

## ARTICLE INFO

Received	18 March 2023
Revised	29 April 2023
Accepted	09 May 2023
Published	30 June 2023

## INFRASTRUTTURE VERDI IN CONTESTI URBANI ARIDI

Ecologie in transizione oltre il Green Riyadh

## GREEN INFRASTRUCTURE IN ARID URBAN CONTEXTS

Transitioning ecologies beyond Green Riyadh

Monica Moscatelli, Alessandro Raffa

### ABSTRACT

Le infrastrutture verdi, integrando e coordinando la dimensione ambientale, economica e sociale, svolgono un ruolo cruciale per le transizioni in contesti urbani. Il presente contributo focalizza l'attenzione sulle infrastrutture verdi all'interno di contesti urbani caratterizzati da un clima arido, guardando, in particolare, a Riyadh come ologramma della città saudita. L'obiettivo è delineare il ruolo attuale, tra Piani e progetti, dell'infrastruttura verde, identificando limiti e possibilità future, attraverso un approccio 'basato sul paesaggio' all'infrastruttura verde. Verranno quindi individuate sette linee strategiche integrate e interagenti che hanno come obiettivo quello di informare il processo di implementazione dell'infrastruttura verde in chiave olistica e complessa, aprendo a scenari alternativi di transizione ecologica per la città saudita.

Green infrastructures play a crucial role in urban transitions by integrating and coordinating the environmental, economic, and social dimensions. This contribution focuses on green infrastructures within urban contexts characterised by an arid climate, particularly in Riyadh as a hologram of the Saudi city. The goal is to outline the current role of green infrastructure between plans and projects, identifying future limits and possibilities through a 'landscape-based' approach to green infrastructure. Seven integrated and interacting strategic lines will therefore be identified, which aim to inform the process of implementation of the green infrastructure in a holistic and complex key, opening up to alternative scenarios of ecological transition for the Saudi city.

### KEYWORDS

contesti urbani aridi, infrastrutture verdi, transizione ecologica, resilienza, sostenibilità  
arid urban contexts, green infrastructure, ecological transition, resilience, sustainability



**Monica Moscatelli**, Architect and PhD, is an Assistant Professor at the Department of Architecture of the Prince Sultan University of Riyadh (Saudi Arabia). She carries out research activities in architectural composition and urban regeneration. She is a member of the Sustainable Architecture Lab research group. She received the best paper award, 'Sustainability and the built environment' ICSDI2022. Email: mmoscatelli@psu.edu.sa

**Alessandro Raffa**, Architect and PhD, is a Research Fellow at the Department of European and Mediterranean Cultures of the University of Basilicata (Italy). He carries out research activities mainly in the context of the project for sustainable regeneration. He is a member of the research groups of the Nature-City Lab and the UNESCO Chair of Matera and an Associate Researcher at FEEM. Mob. +39 342/51.52.583 | Email: alessandro.raffa@unibas.it

Nei contesti urbani il progetto delle infrastrutture verdi, integrando e coordinando la dimensione ambientale, economica e sociale, rappresenta una possibilità cruciale per supportare processi di sviluppo sostenibile nel quadro delle agende globali. L'infrastruttura verde svolge un ruolo centrale nell'adattamento ai cambiamenti climatici (Matthews, Lo and Byrne, 2015), migliora la gestione del ciclo delle acque (Liu and Jensen, 2018), allevia l'effetto isola di calore (Hunter Block, Livesley and Williams, 2012), modula gli effetti del vento, migliora la qualità dell'aria (Hewitt, Ashworth and MacKenzie, 2020), incrementa la biodiversità urbana e riduce i consumi energetici; con la sua realizzazione (Meerow and Newell, 2017) è possibile offrire spazi pubblici multifunzionali e di qualità e, al contempo, incidere sulla salute e il benessere della comunità, favorire l'inclusione e, più in generale, dare un contributo decisivo alla resilienza urbana (Coppola, Zaffi and D'Ostuni, 2022).

Pertanto è importante sottolineare il ruolo primario delle infrastrutture verdi per raggiungere obiettivi multipli soprattutto in contesti urbani, portando la popolazione a un miglioramento della qualità di vita, al consolidamento delle relazioni sociali e allo sviluppo economico (Scalisi and Ness, 2022). L'intenzione è guardare alle infrastrutture verdi in una cornice più complessa, interdisciplinare, olistica, multi-scalare e multi-temporale (Barbero et alii, 2022); in questa prospettiva il presente contributo adotta un approccio al progetto delle infrastrutture verdi (Rouse and Bunster-Ossa, 2013) 'basato sul paesaggio' interpretato come uno spazio ibrido e tecno-naturale (Cattaneo, 2019), in cui sperimentare le potenzialità metodologico-operative del progetto all'interno di una cornice complessa che guarda a sfide e urgenze globali nell'urbano. L'ineludibilità del paradigma ecologico trascina le questioni progettuali verso il paesaggio, interpretato sia come modello che come medium per la città contemporanea, «[...] in response to question of risk and resilience, adaptation and change» (Waldheim, 2016, p. 4).

La costruzione dell'approccio al tema si è nutrita degli apporti teorico-metodologici riferibili al Landscape Urbanism e all'Ecological Urbanism che, con le loro reciproche intersezioni ed esperienze operative, «[...] multiply the available lines of thought on the contemporary city to include environmental and ecological concepts, while expanding traditional disciplinary and professional framework for describing those urban conditions» (Waldheim, 2016, p. 179). Attraverso questo approccio si è guardato alla città di Riyadh e al processo in corso di infrastrutturazione verde, rispetto al quale sono state individuate delle strategie che seppur specifiche, possono in realtà essere applicate anche ad altri contesti sauditi che presentano ricorrenti fragilità nelle dinamiche urbane.

Nell'ultima decade alcuni studi hanno approfondito da diversi osservatori disciplinari il ruolo e le potenzialità di rigenerazione delle infrastrutture verdi in contesti urbani caratterizzati da un clima arido e semi-arido; tuttavia, riguardo ai contesti aridi, le sperimentazioni di pianificazione e progettazione urbana sono agli albori. Rispetto all'approccio che il presente studio adotta e per il contesto applicativo individuato, l'esperienza della città di Tucson, in Arizona, rappresenta un caso significativo. Nella città americana, caratterizzata da un clima arido, l'implementazione dell'infrastrut-

tura verde nasce come strategia resiliente di gestione del ciclo dell'acqua e adattativa rispetto alle piogge concentrate e violente effetto del cambiamento climatico. Attraverso il Programma Storm to Shade del 2020 (Tucson Municipality, 2022) è stata promossa una teoria di strategie e azioni integrate che vanno dalla rigenerazione dei corridoi ecologici relativi a infrastrutture blu alla strutturazione di nuove infrastrutture verdi alla scala del quartiere e dell'isolato, in una logica di interconnessione tra sistemi lineari, areali e puntuali.

Sebbene le infrastrutture verdi e blu rappresentino uno degli orizzonti centrali nelle strategie urbane di sviluppo in contesti aridi (ARUP, 2018), la loro traduzione metodologico-operativa dal punto di vista del progetto urbano solleva temi e questioni su cui riflettere per orientare scenari di rigenerazione, all'interno dei processi di transizione ecologica, energetica e giusta. A partire dai quattro principi per la pianificazione/progettazione delle infrastrutture verdi, cioè integrazione, connettività, multifunzionalità e inclusione sociale (Hansen et alii, 2017), il presente contributo guarda alla città di Riyadh e alla sua infrastruttura verde tra limiti attuali e possibilità future. Attraverso un approccio 'basato sul paesaggio' il contributo, a partire da una disamina di Piani e progetti per Riyadh, individua sette strategie che, insieme, intendono orientare in maniera complessa il processo in corso di implementazione dell'infrastruttura verde nella prospettiva di una transizione ecologica più consapevole.

**Metodologia e fasi operative della ricerca** | La sperimentazione che verrà introdotta di seguito si colloca all'interno di una ricerca in corso sul progetto delle infrastrutture verdi in contesti urbani aridi e semi-aridi, con un focus sul Middle East. Partendo dalle carenze rilevate nella letteratura la ricerca intende identificare principi, metodologie operative, pratiche e strumenti che verranno testati su contesti specifici al fine di verifica e continua precisazione (Fig. 1). In questa cornice il contributo presenta i risultati di un'indagine condotta sull'infrastruttura verde della città di Riyadh – interpretata come ologramma della complessità della città arida del Golfo in cui è in corso un processo di implementazione dell'infrastruttura verde – volta a identificare limiti attuali e possibilità future, quest'ultime tradotte in sette linee strategiche che sono specifiche per il contesto in esame ma che intendono rispondere a problematiche ricorrenti nel progetto dell'infrastruttura verde di altre città del Golfo.

