

Alessandro Raffa

Università degli Studi della Basilicata
raffalessandro@gmail.com

Disseny de la resiliència climàtica urbana amb solucions basades en la natura i infraestructures verdes. Reptes, problemes i bones pràctiques per a la regeneració a escala de barri

Resum: El canvi climàtic planteja reptes sense precedents als entorns urbans, afectant principalment comunitats i ecosistemes ja vulnerables. Tot i que l'acció climàtica (13è Objectiu de Desenvolupament Sostenible) encara tendeix a centrar-se en els canvis econòmics i les solucions tecnològiques, el disseny i la planificació urbans poden tenir un paper crucial en els processos d'adaptació climàtica, millorant la resiliència socioecològica, alhora que milloren la inclusivitat, l'habitabilitat, el benestar per a tothom, obrint-se a escenaris de desenvolupament sostenible. En centrar-se en les solucions basades en la natura (NBS, Nature Based Solutions) i la infraestructura verda (GI, Green Infrastructure), la contribució, que forma part d'una investigació en curs, té com a objectiu identificar problemes, reptes i bones pràctiques per operacionalitzar l'adaptació resilient al clima mitjançant el procés de disseny i planificació de la natura urbana i accions per a la regeneració a escala de barri. A través d'una metodologia qualitativa, es compararan tres casos d'estudi de barri, reconeguts com a millors pràctiques, per tal d'entendre, emetre i procediments relacionats amb la implementació de NBS i GI dins del procés de disseny i planificació de la regeneració urbana.

Paraules clau: Clima; regeneració; solucions basades en la natura; infraestructura verda; disseny

Design urban climate-resilience with Nature-Based Solutions and Green Infrastructures. Challenges, issues, and best practices for neighborhood-scale regeneration

Abstract: Climate change poses unprecedented challenges to urban environments, mostly affecting already vulnerable communities and ecosystems. While Climate Action (13th Sustainable Development Goal) still tends to focus on economic shifts and technological fixes, urban design and planning can play a crucial role in climate adaptation processes, enhancing socio-ecological resilience, while improving inclusivity, livability, wellbeing for all, opening to sustainable development scenarios. By focusing on nature-based solutions (NBS) and green infrastructure (GI), the contribution, which is part of an ongoing research, aims at identifying issues, challenges,

and best practices to operationalize climate resilient adaptation through urban nature design and planning process and actions for neighborhood scale's regeneration. Through a qualitative methodology, three neighborhood case studies, recognized as best practices, will be compared in order to understand, issue and procedures related to the implementation of climate NBS and GI inside urban regeneration design and planning process. eworks towards equitable and livable urban futures.

Keywords: Climate; regeneration; nature-based solutions; green infrastructure; design

Com citar | How to cite:

Raffa, Alessandro. "Design urban climate-resilience with Nature-Based Solutions and Green Infrastructures. Challenges, issues, and best practices for neighborhood-scale regeneration." *ANUARI d'Arquitectura i Societat research journal*, no. 3 (2023): 234-266. ISSN: 2792-7601. <https://doi.org/10.4995/anuari.2023.20056>

Diseño de la resiliencia climática urbana con soluciones basadas en la naturaleza y las infraestructuras verdes. Desafíos, problemas y buenas prácticas para la regeneración a escala de barrio

Resumen: El cambio climático plantea desafíos sin precedentes para los entornos urbanos y afecta principalmente a comunidades y ecosistemas que ya son vulnerables. Si bien la Acción Climática (13º Objetivo de Desarrollo Sostenible) todavía tiende a centrarse en los cambios económicos y las soluciones tecnológicas, el diseño y la planificación urbanos pueden desempeñar un papel crucial en los procesos de adaptación al clima, mejorando la resiliencia social y ecológica y al mismo tiempo mejorando la inclusión, la habitabilidad y el bienestar para todos, invitando a escenarios de desarrollo sostenible. Al centrarse en las soluciones basadas en la naturaleza (SBN) y la infraestructura verde (IV), la contribución, que forma parte de una investigación

en curso, tiene como objetivo identificar problemas, desafíos y mejores prácticas para hacer operativa la adaptación resiliente al clima a través del proceso de diseño y planificación de la naturaleza urbana y de acciones para la regeneración a escala de barrio. A través de una metodología cualitativa, se compararán tres estudios de caso de barrios, reconocidos como buenas prácticas, para comprender los problemas y procedimientos relacionados con la implementación de SBN e IV climáticas dentro del proceso de diseño y planificación de la regeneración urbana.

Palabras clave: Clima; regeneración; soluciones basadas en la naturaleza; infraestructura verde; diseño

Dessin de la résilience climatique urbaine avec des solutions fondées sur la nature et les infrastructures vertes. Défis, problèmes et bonnes pratiques pour la régénération à l'échelle de quartier

Résumé : Le changement climatique pose des défis sans précédents aux milieux urbains qui touchent surtout les communautés et les écosystèmes déjà vulnérables. Tandis que l'Action pour le Climat (13e Objectif de Développement Durable) vise à se centrer sur les changements économiques et les solutions technologiques, le dessin et la planification urbains peuvent jouer un rôle crucial sur les processus d'adaptation au climat, en améliorant la résilience socio-écologique, en même temps qu'ils améliorent l'inclusion, l'habitabilité et le bien-être pour tout le monde, en s'ouvrant à des scènes de développement durable. En se centrant sur les solutions fondées sur la nature (SBN) et l'infrastructure verte (IV), cette contribution (faisant partie d'une recherche en

cours) a pour objectif d'identifier les problèmes, les défis et les bonnes pratiques pour rendre opérative l'adaptation résiliente au climat à travers le dessin de la nature urbaine et le processus de planification et actions pour la régénération à l'échelle de quartier. Au moyen d'une méthodologie qualitative, on y compare trois études de cas de quartier, reconnus comme de bonnes pratiques, afin de comprendre les problèmes et les procédures ayant rapport avec la mise en œuvre des SBN climatiques et l'IV dans le processus de dessin et de planification de la régénération urbaine.

Mots-clés : Climat ; régénération ; solutions fondées sur la nature ; infrastructure verte ; dessin

Una introducció

Aquest article forma part d'un projecte de recerca en curs de tres anys amb l'objectiu de definir qüestions, principis i procediments per planificar i dissenyar entorns urbans resilents al clima utilitzant mecanismes no estructurals i híbrids. Les solucions basades en la natura (NbS, Nature-based Solutions) i la infraestructura verda (GI, Green Infrastructure) ofereixen nombrosos beneficis, milloren l'habitabilitat i el benestar i, en última instància, reforcen la resiliència socioecològica. La perspectiva teòrica pretén contribuir a l'evolució del coneixement sobre la resiliència climàtica i subratlla el paper de les disciplines de disseny a l'hora d'abordar les incerteses que planteja el canvi climàtic. Des d'una perspectiva aplicada, la investigació té com a objectiu proporcionar orientació a investigadors, dissenyadors, professionals i parts interessades locals compromeses en la planificació i el disseny urbà. Fomenta veure els impactes del canvi climàtic com un motor per millorar la capacitat adaptativa local i desenvolupar escenaris de desenvolupament sostenible. Els impactes del canvi climàtic són generalitzats i diversos, i comprenen tant esdeveniments catastròfics sobtats com l'acumulació gradual de canvis subtils. Els entorns urbans i les seves comunitats són els més afectats per aquests impactes. No obstant això, les ciutats també són centres d'innovació tecnològica, ambiental, econòmica, social i política que poden contribuir a adaptar-se al canvi climàtic. Poden satisfer la creixent demanda dels ciutadans d'accions decisives i significatives en resposta a la crisi climàtica. Malgrat el creixent interès pel canvi climàtic en contextos urbans, el debat públic sovint descuida el paper del disseny, tot i que el disseny urbà influeix significativament en el clima urbà. Per fer front a això, és imprescindible reavaluar els enfocaments, metodologies i eines establerts en el context d'una transició justa per a tothom. Això implica abordar les asimetries presents i futures que el canvi climàtic pot exacerbar alhora que millora el benestar i la inclusió de la comunitat.

La contribució s'estructura en deu paràgrafs. Els tres paràgrafs inicials aprofundeixen en els antecedents teòrics, explorant: (i) el paper de NbS i GI en l'acció climàtica, (ii) la interconnexió entre el canvi climàtic i l'adaptació basada en la resiliència, i (iii) la

An introduction

The current paper is part of an ongoing three-year research project with the objective of defining issues, principles, and procedures for planning and designing climate-resilient urban environments using non-structural and hybrid mechanisms. Nature-based Solutions (NbS) and Green Infrastructure (GI) offer numerous benefits, enhance livability and well-being, and ultimately bolster socio-ecological resilience. The theoretical perspective aims to contribute to the evolving body of knowledge concerning climate resilience and underscores the role of design disciplines in addressing the uncertainties posed by climate change. From an applied perspective, the research aims to provide guidance to researchers, designers, practitioners, and local stakeholders engaged in urban planning and design. It encourages viewing climate change impacts as a driver for enhancing local adaptive capacity and developing sustainable development scenarios. Climate change impacts are pervasive, diverse, comprising both sudden catastrophic events

and the gradual accumulation of subtle changes. Urban environments and their communities are most affected by these impacts. However, cities are also hubs of technological, environmental, economic, social, and political innovation that can contribute to adapting to climate change. They can meet the growing demand from citizens for decisive and meaningful actions in response to the climate crisis. Despite the increasing interest in climate change in urban contexts, the public debate often neglects the role of design, even though urban design significantly influences urban climate. To address this, it is imperative to reevaluate established approaches, methodologies, and tools in the context of a just transition for all. This involves addressing present and future asymmetries that climate change may exacerbate while enhancing community well-being and inclusivity.

The contribution is structured into ten paragraphs. The initial three paragraphs delve into the theoretical background, exploring: (i) the role of NbS and GI in climate action, (ii) the interconnection between

importància de l'escala de barri en la implementació de solucions verdes per a l'adaptació resilient al clima. Posteriorment, el treball introdueix la metodologia adoptada (iv) i els criteris de selecció de casos pràctics (v). Procedeix després a presentar i comparar tres casos d'estudi (vi-viii). A través d'aquesta anàlisi comparativa s'introdueixen i discuteixen qüestions crítiques (ix). Finalment, el document conclou (x) amb una reflexió que aplanava el camí per a noves possibilitats operatives en l'adaptació climàtica impulsada pel disseny a escala de barri mitjançant la implementació de NbS i GI.

Solucions basades en la natura i infraestructura verda per a accions climàtiques

A mesura que els impactes del canvi climàtic es fan cada vegada més evidents, creix la urgència de planificar i dissenyar una adaptació resilient al clima mitjançant mesures basades en la natura. Els Estats membres de la Unió Europea (UE) han fet passos significatius en la integració de solucions basades en la natura (NbS) i la infraestructura verda (GI) per millorar el coneixement i implementar projectes específics. L'actualització de l'estratègia d'adaptació de la UE de 2021¹ posa un fort èmfasi en els enfocaments basats en els ecosistemes, particularment els NbS, mentre que altres marcs polítics rellevants com l'Estratègia d'Infraestructura Verda² i l'Estratègia de Biodiversitat³ també donen suport a aquests esforços. Les NBS es reconeixen com una de les mesures clau per a l'adaptació en la notificació voluntària de les mesures d'adaptació dels Estats membres.⁴ El 2022, l'ONU reconeix les NBS com a crucials per donar suport als escenaris de desenvolupament sostenible⁵ previstos per l'Agenda 2030. La Comissió Europea defineix les NBS com: "Les solucions inspirades i recolzades per la natura, que són rendibles, proporcionen simultàniament beneficis ambientals, socials i econòmics i ajuden a construir resiliència. Aquestes solucions aporten més, i més diverses, característiques i processos naturals de la natura a les ciutats, paisatges territorials i paisatges marins, a través d'intervencions sistèmiques adaptades localment, i eficients en l'ús dels recursos".⁶ Les NbS abasten una

climate change and resilience-based adaptation, and (iii) the importance of the neighborhood scale in implementing green solutions for climate-resilient adaptation. Subsequently, the paper introduces the adopted methodology (iv) and the case study selection criteria (v). It proceeds to present and compare three case studies (vi-viii). Through this comparative analysis, critical issues are introduced and discussed (ix). Finally, the paper concludes (x) with a reflection that paves the way for new operational possibilities in design-driven climate adaptation at the neighborhood scale through the implementation of NbS and GI.

Nature based Solutions and Green Infrastructure for climate actions

As the impacts of climate change become increasingly evident, the urgency to plan and design climate resilient adaptation using nature-based measures grows. European Union (EU) Member States have taken significant strides in mainstreaming Nature

based Solutions (NbS) and Green Infrastructure (GI) to enhance knowledge and implement specific projects. The updated 2021 EU Adaptation Strategy¹ places a strong emphasis on ecosystem-based approaches, particularly NbS, while other relevant policy frameworks such as the Green Infrastructure Strategy² and the Biodiversity Strategy³ also support these efforts. NBS are recognized as one of the key measures for adaptation in the voluntary reporting of Member States' adaptation measures.⁴ In 2022, UN recognize NBS as crucial for supporting sustainable development scenarios⁵ envisioned by the 2030 Agenda. EU Commission defines NBSs as: "Solutions that are inspired and supported by nature, which are cost-effective, simultaneously provide environmental, social and economic benefits and help build resilience. Such solutions bring more, and more diverse, nature and natural features and processes into cities, landscapes and seascapes, through locally adapted, resource-efficient and systemic interventions."⁶ Nature-based Solutions encompass a range of ecosystem-based approaches that seek to enhance climate resilience.

sèrie d'enfocaments basats en els ecosistemes que busquen millorar la resiliència climàtica. Aquestes solucions polivalents sovint produeixen cobeneficis significatius en aspectes ecològics, econòmics i socials en comparació amb les mesures tècniques tradicionals. Les NbS aborden els reptes relacionats amb la resiliència dels ecosistemes, el canvi climàtic, la salut humana i el benestar general, convertint-los en un enfocament holístic per abordar problemes socials, econòmics i ambientals i construir resiliència contra amenaces futures. A més, les NbS ofereixen múltiples avantatges addicionals, demostrant ser rendibles a llarg termini en comparació amb els enfocaments convencionals. Així, les NbS es poden veure com una alternativa complementària o global als mètodes exclusivament tècnics. La GI s'ha definit com "una xarxa estratègicament planificada d'àrees naturals i seminaturals amb altres característiques ambientals, dissenyada i gestionada per oferir una àmplia gamma de serveis ecosistèmics, alhora que millora la biodiversitat."⁷ La IG és un concepte que sorgeix de la planificació i, per tant, el focus se centra en el paper estratègic per integrar els espais verds i els seus serveis ecosistèmics associats en l'entorn urbà a múltiples escales.⁸ Com a enfocament de planificació, la GI proporciona orientació estratègica per integrar les NbS en el desenvolupament de xarxes multifuncionals d'espais verds a diverses escales. La planificació GI es caracteritza per: integració, exploració dels problemes amb la xarxa d'espais verds i altres fets urbans, com els espais construïts, la mobilitat, les infraestructures energètiques i hidrúiques, etc; multifuncionalitat, combinant funcions ecològiques, socials, econòmiques i culturals; connectivitat, tangible i funcional, entre espais verds a diferent escala i des de diferents perspectives; enfocament multiescala: la planificació de la IG hauria de funcionar a totes les escales; enfocament multiobjecte, considerant junts els espais verds en la seva multiplicitat.⁹ La combinació dels conceptes de les NbS i la GI permet l'ús estratègic de la natura en el disseny d'espais resilents al clima. La naturalesa urbana juga un paper vital en la millora de l'adaptabilitat i la resiliència d'una ciutat al canvi climàtic. Contribueix a la qualitat global, l'habitabilitat i el benestar de les zones urbanes, facilitant els processos cap a transicions sostenibles. En adoptar mesures basades en la natura i integrar-les en el disseny i la planificació urbana, les ciutats poden aplanar el camí cap a un futur més sostenible i resistent al clima.

