

Indicatori quali-quantitativi per rigenerare gli spazi pubblici mediante *nature based solutions*

RICERCA E
SPERIMENTAZIONE/
RESEARCH AND
EXPERIMENTATION

Marco Giampaolletti, <https://orcid.org/0000-0002-8403-2450>

Fabrizio Amadei, <https://orcid.org/0000-0002-9969-4545>

Maria Michaela Pani, <https://orcid.org/0000-0003-3424-8672>

Dipartimento di Pianificazione, Design, Tecnologia dell'Architettura, Sapienza Università di Roma, Italia

marco.giampaolletti@uniroma1.it

fabrizio.amadei@uniroma1.it

mariamichaela.pani@uniroma1.it

Abstract. Il rapporto tra opere pubbliche e comunità pone in evidenza il tema del progetto e della valutazione, per sua natura multidimensionale, legato ad indicatori previsti nei piani di investimento e pianificazione territoriale. In tale contesto, la crisi climatica impone di intervenire sulla città, in cui lo spazio pubblico si configura come elemento intermedio e di prossimità, dove le interazioni urbane tra persone, natura e tecnologie si ricalibrano dinamicamente. Obiettivo del presente contributo è indagare lo spazio pubblico, individuando i criteri legislativi in termini di sostenibilità e le soluzioni tecnologico-ambientali presenti nei principali protocolli di certificazione ambientale ad oggi disponibili nel panorama mondiale e declinati in casi studio nazionali ed internazionali. Tale analisi permette la definizione di un originale quadro di indicatori quali-quantitativi dicotomici analizzando, contestualmente, limiti e sviluppi futuri della ricerca. Il presente contributo è parte degli esiti di ricerca svolti, e in corso di svolgimento, della Ricerca PRIN 2017 "Tech-Start" e della linea di ricerca Mission 4 – Comp. 2 finanziata dal PNRR.

Parole chiave: In-between space; Nature based solutions; Indicatori; Valutazione del progetto; Public space.

Introduzione

Al centro del dibattito internazionale, i cambiamenti climatici necessitano di mirate azioni al fine di ridurre le emissioni dei gas serra verso un pianeta più sicuro e sostenibile (IPCC, 2023), in particolare attraverso un *green and zero approach*. Le soluzioni rientranti in strategie di *green infrastructure*, divise tra interventi per l'impatto climatico e per la decarbonizzazione, guardano come riferimenti strategici esempi concreti di applicazione e realizzazione di un quadro di *best practice*, *benchmark* e indicatori con l'obiettivo di raggiungere elevati standard di sviluppo sociale, economico e ambientale, atti a rigenerare e riqualificare ambiti urbani. Il ruolo del progetto e del progettista

Qualitative-quantitative indicators to regenerate public spaces through *Nature-based Solutions*

Abstract. The relationship between public works and communities highlights the inherently multidimensional theme of project and evaluation linked to indicators outlined in investment plans and territorial planning. Within this context, the climate crisis necessitates intervention in the city, where public space serves as an intermediate and proximity item, dynamically recalibrating urban interactions among people, nature, and technology. The objective of this paper is to investigate public space, identifying legislative criteria in terms of sustainability and the technological-environmental solutions present in the major environmental certification protocols currently available worldwide, as well as their application in national and international case studies. This analysis allows to define an original framework of dichotomous qualitative-quantitative indicators, simultaneously examining the limitations and future developments of the research. This

assume quindi una nuova centralità, capace di interpretare i fenomeni complessi in atto e di innescare azioni di mitigazione, di inclusività sociale che prescindono dalle normative, puntando sulle tecnologie come elemento promotore di sinergie e innovazione, il cui utilizzo, attraverso mirati programmi economico-finanziari come il *Renovation Wave* (European Commission, 2020) o il bonus verde, introdotto in Italia dalla Legge 205/2017, consentirebbe un adeguamento prestazionale e una valorizzazione architettonica degli spazi pubblici atti ad una complessiva rigenerazione, contribuendo alla resilienza ai cambiamenti climatici e al miglioramento del senso di equità e della qualità ambientale, rendendo i luoghi più sicuri, fruibili e qualificati, supportando, tra l'altro, un uso efficiente e circolare delle risorse (Tucci *et al.*, 2021; Marrone and Montella, 2022).

Obiettivi della ricerca

Obiettivo del presente paper è quello di definire un originale quadro di indicatori quali-quantitativi dicotomici sulla base di una solida ricerca scientifica nel campo dei criteri di sostenibilità ad oggi disponibili nella legislazione degli appalti pubblici italiani e nell'analisi delle soluzioni *Nature Based Solution* (NBS) presenti nei principali protocolli di certificazione ambientale.

La messa a sistema di queste azioni nell'edilizia pubblica pone le proprie basi metodologiche sugli esiti di ricerca del programma PRIN 2017 e attualmente in corso di svolgimento, durante la quale sono stati elaborati sei assi strategici per una valutazione delle ricadute sulla mitigazione climatica e il raggiungimento

contribution forms part of the research outcomes undertaken, both completed and ongoing, within the framework of the 2017 PRIN Research "Tech-Start" and the research line Mission 4 – Comp. 2 funded by the NRRP.

Keywords: In-between space; Nature-based solutions; Indicators; Project evaluation; Public space.