La sperimentazione sulla città di Riyadh è stata condotta attraverso quattro fasi operative: 1) il reperimento di dati e informazioni sull'infrastruttura verde attuale; 2) la mappatura dei sistemi verdi, della costellazione di ambiti sottoutilizzati e dei vuoti urbani, la definizione delle loro caratteristiche morfologiche e dinamiche ecologiche, ma anche la lettura critica dei progetti che ridefiniranno l'infrastruttura verde urbana, tra criticità e potenzialità, attraverso sistemi digitali avanzati ed esplorazioni mirate sul campo; 3) l'elaborazione di sette diagrammi strategici che corrispondono ad altrettante linee guida; 4) la generalizzazione e replicabilità delle linee guida strategiche.

**Il progetto delle infrastrutture verdi in Arabia Saudita** | Raggiungere un futuro 'green' è un im-

perativo globale. L'Arabia Saudita aspira a migliorare la qualità di vita dei suoi residenti e salvaguardare le generazioni future attraverso l'implementazione degli spazi verdi, accelerando la transizione 'green' all'interno del Regno. Il tema delle infrastrutture verdi si colloca al centro del framework strategico della visione sostenibile Saudi Vision 2030<sup>1</sup> che intende affrontare le sfide ecologiche, energetiche e climatiche di oggi. La Saudi Green Initiative (SGI) e la Middle East Green Initiative (MGI) rappresentano una 'roadmap' ambiziosa per guidare l'Arabia Saudita nel suo percorso verso la sostenibilità, con lo scopo di raggiungere l'obiettivo di 'net zero energy' entro il 2060.

A partire da un confronto tra Piani e progetti realizzati nelle principali città dell'Arabia Saudita emerge con forza la carenza di una logica di interconnessione e multifunzionalità nella pianificazione e progettazione delle infrastrutture verdi in contesti urbani. Una caratteristica comune delle città saudite è l'esistenza delle 'vacant lands', definite come ambiti disponibili per futuri sviluppi residenziali o commerciali all'interno dei confini della città. La disponibilità di tali spazi, sia all'interno dell'urbano consolidato che negli ambiti di espansione, è particolarmente elevata in alcune città (Fig. 2).

A Riyadh, ad esempio, la superficie di 'vacant lands' all'interno dell'area edificata è pari al 40%, mentre negli ambiti di espansione è oltre il 70% (MoMRAH, 2022); per tali aree è in corso un processo di rigenerazione urbana soprattutto all'interno del tessuto 'consolidato' per porre un freno alle nuove espansioni 'esterne', migliorare la qualità degli spazi e incidere sul benessere dei cittadini. Nell'ambito della Saudi Vision 2030, dei quattro 'mega progetti' urbani in corso di realizzazione tre incideranno profondamente e ri-definiranno l'infrastruttura verde della città attraverso la rigenerazione delle 'vacant lands'.

Sport Boulevard (Cohen+Partners, 2019-in corso) è un progetto di rigenerazione urbana che intende promuovere la mobilità lenta attraverso la realizzazione, in sostituzione della viabilità carrabile e di vacant lands limitrofe, di una spina verde attrezzata che colleghi i corridoi ecologici del wadi Hanifa e Sulay cercando di instaurare un dialogo tra le ecologie del verde urbano, degli ambiti rurali di margine e del deserto attraversati da percorsi ciclopedonali. King Salman Park (Gillespies, 2019-in corso) vedrà sorgere, in sostituzione di un vuoto di 16 kmq, un nuovo parco urbano attrezzato che innoverà il tessuto attraverso ramificazioni blu-verdi tecno-naturali per connettere altri spazi verdi e vuoti alla scala di quartiere.

Il Green Riyadh Project (in corso) sarà il più grande Piano di forestazione urbana a livello globale (attualmente in fase di sperimentazione in sette quartieri della città); questi progetti, pur cercando un radicamento con il contesto sociale ed ecologico di prossimità, non sono inclusi nella pianificazione dell'infrastruttura verde complessa, capace di esperire i benefici di un approccio guidato dai principi di integrazione, connettività, multifunzionalità e inclusione sociale.

L'incremento della dotazione verde pro capite, attraverso nuovi parchi e azioni di forestazione urbana, non sembra sfruttare appieno il potenziale rigenerativo (in senso ecologico, economico e sociale) legato all'implementazione dell'infrastruttura verde e alla sua integrazione con le infrastrutture

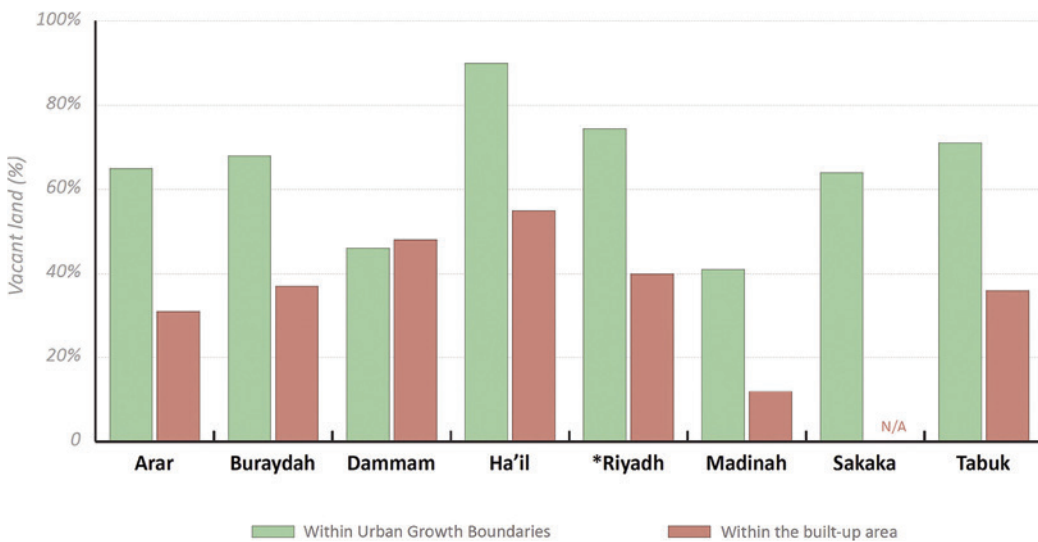
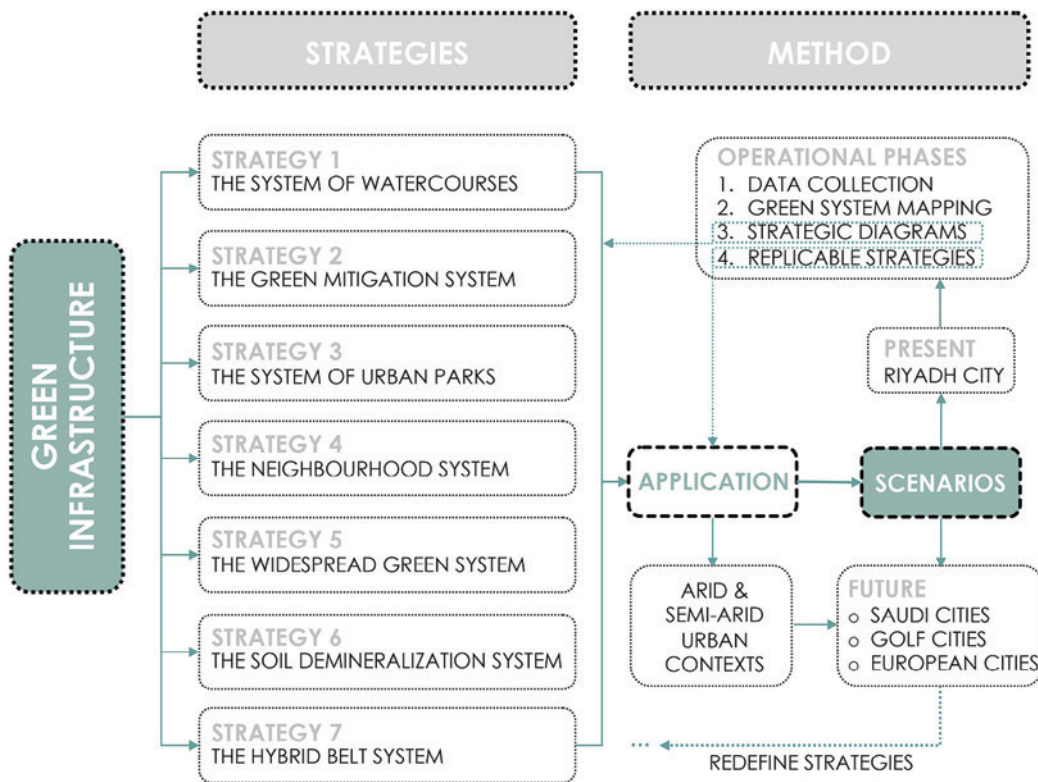


Fig. 1 | Methodology scheme to implement green infrastructure in the arid urban context (credit: the Authors, 2023).

