



a cura di / edited by

Mario Losasso

Maria Teresa Lucarelli

Marina Rigillo

Renata Valente

Adattarsi al clima che cambia

Innovare la conoscenza per il progetto ambientale

Adapting to the Changing Climate

Knowledge Innovation for Environmental Design

Book series STUDI E PROGETTI

directors *Fabrizio Schiaffonati, Elena Mussinelli*

editorial board *Chiara Agosti, Giovanni Castaldo, Martino Mocchi, Raffaella Riva*

scientific committee *Marco Biraghi, Luigi Ferrara, Francesco Karrer, Mario Losasso, Maria Teresa Lucarelli, Jan Rosvall, Gianni Verga*

edited by

Mario Losasso

Maria Teresa Lucarelli

Marina Rigillo

Renata Valente

editorial assistants

Federica Dell'Acqua

Sara Verde

The publication is realized with PRIN 2015 “Adaptive design e innovazioni tecnologiche per la rigenerazione resiliente dei distretti urbani in regime di cambiamento climatico / Adaptive Design and Technological Innovations for the Resilient Regeneration of Urban Districts in Climate Change Regime” research funds. The scientific work was conducted by the following Research Units: Università degli Studi di Napoli Federico II (Principal Investigator and Research Lead Mario Losasso), Politecnico di Milano (Research Lead Elena Mussinelli), Sapienza Università di Roma (Research Lead Fabrizio Tucci), Università degli Studi della Campania *Luigi Vanvitelli* (Research Lead Renata Valente), Università degli Studi di Firenze (Research Lead Roberto Bologna), Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria (Research Lead Maria Teresa Lucarelli).

The book has been subjected to blind peer review.

Cover:

Paris-Plages (photograph by Enza Tersigni, 2009)

ISBN 9788891643193

© Copyright of the Authors.

Released in the month of December 2020.

Published by Maggioli Editore in Open Access with Creative Commons License

Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International (CC BY-NC-ND 4.0).



Maggioli Editore is a trademark of Maggioli SpA

Company with certified quality system ISO 9001:2000

47822 Santarcangelo di Romagna (RN) • Via del Carpino, 8

Tel. 0541/628111 • Fax 0541/622595

www.maggiolieditore.it • e-mail: clienti.editore@maggioli.it

Adattarsi al clima che cambia

Innovare la conoscenza per il progetto ambientale

Adapting to the Changing Climate

Knowledge Innovation for Environmental Design

a cura di / edited by

Mario Losasso
Maria Teresa Lucarelli
Marina Rigillo
Renata Valente



PRIN 2015 Reasearch - “Adaptive design e innovazioni tecnologiche per la rigenerazione resiliente dei distretti urbani in regime di cambiamento climatico / Adaptive Design and Technological Innovations for the Resilient Regeneration of Urban Districts in Climate Change Regime”

RESEARCH UNITS

Università degli Studi di Napoli Federico II

Mario Losasso (Principal Investigator and Research Lead), Marina Rigillo (Operative Coordinator), Stefano Consiglio, Maurizio Giugni, Valeria D’Ambrosio, Francesco De Paola, Anna Maria Zaccaria, Ferdinando Di Martino, Mattia Federico Leone, Enza Tersigni, Federica Dell’Acqua.

Research Collaborators: Eduardo Bassolino, Carmela Aprea, Anita Bianco, Ensyie Farrokhirad, Simona Mascolino. Expert Group: Manfred Köhler (Hochschule Neubrandenburg), Norbert Kühn (Technische Universität Berlin), Paola Mercogliano (Fondazione CMCC, Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici).

Politecnico di Milano

Elena Mussinelli (Research Lead), Andrea Tartaglia (RU Operative Coordinator), Roberto Bolici, Daniele Fanzini, Matteo Gambaro, Raffaella Riva, Giovanni Castaldo, Davide Cerati, Andrea Rebecchi.

Sapienza Università di Roma

Fabrizio Tucci (Research Lead), Alessandra Battisti (RU Operative Coordinator), Serena Baiani, Domenico D’Olimpio, Romeo Di Pietro, Giuseppe Piras.

Research Collaborators: Valeria Cecafozzo, Duilio Iamónico, Gaia Turchetti, Margherita Fiorini, Alessandro Malatesta, Michela Paglia, Elisa Pennacchia, Giulia Sciarretti, Violetta Tulelli, Giuseppina Vespa.

Expert Group: Thomas Auer, Daniele Santucci (Technische Universität München), Marco Cimillo (Xi’an Jiaotong - Liverpool University, Department of Architecture), Françoise Blanc (Ecole Nationale Supérieure d’Architecture de Toulouse), Patrick Thépôt (Ecole Nationale Supérieure d’Architecture de Grenoble).

Università degli Studi della Campania *Luigi Vanvitelli*

Renata Valente (Research Lead), Salvatore Cozzolino, Carolina De Falco, Armando Di Nardo, Michele Di Natale, Francesca La Rocca, Mariano Pernetti, Daniela Ruberti, Sandro Strumia.

Research Collaborators: Marco Vigliotti, Roberto Bosco, Eduardo Cappelli, Pietro Ferrara, Giuseppe Moccia.

Expert Group: Louise A. Mozingo (University of California at Berkeley), Carlo Donadio (Università degli Studi di Napoli Federico II).

Università degli Studi di Firenze

Roberto Bologna (Research Lead), Francesco Alberti, Rossella Rossi, Maria Vittoria Arnetoli, Giulia Guerri, Giulio Hasanaj.

Expert Group: Alfonso Crisci (Istituto di Biometeorologia del CNR di Firenze), Marianna Nardino (Istituto di Biometeorologia del CNR di Bologna), Daniele Vergari (Consorzio di Bonifica 3 Medio Valdarno).

Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria

Maria Teresa Lucarelli (Research Lead), Martino Milardi (RU Operative Coordinator), Corrado Trombetta.

Research Collaborators: Mariateresa Mandaglio, Caterina Claudia Musarella.

Expert Group: Valerio Morabito (Università Mediterranea di Reggio Calabria - Upenn, University of Pennsylvania); Giovanni Cavanna (Istituto per le Tecnologie della Costruzione - Consiglio Nazionale delle Ricerche ITC-CNR).