Introduction

At the forefront of the international debate, climate change necessitates targeted actions to reduce greenhouse gas emissions to move towards a safer and more sustainable planet (IPCC, 2023), particularly through a green and zero approach. Solutions falling under green infrastructure strategies, categorised into interventions for climate impact and decarbonisation, look towards concrete examples of applica-

tion and implementation of a framework of best practices, benchmarks, and indicators aiming to achieve high standards of social, economic, and environmental development. The latter is intended to regenerate and requalify urban areas. The role of both the project and the designer thus becomes central, capable of interpreting the complex phenomena at play. They trigger actions of mitigation, social inclusivity reaching beyond regulations, focusing on technologies as promoters of synergies and innovation. Their use, through targeted economic-financial programmes such as the *Renovation Wave* (European Commission, 2020) or the green bonus introduced in Italy by Law 205/2017, would allow for performance adjustment and architectural enhancement of public spaces conducive to overall regeneration. It would contribute to resilience to climate

della neutralità climatica. In particolare, sono stati indagati gli assi della *Functional mixité and proximity* e *Urban greening*, 'green and gray' CO₂ subtraction attraverso modelli dinamici e indicatori qualitativi e quantitativi, inseriti sia nei programmi di investimento europei sia nelle certificazioni ambientali.

Metodologia della ricerca La metodologia si articola secondo tre punti principali:

1. *Literature review* per la costituzione di un solido *background* scientifico, utilizzando la metodologia della *Rapid review*, indagando i principali criteri di sostenibilità nella legislazione italiana e le NBS presenti nelle certificazioni ambientali;
2. *Scoping review*, per la ricerca, selezione e catalogazione di casi studio nazionali ed internazionali che rispondono agli assi metodologici citati nel precedente paragrafo;
3. Risultati della ricerca, estrapolando i criteri di valutazione del programma PinQuA e di NBS declinabili agli spazi pubblici volti a proporre nuovi indicatori quali-quantitativi dicotomici.

Stato dell'arte

I criteri di sostenibilità nella legislazione di appalti pubblici

Parte dei più grandi interventi pubblici attuali presenti in Italia sono caratterizzati dal Programma Innovativo per la Qualità dell'Abitare (PINQuA) e il programma "Sicuro, Verde e sociale", entrambi programmi complementari e finanziati attraverso il Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR). Il Quadro Europeo di valutazione del PNRR include una serie di indicatori quantitativi, condivisi da tutti gli Stati Membri, relativi

change and improve the sense of equity and environmental quality, making places safer, more accessible and qualified, supporting, among other things, efficient and circular use of resources (Tucci *et al.*, 2021; Marrone and Montella, 2022).

Research Objectives

The objective of this paper is to define an original framework of dichotomous qualitative-quantitative indicators based on solid scientific research in the field of sustainability criteria currently available in Italian public procurement legislation and in the analysis of Nature Based Solutions (NBS) present in major environmental certification protocols. Systematisation of these actions in public construction is based on the research outcomes of the PRIN 2017 programme, and is currently ongoing. During this process, six strategic axes

have been developed to assess the impact on climate mitigation and achieve climate neutrality. Specifically, the axes of Functional mixité and proximity and Urban greening, 'green and grey' CO₂ subtraction have been investigated through dynamic models and qualitative and quantitative indicators, integrated into both European investment programmes and environmental certifications.

Research Methodology

The methodology is structured according to three main points:

1. Literature review to establish a solid scientific background, using the Rapid review methodology, investigating the main sustainability criteria in Italian legislation and NBS present in Environmental Certifications;
2. Scoping review, for the research, selection, and cataloguing of national

and international case studies that respond to the methodological axes mentioned in the previous paragraph;

3. Research results, extrapolating the evaluation criteria of the PinQuA programme and NBS applicable to public spaces aimed at proposing new dichotomous qualitative-quantitative indicators.

I protocolli di certificazione ambientale

Recependo le indicazioni derivanti dagli SDGs proposti nell'Agenda 2030 (UN, 2015) e ribadendo il ruolo centrale del processo progettuale nelle azioni di medio e lungo termine di

and international case studies that respond to the methodological axes mentioned in the previous paragraph;

3. Research results, extrapolating the evaluation criteria of the PinQuA programme and NBS applicable to public spaces aimed at proposing new dichotomous qualitative-quantitative indicators.

State of the Art

Sustainability Criteria in Public Procurement Legislation

Part of the largest current public interventions in Italy are characterised by the Innovative Program for Housing Quality (PINQuA) and the programme 'Safe, Green, and Social', both complementary programmes financed through the National Recovery and Resilience Plan (NRRP). The European assessment framework of the NRRP includes a se-

ries of quantitative indicators, shared by all Member States, related to the objectives of the Recovery and Resilience Facility (RRF) (Presidency of the Council of Ministers, 2021). The 14 common European indicators identified in the Delegated Regulation 2021/2106 are not classified as milestones but as monitoring elements useful for the European Commission. Specifically, attention is focused on solutions outlined within Indicator 1 'Saving of annual primary energy consumption among investments', which incentivise investments in urban regeneration projects to combat marginalisation and social degradation phenomena, such as, for instance, forms of co-housing and social housing financed with the PINQuA programme – High-impact interventions strategically placed throughout the national territory (MIMS, 2021). The selection for programme implementation follows

adattamento, mitigazione climatica volte favorire il controllo del microclima urbano (IPCC, 2023), i protocolli *Neighborhood Sustainable Assessment* (NSAT) propongono indicatori riferiti a valutazioni ambientali ed energetiche più ampie e complesse rispetto ai *Green Building Certification* (GB), riferendosi alle interazioni sinergiche tra raggruppamenti di edifici e gli spazi aperti, in relazione al contesto ambientale in cui sono inseriti (Dawodu *et al.*, 2022).

L'interesse per la dimensione mediale, la collaborazione tra edifici e spazi aperti circostanti, deriva dalla possibilità di attuare in essi interventi di modellazione progressiva dello spazio urbano in chiave di aumento di adattabilità e mitigazione ai cambiamenti climatici (Carmona, 2015; Berlingieri, 2021), in risposta alla sempre maggior ricorrenza di ondate di calore, inondazioni e siccità prolungate e l'inevitabile aumento d'intensità dell'isola urbana di calore (*Urban Heat Island – UHI*).

