UPPER WORKING PAPER N.2

AMBIENTE

AUTORI
AUTORI GIUSEPPE BONIFAZI, ALBERTO BUDONI, ROBERTA COCCHIONI, RICCARDO GASBARRONE, SILVIA SERRANTI

EDITING E CURA GRAFICA
LORENZO TRIPODI, OLENKA PALOMINO

PROGETTARE NBS INTEGRANDO ASPETTI AMBIENTALI, URBANISTICI, ECONOMICI E SOCIALI

Il secondo working paper prodotto da Upper si riferisce all'area tematica "ambiente", con un focus sulle soluzioni basate sulla natura (NBS) come risorsa fondamentale per realizzare politiche urbane innovative. I contributi raccolti in questo testo prendo spunto dagli argomenti introduttivi e dalle buone pratiche presentate durante la conferenza "Innesti" realizzata a Latina e in formato ibrido online il 24 settembre 2020 nell'ambito delle attività promosse dal progetto Upper.

Gli argomenti ed i contributi sono stati espansi ed arricchiti nel corso dello sviluppo del progetto UIA con riflessioni sui primi risultati del progetto. I contributi principale di questo paper derivano dalla expertise dai colleghi del Cersites - Università della Sapienza che hanno coordinamento scientifico sul tema principale del progetto Upper, con l'aggiunta di un contributo della cooperativa Labirinto sull'azione Upper Seeds e sul suo impatto sul territorio. Tesserae ne ha curato l'assemblaggio in un formato comunicativo divulgativo, con l'obiettivo di portare riflessioni e buone pratiche collezionate da Upper anche ad un pubblico ampio, con particolare attenzione a policy makers, amministratori e operatori del territorio che possano farne uso pratico per migliorare il benessere e la sostenibilità delle nostre città.

INDICE

PROGETTARE NBS INTEGRANDO ASPETTI AMBIENTALI, URBANISTICI, ECONOMICI E SOCIALI 2

INTRODUZIONE 4

VALUTAZIONE DELLE PRESTAZIONI AMBIENTALI DELL'IMPLEMENTAZIONE DI SOLUZIONI BASATE SULLA NATURA IN AMBIENTI URBANI ATTRAVERSO TECNICHE DI PROXIMAL E REMOTE SENSING 8

CRITERI E INDICAZIONI PER L'ASSETTO DELLE AREE DI INTERVENTO 30

UPPER SEEDS. L'IMPATTO SOCIALE DELLE SOLUZIONI BASATE SULLA NATURA DEL PROGETTO UPPER 41

BIBLIOGRAFIA 54

INTRODUZIONE

A cura di Giuseppe Bonifazi, Alberto Budoni

Le soluzioni basate sulla natura (Nature Based Solutions, di seguito NBS), sono diventate nel corso degli ultimi due decenni un insieme di pratiche su cui sta convergendo sempre più l'attenzione sia delle diverse comunità scientifiche che si occupano di ambiente, sia delle istituzioni che ne tutelano e utilizzano le componenti per la salvaguardia della biodiversità e lo sviluppo economico e sociale.

Il termine NBS è stato promosso per la prima volta nel 2009 dall'International Union for Conservation of Nature (IUCN, 2020), che poi ha coniato nel 2016 la prima definizione globale di NBS, mettendone in evidenza la molteplicità delle sfide (Fig.1): *"Actions to protect, sustainably use, manage and restore natural or modified ecosystems, which address societal challenges, effectively and adaptively, providing human well-being and biodiversity benefits"* (IUCN, 2016).
Alla diffusione del termine NBS hanno contribuito soprattutto le istituzioni europee. Il concetto di NBS è stato integrato nel programma quadro "Horizon 2020" per la ricerca e l'innovazione *"providing a new narrative involving biodiversity and ecosystem services aligned with goals of innovation for growth and job creation ..., and with a potential opening for transformational pathways towards sustainable societal development"* (Nesshöver et al, 2017).

In particolare, la Commissione Europea attraverso un apposito gruppo di esperti (European Commission, 2015) ha identificato quattro obiettivi principali che possono essere affrontati con NBS:

- il potenziamento dell'urbanizzazione sostenibile;
- il ripristino degli ecosistemi degradati;
- l'adattamento e la mitigazione dei cambiamenti climatici;
- il miglioramento della gestione del rischio e della resilienza.
- Sulla base di questi quattro obiettivi, lo stesso gruppo di esperti ha raccomandato sette soluzioni basate sulla natura per le azioni legate alla ricerca e all'innovazione che la Commissione europea e gli Stati membri devono portare avanti:
- rigenerazione urbana;
- miglioramento del benessere nelle aree urbane;
- resilienza costiera;
- gestione multifunzionale dei bacini idrografici e ripristino degli ecosistemi;
- aumento della sostenibilità nell'uso della materia e dell'energia;
- aumento del "valore assicurativo" degli ecosistemi;
- aumento del sequestro di carbonio.

Fig.1 La molteplicità delle sfide affrontate dalle NBS (Fonte: IUCN 2016)

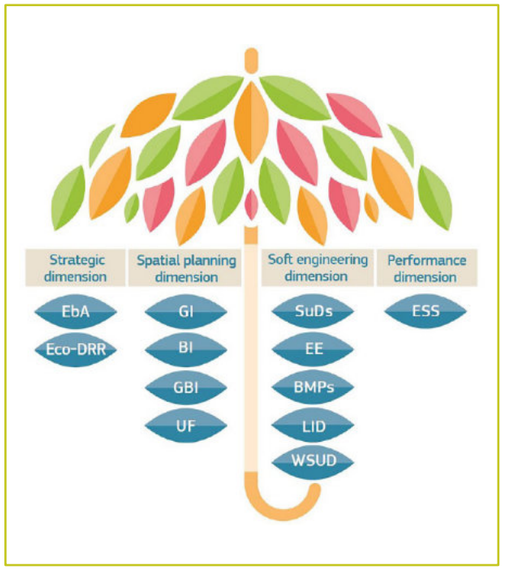


Fig.2 Le NBS come concetto ombrello di diversi approcci e relativi concetti esistenti. (Fonte: Dumitru, Wendling,2021)

Anche in relazione a questo studio, la Commissione Europea ha definito le NBS come soluzioni *"inspired and supported by nature, which are cost-effective, simultaneously provide environmental, social, and economic benefits and help build resilience. Such solutions bring more, and more diverse, nature and natural features and processes into cities, landscapes, and seascapes, through locally adapted, resource-efficient, and systemic interventions."* (Dumitru, Wendling,2021).

Nella letteratura scientifica molti contributi di differenti discipline hanno messo in evidenza come le NBS siano diventate un concetto ombrello che coinvolge molteplici approcci e principi per la tutela dell'ambiente, risultando spesso vago e ambiguo. Di conseguenza: *"(1) NBS need to be developed and discussed in relation to existing concepts to clarify their added value; (2) when considering and implementing NBS, the 'relabelling' of related concepts and the misuse of the concept have to be prevented in order to avoid misunderstanding, duplication and unintended consequences;"* (Nesshöver et al, 2017).

La Commissione Europea ha preso atto di questa condizione, schematizzando (Fig.2) la compresenza di diversi approcci e relativi concetti, in particolare:

EbA = ecosystem based adaptation;
Eco-DRR = ecosystem-based disaster risk reduction;
GI = green infrastructure;
BI = blue infrastructure;
GBI = green-blue infrastructure;
UF = urban forestry;
SuDS = sustainable urban drainage systems;
EE = ecological engineering;
BMPs = best management practices;
LID = low-impact design;
WSUD = water-sensitive urban design;
ESS = ecosystem services.