Indice / Summary

9 **Processi innovativi per l'adattamento climatico nella rigenerazione dei distretti urbani / Innovating Processes for Climate Adaptation in Urban District Regeneration**

Mario Losasso

15 **Progetto ambientale e sfida climatica / Environmental Design and Climate Challenge**

Maria Teresa Lucarelli, Marina Rigillo, Renata Valente

Le parole della ricerca / The Research Terms

a cura di / editor *Martino Milardi*

24 **Costruire un glossario per l'adattamento climatico / Editing a Glossary for Climate Adaptation**

Martino Milardi

31 **Cambiamento climatico / Climate Change, Paola Mercogliano**

41 **Hazard, Rossella Rossi, Maria Vittoria Arnetoli**

47 **Onda di calore / Heat Wave, Rossella Rossi, Maria Vittoria Arnetoli**

51 **Pluvial Flooding, Rossella Rossi, Maria Vittoria Arnetoli**

55 **Disaster Risk, Rossella Rossi, Maria Vittoria Arnetoli**

61 **Climate Sensitivity, Carlo Donadio, Alberto Fortelli**

71 **Indicatori di impatto / Impact Indicators, Mariateresa Mandaglio, Caterina Claudia Musarella**

77 **Vulnerabilità ai rischi naturali / Vulnerability to Natural Hazards, Mattia Federico Leone**

83 **Adattamento climatico e gestione del rischio / Climate Adaptation and Risk Governance, Mattia Federico Leone**

89 **Mitigazione climatica / Climate Mitigation, Mariateresa Mandaglio, Caterina Claudia Musarella**

95 **Resilienza / Resilience, Rossella Rossi, Maria Vittoria Arnetoli**

99 **Resilienza urbana / Urban Resilience, Rossella Rossi, Maria Vittoria Arnetoli**

103 **Resilience Management, Rossella Rossi, Maria Vittoria Arnetoli**

107 **Rigenerazione urbana / Urban Regeneration, Alessandra Battisti, Gaia Turchetti**

113 **Eco-Distretto / Eco-District, Fabrizio Tucci, Serena Baiani**

123 **Infrastrutture verdi / Green Infrastructure, Elena Mussinelli, Matteo Gambaro, Raffaella Riva, Davide Cerati, Andrea Tartaglia**

127 **Nature-Based Solution, Elena Mussinelli, Matteo Gambaro, Raffaella Riva, Davide Cerati, Andrea Tartaglia**

131 **Servizi ecosistemici / Ecosystem Services, Elena Mussinelli, Matteo Gambaro, Raffaella Riva, Davide Cerati, Andrea Tartaglia**

135 **Approccio bioclimatico / Bioclimatic Approach, Valeria Cecafofso, Domenico D'Olimpio**

141 **Efficienza energetica / Energy Efficiency, Giuseppe Piras, Elisa Pennacchia**

145 **Involucro/ Envelope, Martino Milardi, Mariateresa Mandaglio, Caterina Claudia Musarella**

151 **Climate Responsive Design, Enza Tersigni**

157 **Design Complexity, Francesca La Rocca**

Dialogo / Dialogue

167 **Riflessione intorno ai saperi per l'adattamento al clima / About the Climate Adaptation Knowledges**

Martino Milardi, Rosario Giuffrè

Misurare l'adattamento climatico / Estimating Climate Adaptation

a cura di / editor *Valeria D'Ambrosio*

- 172** Progetto *climate proof*: indicatori, controllo e monitoring / Climate Proof Project: Indicators, Control and Monitoring
Valeria D'Ambrosio
- 179** Biotope Area Factor (BAF), *Anita Bianco*
- 183** Riduzione Impatto Edilizio (RIE), *Eduardo Bassolino*
- 187** Digital Terrain Model (DTM), *Francesco Alberti, Giulia Guerri*
- 191** Sky View Factor (SVF), *Francesco Alberti, Giulia Guerri*
- 195** Urban Aspect Ratio, *Francesco Alberti, Giulia Guerri*
- 199** Albedo, *Eduardo Bassolino*
- 203** Indice di permeabilità / Permeability Index, *Roberto Bosco, Salvatore Cozzolino, Carlo Donadio*
- 207** Trasmittanza termica dinamica / Dynamic Thermal Transmittance,
Martino Milardi, Mariateresa Mandaglio, Caterina Claudia Musarella
- 211** Rapporto superficie opaca /trasparente / Opaque/Transparent Surface Ratio,
Martino Milardi, Mariateresa Mandaglio, Caterina Claudia Musarella
- 215** Interfaccia edificio - spazio aperto / Building - Open Space Interface,
Martino Milardi, Mariateresa Mandaglio, Caterina Claudia Musarella
- 219** Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), *Romeo Di Pietro, Duilio Iamónico, Sandro Strumia*
- 223** Air Pollutant, *Elena Mussinelli, Roberto Bolici, Daniele Fanzini, Giovanni Castaldo, Andrea Tartaglia*
- 229** Indicatore di riduzione di CO₂ e CO₂eq / Indicator of CO₂ and CO₂eq Reduction,
Elena Mussinelli, Roberto Bolici, Daniele Fanzini, Giovanni Castaldo, Andrea Tartaglia
- 235** Greenhouse Gases, *Elena Mussinelli, Roberto Bolici, Daniele Fanzini, Giovanni Castaldo, Andrea Tartaglia*
- 241** Temperatura Media Radiante (TMR) / Mean Radiant Temperature (MRT), *Valeria Cecafozzo*
- 245** Physiological Equivalent Temperature (PET), *Marco Cimillo*
- 249** Predicted Mean Vote (PMV), *Marco Cimillo*
- 253** Velocità del vento / Wind Speed, *Marco Cimillo*
- Dialogo / Dialogue
- 257** L'uso degli indicatori nel progetto ambientale / Use of Indicators in the Environmental Project
Federica Dell'Acqua, Norbert Kühn

Casi studio per l'adattamento agli effetti del cambiamento climatico / Case Studies for Climate Change Adaptation

a cura di/ editor *Renata Valente*

- 262** Esperienze di progetti ambientali multiscalari / Multi-scale Environmental Design Experiences,
Renata Valente
- 267** Il Piano di Adattamento Climatico di Barcellona 2018-2030 / Pla Clima de Barcelona 2018-2030, *Enza Tersigni*
- 273** La scelta green di Amburgo: “das Hamburger Klimaschutzkonzept 2011” / The Hamburg Green Option: “das Hamburger Klimaschutzkonzept 2011”, *Federica Dell'Acqua*
- 281** Approccio ecosistemico e soluzioni Nature-Based a Berlino: “StEP Klima 2016” / Ecosystem Approach and Nature-Based Solutions in Berlin: the “StEP Klima 2016”, *Federica Dell'Acqua*