These multi-purpose solutions often yield significant co-benefits in ecological, economic, and social aspects compared to traditional technical measures. NbS address challenges related to ecosystem resilience, climate change, human health, and overall well-being, making them a holistic approach to tackling social, economic, and environmental issues and building resilience against future threats. Furthermore, NbS offer multiple additional benefits, proving to be cost-effective and cheaper in the long term compared to conventional approaches. Thus, NbS can be viewed as a complementary or comprehensive alternative to exclusively technical methods. GI has been defined as "A strategically planned network of natural and semi-natural areas with other environmental features, designed and managed to deliver a wide range of ecosystem services, while also enhancing biodiversity."⁷ GI is a concept that stems from planning, and hence the focus is on the strategic role for integrating green spaces and their associated ecosystem services within urban environment at multiple scales.⁸ As a planning approach, GI provides strategic

guidance for integrating NbS into the development of multifunctional green space networks at various scales. GI planning is characterized by: integration, exploring the entanglements with green spaces network and other urban facts, like built spaces, mobility, energy and water infrastructures, etc; multifunctionality, combining ecological, social, economic and cultural functions; connectivity, both tangible and functional, between green spaces at different scale and from different perspectives; multi-scale-approach: GI planning should work at across scales; multi-object approach, considering together green spaces in their multiplicity.⁹ Combining the concepts of NbS and GI allows for the strategic use of nature in designing climate-resilient spaces. Urban nature plays a vital role in enhancing a city's adaptability and resilience to climate change; it contributes to overall quality, livability, and well-being of urban areas, facilitating processes towards sustainable transitions. By embracing nature-based measures and integrating them into urban design and planning, cities can pave the way for a more sustainable and climate-resilient future.

Canvi climàtic, adaptació i resiliència

S'ha dut a terme una investigació teòrica per aprofundir en la interacció entre el canvi climàtic, l'adaptació (capacitat adaptativa) i la resiliència, i les seves implicacions dins de la perspectiva orientada a la planificació / disseny. L'adaptació és un "procés d'adaptació al clima real o esperat i els seus efectes."¹⁰; permet als organismes, ecosistemes i societats humanes adaptar-se als canvis climàtics que s'han començat a produir i també anticipar-se als riscos futurs. Entre incremental i transformacional, l'adaptació és un procés complex que va arribar a l'entroncament de múltiples escales temporals, espacials i socials.¹¹ Mentre que la noció de capacitat adaptativa ha sorgit com a part del lèxic del canvi climàtic, la resiliència és un concepte més ampli que reflecteix la capacitat d'un sistema per respondre i reorganitzar-se després d'una pertorbació.¹² La resiliència, en una perspectiva socioecològica, determina "la persistència de relacions dins d'un sistema i és una mesura de la capacitat del sistema per absorbir canvis de variables d'estat, variables impulsores i paràmetres, i que encara persisteix".¹³ Amb l'emergència de la sensibilitat al canvi climàtic, la resiliència, tot i que no és una idea nova, s'ha vist cada vegada més com un concepte útil per abordar el risc, el canvi impredecible i els esforços per tornar a un estat de funcionament equilibrat en un context urbà. En les últimes dues dècades, el concepte de resiliència ha cridat l'atenció de molts estudiosos implicats en l'entorn de construcció.¹⁴ Diversos autors han destacat la seva mal-leabilitat,¹⁵ multidimensionalitat¹⁶ i l'aseva obertura com a oportunitat per a les interseccions disciplinàries.¹⁷ La resiliència també es considera un marc estratègic per a moltes organitzacions i agendes internacionals: Acord de París COP21; Hàbitat III: Nova Agenda Urbana; Programa de Resiliència a la Ciutat del Banc Mundial; Agenda Urbana de la UE; Agenda 2030 de les Nacions Unides, etc. El pensament resilient, com a enfocament estratègic, té potencials per a sistemes socioecològics complexos, és a dir, entorns urbans, que són dinàmics i necessiten fer front a l'alta incertesa present i futura del canvi climàtic. "La resiliència de les ciutats reflecteix la capacitat general d'una ciutat (individus, comunitats, institucions, empreses i sistemes) per sobreviure, adaptar-se i prosperar, independentment del tipus d'estrès

Climate change, adaptation and resilience

A theoretical investigation has been carried on to deepen the interplay between climate change, adaption (adaptative capacity) and resilience, and their implications inside planning/design-oriented perspective. Adaptation is a "process of adjustment to actual or expected climate and its effects."¹⁰; it allows organisms, ecosystems and human societies to adjust to the climate-related changes that have started to occur and also to anticipate future risks. Between incremental and transformational, adaptation is a complex process which came at the crossroad of multiple time, spacial and social scale.¹¹ While the notion of adaptive capacity has emerged as part of the lexicon of climate change, resilience is a broader concept which reflects the ability of a system to respond and reorganize itself after a perturbation.¹² Resilience, in a socio-ecological perspective, determines "the persistence of relationships within a system and is a measure of the ability of the system to absorb changes of

state variables, driving variables, and parameters, and still persist".¹³ With the emergence of climate change sensibility, resilience, although is not a new idea, has increasingly been seen as a useful concept to approach risk, unpredictable change and the efforts to return to a balanced functioning state in an urban context. In the last two decades, the concept of resilience has caught the attention on many scholars involved in the build environment.¹⁴ Several authors have stressed its malleability,¹⁵ multi-dimensionality¹⁶ and openness as an opportunity for disciplinary intersections.¹⁷ Resilience is considered a strategic framework for many international organization and agendas too: COP21 Paris Agreement; Habitat III New Urban Agenda; World Bank City Resilient Program; EU Urban Agenda; UN Agenda 2030, etc. Resilience-thinking, as a strategic approach, has potentials for complex socio-ecological systems, i.e. urban environment, that are dynamic and need to cope with climate change present and future high uncertainty. "City resilience reflects the overall capacity of a city (individuals, communities,

crònic o xoc agut que experimentin.”¹⁸ Aquesta definició sembla adequada per al tema de l’adaptació al canvi climàtic en l’entorn urbà, que pot afrontar no només esdeveniments preocupants, sinó també tendències perturbadores. Per tant, en el camp del disseny i la planificació, operacionalitzar la resiliència és una possible manera de capitalitzar les oportunitats beneficioses de les accions d’adaptació al canvi climàtic. En la literatura de disseny i planificació, l’emergència de la resiliència en relació amb l’adaptació al canvi climàtic és recent, i molts consideren la resiliència com un concepte pont entre el disseny i l’adaptació.¹⁹ Pel que fa a l’adaptació climàtica, un enfocament basat en la resiliència anima els professionals a considerar la innovació i el canvi per ajudar a recuperar-se de tensions i xocs que poden o no ser previsibles. La resiliència climàtica ha de ser integradora, basada en el lloc i en la comunitat, i conscient dels canvis a llarg termini (en lloc de només xocs), interaccions a gran escala i compensacions.

Regeneració resilient al clima a escala de barri

En els últims anys ha sorgit un interès creixent al voltant del paper del disseny i la planificació de barris per a l’acció climàtica, tot i que el tema ha estat poc explorat per la literatura acadèmica. Com van demostrar Joshi et al. a través de la seva revisió bibliogràfica d’abast,²⁰ la comparació numèrica entre els articles d’investigació sobre l’acció climàtica a la ciutat i el barri revela una completa asimetria a favor dels primers. No obstant això, un interès acadèmic recent i creixent sobre com afrontar el reptes climàtic a escala de barri està florint, recolzat pel disseny i la planificació d’experiències regeneratives. Tot i que limitades, les ciutats experimenten en els seus barris per identificar estratègies d’adaptació i accions que s’obrin a escenaris de desenvolupament sostenible per a tota la ciutat. Els impactes del canvi climàtic es manifesten en gran mesura a nivell local, i afecten sobretot comunitats ja vulnerables. Els motors subjacents de la vulnerabilitat són inherentment específics del context i es reflecteixen a escala local. El barri és fonamental per aproximar la complexitat urbana, comprendre i interpretar la relació interconnectada entre el clima, la densitat i

institutions, businesses, and systems) to survive, adapt and thrive no matter what kinds of chronic stresses or acute shocks they experience.”¹⁸ This definition seems suitable for the topic of climate change adaptation in the urban environment, which can face not only disturbing events, but also disturbing trends. Hence, in the field of design and planning, operationalizing resilience is a possible way to capitalize on the beneficial opportunities of climate change adaptation actions. In the design and planning literature, the emergence of resilience in relation to climate change adaptation is recent, and many consider resilience as a bridging concept between design and adaptation.¹⁹ Concerning climate adaptation, an approach based on resilience encourages practitioners to consider innovation and change to aid recovery from stresses and shocks that may or may not be predictable. Climate resilience should be integrative, place and community-based, and aware of long-term change (rather than just shocks), cross-scale interactions, and trade-offs.

Climate-resilient regeneration at neighborhood scale

A growing interest has emerged in the last years around the role of neighborhood design and planning for climate action, even though the topic has been poorly explored from scholar literature. As Joshi et al. demonstrated through their scoping literature review,²⁰ the numeric comparison between research articles concerning climate action in city and neighborhood reveals a complete asymmetry in favor of the former. However, a recent and increasing scholar interest in how to tackle climate challenge at neighborhood scale is flourishing, supported by design and planning regenerative experiences. Although limited, cities are experimenting on their neighborhoods in order to identify adaptation strategies and action that will open up to sustainable development scenarios for the whole city. Impacts of climate change are manifested largely at the local level, and mostly impact already vulnerable communities. The underlying drivers of vulnerability are inherently context-specific and reflected at

la forma urbanes, l'accessibilitat al trànsit, la infraestructura, la xarxa socioecològica, l'economia i el benestar, etc. a escala local. L'escala de barri problematitza pel que fa a l'enfocament basat en el lloc i la participació de la comunitat en la planificació i el disseny d'escenaris resistents al clima; les accions basades en el lloc permeten respondre a les necessitats de les persones i involucrar-les en la formulació i disseny de polítiques, millorant la preparació i la resiliència comunitària. Tot i que moltes polítiques i institucions reconeixen la necessitat d'una acció local i una adaptació resilient basada en la comunitat en resposta al canvi climàtic, a la pràctica, els experiments i activitats de disseny a escala de barri han estat poc operatius i, en general, no es duen a terme de manera que es pugui escalar. Recentment, els Urban Living Labs (ULL) han sorgit com una nova manera d'abordar reptes urbans complexos i provar la innovació tecnològica socioecològica al laboratori de la "vida real" de la ciutat. Els ULL s'han establert per experimentar amb la innovació i provar solucions a diversos reptes, també el canvi climàtic, a escala local. Els ULL qüestionen la divisió actual entre la interpretació centrada en "sistemes" i la "comunitat" de la resiliència climàtica urbana,²¹ cercant metodologies i accions de disseny innovadores, holístiques, transversals i integrades.

Metodologia

La metodologia és qualitativa i adopta una "estratègia de mètode mixt"²² formada per: recerca per al disseny, amb coneixements d'altres camps, com les ciències del clima, l'ecologia i el pensament resilient;²³ investigació de disseny, l'estudi dels enfocaments actuals del disseny a través de l'anàlisi comparativa dels casos de regeneració a escala de barri. Les troballes s'utilitzaran per extreure i aplicar principis dins de la futura experimentació de disseny impulsada per la investigació, per tal de provar-los i refinar-los operativament.

S'ha dut a terme una revisió crítica dels tres casos d'estudi a través d'articles científics i pàgines web de les empreses de disseny; ha estat recolzat també per exploracions in situ el 2022.

local scale. Neighborhood is critical to approximate urban complexity, understand and interpret the interconnected relationship between climate, urban density and form, transit accessibility, infrastructure, socio-ecological network, economy and welfare etc. at local scale. Neighborhood scale problematize concerning place-based approach and community involvement in planning and designing climate-resilient scenarios; place-based actions allow to be responsive to people needs and involve them in policy making and design, enhancing preparedness and community resilience. While many policies and institutions acknowledge the need for local action and community-based resilient adaptation in response to climate change, in practice, neighborhood scale design experiments and activities have been poorly operationalized and generally are not carried out in a manner that can achieve scale. Recently, Urban living labs (ULLs) have emerged as a new way to address complex urban challenges and test socio-ecological techno-natural innovation in the 'real life' laboratory of the city. ULLs have been established to experiment with innovation and test solutions to

diverse challenges, also climate change, at a local scale. ULLs questions the present divide between 'systems' and 'community' focused interpretation of urban climate resilience,²¹ asking for innovative, holistic cross-disciplinary and integrated design methodologies and actions.

Methodology

The methodology is qualitative and adopts a 'mixed method strategy'²² made up by: research for design, taking knowledge from other fields, such as climate science, ecology and resilience thinking;²³ research of design, the study of current design approaches through the comparative analysis of neighborhood scale regeneration case studies. The findings will be used to extract and apply principles inside future research-driven design experimentation, in order to test and refined them operationally.

A critical review of the three case studies has been conducted through scientific articles and design

Per a cada cas d'estudi, els resultats de la revisió crítica s'han sintetitzat en un gràfic en el qual s'han recollit vulnerabilitats locals, estratègies gastrointestinals, famílies NbS i tècnica²⁴ i es presenten beneficis derivats de la seva implementació de GI i NbS. Reconeixuts com a millors pràctiques rellevants pel que fa a la regeneració resilient al clima a través de dispositius verds, els tres casos d'estudi es compararan des d'una perspectiva ecològica, social i econòmica. Entre similituds i diferències els resultats se sintetitzaran en el gràfic comparatiu final; a partir d'aquesta comparació, s'identificaran algunes qüestions sobre la implementació de NbS i GI climàtica per al disseny i la planificació de la regeneració urbana.

Críteris de selecció dels casos d'estudi

La selecció dels casos d'estudi és el resultat de la intersecció dels cinc punts següents:

1. Integrar NbS i GI com a part d'una estratègia d'adaptació a escala de barri, en particular a esdeveniments de ruixats i inundacions urbanes;
2. Han estat dissenyats com a banc de proves per a l'adaptació urbana integral. Les seves solucions són replicables i es poden escalar;
3. El disseny permet als veïns experimentar l'adaptació al canvi climàtic a través de la variabilitat espacial;
4. El disseny té com a objectiu construir espais públics vibrants per a activitats recreatives, millorant les interaccions socials i el benestar i la qualitat espacial;
5. S'han desenvolupat a través d'un procés de co-disseny i multidisciplinarietat;

Creuant les dades, la investigació es va centrar en tres casos d'estudi. Per operacionalitzar la resiliència climàtica urbana, es presentaran i compararan els següents casos d'estudi: Klimakvarter Østerbro a Copenhaguen, prova climàtica ZoHo i el BoTu a Rotterdam. Els casos d'estudi pertanyen a la mateixa àrea geogràfica que representen un dels punts

firms' webpages; it had been supported also by on site explorations in 2022.