Tuttavia, nonostante i rischi di ambiguità, per la Commissione Europea, *"NBS provide integrated, multifunctional solutions to many of our current urban and rural challenges through the use of nature and natural processes" e sono importanti soprattutto perché "NBS are characterised by their capacity to simultaneously address several societal challenges in terms of primary benefits and co-benefits, or ecosystem services"* (Dumitru, Wendling,2021). D'altra parte, *"NBS mainstreaming needs to be framed as an urban sustainability transitions pathway that works towards establishing sustainability as a norm and matter of course, rather than a novelty"* (Adams et al, 2023).

In relazione a tutte queste caratteristiche, si può affermare che il concetto di NBS non rappresenta un'innovazione di per sé stesso, ma la sua applicazione costituisce un significativo contesto di confronto tra metodi e strumenti di discipline diverse, obbligando ad un dialogo transdisciplinare per giungere a soluzioni condivise da una varietà di attori che devono integrare un ampio insieme di problematiche ambientali, economiche e sociali.

Da questo punto di vista, l'impostazione del progetto Upper, per ampiezza di obiettivi, numero e profilo dei partner, ha costituito un ottimo contesto di confronto. Gli obiettivi si possono ricomprendere negli ambiti ambientali, urbanistici, economici e sociali (Fig.3).

La maggior parte di questi obiettivi comporta azioni che necessitano non solo di coordinamento, ma soprattutto di progetti e interventi integrati, ovvero derivati da un processo di co-progettazione frutto della collaborazione tra i diversi partner e, quanto più possibile, del coinvolgimento degli abitanti prossimi alle aree di intervento, nonché degli stakeholder e della cittadinanza nel suo complesso.

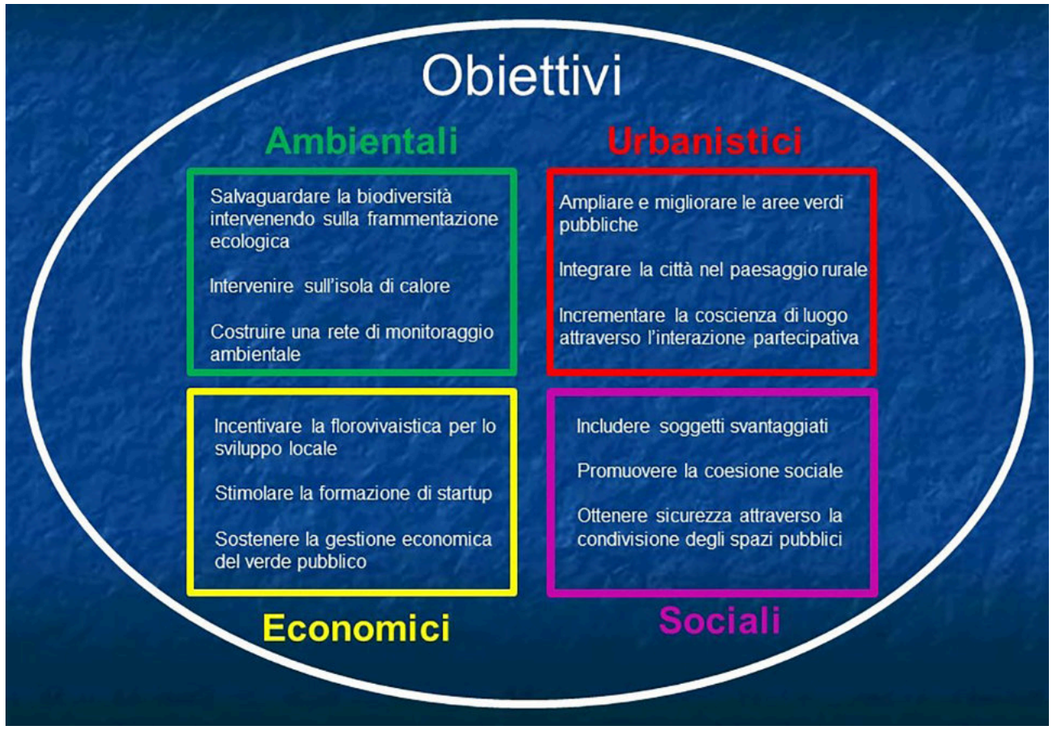


Fig. 3 I principali obiettivi del progetto Upper

Di conseguenza, gli ambiti degli obiettivi non hanno costituito una compartimentazione rigida per il lavoro dei partner che, soprattutto nel caso di Tesserae Urban Social Research, della Cooperativa Sociale Labirinto e del Centro Ricerche e Servizi per l'Innovazione Tecnologica Sostenibile (Ce. R.S.I.Te.S.) di Sapienza Università di Roma, hanno intrecciato le loro azioni cercando, anche al di là di quanto previsto nell'*application form*, di condividere riflessioni e strategie operative con gli altri partner e i servizi del Comune di Latina, partner capofila responsabile della trasformazione fisica delle aree di intervento.

Per quanto riguarda gli obiettivi ambientali, parallelamente e con opportuni intrecci alle attività dei partner Labirinto e Tesserae, rispettivamente impegnati nello sviluppo di forme di collaborazione con la cittadinanza attiva centrate sul rapporto natura, cultura, socialità e la costruzione di laboratori di co-design sull'assetto delle aree di intervento, il Ce.R.S.I.Te.S. ha impostato le sue metodologie di analisi e di intervento avendo come punto di partenza l'obiettivo della salvaguardia della biodiversità.
A quest'ultima, profondamente minata dalla frammentazione ecologica che caratterizza gli habitat del territorio di Latina, sono state collegate organicamente le azioni per fronteggiare l'isola di calore, fenomeno considerato come elemento emergente dell'insieme di problematiche derivanti dal cambiamento climatico e dall'inadeguatezza delle attuali "infrastrutture grigie" della città di Latina.

In base a tale impostazione, sostenuta anche dai dati provenienti dalla rete di monitoraggio ambientale costruita e gestita dal partner Engie, sono stati collegati e declinati gli obiettivi urbanistici di ampliamento e miglioramento del verde pubblico, di integrazione della città nel paesaggio rurale, oggi eroso e degradato dalla diffusione insediativa, di crescita della coscienza di luogo anche attraverso l'interazione con i laboratori di co-progettazione di Tesserae e Labirinto.
Accanto a tutti gli aspetti di progettazione ed intervento citati, sono state definite, implementate e messe a punto, in particolare da parte delle unità operative universitarie facenti capo al Ce.R.S.I.Te.S., metodologie di rilievo e analisi quantitativa in grado di poter operare una valutazione oggettiva (i.e. *performance metrics*) dei risultati degli interventi sia dal punto di vista del miglioramento ambientale, che dello stato di salute degli impianti verdi realizzati, quest'ultimo aspetto di grande rilievo in relazione alla condizioni *"ex-ante"* ed alla strategie di intervento definite e realizzate.