- 289 Strumenti di pianificazione resiliente a Rotterdam / Resilient Planning Tools in Rotterdam,
Mariateresa Mandaglio, Caterina Claudia Musarella
- 295 La collaborazione istituzionale per il piano di adattamento di Padova / The Institutional Collaboration for the Padua Adaptation Plan,
Mariateresa Mandaglio, Caterina Claudia Musarella
- 301 Il progetto di rigenerazione integrata di Clichy-Batignolles a Parigi / The Clichy-Batignolles Integrated Regeneration Project in Paris,
Valeria Cecafo
- 307 Euromediterranée-Smartseille Recovery, *Gaia Turchetti*
- 313 Ginko: un eco-quartiere sul lago di Bordeaux / Ginko: an Eco-neighborhood on the Lake Bordeaux, *Valeria Cecafo*
- 319 Caserne De Bonne: il nuovo centro di Grenoble / Caserne De Bonne: the New Grenoble Center, *Valeria Cecafo*
- 325 La riconversione ambientale di Ekostaden Augustenborg a Malmö / The Environmental Reconversion of Ekostaden Augustenborg in Malmö,
Elena Mussinelli, Raffaella Riva, Matteo Gambaro, Andrea Tartaglia
- 331 Hammarby Sjostad: rigenerazione urbana a Stoccolma / Hammarby Sjostad: Urban Regeneration in Stockholm,
Mariateresa Mandaglio, Caterina Claudia Musarella
- 337 Uno spazio verde sospeso a Dallas: Klyde Warren Park / A Suspended Green Space in Dallas: the Klyde Warren Park,
Elena Mussinelli, Raffaella Riva, Matteo Gambaro, Andrea Tartaglia
- 341 Forestazione urbana a Bologna: il Progetto Gaia / Urban Forestry in Bologna: the Gaia's Project, *Roberto Bologna, Giulio Hasanaj*
- 349 Il programma per le green streets a Portland / Green Streets Program in Portland, *Roberto Bosco, Pietro Ferrara*
- 355 Philadelphia Green Stormwater Infrastructures, *Roberto Bosco, Pietro Ferrara*
- 361 La gestione adattiva delle acque meteoriche a Seattle / Adaptive Stormwater Management in Seattle, *Roberto Bosco, Pietro Ferrara*
- 367 Bagby Street Reconstruction: un'infrastruttura adattiva a Houston / Bagby Street Reconstruction: an Adaptive Infrastructure in Houston,
Elena Mussinelli, Raffaella Riva, Matteo Gambaro, Andrea Tartaglia
- 375 Il corridoio ecologico del Passeig Sant Joan a Barcellona / The Ecological Corridor of the Passeig Sant Joan in Barcelona,
Roberto Bologna, Giulio Hasanaj
- 383 Water Square Benthemplein: spazi urbani multifunzionali a Rotterdam / Water Square Benthemplein: Multifunctional Urban Spaces in Rotterdam, *Roberto Bologna, Giulio Hasanaj*
- 391 Blue Infrastructures a Copenhagen. Il progetto di Tåsinge Square / Blue Infrastructures in Copenhagen. The Project of Tåsinge Square,
Roberto Bologna, Giulio Hasanaj
- Dialogo / Dialogue
- 399 Replicabilità e direzioni per il progetto ambientale appropriato / Replicability and Directions for Appropriate Environmental Design
Renata Valente, Louise A. Mozingo

Final Remarks

- 406 Sul confine. Assetti plurali per il progetto di adattamento climatico / On the Border. Plural Assets for the Climate Adaptation Project
Marina Rigillo

Blue Infrastructures a Copenhagen. Il progetto di Tåsinge Square

Blue Infrastructures in Copenhagen. The Project of Tåsinge Square

Roberto Bologna, *Università degli Studi di Firenze*

Giulio Hasanaj, *Università degli Studi di Firenze*

<i>Time of realization</i>	2013-2014
<i>Localization</i>	Copenhagen, Denmark
<i>Climate zone (Koppen)</i>	Cf-b
<i>Hazard</i>	Urban flooding, Heavy rainfall
<i>Intervention scale</i>	Neighborhood
<i>Governance level</i>	Public, City of Copenhagen
<i>Type of intervention</i>	Reconfiguration of public space

L'intervento di Tåsinge square rappresenta un innovativo esempio di rigenerazione urbana clima-adattiva in atto a Saint Kjeld, l'antico quartiere operaio situato nel distretto urbano di Østerbro a nord di Copenhagen. Il distretto è caratterizzato da elevata densità edilizia e abitativa, dove alla scarsa presenza di superfici permeabili si sommano ripetuti fenomeni di allagamento dovuto a piogge estreme. La realizzazione della piazza risale al 2014 su progetto del gruppo Melmo e GHB Landscape Architects, in collaborazione con gli ingegneri Orbicon, lo studio di design Feld e gli specialisti per la mobilità Via Trafik (Tredje Natur, 2013; GHB Landskabsarkitekter, 2014).

Il progetto si inserisce all'interno della strategia climatica *Cloudburst Management Plan* del 2012, sviluppata per ridurre la vulnerabilità del sistema urbano della città e gestire i frequenti fenomeni di *pluvial flooding* dovuto alle *heavy rainfalls*. La trasformazione urbana prevede la conversione di un'area destinata a parcheggio in un'oasi verde permeabile ed allagabile, in grado di migliorare la gestione dei fenomeni pluviali estremi, il microclima e la qualità degli ambienti di vita urbani.

La Tåsinge square si inserisce all'interno del masterplan per il *klimakvarter* di Saint Kjeld, elaborato dallo studio danese Tredje Natur. Il programma degli interventi comprende un complesso e strutturato sistema di piazze, strade, giardini, parchi, corti interne ed edifici. Questi spazi urbani aperti sono integrati da dispositivi tecnologici e spaziali adattivi in grado di assorbire e limitare eventi alluvionali rendendo Saint Kjeld il primo quartiere clima-resiliente al mondo (Bertelloni, 2017; Klimakvarter, 2013).

La realizzazione dell'intervento è stata attuata mediante un virtuoso e continuo dialogo con gli abitanti del quartiere. L'approccio partecipativo si è basato su più di semplici incontri e alcuni residenti si sono organizzati attivamente costituendo un gruppo di lavoro che ha presentato varie idee. L'iter progettuale è stato sviluppato per step, attraverso una serie di piccoli progetti, dando ogni volta ai cittadini la possibilità di esprimersi riguardo alle potenzialità dello spazio studiato.

Obiettivi

La municipalità di Copenhagen, a seguito di un violento nubifragio abbattuto sulla città nel 2011, costato oltre 800 milioni di euro di danni, ha deciso di dotarsi di

Tåsinge square is an innovative example of climate-adaptive urban regeneration in Saint Kjeld, located in the district of Østerbro in the north side of Copenhagen. The district is characterized by high density of construction and housing, scarcity of permeable surfaces and repeated flooding phenomena due to extreme rainfall. The square was built in 2014 thanks to the project of the Melmo and GHB landscape architects group, in collaboration with Orbicon engineers, The Feld design studio and the mobility specialists Via trafik (Tredje Natur, 2013; GHB Landskabsarkitekter, 2014).

The project is part of the Cloudburst Management Plan, developed to reduce the vulnerability of the city by managing the frequent flooding of heavy rainfall. The urban transformation involves the change of a parking area into a green permeable and floodable oasis, able to improve the management of extreme rains, microclimate and quality of urban living environments.

Tåsinge square is part of the masterplan for the klimakvarter of Saint Kjeld, developed by the Danish studio Tredje natur. The masterplan is connecting squares, streets, gardens, parks, internal courtyards and buildings by adaptive solutions able to absorb and limit flooding and making it the world's first climate-resilient district (Bertelloni, 2017; Klimakvarter, 2013).

The realization of the project has been carried out through a participatory approach. The design process has been developed step by step, through a series of small projects, giving citizens every time the opportunity to express themselves about the potential of the studied spaces.

Goals

The municipality of Copenhagen, after a heavy stormwater in 2011, cost over EUR 800 million damage, has adopted a Climate Adaptation Plan able to increase resilience to frequent



Fig. 1 - Piazza Tåsinge, una delle piazze del quartiere San Kjeld in una vista renderizzata / Tåsinge square, one of the squares in St. Kjeld district in a rendered view (Source: Tredje Natur).

and intense rainfall phenomena, as well as protecting it from future climate change (Etherington, 2012; Tredje Natur, 2013; Andreato, 2015).