Fig. 2 | Vacant lands in Saudi cities, 2019 (source: MoMRAH, 2022).

grigie (Aljoufie and Tiwari, 2015). Un'altra criticità riguarda la sostenibilità delle nuove aree verdi, spesso progettate a partire da modelli provenienti da realtà geografiche e climatiche ben diverse, la cui gestione richiede consumi idrici ed energetici significativi. Inoltre, gli spazi urbani e periurbani verdi, anche per un fatto culturale, sono concepiti come fatti 'isolati' e 'altri' rispetto, ad esempio, alle dinamiche ecologiche del deserto, sebbene le loro relazioni ecologiche siano molteplici, in termini di risorse e biodiversità (Dell'Acqua, 2020).

### La sperimentazione sul caso studio di Riyadh

Riyadh, il cui nome significa 'giardini', nasce dall'unione di insediamenti all'interno di un'oasi tra due corsi d'acqua (Al-Oteibi, Noble and Costa, 1993). Sino agli anni Cinquanta la città era circondata da una cintura verde con palmeti, frutteti, orti e campi che rapidamente è stata erosa a vantag-

gio dello sviluppo urbano (Harrigan, 2016) sino ad essere oggi irricognoscibile; come altre città saudite Riyadh è caratterizzata da molteplici asimmetrie che coinvolgono i processi di implementazione e gestione degli spazi verdi. Carenza e isolamento degli spazi verdi pubblici, anche per fattori culturali, elevati costi di gestione e l'adozione di modelli occidentali non aderenti alla realtà del contesto saudita rendono il processo in corso di infrastrutturazione verde poco sostenibile ed efficace in termini di benefici, nel breve e medio-lungo periodo.

Pertanto, la Royal Commission for Riyadh City (RCRC) sta implementando un programma per rendere più verde gli spazi urbani e suburbani della città di Riyadh. Scopo della ricerca è inserirsi all'interno del progetto Green Riyadh<sup>2</sup> e andare oltre i suoi obiettivi. Il progetto Green Riyadh è stato introdotto in sette quartieri della città e prevede una strategia integrata di forestazione su larga

scala, attraverso la messa a dimora di 7,5 milioni di alberi entro il 2030 per diminuire la temperatura urbana, soprattutto durante la stagione estiva. Il programma inoltre prevede un miglioramento del ciclo della risorsa idrica, anche attraverso il suo riutilizzo, e la creazione di giardini e parchi pubblici (Vision 2030).

L'implementazione dell'infrastruttura verde potrebbe quindi diventare un orizzonte strategico per guidare la città di Riyadh verso la transizione ecologica, con benefici economici, ambientali e sociali ed essere occasione di rigenerazione, migliorando la qualità dei suoi spazi urbani. Occorre un approccio olistico e multidisciplinare in cui le categorie di integrazione, connettività, multifunzionalità e coesione sociale possano essere rilette in una chiave più complessa, 'site-specific' e sostenibile, e l'infrastruttura verde possa essere interpretata nella sua molteplicità di forme e scale attraverso la lente del paesaggio.

### Infrastruttura verde: sette strategie per Riyadh

Per queste ragioni, nel presente studio, Riyadh è interpretata come ologramma della complessità della città arida del Golfo e come prototipo per comprendere limiti presenti e possibilità future del progetto 'landscape-driven' dell'infrastruttura verde, intesa come dispositivo multi-scalare tecnaturale, portatore di benefici diffusi a supporto del processo di transizione ecologica ed energetica che la città sta affrontando.

Rispetto all'Action Plan, in particolare all'Azione 3 – Protect, Improve and Re-link Green and Blue Network (UN-Habitat, 2019), e al Green Riyadh project (un imponente Piano di forestazione urbana e di soluzioni basate sulla natura che intende rispondere alle sfide climatiche globali e migliorare la qualità della vita e il benessere dei cittadini attraverso l'implementazione di spazi verdi passando da 1,7 a 28,0 mq/ab entro il 2030) sono state identificate sette linee strategiche<sup>3</sup> che corrispondono ad altrettante 'figure' urbane, tra potenzialità/criticità presenti e futuri possibili; esse, nel loro insieme, intendono caratterizzare orizzonti di pianificazione e progettazione dell'infrastruttura verde e del suo molteplice paesaggio, inteso come lente e matrice trasformativa della Riyadh contemporanea.

Strategia 1 – Il sistema del Wadi Hanifa e del Wadi Sulay. Il Wadi Hanifa e Sulay costituiscono le due infrastrutture blu-verdi che storicamente hanno rappresentato i limiti orientali e occidentali della città di Riyadh (Fig. 3). La strategia intende rafforzare il ruolo dei due wadi come infrastrutture di connessione con gli ecosistemi collinari e con l'urbano, attraverso ambiti di rigenerazione (soprattutto in corrispondenza delle aree industriali a sud e a est) attraverso dispositivi spaziali tecnaturali e implementando la loro accessibilità, fruibilità e multifunzionalità grazie a percorsi ciclo pedonali e ambiti per il tempo libero.

In anni recenti la rigenerazione di alcuni segmenti del Wadi Hanifa, che ha avuto il riconoscimento dell'Aga Khan Award nel 2010 (Harrigan, 2016), ha offerto alla città un luogo per il tempo libero apprezzato e molto frequentato dai cittadini di Riyadh. È necessario però rigenerare la continuità del suo corridoio ecologico oggi frammentato e procedere a una graduale implementazione di soluzioni tecnaturali blu-verdi, per esempio riguardo ai sistemi di depurazione che non rispon-

dono alle esigenze attuali, oppure prevedendo bacini di ritenzione utili per le 'flash floods' sempre più frequenti. Bisognerà inoltre prestare particolare attenzione non solo ai wadi ma anche al loro sistema di immissari secondari che sono parte integrante del corridoio ecologico da recuperare nella loro funzionalità idrogeologica, per migliorare biodiversità e fruizione (Fig. 4).

Strategia 2 – Il sistema del verde di mitigazione delle infrastrutture. La mitigazione dell'inquinamento acustico e ambientale delle infrastrutture, in una città pensata per l'autovettura, è stato il primo motore per l'implementazione di spazi verdi su larga scala che ha indirizzato verso la nascita di ulteriori spazi verdi (Fig. 5). La forestazione di mitigazione delle infrastrutture (Fig. 6) deve rami-

ficarsi all'interno del tessuto urbano connettendo spazi esistenti o di nuova definizione, implementando le alberature di strade e viali. Le intersezioni tra le infrastrutture e i loro pattern verdi e il sistema dei wadi potrebbero essere l'occasione di rigenerare spazi di risulta e incrementare accessibilità ai corridoi ecologici blu-verdi e loro fruibilità.

Strategia 3 – Il sistema dei parchi urbani e de-



Fig. 3, 4 | Green patterns: Wadi Hanifa River (source: Google Earth, 2023); Strategy 1 – Wadi Hanifa and Wadi Sulay system (credit: the Authors, 2023).



Fig. 5, 6 | Green patterns: mitigation system (source: Google Earth, 2023); Strategy 2 – The infrastructure mitigation system (credit: the Authors, 2023).



gli ambiti periurbani. Il sistema dei parchi urbani rappresenta una costellazione di aree verdi pubbliche (Fig. 7) molto frequentate, distribuite in corrispondenza delle infrastrutture e presso l'edilizia residenziale. Implementazione del verde di mitigazione dei principali assi urbani e delle alberature dei viali potrebbero sostenere la costituzione di assi verdi che attraversano la città offrendo allo stesso tempo spazi ricreativi e per l'incontro, riducendo localmente l'effetto isola di calore e migliorando la qualità degli spazi e il benessere dei cittadini. Questo sistema dovrà anche integrarsi con gli ambiti rurali periurbani (Fig. 8), orti e palmeti (Fig. 9), che hanno un ruolo ecologico importante e che potrebbero avere un impatto sulla filiera urbana della produzione agricola, rispetto alla situazione attuale in cui la città è completamente dipendente da apporti esterni.

Strategia 4 – Il sistema dei quartieri. Riyadh è cresciuta anche attraverso il modello dei quartieri privati, i cosiddetti 'compound', che si configurano prevalentemente come 'isole verdi' fruibili solo dai residenti. In altri casi, come per il Quartiere Diplomatico di Al Safarat (Fig. 10) ai confini orientali del Wadi Hanifa, la qualità degli spazi verdi e la loro multifunzionalità ha ridefinito il suo carattere introverso iniziale, offrendosi all'uso collettivo. Il sistema di spazi verdi dei quartieri, di quelli esistenti (Fig. 11) e in progetto, costituisce un pattern riconoscibile e di scala intermedia tra i sistemi verdi di scala territoriale, messi in luce nelle prime tre strategie, e quelli capillarmente diffusi nel tessuto delle Strategie 5 e 6, rappresentando, in alcuni casi, possibilità anche di collegamento fisico, implementando la loro connettività e attraversabilità ciclo-pedonale.