La declinazione degli spazi pubblici di prossimità oggetto di rigenerazione urbana in casi di studio nazionali ed internazionali

A seguito di una dettagliata fase di *literature review* dei campi di indagine relativi allo spazio pubblico, inteso come valorizzazione dello spazio intermedio nonché elemento

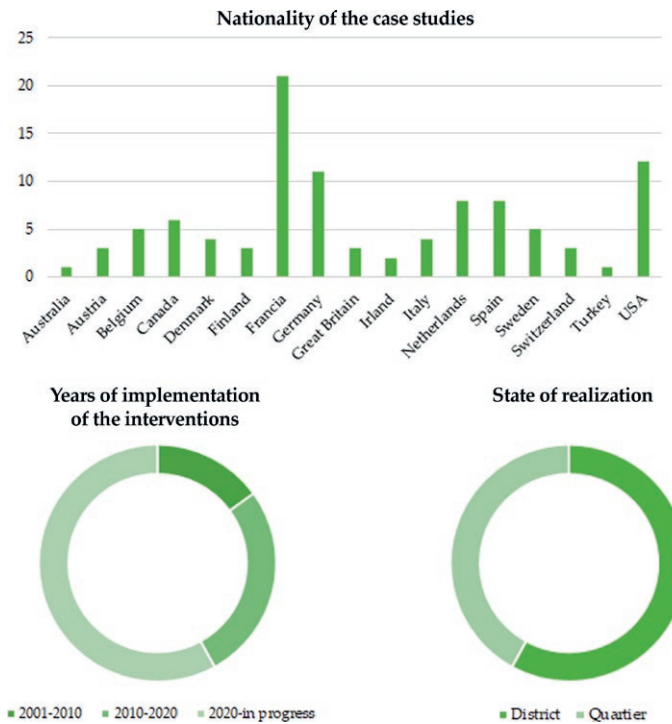
connettivo e unificante, vengono espone di seguito le risultanze della ricerca svolta su 100 casi di studio nazionali ed internazionali in termini di principali indirizzi e tipologie di soluzioni volti al raggiungimento della neutralità climatica per la riduzione delle emissioni carboniche, con azioni concrete per conseguire gli obiettivi di *zero emission*, *positive energy*, e *carbon-neutrality* (Fig. 1) (Botchwey *et al.*, 2022). L'analisi degli assi

the dictates outlined within the Next Generation EU Plan which place, as a fundamental condition, the 'do no significant harm to the environment' principle (DNSH), while simultaneously combining indicators of social, cultural, financial, economic, and technological impact, in line with what is provided for in the European regulations of the NRRP. These actions contribute to pursuing a new vision of the city through a more connected, inclusive, and resilient model of regeneration processes to address the challenges of environmental sustainability, contributing to the achievement of part of the Sustainable Development Goals (SDGs) as outlined by the UN (MIMS, 2022).

Environmental Certification Protocols
 By admitting the indications stemming from the SDGs proposed in the 2030 Agenda (UN, 2015) and by reaffirming

the central role of the design process in medium and long-term adaptation and climate mitigation actions aimed at promoting urban microclimate control (IPCC, 2023), the Neighbourhood Sustainable Assessment (NSAT) protocols propose indicators for broader and more complex environmental and energy assessments compared to Green Building Certification (GB). They refer to synergistic interactions between clusters of buildings and open spaces, taking into account the environmental context in which they are situated (Dawodu *et al.*, 2022).

Interest in the medial dimension, collaboration between buildings and surrounding open spaces, stems from the possibility of implementing progressive modelling interventions aimed at increasing their adaptability and mitigation to climate change (Carmona, 2015; Berlingieri, 2021), in response



strategici della *Functional mixité and proximity* e del *Urban greening*, 'green and gray' CO₂ subtraction, ha evidenziato un modello evoluto e dinamico di mix funzionale, declinato come strumento per definire il mix sociale e intergenerazionale, ottimizzando l'uso delle risorse materiali (spazi, flussi di risorse materiali) e immateriali (energia) nell'ambito dei distretti urbani (Fig. 2). Dall'analisi degli eco-distretti, sono emerse diverse azioni significative intraprese, attuabili a diverse scale, per riattivare la rigenerazione delle aree urbane. Nell'ecodistretto La Fleuriaye II a Nantes, Francia, si creano le condizioni per la diversità, lo scambio sociale e culturale, e l'instaurarsi di sinergie economiche ed ecologiche grazie alla multi-modalità della fruizione di alcune infrastrutture, che ne garantiscono un uso continuativo nel tempo. Gli spazi pubblici di vengono ripensati nel

to the increasing occurrence of heat-waves, floods, prolonged droughts, and the inevitable increase in the intensity of the Urban Heat Island (UHI).

The Declination of Public Proximity Spaces in Urban Regeneration Case Studies

Following a detailed literature review phase of research fields related to public space seen as an enhancement of intermediate space as well as a connecting and unifying element, the findings of the research conducted on 100 national and international case studies are presented in terms of main directions and types of solutions aimed at achieving climate neutrality to reduce carbon emissions, with concrete actions to achieve zero emissions, positive energy, and carbon-neutrality goals (Fig. 1) (Botchwey *et al.*, 2022). The analysis of the strategic axes of Functional mix-

ité and proximity and Urban greening, 'green and grey' CO₂ subtraction, highlighted an evolved and dynamic model of functional mix, conceived as a tool to define social and intergenerational mix, optimising the use of material resources (spaces, flows of material resources) and immaterial resources (energy) within urban districts (Fig. 2). From the analysis of eco-districts, several significant actions have emerged, which can be implemented at various scales to reactivate urban regeneration. In the La Fleuriaye II eco-district in Nantes, France, conditions are created for diversity, social and cultural exchange, and the establishment of economic and ecological synergies through the multi-modal use of certain infrastructures, ensuring their continuous use over time. Public spaces are rethought within the neighbourhood connections system, enhancing soft