In 2012, the Tåsinge square pilot project was launched for implementing the Copenhagen Climate Adaptation Plan, which sets the main objective of regenerating urban spaces by transforming them into devices capable of managing large water flows through the use of a surface and natural infrastructure network, different from the existing sewage system.

Preliminary studies carried out on the Saint Kjelds district, where the project is located, shows the excessive amount of asphalted surfaces compared to that needed to manage local traffic. The project implements a remodelling of the soil, transforming the flat and impermeable surfaces into dynamic and natural topographies, so as to increase permeable areas.

In the proposal the existing sewer system is flanked by a green surface with the function of lightening the load of rainfall¹. The aim is to equip Tåsinge square with an alternative urban water drainage system, using SUDS systems (Sustainable Urban Drainage System) and WSUD (Water Sensitive Urban Design) based on the use of a “green and blue” infrastructure

un Piano di Adattamento Climatico in grado di offrire una risposta resiliente ai frequenti ed intensi fenomeni di pioggia, proteggendola dalle avverse e mutevoli condizioni climatiche (Etherington, 2012; Tredje Natur, 2013; Andreato, 2015).

Nel 2012 è stato avviato il progetto pilota nella Tåsinge square, come strumento attuativo del *Copenhagen Climate Adaptation Plan*, che si pone il principale obiettivo di rigenerare gli spazi urbani trasformandoli in dispositivi capaci di gestire ingenti flussi idrici attraverso l'utilizzo di una rete infrastrutturale superficiale e naturale, diversa da quella fognaria esistente.

Dagli studi preliminari condotti sul quartiere di Saint Kjeld, nel quale il progetto si colloca, emerge l'eccessiva quantità di superficie asfaltata rispetto a quella necessaria per gestire il traffico locale. Il progetto attua una rimodellazione del suolo, trasformando le superfici piane ed impermeabili in topografie dinamiche e naturali, così da incrementare le superfici permeabili.

Nella proposta progettuale, per alleggerire il carico idraulico sulla fognatura esistente, viene creato un sistema verde alternativo¹. L'obiettivo è dotare Tåsinge square di un sistema di drenaggio urbano delle acque, mediante l'utilizzo di sistemi SUDS (*Sustainable Urban Drainage System*) e WSUD (*Water Sensitive Urban Design*), basato sull'impiego di una rete infrastrutturale “verde e blu” che possa affiancare quella “grigia” ingegneristica esistente.

L'applicazione delle soluzioni permette di ridurre il rischio di collasso del sistema fognario tradizionale, convogliando e raccogliendo l'acqua piovana proveniente dalle strade e dalle coperture degli edifici limitrofi in un sistema di bacini captanti collocati nel sottosuolo e in aree verdi allagabili superficiali. Questo

¹ The rainwater intercepted by the buildings will be partly collected and conducted in green infiltration areas, or underground, partly conducted in the existing sewer. The volume of water that comes directly on the road is managed by linear green systems alongside it, bioswales, and rain gardens, which allow the infiltration of water directly into the ground.

¹ L'acqua piovana intercettata dagli edifici viene in parte convogliata in aree verdi e in parte smaltita nella rete fognaria. I volumi d'acqua che provengono dalla superficie stradale invece vengono raccolti dai sistemi verdi lineari (*bioswales*) e successivamente convogliati in zone umide depresse o giardini della pioggia (*rain gardens*) che ne permettono l'infiltrazione graduale direttamente nel sottosuolo.



Fig. 2 - Planimetria generale dell'intervento nella Tåsinge square / General plan of the intervention in Tåsinge square (Source: Tredje Natur).

sistema verde naturale di gestione delle acque è connesso al reticolo di canali esistenti e lavora attuando una duplice strategia: da un lato raccoglie e disperde nel terreno, dall'altro confluisce e allontana le acque all'esterno del quartiere verso la zona costiera del porto.

Strategie e azioni di adattamento climatico

Il *Climate Adaptation Plan di Copenhagen* approvato nel 2011, seguito dal piano operativo *Cloudburst Management Plan* nel 2012, intende gestire i fenomeni del *pluvial flooding* attraverso la suddivisione della città in distretti e quartieri *waterproof*. Il quartiere di Østerbro rappresenta la zona attuativa in cui numerosi progetti pilota stanno concretizzando le indicazioni e le disposizioni del piano di adattamento. Il piano suddivide la città in sette distretti, per ciascuno dei quali è predisposto uno specifico piano di intervento, in cui sono definite le strategie di gestione delle acque urbane per i rispettivi bacini d'utenza.

Le infrastrutture-paesaggio denominate “*Cloudburst-toolbox*”, inserite all'interno dell'omonimo piano attuativo, assolvono al compito di adattamento agli eventi pluviali estremi e permettono di rigenerare la struttura fisica della città in chiave resiliente. Questi dispositivi adattivi e sistemici comprendono bacini idrici di raccolta superficiale, vasche di raccolta sotterranee, strade con canali inondabili, piste ciclabili e percorsi pedonali integrati con aree verdi, spazi pubblici permeabili, piazze e parchi inondabili. Il *Cloudburst Management Plan* individua 8 tipologie di intervento all'interno della trama urbana tra cui: il parco, la piazza, la strada, la *green street*, il canale urbano, il torrente urbano, il viale ed il viale con zone destinate alla ritenzione idrica (City of Copenhagen, 2012; Bassolino, 2019).

Soluzioni di adattamento climatico

Il volume di acqua meteorica che raggiunge *Tåsinge square* è gestito localmente e autonomamente dalla piazza. L'acqua proveniente dalla superficie stradale viene filtrata e depurata da un canale che costeggia la carreggiata e prende il nome di *road swale*; qui uno strato di terreno, *filter-earth*, permette di filtrare sia il sale



Fig. 3 - Sezioni nel quartiere di Saint Kjeld / Sections within the Saint Kjeld district (Source: SLA Architect).

network that can flank that “gray” engineering existing.

The solutions allows to reduce the risk of collapse of the traditional sewage system, conveying and collecting rainwater from roads and roofs in a system of catchment basins located underground and in surface flooding green areas. The natural green water management system is connected to the network of existing pipes and works by implementing a dual strategy: on one hand it collects and spread in the soil, from the other it flows the waters outside the neighbourhood towards the sea.

Climate adaptation strategies and actions

The Copenhagen Climate Adaptation Plan (2011), followed by the Cloudburst Management Plan (2012), aims to manage the flooding phenomena splitting the city into seven waterproof districts and neighbourhoods. For each of that a specific action plan is prepared, in which the urban water management strategies for the respective catchment areas are defined. Østerbro is the district where many pilot projects are implementing the guidelines and scenarios of the adaptation plan.