Questo approccio rappresenta un punto di forza e di qualità del progetto Upper in quanto attraverso la definizione e l'acquisizione di dati, prima (i.e. *baseline data*), durante e dopo gli interventi, è possibile sviluppare strategie di monitoraggio a varia scala temporale (i.e. *short, medium, long monitoring*) al fine di valutare sia i cambiamenti, che gli impatti. Il risultato è quello di poter sviluppare una gestione adattiva (i.e. *adaptive management)* in grado di poter operare, laddove necessario, correzioni intermedie. Un tale approccio, infine, consente il raggiungimento di altri due importanti obiettivi e cioè: (1) la possibilità, a partire dai risultati conseguiti, di poter implementare in altri siti soluzioni scalabili e replicabili; nonché (2) fare tesoro delle esperienze e dei risultati conseguiti per implementazioni future.

Per lo sviluppo di questa impostazione metodologica il Ce.R.S.I.Te.S. ha costituito un gruppo di lavoro che, coordinato dagli scriventi, si compone di docenti e giovani ricercatori di diverse discipline che operano nella sede di Latina della Facoltà di Ingegneria Civile e Industriale di Sapienza Università di Roma o nei Dipartimenti delle sedi di Roma. In particolare, per le questioni ambientali e urbanistiche, riconducibili principalmente ai *deliverable* di competenza del Ce.R.S.I.Te.S. previsti dall'*application form* nel WP4, il gruppo di lavoro si è articolato nei seguenti sottogruppi: aspetti di analisi ambientale con tecnologie di rilievo *"in-situ"* e *"ex-situ"*, privilegiando quelle di tipo non invasivo e non distruttivo *"in-situ"*, quali quelle basate su tecniche di analisi multi- e iper-spettrali operanti sia nel visibile (VIS: 400-700 nm), che nel vicino infrarosso (SWIR:

700-2500 nm), o quelle facenti ricorso all'acquisizione di immagini nell'infrarosso termico a cura di Giuseppe Bonifazi, Riccardo Gasbarrone, Davide Gattabria, Roberta Palmieri e Silvia Serranti; aspetti vegetazionali, faunistici ed ecologici a cura di Mauro Iberite, Giovanni Mastrobuoni, Sergio Zerunian; aspetti idraulici a cura di Francesco Cioffi, Mario Giannini; aspetti geotecnici a cura di Paolo Marzano; aspetti di modellazione delle condizioni ambientali a cura di Alessandro Corsini, Sergio Pirozzoli, Lorenzo Tieghi; aspetti urbanistici e di rappresentazione degli interventi a cura di Alberto Budoni, Nice Canari, Luigi Onori, Andrea Tardio, Gianluca Vavoli, Francesco Vetica.

Il gruppo di lavoro, infine, si è occupato anche degli aspetti economici, curati da Cristina Simone, trattati all'interno del Working paper n.3 Economia. Nel presente Working paper n.2 Ambiente le attività del Ce.R.S.I.Te.S. sulle questioni urbanistiche e ambientali sono sintetizzate in due distinti contributi: "Valutazione delle prestazioni ambientali dell'implementazione di soluzioni basate sulla natura in ambienti urbani attraverso tecniche di proximal e remote sensing" di Giuseppe Bonifazi, Riccardo Gasbarrone e Silvia Serranti; "Criteri e indicazioni per l'assetto delle aree di intervento" di Alberto Budoni.

Valutazione delle prestazioni ambientali dell'implementazione di soluzioni basate sulla natura in ambienti urbani attraverso tecniche di proximal e remote sensing

A cura di Giuseppe Bonifazi, Riccardo Gasbarrone e Silvia Serranti

RIASSUNTO

L'implementazione delle soluzioni basate sulla natura, o Nature-based Solutions (NBS), negli ambienti urbani sta guadagnando slancio come mezzo per affrontare le sfide ambientali e promuovere lo sviluppo sostenibile. In questo contesto, un approccio di monitoraggio efficace è essenziale per valutare le prestazioni ambientali degli interventi NBS e guidarne il processo decisionale. In questo working paper, viene descritto un approccio combinato di tecniche di telerilevamento (remote sensing) e di rilevamento prossimale (proximal sensing), quest'ultimo basato sull'utilizzo della spettroscopia nel visibile e nel vicino infrarosso, per monitorare e valutare gli effetti dell'implementazione di NBS nelle aree urbane.

Tale approccio analitico è stato sviluppato nell'ambito del progetto UPPER (Urban Productive Parks for Sustainable Urban Regeneration), il cui obiettivo è quello di operare il potenziamento degli spazi verdi mediante parchi produttivi urbani, nella città di Latina (Italia). In questo contesto, sono state adottate tecniche di rilevamento prossimale sul campo (i.e. spettroscopia nel vicino infrarosso, NIR) e di analisi dei dati telerilevati dalla costellazione di satelliti della missione Sentinel-2. A partire dalle informazioni acquisite dai satelliti, possono essere calcolati vari indici (i.e. rapporti di bande) per valutare la copertura vegetale, l'apporto idrico della vegetazione e l'urbanizzazione dei vari siti oggetto di studio. Le variazioni temporali degli indici calcolati consentono di valutare l'efficacia degli interventi NBS e il loro impatto sull'ambiente urbano.

L'integrazione di queste tecniche consente di effettuare un monitoraggio multilivello della salute delle piante e della valutazione dello stato delle aree vegetate e la loro trasformazione.

I risultati ottenuti da questa ricerca, ancora in essere, arricchiscono le conoscenze riguardanti il monitoraggio degli impatti ambientali prodotti da interventi NBS, fornendo informazioni preziose per promuovere lo sviluppo urbano sostenibile e supportare il processo gestionale delle NBS.

INTRODUZIONE

PANORAMICA E STATO DELL'ARTE DELLE SOLUZIONI BASATE SULLA NATURA

PRINCIPI E OBIETTIVI GENERALI

Negli ultimi dieci anni, il concetto di Soluzioni Basate sulla Natura o *Nature-based Solution* (NBS) ha acquisito sempre maggiore rilevanza nei campi delle scienze ambientali e della conservazione della natura (Cohen-Shacham et al., 2016). Questo concetto è stato adottato nel corso degli anni da svariate organizzazioni internazionali alla ricerca di soluzioni efficaci per affrontare i cambiamenti climatici, promuovere mezzi di sussistenza sostenibili e proteggere gli ecosistemi naturali e la biodiversità. L'emergere delle NBS riflette un crescente riconoscimento della necessità di "collaborare" con gli ecosistemi per adattarsi e mitigare gli effetti del cambiamento climatico, garantendo al contempo la sostenibilità e la conservazione dell'ambiente naturale. In questo contesto, le NBS mirano a raggiungere gli obiettivi di sviluppo sostenibile, promuovendo il benessere umano (Sheikholeslami & Murti, 2021).

La Commissione Europea (CE) ha fornito la prima definizione ufficiale di NBS come interventi sinergici che affrontano le sfide ambientali, sociali ed economiche (Bauduceau et al., 2015). Queste soluzioni si ispirano, supportano o riproducono i processi dei sistemi naturali per ottimizzare i benefici ottenibili da questi ultimi. Un'altra importante definizione di NBS è stata fornita dall'Unione Internazionale per la Conservazione della Natura, (*International Union for the Conservation of Nature*), meglio conosciuta con l'acronimo IUCN, che le ha definite come azioni finalizzate alla conservazione, regolazione e rigenerazione di ecosistemi naturali o alterati (IUCN, 2020). Tali azioni, come specificato dalla IUCN, mirano a gestire efficacemente e in modo adattivo le sfide della società, promuovendo sia la biodiversità che il benessere umano. Le sfide menzionate dall'IUCN includono: la lotta contro i cambiamenti climatici, il raggiungimento della sicurezza alimentare, la riduzione dei rischi di catastrofi naturali, la sicurezza idrica, lo sviluppo sociale ed economico, nonché la salvaguardia del benessere e della salute umana.

