energia con la flessibilità richiesta dalle fasi di sviluppo progressive del Masterplan (in particolare con la previsione di una centrale di tri-generazione a biomassa della potenza di 10 GWh/a nella prima fase di costruzione, ampliabile di altri 5 GWh/a a completamento dell'edificio del Campus) supportando così la transizione dalle fonti fossili a quelle rinnovabili. L'efficacia della strategia energetica è strettamente relazionata alla responsabilità assegnata, nella sua gestione, direttamente alla comunità del Campus. In accordo con

04 |





waste, as well as the use of materials with recycled content, in order to reduce the energy incorporated in the buildings themselves. The use of pre-fabricated and dry construction techniques has been envisaged to help preventing waste; the use of waste management plans will ensure the maximum recovery of waste during construction; furthermore, the project foresees the use of Extended Producer Responsibility schemes for the restitution of surplus and leftovers, as well as the use of recycled aggregates from the numerous authorized plants present in the Roman area.

Analysis and design solutions applied to the detailed study of the Architectural Focus

The Campus project, developed during the Competition phase, has seen a detailed study at the building scale

on a central sector of the Masterplan, called Architectural Focus, on which the analyses for the study of the interaction between buildings, outdoor spaces and environmental factors have been elaborated with the support of a dynamic IT model, for the control of cyclic variables in the specific context conditions of Trigoria. In this way, it was possible to evaluate the contribution offered by sunshine and ventilation in terms of microclimate and environmental comfort of the urban fabric, as well as potential passive contributions.

Sunshine conditions and interaction with buildings and outdoor spaces, for the improvement of the urban microclimate

The study of the solar access conditions and shadow mapping of the area (Fig. 7a) were systematised with the

ventilation conditions. The chosen architectural layout was developed to maximize solar accessibility both on the facades, on the roofs and in outdoor spaces (Fig. 7b). In fact, the prevailing position of the buildings along the east-west axis allows good lighting of the main fronts for the whole day and good solar gains in winter. In order to let the users enjoy the outdoor spaces all year round, the buildings are equipped with porticos and courtyards to mitigate the summer overheating; the residential and educational buildings are equipped with loggias and specific mobile sun shading systems for controlling solar radiation during summer, ensuring the reduction of energy needs for cooling.

In order to avoid the phenomenon of urban heat island, the use of large vegetated surfaces, or hard surfaces with high Solar Reflectance Index (SRI),

was proposed in the choice of materials for the flooring of outdoor spaces and roofs of buildings. In fact, the survey of the literature shows how it is possible to reduce the average temperature of the urban environment from 0.1 to 0.33 K with an albedo increase of 0.1 of the roofs, by adopting cool roof and green roof system (Santamouris, 2012).

Interaction and exploitation of natural ventilation in the Architectural Focus' layout

The modelling and management of air flows is particularly complex since the wind is extremely variable in nature. The analysis phase (Fig. 7c) took into account data referring to the city of Rome, but also considered the variations due to the specific local context, which proved to be significant both because of natural conditions (land use

Tab.02 | Strategie progettuali per l'assetto energetico e relative azioni
Design strategies for the Campus' energy layout and related actions

Tab.03 | Energy Smart Micro Grid: produzione, distribuzione e gestione
Energy Smart Micro Grid: production, distribution and management

il nuovo ruolo di *prosumer*, che interpreta l'utente come primo responsabile degli impatti ambientali, in futuro il Campus potrà progressivamente monitorare la propria produzione energetica locale, scegliere come e quanto attivare processi attivi e passivi. Il progetto promuove inoltre la razionalizzazione dei fabbisogni energetici, da calibrare sulle reali necessità di comfort e profili di consumo, definiti dalle funzioni e dalle interazioni tra edifici, sistemi e utenti, secondo una nuova visione dinamica. La riduzione della domanda è garantita per step progressivi: prima dalle caratteristiche ambientali e bioclimatiche di edifici e spazi aperti, poi dall'efficiente integrazione dei sistemi attivi, in ultimo dall'efficace ruolo della Smart Grid.

Le strategie, azioni e componenti chiave necessari per la gestione energetica sono illustrati in tabella 2; i componenti della Energy Smart Micro Grid sono descritti in dettaglio in tabella 3.