Strategia 5 – Il sistema del verde capillare. La città di Riyadh sta assistendo alla moltiplicazione di spazi verdi privati (Fig. 12) e pubblici disseminati nel tessuto urbano che rappresentano un'elevata potenzialità ecologica (Fig. 13); insieme ai sistemi del verde dei quartieri il sistema periurbano dei grandi parchi può rappresentare un continuum ambientale. Si tratta tuttavia di spazi verdi che adottano modelli occidentali e sono spesso proiezione di uno status sociale, caratterizzati da 'lawns', che richiedono costi di gestione e consumo di risorse, energia e acqua, molto elevati e che risultano per questo poco sostenibili. Il programma di forestazione urbana in corso deve riconoscere il potenziale di questa costellazione di spazi verdi rispetto agli altri sistemi urbani considerando però non solo il loro ruolo da un punto di vista estetico, percettivo e ricreativo, ma anche il loro impatto da un punto di vista del metabolismo urbano, soprattutto per quanto riguarda l'energia e la risorsa idrica.

Strategia 6 – Il sistema della demineralizzazione dei suoli. I suoli della città sono caratterizzati da elevati livelli di impermeabilità che oggi, per effetto delle 'flash floods' legate al cambiamento climatico, rappresentano un problema significativo. Il processo di demineralizzazione dei suoli deve innanzitutto riguardare prima le aree pubbliche (percorsi pedonali, ciclabili, piazze, ecc.) e poi coinvolgere ambiti legati al settore dei servizi (Fig. 14) e dell'industria, ma anche spazi sottoutilizzati o che in prospettiva, come nel caso delle grandi aree parcheggio, si renderanno meno necessarie per effetto del processo di transizione verso la mobilità sostenibile che la città sta compiendo: questi luoghi, insieme al loro ombreggiamento vegetale,

potranno costituire un'ulteriore costellazione che rafforza l'infrastruttura verde urbana (Fig. 15).

Strategia 7 – Il sistema ibrido di cintura. Il sistema ibrido di cintura va ad agire su quelle aree genericamente identificate come 'vacant lands' (UN-Habitat, 2019): si tratta di spazi di diversa natura ma tutti accomunati da un non utilizzo o sottoutilizzo. Ambiti di margine tra frange urbane, infrastrutture, suoli agricoli e corridoi ecologici (Fig. 16) che devono essere riconosciuti per le loro qualità ecologiche e come spazi disponibili per il rafforzamento dell'infrastruttura verde della città.

Questi spazi possono svolgere il ruolo di ecotoni, cioè spazi ibridi e complessi in cui avviene un'intensificazione delle dinamiche ecologiche proprio per la loro condizione di interfaccia tra il verde urbano esistente, o che verrà implementato nel futuro, e le ecologie del deserto. Spazi di possibilità che potrebbero generare intrecci complessi con le strategie precedenti e che, vista anche la loro estensione e distribuzione (Fig. 17), potrebbero essere immaginati, attraverso un processo progettuale olistico e integrato, come nuovi 'territori dell'esistenza' per mettere in campo azioni strategiche in grado di ridefinire e ristrutturare l'intera infrastruttura verde; prefigurati come paesaggi ibridi techno-naturali, proprio attraverso il nesso tra deserto e spazi verde, potrebbero contribuire a riequilibrare le asimmetrie ecologiche, sociali ed economiche che caratterizzano l'infrastruttura verde di Riyadh in una prospettiva di transizione giusta.

**Discussione dei risultati** | Per affrontare la crescita incontrollata di Riyadh e il cambiamento climatico in corso è stato necessario un approccio metodologico strategico integrato che indirizzasse la città verso una transizione ecologica sostenibile. Le sette linee strategiche individuate dalla ricerca si inseriscono all'interno del Green Riyadh, un progetto in corso al centro del Programma della Saudi Vision 2030, con l'obiettivo di rendere Riyadh una metropoli verde. Rispetto ai mega progetti urbani attualmente in corso, che portano a un notevole miglioramento della città dal punto di vista ambientale, sociale e culturale, la ricerca ha messo in luce l'importanza delle infrastrutture verdi, pensate come un sistema di assi di collegamento e di relazione tra le diverse aree urbane della città, dai fiumi ai quartieri e fino alle 'vacant lands'. Scopo della ricerca è pertanto creare una rete ecologica in modo da implementare le infrastrutture blu e verdi in modo uniforme per l'intera città.

Il risultato di questo lavoro ambisce a far parte di quegli strumenti che supportano la transizione ecologica all'interno delle città, evidenziando l'importanza di una logica di interconnessione e multifunzionalità nella pianificazione e progettazione delle infrastrutture verdi in contesti urbani. L'integrazione delle sette linee guida è stata pertanto fondamentale per poter ottenere una strategia integrata e uniforme per l'intera città.

**Fig. 9** | Strategy 3 – The system of urban parks and peri-urban rural areas (credit: the Authors, 2023).

*Previous page*

**Fig. 7** | Green patterns: Salam Park (source: Google Earth, 2023).

**Fig. 8** | Green patterns: peri-urban rural areas (source: Google Earth, 2023).

### Conclusioni, limiti e prospettive della ricerca

Il presente contributo ha illustrato l'applicazione di sette linee guide strategiche attraverso un approccio olistico e interdisciplinare basato sul paesaggio in cui l'implementazione delle infrastrutture verdi supporterà processi di transizione ecologica, ma anche energetica ed equa all'interno del contesto selezionato. Le linee strategiche individuate, seppur specifiche per la città di Riyadh (Fig. 18), rispondono a una serie di criticità ricorrenti nelle città saudite e del Golfo e offrono un orizzonte possibile per guardare alla pianificazione e progettazione delle infrastrutture verdi in maniera integrata, complessa e coerente con le sfide e urgenze globali del nostro tempo.

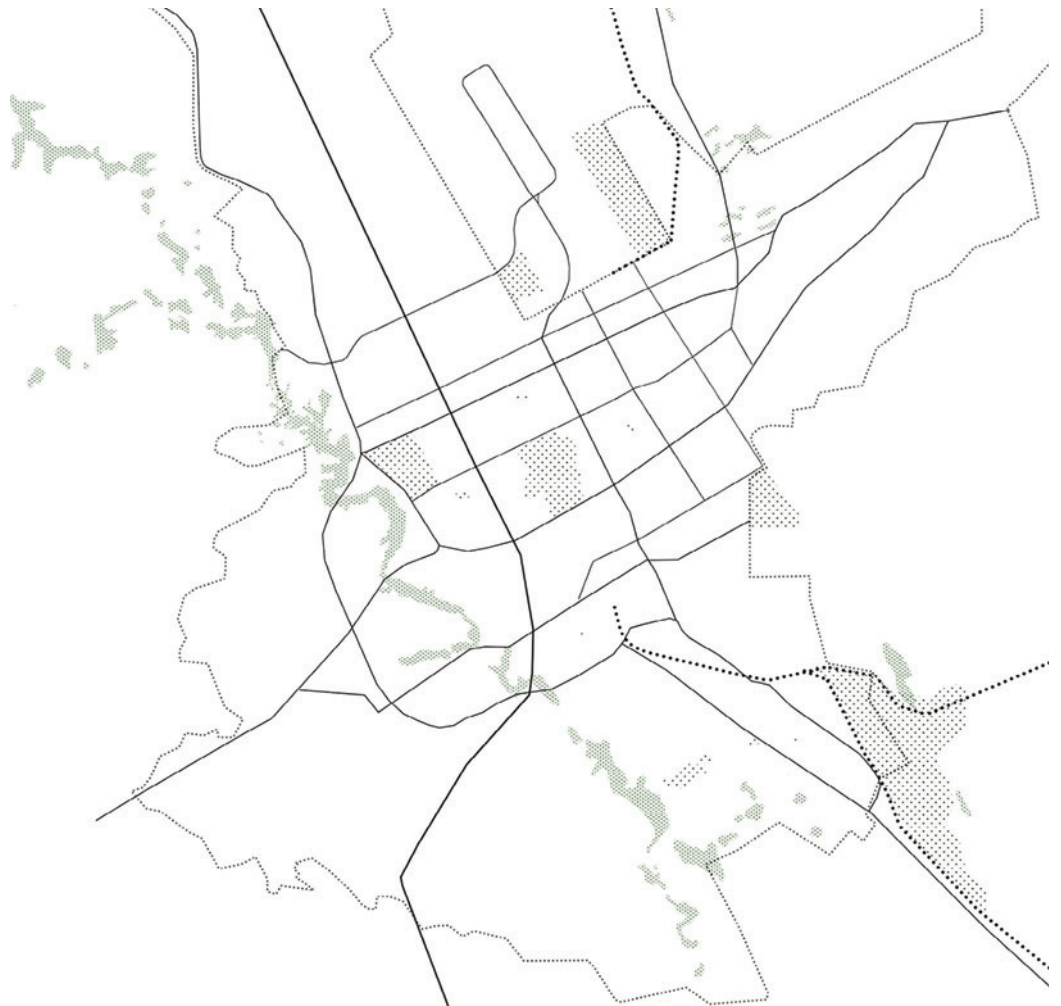
La condizione di frammentarietà degli spazi verdi (rilevabile alle diverse scale, dallo spazio verde privato, di quartiere, al parco e ambito rurale periurbano), frutto di un'interpretazione culturale che li rende spazio 'altro' rispetto alla condizione desertica dominante, viene ricompresa all'interno di uno sguardo più ampio in cui questi sistemi-costellazione interagiscono con sistemi lineari (i wadi, il verde di mitigazione delle infrastrutture) e sistemi di carattere esteso (il sistema ibrido di cintura) dove definire, attraverso il 'landscape', nuove ecologie urbane in grado di riconfigurare l'infrastruttura verde. L'esperienza di Tucson, da questo punto di vista, può aprire a ulteriori linee di sviluppo, soprattutto rispetto alla gestione del processo che ha saputo intersecare pianificazione strategica e coinvolgimento delle comunità e di cittadini, strategie urbane e azioni locali. All'interno di linee strategiche che agiscono alla scala urba-

na-territoriale è stato definito un abaco di soluzioni tecno-naturali che i cittadini potranno adottare rispetto a problemi specifici, contribuendo al rafforzamento dell'infrastruttura verde urbana.