For each case studies, the outcomes of the critical review has been synthesized in a chart in which local vulnerabilities, GI strategies, NbS families and technique²⁴ and benefits derived from their implementation of GI and NbS are presented. Recognized as relevant best practices concerning climate resilient regeneration through green dispositives, the three case studies will be then compared from an ecological, social and economic perspectives. Between similarities and differences the results will be synthesized in the final comparative chart; from this comparison some issues on climate NbS and GI implementation for urban regeneration design and planning will be identified.

Case study selection criteria

The selection of the case studies is the result of the intersection of the following five points:

(i) Integrate NbS and GI as part of a neighborhood scale adaptation strategy, in particular to cloudburst and urban flooding events;

(ii) They have been designed as test bed for comprehensive urban adaptation. Their solutions are replicable and can be upscaled;

(iii) Design allows neighbors to experience climate change adaptation through space variability;

(iv) Design aim to build vibrant public spaces for recreational activities, enhancing social interactions and wellbeing and spatial quality too;

(v) Had been developed through a co-design and multidisciplinary process;

By cross referencing the data, the research focused on three case studies. To operationalize urban climate resilience, the following case studies will be presented and compared: Klimakvarter Østerbro in Copenhagen, Climate Proof ZoHo and the BoTu in Rotterdam. The

calents globals per a l'adaptació climàtica des d'una perspectiva de disseny i planificació. Copenhague i Rotterdam també formen part de xarxes globals, que tenen com a objectiu ajudar les ciutats a construir resiliència als reptes físics, socials i econòmics en temps d'incerteses; els seus barris són llocs experimentals on posar en pràctica i provar estratègies i accions per millorar la resiliència, també climàtica.

Klimakvarter Østerbro

Copenhague és un exemple virtuós de com l'adaptació al canvi climàtic es pot interpretar com una oportunitat tangible per a la regeneració urbana a escala local. Des dels greus ruixats del 2 de juliol de 2011, que havien produït danys significatius al Gran Copenhague, el govern de la ciutat ha adoptat un enfocament proactiu mitjançant la implementació d'una estratègia integral i integradora per mitigar i adaptar-se als efectes de possibles desastres induïts pel clima. Els seus esforços s'havien sintetitzat en tres documents: Pla d'adaptació climàtica (2011), Pla de gestió de ruixats (2012) i Declaració d'adaptació i inversió al canvi climàtic (2015). Aquests documents, en conjunt, representen el marc estratègic per a la implementació d'accions de disseny resilents al clima, que havien donat lloc a una constel·lació d'intervencions a l'espai públic, que integra l'enfocament GI i NBS. En primer lloc, s'ha identificat una zona especialment vulnerable al clima a la part nord de la ciutat, Østerbro, per transformar-la en un barri pilot de climatologia, millorant també la qualitat de l'espai públic i la biodiversitat. El pla director d'Østerbro, dissenyat per la firma danesa Tredje Natur el 2013, té com a objectiu crear 50.000 m² d'espais verds i reduir gradualment la dependència de la xarxa subterrània mixta de clavegueram de tempestes desconnectant el 30% de les aigües pluvials. Aquesta iniciativa busca potenciar la presència de zones verdes a l'espai públic, alhora que millora la gestió de les aigües pluvials i redueix l'efecte illa de calor dins del barri; també preveu desenvolupar solucions de disseny tecnològic que es puguin replicar en altres punts de la ciutat. Aquesta regeneració climàtica de l'espai públic té com a objectiu "millorar la ciutat en relació amb les expectatives ciutadanes pel

case studies belong to the same geographical area which represent one of the global hotspots for climate adaptation from a design and planning perspective. Copenhagen and Rotterdam are also part of global networks, which aim to help cities building resilience to the physical, social and economic challenges in time of uncertainties; its neighborhoods are experimental places where to put in practices and test strategies and actions to improve resilience, also climatic.

Klimakvarter Østerbro

Copenhagen is a virtuous example of how climate change adaptation can be interpreted as a tangible opportunity for urban regeneration at local scale. From the severe cloudbursts of July 2, 2011 which had produced significant damage to the Greater Copenhagen, the city government has taken a proactive approach by implementing a comprehensive and integrative strategy to mitigate and adapt to the effects of potential climate-induced disasters. Its efforts had been synthesized in three documents: Climate

Adaptation Plan (2011), Cloudburst Management Plan (2012) and Climate Change Adaptation and Investment Statement (2015). These documents, together, represent the strategic framework for the implementation of climate-resilient design actions, which had led to a constellation of interventions on the public space, which integrates GI and NBS approach. Firstly, a particularly climate vulnerable area has been identified in the northern part of the city, Østerbro, in order to transform it into a pilot climate neighborhood, improving also public space quality and biodiversity. The masterplan for Østerbro, design by the Danish firm Tredje Natur in 2013, aims to create 50,000 m² of green spaces and gradually reduce the dependency on the underground mixed storm sewer network by disconnecting 30% of the stormwater. This initiative seeks to enhance the presence of green areas in public space, while simultaneously improving stormwater management and reduce heat island effect within the neighborhood; it also provides to develop techno-natural design solutions that could be replicated in other part of the city. This public space climate-driven regeneration aims to "upgrade the city

que fa al que la ciutat pot aportar en sostenibilitat, sociabilitat i salut [...]”²⁵ El pla director demostra la integració de la resiliència als futurs ruixats i la creació d'espais urbans verds i recreatius. En integrar aquests elements, el projecte millora la biodiversitat alhora que aborda qüestions com el trànsit, la contaminació de l'aire i l'efecte illa de calor urbana. Desenvolupa un corredor verd a escala de barri que connecta de nord a sud dues zones verdes existents i està format per tres projectes, que tenen com a denominador comú la reducció de la superfície impermeable, l'ús de NBS i la creació d'espais públics de qualitat.

Els projectes Skt. Kjelds Plads i Bryggervangen, dissenyats per SLA entre 2016 i 2019,²⁶ tenien l'objectiu de transformar una zona d'infraestructura grisa congestionada en un espai verd habitable que pogués respondre a inundacions extremes. Un dels aspectes clau dels projectes ha estat la retirada de voreres dures d'una part important de l'entorn de la rotonda i de l'avinguda. Aquesta actuació de despavimentació va permetre crear un nou paviment de retenció, que ara acull un ecosistema divers d'arbres autòctons que, per la seva capacitat d'absorció de CO₂ i contaminants, contribueixen a millorar la qualitat de l'aire i atraure espècies animals, potenciant la biodiversitat. Al llarg de la carretera Bryggervangen, la instal·lació de múltiples zones verdes als antics aparcaments redueix la velocitat dels cotxes, augmenten les zones de detenció d'aigua de pluja i baixen la temperatura local durant les onades de calor. En general, els projectes Skt. Kjelds Plads i Bryggervangen van transformar amb èxit una àrea d'infraestructura grisa superpoblada en un espai urbà sostenible i centrat en la natura. En prioritzar la GI i utilitzar els NBS, els projectes no només han millorat la resiliència de la zona als riscos climàtics, sinó que també han creat un entorn més habitable i vibrant per a tots els residents. (Figura 1)

Amb els mateixos objectius, l'empresa paisatgística GHB va dissenyar la plaça Tåsinge²⁷ (2014), el primer espai públic adaptatiu al clima de Copenhague. Un asfalt en desús de 1.000 metres quadrats s'ha convertit en un espai públic 'natural'. A l'interior de la plaça, els talussos verds faciliten la recollida de l'aigua de pluja, dirigint-la cap a zones humides temporals poblades de plantes que filtren i absorbeixen l'aigua de pluja, reduint efectivament la pressió sobre el sistema gris de clavegueram.

in relation to the citizen's expectations in terms of what the city can provide in sustainability, sociability, and in regards to health [...]”²⁵ The masterplan demonstrates the integration of resilience to future cloudbursts and the creation of green and recreational urban spaces. By integrating these elements, the project enhances biodiversity while simultaneously addressing issues such as traffic, air pollution, and the urban heat island effect. It develops a neighborhood-scale green corridor connecting north-south two existing green areas and is made up by three projects, which have as their common denominator the reduction of impermeable surface area, the use of NBS, and the creation of high-quality public spaces.

The Skt. Kjelds Plads and Bryggervangen projects, design by SLA between 2016 and 2019,²⁶ aimed to transform a congested grey infrastructure area into a livable green space that could respond to extreme flooding. One of the key aspects of the projects was the removal of hard pavements from a significant portion of the area surrounding the traffic circle and along the avenue. This de-paving action

allowed for the creation of a new retention surface, which now hosts a diverse ecosystem of native trees, that, due to their capacity to absorb CO₂ and pollutants, contribute to improve air quality and attract animal species, enhancing biodiversity. Along Bryggervangen road, the installation of multiple green areas in the former parking lots reduce car speed, increase detention areas for rainwater, lower local temperature during heatwaves. Overall, the Skt. Kjelds Plads and Bryggervangen projects successfully transformed an overcrowded grey infrastructure area into a sustainable and nature-centered urban space. By prioritizing GI and employing NBS, the projects have not only enhanced the resilience of the area to climate hazards but also created a more livable and vibrant environment for all residents. (Figure 1)

With the same objectives, GHB landscape firm designed the Tåsinge square²⁷ (2014), the first climate adaptive public space of Copenhagen. A 1,000 square meters of unused asphalt has been turned into a 'natural' public space. Inside the square, grassy slopes facilitate the collection of rainwater, directing

S'han construït camins elevats per garantir l'accessibilitat fins i tot durant la inundació de la plaça. Més en general, la plaça Tåsinge és un sistema tecnonatural resistent al clima per gestionar l'aigua, també dels voltants. Des dels carrers i edificis del barri, l'aigua de pluja es dirigeix a un gran embassament, després d'haver estat sotmesa a diversos processos de filtratge que permeten reutilitzar l'aigua.

Durant l'estació seca, l'aigua recollida es pot bombejar des de l'embassament trepitjant una placa basculant, gaudint de l'experiència de deixar emergir aigua; durant el període de fortes pluges, l'embassament s'omple completament i l'aigua puja per gravetat fins a la plaça i es transporta a la conca de retenció. El disseny incorporava també la reutilització de materials: s'havien reciclat rajoles de granit i pedres per a camins i seients.

El disseny de la plaça Tåsinge també ha estat el resultat del procés de mobilització i participació comunitària. Un grup de veïns i veïnes van participar activament en el grup de treball de l'Ajuntament, compartint idees i propostes per a la nova plaça; una sèrie d'esdeveniments públics dirigits i connectant els residents amb l'espai Tåsinge, mostrant possibles escenaris públics abans de la seva construcció final. (Figura 2)

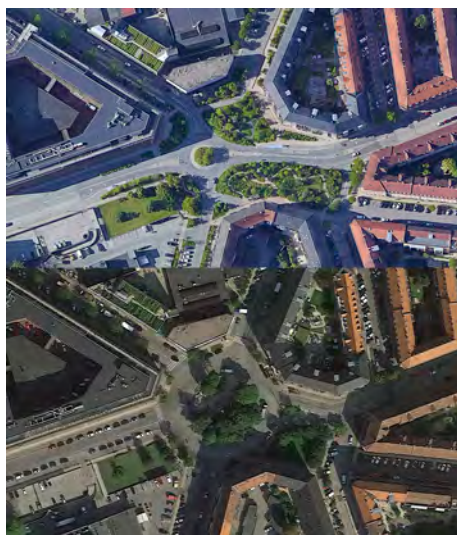


Figura 1. Klimakvarter Østerbro. Skt. Kjelds Plads avui després del projecte de regeneració resilient al clima de SLA i en el passat (2016).

Figure 1. Klimakvarter Østerbro. Skt. Kjelds Plads today after the climate-resilient regeneration project by SLA and in the past (2016).

it towards temporary wet areas populated with plants which filter and absorb the rainwater, effectively reducing the pressure over the grey sewer system.

Elevated paths have been constructed to ensure accessibility even during the square is flooded. More in general Tåsinge square is a climate-resilient techno-natural system to manage water, also from the surroundings. From the neighborhood streets and buildings, rainwater is directed to a large reservoir, after being subjected to several filtering processes that allow to reuse water.

During dry season, the collected water can be pumped from the reservoir by stepping on a tilt plate,

enjoying the experience to let emerge water; during period of heavy rainfall, the reservoir is completely filled and water rise by gravity to the square and is conveyed to retention basin. The design incorporate also the reuse of materials: granite tiles and stones had been recycled for path and seating places.

The Tåsinge square design has been also the result of community engagement and mobilization process. A group of neighbors actively participated in the City's working group, sharing ideas and proposal for the new square; a series of public events aimed and connecting residents with Tåsinge space, showing possible public scenarios before its final construction. (Figure 2)

Klimakvarter Østerbro

| Impactes climàtics existents i Vulnerabilitats | Estratègies d'Infraestructura Verda (IG) i Solució basada en la natura (NbS) | | | Beneficis ecològics, socials i econòmics després de la implementació de GI i NbS |
|---|---|--|---|--|
| | GI Urbà | Famílies urbanes NbS | Tècniques urbanes NbS | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Inundació pluvial • Estrès per calor • Contaminació atmosfèrica • Manca de connectivitat verda i biodiversitat • Manca d'espais públics, també verds • Baixa qualitat de l'espai • Manca d'accessibilitat i connectivitat de mobilitat lenta • Manca d'interacció social, accessibilitat i ús dels espais recreatius | <ul style="list-style-type: none"> • El projecte posa en valor la infraestructura verda existent amb la despavimentació de superfícies impermeables i la connexió d'espais verds (és a dir, parcs) • Integració entre blau verd amb la infraestructura grisa existent • Constel·lació de fragments verds urbans (patís) construeixen una segona capa d'IG Urbana | <ul style="list-style-type: none"> • Boscos urbans • Corredors verds • Espais verds oberts • Zones de bioretenció • Aiguamolls interiors construïts | <ul style="list-style-type: none"> • Bosc de Fitoremediació • Copa dels arbres del carrer • Parcs de butxaca • Parcs infantils naturals • Jardins residencials climatitzats • Bioswale i jardins pluvials • Basses de detenció • Superfícies permeables • Aiguamolls construïts en superfície • Aiguamolls construïts subsuperficials | <ul style="list-style-type: none"> • Connectivitat ecològica • Reducció del risc d'inundació pluvial • Reducció de l'estrès tèrmic • Emmagatzematge i segrest de carboni • Biodiversitat • Recreació i interacció • Salut humana • Educació • Circularitat, estalvi de recursos i producció |

Figura 2. Klimakvarter Østerbro. Vulnerabilitats, GI i NbS implementats i beneficis.