Nel più recente rapporto della CE sull'argomento, il concetto di NBS è presentato come un approccio innovativo all'adattamento socio-ecologico (Dumitru & Wendling, 2021). Il rapporto sottolinea l'importanza paritaria data alle tre dimensioni di crescita economica, sviluppo sociale e tutela ambientale nell'implementazione delle NBS, riconoscendo le interazioni tra queste dimensioni nel risolvere le questioni ambientali, migliorando la sostenibilità complessiva del sistema. Tuttavia, nonostante la promozione delle NBS come strategia critica per affrontare molteplici problemi ambientali e sociali, rimane non ancora del tutto chiaro la procedura operativa per adottare tale strategia (Sowińska-Świerkosz & García, 2022). Questa incertezza è dovuta all'evoluzione del concetto di NBS, che deriva da diverse discipline scientifiche. Per fornire una comprensione più chiara del concetto di NBS, lo standard globale IUCN ha stabilito una serie di criteri finalizzati alla classificazione degli interventi infrastrutturali (Benedict & McMahon, 2012) blu (in aree acquatiche e/o marine) e verdi (in ambienti rurali e/o urbani) come azioni NBS (Bourguignon, 2017; Cohen-Shacham et al., 2016; IUCN, 2020).

In particolare, la serie di principi guida per l'implementazione delle NBS comprende i seguenti punti: a) le NBS devono rispettare le norme e i principi stabiliti per la conservazione della natura; b) le NBS possono essere implementate in modo indipendente o integrate con altre soluzioni, come approcci tecnologici e ingegneristici; c) la progettazione e l'attuazione delle NBS devono considerare i contesti naturali e culturali specifici del luogo, integrando conoscenze tradizionali, locali e scientifiche; d) le NBS mirano a generare benefici per la società in modo giusto, e trasparente anche mediante il coinvolgimento attivo degli *stakeholders* nei processi decisionali;

e) la conservazione della diversità bio-culturale ha un ruolo centrale nell'implementazione delle NBS, le quali devono puntare all'adattabilità degli ecosistemi nel tempo e alla loro resilienza; f) le NBS sono implementate considerando l'interconnessione dei diversi ecosistemi e le loro funzioni; g) le NBS riconoscono e affrontano i compromessi tra i benefici economici a breve termine e i benefici potenziali a lungo termine derivanti dai servizi ecosistemici e, infine, h) le NBS dovrebbero essere parte integrante delle politiche ambientali e sociali, affrontando questioni specifiche e contribuendo a raggiungere obiettivi più ampi di sostenibilità e benessere.

Questi principi forniscono una guida essenziale per lo sviluppo e l'attuazione di NBS, garantendo il loro allineamento con gli obiettivi di sostenibilità e la gestione olistica delle questioni ambientali e sociali (Sheikholeslami & Murti, 2021). A supporto dello standard globale IUCN, un recente documento della CE riguardante le NBS ha proposto una serie di cinque domande per classificare un intervento/azione come NBS (IUCN, 2020). Nel dettaglio, le domande proposte possono essere riepilogate come segue: (i) l'intervento si basa sulla replicazione, impiego o potenziamento dei processi naturali per affrontare una determinata sfida ambientale o sociale? (ii) L'azione proposta contribuisce al miglioramento delle condizioni di vita dei cittadini coinvolti, promuovendo il benessere sociale? (iii) La soluzione presenta vantaggi economici significativi e sostenibili? (iv) L'intervento ha un impatto positivo sull'ambiente? Tale soluzione contribuisce alla conservazione e al miglioramento degli ecosistemi e dei servizi che essi forniscono? (v) L'azione proposta promuove la biodiversità, aumentando la diversità delle specie e preservando gli habitat naturali?.

Queste domande sono fondamentali per valutare se un'azione possa essere considerata una vera e propria NBS. Rispondere a queste domande aiuta a garantire che gli interventi NBS siano autentici, efficaci ed in linea con l'obiettivo di proteggere l'ambiente e migliorare la qualità della vita dei cittadini.

CATEGORIE E APPROCCI

Le NBS sono state definite come soluzioni che utilizzano il capitale naturale per apportare benefici sia agli ecosistemi, che alle comunità che dipendono da questi ultimi ("The solution is in nature," 2021). Queste azioni producono un'ampia gamma di servizi che possono essere classificati in tre grandi gruppi: sociali, ambientali ed economici (Sowińska-Świerkosz & García, 2022). Come definito in precedenza, le NBS possono essere implementate sia in modo indipendente che in combinazione con altre strategie per affrontare le sfide della società. Nello studio di (Eggermont et al., 2015) è stata proposta una classificazione che caratterizza le diverse tipologie di interventi NBS in base a due criteri: (i) il livello di intervento tecnico richiesto per gli ecosistemi e la biodiversità coinvolti nella NBS e (ii) la misura in cui la NBS può migliorare i servizi ecosistemici. Questa classificazione identifica tre tipi principali di interventi NBS:

Tipo 1: questo tipo di intervento prevede un intervento minimale negli ecosistemi con l'obiettivo di mantenere o migliorare la fornitura di vari servizi ecosistemici (ad esempio, la creazione di aree marine protette per conservare la biodiversità e allo stesso tempo sostenere le attività di pesca (Grorud-Colvert et al., 2014)). Questo tipo di intervento è associato alle riserve della biosfera, che sono aree protette essenziali per la conservazione della natura e zone tampone per garantire attività umane sostenibili.

Tipo 2: questa tipologia di NBS si concentra sulla creazione di ecosistemi e paesaggi sostenibili e multifunzionali attraverso specifici approcci di gestione, che mirano al miglioramento dei servizi ecosistemici. Ad esempio, si possono adottare strategie innovative di pianificazione del paesaggio agricolo per aumentare la diversità genetica delle specie arboree Questo tipo è legato ai sistemi naturali dell'agricoltura (Jackson, 2002), dell'agroecologia (Altieri, 1989) e della selvicoltura adattativa (Lefèvre et al., 2014).

Tipo 3: questo tipo prevede una gestione più invasiva degli ecosistemi o la creazione di nuovi ecosistemi artificiali. Un esempio è la realizzazione di ecosistemi artificiali come tetti e pareti verdi per ridurre il calore urbano e l'inquinamento atmosferico. Questa tipologia è collegata ai concetti di infrastruttura verde e blu (Benedict & McMahon, 2012) e mira a ripristinare aree degradate o inquinate, cercando di migliorare l'ambiente urbano.

NBS NEI CONTESTI URBANI

Le NBS, nell'ambito delle aree urbane, si basano sull'utilizzo o la creazione di caratteristiche naturali all'interno e/o intorno alle città per fornire importanti servizi ecosistemici (Scott et al., 2016). Questi servizi, a loro volta, contribuiscono a vari aspetti dell'urbanizzazione sostenibile.
Le NBS hanno il potenziale per affrontare diverse sfide interconnesse a diversi livelli (Chrysoulakis et al., 2021). Queste sfide includono: (i) la promozione dello sviluppo economico nelle aree urbane (Liquete et al., 2016), (ii) il miglioramento degli aspetti sociali dell'urbanizzazione sostenibile (Van den Bosch & Sang, 2017) e (iii) la generazione di esternalità ambientali positive (Eggermont et al., 2015). I benefici ambientali delle NBS nelle aree urbane possono comprendere la regolazione del clima, il miglioramento della qualità dell'aria, il trattamento e la purificazione delle acque, la gestione dei rischi naturali e dei rifiuti, il controllo dell'erosione, la gestione degli spazi verdi, l'impollinazione e altri aspetti (Bauduceau et al., 2015; Raymond et al., 2017).