Verso uno Zero Waste Campus: un sistema capillare di raccolta e gestione a ciclo chiuso degli scarti
 L'approccio alla gestione dei rifiuti solidi improntato alle 3R

Energy Design Strategy	Action and key components
1. Reduction of energy loads	Zero energy building and passive design
2. Flexibility system	Low temperature technologies and systems
3. Energy cycle process	Smart micro grid, on demand input/output feedback
4. Inertial system	Thermal storage systems
5. Multidisciplinary approach	Design, management and use in holistic integrated vision

(riduzione, riuso e riciclo) rappresenta un aspetto chiave della sostenibilità ambientale del Campus UCBM, tradotto in un sistema a rete integrato con quello di gestione degli altri flussi di risorse (Fig. 6). L'accurata definizione della combinazione di strategie di riuso, riciclo e smaltimento a minor impatto ambientale e massimo risparmio gestionale costituisce pertanto una sfida complessa.

Con l'obiettivo di garantire almeno il 90% di recupero, il sistema di gestione dei rifiuti è caratterizzato da: raccolta differenziata sotterranea dei rifiuti negli spazi pubblici in isole ecologiche posizionate strategicamente nei nodi della griglia del Campus; sistemi di raccolta meccanica per rifiuti ospedalieri; un impianto locale finalizzato a favorire la raccolta differenziata e il riciclaggio, ovvero un impianto per il recupero di materiali riciclabili puliti (Materials Recovery Facility - MRF) provenienti dalla raccolta differenziata dei rifiuti solidi (ad esempio, un flusso di carta misto

Tab.03 |

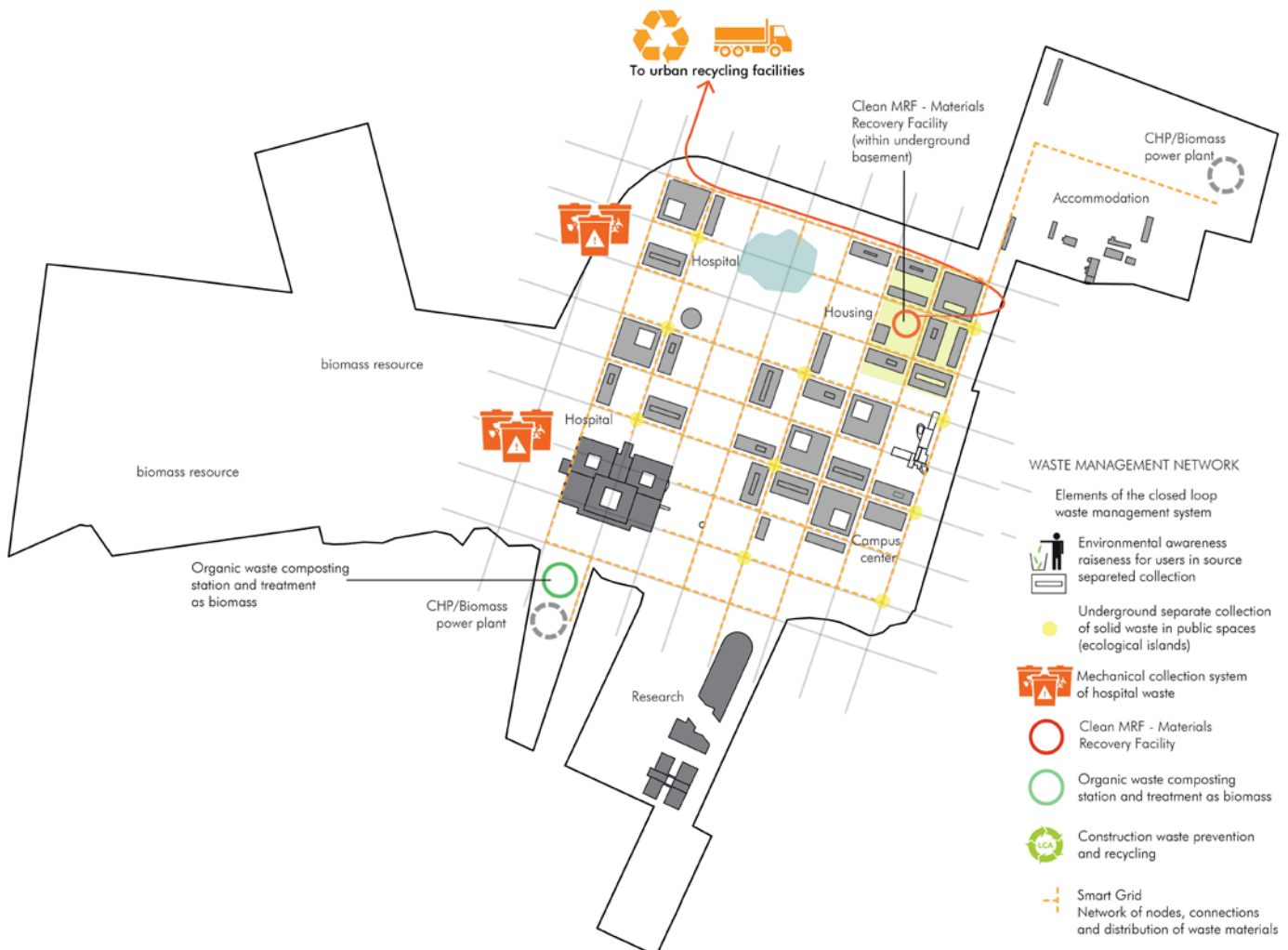
Renewable Energy Source	Power Generation LEVEL 1 - Community	Power Generation/Distribution LEVEL 2 - Building	Management On-Demand Smart Microgrid
LOCAL BIOMASS	Biomass Tri-generation Power Plant n.1, from on-site recovery of organic and natural waste: Capacity 10 GWh/a production to guarantee the existing needs and the estimated one for the upcoming phase 1.	Power Substations of thermal energy management network for district heating and cooling, and sub-central management of electricity grid.	Micro Smart Grid developed on the Prosumer model, for the management of power tri-generation with connection between production poles, consumption nodes and storage systems.
Tri-generation of thermal energy for heating and cooling and electric energy	Biomass Tri-generation Power Plant n. 2 (or implementation), from on-site recovery of organic and natural waste: Capacity 5GWh/a production to guarantee the estimated requirements for the 2045 vision to be implemented in according to the development of the Master Plan.	Internal Emission system (Heating/Cooling) with low temperature technology (Low Energy) with radiant panel surfaces to be integrated into the internal layouts with maximum flexibility and functionality.	Integrated community-scale ICT system for communication between different units and district, connected to the neighborhood energy network for flexible management of production, distribution or consumption.
GEO THERMAL SOURCE	Geothermal boreholes system, workable progressively with the development of the general MP. This system implements the production of thermal energy for internal comfort, and the management of the energy flows through optimal storage.	District heating and cooling substations for energy distribution. The strategy provides efficient and integrated Heat Pump or HVAC systems for the management of local use specific complex profiles, Healthcare service or Research.	BMS system of local management of the building, with connection to the entire network for the management and programming On-Demand the flows of energy into the Smart Grid Domain.
Integration and storage of thermal energy for heating and cooling		Integrated roof of specific buildings with photovoltaic cells for the generation of E.E., or PVT hybrid panels to produce also ACS, in relation to the different uses.	
SOLAR POWER			
On-Site integration of electric energy in a specific Building			