Klimakvarter Østerbro

| Existing Climate impacts and Vulnerabilities | Green Infrastructure (GI) strategies and Nature based Solution (NbS) | | | Ecological, social and economic benefits after GI and NbS implementation |
|--|--|--|--|--|
| | Urban GI | Urban NbS Families | Urban NbS Techniques | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Pluvial flooding • Heat stress • Air Pollution • Lack of green connectivity and biodiversity • Lack of public, also green spaces • Low quality of space • Lack of slow mobility accessibility and connectivity • Lack of social interaction, accessibility and use of recreational spaces | <ul style="list-style-type: none"> • The project enhances the existing green infrastructure by working on de-paving impermeable surfaces and connecting green spaces (i.e. Parks) • Integration between Blue and Green with existing gray infrastructure • Constellation of urban green fragments (courtyards) build a second layer of Urban GI | <ul style="list-style-type: none"> • Urban forests • Green corridors • Open green spaces • Bioretention areas • Constructed inland wetlands | <ul style="list-style-type: none"> - Phytoremediation forest - Street tree canopy - Pocket parks - Natural playgrounds - Climate-proof residential gardens - Bioswale and rain gardens - Detention ponds - Permeable surfaces - Surface constructed wetlands - Subsurface constructed wetlands | <ul style="list-style-type: none"> • Ecological Connectivity • Pluvial flood risk reduction • Heat stress reduction • Carbon storage and sequestration • Biodiversity • Recreation and interaction • Human Health • Education • Circularity, resources savings and production |

Figure 2. Klimakvarter Østerbro. Vulnerabilities, GI and NbS implemented and benefits.

Prova climàtica ZoHo

Climate Proof ZoHo (2014-2017) va sorgir del desig d'operacionalitzar l'Estratègia d'Adaptació de la ciutat de Rotterdam (2013) a escala de barri. L'empresa holandesa De Urbanisten va adoptar un enfocament de disseny holístic i integrat, no només per identificar i provar accions d'adaptació a escala local, sinó més generalment per millorar la resiliència del barri de Zomerhofkwartier (ZoHo) i guiar escenaris de desenvolupament sostenible per al futur. ZoHo és un barri de la ciutat de Rotterdam que és particularment vulnerable als efectes de les fortes pluges i les illes de calor i s'interpreta com un barri pilot per a l'adaptació climàtica. A través de estartègies de disseny que impliquen l'ús generalitzat de solucions basades en la natura, tenia com a objectiu també millorar la qualitat dels espais públics i la salut dels ciutadans. Després de la realització de l'icònic projecte de la plaça d'aigua Benthemplein (2013) -que combina les necessitats de captació d'aigües pluvials en situacions de fenòmens pluviomètrics intensos amb la regeneració de l'espai públic- De Urbanisten, partint de les indicacions contingudes en el pla estratègic d'adaptació climàtica de la ciutat, va començar a estudiar les condicions climàtiques del barri i, a través d'una sèrie de tallers entre professionals i ciutadans, va construir una perspectiva compartida sobre l'adaptació del barri. Al llarg del temps s'han implementat projectes pilot locals i altres es llançaran en el futur per tal de fer de ZoHo un Urban Living Lab on experimentar sobre els complexos embolics entre l'adaptació climàtica i el procés de regeneració, a escala de barri. Actuant específicament sobre l'espai públic, l'objectiu ha estat substituir les superfícies dures per superfícies toves que donin cabuda a més vegetació, reduint la temperatura percebuda i recollint l'aigua durant els episodis de pluja intensa i reutilitzant-la; però també retornant espais de qualitat a la comunitat. La qüestió de la permeabilitat dels sòls i la seva capacitat de retenir-la temporalment davant fenòmens pluviomètrics intensos i els múltiples beneficis del verd ha donat lloc a diversos projectes d'espais públics i semipúblics, que han implicat una topografia adaptativa al clima.

Klimakvarter Østerbro

Climate Proof ZoHo (2014-2017) arose from a desire to operationalize the city of Rotterdam's Adaptation Strategy (2013) at the neighborhood scale. The Dutch firm De Urbanisten adopted a holistic and integrated design approach, not only to identify and test adaptation actions at the local scale, but more generally to improve the resilience of the Zomerhofkwartier (ZoHo) neighborhood and guide sustainable development scenarios for the future. ZoHo is a neighborhood in the city of Rotterdam that is particularly vulnerable to the effects of heavy rainfall and heat islands and is interpreted as a pilot-neighborhood for climate adaptation. Through design solutions which involve the widespread use of Nature-based Solutions, it aimed also at improving the quality of public spaces and citizens' health. After the realization of the iconic Benthemplein watersquare project (2013) -which combines the needs for stormwater harvesting in situations of intense rainfall phenomena with the regeneration of public space-

De Urbanisten, beginning from the indications contained in the city's strategic climate adaptation plan, started studying the climatic conditions of the neighborhood and, through a series of workshops between professionals and citizens, built a shared perspective on neighborhood's adaptation. Local pilot projects have been implemented over time and others will be launched in the future in order to make ZoHo an Urban Living Lab where to experiment on the complex entanglements between climate adaptation and regeneration process, at the neighborhood scale. Acting specifically on public space, the goal has been to replace hard surfaces with soft surfaces that accommodate more greenery, reducing the perceived temperature and collecting water during heavy rain events and reuse it; but also returning quality spaces to the community. The issue of the permeability of soils and their ability to temporarily retain it in the face of intense rainfall phenomena and the multiple benefits of greening has given rise to several projects involving public and semi-public spaces, with led to a climate adaptive topography.



Figura 3. Prova climàtica ZoHo avui, després dels projectes de regeneració resilient al clima de De Urbanisten, i en el passat (2005).

Figure 3. Climate Proof ZoHo today, after the climate-resilient regeneration projects by De Urbanisten, and in past (2005).

Els projectes implementats fins ara han permès assolir 800 m³ de capacitat addicional d'emmagatzematge d'aigua, una reducció del 20% dels esdeveniments de desbordament d'aigües residuals, i una reducció de 0,5 graus centígrads de la temperatura superficial.²⁸ Cobertes verdes utilitzades com a cobertes pòlders per a l'emmagatzematge i la reutilització d'aigua, com en el sostre del garatge de Katshoek transformat per a l'agricultura urbana i esdeveniments comunitaris; paisatges urbans sensibles a l'aigua (Katshoek Rain (a) way Garden) i intervenció a l'espai públic com projectes d'aquapunció o ZoHo Raingarden. (Figura 3)

Pel que fa al projecte ZoHo Reingarden, en lloc de superfícies impermeables d'una zona d'aparcament infrautilitzada, una mobilització de "jardí de pluja de guerrilla" organitzada per De Urbanisten i la comunitat local va conduir a la regeneració de l'espai públic a través de les NbS, en particular el jardí de pluja. Un espai sensible a l'aigua que, més o menys inundat en funció de les condicions meteorològiques, ofereix diferents possibilitats d'ús públic i ajuda a sensibilitzar la comunitat local sobre el canvi climàtic i l'adaptació. El barri de ZoHo també estarà travessat per una nova infraestructura blau-

The to date implemented projects has allowed to achieve 800 m³ of additional water storage capacity, 20% reduction in wastewater overflow events, 0.5 degree Celsius reduction in surface temperature.²⁸ Green roofs used as polder roofs for water storage and reuse, like in Katshoek parking garage roof transformed for urban agriculture and community events purposes; water sensitive streetscapes (Katshoek Rain (a) way Garden) and public space intervention like aquapuncture projects or ZoHo Raingarden. (Figure 3)

Concerning the ZoHo Reingarden project, instead of impermeable surfaces of an underutilized parking area, a 'guerilla raingarden' mobilization organized by De Urbanisten and the local community led to the regeneration of the public space through NbS, in particular raingarden. A water-sensitive space which, more or less flooded depending on weather conditions, offers different possibilities for public uses and helps raise awareness of climate change and adaptation among the local community. ZoHo

verda, el Hofbogenpark (De Urbanisten+ De Dakdokters, 2019-en curs); un projecte de regeneració sensible al clima del viaducte ferroviari abandonat de Hofbogen es convertirà en la columna vertebral d'una infraestructura verd-blava a escala urbana que abordarà el desafiament del canvi climàtic localment, millorant la qualitat de l'espai urbà i la biodiversitat, la inclusió i la circularitat. Al Hofbogenpark, el parc del sostre més llarg i estret dels Països Baixos, s'adopta un enfocament innovador de la gestió de l'aigua per fer front a les asimetries d'aigua impulsades pel clima (llargs períodes de sequera i precipitacions intenses i concentrades) que implica recollir i preservar l'excés d'aigua per al seu ús futur. El disseny del parc gira al voltant d'aquesta estratègia sensible a l'aigua. L'aigua de pluja de la teulada i les seves zones veïnals es recull i depura de forma natural al parc del terrat. Posteriorment, l'aigua s'emmagatzema en un aqüífer subterrani. Durant els períodes d'escassetat d'aigua, aquesta aigua emmagatzemada de l'aqüífer es pot utilitzar per regar la vegetació del parc.

El disseny integrat també millora l'experiència dels visitants del parc, oferint diverses oportunitats per passejar, relaxar-se, jugar, reunir-se i allotjar-se; també pretén ser un hàbitat atractiu per a diferents animals, en particular espècies específiques que són indicadores d'ecosistemes saludables. Els patis dels blocs de construcció també participaran en la climatització del barri. L'objectiu principal és millorar la qualitat de l'espai dels patis a través d'un NbS basat en la natura, implementant també sistemes sostenibles de gestió d'aigües pluvials. Aquest enfocament implica recollir l'aigua del sostre a través de jardins pluvials o basses de detenció, que després es poden utilitzar localment amb finalitats de reg o recreatives. Mitjançant la gestió local de les precipitacions, l'objectiu és evitar que l'excés d'aigua provoqui inundacions i provar solucions tecnonaturals que es puguin aplicar en altres barris de la ciutat. (Figura 4)

neighborhood will be also crossed by a new blue-green infrastructure, the Hofbogenpark (De Urbanisten+ De Dakdokters, 2019-ongoing); a climate-sensitive regeneration project of the abandoned Hofbogen railway viaduct will become the backbone of a blue-green infrastructure at the urban scale addressing climate change challenge locally, enhancing urban space quality and biodiversity, inclusivity and circularity. In the Hofbogenpark, the longest and narrowest Netherlands roof park, an innovative approach to water management is adopted to cope with climate-driven water asymmetries (long periods of drought and intense, concentrated rainfall) which involves collecting and preserving excess water for future use. The design of the park revolves around this water-sensitive strategy. Rainwater from the roof and its neighborhood areas is harvested and purified naturally in the roof park. Subsequently, the water is stored in an underground aquifer. During periods of water scarcity, this stored water

from the aquifer can be utilized for irrigating the park's vegetation.

The integrated design also enhances the experience for park visitors, offering diverse opportunities for walk, relax, play, meet and stay; it aims also to be an attractive habitat for different animals, in particular target species that are indicator of healthy ecosystems. Building blocks courtyards will be also involved in climate proofing the neighborhood. The main objective is to improve courtyards spatial quality through a Nature-based Solution approach, also implementing sustainable rainwater management systems. This approach involves collecting roof water through rain gardens or detention ponds, which can then be used locally for irrigation or recreational purposes. By managing rainfall locally, the aim is to prevent excess water from causing flooding and to test techno-natural solutions that can be applied in other city's neighborhoods. (Figure 4)

Prova climàtica ZoHo

| Impactes climàtics existents i Vulnerabilitats | Estratègies d'Infraestructura Verda (IG) i Solució basada en la natura (NbS) | | | Beneficis ecològics, socials i econòmics després de la implementació de GI i Nbs |
|---|--|---|--|---|
| | GI Urbà | Famílies urbanes NbS | Tècniques urbanes NbS | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Inundació pluvial • Estrès per calor • Contaminació atmosfèrica • Manca de connectivitat verda i biodiversitat • Manca d'espais públics, també verds • Baixa qualitat de l'espai • Manca d'accessibilitat i connectivitat de mobilitat lenta • Manca d'interacció social, accessibilitat i ús dels espais recreatius | <ul style="list-style-type: none"> • El projecte potencia la infraestructura verda existent mitjançant la despavimentació de superfícies impermeables i la connexió d'espais verds (és a dir, parcs, corredors verds, carrers, etc.) • Integració entre blau i verd amb la infraestructura grisa existent i l'entorn construït • Constel·lació de fragments verds urbans construeixen una segona capa d'IG Urbana | <ul style="list-style-type: none"> • Boscos urbans • Corredors verds • Solucions constructives • Espais verds oberts • Agricultura urbana • Àrees de bioretenció • Aiguamolls interiors construïts | <ul style="list-style-type: none"> • Fitoremediació forestal • Microbosc • Copa dels arbres del carrer • Cobertes verdes • Parcs de butxaca • Parcs infantils naturals • Jardins residencials climatitzats • Jardins comunitaris • Bioswale i jardins pluvials • Basses de detenció • Superfícies permeables (també prototipus) • Aiguamolls construïts en superfície • Aiguamolls construïts subsuperficials | <ul style="list-style-type: none"> • Connectivitat ecològica • Reducció del risc d'inundació pluvial • Reducció de l'estrès tèrmic • Emmagatzematge i segrest de carboni • Biodiversitat • Recreació i interacció • Salut humana • Educació • Circularitat, estalvi de recursos i producció (sòl, aigua i energia) • Estimulació de les economies locals i creació d'ocupació |

Figura 4. Klimakvarter Østerbro. Vulnerabilitats, GI i NbS implementats i beneficis.

Climate proof ZoHo

| Existing Climate impacts and Vulnerabilities | Green Infrastructure (GI) strategies and Nature based Solution (NbS) | | | Ecological, social and economic benefits after GI and Nbs implementation |
|--|---|---|--|---|
| | Urban GI | Urban NbS Families | Urban NbS Techniques | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Pluvial flooding • Heat stress • Air Pollution • Lack of green connectivity and biodiversity • Lack of public, also green spaces • Low quality of space • Lack of slow mobility accessibility and connectivity • Lack of social interaction, accessibility and use of recreational spaces | <ul style="list-style-type: none"> • The project enhances the existing green infrastructure by working on de-paving impermeable surfaces and connecting green spaces (i.e. Parks, green corridors, streets, etc.) • Integration between Blue and Green with existing gray infrastructure and built environment • Constellation of urban green fragments build a second layer of Urban GI | <ul style="list-style-type: none"> • Urban forests • Green corridors • Building Solutions • Open green spaces • Urban Farming • Bioretantion areas • Constructed inland wetlands | <ul style="list-style-type: none"> - Phytoremediation forest - Microforest - Street tree canopy - Green roofs - Pocket parks - Natural playgrounds - Climate-proof residential gardens Community gardens - Bioswale and rain gardens - Detention ponds - Permeable surfaces (also prototype) - Surface constructed wetlands - Subsurface constructed wetlands | <ul style="list-style-type: none"> • Ecological Connectivity • Pluvial flood risk reduction • Heat stress reduction • Carbon storage and sequestration • Biodiversity • Recreation and interaction • Human Health • Education • Circularity, resources savings and production (soil, water and energy) • Stimulating local economies and job creation |

BoTu. Intersecció equitativa de transició energètica i adaptació climàtica

BoTu-Bospolder i Tussendijken es troben entre els barris més vulnerables de Rotterdam. L'impacte del canvi climàtic, en especial a mitjà i llarg termini, serà especialment intens en aquestes comunitats ja fràgils. Actualment, la puntuació de l'índex de barri de BoTu és una de les més baixes de Rotterdam. Aquest índex té en compte diversos factors, com ara l'entorn de vida, la salut, l'idioma, el deute i la seguretat. El repte aquí rau a promoure accions adaptatives codissenyades per a una comunitat desfavorida que s'enfronta a problemes més immediats i a curt termini. Només dos anys després de la publicació de l'Estratègia Resilient de Rotterdam el 2016, que es va desenvolupar amb el suport de la xarxa de 100 ciutats resilients de la Fundació Rockefeller, el municipi, en col·laboració amb residents, organitzacions sense ànim de lucre i empreses, va iniciar el pla Resilient BoTu 2028. Aquest pla decennal té com a objectiu abordar les disparitats socials i econòmiques, l'adaptació climàtica i la transició energètica. El seu objectiu general és rectificar les asimetries existents i enfortir la resiliència del barri. Resilient BoTu 2028 té com a objectiu abordar aquests reptes d'una manera holística i integrada, amb tres àrees prioritàries que s'entrecreuen: 1. Treball, llenguatge i deute; 2. Sanitat, joventut i criança; 3. Energia, habitatge i espai públic.²⁹ Pel que fa a l'últim punt, el 2019 IABR International Architecture Biennale Rotterdam-Atelier i l'Ajuntament van encarregar a la pràctica de disseny OOZE el desenvolupament del BoTu Local Energy Action Plan (LEAP).³⁰ El marc LEAP delinea un procés sistemàtic pas a pas que tanca efectivament els bucles de recursos, ressaltant en última instància en un barri més resilient. Aquest enfocament està dissenyat per servir com un model que es pot replicar i ampliar en altres contextos diversos.