Nell'attuale processo di transizione ecologica delle città globali, le sette linee guida individuate e applicate, seppur in un contesto limitato, quale la città di Riyadh, possono essere generalizzate e applicate ad altri contesti aridi urbani. La replicabilità della metodologia adottata può portare a sperimentazioni strategiche anche in altre città dell'Arabia Saudita, quali ad esempio la città di Jeddah sul Mar Rosso, caratterizzata da clima caldo-umido, e la città di Medina circondata dalla catena montuosa Hijaz, può essere estesa ad altre città del Golfo, tra cui Abu Dhabi, oppure a contesti urbani mediterranei che, in un prossimo futuro, saranno caratterizzati da un clima arido per effetto dei cambiamenti climatici. Lo scopo della replicabilità delle linee guida in diversi contesti servirà a ridefinire, implementare e mettere a punto una metodologia operativa, procedure e strumenti che possano supportare processi progettuali di implementazione delle infrastrutture verdi in contesti urbani aridi.

---

In urban contexts, the project of green infrastructures, integrating and coordinating the environmental, economic, and social dimensions, represents a crucial possibility to support sustainable development processes within the framework of global agendas. Green infrastructure plays a cen-





**Fig. 10, 11** | Green patterns: Al Safarat neighbourhood (source: Google Earth, 2023); Strategy 4 – The neighbourhood system (credit: the Authors, 2023).



**Fig. 12, 13** | Green patterns: widespread private green in a residential area (source: Google Earth, 2023); Strategy 5 – The capillary green system (credit: the Authors, 2023).

tral role in climate change adaptation (Matthews, Lo and Byrne, 2015), improves water cycle management (Liu and Jensen, 2018), alleviates the heat island effect (Hunter Block, Livesley and Williams, 2012), modulates the effects of wind, improves air quality (Hewitt, Ashworth and MacKenzie, 2020), increases urban biodiversity and reduces energy consumption. Through its project (Meerow and

Newell, 2017), it is possible to offer multifunctional and quality public spaces and, at the same time, affect the health and well-being of the community, promote inclusion, and, more generally, make a decisive contribution to urban resilience (Coppola, Zaffi and D'Ostuni, 2022).

Therefore, it is essential to underline the primary role of green infrastructures to achieve mul-

tiple objectives, especially in urban contexts, leading the population to improve the quality of life and the consolidation of social relationships and economic development (Scalisi and Ness, 2022). The intention is to look at green infrastructures in a more complex, interdisciplinary, holistic, multi-scalar, and multi-temporal framework (Barbero et alii, 2022). In this perspective, the present contribution adopts



Fig. 14, 15 | Green patterns: impermeable soil in a service compound (source: Google Earth, 2023); Strategy 6 – The soil demineralisation system (credit: the Authors, 2023).



Fig. 16, 17 | Green patterns: vacant lands (source: Google Earth, 2023); Strategy 7 – The hybrid belt system (credit: the Authors, 2023).

a 'landscape-based' approach to the design of green infrastructures (Rouse and Bunster-Ossa, 2013). The landscape of the green infrastructure is interpreted as a hybrid space, techno-natural (Cattaneo, 2019), and also as a possible space in which to experiment with the methodological-operative potential of the project within a complex framework that looks at global challenges and ur-

gencies in the urban environment. The inescapability of the ecological paradigm drags design issues toward the landscape, interpreted both as a model and as a medium for the contemporary city, «[...] in response to question of risk and resilience, adaptation and change» (Waldheim, 2016, p. 4).

The approach to the theme looked at the theoretical-methodological contributions referring to

Landscape Urbanism and Ecological Urbanism, which, with their mutual intersections and operational experiences, «[...] multiply the available lines of thought on the contemporary city to include environmental and ecological concepts, while expanding traditional disciplinary and professional framework for describing those urban conditions» (Waldheim, 2016, p. 179). Through this approach,



strategies have been identified for the city of Riyadh through its green infrastructure process. The strategies identified, albeit specific, can also be applied to other Saudi urban contexts as they respond to recurring fragilities in urban dynamics.

In the last decade, some studies from various disciplinary observers have investigated the role and possibilities of regeneration of green infrastructures in urban contexts characterised by an arid and semi-arid climate. However, arid contexts, urban planning, and design experiments are in their infancy. Concerning the approach this study adopts and the application context identified, the experience of Tucson in Arizona represents a significant case. In the American city, characterised by an arid climate, implementing green infrastructure was born as a resilient strategy for managing the water cycle and adapting to concentrated rains and the damaging effect of climate change. Through the Storm to Shade program 2020 (Tucson Municipality, 2022), a theory of integrated strategies and actions has been promoted, ranging from the regeneration of ecological corridors related to blue infrastructures to the structuring of new green infrastructures at the scale of the neighbourhood and the isolated, in a logic of interconnection between linear, area and punctual systems.

Although green and blue infrastructures represent one of the central horizons in urban development strategies in arid contexts (ARUP, 2018), their methodological-operational translation from the point of view of urban design raises themes and questions on which to reflect to guide regeneration scenarios within the ecological, energy and just transition processes. Starting from the four principles for green infrastructure planning/design, i.e., integration, connectivity, multifunctionality, and social inclusion (Hansen et alii, 2017), this contribution looks at the city of Riyadh and its green infrastructure between current limits and possibilities futures. Through a 'landscape-based' approach, the contribution, starting from examining plans and projects for Riyadh, identifies seven strategies that, together, intend to orient the ongoing process of green infrastructure implementation in a complex way, with a view to a more conscious ecological transition.

### Methodology and operational phases of the research

The experimentation introduced below is part of ongoing research on green infrastructure design in arid and semi-arid urban contexts, focusing on the Middle East. The study identified gaps in the literature. Therefore, principles, operating methodologies, practices, and tools are identified starting from these shortcomings and will be tested in specific contexts for verification and continuous clarification (Fig. 1). In this framework, the contribution presents the results of a survey conducted on the green infrastructure of the city of Riyadh – interpreted as a hologram of the complexity of the arid city of the Gulf in which a green infrastructure implementation process is underway – aimed at identifying current limits and future possibilities, the latter is translated into seven strategic lines which are specific to the context in question but which intend to respond to recurring problems in the green infrastructure projects of other Gulf cities.

The experimentation on the city of Riyadh was conducted through four operational phases: 1)

The retrieval of data and information on the current green infrastructure; 2) The mapping of green systems, of the constellation of underused areas, of vacant lands, their morphological characteristics and ecological dynamics, but also the projects that will redefine the urban green infrastructure, between criticality and potential, through advanced digital systems and explorations on the targeted field; 3) The elaboration of seven strategic diagrams, which correspond to as many guidelines; 4) The generalisation and replicability of the strategic guidelines.

**The green infrastructure project in Saudi Arabia** | Achieving a green future is a global imperative. Saudi Arabia aspires to improve the quality of life of its residents and safeguard future generations through the implementation of green spaces, accelerating the 'green' transition within the Kingdom. The theme of green infrastructure is at the heart of the strategic framework of the Saudi Vision 2030<sup>1</sup> sustainable vision, which intends to address today's ecological, energy, and climate challenges. The Saudi Green Initiative (SGI) and the Middle East Green Initiative (MGI) represent an ambitious 'roadmap' to guide Saudi Arabia on its sustainability path, achieving the 'net zero energy' goal by 2060.

Starting from a comparison between plans and projects carried out in the main cities of Saudi Arabia, the lack of a logic of interconnection and multifunctionality emerges forcefully in the planning and design of green infrastructures in urban contexts. A common feature of Saudi cities is the existence of 'vacant lands', defined as areas available for future residential or commercial development within the city limits. These spaces, both within the consolidated urban area and in expansion areas, are exceptionally high in some cities (Fig. 2).