In questo contesto, l'implementazione di NBS in aree urbane gioca un ruolo cruciale nella pianificazione urbanistica e territoriale (Chrysoulakis et al., 2021). Uno dei principali vantaggi dell'integrazione delle NBS è il suo contributo alla mitigazione dei cambiamenti climatici e alle strategie di adattamento. Incorporando infrastrutture verdi/blu ed elementi naturali negli spazi urbani, le città possono ridurre la loro impronta di carbonio, migliorare il sequestro del carbonio e mitigare l'effetto dell'isola urbana di calore (Augusto et al., 2020). Ciò, in definitiva, aiuta a contrastare gli impatti del cambiamento climatico, promuovendo una maggiore sostenibilità urbana e ambientale (Kabisch et al., 2016). Le NBS hanno un impatto significativo sulla resilienza urbana e sulla gestione dei rischi naturali ed antropici. Ad esempio, creando o ripristinando habitat naturali (come zone umide e spazi verdi) può essere migliorato il deflusso e la gestione delle acque piovane, riducendo così il rischio idraulico di inondazioni e/o disastri naturali correlati (Ruangpan et al., 2020). Durante eventi meteorologici estremi, queste NBS fungono da difese naturali, proteggendo le aree urbane e i loro abitanti.

L'implementazione delle NBS promuove, inoltre, la creazione di spazi verdi multifunzionali e interconnessi che supportano la biodiversità e l'equilibrio ecologico all'interno delle aree urbane (Raymond et al., 2017). Questi spazi verdi possono servire da habitat essenziali per diverse specie, sostenendo gli impollinatori e preservando la diversità genetica della flora e della fauna locali.
Ciò si traduce in un ecosistema urbano prospero che presenta una migliore salute ecologica e una maggiore capacità di resistere agli stress ambientali. Oltre a migliorare la qualità dell'ambiente, l'integrazione di NBS nella pianificazione urbanistica e territoriale comporta vari benefici aggiuntivi. Ad esempio, il potenziamento degli spazi verdi nelle città non solo contribuisce a migliorare la qualità dell'aria e ridurre l'inquinamento acustico, ma ha anche un impatto positivo sul benessere e sulla salute mentale dei residenti urbani. Infatti, gli ambienti ricchi di natura sono stati associati a livelli di stress ridotti per le persone che vi vivono (Van den Bosch & Sang, 2017).

MONITORAGGIO E VALUTAZIONE DELL'IMPLEMENTAZIONE DEGLI INTERVENTI

In ogni caso di studio, è di fondamentale importanza valutare gli impatti positivi e/o negativi delle NBS attraverso processi di monitoraggio e valutazione.

Questo approccio non solo fornisce prove concrete sugli effetti delle NBS, ma è anche essenziale per guidare il processo decisionale e consentire una gestione adattativa (Ahern, 2011).
Per garantire uno sviluppo urbano sostenibile e resiliente di fronte ai cambiamenti climatici, i pianificatori urbanistici del settore pubblico e privato devono condurre un monitoraggio adeguato ed una valutazione efficace degli impatti delle NBS nelle aree urbane (Calliari et al., 2019).
Per fare ciò, è fondamentale scegliere attentamente procedure appropriate, obiettive e affidabili che consentano di misurare e confrontare efficacemente i risultati dell'implementazione della NBS rispetto agli obiettivi di pianificazione originali. A tal proposito, nello studio di Raymond et al. (2017) è stato proposto un quadro che permette di valutare i co-benefici ottenibili tramite l'implementazione di NBS in aree urbane.

Nel dettaglio, si fa riferimento a: (i) la capacità delle NBS di fornire servizi ecosistemici essenziali per l'ambiente e la comunità; (ii) gli impatti positivi delle NBS sulla salute e la qualità della vita dei cittadini; (iii) gli aspetti sinergici tra economia, salute e biodiversità e l'influenza delle NBS sugli stessi; e (iv) il potenziale coinvolgimento dei cittadini nella *governance* e nel monitoraggio delle NBS (Kabisch et al., 2016). Il quadro proposto offre una visione più approfondita e olistica dei benefici e degli svantaggi delle NBS, prendendo in considerazione non solo i servizi ecosistemici esistenti, ma anche le dinamiche complesse tra diversi elementi ambientali, sociali ed economici (Palomo et al., 2016; Plieninger et al., 2015). Per ottenere una valutazione accurata, è necessario coinvolgere esperti in grado di monitorare e valutare gli impatti delle NBS in ogni fase del processo di implementazione. Questo approccio integrato è fondamentale per massimizzare gli effetti positivi delle NBS e guidare una gestione più sostenibile e resiliente delle aree urbane (Raymond et al., 2017).

SPETTROSCOPIA VISIBILE E NEL VICINO INFRAROSSO COME STRUMENTO PER IL MONITORAGGIO

La spettroscopia nel visibile e nel vicino infrarosso (Vis-NIR) può essere vista come uno strumento prezioso per monitorare i risultati legati all'implementazione di NBS. Questa tecnica sfrutta le proprietà della luce riflessa o assorbita per analizzare la composizione e le caratteristiche dei materiali analizzati, (come ad esempio, vegetazione e suolo). Usando la spettroscopia sia in modo "prossimale" (*proximal sensing*) che da "remoto" (*remote sensing*), è possibile valutare in modo rapido e non invasivo la salute delle piante, i livelli di nutrienti e il funzionamento generale dell'ecosistema (Jones & Vaughan, 2010).

I dati multi- e/o iper-spettrali acquisiti da satelliti o piattaforme aeree forniscono informazioni multi-temporali su larga scala riguardo alla salute e alla dinamica di crescita della vegetazione, ai cambiamenti nella copertura del suolo e alla salute complessiva dell'ecosistema analizzato.
Questo consente di valutare gli impatti delle NBS a larga scala (Chrysoulakis et al., 2021).
D'altra parte, il rilevamento prossimale coinvolge l'utilizzo di sensori portatili o terrestri per raccogliere dati ad alta risoluzione riguardanti parametri specifici come lo stress delle piante, le caratteristiche della biomassa e l'umidità del suolo. Il rilevamento prossimale permette, quindi, un monitoraggio dettagliato a livello locale e agevola la presa di decisioni in tempo reale per la gestione delle NBS.

Le tecniche di rilevamento remoto e prossimale, come la spettroscopia NIR, sono utili per la gestione delle NBS (Figura 1), soprattutto durante le fasi di monitoraggio e valutazione (Chrysoulakis et al., 2021). Queste tecniche consentono di verificare i benefici ambientali positivi delle NBS. Tuttavia, è fondamentale verificare tali impatti attraverso fasi di monitoraggio e valutazione da una prospettiva di gestione adattativa (Xiang et al., 2020).

IL CONTESTO E L'APPROCCIO DEL CASO DI STUDIO

In questo lavoro, le NBS sono intese come interventi che impiegano elementi naturali e spazi verdi per migliorare l'ambiente urbano e la qualità della vita delle persone nelle città (Sowińska-Świerkosz & García, 2022); le quali giovano congiuntamente all'ambiente, alla società e all'economia (Triest et al., 2016).