La fase d'implementació del LEAP comença en llocs estratègicament escollits on les innovacions socials, tècniques i blau-verd convergeixen en combinacions úniques. Per a

BoTu. Intersecting equitable energy transition and climate adaptation

BoTu-Bospolder and Tussendijken are among Rotterdam's most vulnerable neighborhoods. The impact of climate change, especially over the mid to long term, will be particularly pronounced in these already fragile communities. Currently, BoTu's neighborhood index score is one of the lowest in Rotterdam. This index takes into account various factors, including the living environment, health, language, debt, and safety. The challenge here lies in promoting co-designed adaptive actions for a disadvantaged community that is grappling with more immediate, short-term problems. Just two years after the publication of the Rotterdam Resilient Strategy in 2016, which was developed with support from the Rockefeller Foundation's network of 100 Resilient Cities, the Municipality, in collaboration with residents, non-profit organizations, and businesses, initiated the Resilient BoTu 2028 plan. This ten-year plan aims to address social and economic disparities, climate adaptation, and energy transition. Its overarching objective is to rectify existing asymmetries and fortify neighborhood resilience. Resilient BoTu 2028 aims to address these challenges in a holistic, integrated

way, with three intersecting priority areas: 1. Work, Language, and Debt; 2. Healthcare, Young People and Parenting; 3. Energy, Housing, and Public Space.²⁹ Concerning the last point, in 2019 IABR International Architecture Biennale Rotterdam-Atelier and the Municipality commissioned to the design practice OOZE the development of BoTu Local Energy Action Plan (LEAP).³⁰ The LEAP framework delineates a systematic, step-by-step process that effectively closes resource loops, ultimately resulting in a more resilient neighborhood. This approach is designed to serve as a model that can be replicated and expanded upon in various other contexts.

The LEAP implementation phase commences in strategically chosen locations where social, technical, and blue-green innovations converge in unique combinations. For each test-bed site, meticulous calculations and simulations lead to a spatial design that explores the local capacity to generate, store, and recycle energy, encompassing heating, cooling, and electricity needs. These cases also provide insights into the community's ability to sequester carbon and how social and spatial interventions can aid in reducing CO2 emissions and adapting to climate change.

cada lloc de banc de proves, càlculs i simulacions meticulosos condueixen a un disseny espacial que explora la capacitat local per generar, emmagatzemar i reciclar energia, que abasta les necessitats de calefacció, refrigeració i electricitat. Aquests casos també proporcionen informació sobre la capacitat de la comunitat per segrestar carboni i com les intervencions socials i espacials poden ajudar a reduir les emissions de CO₂ i adaptar-se al canvi climàtic.

La investigació d'OOZE a través del disseny s'esforça per imaginar maneres en què la transició energètica pot servir com a catalitzador per aconseguir múltiples beneficis i millorar la qualitat de l'espai, tot implicant les comunitats locals durant tot el procés. Gràcies al seu enfocament integrat, l'estudi aborda diversos elements, inclosos aspectes climàtics, espacials, socials, educatius, financers i tècnics (Figura 5). Entre les intervencions estratègiques previstes, hi ha el projecte Dakparkschool i el pati interior d'illa, vist com una oportunitat per infondre al districte un nou punt focal verd que doni suport a les transicions locals. El pati paisatgístic representa un espai tecnonatural resultat d'un procés de disseny compartit, integrat i multidisciplinari.



Figura 5. BoTu avui i en el passat (2005). Al mig, el pati de l'escola Dakpark, un dels bancs de proves de disseny en què havia treballat OOZE.

Figure 5. BoTu today and in the past (2005). In the middle, the courtyard of the Dakparkschool, one of the research-by design test bed OOZE had worked on.

OOZE's research through design endeavors to envision ways in which the energy transition can serve as a catalyst for achieving multiple benefits and enhancing the quality of space, all while involving local communities throughout the entire process. Thanks to its integrated approach, the study addresses various elements, including climatic, spatial, social, educational, financial, and

technical aspects (Figure 5). Among the strategic interventions envisioned, there's the Dakparkschool project and its block's inner courtyard, viewed as an opportunity to infuse the district with a new green focal point that supports local transitions. The courtyard landscape represents a techno-natural space resulting from a shared, integrated, and multidisciplinary design process.

Resilient BoTu

| Impactes climàtics existents i Vulnerabilitats | Estratgies d'Infraestructura Verda (IG) i Solució basada en la natura (NbS) per a la resiliència climàtica | | | Beneficis ecològics, socials i econòmics |
|---|--|---|---|--|
| | GI Urbà | Famílies urbanes NbS | Tècniques urbanes NbS | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Inundació pluvial • Estrès per calor • Contaminació atmosfèrica • Manca de connectivitat verda i biodiversitat • Manca d'espais públics, també verds • Manca d'accessibilitat i connectivitat de mobilitat lenta • Manca de seguretat • Manca d'interacció social, accessibilitat i ús dels espais recreatius • Segregació social i desigualtats • Baix nivell educatiu • Pobresa, deute i atur | <ul style="list-style-type: none"> • El projecte potencia la infraestructura verda existent mitjançant la despavimentació de superfícies impermeables i la connexió d'espais verds (és a dir, parcs, corredors verds, carrers, etc.) • Integració entre blau i verd amb la infraestructura grisa existent i l'entorn construït • Constel·lació de fragments verds urbans construeixen una segona capa de IG urbà, centrant-se en l'espai públic a petita escala i els patis de les escoles • Integració de la IG amb la infraestructura energètica | <ul style="list-style-type: none"> • Boscos urbans • Corredors verds • Solucions constructives • Espais verds oberts • Agricultura urbana • Àrees de bioretenció • Aiguamolls interiors construïts | <ul style="list-style-type: none"> • Fitoremediació forestal • Microboscos • Copa dels arbres del carrer • Cobertes verdes • Façana verda • Parcs de butxaca • Parcs infantils naturals • Jardins residencials climatitzats • Jardins comunitaris • Biosvale i jardins pluvials • Basses de detenció • Superfícies permeables • (també prototipus) • Aiguamolls construïts en superfície • Aiguamolls construïts subsuperficials | <ul style="list-style-type: none"> • Connectivitat ecològica • Reducció del risc d'inundació pluvial • Reducció de l'estrès tèrmic • Emmagatzematge i segrest de carboni • Biodiversitat • Recreació i interacció • Salut humana • Educació • Inclusivitat • Circularitat, estalvi de recursos i producció (sòl, aigua, residus i energia) • Estimulació de les economies locals i creació d'ocupació |

Figura 6. BoTu resilient. Vulnerabilitats, GI i NbS implementats i beneficis.

Resilient BoTu

| Existing Climate impacts and Vulnerabilities | Green Infrastructure (GI) strategies and Nature based Solution (NbS) for climate resilience | | | Ecological, social and economic benefits |
|--|---|---|---|---|
| | Urban GI | Urban NbS Families | Urban NbS Techniques | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Pluvial flooding • Heat stress • Air Pollution • Lack of green connectivity and biodiversity • Lack of public, also green spaces • Lack of slow mobility accessibility and connectivity • Lack of safety • Lack of social interaction, accessibility and use of recreational spaces • Social segregation and inequalities • Low attainment of education • Poverty, debt and unemployment | <ul style="list-style-type: none"> • The project enhances the existing green infrastructure by working on de-paving impermeable surfaces and connecting green spaces (i.e. Parks, green corridors, streets, etc.) • Integration between Blue and Green with existing gray infrastructure and built environment • Constellation of urban green fragments build a second layer of Urban GI, by focusing on small scale public space and schoolyards • Integrating GI with energy infrastructure | <ul style="list-style-type: none"> • Urban forests • Green corridors • Building Solutions • Open green spaces • Urban Farming • Bioretention areas • Constructed inland wetlands | <ul style="list-style-type: none"> - Phytoremediation forest - Microforests - Street tree canopy - Green roofs - Green façade - Pocket parks - Natural playgrounds - Climate-proof residential gardens - Community gardens - Biosvale and rain gardens - Detention ponds - Permeable surfaces (also prototype) - Surface constructed wetlands - Subsurface constructed wetlands | <ul style="list-style-type: none"> • Ecological Connectivity • Pluvial flood risk reduction • Heat stress reduction • Carbon storage and sequestration • Biodiversity • Recreation and interaction • Human Health • Education • Inclusivity • Circularity, resources savings and production (soil, water, waste and energy) • Stimulating local economies and job creation |

Figure 6. Resilient BoTu. Vulnerabilities, GI and NbS implemented and benefits.

La implementació de NbS comportarà un estalvi de recursos, especialment en termes d'energia i conservació de l'aigua. També servirà com a component essencial del currículum de futur de l'escola. Els sistemes sostenibles de drenatge d'aigües pluvials, incloses característiques com ara franges, conques d'infiltració, basses de bioretenció i zones de detenció, s'integraran amb elements com un bosc amb productes comestibles, hort i parcs infantils. Aquest enfocament integral no només fomentarà la biodiversitat, sinó que també crearà una escola i un espai públic inclusius i, en última instància, resilients. En alinear els programes d'energia, ambientalització, adaptació climàtica i resiliència dins d'una visió integrada, es millorarà la qualitat general i l'habitabilitat dels espais públics. L'objectiu general és donar suport a una transició justa, dinàmica i ecològicament responsable. (Figura 6)

Implementació de NBS i GI resilients al clima. Problemes crítics de disseny a partir de la comparació dels casos d'estudi seleccionats

Com demostren les millors pràctiques seleccionades, la incorporació de Climate NbS i en els processos de disseny i planificació per a la regeneració dels barris produeix nombrosos avantatges. NbS i GI proporcionen una àmplia gamma de serveis ecosistèmics, que abasten la regulació climàtica, la mitigació d'inundacions, la reducció de les illes de calor, la conservació de la biodiversitat i la millora de l'habitabilitat i el benestar de la comunitat. Aquestes solucions innovadores reforcen la resiliència climàtica dels barris oferint intervencions tecnonaturals que ajuden a mitigar i adaptar-se als impactes dels fenòmens meteorològics extrems. Característiques com ara cobertes verdes, jardins pluvials, boscos urbans i marquesines al carrer poden absorbir les precipitacions, minimitzar l'escolament i oferir efectes de refrigeració, abordant eficaçment els riscos d'inundació i l'estrès per calor. A més, NbS i GI tenen el potencial de preservar i millorar la biodiversitat urbana. Mitjançant la implementació de corredors verds i connectivitat ecològica als barris es poden mantenir ecosistemes saludables.

A més dels beneficis ambientals, NbS i GI poden influir en la dinàmica metabòlica dels barris, donant lloc a una millora de l'eficiència dels recursos i reduccions en el consum

The implementation of NbS will bring about resource savings, particularly in terms of energy and water conservation. It will also serve as an essential component of the school's forward-looking curriculum. Sustainable rainwater drainage systems, including features such as swales, infiltration basins, bioretention ponds, and detention areas, will be integrated with elements like an edible forest, vegetable garden, and playgrounds. This comprehensive approach will not only foster biodiversity but also create an inclusive and ultimately resilient school and public space. By aligning Energy, Greening, Climate Adaptation, and Resilience programs within an integrated vision, the overall quality and livability of public spaces will be enhanced. The overarching goal is to support a just, dynamic, and ecologically responsible transition. (Figure 6)

Climate resilient NBS and GI implementation. Critical design issues from the comparison of the selected case studies

As demonstrated by the selected best practices, the

incorporation of Climate NbS and into the design and planning processes for neighborhood regeneration yields numerous advantages. NbS and GI provide a wide array of ecosystem services, encompassing climate regulation, flood mitigation, reduction of heat islands, biodiversity conservation, and the enhancement of community livability and well-being. These innovative solutions bolster neighborhood climate resilience by offering techno-natural interventions that assist in mitigating and adapting to the impacts of extreme weather events. Features such as green roofs, rain gardens, urban forests, and street canopies can absorb rainfall, minimize runoff, and offer cooling effects, effectively addressing flood risks and heat stress too. Moreover, NbS and GI have the potential to preserve and enhance urban biodiversity. By implementing green corridors and ecological connectivity in neighborhoods, healthy ecosystems can be sustained.

In addition to environmental benefits, NbS and GI can influence the metabolic dynamics of neighborhoods, leading to improved resource efficiency and reductions in energy and water consumption. Furthermore, these

d'energia i aigua. Al mateix temps, aquestes solucions ofereixen una sèrie de beneficis socials que milloren el benestar de la comunitat. L'accés a espais verds d'alta qualitat té un impacte positiu en la salut mental i física, fomenta la interacció social i contribueix a l'habitabilitat general. La integració de NbS i GI en els esforços de regeneració de barris també pot estimular les economies locals i promoure la creació de llocs de treball verds.

A més, la participació activa de les comunitats en la implementació i gestió de NbS dins dels processos de regeneració del barri pot fomentar un profund sentit d'afecció al lloc. Per transmetre eficaçment els potencials ecològics, socials i econòmics associats amb NbS i GI en el context de la regeneració resilient al clima (Figura 7), els tres casos d'estudi subratllen el paper fonamental del disseny i la planificació. Més enllà dels simples canvis econòmics i solucions tecnològiques, juguen un paper fonamental en el suport al desenvolupament sostenible a través del disseny espacial multiescalar.

A més dels impactes positius mostrats pels estudis de cas seleccionats, els seus resultats i processos en el disseny i la planificació llancen llum sobre qüestions crucials que cal abordar per operacionalitzar l'adaptació climàtica impulsada pel disseny a escala de barri a través de NbS i GI.

Un enfocament holístic, integrat i col·laboratiu: Per posar en pràctica eficaçment NbS i GI dins de la regeneració del barri, és imprescindible un enfocament holístic, integral i multifacètic. Aquest enfocament hauria de ser capaç d'abordar les complexitats dels entorns urbans i les incerteses del canvi climàtic. Els casos d'estudi emfatitzen la necessitat de reavaluar els enfocaments de disseny establerts i redefinir-los de manera col·laborativa. Això comporta la incorporació de diversos dominis de coneixement i experiència, inclosos la ciència del clima, l'ecologia, la hidrologia, l'enginyeria, la ciència de dades, la ciència ciutadana i molt més. La participació de diverses parts interessades, des de les autoritats locals fins a les empreses, els grups locals i els ciutadans, és essencial. La implicació activa, a través de tallers, consultes i exercicis participatius de disseny, permet incorporar diferents perspectives i maneres de conèixer, abordant així les seves inquietuds i aspiracions de manera efectiva.

solutions deliver an array of social benefits that enhance community well-being. Access to high-quality green spaces has a positive impact on mental and physical health, fosters social interaction, and contributes to overall livability. The integration of NbS and GI into neighborhood regeneration efforts can also stimulate local economies and promote the creation of green jobs.