In Riyadh, for example, the area of 'vacant lands' within the built-up area is 40%, while in expansion areas it is over 70% (MoMRAH, 2022); a process of regeneration of these areas is underway, especially within the 'consolidated' fabric to put a stop to the new 'external' expansions, improve the quality of urban spaces and affect the well-being of citizens. As part of Saudi Vision 2030, three of the four urban mega-projects under construction will profoundly affect and redefine the city's green infrastructure by regenerating vacant urban lands.

Sports Boulevard (Cohen+Partners, 2019-ongoing) is an urban regeneration project that intends to promote slow mobility through the construction, in replacement of the driveway and neighbouring vacant lands, of an equipped green spine that will connect the ecological corridors of the Wadi Hanifa and Sulay and which seeks a dialogue between the ecologies of urban greenery, rural margin areas and the desert crossed by cycle-pedestrian paths.

King Salman Park (Gillespies, 2019-ongoing) will see a newly equipped urban park emerge to replace a 16 km<sup>2</sup> void that will innervate the fabric through techno-natural blue-green ramifications connecting other green and empty spaces on a neighbourhood scale. The Green Riyadh Project (ongoing) will be the most extensive urban forestation plan globally. It is currently under investigation in seven districts of the city. While these projects seek to root in the social and ecological context

of proximity, they need to be included in complex green infrastructure planning, capable of experiencing the benefits of an approach guided by integration, connectivity, multifunctionality, and social inclusion.

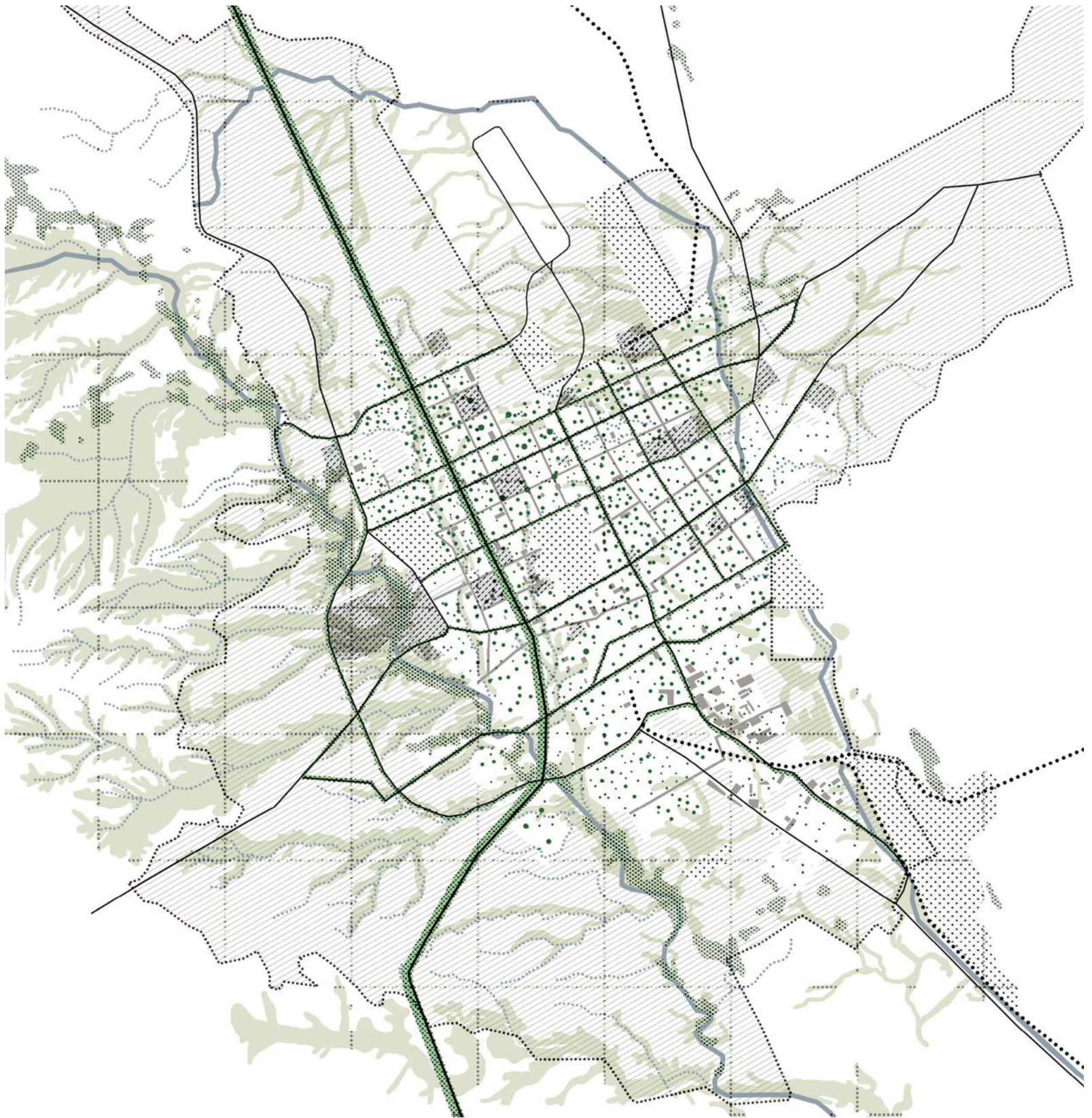
The increase in per capita green endowment through new parks and urban forestation actions does not seem to fully exploit the regenerative potential (in an ecological, economic, and social sense) linked to the implementation of green infrastructure and its integration with grey infrastructures (Aljoufie and Tiwari, 2015). Another critical issue concerns the sustainability of the new green areas, often designed starting from models from very different geographical and climatic realities, whose management requires significant water and energy consumption. Furthermore, urban and peri-urban green spaces, probably due to a cultural issue, are conceived as 'isolated' sites or 'other' places if compared, for example, to the ecological dynamics of the desert. However, their ecological relationships are multiple in terms of resources and biodiversity (Dell'Acqua, 2020).

### The experimentation on the case study of Riyadh

Riyadh, whose name means 'gardens', was born from the union of settlements within an oasis between two waterways (Al-Oteibi, Noble and Costa, 1993). Until the 1950s, the city was surrounded by a green belt with palm groves, orchards, vegetable gardens, and fields which rapidly eroded for urban development (Harrigan, 2016). It is unrecognisable today. Like other Saudi cities, Riyadh is characterised by multiple asymmetries involving the implementation and management of green spaces. The shortage and isolation of public green spaces, also due to cultural factors, high management costs, and the adoption of Western models not adapted to the reality of the Saudi context, make the ongoing process of green infrastructure not very sustainable and effective in terms of benefits, in the short and medium-long terms. Therefore, the Royal Commission for Riyadh City (RCRC) is implementing a program to green the urban and suburban spaces of the city of Riyadh. The article aims to fit into the Green Riyadh<sup>2</sup> project and go beyond its objectives. The Green Riyadh project has been introduced in seven city districts. It involves an integrated strategy of large-scale forestation through planting 7.5 million trees by 2030 to decrease urban temperatures, especially during the summer. The program also envisages an improvement in the water resource cycle through its reuse and creation of public gardens and parks (Vision 2030).

The implementation of green infrastructure could therefore become a strategic horizon to guide the city of Riyadh towards the ecological transition, with economic, environmental, and social benefits and be an opportunity for regeneration, improving the quality of its urban spaces. A holistic and multidisciplinary approach is needed in which the categories of integration, connectivity, multifunctionality, and social cohesion can be re-read in a more complex, 'site-specific' and sustainable key, and in which the green infrastructure, through the lens of the landscape, can be interpreted in its multiplicity of forms and scales.

**Green infrastructure: seven strategies for Riyadh** | For these reasons, in the present study, Riyadh



**Fig. 18** | Green infrastructure: overlapping the seven Riyadh strategies (credit: the Authors, 2023).

is interpreted as a hologram of the complexity of the arid city of the Gulf and as a prototype for understanding the current limits and future possibilities of the 'landscape-driven' project of the green infrastructure, understood as a multi-scalar techno-natural device, bearer of widespread benefits to support the ecological and energy transition process that the city is facing.

This study defines guidelines that refer to the Action Plan, in particular to Action 3 – 'Protect, Im-

prove and re-link green and blue network' (UN-Habitat, 2019), and to the Green Riyadh project, an impressive urban and nature-based forestation plan solutions which aim to respond to global challenges and urgencies and improve the quality of life and well-being of citizens through the implementation of green spaces, increasing from 1.7 to 28.0 m<sup>2</sup>/inhabitant by 2030. The seven strategies identified<sup>3</sup> correspond to as many urban figures between present potentials/criticalities and pos-

sible futures. These strategies aim to inform some horizons of planning and design of the green infrastructure and its multiple landscapes, understood as a lens and transformative matrix of contemporary Riyadh.