comprendente scatole di cartone ondulato, giornali, riviste, ecc.) che ne separa ogni singolo materiale per un migliore riciclo; una stazione di compostaggio e trattamento dei rifiuti organici per ottenere biomassa, posizionata vicino alla centrale di trigenerazione, sul lato sud-occidentale del Campus, che può potenzialmente produrre compost per la manutenzione delle aree verdi, oltre a contribuire ad alimentare la centrale elettrica. I materiali riciclabili raccolti nel Campus, esclusi quelli organici da recuperare in sito, sono destinati ad impianti di riciclaggio locali.

La sensibilizzazione degli utenti sulle *3R strategies* nell'implementazione della raccolta differenziata dovrà essere promossa in ciascun edificio del Campus, costituendo un fattore chiave per

l'efficace implementazione del sistema previsto.

Infine, l'approccio *closed-loop* verrà promosso anche nella fase di costruzione, con l'ottimizzazione delle forniture, la prevenzione, raccolta differenziata e recupero dei rifiuti da costruzione, nonché l'uso di materiali con contenuto di riciclato, al fine di ridurre l'energia incorporata negli edifici stessi. È stato previsto il ricorso alla pre-fabbricazione e tecniche di costruzione a secco che aiuta nella prevenzione, mentre l'utilizzo di *piani di gestione dei rifiuti di cantiere* assicura la massimizzazione del recupero degli scarti, unitamente al ricorso a schemi di Extended Producer Responsibility per la restituzione di surplus e avanzi, nonché al conferimento degli inerti ai numerosi impianti autorizzati presenti nell'area romana.