sistema di connessioni di vicinato, potenziando la mobilità dolce e attiva attraverso percorsi ciclo-pedonali, con contestuale recupero della scala umana, aumentando i luoghi di prossimità e quindi favorendo la vitalità del quartiere. Un interessante mix sociale è promosso, ad esempio, nel quartiere City-Zen ad Amsterdam, Paesi Bassi, con la presenza di forme di co-housing e social housing collegate a una rete intelligente, residenze sociali per lavoratori migranti, sviluppo di politiche sociali per il perseguimento della neutralità climatica entro il 2050 mediante la valorizzazione degli spazi pubblici di prossimità nonché del mix funzionale grazie a un intervento strutturale di riforestazione urbana che introduce specie arboree e arbustive autoctone e native del luogo. Tali approcci metodologici sono visibili, ad esempio, nell'Eikenøtt ecodistrict a Gland, Svizzera: qui gli

spazi di prossimità concorrono, in maniera significativa, al miglioramento della qualità ecologica e paesaggistica complessiva degli insediamenti edilizi, creando spot verdi e sistemi integrati di recupero delle acque meteoriche.

Risultati della ricerca

Estrapolazione dei criteri di valutazione del programma PinQuA

Attualmente, l'esame dei progetti in corso di realizzazione nel territorio italiano avviene attraverso la valutazione di 7 criteri di sostenibilità a cui sono stati associati 33 indicatori, declinati secondo una scala di pesi predefinita, tra cui quelli di sostenibilità energetica, la percentuale di riutilizzo dei materiali, la superficie dedicata ad aree verdi, spazi educativi, culturali, il coinvolgimento degli *stakeholders*. In tal modo, si è potuto re-

02 |



Functional mixitè and proximity



Proximity exercises
(15 minute city)



Functional mix by
building type



Typological mix for
accommodation



Spatial flexibility



**Urban greening,
"green and grey" CO₂ subtraction**



Increase in open
spaces



Urban forestry/reforestation



Green infrastructure



Active artificial systems
for carbon removal




alizzare un *ranking* di merito dei progetti, passando, nella fase di aggiudicazione delle opere, dal *Green Public Procurement* al *Sustainable Public procurement*, dove al criterio ambientale viene affiancato anche quello sociale, culturale ed economico (Fig. 3). Ad ogni criterio generale, riassumibile in 6 macro-famiglie di impatto, sono a loro volta associati 30 sotto-criteri nonché una serie di indicatori che permettono una valutazione attraverso misurazioni in scale dicotomiche, quantitative e qualitative (Fig. 4). Tra questi, si possono distinguere i *target* (obiettivi) misurabili e quindi quantitativi, le *milestones* (traguardi), a carattere qualitativo, e quelli dicotomici, quest'ultimi a valutazione binaria (superato o non superato), introducendo già in fase di Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica (PFTE), un set di misurazioni di facile rilevazione.

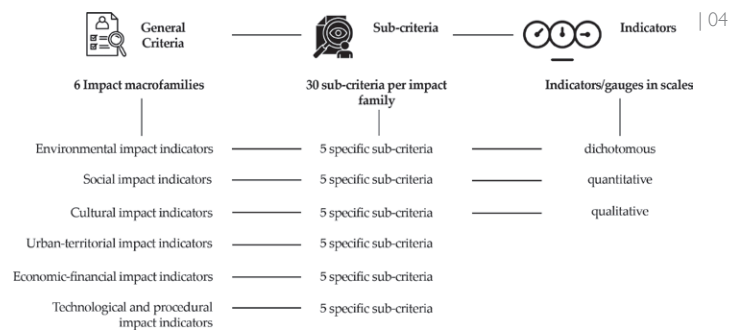
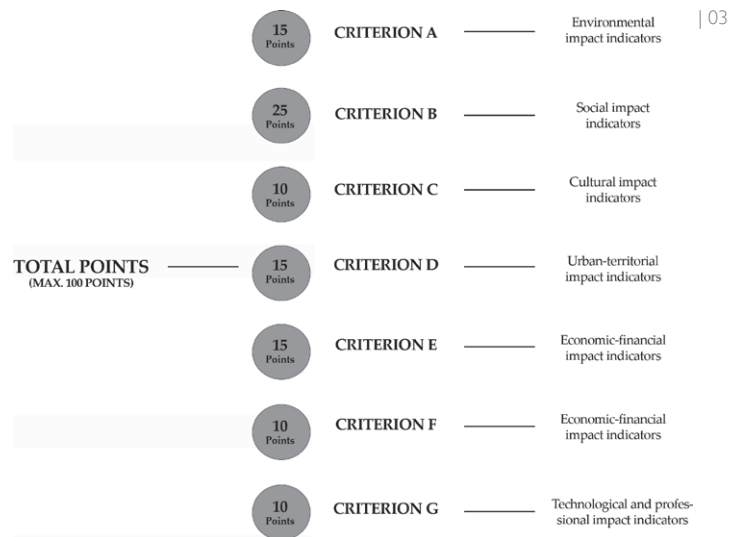
Estropolazione delle NBS presenti nei protocolli di certificazione ambientale

Dai protocolli analizzati¹ emerge come l'integrazione di NBS negli interventi di riqualificazione dello spazio pubblico contribuisca al miglioramento del microclima aumentando il comfort termico percepito (Tucci & Cecafozzo, 2020), attraverso la schermatura della radiazione solare con pensiline e/o filari alberati (LEED-ND, *Tree-lined and shaded streetscapes*), l'aumento dell'umidità relativa, la riduzione sia della temperatura dell'aria che di quella radiante delle superfici con l'inserimento di superfici permeabili (LEED-ND, *Heat Island Reduction*). Sono presenti diversi indicatori volti alla mappatura, protezione e conservazione di habitat e aree verdi (BREEAM-C, *Ecology strategy, Green Infrastructure*; LEED-CC, *Ecosystem Assessment, Natural Resources Conservation and Restoration*;

and active mobility through cycle-pedestrian paths, with the simultaneous recovery of the human scale, increasing proximity places and thereby fostering neighbourhood vitality. An interesting social mix is promoted, for example, in the City-Zen neighbourhood in Amsterdam, The Netherlands, with the presence of co-housing and social housing forms linked to a smart network, social residences for migrant workers, development of social policies for achieving climate neutrality by 2050 through the enhancement of proximity public spaces, as well as a functional mix achieved through a structural intervention of urban reforestation involving the introduction of native tree and shrub species. Such methodological approaches are visible, for example, in the Eikenott eco-district in Gland, Switzerland, where public proximity spaces significantly contribute to im-

proving the overall ecological and landscape quality of building settlements, creating green spots and integrated systems for rainwater harvesting.