Strategy 1 – The Wadi Hanifa and Wadi Sulay system. Wadi Hanifa and Sulay constitute the two blue-green infrastructures that have historically represented the eastern and western limits of the city of Riyadh (Fig. 3). The strategy aims to strength-

en the role of the two wadis as connection infrastructures with the hilly ecosystems and with the urban environment, through areas of regeneration (especially in correspondence with the industrial areas to the south and east) through techno-natural spatial devices and by implementing their accessibility, usability, and multi-functionality through cycle-pedestrian paths and leisure areas.

In recent years, the regeneration of some segments of Wadi Hanifa, which earned the recognition of the Aga Khan Award in 2010 (Harrigan, 2016), has offered the city a place for leisure that is appreciated and highly frequented by the citizens of Riyadh. However, it is necessary to regenerate the continuity of its now fragmented ecological corridor and gradually implement blue-green techno-natural solutions, for example, purification systems that do not respond to current needs or provide retention basins useful for more frequent flash floods. It will also be necessary to pay particular attention to the wadis and their system of secondary tributaries, which are an integral part of the ecological corridor to be recovered in their hydrogeological functionality, improving biodiversity and their hydrogeological functionality fruition (Fig. 4).

Strategy 2 – The green infrastructure mitigation system. The mitigation of the acoustic and environmental pollution of the infrastructures in a city designed for cars was the first driver of the implementation of large-scale green spaces which, from areas closest to vehicular traffic, joined or were directed towards the birth of additional green spaces (Fig. 5). The infrastructure mitigation forestation (Fig. 6) must branch out within the urban fabric by connecting existing or newly defined areas, implementing the trees of streets and avenues. The intersections between the infrastructures and their green patterns and the Wadi system could be an opportunity to regenerate waste spaces and increase the accessibility and usability of the blue-green ecological corridors.

Strategy 3 – The system of urban parks and peri-urban areas. The system of urban parks represents a constellation of highly frequented public green areas (Fig. 7), distributed in correspondence with the infrastructures and near urban addresses. The implementation of the mitigating greenery of the main urban axes and the trees of the avenues could support the establishment of green axes that cross the city and which offer at the same time recreational and meeting spaces, locally reducing the heat island effect and improving the quality of spaces and the well-being of citizens. This system will also have to integrate with peri-urban rural areas (Fig. 8), vegetable gardens, and palm groves (Fig. 9), which have an important ecological role and which could have an impact on the urban chain of agricultural production compared to the current situation in which the city is entirely dependent on external contributions.

Strategy 4 – The neighbourhood system. Riyadh has also grown through the model of private neighbourhoods, the so-called ‘compounds’, configured mainly as ‘green islands’ that only residents can use. In other cases, such as the Diplomatic Quarter of Al Safarat (Fig. 10) on the eastern borders of Wadi Hanifa, the quality of its green spaces and their multifunctionality has redefined its initial introverted character, opening up to collective use. The system of existing green spaces in the neighbourhoods (Fig. 11) and those in the

planning stage represent a recognisable pattern of an intermediate scale between the green systems of a territorial scale highlighted in the first three strategies and those widespread throughout the fabric of Strategies 5 and 6. They also represent, in some cases, the possibility of physical connection, implementing their connectivity and cycle-pedestrian crossing.

Strategy 5 – The capillary green system. The city of Riyadh is witnessing the multiplication of private (Fig. 12) and public green spaces scattered throughout the urban fabric, representing a high ecological potential (Fig. 13). The peri-urban system of large parks can represent an environmental continuum together with the green systems of the neighbourhoods. However, these green spaces adopt Western models. They are often a projection of social status, characterised by ‘lawns’, which require management costs and consumption of resources, energy, and water, which are very high and which, for this reason, are not very sustainable. The ongoing urban forestation program must recognise the potential of this constellation of green spaces compared to other urban systems; however, considering not only their role from an aesthetic, perceptual, and recreational point of view but also their impact from an urban metabolism, especially as regards energy and water resources.

Strategy 6 – The soil demineralisation system. The city’s soils are characterised by high levels of impermeability, which today, due to the effect of the ‘flash floods’ linked to climate change, represent a significant problem. The soil demineralisation process should, first of all, concern public areas (pedestrian paths, cycle paths, plazas, etc.) and then involve areas related to the service sector (Fig. 14) and industry but also underused spaces or spaces that, in the future, as in the case of large parking areas, will become less necessary as a result of the transition process towards sustainable mobility that the city is carrying out. Together with their vegetal shading, these places could constitute a further constellation that strengthens the urban green infrastructure (Fig. 15).

Strategy 7 – The hybrid belt system. The belt hybrid system acts on those areas generically identified as ‘vacant lands’ (UN-Habitat, 2019). These are spaces of different natures but all united by a non-use or under-use; marginal areas between urban fringes, infrastructures, agricultural land (Fig. 16), and ecological corridors must be recognised for their environmental qualities and as spaces available for the strengthening of the green infrastructure of the city.

These spaces can play the role of ecotones, i.e., hybrid and complex areas in which intensification of ecological dynamics takes place precisely because of the condition of the interface between the existing urban green or the urban green that will be implemented in the future and the desert ecologies. They are spaces of possibilities that could generate complex interweaving with previous strategies. According to their extension and distribution (Fig. 17), these spaces could be imagined through a holistic and integrated design process. They could be considered new ‘territories of existence’ to implement strategic actions capable of redefining and restructuring the entire green infrastructure. These spaces are represented as hybrid techno-natural landscapes through

the nexus between the desert and green spaces. They could help rebalance the ecological, social and economic asymmetries that characterise Riyadh’s green infrastructure in a just transition perspective.

**Discussion of the results** | An integrated strategic methodological approach was needed to address Riyadh’s uncontrolled growth and ongoing climate change to steer the city toward a sustainable ecological transition. The seven strategic lines identified by the research are part of the Green Riyadh, an ongoing project at the heart of the Saudi Vision 2030 program to make Riyadh a green metropolis. The mega projects currently underway in the city are leading to a significant improvement of the city from an environmental, social, and cultural point of view. But the research aims to highlight the importance of green infrastructures, conceived as a system of connecting axes that link the different urban areas of the city, from rivers to neighbourhoods, to ‘vacant lands’. Therefore, the research aims to create an ecological network to implement blue and green infrastructures for the entire city uniformly.

This work aims to be part of those tools that support the ecological transition within cities, highlighting the importance of the logic of interconnection and multifunctionality in the planning and designing of green infrastructures in urban contexts. Therefore, the seven guidelines’ integration was fundamental to obtaining an integrated and uniform strategy for the city.

**Conclusions, limits and perspectives of the research** | This contribution illustrates the application of seven strategic guidelines through a landscape-based holistic and interdisciplinary approach in which the implementation of green infrastructures will support ecological, but also energy, and just transition processes within the selected context. The strategic lines identified, albeit specific to the city of Riyadh (Fig. 18), respond to a series of recurring criticalities in Saudi Arabian and Gulf cities and offer a possible horizon for looking at the planning and design of green infrastructures in an integrated, complex way that is consistent with the global challenges and urgencies of our time.

The condition of fragmentation of green spaces (detectable at different scales, from private green space, in the neighbourhood, to the park and peri-urban rural area) results from a cultural interpretation that makes them space ‘other’ than the dominant desert condition. This is included within a broader view in which these constellation-systems interact and exchange with linear systems (wadis, the green infrastructure mitigation) and with the extended nature systems (the hybrid belt system) to define, through the ‘landscape’, new urban ecologies capable of reconfiguring the green infrastructure. The experience of Tucson, from this point of view, can open further lines of development, above all regarding the management of the process, which has been able to intersect strategic planning and the involvement of communities and groups of citizens, urban strategies, and local actions. Within strategic lines that act on the urban-territorial scale, an abacus of techno-natural solutions has been defined, which citizens can adopt for specific problems, con-

tributing to strengthening the urban green infrastructure.

In the current process of ecological transition of global cities, the seven guidelines identified and applied, albeit in a limited context, such as the city of Riyadh, can be generalised and spread to other arid urban contexts. The replicability of the adopted methodology can also lead to strategic exper-

iments in other cities of Saudi Arabia, such as the city of Jeddah on the Red Sea, characterised by a hot-humid climate, and the city of Medina, surrounded by the Hijaz Mountain range. It can then be replicated in other Gulf cities, including Abu Dhabi, and finally in Mediterranean urban contexts, which an arid climate will soon characterise due to climate change. The replicability of the guide-

lines in different contexts will redefine, implement and develop an operating methodology, procedures, and tools that can support design processes for implementing green infrastructures in arid urban contexts.

## Acknowledgements

The contribution is the result of a joint reflection of the Authors. The introductory paragraph and ‘Green infrastructure: seven strategies for Riyadh’ are to be attributed to A. Raffa; the paragraphs ‘The green infrastructure project in Saudi Arabia’, ‘The experimentation on the Riyadh case study’, and ‘Discussion of the results’ to M. Moscatelli. The paragraph ‘Methodology and operational phases of the research’ and ‘Conclusions, limits, and perspectives of the research’ are common to the Authors. The contribution made by M. Moscatelli is part of research developed within the Sustainable Architecture Lab (SA Lab) of Prince Sultan University (Saudi Arabia). The contribution developed by A. Raffa is part of research on the role of green infrastructure in areas of urban regeneration financed with PON R&I and FSE-REACT EU funds and developed within the Nature-City Lab at the University of Basilicata (Italy).