07 | Analisi bioclimatiche dell'Architectural Focus sviluppato come approfondimento del Masterplan: mappatura accesso solare e ombreggiamento estate/inverno (a); analisi overshadowing e solar stress su 4 tipologie di spazi pubblici aperti (b); analisi flussi di ventilazione in estate/inverno negli spazi pubblici aperti (software utilizzati, Autodesk Ecotect, Envimet) (c)
 Bioclimatic analysis of the Architectural Focus developed as an in-depth study of the Masterplan: mapping of solar access and summer / winter shading (a); overshadowing and solar stress analysis on 4 types of open public spaces (b); analysis of ventilation flows in summer / winter in open public spaces (software used, Autodesk Ecotect, Envimet) (c)

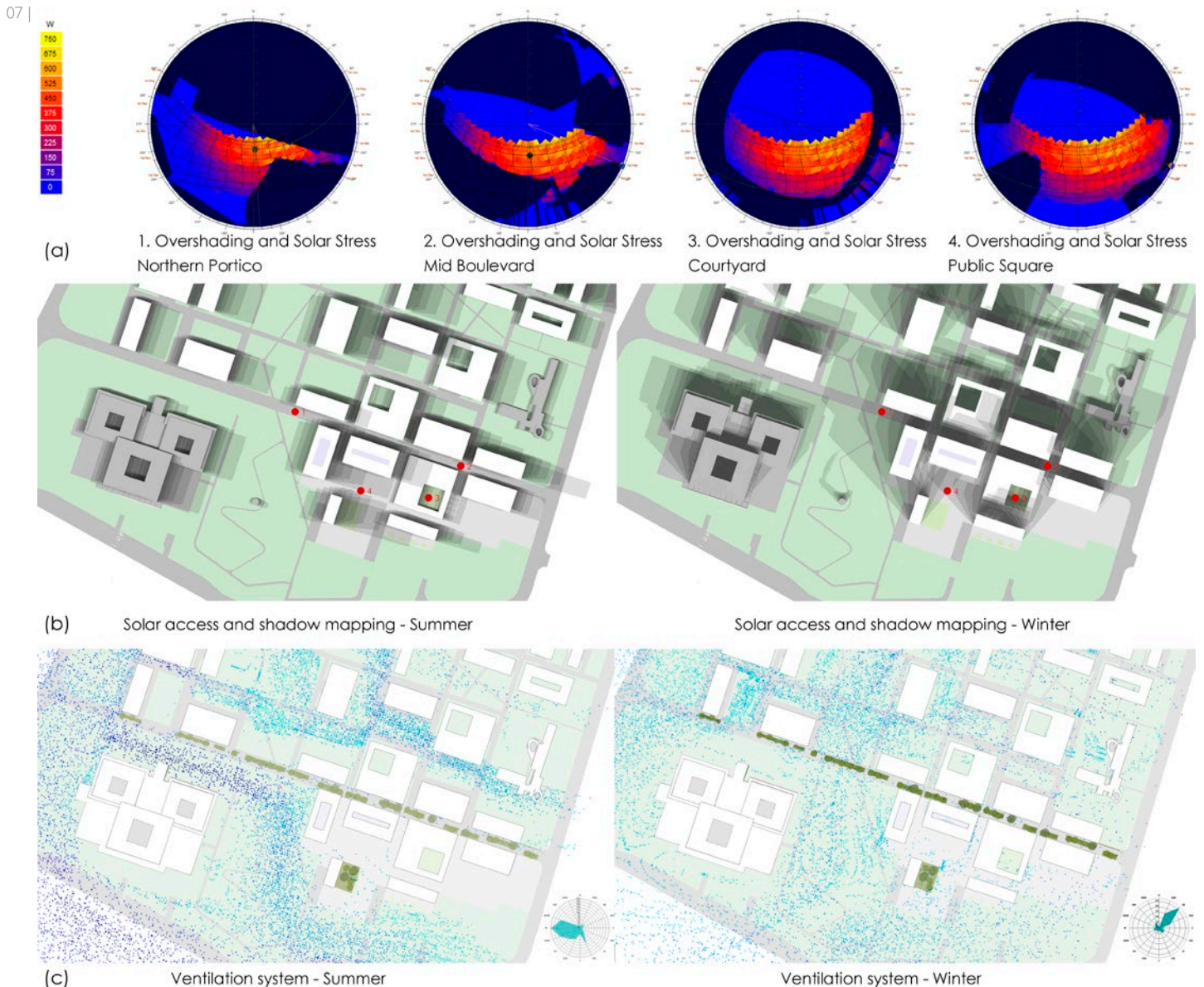
Analisi e soluzioni progettuali applicate nell'approfondimento sull'Architectural Focus