Furthermore, the active involvement of communities in the implementation and management of NbS within neighborhood regeneration processes can foster a deep sense of attachment to the place. To effectively convey the ecological, social, and economic potentials associated with NbS and GI in the context of climate-resilient regeneration (Figure 7), the three case studies underscore the pivotal role of design and planning. Beyond mere economic shifts and technological fixes, they play a critical role in supporting sustainable development through multi-scalar spatial design.

In addition to the positive impacts showcased by the selected case studies, their outcomes and processes in design and planning shed light on crucial issues that

need to be addressed to operationalize design-driven climate adaptation at the neighborhood scale through NbS and GI.

A Holistic, Integrated, and Collaborative Approach: To effectively put climate NbS and GI into practice within neighborhood regeneration, a holistic, comprehensive, and multifaceted approach is imperative. This approach should be capable of addressing the complexities of urban environments and the uncertainties of climate change. The case studies emphasize the need to reevaluate established design approaches and redefine them collaboratively. This entails the incorporation of diverse knowledge domains and expertise, including climate science, ecology, hydrology, engineering, data science, citizen science, and more. Engaging various stakeholders, from local authorities to businesses, local groups, and citizens, is essential. Active involvement, through workshops, consultations, and participatory design exercises, allows for the incorporation of different perspectives and ways of knowing, thus addressing their concerns and aspirations effectively.

Vies regeneratives

| | Ecològiques | Socials | Econòmiques | Procés de disseny |
|---|---|--|---|--|
| Klimakvarter Osterbro 2013-2019 | <ul style="list-style-type: none"> • Millorar l'adaptació a les inundacions, períodes de sequeres i estrès per calor • Potenciar la connectivitat ecològica i reforçar la infraestructura verda urbana • Potenciar la biodiversitat urbana • Proporcionar emmagatzematge i segregat de carboni • Millorar la qualitat de l'aire, el sol i l'aigua | <ul style="list-style-type: none"> • Proporcionar espai per a l'esbarjo i les interaccions, accessible per a tothom • Potenciar les connexions de mobilitat lenta dins i fora del barri • Millorar l'accessibilitat i l'ús dels espais verds | <ul style="list-style-type: none"> • Reduir el cost dels danys causats pels ruixats • Circularitat i estalvi de recursos (sol, aigua) • Reduir els costos de manteniment de les solucions verdes, també a través de la implicació de la comunitat | <ul style="list-style-type: none"> • El procés de disseny s'integra dins de l'estratègia d'adaptació urbana i transició ecològica • El projecte és un banc de proves que es potria escalar i replicar • El procés de disseny intenta operacionalitzar la resiliència • El procés de disseny incorpora activitats de participació comunitària durant el procés de disseny • Equips de disseny multidisciplinaris implicats per a masterplan i projectes específics • Interactar el coneixement científic i local • Prioritzar intervencions i programar implementacions • GI i NBS són específics del context |
| Prova climàtica ZoHo 2014-encavallant | <ul style="list-style-type: none"> • Millorar l'adaptació a inundacions, períodes de sequeres i estrès per calor • Potenciar la connectivitat ecològica i reforçar la infraestructura verda urbana • Potenciar la biodiversitat urbana • Proporcionar emmagatzematge i segregat de carboni • Millorar la qualitat de l'aire, el sol i l'aigua | <ul style="list-style-type: none"> • Millorar l'accessibilitat i l'ús públic dels espais verds • Proporcionar un espai segur per a la recreació i les interaccions entre les persones i la natura • Potenciar les connexions de mobilitat lenta dins i fora del barri • Millorar la salut pública a través de comportaments més saludables i la producció d'aliments • Promoure l'educació sobre el canvi climàtic i l'adaptació | <ul style="list-style-type: none"> • Reduir el cost dels danys causats per ruixats • Circularitat, estalvi de recursos (sol, aigua, residus) i producció (energia) | <ul style="list-style-type: none"> • El procés de disseny s'integra dins de l'estratègia d'adaptació urbana, transició ecològica i energètica • El projecte és un banc de proves que es potria escalar i replicar • El procés de disseny intenta operacionalitzar la resiliència • El procés de disseny incorpora activitats de participació comunitària durant el procés de disseny • Equips de disseny multidisciplinaris implicats per a masterplan i projectes específics • Interactar el coneixement científic i local • Prioritzar intervencions i programar implementacions • GI i NBS són específics del context |
| BoTu Resilient 2019-encavallant | <ul style="list-style-type: none"> • Millorar l'adaptació a inundacions, períodes de sequeres i estrès per calor • Potenciar la connectivitat ecològica i reforçar la infraestructura verda urbana • Potenciar la biodiversitat urbana • Proporcionar emmagatzematge i segregat de carboni • Millorar la qualitat de l'aire, el sol i l'aigua • Integració de la IG amb la infraestructura energètica | <ul style="list-style-type: none"> • Millorar l'accessibilitat i l'ús públic dels espais verds • Proporcionar un espai segur per a l'esbarjo i les interaccions, reforçant les xarxes socials • Contacte amb la natura • Potenciar les connexions de mobilitat lenta dins i fora del barri • Millorar la qualitat de l'habitatge • Millorar la salut pública a través de comportaments més saludables i la producció d'aliments • Abordar els reptes socials amb els més vulnerables • Promoure l'educació sobre el canvi climàtic i l'adaptació a través de l'espai | <ul style="list-style-type: none"> • Reduir el cost dels danys causats per ruixats • Circularitat, estalvi de recursos (sol, aigua, residus) i producció (energia) • Estimulació de les economies locals, creació d'ocupació i formació • Fer que la transició energètica sigui accessible i asequible també per als residents de baixos ingressos • Reduir els costos de manteniment de les solucions verdes, també a través de la implicació de la comunitat | <ul style="list-style-type: none"> • El procés de disseny s'integra dins de l'estratègia d'adaptació urbana i contribueix a la transició ecològica, energètica i econòmica • El projecte és un banc de proves que es potria escalar i replicar en altres comunitats vulnerables • El procés de disseny intenta operacionalitzar la resiliència amb un enfocament en les comunitats desfavorides • El procés de disseny incorpora activitats de participació comunitària durant el procés • Equips de disseny multidisciplinaris implicats per a masterplan i projectes específics • Interactar el coneixement científic i local • Prioritzar intervencions i programar implementacions • GI i NBS són específics del context |

Figura 7. Barris resilient al clima: vies regeneratives i procés de disseny. Una comparació crítica.

Climate resilient Neighborhood regeneration

| | Regenerative pathways | | | |
|---|--|---|--|---|
| | Ecological | Social | Economic | Design process |
| Klimakvarter Østerbro 2013-2019 | <ul style="list-style-type: none"> Enhance adaptation to floods, period of droughts and heat stress Enhance ecological connectivity and reinforce urban green infrastructure Enhance urban biodiversity Provide carbon storage and sequestration Improve air, soil and water quality | <ul style="list-style-type: none"> Providing space for recreation interactions, accessible to all Enhance slow mobility connections inside and outside the neighborhood Enhance accessibility and use of green spaces | <ul style="list-style-type: none"> Reduce cost of damage from cloudburst Circularity and resources savings (soil, water) Reducing maintenance costs concerning green solutions, also through community involvement | <ul style="list-style-type: none"> Design process is integrated inside the adaptation strategy and ecological transition The project is a test-bed that could be upscaled and replicated The design process tries to operationalize resilience Design process incorporate Community engagement activities during design process Multidisciplinary design teams involved for masterplan and specific projects Intersect scientific and local knowledge Prioritize interventions and schedule implementations GI and NbS are context specific |
| Climate proof ZoHo 2014-ongoing | <ul style="list-style-type: none"> Enhance adaptation to floods, period of droughts and heat stress Enhance ecological connectivity and reinforce urban green infrastructure Enhance urban biodiversity Provide carbon storage and sequestration Improve air, soil and water quality | <ul style="list-style-type: none"> Enhance accessibility and public use of green spaces Provide safe space for recreation and interactions between people and nature Enhance slow mobility connections inside and outside the neighborhood Enhance public health through more healthy behaviors and food production Promoting education about climate change and adaptation | <ul style="list-style-type: none"> Reduce cost of damage from cloudburst Circularity, resources savings (soil, water, waste) and production (energy) | <ul style="list-style-type: none"> Design process is integrated inside the urban adaptation strategy, ecological and energetic transition The project is a test-bed that could be upscaled and replicated The design process tries to operationalize resilience Design process incorporate Community engagement activities during design process Multidisciplinary design teams involved for masterplan and specific projects Intersect scientific and local knowledge Prioritize interventions and schedule implementations GI and NbS are context specific |
| Resilient BoTu 2019-ongoing | <ul style="list-style-type: none"> Enhance adaptation to floods, period of droughts and heat stress Enhance ecological connectivity and reinforce urban green infrastructure Enhance urban biodiversity Provide carbon storage and sequestration Improve air, soil and water quality Integrating GI with energy infrastructure | <ul style="list-style-type: none"> Enhance accessibility and public use of green spaces Provide safe space for recreation and interactions, reinforcing social network and contact with nature Enhance slow mobility connections inside and outside the neighborhood Improve housing quality Enhance public health through more healthy behaviors and food production Address social challenges with the most vulnerable Promoting education about climate change and adaptation through space | <ul style="list-style-type: none"> Reduce cost of damage from cloudburst Circularity, resources savings (soil, water, waste) and production (energy) Stimulating local economies, job creation and training Making energy transition accessible and affordable also to low-income residents Reducing maintenance costs concerning green solutions, also through community involvement | <ul style="list-style-type: none"> Design process is integrated inside the urban adaptation strategy and contribute to the ecological, energetic and economic transition The project is a test-bed that could be upscaled and replicated in other vulnerable communities The design process tries to operationalize resilience with a focus on disadvantage communities Design process incorporate Community engagement activities during process Multidisciplinary design teams involved for masterplan and specific projects Intersect scientific and local knowledge Prioritize interventions and schedule implementations GI and NbS are context specific |

Figure 7. Climate resilient neighborhoods regenerative pathways and design process. A critical comparison.

Un coneixement integrador. La incorporació de la ciència de dades i l'anàlisi avançada pot elevar significativament el disseny, la planificació i l'avaluació de NbS i GI resistent a clima. Els enfocaments basats en dades proporcionen una base per a la presa de decisions, permetent als dissenyadors avaluar l'eficàcia de diverses estratègies i supervisar el rendiment de les mesures implementades. Quan la ciència de dades s'integra amb el modelatge de vulnerabilitats climatològiques, ecològiques i socials, proporciona informació valuosa per elaborar solucions adaptatives adaptatives adaptades al context específic.

A més d'aprofitar el millor coneixement científic i tecnològic disponible, és crucial reconèixer la rellevància del coneixement local, en particular el coneixement que tenen els membres de la comunitat. A través de la participació de la comunitat, les idees locals poden tenir un paper influent en la configuració del procés de disseny.

Les NBS són específiques del context. És important reconèixer que les solucions NbS són inherentment específiques del context. L'escala de barri serveix com un marc apropiat per aproximar les complexitats de la complexitat urbana i per analitzar els factors contextuals únics que existeixen entre les restriccions presents i les possibilitats futures, tot això en el marc de la resiliència climàtica.

El barri, com a unitat fonamental de l'ecosistema urbà, juga un paper fonamental en la comprensió i desxiframent de la intrincada xarxa de connexions entre els patrons climàtics, la densitat urbana, l'accessibilitat al trànsit, la infraestructura, l'habitatge, les xarxes socioecològiques, l'economia i el benestar a nivell local. Quan es tracta d'utilitzar GI i NbS per a l'adaptació climàtica, és essencial reconèixer la seva capacitat per abordar diversos reptes. Aquest reconeixement s'ha de basar en un enfocament orientat al context que s'estengui més enllà de les consideracions ecològiques per abastar dimensions econòmiques i socials. A més, entendre la percepció de NbS és crucial per comprendre com una comunitat interpreta aquestes solucions, comprèn el seu potencial i avalua el seu impacte.

An Integrative knowledge. The incorporation of data science and advanced analytics can significantly elevate the design, planning, and evaluation of climate-resilient NbS and GI. Data-driven approaches provide a foundation for decision-making, enabling designers to assess the effectiveness of various strategies and monitor the performance of implemented measures. When data science is integrated with climatological, ecological, and social vulnerability modeling, it yields valuable insights for crafting adaptive solutions that are tailored to the specific context.

In addition to harnessing the best available scientific and technological knowledge, it's crucial to recognize the relevance of local knowledge, particularly the knowledge held by the community members. Through community engagement, local insights can play an influential role in shaping the design process.

NbS are context specific. It's important to acknowledge that NbS solutions are inherently context-specific. The neighborhood scale serves

as an appropriate framework for approximating the intricacies of urban complexity and for analyzing the unique contextual factors that exist between present constraints and future possibilities, all within the framework of climate resilience.

The neighborhood, being a fundamental unit of the urban ecosystem, plays a pivotal role in comprehending and deciphering the intricate web of connections among climate patterns, urban density, transit accessibility, infrastructure, housing, socio-ecological networks, the economy, and well-being at the local level. When it comes to using GI and NbS for climate adaptation, it is essential to recognize their capacity to address various challenges. This recognition should be based on a context-oriented approach that extends beyond ecological considerations to encompass economic and social dimensions. Moreover, understanding the perception of NbS is crucial for comprehending how a community interprets these solutions, comprehends their potential, and evaluates their impact.

Canvi de temps i escala. La implementació de NbS i GI exigeix un enfocament multiescalar i multitemporal. Si el barri és l'escala crítica per abordar la complexitat urbana, la implementació de NbS i GI en el context d'un clima canviant requereix ampliar el focus del barri a la ciutat. Aquesta expansió és essencial per abordar la complexa interacció del clima, l'ecologia, la societat i l'economia que transcendeix diverses escales tant en un entorn centralitzador com descentralitzador. La categoria escalar "estàtica" és "problemàtica, ja que no té en compte la fluïdesa, la permeabilitat i la multiescalaritat [...]",³¹ al no tractar problemes que es desenvolupen a tota escala. En termes d'un enfocament intertemporal, el procés de disseny de NbS i GI ha de ser capaç de gestionar els canvis actuals i previstos en horitzons temporals curts, mitjans i llargs. Això requereix que les solucions de disseny siguin adaptables i flexibles, cosa que els permeti afrontar possibles escenaris imprevistos, reduint així riscos i costos de manteniment.