Research Results
Extrapolation of Evaluation Criteria from the PINQuA Programme
Currently, the examination of projects under construction in the Italian territory is conducted by evaluating 7 sustainability criteria associated with 33 indicators, delineated according to a predefined weighting scale, including criteria such as energy sustainability, percentage of material reuse, surface area dedicated to green areas, educational and cultural spaces, and stakeholder involvement. This approach has enabled the creation of a merit ranking of projects, transitioning in the tendering phase from Green Public Procurement to Sustainable Public Procure-



LEED-ND, *Minimized Site Disturbance*) e alla valorizzazione degli stessi anche dal punto di vista sociale (BREEAM-C, *Enhancement of ecological value*).

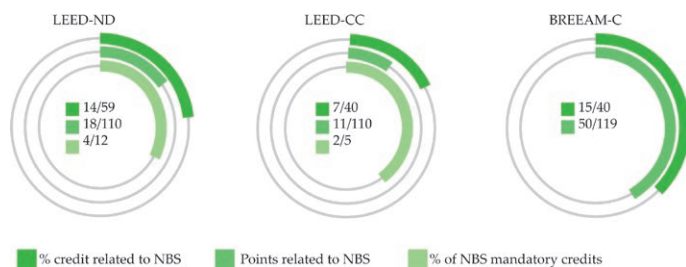
La vivibilità del quartiere è misurata quantitativamente in mq pro-capite di aree verdi e, soprattutto, attraverso la distanza tra le unità abitative e le aree verdi (LEED-CC, *Green Spaces*) e la presenza di elementi che incentivano la mobilità attiva (LEED-

ment, where environmental criteria are complemented by social, cultural, and economic considerations (Fig. 3). Each overarching criterion, summarised into 6 impact macro-families, is in turn associated with 30 sub-criteria as well as with a series of indicators allowing for evaluation through measurements on dichotomous, quantitative, and qualitative scales (Fig. 4). Measurable and thus quantitative targets can be distinguished among these, along with qualitative milestones and dichotomous evaluations, the latter being binary (met or not met), introducing a set of easily measurable metrics already in the Technical and Economic Feasibility Project (TEFP) phase.

Extrapolation of NBS from Environmental Certification Protocols
From the analysed protocols¹, it emerges that the integration of NBS

in public space requalification interventions contributes to improving the microclimate by increasing perceived thermal comfort (Tucci & Cecafozzo, 2020) through solar radiation shielding with canopies and/or tree-lined avenues (LEED-ND, *Tree-lined and shaded streetscapes*), thus increasing relative humidity, reducing both air temperature and radiant surface temperature with the insertion of permeable surfaces (LEED-ND, *Heat Island Reduction*). Various indicators aim at mapping, protecting, and conserving habitats and green areas (BREEAM-C, *Ecology strategy, Green Infrastructure*; LEED-CC, *Ecosystem Assessment, Natural Resources Conservation and Restoration*; LEED-ND, *Minimized Site Disturbance*) and enhancing them from a social perspective as well (BREEAM-C, *Enhancement of ecological value*).

Tab. 1 | Indicatori di impatto ambientale – Modello PINQuA (by Authors)
Environmental impact indicators – PINQuA Model (by Authors)



ND, *Tree-lined and shaded streetscapes*; BREEAM-C, *Public Realm*).

Sono inclusi e considerati come opzionali i piani di valutazione dei rischi rispetto alle inondazioni e alle acque meteoriche (BREEAM-C, *Flood Risk Assessment*; LEED-CC, *Stormwater Management*; LEED-ND, *Floodplain avoidance*), i piani di gestione e simulazioni prevedere gli effetti sul microclima dovuti alla morfologia urbana ante e post intervento (BREEAM-C, *Microclimate*, *Adapting to climate change*), riconoscendo alle condizioni ambientali un peso nella realizzazione del benessere sociale ed economico (Fig. 5).

Una nuova proposta di indicatori quali-quantitativi dicotomici

Le analisi descrittive sopra enunciate hanno permesso la realizzazione di un quadro metodologico cognitivo in grado di mettere in relazione un sistema multi-tematico correlato tra azioni e indicatori quali-quantitativi (Fig. 6). Ne deriva una sistematizzazione in un rapporto, a scala matriciale, di indicatori, corrispondenti a strategie che comprendono l'uso di NBS, raggruppabili in quattro macro ambiti che ne identificano le direzioni: migliorare le condizioni microclimatiche, aumentare il livello di inclusività e accessibilità ai servizi di prossimità, aumentare il grado di autosufficienza, ridurre le emissioni di CO₂. Per ogni strategia è stato indicato quale tipologia di NBS integri (acqua, verde, suolo), quale sia l'obiettivo che intende perseguire (valorizzare e/o decarbonizzare) e se restituisca una valutazione dell'efficacia dell'azione intrapresa in termini qualitativi e/o quantitativi (Fig. 7).

La valutazione dell'efficacia delle strategie relative alle NBS favorisce ed incentiva una maggiore flessibilità dei sistemi adot-

tati, rendendoli più adatti a gestire l'incertezza e le dinamiche complesse della progettazione integrata e partecipativa, risultando uno strumento di supporto per gli *stakeholders* e gli attori del settore.