Il progetto del Campus, sviluppato in fase di Concorso, ha visto un approfondimento alla scala edilizia su un settore centrale del Masterplan, denominato *Architectural Focus*, sul quale le analisi per lo studio dell'interazione tra edifici, spazi aperti e fattori ambientali sono state elaborate con il supporto di un modello informatico dinamico, per il controllo delle variabili cicliche nelle specifiche condizioni di contesto di Trigatoria. Si è potuto così valutare il contributo of-

ferto da soleggiamento e ventilazione in termini microclima e comfort ambientale del tessuto urbano, nonché di potenziali apporti passivi.

Soleggiamento e interazione con edifici e spazi aperti, per il miglioramento del microclima urbano

Lo studio delle condizioni di accesso solare e la mappatura dell'ombreggiamento (Fig. 7a) sono stati messi a sistema con le condizioni di ventilazione. L'assetto architettonico scelto è stato sviluppato per massimizzare l'accessibilità solare sia sulle faccia-



te, sia sulle coperture, sia sugli spazi esterni (Fig. 7b). La posizione prevalente degli edifici lungo l'asse est-ovest consente, infatti, una buona illuminazione dei fronti principali per l'intera giornata e buoni guadagni solari nel periodo invernale. Al fine di godere degli spazi aperti tutto l'anno, gli edifici sono dotati di portici e cortili per mitigare il surriscaldamento estivo; gli edifici abitativi e didattici sono dotati di logge e specifici sistemi di schermatura mobile per il controllo della radiazione solare durante l'estate, con ridotto fabbisogno energetico per il raffrescamento.

Al fine di evitare il fenomeno dell'isola di calore urbana, nella scelta dei materiali per le pavimentazioni degli spazi esterni e delle coperture degli edifici, si è proposto il ricorso ad ampie superfici vegetate, o con un alto Indice di Riflettanza Solare (SRI). La ricognizione della letteratura mostra, infatti, come sia possibile abbattere la temperatura media dell'ambiente urbano da 0,1 a 0,33 K per un incremento di albedo di 0,1 delle coperture con il sistema *cool roof* e a tetto verde (Santamouris, 2012).

Interazione e sfruttamento della ventilazione naturale nell'assetto dell'Architectural Focus

La modellazione e la gestione dei flussi d'aria è particolarmente complessa poiché il vento è estremamente variabile in natura. La fase analitica (Fig. 7c) ha visto il ricorso a dati riferiti alla città di Roma, considerando però le variazioni dovute allo specifico contesto, significative sia per via delle condizioni naturali (uso del suolo e rugosità) sia di quelle antropiche (posizione e altezze degli edifici). Di conseguenza, il Gruppo di Ricerca ha ritenuto opportuno restituire i dati in modo sintetico allo scopo di effettuare una lettura qualitativa che evidenzia i venti più importanti per intensità e frequenza a livello locale. L'assetto architettonico

and roughness) and anthropic ones (buildings location and heights). Consequently, the Research Group considered appropriate to render the data in a synthetic way, in order to provide for a qualitative analysis highlighting the most important winds in terms of intensity and frequency at the local level. The architectural layout was designed so as to maximize natural ventilation in outdoor spaces and buildings during the summer period. In particular, the east-west pedestrian axis favours the access of western summer breeze. The vegetation along these paths has the function of mitigating the heat island phenomena and contributing to the control of the microclimate through shading and evapotranspiration. Furthermore, the layout of buildings, together with the widespread use of evergreen vegetation, allows to protect both pedestrian axis and buildings

from the cold northern and north-eastern winter winds.

Research results, limits and future developments

The described design experimentation shows aspects of innovation, both in the design process and in the project outcomes, in particular in the effective integration of the networks for the management and distribution of material and intangible resources in the system of outdoor spaces and buildings (Fig. 8). An integration that followed a phase of analysis of the site's potential and the selection of appropriate technical and material solutions, aimed at making the new Campus an adaptive ecosystem, with respect to climatic factors and user needs, well integrated into urban metabolism. In this sense, the project envisages the progressive achievement of the goal of energy self-

è stato sviluppato per massimizzare la ventilazione naturale negli spazi esterni e negli edifici durante il periodo estivo. In particolare, l'asse pedonale est-ovest favorisce la brezza occidentale estiva. La vegetazione presente lungo i percorsi ha la funzione di mitigare i fenomeni di isola di calore e di contribuire al controllo del microclima con ombreggiamento ed evapotraspirazione. L'assetto del costruito, unitamente alla distribuzione della vegetazione sempreverde, consente infine di proteggere l'asse pedonale e gli edifici dai freddi venti invernali settentrionali e nord-orientali.