Conclusions

El canvi climàtic presenta reptes sense precedents per als entorns urbans. Les ciutats suporten la pitjor part dels impactes del canvi climàtic, incloses les onades de calor, els ruixats i les inundacions. No obstant això, les ciutats també serveixen com a ecosistemes intricats on s'estan provant i ampliant estratègies i accions de disseny innovadores en la recerca de la resiliència climàtica urbana. Moltes ciutats estan experimentant ara amb processos de disseny i planificació adaptatius al clima dins dels barris pilot. Ho fan mitjançant la implementació de solucions tecnonaturals híbrides com Nature-based Solutions (NbS) i Green Infrastructure (GI) per comprendre millor els límits i les possibilitats de regeneració urbana sensible al clima. La integració de solucions tecnonaturals no només dona suport a la mitigació i adaptació al clima, sinó que també desbloqueja múltiples beneficis. Aquests beneficis s'estenen a millorar la qualitat dels espais urbans, millorar l'habitabilitat, promoure el benestar i reforçar la resiliència general. Per abordar eficaçment l'adaptació al canvi climàtic

Changing time and scale. The implementation of NbS and GI demands a multi-scalar, multi-temporal approach. If the neighborhood is the critical scale for addressing urban complexity, then implementing NbS and GI in the context of a changing climate necessitates expanding the focus from the neighborhood to the city. This expansion is essential for addressing the complex interplay of climate, ecology, society, and economics that transcends various scales in both a centralizing and decentralizing manner. 'Static' scalar category is "problematic in that it fails to consider the fluidity, permeability, and multi-scalarity [...]", not dealing with entanglements that unfolds across scale. In terms of a cross-temporal approach, the design process for NbS and GI must be capable of managing current and anticipated changes across short, mid, and long-time horizons. This requires design solutions to be adaptable and flexible, enabling them to confront potential unforeseen scenarios, thus reducing risks and maintenance costs.

Conclusions

Climate change presents unprecedented challenges to urban environments. Cities bear the brunt of climate change impacts, including heatwaves, cloudbursts, and flooding. However, cities also serve as intricate ecosystems where innovative design strategies and actions are being tested and scaled up in the pursuit of urban climate resilience. Many cities are now experimenting with climate-adaptive design and planning processes within pilot neighborhoods. They are doing so by implementing hybrid techno-natural solutions like Nature-based Solutions (NbS) and Green Infrastructure (GI) to better understand the limits and possibilities for climate-sensitive urban regeneration. The integration of techno-natural solutions not only supports climate mitigation and adaptation but also unlocks multiple benefits. These benefits extend to enhancing the quality of urban spaces, improving livability, promoting wellbeing, and bolstering overall resilience. To effectively address the climate change adaptation and transitions toward Agenda 2030 Sustainable Development Goals,

i les transicions cap als Objectius de Desenvolupament Sostenible de l'Agenda 2030, tal com demostren els casos d'estudi seleccionats, cal reavaluar les pràctiques consolidades de disseny i planificació. Calen enfocaments més holístics, integrats, col·laboratius i sensibles. A més, el paper i l'estètica d'aquesta naturalesa urbana emergent s'han de discutir dins de l'entorn urbà, abordant els reptes locals en col·laboració amb les persones que habiten aquests espais, integrant, a través d'estratègies i accions impulsades pel disseny, vies ecològiques, socials i econòmiques cap a la regeneració resilient al clima.

Agraïments

La contribució s'ha desenvolupat dins de les activitats de recerca finançades per PON R&I i FSE-REACT EU (r.c. n. 38-G-14879-1, CUP C49J21043340001) i també dins del Nature-City Lab, DiCEM, Universitat de Basilicata.

Notes

- ¹ EU Commission, Forging a climate-resilient Europe- the new EU Strategy on Adaptation to Climate Change, COM(2021) 82 final. Brussels: EU Commission, 24/2/2021, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52021DC0082>, accedit el 05 de juny de 2023.
- ² EU Commission, Green Infrastructure (GI) — Enhancing Europe's Natural Capital, COM(2013) 249 final, Brussels: EU Commission, 06/05/2013, https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:d41348f2-01d5-4abe-b817-4c73e6f1b2df.0014.03/DOC_1&format=PDF, accedit el 05 de juny de 2023.
- ³ EU Commission, EU Biodiversity Strategy for 2030. Bringing nature back to our lives. Luxembourg: Publication office of the European Union, 2021. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/31e4609f-b91e-11eb-8aca-01aa75ed71a>, accedit el 05 de juny de 2023.
- ⁴ Markus Leitner, Thomas Dworak, Katie Johnson, Tiago Capela Lourenço, Wolfgang Lexer, Wouter Vanneville, Angelica Tamasova, Andrea Prutsch, Using Key Type Measures to report climate adaptation action in the EEA member countries. European Topic Centre on Climate Change Impacts, Vulnerability and Adaptation (ETC/CCA) Technical Paper 2021/1., 2021. 10.25424/CMCC/Using_Key_Type_Measures_to_report_climate_adaptation_action_in_the_EEA_member_countries. Consultat fins al 15/05/2023.

as demonstrated by the selected case studies, consolidated design and planning practices must be reevaluated. More holistic, integrated, collaborative and sensitive approaches are needed. Also, the role and the aesthetics of this emerging urban natures should be discussed within the urban environment, addressing local challenges in partnership with the people who inhabit these spaces, integrating, through design driven strategies and actions, ecological, social and economic pathways into climate resilient regeneration.

Aknowledgements

The contribution had been developed inside the research activities funded by PON R&I and FSE-REACT EU (r.c. n. 38-G-14879-1, CUP C49J21043340001) and also inside the Nature-City Lab, DiCEM, University of Basilicata.

Footnotes

- ¹ EU Commission, Forging a climate-resilient Europe- the new EU Strategy on Adaptation to Climate Change, COM(2021) 82 final. Brussels: EU Commission, 24/2/2021, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52021DC0082>, accessed 05 June 2023.
- ² EU Commission, Green Infrastructure (GI) — Enhancing Europe's Natural Capital, COM(2013) 249 final, Brussels: EU Commission, 06/05/2013, https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:d41348f2-01d5-4abe-b817-4c73e6f1b2df.0014.03/DOC_1&format=PDF, accessed 05 June 2023.
- ³ EU Commission, EU Biodiversity Strategy for 2030. Bringing nature back to our lives. Luxembourg: Publication office of the European Union, 2021. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/31e4609f-b91e-11eb-8aca-01aa75ed71a>, accessed 05 June 2023.
- ⁴ Markus Leitner, Thomas Dworak, Katie Johnson, Tiago Capela Lourenço, Wolfgang Lexer, Wouter Vanneville, Angelica Tamasova, Andrea Prutsch, Using Key Type Measures to report climate adaptation action in the EEA member countries. European Topic Centre on Climate Change Impacts,

- 5 UN, Resolution adopted by the United Nations Environment Assembly, Nairobi: UN and UNEP, 02/03/2022. <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/39864/NATURE-BASED%20SOLUTIONS%20FOR%20SUPPORTING%20SUSTAINABLE%20DEVELOPMENT.%20English.pdf?sequence=1&isAllowed=y>, accedit el 15 de maig de 2023.
- 6 EU Nature Based definition. https://research-and-innovation.ec.europa.eu/research-area/environment/nature-based-solutions_en, accedit el 15 de maig de 2023.
- 7 EU Green Infrastructure definition. https://environment.ec.europa.eu/topics/nature-and-biodiversity/green-infrastructure_en#:~:text=Green%20infrastructure%20has%20been%20defined,example%2C%20water%20purification%2C%20improving%20air, accedit el 15 de maig de 2023.
- 8 Mark A. Benedict MA, Edward T. McMahon: *Green infrastructure: linking landscapes and communities*. (Washington: Island Press, 2006).
- 9 Stephan Pauleit, Teresa Zölch, Rieke Hansen, Thomas B. Randrup, and Cecil Konijnendijk van den Bosch: "Nature-Based Solutions and Climate Change – Four Shades of Green", en *Nature-based Solutions to Climate Change Adaptation in Urban Areas*, ed. Nadja Kabisch, Jutta Stadler, Horst Korn, Aletta Bonn (Cham: Springer, 2017), 37.
- 10 IPCC, Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Geneva, Switzerland: IPCC, 2014). https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/05/SYR_AR5_FINAL_full_wcover.pdf, accedit el 15 de maig de 2023.
- 11 Alexandre Magnan, Lisa F. Schipper, Virginie K.E. Duvat, "Frontiers in climate change Adaptation Science: Advancing Guidelines to Design Adaptation Pathways", *Current Climate Change Reports*, Vol. 6 (Cham: Springer, 2020), 166-177. <https://doi.org/10.1007/s40641-020-00166-8>, accedit el 15 de maig de 2023.
- 12 See: Crawford S. Holling, "Resilience and stability of ecological systems", *Annual review of ecology and systematics* (Vol.4, 1973), 1-23. <https://www.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev.es.04.110173.000245>, Consultat el 10/06/2023; Mary Steward Pickett, Mary Cadenasso, i J. Morgan Grove: *Resilient cities: meaning, models, and metaphor for integrating the ecological, socio-economic, and planning realms*, *Landsc Urban Plan*, Vol.69, Issue 4, 2004, 369–384; Guy Barnett, and Xumei Bai, *Urban resilience: a Resilience Alliance initiative for transitioning urban systems towards sustainable futures CSIRO* (Stockholm, Sweden: Stockholm University 2007).
- 13 Crawford S. Holling, "Resilience and stability of ecological systems" *Annual review of ecology and systematics*, Vol. 4, (1973), 17. <https://www.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev.es.04.110173.000245>, accedit 10 juny 2023.
- 14 See: Sara Meerow and Melissa Stults, "Comparing Conceptualizations of Urban Climate Resilience in Theory and Practice", *Sustainability*, Vol.8, Issue 7 (juny 2016), 1-16. <https://doi.org/10.3390/su8070701>, accedit el 10 de juny de 2023; Aditya V. Bahadur, A., and Thomas Tanner, "Transformational resilience thinking: putting people, power and politics at the heart of urban climate resilience", *Environment and Urbanization*, 26 (1), 2014, 200–214. <https://doi.org/10.1177/0956247814522154>, accedit el 10 de juny de 2023; Susanne Moser, Sara Meerow, James Arnott, "The turbulent world of resilience: interpretations and themes for transdisciplinary dialogue", *Climatic Change*, 153, 2019, 21–40. <https://doi.org/10.1007/s10584-018-2358-0>, accedit el 10 de juny de 2023.
- 15 Duarte Marques Nunes, Manuel Duarte Pinheiro and A. P. Felipe Tomé, "Does a review of urban resilience allow for the support of an evolutionary concept?", *Journal of Environmental Management*, 244, 2019, 422-430. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.05.027>, accedit el 10 de juny de 2023.
- Vulnerability and Adaptation (ETC/CCA) Technical Paper 2021/1., 2021. 10.25424/CMCC/Using_Key_Type_Measures_to_report_climate_adaptation_action_in_the_EEA_member_countries. Accessed by 15/05/2023.
- 5 UN, Resolution adopted by the United Nations Environment Assembly, Nairobi: UN and UNEP, 02/03/2022. <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/39864/NATURE-BASED%20SOLUTIONS%20FOR%20SUPPORTING%20SUSTAINABLE%20DEVELOPMENT.%20English.pdf?sequence=1&isAllowed=y>, accessed 15 May 2023.
- 6 EU Nature Based definition. https://research-and-innovation.ec.europa.eu/research-area/environment/nature-based-solutions_en, accessed 15 May 2023.
- 7 EU Green Infrastructure definition. https://environment.ec.europa.eu/topics/nature-and-biodiversity/green-infrastructure_en#:~:text=Green%20infrastructure%20has%20been%20defined,example%2C%20water%20purification%2C%20improving%20air, accessed 15 May 2023.
- 8 Mark A. Benedict MA, Edward T. McMahon, *Green infrastructure: linking landscapes and communities*. (Washington: Island Press, 2006).
- 9 Stephan Pauleit, Teresa Zölch, Rieke Hansen, Thomas B. Randrup, and Cecil Konijnendijk van den Bosch, "Nature-Based Solutions and Climate Change – Four Shades of Green", in *Nature-based Solutions to Climate Change Adaptation in Urban Areas*, ed. Nadja Kabisch, Jutta Stadler, Horst Korn, Aletta Bonn (Cham: Springer, 2017), 37.
- 10 IPCC, Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Geneva, Switzerland: IPCC, 2014). https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/05/SYR_AR5_FINAL_full_wcover.pdf, accessed 15 May 2023.
- 11 Alexandre Magnan, Lisa F. Schipper, Virginie K.E. Duvat, "Frontiers in climate change Adaptation Science: Advancing Guidelines to Design Adaptation Pathways", *Current Climate Change Reports*, Vol. 6 (Cham: Springer, 2020), 166-177. <https://doi.org/10.1007/s40641-020-00166-8>, accessed 15 May 2023.
- 12 See: Crawford S. Holling, "Resilience and stability of ecological systems", *Annual review of ecology and systematics* (Vol.4, 1973), 1-23. <https://www.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev.es.04.110173.000245>, accessed by 10/06/2023; Mary Steward Pickett, Mary Cadenasso, and J. Morgan Grove, *Resilient cities: meaning, models, and metaphor for integrating the ecological, socio-economic, and*

- ¹⁶ Arjan Wardekker, "Contrasting the framing of urban climate resilience", *Sustainable Cities and Society*, 75, 2021, 103258. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103258>, accedit el 10 de juny de 2023.
- ¹⁷ Fridolin S. Brand, and Kurt Jax, "Focusing the meaning(s) of resilience: resilience as a descriptive concept and a boundary object", *Ecology and Society* 12(1), 2007, 23; Simin Davoudi, "Climate risk and security: new meanings of 'the environment' in the English planning system", *European Planning Studies*, Vol.20, Issue 1 (gener 2012), 49–69.
- ¹⁸ Rockefeller Foundation and Arup, *City Resilient Framework*. (New York: Rockefeller Foundation, 2014).
- ¹⁹ Simin Davoudi, "Climate risk and security: new meanings of 'the environment' in the English planning system", *European Planning Studies*, Vol. 20, Issue 1 (gener 2012), 49–69.
- ²⁰ Neelakshi Joshi, Sandeep Agrawal and Shirely Lie, "What does neighborhood climate action look like? A scoping literature review", *Climate Action* 1, Vol.10, (2022). <https://doi.org/10.1007/s44168-022-00009-2>, accedit el 15 de juny de 2023.
- ²¹ Arjan Wardekker, "Framing 'Resilient Cities': System Versus Community Focused Interpretations of Urban Climate Resilience", en *Urban Resilience: Methodologies, Tools and Evaluation*, eds. O.F. Gonzalez Castillo, V. Antoniucci, E. Mendieta Marquez, M. Juarez Najera, A. Cedeno Valdiviezo and M. Osorno Castro. (Cham: Springer, 2023), 17–30.
- ²² John W. Creswell: *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*, 3rd edition (California: SAGE, 2009).
- ²³ Brian Walker and David Salt: *Resilience practice. Building capacity to absorb disturbance and maintain function* (Washington DC: Island Press, 2012); Brian Walker and David Salt: *Resilience thinking. Sustaining ecosystems and people in a changing world* (Washington DC: Island Press, 2009).
- ²⁴ Concerning NbS families and technique, the lexicon used whitin the charts and the paper is derived from: World Bank, A catalogue of Nature-based Solution for urban resilience (Washington DC: World Bank Group, 2021).
- ²⁵ <https://www.tredjenatur.dk/en/portfolio/the-first-climate-district/>, accedit el 3 de juny de 2023.
- ²⁶ <https://www.sla.dk/cases/sankt-kjelds-square-and-bryggervangen/>, accedit el 3 de juny de 2023; <https://landezine-award.com/sankt-kjelds-square-and-bryggervangen/>, accedit el 5 de juny de 2023.
- ²⁷ <https://www.publicspace.org/works/-/project/j075-refurbishment-of-tasinge-square>, accessed 5 June 2023.; https://urban-waters.org/sites/default/files/uploads/docs/tasinge_plads.pdf, accessed 5 June 2023.
- ²⁸ Edoardo, Bassolino, "The impact of climate change on local water management strategies. Learning from Rotterdam and Copenhagen", *UPLand* Vol.4, Issue 1 (April 2019), 21-40. <https://www.researchgate.net/publication/336103233>, accedit el 20 de maig de 2023.
- ²⁹ https://bospolderdertussendijken.nl/wp-content/uploads/2019/06/Brochure_Bospolder_3.0_English.pdf, consultat el 5 de juny de 2023.

planning realms, *Landsc Urban Plan*, Vol.69, Issue 4, 2004, 369–384; Guy Barnett, and Xumei Bai, *Urban resilience: a Resilience Alliance initiative for transitioning urban systems towards sustainable futures CSIRO* (Stockholm, Sweden: Stockholm University 2007).