Discussione degli esiti della ricerca

Ai fini di un confronto tra quelle che possono essere le relazioni tra gli indicatori di impatto ambientale e gli spazi pubblici, è interessante sottolineare criticamente come negli indicatori H1, "Le potenzialità delle NBS verso un approccio al *Green Design*" non vengano assolutamente presi in considerazione, riducendo gli interventi progettuali al solo uso dei CAM (Criteri Ambientali Minimi), all'efficientamento energetico degli edifici attraverso l'uso di fonti rinnovabili, alla riduzione dell'uso di risorse materiche e alle bonifiche ambientali (Tab. 1). In questo contesto, gli spazi pubblici di prossimità, considerati una vera risorsa in un approccio *green*, ecosistemico e sostenibile ambientale, non rientrano come parte fondante del progetto per la misurazione e la valutazione delle soluzioni adottate all'interno dei temi ambientali (Baratta *et al.*, 2022).

Conclusioni e Prospettive future della ricerca

Lo spazio pubblico oggi è l'elemento più sensibile a registrare i cambiamenti ambientali e sociali, e quello su cui si affacciano le politiche aggregative, dove si rappresenta la pluralità del concetto di polis. Migliorare l'accessibilità e la qualità dello spazio pubblico, nell'accezione di bene pubblico, di prossimità, soprattutto laddove il tessuto ur-

The liveability of the neighbourhood is quantitatively measured in square metres per capita of green areas and, especially, through the distance between housing units and green areas (LEED-CC, *Green Spaces*), and the presence of elements that promote active mobility (LEED-ND, *Tree-lined and shaded streetscapes*; BREEAM-C, *Public Realm*).

Risk assessment plans regarding floods and rainfall are included and considered optional (BREEAM-C, *Flood Risk Assessment*; LEED-CC, *Stormwater Management*; LEED-ND, *Floodplain avoidance*), as well as management plans and simulations to predict the effects on the microclimate due to urban morphology before and after intervention (BREEAM-C, *Microclimate*, *Adapting to climate change*), recognising environmental conditions as having weight in

achieving social and economic well-being (Fig. 5).

A New Proposal of Dichotomous Qualitative-Quantitative Indicators

The descriptive analyses outlined above have allowed the development of a cognitive methodological framework capable of relating a multi-thematic system of actions and qualitative-quantitative indicators (Fig. 6). This results in systematisation in a matrix-scale relationship of indicators, corresponding to strategies involving the use of NBS, grouped into four macro-areas identifying their directions: improve microclimatic conditions, increase inclusivity and accessibility to local services, enhance self-sufficiency, and reduce CO₂ emissions. For each strategy, the type of NBS integrated (water, green, soil) has been indicated, along with the objective it aims to pur-

Indicators		
H.1.	Environmental impact indicators	
H.1.1.	<i>Energy sustainability indicator 1: number of types of systems from renewable sources (none, +1 solar, +1 wind, +1 hydro, +1 geothermal, +1 biomass)</i>	0 1 2 3 4 5
H.1.2.	<i>If yes, indicate which one</i>	-----
H.1.3.	<i>Energy efficiency indicator 2: number of increases in the energy classes of buildings</i>	0 1 2 3 4 5
H.1.4.	<i>Environmental remediation indicator: project surface subjected to environmental remediation or elimination of causes of pollution and dangerous materials present inside the buildings or in the areas subject to intervention</i>	m2
H.1.5.	<i>Indicator of reduction in consumption of material resources: volume of material to reuse and recycle materials and products / volume of total material used</i>	m3/m3
H.1.6.	<i>Regional resource use indicator: volume of material coming from material supply at a limited distance (<50Km) for extraction, processed and produced / volume of total material</i>	m3/m3

Relationship, on a matrix scale, between actions that can be grouped into macro areas and solutions broken down at the scale of "Nature Based Solution", "Purpose" and "Type of qualitative-quantitative indicator" attached (by Authors)

07 |

Directions	Strategies	NBS			Scope		Typology	
		Water	Green	Soil	Enhance	Decarbonise	Qualitative	Quantitative
1 Improve microclimatic conditions	1.01 Analysis of biodiversity through botanical census							
	1.02 Conserve and preserve ecological habitat							
	1.03 Blue infrastructure design							
	1.04 Increase permeable surfaces							
	1.05 Rainwater recovery							
	1.06 Gray water recovery							
	1.07 Runoff reduction							
	1.08 Green infrastructure design							
	1.09 Regenerate degraded spaces (brownfield)							
	1.10 Vulnerability and capacity resilience analysis (SWOT)							
	1.11 Develop management and maintenance plans							
2 Increase the level of inclusivity and proximity service	2.01 Encourage mixed use							
	2.02 Promote inclusive and social spaces							
	2.03 Ensure short distance between dwellings and green spaces							
	2.04 Tree-lined and shaded streetscape							
	2.05 Greenery for rehabilitative purpose							
	2.06 Greenery area for inhabitant							
3 Increase self-sufficiency	3.01 Zero km edible production							
	3.02 Water recovery for hydroponic and phytoremediation solutions							
	3.03 Greenery for productive purpose							
	3.04 Biomass for energy production							
4 Reduce CO2 emission	4.01 Enhance existing tree masses							
	4.02 Quantification of tree essences							
	4.03 Diversify tree species for environmental mitigation and carbon storage capacity							
	4.04 Adoption of materials for permeable surfaces capable of absorbing CO2							

bano è particolarmente denso, con la dotazione di attrezzatura per la sosta e per il gioco o la facilitazione dell'adozione della mobilità attiva e/o condivisa, e il miglioramento delle condizioni microclimatiche è sostanziale per il successo del progetto urbano, in termini di vivacità, di integrazione di usi multipli e inclusività dei differenti profili di utenza. Inoltre, l'adozione di

strategie che aumentano la presenza di spazi verdi, con introduzione di specie arboree e arbustive resilienti, autoctone e dall'elevata capacità di mitigazione ambientale, favorisce la riconnessione con sistemi naturali di dimensioni più grandi e l'istituzione di una rete ecologica diffusa a supporto della resilienza dell'intero sistema urbano (Zamani *et al.*, 2018). Gli spazi pub-

a green, ecosystemic, and environmentally sustainable approach, are not included as a fundamental part of the project for measuring and evaluating the solutions adopted within environmental themes (Baratta *et al.*, 2022)