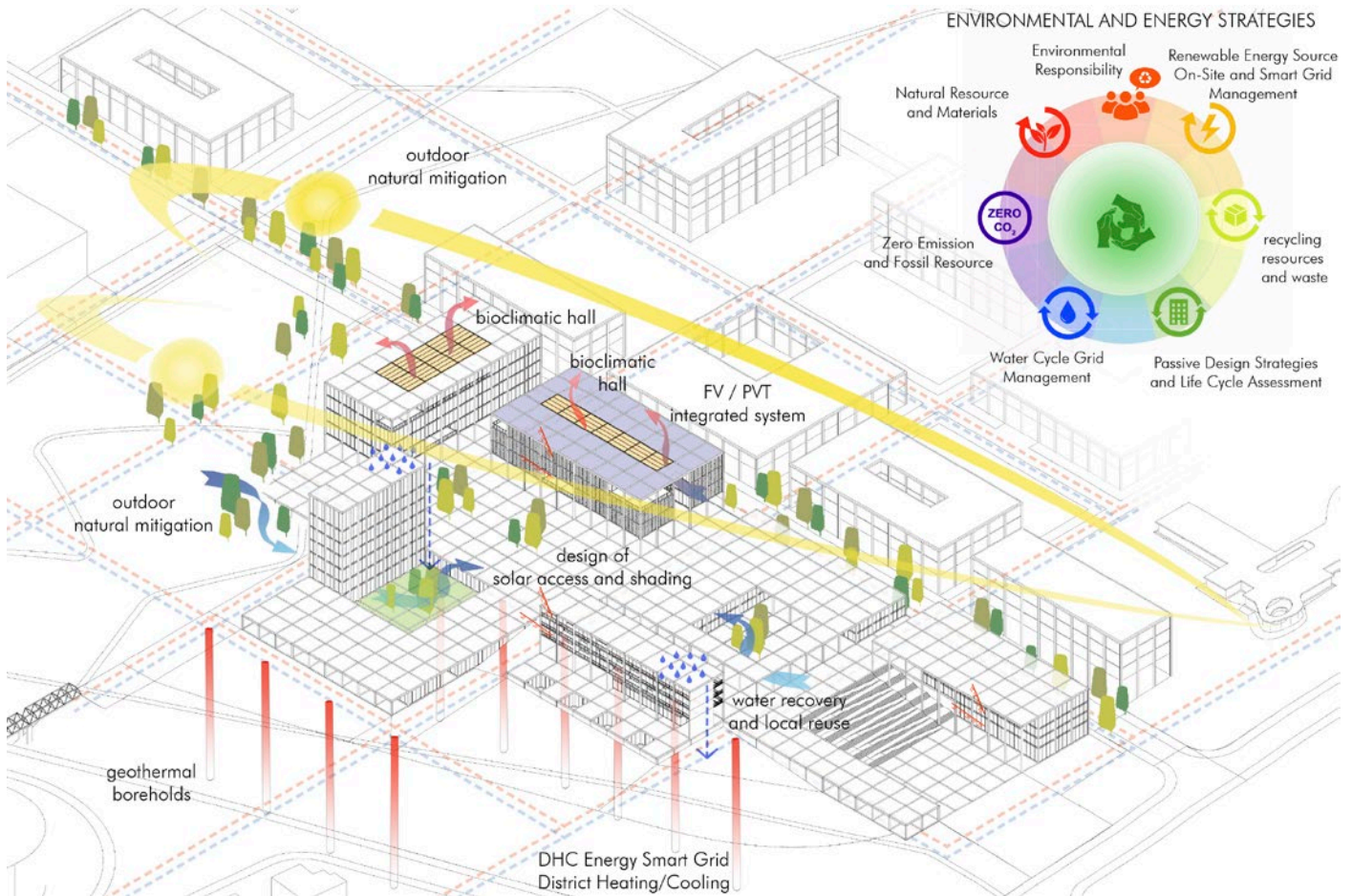
Risultati, limiti e sviluppi futuri della ricerca