The “Cloudburst-toolbox”, inserted in Cloudburst (2012), fulfil the task of adapting to extreme rainfall events and allow to regenerate the physical structure of the city in a resilient way. These systemic adaptive devices include surface water catchment basins, underground tanks, roads with flooded canals, cycle and pedestrian paths integrated with green areas, permeable public spaces, flooded squares and parks. The Cloudburst Management Plan identifies 8 typology of intervention within the urban plot including: the park, the square, the street, the green street, the urban channel, the urban torrent, avenue and avenue with water retention areas (Municipi-

pality of Copenhagen, 2013; Bassolino, 2019).

Climate adaptive solutions

The volume of rain water reaching Tåsinge square is managed locally from the square. The water from the road surface is filtered and purified by a canal that runs along the road called road swales; here a layer of soil, filter-earth, allows to filter the winter salt for ice on the road surface, but also chemical oils and other pollutants. Tåsinge square is able to manage an area of 7000 m² for rainwater collection, reducing the volume on the traditional urban sewage system. The intervention has seen over 1,000 m² of asphalted surface converted into green permeable areas, passing from 2539 m² to 3428 m², with 40 new trees planting, pedestrian and cycling paths, areas for play and rest and alternating bumps and troughs. The new square combines the technical requirements for the management of heavy rains to the will of the inhabitants to have a place characterized by the nature (Klimakvarter, 2013).

The use of vegetation is divided in the 4 areas, different for altitude and trees species, and identifying the dry, semi-dry, semi-humid and humid zone (similar to Danish territory). The highest area is mainly treated with shrubs, while the lower zone designed for more frequent flooding phenomena, has plants resistant to different levels of humidity and water. The planimetric

presente sul manto stradale in inverno per il ghiaccio, che gli oli chimici ed altri elementi inquinanti. Tåsinge square riesce a gestire una superficie di 7000 m² per la raccolta di acqua piovana, riducendo il volume a carico del sistema fognario urbano tradizionale. L'intervento ha visto oltre 1.000 m² di superficie asfaltata convertita in aree verdi permeabili, passando da 2539 m² a 3428 m², con l'inserimento di 40 nuovi alberi, percorsi pedonali e ciclabili, aree per il gioco ed il relax e alternarsi di dossi e avvallamenti. La nuova piazza combina i requisiti tecnici per la gestione delle piogge torrenziali alla volontà degli abitanti di avere un luogo dove immergersi nella natura nel cuore del quartiere (Klimakvarter, 2013).

L'uso del verde viene diversificato nelle 4 differenti zone di cui è composta la piazza. Queste aree differiscono per altimetria, perché caratterizzate da diversi livelli di quota del terreno, e specie arboree presenti, individuando la zona secca, semi-secca, semi-umida e umida. L'area sopraelevata è trattata prevalentemente con arbusti, mentre la zona più bassa destinata a più frequenti fenomeni di allagamento, in quanto area inondabile, presenta piante resistenti a livelli variabili di umidità e acqua. La conformazione planimetrica è basata sull'irraggiamento solare: le zone più assolate sono situate a sud-ovest e sono dedicate all'incontro e alla sosta delle persone, sul lato opposto, a sud-est, si sviluppa invece l'area verde, attraversata dal percorso pedonale e caratterizzata dalla maggiore depressione del suolo. La parte più alta, situata a nord-ovest della piazza, arriva a quota 3,50 m ed è rinominata "il pendio del sole" (Klimakvarter, 2013; Johansson, 2019).

Nelle zone di incontro e di sosta sono collocati due elementi scultorei che simboleggiano il rapporto della piazza con l'acqua: i rain parasol e le water drop. I rain parasol appaiono come grandi ombrelli metallici neri che captano e forni-



Fig. 4 - Masterplan generale clima-adattivo del quartiere Saint Kjeld / General masterplan for the climate- adaptive district of Saint Kjeld (Source: Tredje Natur).

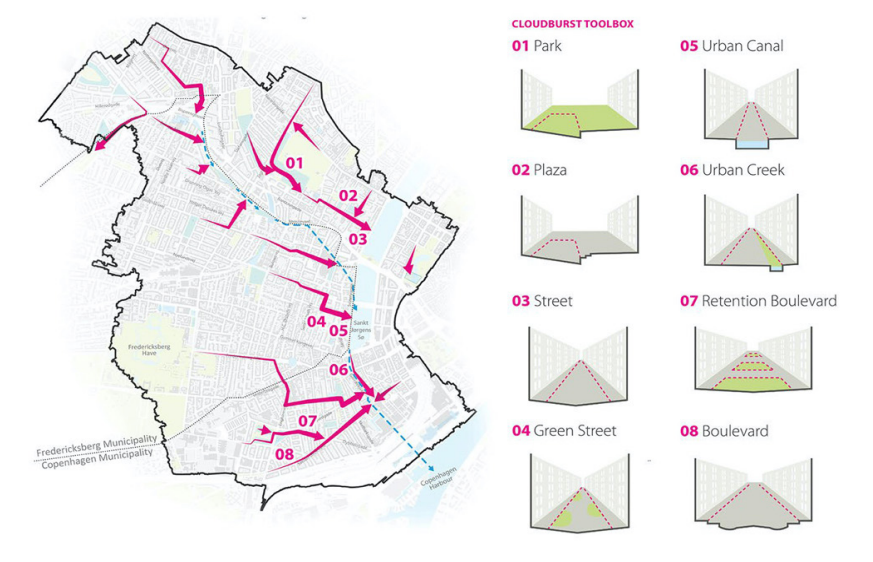


Fig. 5 - Il Copenhagen Cloudburst Toolkit e le 8 tipologie di intervento nella trama urbana / The Copenhagen Cloudburst Toolkit and the 8 typology of intervention within the urban plot (Source: Ramboll Studio Dreiseitl).

scono riparo dalla pioggia. Le *water drop* si presentano come gocce d'acqua a grandezza umana dalla superficie lucida, costituiscono dei veri e propri elementi di arredo urbano che raccolgono l'acqua e attraverso delle pompe la incanalano nella zona del *rain garden*, dove viene lentamente filtrata e assorbita dal suolo.

L'acqua proveniente dalle coperture degli edifici circostanti la piazza viene raccolta, filtrata e incanalata in vasche di raccolta interrate situate in corrispondenza delle *water drop*. Il bacino è dimensionato per gestire eventi di pioggia estrema fino a 300 mm (City of Copenhagen 2013; Klimakvarter, 2013; Johansson, 2019), secondo i calcoli di Klimakvarter (2013) sarà riempito al 10% della sua capacità una volta all'anno, al 30% una volta ogni 25 anni, al 40% una volta ogni 100 anni. Circa il 30% dell'acqua nel quartiere non viene più immessa nel sistema fognario ma è gestita da questo sistema parallelo. Il rischio di *pluvial flooding* è così fronteggiato attraverso la progettazione di luoghi clima resilienti con misure adattative, *nature-based solution* e di ingegneria idraulica, che consentano di stoccare e drenare l'acqua in eccesso a livello del suolo, conferendo alla strada un ruolo determinante nell'adattamento ai cambiamenti climatici.