Conclusions and Future Research Perspectives

Public space today is the most sensitive element to record environmental and social changes, and the one where aggregative policies come into play, representing the plurality of the concept of polis. Improving accessibility and quality of public space, in the sense of a public, proximate asset, especially where urban fabric is particularly dense, with the provision of equipment for parking and playing or facilitating the adoption of active and/or shared mobility, and improving mi-

croclimatic conditions is essential for the success of urban projects, in terms of vibrancy, integration of multiple uses, and inclusivity of different user profiles. Furthermore, the adoption of strategies that increase the presence of green spaces, with the introduction of resilient, native tree and shrub species with high environmental mitigation capacity, promotes reconnection with larger natural systems and the establishment of a widespread ecological network supporting the resilience of the entire urban system (Zamani *et al.*, 2018). Proximity public spaces can offer a perspective of evolution for the system of applied research and higher education in universities and professions. Managing the complexity of urbanised territories requires cooperation between different disciplines, such as architecture, ecology, sociology, economics, and engineer-

ing. The adoption of design support tools capable of evaluating the effectiveness of policies and strategic actions requires a review of indicators, especially environmental ones, to ensure more careful evaluation and control. Through the support of these tools, it is possible to orient future developments of urban and peri-urban districts towards decarbonisation and enhancement of proximity public spaces with the use of NBS, from the bidding and project evaluation stages. However, it is necessary to highlight how, when declaring the evaluation objectives, due to the assignment of specific weights within a multiple criteria analysis, indicators, and therefore certification protocols, show a validity limit. Therefore, for a broader spectrum control of the dynamics at play in regenerative processes, the combined and integrated use of mul-

multiple protocols based on the objectives to be pursued is necessary.

NOTES

¹ Indicators related to the NBS are analysed and compared within the following environmental assessment protocols:

- LEED Neighbourhood Development (Green Building Council of the United States, LEED-ND v.4, 2014) for newly constructed neighbourhoods;
- LEED Cities and Communities (Green Building Council of the United States, LEED-CC v.4.1, 2021), integrated planning for existing and new cities;
- BREEM Communities (Building Research Establishment, BREEM-C, 2017) for neighbourhood and district scale projects.

blici di prossimità possono offrire una prospettiva di evoluzione per il sistema della ricerca applicata e della formazione superiore universitaria e professionale. La gestione della complessità dei territori urbanizzati richiede la cooperazione tra diverse discipline, come l'architettura, l'ecologia, la sociologia, l'economia e l'ingegneria. L'adozione di strumenti di supporto alla progettazione in grado di valutare l'efficacia delle politiche e delle azioni strategiche richiede una revisione degli indicatori, soprattutto quelli ambientali, per assicurare una più attenta valutazione e un controllo. Attraverso il supporto di questi, è possibile orientare verso la decarbonizzazione e la valorizzazione degli spazi pubblici di prossimità con l'utilizzo di NBS gli sviluppi futuri dei distretti urbani e periurbani, fin dalle fasi di gara e valutazione del progetto. Tuttavia, è necessario evidenziare come nel momento in cui si dichiarano gli obiettivi della valutazione, per via dell'attribuzione di pesi specifici all'interno di un'analisi multicriteriale, gli indicatori, e quindi i protocolli di certificazione, mostrino un limite di validità. Si rende necessario, quindi, per un controllo a spettro più ampio delle dinamiche in atto nei processi rigenerativi, l'uso combinato e integrato di più protocolli in base agli obiettivi da perseguire.

NOTE

¹ Sono analizzati e confrontati gli indicatori riferiti alle *Nature Based Solution* relativi ai seguenti protocolli di valutazione ambientale:

1. *LEED Neighborhood Development* (Green Building Council degli Stati Uniti, LEED-ND v.4, 2014) per quartieri di nuova costruzione;
2. *LEED Cities and Communities* (Green Building Council degli Stati Uniti, LEED-CC v.4.1, 2021), pianificazione integrata di città, esistenti e di nuova costruzione;

ATTRIBUTION, ACKNOWLEDGMENTS, COPYRIGHT RIGHTS

This paper is the outcome of research and experimentation activities carried out in continuity at 'Sapienza' University of Rome, PDTA Department: PRIN Research 'Tech-Start – Key Enabling Technologies and Smart Environment in the Age of Green Economy – Convergent Innovations in the Open Space/Building System for Climate Mitigation' (2019-2022), with reference to the work by the 'Sapienza' operating unit, PI Prof. F. Tucci; PNRR Rome Technopole Spoke 3 and Spoke 5 CUP: B83C22002820006 project, funded by PNRR Mission 4 – Component 2 – Investment 1.5 – RM TECH – Flagship Project No. 2, PI Prof. F. Tucci, and in particular under Theme Line 1 'New project models of green-smart NZEB for energy transition, resource circularity and decarbonisation

in constructions, towards Climate Neutrality and Positive Energy behaviour, also aimed at the construction design of the new campus and headquarters of the Rome Technopole, PI Prof. F. Tucci, Team: RtdA Researcher V. Cecafosso, M. Giampaolletti, G. Turchetti; PhD Students K. Mitrik, L. Montagner.

3. *BREEAM Communities* (Building Research Establishment, BREEAM-C, 2017) progetti a scala di quartiere e distretto.