La sperimentazione progettuale descritta mostra aspetti di innovazione, rintracciabili sia nel processo progettuale sia negli esiti di progetto, in particolare nell'efficace integrazione delle reti per la gestione e distribuzione delle risorse materiali e immateriali nel sistema degli spazi aperti e degli edifici (Fig. 8). Un'integrazione che ha seguito una fase di analisi delle potenzialità del sito e la selezione di soluzioni tecniche e materiali appropriati affinché il nuovo Campus diventi un ecosistema adattivo rispetto ai fattori climatici e alle esigenze degli utenti, integrato nel metabolismo urbano. In tal senso, il progetto prevede il raggiungimento progressivo dell'obiettivo di autosufficienza energetica, per quanto riguarda tutti gli edifici del Campus ad eccezione dell'ospedale per i suoi peculiari e inderogabili fabbisogni, mediante un attento bilanciamento dell'uso di fonti rinnovabili approvvigionate *on site* (solare e geotermico) e nell'intorno (biomassa), valorizzando le risorse presenti nel settore urbano in cui il Campus si inserisce. La centrale a biomassa, inoltre, ha un potenziale di espansione che va oltre la potenza prevista (15 GWh/a), e che potrebbe fornire un apporto a quar-

sufficiency, as regards all the buildings of the Campus, with the exception of the hospital for its peculiar and mandatory needs, by carefully balancing the use of renewable sources supplied on site (solar and geothermal) and in the surroundings (biomass), enhancing the resources present in the urban sector in which the Campus is inserted. Furthermore, the biomass power plant has an expansion potential that goes beyond the Campus demands (15 GWh/y), which could provide a contribution to neighbouring settlements. Another peculiarity of the project results is the provision of an optimized waste management system to obtain maximum resource efficiency which, in addition to representing a best practice, could constitute a stimulus for the development of the recycling sector in the Roman territory, which is still quite limited for all materials and

in particular for organic waste, which would be recycled and used entirely on site on the Campus. Thus, compared to the state of the art, the project expands its resonance outside the urban district itself: in addition to reaching the target of the *net-zero energy district*, the Campus potentially becomes a *positive energy district*, with an active relationship with the city in terms of materials flows as well.

In terms of cultural implications – deriving from the approach to the management of resource flows through the project, described in the present contribution – there are significant impacts in the social sphere, due to the integration of multiple management, distribution and balancing networks of resource flows that cross the anthropic settlements. An integration which should be not only efficient but also effective from the point of view of



the use of services, of the control of the quality of environmental comfort and of architectural quality, as well as of the recognisability of outdoor collective spaces. Potential further research developments open up in the investigation of the relationship between resilience and resource efficiency, in the design of outdoor public spaces and more generally of the urban layout of the UCBM Campus. Moreover, the solutions envisaged at the Masterplan level must be carefully developed in the further development phases of the project, which will be divided into steps over a period of 30 years for complete implementation.

References of the design experimentation

The case study described in the present contribution is the experience of

the UCBM Masterplan International Design Competition, conducted by the Labics Studio and the Landscape Design Studio Topotek 1, supported by Systematica for mobility and by Eliana Cangelli, with Paola Altamura, Francesco Antinori, Michele Conteduca, for the definition of environmental sustainability strategies and the verification of the environmental performance of outdoor spaces. In 2019, the team was the winner of the international invitation-only competition, promoted by Campus Bio-Medico SpA and assignee of the project to design the settlement, with an implementation plan till 2045.

NOTES

¹ The Professional Development and Training program in FAD mode is available at: <http://zero.elearninguoa.org/course/design-and-optimization->

[zero-energy-consumption-buildings.](http://zero.elearninguoa.org/course/design-and-optimization-)

² Scientific Responsible E. Cangelli, members P. Altamura, F. Antinori, M. Conteduca.

³ Public documentation on the UCBM Masterplan International Design Competition is available at: <http://www.futureunicampus.it/>.