Indicatori e parametri per il progetto

La *Tåsinge square* con i suoi ombrelli, gocce, vasche interrate, *bioswale* e *rain garden*, ha superato il test idraulico dell'evento estremo nel settembre 2015, quando una pioggia torrenziale ha riversato in città 42 mm di acqua piovana in soli 30 minuti. I principi chiave dell'intervento si basano sull'utilizzo del deflusso urbano come risorsa da gestire localmente, in condizioni climatiche ordinarie e straordinarie, utilizzando sistemi di deflusso superficiale e consentendo

configuration is based on the solar radiation: the sunniest areas are located in the South-West and are dedicated to meeting. The highest hill of the square, located in the North-west, reach 3.50 m and it is called "the slope of the sun" (Klimakvarter, 2013; Johansson, 2019).

In the meeting and rest areas there are two elements that symbolize the relationship of the square with water: rain parasols and water drops. Rain parasols looks like big black metal umbrellas that intercept the rain while water drops are human-size drops with a shiny surface that collect water and through pumps convey it into the area of the rain garden.

The water that comes from the roofs of the buildings around the square is collected, filtered and conveyed into underground tanks located under the water drops. The basin is design to handle an extreme rain event up to 300 mm (City of Copenhagen 2013; Klimakvarter, 2013; Johansson, 2019), according to Klimakvarter's calculations (2015) will be filled to 10% of its capacity once a year, to 30% once every 25 years, 40% once every 100 years. About 30% of the water in the district is no longer fed into the sewer system but is managed by this parallel system. The risk of flooding is thus faced through the design of climate resilient places with adaptive measures, nature-based solution and hydraulic engineering, that allow to storage or drainage of excess water at the ground level.

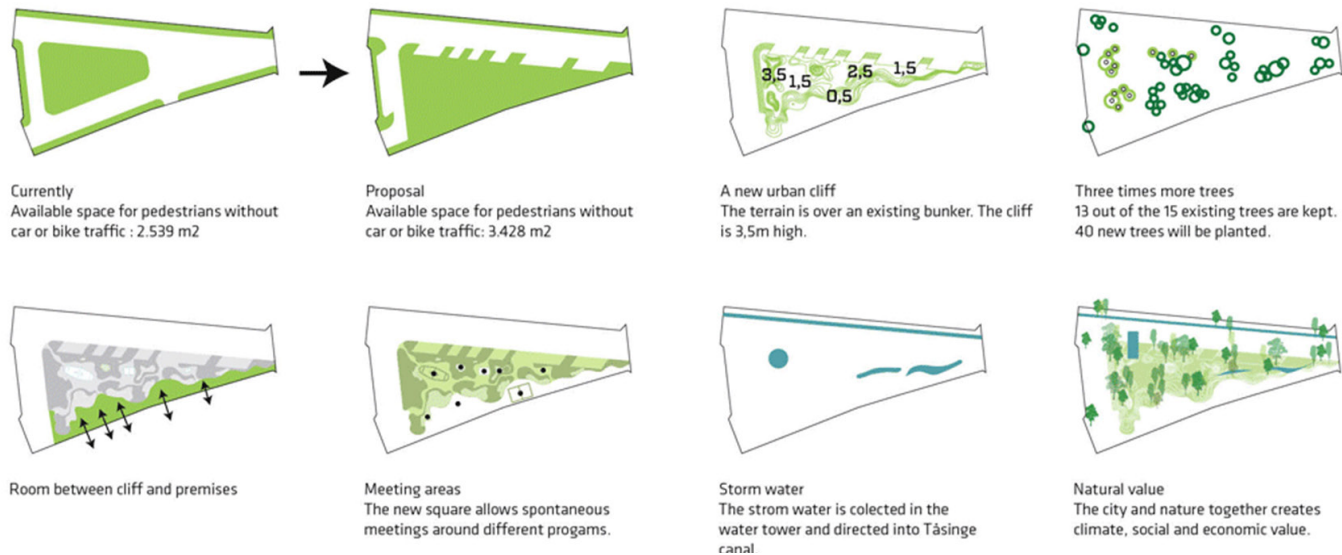


Fig. 6 - Schemi delle soluzioni progettuali adottate all'interno della piazza di Tåsinge / Schemes of the design solutions adopted inside the Tåsinge square (Source: Tredje Natur).

Indicators and design parameters

The Tåsinge square with its umbrellas, drops, underground tanks, bioswales and rain garden, passed the test of the extreme event in September 2015, when a heavy rainfall poured 42 mm of rainwater in just 30 minutes. The main action adopted are based on the use of urban runoff as a resource to be managed locally, allowing water to be absorbed from the soil. The project promotes the natural evapotranspirative cycles of plants and vegetation and through the use of natural filter layers, it protects the soil from harmful pollutants.

Tåsinge square demonstrates the importance of the management of the water flow process during the design phase by four basic steps: permeability, containment, transport and collection. The permeability of the green areas in the rain garden reduces the volume of water to be managed, recharges the groundwater levels and feeds the water courses. The containment, effected through the natural depressions, defines a slowing of the superficial flows before their transfer in reservoirs of infiltration, of collection or in the natural water streams. Transport takes place through a series of systems, natural or artificial, which include channels or pipes, surface or underground, open or closed. In Tåsinge square this task is entrusted to pipes that collect rainwater from roofs and bioswales located at ground level. The collection takes place through the direct cap-

all'acqua di essere assorbita dal terreno. Il progetto promuove i naturali cicli di evapotraspirazione delle piante e della vegetazione, rallenta e raccoglie il deflusso idrico superficiale urbano imitando i naturali percorsi idrologici e, attraverso l'utilizzo di strati naturali filtranti, protegge il terreno dagli inquinanti nocivi.

Tåsinge square dimostra l'importanza della gestione del processo di deflusso idrico nella fase progettuale, individuandone quattro fasi fondamentali: permeabilità, contenimento, trasporto e raccolta. La permeabilità delle aree verdi nel *rain-garden* riduce il volume di acqua da gestire, ricarica le falde acquifere sotterranee ed alimenta i corsi d'acqua locali. Il contenimento, attuato attraverso le depressioni naturali, definisce un rallentamento dei flussi superficiali prima del loro trasferimento in bacini di infiltrazione, di raccolta o nei corsi idrici naturali. Il trasporto avviene attraverso una serie di sistemi, naturali o artificiali, che includono canali o tubazioni, superficiali o interrati, aperti o chiusi. Nella Tåsinge square questo compito è affidato a tubazioni che raccolgono l'acqua piovana dalle coperture e alle *bioswales* localizzate a livello del suolo. La raccolta avviene direttamente in loco tramite cisterne sotterranee che restituiscono l'acqua gradualmente, grazie a pompe idrauliche, alla zona vegetata permeabile.

I parametri legati al progetto di Tåsinge square sono definiti dal volume di acqua da raccogliere, dalla determinazione della piovosità eccezionale (che manda in crisi il sistema) e delle superfici permeabili ed impermeabili che gravano sul sistema fognario tradizionale e su quello di progetto. In tal modo è possibile determinare il valore di deflusso urbano e i suoi parametri caratteristici, come sostiene Wood (2015), identificabili in: volume di deflusso, velocità massima del deflusso, tempo di pioggia e altezza del battente causato dal *flash flood*.