L'approccio presentato in questo studio si concentra sull'applicazione di tecniche di telerilevamento e *proximal sensing* per il monitoraggio ambientale degli interventi NBS nell'ambito del progetto europeo UPPER[1] (*Urban Productive Parks for the development of NBS related technologies and services*).

Nello specifico, in questo studio, il monitoraggio ambientale si riferisce alla valutazione dei cambiamenti dalla fase *ex-ante* alla fase di implementazione degli interventi NBS, in termini di valutazione della salute delle piante e della vegetazione presente nelle aree di intervento.

Lo studio, attualmente ancora in corso, mira a valutare indicatori specifici a livello sinottico utilizzando dati satellitari. Mentre, le valutazioni a livello locale vengono condotte utilizzando tecniche di spettroscopia NIR. In sintesi, lo studio mira a fornire una valutazione dettagliata delle modifiche ambientali derivanti dall'implementazione delle NBS, utilizzando sia dati di telerilevamento su larga scala che dati di spettroscopia a livello locale.

Questo approccio integrato consente la valutazione della salute delle piante e delle aree vegetazionali, contribuendo a una valutazione più completa dell'efficacia e degli impatti degli interventi NBS.

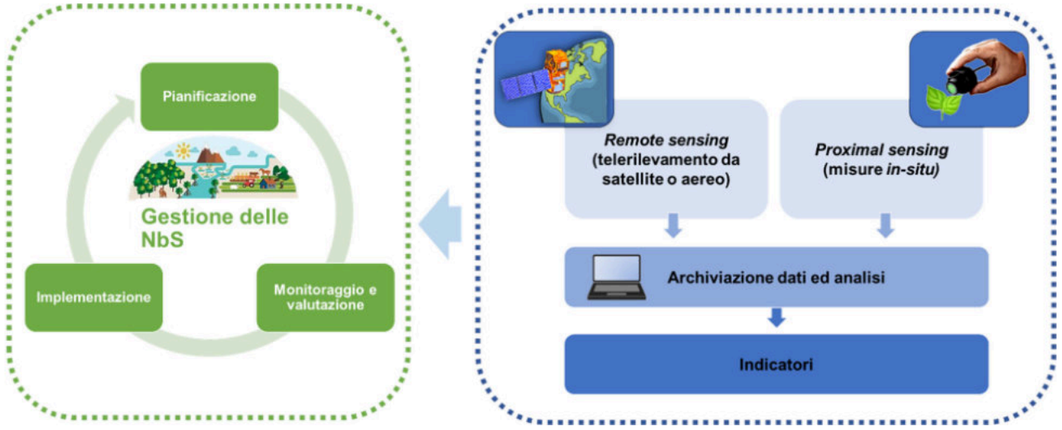


Fig. 1 Contributo delle tecniche di telerilevamento e proximal sensing alla gestione delle soluzioni basate sulla natura. I dati prodotti da telerilevamento e spettroscopia puntuale consentono di generare indicatori che possono essere utilizzati nella fase di monitoraggio e valutazione (Chrysoulakis et al., 2021).

[1] Link al sito web di Urban Innovative Actions (UIA) del progetto UPPER: https://uia-initiative.eu/en/uia-cities/latina.

Il Progetto UPPER - Parchi Produttivi Urbaniper lo sviluppo di tecnologie e servizi legati alle NBS

Il caso di studio, come già ricordato, è parte del progetto UPPER, che si svolge nella città di Latina (Italia), e ha l'obiettivo di sperimentare Parchi Produttivi urbani come NBS per affrontare diverse sfide sociali, ambientali ed economiche[2].

Più in dettaglio, Le sfide socio-economiche comprendono la scarsità di spazi verdi accessibili, il sottoutilizzo dei parchi esistenti, l'elevata disoccupazione, la fuga di cervelli, l'esclusione sociale e la mancanza di risorse economiche e coordinamento tra enti pubblici e privati. Mentre, le sfide ambientali riguardano l'urbanizzazione incontrollata, l'impatto negativo sui canali e fiumi, l'inquinamento e gli eventi meteorologici estremi come ondate di calore e inondazioni.
Per affrontare queste sfide, l'approccio globale del progetto integra elementi naturali, infrastrutture verdi e servizi innovativi all'aperto per rivitalizzare aree urbane sottoutilizzate. Il progetto si concentra sulla creazione di siti dimostrativi per testare interventi NBS autoprodotti come fitodepurazione, piantumazione di alberi e/o vegetazione autoctoni e misure di ingegneria naturalistica. I parchi produttivi sono co-progettati e co-gestiti dai partner del progetto, cittadini locali e parti interessate, con un'attenzione particolare alla manutenzione e alla sostenibilità a lungo termine. Inoltre, l'iniziativa esplora l'uso del *Green Areas Bank* [3] per soddisfare la domanda e l'offerta di NBS, coinvolgendo i cittadini vulnerabili e offrendo programmi di lavoro e competenze.

Il supporto alle imprese sociali e alle startup a scopo di lucro promuove l'ulteriore sviluppo dei parchi produttivi e mira a una più ampia attuazione e impatto delle soluzioni integrate di NBS nella città di Latina. Le aree designate per gli interventi NBS nell'ambito del progetto UPPER sono riportate in Figura 2.

Fig. 2 Contesto territoriale del comune di Latina e aree di intervento NBS previste nell'ambito del progetto UPPER (2020)[4].

[2] Link al sito web ufficiale del progetto UPPER: https://www.upperlatina.eu/upper/.
[3] La Banca delle aree verdi (*Green Areas Bank*) è una forma di baratto pubblico-privato per l'ampliamento dei siti dimostrativi.
[4] La mappa è stata estratta ed elaborata all'interno della piattaforma *WebGIS Holding Interactive Platform* (WHiP), realizzata dal Laboratorio di Progettazione del Territorio del Centro di Ricerca e Servizi per l'Innovazione Tecnologica Sostenibile (Ce.R.S.I.Te.S), Sapienza Università di Roma, sede di Latina, raggiungibile al link: https://www.cersites.gter.it/webgis_lpdt/lizmap/www/index.php/view/map/?repository=lab&project=UPPER_WHIP.

MATERIALI E METODI

Contesto territoriale delle aree monitorate

Nell'ambito del progetto UPPER, le aree selezionate e monitorate prima e durante l'intervento sono sei, di esse se ne riporta di seguito la denominazione che le identifica: a) CAMPO BOARIO (Area destinata a Parco Produttivo), b) MERCATO (Area destinata a Parco Produttivo), c) AUTOLINEE (Area adibita a Sito Dimostrativo), d) PIAZZA ILARIA ALPI (Area adibita a Sito Dimostrativo), e) VIA GOYA (Area adibita a Sito Dimostrativo) e f) VIA LEGNANO (Area adibita a Sito Dimostrativo). Le loro caratteristiche tipologiche e di contesto sono facilmente rilevabili dalla Figura 3.

Fig. 3 Contesto territoriale delle aree di intervento NBS previste nell'ambito del progetto UPPER (2020)[5] : CAMPO BOARIO (a), MERCATO (b), AUTOLINEE (c), PIAZZA ILARIA ALPI (d), VIA GOYA (e) e VIA LEGNANO (f).

[5]Le mappe sono state estratte dalla piattaforma WHiP raggiungibile al link: https://www.cersites.gter.it/webgis_lpdt/lizmap/www/index.php/view/map/?repository=lab&project=UPPER_WHIP.