terri limitrofi. Ulteriore peculiarità dei risultati del progetto è la previsione di un sistema di gestione dei rifiuti ottimizzato per ottenere la massima *resource efficiency* che, oltre a rappresentare una best practice, potrebbe costituire uno stimolo per lo sviluppo del settore del riciclo sul territorio romano, ancora piuttosto limitato per tutte le frazioni e in particolare per l'organico, che nel Campus verrebbe riciclato e utilizzato completamente *on site*. Così, rispetto allo stato dell'arte (Tab. 1), il progetto amplia la propria risonanza al di fuori del distretto urbano stesso: oltre a raggiungere il target del *net-zero energy district*, potenzialmente il Campus diventa un *positive energy district*, che si rapporta in modo attivo con la città anche in termini di flussi di materiali. In termini di implicazioni culturali, derivabili dall'approccio qui descritto alla gestione dei *resource flows* attraverso il progetto, si riscontrano significativi impatti nella sfera sociale, legati all'integrazione di molteplici reti di gestione, distribuzione, bilanciamento dei flussi di risorse che attraversano gli insediamenti antropici, in modo non solo efficiente, ma anche efficace sotto il profilo della fruizione dei servizi e sotto quello del controllo della qualità del comfort ambientale e della qualità architettonica, nonché della riconoscibilità, degli spazi collettivi aperti. Potenziali ulteriori sviluppi della ricerca si aprono nell'indagine della relazione tra resilienza e *resource efficiency*, nel progetto degli spazi pubblici aperti e più in generale dell'assetto urbano del Campus UCBM. Le soluzioni ipotizzate a livello di masterplan, inoltre, dovranno essere attentamente declinate nelle ulteriori fasi di sviluppo del progetto, che si articolerà per step in un arco temporale di 30 anni per la completa realizzazione.

Riferimenti della sperimentazione progettuale

Caso studio oggetto del contributo è l'esperienza dell'UCBM Masterplan International Design Competition, condotta

dallo studio Labics e dallo studio di landscape design Topotek 1, supportati da Systematica per la mobilità e da Eliana Cangelli, con Paola Altamura, Francesco Antinori, Michele Conteduca, per le strategie di sostenibilità ambientale e la verifica delle performance ambientali degli spazi aperti. Nel 2019, il team è risultato vincitore del Concorso internazionale ad inviti, promosso da Campus Bio-Medico SpA e assegnatario dell'incarico di progettazione dell'insediamento, con piano di implementazione al 2045.

NOTE

¹ Il Corso di formazione e sviluppo professionale in modalità FAD è disponibile all'indirizzo: <http://zero.elearninguoa.org/course/design-and-optimization-zero-energy-consumption-buildings>.

² Responsabile scientifico E. Cangelli, componenti P. Altamura, F. Antinori, M. Conteduca.

³ La documentazione pubblica sull'UCBM Masterplan International Design Competition è disponibile all'indirizzo: <http://www.futureunicampus.it/>.

REFERENCES

- Bozonnet, E., Musy, M., Calmet, I. and Rodriguez, F. (2013), "Modelling methods to assess urban fluxes and heat island mitigation measures from street to city scale", *International Journal of Low-Carbon Technologies*, Vol. 10, n. 1, pp. 62-77.
- Cangelli, E. (2018), "Work on the informal city. Restoring the environmental balance of cities from their outskirts", *Techné, Journal of Technology for Architecture, Special Issue*, Vol. 1, Firenze University Press, pp. 150-157.
- European Commission (2013), *Building a Green Infrastructure for Europe*, Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- European Environment Agency (2015), "Urban sustainability issues - Enabling resource-efficient cities", *EEA Technical Report*, n. 25, Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- Ferrão, P. and Fernández, J. (2013), *Sustainable urban metabolism*, MIT Press, Cambridge, USA.
- Marrone, P. and Orsini, F. (2018), "Resilienza e ambienti urbani aperti. Misure di adattamento e di mitigazione a confronto", *Techné, Journal of Technology for Architecture*, Vol. 15, Firenze University Press, pp. 348-357.
- Musango, J.K., Currie, P. and Robinson, B. (2017), *Urban metabolism for resource efficient cities: from theory to implementation*, UN Environment, Paris.
- Saheb, Y., Shnapp, S. and Paci, D. (2019), "From nearly-zero energy buildings to net-zero energy districts. Lessons learned from existing EU projects", EU JRC Technical Report, available at: <http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC115188/kjna29734enn.pdf>.
- Santamouris, M., Kolokotsa, D. (2016), *Urban Climate Mitigation Techniques*, Routledge, Londra.
- Santamouris, M. (2012), "Cooling the cities - a review of reflective and green roof mitigation technologies to fight heat island and improve comfort in urban environments", *Solar Energy*, Vol. 103, pp. 682-703.
- Wastvedt T. and Spirn A. (2013), "Urban Microclimates. Case studies in outdoor climate control", MIT - Urban Nature & City Design, available at: <http://www.mit.edu/people/spirn/Public/Ulises-11-308/UrbanMicroclimates.pdf>.
- Wolsink, M. (2012), "The Research Agenda on Social Acceptance of Distributed Generation in Smart Grids: Renewable as Common Pool Resources", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 16(1), pp. 822-835.