Il volume di deflusso deve essere calcolato affinché possa gestire in maniera

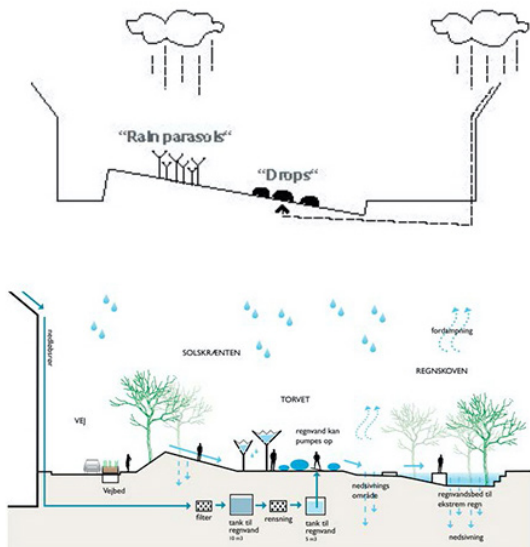


Fig. 7 - Schemi del funzionamento idrico della piazza / Schemes of the hydraulic system of the square (Source: Klimakvarter).

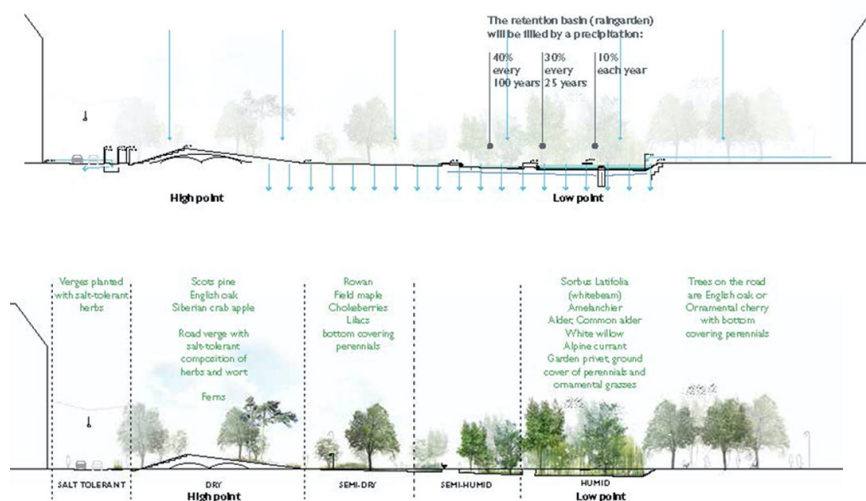


Fig. 8 - Sezioni longitudinali della Tåsinge square. In alto lo studio delle pendenze. In basso lo studio della vegetazione / Longitudinal sections of Tåsinge square. Above the study of the slopes. Below the study of the vegetation (Source: Klimakvarter).

controllata eventi estremi con ingenti volumi d'acqua. La velocità massima di deflusso è influenzata dalla morfologia del sito e interessa la vegetazione, le superfici riceventi e la capacità portante del sistema fognario. Risulta quindi fondamentale il progetto topografico degli spazi captanti, la scelta della vegetazione, in relazione a particolari attriti superficiali e alla capacità di acqua piovana da captare. La determinazione dei valori della velocità massima di deflusso è ricavata dalla letteratura scientifica, mentre i valori di precipitazione sono ricavati dalla raccolta dei dati pluviometrici locali e sono utilizzati per determinare i volumi di raccolta e stoccaggio. A diversi tempi di pioggia di durata critica corrispondono diversi sistemi, costituiti da differenti elementi, con diverse capacità di stoccaggio e distribuzione dell'acqua piovana.

L'esempio danese dimostra che per gestire in maniera adattiva e preventiva eventi di *flooding* urbano, occorre affrontare la valutazione del rischio alluvione in maniera integrata alle diverse scale dell'ambito urbano (cittadino, distrettuale e di quartiere), in relazione al campo idrografico e idrologico, associando una strategia di gestione adeguata alla morfologia del territorio e quella del sito di progetto.

L'infrastruttura adattiva della *Tåsinge square* crea una natura urbana estetica funzionale e sostenibile, verde e blu, identitaria e riconoscibile che insieme ad una integrata rigenerazione degli usi degli spazi pubblici della città, rivitalizza il quartiere e la pone nel contesto della *climate adaptive city*, *adaptive architecture* and *design*.

Il progetto di *Tåsinge square* e l'intero masterplan per il *klimakvarter* di Saint Kjeld, dimostrano come sia concretamente possibile creare luoghi esteticamente attraenti e sani, e stabilire efficaci soluzioni tecnologiche, integrando l'acqua negli spazi urbani superficiali della città invece che nel sottosuolo.

ture of water on site, which takes place in underground tanks and return the water gradually thanks to hydraulic pumps to the vegetated area.

The parameters related to the *Tåsinge square* are defined by the volume of water to be collected, defining the exceptional rainfall (which causes the system to fail) and the permeable and impermeable surfaces affecting the traditional and the design sewage system. In this way it is possible to define the urban outflow value and its parameters, as Wood argues (2015), which can be identified in: volume of outflow, maximum speed of outflow, time of rain and the height of the flash flood.

The volume of outflow must be calculated so that it can control extreme events with large volumes of water. The maximum rate of outflow is influenced by the morphology of the site and affects the vegetation, the receiving surfaces and the carrying capacity of the sewage system. It is therefore fundamental the topographic project of the catchment spaces, the choice of vegetation, in relation to particular surface frictions and the capacity of rainwater to be collected. The outflow maximum speed values are determined by scientific literature, while precipitation values are used to define maximum collection and storage volumes.

The Danish example shows that in order to manage urban flooding events in an adaptive and proactive manner, flood risk assessment needs to be addressed in an integrated way at the



Fig. 9 - Vista dall'alto della *Tåsinge square* / *Tåsinge square from above* (Source: GHB Landskabsarkitekter / Steven Achiam).



Fig. 10 - Vista in dettaglio: rain parasols e water drop / *Detailed view: the rain parasols and a water drop* (Source: GHB Landskabsarkitekter/ Steven Achiam).

different urban scales (citizen, district and neighborhood), in relation to the hydrographic and hydrological field, associating a management strategy appropriate to the topography of the territory and of the site project.

The adaptive infrastructure of the Tåsinge square creates a functional and sustainable aesthetic urban nature. A green and blue infrastructures together with an integrated regeneration of the public spaces revitalize the neighbourhood and directs. Towards climate adaptive city, adaptive architecture and design.

Tåsinge square and masterplan for the klimakvarter of Saint Kjeld demonstrate how it is possible to concretely create an attractive and healthy places and establish effective technological solutions, integrating water into the urban surface spaces of the city instead of underground.



Fig. 11 - Sistema di drenaggio affiancato alla strada carrabile: road swale / Drainage system alongside the driveway: road swale (Suorce: Mette Fjendbo Petersen).