## Notes

1) Saudi Vision 2030 is a strategic framework to reduce Saudi Arabia’s dependence on oil, diversify its economy, and develop public service sectors such as health, education, infrastructure, recreation, and tourism. For more information, see: [vision2030.gov.sa/media/rc0b5oy1/saudi\\_vision203.pdf](https://vision2030.gov.sa/media/rc0b5oy1/saudi_vision203.pdf) [Accessed 18 March 2023].

2) For further information on the Green Riyadh project, see the webpage: [rcrc.gov.sa/en/projects/green-riyadh-project](https://rcrc.gov.sa/en/projects/green-riyadh-project) [Accessed 18 March 2023].

3) The seven strategies applied to the city of Riyadh adapt the classification by decomposition elaborated for the green infrastructure in the monograph dedicated to the City of Prato and its Operational Plan (Cattaneo and Barberis, 2019).

## References

- Al-Oteib, S., Noble, A. G. and Costa, F. J. (1993), “The Impact of Planning on Growth and Development in Riyadh, Saudi Arabia, 1970-1990”, in *GeoJournal*, vol. 29, pp. 163-170. [Online] Available at: [doi.org/10.1007/BF00812813](https://doi.org/10.1007/BF00812813) [Accessed 18 March 2023].
- Aljoufie, M. and Tiwari, A. (2015), “Valuing ‘Green Infrastructure’ in Jeddah – A City lost in ‘Grey’ Infrastructure”, in *Journal of Architecture and Urbanism*, vol. 39, issue 4, pp. 248-259. [Online] Available at: [doi.org/10.3846/20297955.2015.1113901](https://doi.org/10.3846/20297955.2015.1113901) [Accessed 18 March 2023].
- ARUP (2018), *Cities Alive – Rethinking Cities in Arid Environments*. [Online] Available at: [arup.com/perspectives/publications/research/section/cities-alive-cities-in-arid-environments](https://arup.com/perspectives/publications/research/section/cities-alive-cities-in-arid-environments) [Accessed 18 March 2023].
- Barbero, S., Giraldo Nohra, C. and Campagnaro, C. (2022), “Soluzioni sistemiche per un benessere olistico delle città – Processi, risultati e riflessioni | Systemic solutions for the holistic well-being of cities – Processes, results and reflections”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 11, pp. 50-61. [Online] Available at: [doi.org/10.19229/2464-9309/1142022](https://doi.org/10.19229/2464-9309/1142022) [Accessed 18 March 2023].
- Cattaneo, E. C. (2019), “La tecnologia della Natura”, in

Cattaneo, E. C. and Barberis, V. (eds), *Prato Fabbrica Natura – Il nuovo Piano Operativo*, Skira, Milano, pp. 165-170.

Cattaneo, E. C. and Barberis, V. (eds) (2019), *Prato Fabbrica Natura – Il nuovo Piano Operativo*, Skira, Milano.

Coppola, E., Zaffi, L. and D’Ostuni, M. (2022) “Dalle Superillas al tactical greenery – Sperimentazioni e strategie transcalari di rigenerazione vegetale dello spazio urbano | From Superillas to tactical greenery – Experiments and transcalar strategies of vegetal regeneration of urban space”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 11, pp. 62-73. [Online] Available at: [doi.org/10.19229/2464-9309/1152022](https://doi.org/10.19229/2464-9309/1152022) [Accessed 18 March 2023].

Dell’Acqua, F. (2020), “Città ed emergenze ambientali – Le Infrastrutture Verdi per il progetto urbano | Cities and environmental emergencies – Green Infrastructures for the urban project”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 8, pp. 74-81. [Online] Available at: [doi.org/10.19229/2464-9309/872020](https://doi.org/10.19229/2464-9309/872020) [Accessed 18 March 2023].

Hansen, R., Rall, E., Chapman, E., Rolf, W. and Pauleit, S. (eds) (2017), *Urban Green Infrastructure Planning – A Guide for Practitioners*, GREEN SURGE. [Online] Available at: [researchgate.net/publication/319967102\\_Urban\\_Green\\_Infrastructure\\_Planning\\_A\\_Guide\\_for\\_Practitioners](https://researchgate.net/publication/319967102_Urban_Green_Infrastructure_Planning_A_Guide_for_Practitioners) [Accessed 18 March 2023].

Harrigan, P. (2016), *Riyadh – Oasis of Heritage and Vision*, Medina Publishing, Riyadh. [Online] Available at: [rcrc.gov.sa/wp-content/uploads/2019/10/Riyadh.English.pdf](https://rcrc.gov.sa/wp-content/uploads/2019/10/Riyadh.English.pdf) [Accessed 18 March 2023].

Hewitt, C. N., Ashworth, K. and MacKenzie, A. R. (2020), “Using green infrastructure to improve urban air quality (GI4AQ)”, in *Ambio*, vol. 49, pp. 62-73. [Online] Available at: [doi.org/10.1007/s13280-019-01164-3](https://doi.org/10.1007/s13280-019-01164-3) [Accessed 18 March 2023].

Hunter Block, A., Livesley, S. J. and Williams, N. S. G. (2012), *Responding to the Urban Heat Island – A Review of the Potential of Green Infrastructure*, Victorian Centre for Climate Change Adaptation Research. [Online] Available at: [apo.org.au/sites/default/files/resource-files/2012-03/apo-nid237206.pdf](https://apo.org.au/sites/default/files/resource-files/2012-03/apo-nid237206.pdf) [Accessed 18 March 2023].

Liu, L. and Jensen, M. B. (2018), “Green infrastructure for sustainable urban water management – Practices of five forerunner cities”, in *Cities*, vol. 74, pp. 126-133. [Online] Available at: [doi.org/10.1016/j.cities.2017.11.013](https://doi.org/10.1016/j.cities.2017.11.013) [Accessed 18 March 2023].

Matthews, T., Lo, A. Y. and Byrne, J. A. (2015), “Reconceptualizing green infrastructure for climate change adaptation – Barriers to adoption and drivers for uptake by spatial planners”, in *Landscape and Urban Planning*, vol. 138, pp. 155-163. [Online] Available at: [doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.02.010](https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.02.010) [Accessed 18 March 2023].

Meerow, S. and Newell, J. P. (2017), “Spatial planning for multifunctional green infrastructure – Growing resilience in Detroit”, in *Landscape and Urban Planning*, vol. 159, pp. 62-75. [Online] Available at: [doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.10.005](https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.10.005) [Accessed 18 March 2023].

MoMRAH (2022), *Kingdom of Saudi Arabia – Report on the Implementation of the New Urban Agenda*, Ministry of Municipal, Rural Affairs & Housing, Kingdom of Saudi Arabia. [Online] Available at: [urbanagendaplatform.org/](https://urbanagendaplatform.org/)

[sites/default/files/2023-04/NUA%20Report%20Final\\_05Dec2022-compressed.pdf](https://sites/default/files/2023-04/NUA%20Report%20Final_05Dec2022-compressed.pdf) [Accessed 18 March 2023].

Rouse, D. C. and Bunster-Ossa, I. F. (2013), *Green Infrastructure – A Landscape Approach*, American Planning Association. [Online] Available at: [caeau.com.ar/wp-content/uploads/2018/11/46.GREEN-INFRAESTRUCTURE.pdf](https://caeau.com.ar/wp-content/uploads/2018/11/46.GREEN-INFRAESTRUCTURE.pdf) [Accessed 18 March 2023].

Scalisi, F. and Ness, D. (2022), “Simbiosi tra vegetazione e costruito – Un approccio olistico, sistemico e multilivello | Symbiosis of greenery with built form – A holistic, systems, multi-level approach”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 11, pp. 26-39. [Online] Available at: [doi.org/10.19229/2464-9309/1122022](https://doi.org/10.19229/2464-9309/1122022) [Accessed 18 March 2023].

Tucson Municipality (2022), *Green Stormwater Infrastructure and low impact Development – Standard details and site guidance*, Tucson Municipality, Tucson. [Online] Available at: [climateaction.tucsonaz.gov/pages/s2s-resources](https://climateaction.tucsonaz.gov/pages/s2s-resources) [Accessed 18 March 2023].

UN-Habitat (2019), *Riyadh, City Profile*. [Online] Available at: [unhabitat.org/riyadh-city-profile](https://unhabitat.org/riyadh-city-profile) [Accessed 18 March 2023].

Waldheim, C. (2016), *Landscape as Urbanism – A General Theory*, Princeton University Press, Princeton. [Online] Available at: [jstor.org/stable/j.ctvcsz2n2](https://jstor.org/stable/j.ctvcsz2n2) [Accessed 18 March 2023].