Monitoraggio tramite tecniche di proximal sensing

Al fine di ottenere informazioni fondamentali sulle comunità vegetali più rappresentative dell'area, utili come riferimento per valutare gli effetti del successo degli interventi NBS, sono state condotte analisi non invasive e non distruttive. Nel dettaglio, sono state effettuate indagini spettrofotometriche mirate a valutare le caratteristiche chimiche e fisiche delle superfici fogliari di piante autoctone già presenti nelle aree di intervento. Per tali indagini, sono state adottate tecniche di monitoraggio basate sulla spettrofotometria nell'intervallo spettrale NIR (1000-1700 nm). Questo intervallo di lunghezze d'onda consente di misurare varie proprietà delle foglie, tra cui i pigmenti fotosintetici, il contenuto di acqua e le caratteristiche strutturali (Peñuelas & Filella, 1998). In questo senso, l'utilizzo di tale approccio consente di ottenere informazioni sullo stato fisiologico e sulla salute delle piante per comprendere le caratteristiche di base delle comunità vegetali nell'area e rappresentano punti di riferimento preziosi per valutare l'efficacia degli interventi e monitorare eventuali cambiamenti o miglioramenti apportati dagli stessi.

Spettrometro portatile NIR

Per l'acquisizione degli spettri di riflettanza nel range del NIR è stato utilizzato lo spettrometro portatile MicroNIR 1700 (JDSU Corporation, Milpitas, California, Stati Uniti). Questo spettrometro portatile è in grado di acquisire spettri di riflettanza nella gamma dello spettro elettromagnetico da 950 a 1650 nm. Il MicroNIR si basa sull'uso di un filtro variabile lineare (LVF) come elemento dispersivo, accoppiato con un array di fotodiodi InGaAs da 128 pixel. Il sistema illuminante di questo strumento è costituito da due lampade ad incandescenza. Questo strumento portatile può essere collegato a un PC tramite un cavo USB 2.0. La procedura di calibrazione dello strumento e l'acquisizione dello spettro possono essere eseguite utilizzando il software MicroNIR Pro. Gli spettri acquisiti in formato .csv vengono quindi esportati in MATLAB (MathWorks, Inc., Natick, Massachusetts, Stati Uniti).

Campioni analizzati, raccolta ed elaborazione dati

Come definito in precedenza, l'acquisizione delle informazioni spettrali è stata effettuata *in situ* su piante autoctone già presenti nelle aree previste per gli interventi NBS. Più in dettaglio, le piante analizzate per ciascuna area sono elencate nella Tabella 1.
Sono stati acquisiti 5 spettri di riflettanza per 4 foglie diverse sulla stessa pianta (Figura 4). Dagli spettri medi per ciascun campione, sono stati successivamente calcolati degli indici vegetazionali.

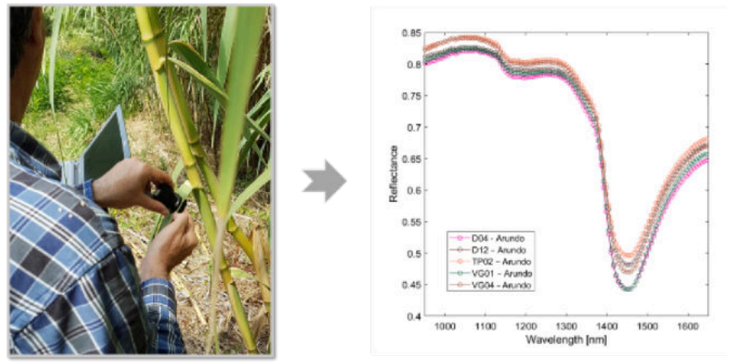


Fig. 4 Procedura di acquisizione di spettri in riflettanza nel NIR tramite spettrometro portatile MicroNIR. Nell'esempio è riportata la fase dell'acquisizione degli spettri su una pianta erbacea: L'Arundo donax L., meglio conosciuta come canna comune.

SITI UPPER	PIANTE ANALIZZATE
CAMPO BOARIO	B01 – *Junglans L.* (noce)
MERCATO	EV01 – *Laurus nobilis* L. (alloro), EV02 - *Olmo* L. (olmo), EV03 - *Quercus ilex* L. (leccio), EV04 - *Laurus nobilis* L. (alloro), EV05 - *Celtis australis* L. (bagolaro), EV06 - *Celtis australis* L. (bagolaro).
AUTOLINEE	AU01 – *Eucalipto obliquo* L' Her (eucalipto), AU02 – *Nerium oleander* L. (oleandro), AU03 – *Prunus spinosa* L. (prugnolo).
PIAZZA ILARIA ALPI	G01 – *Quercus Cerris* L. (cerro), G02 – *Quercus ilex* L. (leccio), G03 – *Eucalyptus obliqua* L'Her. (eucalipto).
VIA GOIA	VG01 – *Arundo donax* L. (arundo), VG02 – *Robinia pseudoacacia* L. (robinia), VG03 – *Populus alba* L. (pioppo bianco), VG04 – *Arundo donax* L. (arundo).
VIA LEGNANO	L01 – *Eucalipto obliqua* L'Hér. (eucalipto), L02 – Laurus nobilis (alloro), L03 – *Eucalyptus obliqua* L'Hér. (eucalipto), L04 - *Ulmus minor* Mill. (olmo campestre).

Tabella 1. Piante analizzate nei siti UPPER

Indici vegetazionali da *proximal sensing*

Gli indici vegetazionali[6] ricavati dagli spettri in riflettanza si basano sui corrispondenti indici di telerilevamento e forniscono informazioni sullo stato di salute della vegetazione. Più in dettaglio, gli indici calcolati sono:

Il *Simple Ratio 1058/1148*, definito anche RVI_{hyp} formulato da (Schlerf et al., 2005), calcolato dividendo la riflettanza alla lunghezza d'onda 1058 nm per la riflettanza a 1148 nm. L' RVI_{hyp} è correlato al contenuto di acqua a livello fogliare. Valori di RVI_{hyp} elevati indicano piante più sane e vigorose, mentre un valore bassi possono essere indicatori di stress vegetativi in atto o vegetazione meno sana.

Il *Simple Ratio 1193/1126*, definito anche *Water Content* (WC), è un rapporto di bande di riflettanza definito da (Underwood et al., 2003). Questo rapporto di bande è specificamente correlato al contenuto di acqua nelle piante. Un valore WC più elevato indica un contenuto idrico più elevato nella pianta, mentre un valore inferiore suggerisce un contenuto idrico inferiore.

La *Normalized Difference 1094/1205*, definita anche come *Leaf Water Vegetation Index 2* (LWVI-2), è una variante del *Normalized Difference Water Index* (NDWI) ed è stata formulata da (Galvao et al., 2005). Questo rapporto di differenza delle bande di riflettanza è correlato al contenuto di acqua fogliare ed è calcolato come riportato dall'Equazione 5.

[6] Per approfondimenti si rimanda al sito web *Index DataBase*, *A database for remote sensing indices*: https://www.indexdatabase.de/

Il *Normalized Difference Water Index – Hyperion* ($NDWI_{Hyp}$), o *Normalized Difference 1070/1200*, è un rapporto di differenza delle bande di riflettanza formulato da (Ustin et al., 2002). L'indice $NDWI_{Hyp}$ è stato formulato per stimare il contenuto idrico a livello fogliare, poiché la riflettanza a 1070 nm è fortemente influenzata dal contenuto di clorofilla delle foglie, mentre la riflettanza a 1200 nm è maggiormente influenzata dal contenuto idrico delle foglie.