References

- Andreato, R. (2015), "Cambiamenti climatici: a Copenhagen nuovo quartiere per fronteggiarli", available at: <https://www.greenstyle.it/cambiamenti-climatici-a-copenhagen-nuovo-quartiere-per-fronteggiarli-134090.html> (accessed 24 August 2017).
- Bertelloni, L. (2017), "Un quartiere permeabile contro le alluvioni a Copenhagen", available at: <https://www.architetturaecosostenibile.it/architettura/progetti/quartiere-alluvioni-copenhagen-921> (accessed 21 November 2017).
- Bassolino, E. (2019), "L'impatto dei cambiamenti climatici sulle strategie locali di water management. Imparare da Rotterdam e Copenhagen", *UPLanD – Journal of Urban Planning, Landscape & environmental Design*, 4(1), pp. 21-40.
- City of Copenhagen (2011), "Copenhagen Climate Adaption Plan", available at: https://en.klimatilpasning.dk/media/568851/copenhagen_adaption_plan.pdf (accessed on 12 April 2017).
- City of Copenhagen (2012), "Cloudburst Management Plan 2012", available at: http://en.klimatilpasning.dk/media/665626/cph_-_cloudburst_management_plan.pdf (accessed 6 September 2017).
- City of Copenhagen (2013), "Tåsinge Plads. A green oasis in the climate resilient neighbourhood. A place where rainwater sets the scene for play and social interaction", available at: https://urban-waters.org/sites/default/files/uploads/docs/tasinge_plads.pdf (accessed 13 June 2018).
- Etherington R. (2012), "Saint Kjeld's Kvarter by Tredje Natur", available at: <https://www.dezeen.com/2012/08/18/saint-kjelds-climate-adapted-neighborhood-by-tredje-natur/> (accessed 24 March 2017).
- GHB Landskabsarkitekter (2014), "Taasinge square. Rainwater management", available at: <https://www.ghb-landskab.dk/en/projects/taasinge-square> (accessed 02 February 2018).
- Johansson, J. (2019) "Water plazas as innovative approaches for managing urban stormwater: a design proposal for Södervärnsplan, Malmö", available at: https://stud.epsilon.slu.se/14277/1/johansson_j_190305.pdf (accessed 13 June 2018).
- Klimakvarter (2013), "Tåsinge Plads. Copenhagen's first climate-adapted urban space", available at: <https://klimakvarter.dk/en/projekt/tasinge-plads/> (accessed 02 November 2017).
- Tredje Natur (2013), "The first climate district", available at: <https://www.tredjenatur.dk/en/portfolio/the-first-climate-district/> (accessed 07 July 2017).
- Woods Ballard, B., Wilson, S., Udale-Clarke, H., Illman, S., Scott, T., Ashley, R. & Kellagher, R. (2015), "The SuDS Manual", available at: <http://www.scotsnet.org.uk/documents/NRDG/CIRIA-report-C753-the-SuDS-manual-v6.pdf>

Le conseguenze del cambiamento climatico impongono di innovare i metodi del progetto ambientale alla luce di più complessi approcci al sistema di produzione della conoscenza, integrando nel livello meta-progettuale strategie e azioni per garantire più efficaci contributi ai processi di riduzione del rischio, sui quali convergono le raccomandazioni e le politiche di numerosi organismi internazionali e nazionali. Il volume *Adattarsi al clima che cambia. Innovare la conoscenza per il progetto ambientale*, è il primo dei due libri che restituiscono il lavoro della ricerca PRIN 2015 *Adaptive design e innovazioni tecnologiche per la rigenerazione resiliente dei distretti urbani in regime di cambiamento climatico*, delle *Research Units* dell'Università degli Studi di Napoli Federico II, del Politecnico di Milano, della Sapienza Università di Roma, dell'Università degli Studi della Campania *Luigi Vanvitelli*, dell'Università degli Studi di Firenze, dell'Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria. La ricerca propone una ridefinizione del quadro teorico e metodologico per il progetto di adattamento climatico, individuando nella dimensione inter-scalare e sistemica le chiavi di accesso per interventi in specifici contesti urbani. Partendo da questo punto di vista, il volume inquadra in modo integrato i processi e gli strumenti della conoscenza attraverso i quali affrontare la gestione dei *topics* analitico-interpretativi a supporto delle azioni di *adaptive design*, puntando sulla interazione tra metodi di ricerca quantitativi e l'approccio euristico al progetto per la ricerca di soluzioni *site-specific*. Un sistema di indicatori definisce le condizioni di criticità legate agli impatti climatici e gli esiti *ex-post* degli interventi di rigenerazione urbana. Conclude il volume una lettura critica di casi studio internazionali e nazionali, dai quali sono state evinte prassi efficaci, trasferibili e applicabili ai contesti Italiani in ragione dei livelli inter-scalari utilizzati.

Curatori

Mario Losasso

Professore Ordinario di Tecnologia dell'Architettura presso il Dipartimento di Architettura dell'Università degli Studi di Napoli Federico II

Maria Teresa Lucarelli

Professore Ordinario di Tecnologia dell'Architettura presso il Dipartimento di Architettura e Territorio dell'Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria

Marina Rigillo

Professore Associato di Tecnologia dell'Architettura presso il Dipartimento di Architettura dell'Università degli Studi di Napoli Federico II

Renata Valente

Professore Associato di Tecnologia dell'Architettura presso il Dipartimento di Ingegneria dell'Università degli Studi della Campania *Luigi Vanvitelli*

Climate change consequences require more innovation in the design process at the light of the complex approaches to the knowledge-production system, integrating project strategies and actions within the meta-design approach in order to provide effective contributions to risk reduction, and to support recommendations and policies of the many international and national bodies concerning. The volume Adapting to the Changing Climate.

Knowledge Innovation for Environmental Design is the first of the two books tracing the scientific report of the PRIN 2015 research Adaptive design and technological innovations for the resilient regeneration of urban districts in climate change regime, conducted by Università degli Studi di Napoli Federico II, Politecnico di Milano, Sapienza Università di Roma, Università degli Studi della Campania Luigi Vanvitelli, Università degli Studi di Firenze, Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria. The research goal is to redefine the theoretical and methodological framework of the adaptation project, looking at the systemic and multi-scaling models as the conceptual keys to base the design actions in specific urban contexts. Starting from this point of view, the volume aims at integrating processes and tools of knowledge production, merging the quantitative research methods with the heuristic design approach for providing site-specific solutions. A set of indicators depict the site conditions in terms of climate criticalities and feedbacks resulting from the urban regeneration. The book concludes with a critical reading of international and national case studies, specifically themed, from which effective, transferable and enforceable practices with appropriate multi-scaling levels have been inferred for the Italian contexts.

Editors

Mario Losasso

Full Professor of Architectural Technology at the Department of Architecture, Università degli Studi di Napoli Federico II

Maria Teresa Lucarelli

Full Professor of Architectural Technology at the Department of Architecture and Territory, Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria

Marina Rigillo

Associate Professor of Architectural Technology at the Department of Architecture, Università degli Studi di Napoli Federico II

Renata Valente

Associate Professor of Architectural Technology at the Department of Engineering, Università degli Studi della Campania Luigi Vanvitelli