ATTRIBUZIONE, RICONOSCIMENTI, DIRITTI D'AUTORE

Il presente contributo è il prodotto delle attività di ricerca e sperimentazione svolte in continuità presso l'Università degli Studi di Roma "Sapienza", Dipartimento PDTA: PRIN Research "Tech-Start – Key Enabling Technologies and Smart Environment in the Age of Green Economy – Convergent Innovations in the Open" Sistema Spazio/Edificio per la Mitigazione Climatica' (2019-2022), con riferimento al lavoro dell'Unità Operativa 'Sapienza', PI Prof. F. Tucci; PNRR Tecnopolo di Roma Spoke 3 e Spoke 5 CUP: progetto B83C22002820006, finanziato dal PNRR Mission 4 – Component 2 – Investment 1.5 – RM TECH – Flagship Project No. 2, PI Prof. F. Tucci, ed in particolare sotto Theme Line 1 'Nuovi modelli progettuali di NZEB green-smart per la transizione energetica, la circolarità delle risorse e la decarbonizzazione nelle costruzioni, verso la Neutralità Climatica e comportamenti Energetici Positivi, finalizzati anche alla progettazione costruttiva del nuovo campus e sede del Tecnopolo di Roma', PI Prof. F. Tucci, Team: Ricercatore RtdA V. Cecafosso, M. Giampaolletti, G. Turchetti; Dottorandi K. Mitrik, L. Montagner.

REFERENCES

- Baratta, A.F.L., Calcagnini, L., Finucci, F., Magarò, A. (2022), *Gli indicatori di impatto nel Programma Innovativo Nazionale per la qualità dell'Abitare (PINQuA)*, Urban Crator TAT 2024. Available at: <https://urbancuratorat.org/gli-indicatori-di-impatto-nel-programma-innovativo-nazionale-per-la-qualita-dellabitare-pinqu/#site-header> (Accessed on 15/02/2024).
- Berlingieri, F. (2021), "Prossimità, tempi e transizione. Due indirizzi progettuali per la città post pandemia", *Territorio*, Vol.97, pp.27-34. Available at: <https://journals.francoangeli.it/index.php/territorioOA/article/view/12924/1256> (Accessed on 05/06/2024).

- Botchwey, N., Andrew L. Dannenberg A. L. and Frumkin H. (2022), *Making Healthy Places. Designing and Building for Well-Being, Equity, and Sustainability*, Island Press, Washington. Available at: <https://islandpress.org/books/making-healthy-places-second-edition#desc> (Accessed on 05/06/2024).
- Carmona, M. (2015), "Re-theorising contemporary public space: a new narrative and a new normative", *Journal of Urbanism: International Research on Placemaking and Urban Sustainability*, Vol.8, issue 4, pp. 373-405. Available at: <https://doi.org/10.1080/17549175.2014.909518>.
- Dawodu, A., Cheshmehzangi, A., Sharifi, A., Oladejo, J. (2022), "Neighborhood sustainability assessment tools: Research trends and forecast for the built environment", *Sustainable Futures*, Vol.4. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.sfr.2022.100064>.
- European Commission (2020), *A Renovation Wave for Europe – greening our buildings, creating jobs, improving lives*, Brussels. Available at: https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/eu_renovation_wave_strategy.pdf (Accessed on 17/02/2024).
- IPCC (2023), *Synthesis Report Climate Change 2023*, Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA. Available at: https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/press/IPCC_AR6_SYR_SlideDeck.pdf (Accessed on 10/02/2024).
- Marrone, P. and Montella, I. (2022), "Edifici e spazi di prossimità per la transizione energetica – Una sperimentazione su limiti e potenzialità delle Comunità Energetiche Rinnovabili nella città costruita", in Ferrante, T. and Tucci, F. (Eds), *BASES Benessere Ambiente Sostenibilità Energia Salute – Programmare e progettare nella transizione*, FrancoAngeli, Milano, pp. 347-355.
- MIMS – Ministero delle infrastrutture e delle mobilità sostenibili (2021), *Programma innovativo nazionale per la qualità dell'abitare, Modello PIN-QuA*. Available at: <https://qualitabitare.mit.gov.it/docs/modellopinqua.pdf> (Accessed on 11/01/2024).
- MIMS – Ministero delle infrastrutture e delle mobilità sostenibili (2022), *Monitoraggio dell'attuazione del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) e del Piano Nazionale Complementare (PNC)*, 31 marzo 2022. Available at: https://www.mit.gov.it/nfsmitgov/files/media/notizia/202203/Conferenza%20stampa%2031.03.2022%20-%20Monitoraggio%20PNRR%20e%20PC_0.pdf (Accessed on 28/12/2023).
- Presidenza Consiglio dei ministri (2021), *Indicatori Comuni Europei. Italia Domani, Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza*. Available at: <https://www.italiadomani.gov.it/content/sogei-ng/it/it/Interventi/indicatori-comuni-europei.html> (Accessed on 11/02/2024).
- Tucci, F. and Cecafosso, V. (2020), "Retrofitting dello spazio pubblico per la qualità ambientale ed ecosistemica di città più Green", *Techne – Journal of Technology for Architecture and Environment*, Vol 19, pp.256-270. Available at: <https://doi.org/10.13128/techne-7827>.
- Tucci, F., Baiani, S., Altamura, P. and Cecafosso, V. (2021), "District Circular Transition e progetto tecnologico verso un modello di Circular City", *Techne – Journal of Technology for Architecture and Environment*, Vol. 22, pp. 227-239. Available at: <https://doi.org/10.36253/techne-10612>.
- UN (2015), *Transforming Our World – The 2030 Agenda for Sustainable Development*, Resolution adopted by the General Assembly on 25 September 2015, A/RES/70/1. Available at: <https://sdgs.un.org/2030agenda> (Accessed on 05/06/2024).
- Zamani, Z., Heidari, S., Hanachi, P. (2018), "Reviewing the Thermal and Microclimatic Function of Courtyards", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 93, pp.580-595. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.05.055>.