- ¹⁰ Crawford S. Holling, "Resilience and stability of ecological systems" *Annual review of ecology and systematics*, Vol. 4, (1973), 17. <https://www.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev.es.04.110173.000245>, accessed 10 June 2023.
- ¹⁴ See: Sara Meerow and Melissa Stults, "Comparing Conceptualizations of Urban Climate Resilience in Theory and Practice", *Sustainability*, Vol.8, Issue 7 (June 2016), 1–16. <https://doi.org/10.3390/su8070701>, accessed 10 June 2023; Aditya V. Bahadur, A., and Thomas Tanner, "Transformational resilience thinking: putting people, power and politics at the heart of urban climate resilience", *Environment and Urbanization*, 26 (1), 2014, 200–214. <https://doi.org/10.1177/0956247814522154>, accessed by 10 June 2023; Susanne Moser, Sara Meerow, James Arnot, "The turbulent world of resilience: interpretations and themes for transdisciplinary dialogue", *Climatic Change*, 153, 2019, 21–40. <https://doi.org/10.1007/s10584-018-2358-0>, accessed 10 June 2023.
- ¹⁵ Duarte Marques Nunes, Manuel Duarte Pinheiro and A. P. Felipe Tomé, "Does a review of urban resilience allow for the support of an evolutionary concept?", *Journal of Environmental Management*, 244, 2019, 422-430. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.05.027>, accessed 10 June 2023.
- ¹⁶ Arjan Wardekker, "Contrasting the framing of urban climate resilience", *Sustainable Cities and Society*, 75, 2021, 103258. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103258>, accessed 10 June 2023
- ¹⁷ Fridolin S. Brand, and Kurt Jax, "Focusing the meaning(s) of resilience: resilience as a descriptive concept and a boundary object", *Ecology and Society* 12(1), 2007, 23; Simin Davoudi, "Climate risk and security: new meanings of 'the environment' in the English planning system", *European Planning Studies*, Vol.20, Issue 1 (January 2012), 49–69.
- ¹⁸ Rockefeller Foundation and Arup, *City Resilient Framework*. (New York: Rockefeller Foundation, 2014).
- ¹⁹ Simin Davoudi, "Climate risk and security: new meanings of 'the environment' in the English planning system", *European Planning Studies*, Vol. 20, Issue 1 (January 2012), 49–69.
- ²⁰ Neelakshi Joshi, Sandeep Agrawal and Shirely Lie, "What does neighborhood climate action look like? A scoping literature review", *Climate Action* 1, Vol.10, (2022). <https://doi.org/10.1007/s44168-022-00009-2>, accessed by 15 June 2023.
- ²¹ Arjan Wardekker, "Framing 'Resilient Cities': System Versus Community Focused Interpretations of Urban Climate Resilience", in *Urban Resilience: Methodologies, Tools and Evaluation*, eds. O.F. Gonzalez Castillo, V. Antoniucci, E. Mendieta Marquez, M. Juarez Najera, A. Cedeno Valdiviezo and M. Osorno Castro. (Cham: Springer, 2023), 17–30.
- ²² John W. Creswell: *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*, 3rd edition (California: SAGE, 2009).
- ²³ Brian Walker and David Salt: *Resilience practice. Building capacity to absorb disturbance and maintain function*

- ³⁰ <https://degroteverbouwing.eu/en/building+blocks/leap+bospolder+tussendijken/>, accedit el 5 de juny de 2023; http://www.ooze.eu.com/en/news/leap_for_bospolder_tussendijken/overlay/, accedit el 10 de juny de 2023; http://www.ooze.eu.com/en/urban_strategy/leap_local_energy_action_plan_rotterdam/, accedit el 10 de juny de 2023.
- ³¹ Christian Binz, Lars Coenen, James T. Murphy and Berard Truffer: "Geographies of transition—From topical concerns to theoretical engagement: A comment on the transitions research agenda", *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 34, març 2020, 1.

Referències de les imatges

- Figura 1. Elaboració a partir de Google Earth.
- Figura 2. Elaboració per part de l'autor.
- Figura 3. Elaboració a partir de Google Earth.
- Figura 4. Elaboració per part de l'autor.
- Figura 5. Elaboració a partir de Google Earth.
- Figura 6. Elaboració per part de l'autor.
- Figura 7. Elaboració per part de l'autor.

(Washington DC: Island Press, 2012); Brian Walker and David Salt: *Resilience thinking. Sustaining ecosystems and people in a changing world* (Washington DC: Island Press, 2009).

- ²⁴ Concerning NbS families and technique, the lexicon used within the charts and the paper is derived from: World Bank, A catalogue of Nature-based Solution for urban resilience (Washington DC: World Bank Group, 2021).
- ²⁵ <https://www.tredjenatur.dk/en/portfolio/the-first-climate-district/>, accessed 3 June 2023.
- ²⁶ <https://www.sla.dk/cases/sankt-kjelds-square-and-bryggervangen/>, accessed 3 June 2023; <https://landezine-award.com/sankt-kjelds-square-and-bryggervangen/>, accessed 5 June 2023.
- ²⁷ <https://www.publicspace.org/works/-/project/j075-refurbishment-of-tasinge-square>, accessed 5 June 2023.; https://urban-waters.org/sites/default/files/uploads/docs/tasinge_plads.pdf, accessed 5 June 2023.
- ²⁸ Edoardo, Bassolino, "The impact of climate change on local water management strategies. Learning from Rotterdam and Copenhagen", *UPLand* Vol.4, Issue 1 (April 2019), 21-40. <https://www.researchgate.net/publication/336103233>, accessed 20 May 2023.
- ²⁹ https://bospoldertussendijken.nl/wp-content/uploads/2019/06/Brochure_Bospolder_3.0_English.pdf, accessed 5 June 2023.
- ³⁰ <https://degroteverbouwing.eu/en/building+blocks/leap+bospolder+tussendijken/>, accessed 5 June 2023; http://www.ooze.eu.com/en/news/leap_for_bospolder_tussendijken/overlay/, accessed 10 June 2023; http://www.ooze.eu.com/en/urban_strategy/leap_local_energy_action_plan_rotterdam/, accessed 10 June 2023.
- ³¹ Christian Binz, Lars Coenen, James T. Murphy and Berard Truffer: "Geographies of transition—From topical concerns to theoretical engagement: A comment on the transitions research agenda", *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 34, March 2020, 1.

Images references

- Figure 1. Elaboration from Google Earth.
- Figure 2. Elaboration by the author.
- Figure 3. Elaboration from Google Earth.
- Figure 4. Elaboration by the author.
- Figure 5. Elaboration from Google Earth.
- Figure 6. Elaboration by the author.
- Figure 7. Elaboration by the author.

Bibliografia

Bibliography

- Aahadur, A., and Tanner, T.: “Transformational resilience thinking: putting people, power and politics at the heart of urban climate resilience”, *Environment and Urbanization* Vol. 26, Issue 1 (març 2014), 200–214.
- Bassolino, E.: “The impact of climate change on local water management strategies. Learning from Rotterdam and Copenhagen”, *UPLand* Vol.4, Issue 1 (abril 2019).
- Barnett, G., and Bai, X.: *Urban resilience: a Resilience Alliance initiative for transitioning urban systems towards sustainable futures*, CSIRO. Stockholm, Sweden: Stockholm University, 2007.
- Brand, F., and Jax, K.: “Focusing the meaning(s) of resilience: resilience as a descriptive concept and a boundary object”, *Ecology and Society* Vol. 12, Issue 1 (2007), 23.
- Benedict, M.A., and McMahon, E.T.: *Green infrastructure: linking landscapes and communities*. Washington: Island Press, 2006.
- Binz, C., Coenen, L., Murphy, J. T., and Truffer, B., “Geographies of transition—From topical concerns to theoretical engagement: A comment on the transitions research agenda”, *Environmental Innovation and Societal Transitions*, Vol. 34 (març 2020), 1-3.
- Creswell, J. W.: *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*, 3rd edition. California: SAGE (2009).
- Crawford S. Holling: “Resilience and stability of ecological systems”, *Annual review of ecology and systematics*, Vol. 4 (1973), 1-23.
- Davoudi, S.: “Climate risk and security: new meanings of ‘the environment’ in the English planning system”, *European Planning Studies*, Vol.20, Issue 1 (gener 2012), 49–69.
- EU Commission: *EU Biodiversity Strategy for 2030. Bringing nature back to our lives*. Luxemburg: Publication office of the European Union (2021).
- EU Commission: *Forging a climate-resilient Europe- the new EU Strategy on Adaptation to Climate Change*, COM (2021), 82 final. Brussels: EU Commission, 24/2/2021 (2021).
- EU Commission: *Green Infrastructure (GI) — Enhancing Europe’s Natural Capital*, COM (2013) 249 final, Brussels: EU Commission, 06/05/2013 (2013).
- EU Green Infrastructure definition: https://environment.ec.europa.eu/topics/nature-and-biodiversity/green-infrastructure_en#:~:text=Green%20infrastructure%20has%20been%20defined,example%2C%20water%20purification%2C%20improving%20air. Accés: 15 de maig de 2023.
- EU Nature based Solution definition: https://research-and-innovation.ec.europa.eu/research-area/environment/nature-based-solutions_en. Accés: 15 de maig de 2023.
- IPCC: *Climate Change 2014: Synthesis Report*. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva, Switzerland: IPCC (2014).

- Joshi, N., Agrawal, S., and Lie, S.: "What does neighborhood climate action look like? A scoping literature review, *Climate Action* Vol.1, Issue 10 (maig 2022).
- Leitner, M., Dworak, T., Johnson, K., Capela, L. T., Lexer, W., Vanneville, W., Tamasova, A., and Prutsch, A.: Using Key Type Measures to report climate adaptation action in the EEA member countries. European Topic Centre on Climate Change Impacts, Vulnerability and Adaptation (ETC/CCA) Technical Paper 2021/1 (2021).
- Magnan, A., Schipper, L.F., and Duvat, V.: "Frontiers in climate change Adaptation Science: Advancing Guidelines to Design Adaptation Pathways", *Current Climate Change Reports*, Vol. 6. Cham: Springer (2020), 166-177.
- Marques Nunes, D., Duarte Pinheiro, M., and Tomé, A. P.: "Does a review of urban resilience allow for the support of an evolutionary concept?", *Journal of Environmental Management*, Vol. 244, (agost 2019), 422-430.
- Meerow, S. and Stults, M.: "Comparing Conceptualizations of Urban Climate Resilience in Theory and Practice", *Sustainability*, Vol.8, Issue 7 (juny 2016), 1-16.
- Moser, S., Meerow, S., Arnott, J., and Jack-Scott, E.: "The turbulent world of resilience: interpretations and themes for transdisciplinary dialogue", *Climatic Change*, Vol. 153 (març 2019), 21-40.
- Pauleit, S., Zölch, T., Hansen, R., Randrup, T.B., and Konijnendijk van den Bosch, C.: "Nature-Based Solutions and Climate Change – Four Shades of Green", in *Nature-based Solutions to Climate Change Adaptation in Urban Areas*, ed. Kabisch, N., Stadler, J., Korn, H., Bonn, A. Cham: Springer (2017), 37.
- Rockefeller Foundation and Arup: *City Resilient Framework*. New York: Rockefeller Foundation (2014).
- Steward Pickett, M., Cadenasso, M., and Morgan Grove, J.: "Resilient cities: meaning, models, and metaphor for integrating the ecological, socio-economic, and planning realms", *Landsc Urban Plan*, Vol. 69, Issue 4 (octubre 2004), 369-384.
- UN: Resolution adopted by the United Nations Environment Assembly, Nairobi: UN and UNEP, 02/03/2022. <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/39864/NATURE-BASED%20SOLUTIONS%20FOR%20SUPPORTING%20SUSTAINABLE%20DEVELOPMENT.%20English.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Consultat el 10 de juny de 2023.
- Walker, B. and Salt, D.: *Resilience practice. Building capacity to absorb disturbance and maintain function*. Washington DC: Island Press (2012).
- Walker, B. and Salt, D.: *Resilience thinking. Sustaining ecosystems and people in a changing world*. Washington DC: Island Press (2009).
- Wardekker, A.: "Contrasting the framing of urban climate resilience", *Sustainable Cities and Society* Vol. 75 (desembre 2021).
- Wardekker, A.: "Framing 'Resilient Cities': System Versus Community Focused Interpretations of Urban Climate Resilience", in *Urban Resilience: Methodologies, Tools and Evaluation*, eds. O.F. Gonzalez Castillo, V. Antonucci, E. Mendieta Marquez, M. Juarez Najera, A. Cedeno Valdiviezo and M. Osorno Castro. Cham: Springer (2023), 17-30.
- World Bank: *A catalogue of Nature-based Solution for urban resilience*. Washington DC: World Bank Group (2021).

Webs

- https://bospoldertussendijken.nl/wp-content/uploads/2019/06/Brochure_Bospolder_3.0_English.pdf. Consultat el 5 de juny de 2023.
- <https://degroteverbouwing.eu/en/building+blocks/leap+bospolder+tussendijken/>. Consultat el 5 de juny de 2023.
- https://environment.ec.europa.eu/topics/nature-and-biodiversity/green-infrastructure_en#:text=Green%20infrastructure%20has%20been%20defined,example%2C%20water%20purification%2C%20improving%20air. Consultat el 5 de juny de 2023.
- <https://landezine-award.com/sankt-kjelds-square-and-bryggervangen/>. Consultat el 3 de juny de 2023.
- <https://landezine-award.com/sankt-kjelds-square-and-bryggervangen/>. Consultat el 5 de juny de 2023.
- http://www.ooze.eu.com/en/architecture/dakparkschool_en_binnengebeid_rotterdam/. Consultat el 10 de juny de 2023.
- http://www.ooze.eu.com/en/news/leap_for_bospolder_tussendijken/overlay/. Consultat el 10 de juny de 2023.
- http://www.ooze.eu.com/en/urban_strategy/leap_local_energy_action_plan_rotterdam/. Consultat el 10 de juny de 2023.
- <https://www.publicspace.org/works/-/project/j075-refurbishment-of-tasinge-square>. Consultat el 5 de juny de 2023.
- https://research-and-innovation.ec.europa.eu/research-area/environment/nature-based-solutions_en. Consultat el 5 de juny de 2023.
- <https://www.sla.dk/cases/sankt-kjelds-square-and-bryggervangen/>. Consultat el 3 de juny de 2023.
- <https://www.tredjenatur.dk/en/portfolio/the-first-climate-district/>. Consultat el 3 de juny de 2023.
- https://urban-waters.org/sites/default/files/uploads/docs/tasinge_plads.pdf. Consultat el 5 de juny de 2023.