Monitoraggio tramite tecniche di *remote sensing*

Al fine di valutare i cambiamenti sinottici dallo stato pre-intervento (maggio 2022) e durante l'implementazione degli interventi (maggio 2023) delle aree UPPER a livello vegetazionale è stato condotto uno studio mediante immagini satellitari.

Più in dettaglio, sono state definite le aree di interesse (AOI) sulla base delle aree di intervento per mappare alcuni indicatori da satellite. Nel dettaglio, gli indici valutati sono: il *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), il *Normalized Difference Water Index* (NDWI) e il *Normalized Difference Built-up Index* (NDBI).

Utilizzando i record storici delle immagini satellitari Sentinel-2 L2A, è stato eseguito il calcolo medio degli indici NDVI e NDWI all'interno dell'AOI. Questo calcolo è stato effettuato utilizzando tutte le mappe satellitari Sentinel-2 L2A disponibili degli ultimi 10 anni (2013-2023).

Le serie temporali di tali indici consentono un confronto tra lo stato *ex-ante* degli interventi NBS e gli interventi in corso all'interno delle stesse aree. Analizzando le tendenze e le variazioni degli indici NDVI e NDWI nel tempo, è possibile effettuare una valutazione dell'impatto dell'NBS sulla salute delle piante e sulle condizioni della vegetazione nelle aree di intervento.

Missione Sentinel-2

Sentinel-2 è una missione di imaging multispettrale ad alta risoluzione e ad ampio raggio che supporta le applicazioni di *Copernicus Land Monitoring* come il monitoraggio della vegetazione, del suolo e della copertura idrica, nonché delle vie navigabili interne e delle coste[7]. Le geoinformazioni ottenute dai dati di Sentinel-2 possono essere analizzate e utilizzate per varie applicazioni, tra cui: la pianificazione dell'uso del suolo, il monitoraggio agroambientale, il monitoraggio delle acque, il monitoraggio delle foreste e della vegetazione, il monitoraggio delle risorse naturali e il monitoraggio delle colture. Per quanto riguarda la risoluzione temporale, i singoli satelliti Sentinel-2 hanno una frequenza di rivisitazione di 10 giorni, mentre la frequenza di rivisitazione combinata della costellazione è di 5 giorni. Lo strumento multispettrale (MSI) di Sentinel-2 campiona 13 bande spettrali a diverse risoluzioni spaziali. La risoluzione spaziale dello strumento MSI si riferisce alla dimensione dell'area elementare del terreno da cui viene rilevata l'energia elettromagnetica (pixel).

Più in dettaglio, Sentinel-2 ha diverse risoluzioni spaziali a seconda delle bande spettrali:

i) risoluzione spaziale di 10 metri (B2 [490 nm], B3 [560 nm], B4 [665 nm] e B8 [842 nm]);
ii) risoluzione spaziale di 20 metri (B5 [705 nm], B6 [740 nm], B7 [783 nm], B8a [865 nm], B11 [1610 nm] e B12 [2190 nm]);
iii) risoluzione spaziale di 60 metri (B1 [443 nm], B9 [940 nm] e B10 [1375 nm]).

[7] Per approfondimenti si rimanda al sito web della *European Space Agency* (ESA), *SENTINEL-2 MISSION GUIDE:* https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/missions/sentinel-2.

Analisi dei dati satellitari e indici di telerilevamento

L'applicazione *web-based* utilizzata per l'elaborazione dei dati satellitari è LandViewer[8] (EOS Data Analytics, Inc., California, Stati Uniti). Le immagini satellitari (Figura 5) utilizzate per identificare le AOI e calcolare le mappe degli indici di vegetazione sono riferite al passaggio di Sentinel-2 al 20 maggio 2022 (precedente agli interventi NBS) e al 5 maggio 2023 (durante l'implementazione degli interventi NBS).

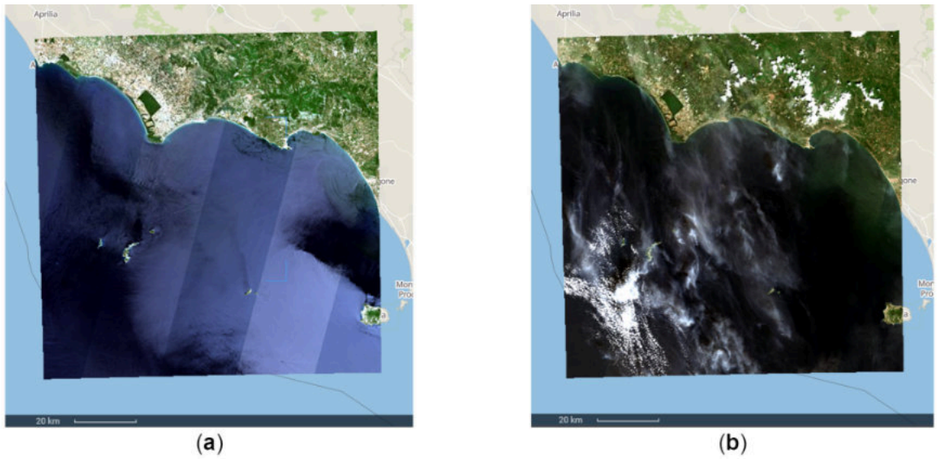


Fig. 5 Immagini satellitari Sentinel-2 L2A utilizzate per la valutazione delle Aree di Interesse (AOI): a) 20 maggio 2022 (precedente agli interventi NBS) e b) 5 maggio 2023 (durante l'implementazione degli interventi NBS).

In dettaglio, le mappe satellitari a colori naturali derivano dalle bande B4 (665 nm), B3 (560 nm) e B2 (490 nm) del Sentinel-2 L2A. Successivamente, sulla base delle mappe satellitari storiche Sentinel-2 L2A, è stato effettuato il calcolo medio degli indici NDVI e NDWI all'interno delle Aree di Interesse (AOI). Il calcolo di questi indici è stato effettuato utilizzando tutte le mappe satellitari Sentinel-2 L2A disponibili degli ultimi 10 anni (2013-2023). Da queste immagini satellitari sono stati valutati gli indici di telerilevamento NDVI, NDWI e NDBI. Un esempio della procedura di analisi adottata per le aree UPPER è riportato in Figura 6 in riferimento al centro città di Latina.

NDVI. Le piante sane mostrano un'elevata riflettanza nell'intervallo dello spettro elettromagnetico tipico del NIR che va da 0,7 e 1,3 µm ed assorbono in modo significativo nel rosso (0,6 - 0,7 µm).

È per questo motivo che le bande del rosso e NIR vengono utilizzate per calcolare l'NDVI. L'NDVI è valutato utilizzando le bande B8a (865 nm) e B4 (665 nm) del Sentinel-2 L2A:

$$NDVI = \frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red)} = \frac{(R_{865\,nm} - R_{665\,nm})}{(R_{865\,nm} + R_{665\,nm})}$$

(1)

Il valore dell'indice NDVI deriva dalla sua capacità di rivelare dettagli sulla quantità di clorofilla e sull'attività fotosintetica delle piante. Il rapporto tra queste due bande spettrali può rivelare la presenza e la quantità di biomassa vegetale poiché la clorofilla assorbe fortemente la luce rossa e riflette la luce NIR.

[8] L'applicativo software *web-based* LandViewer è disponibile al seguente link: https://eos.com/landviewer/.

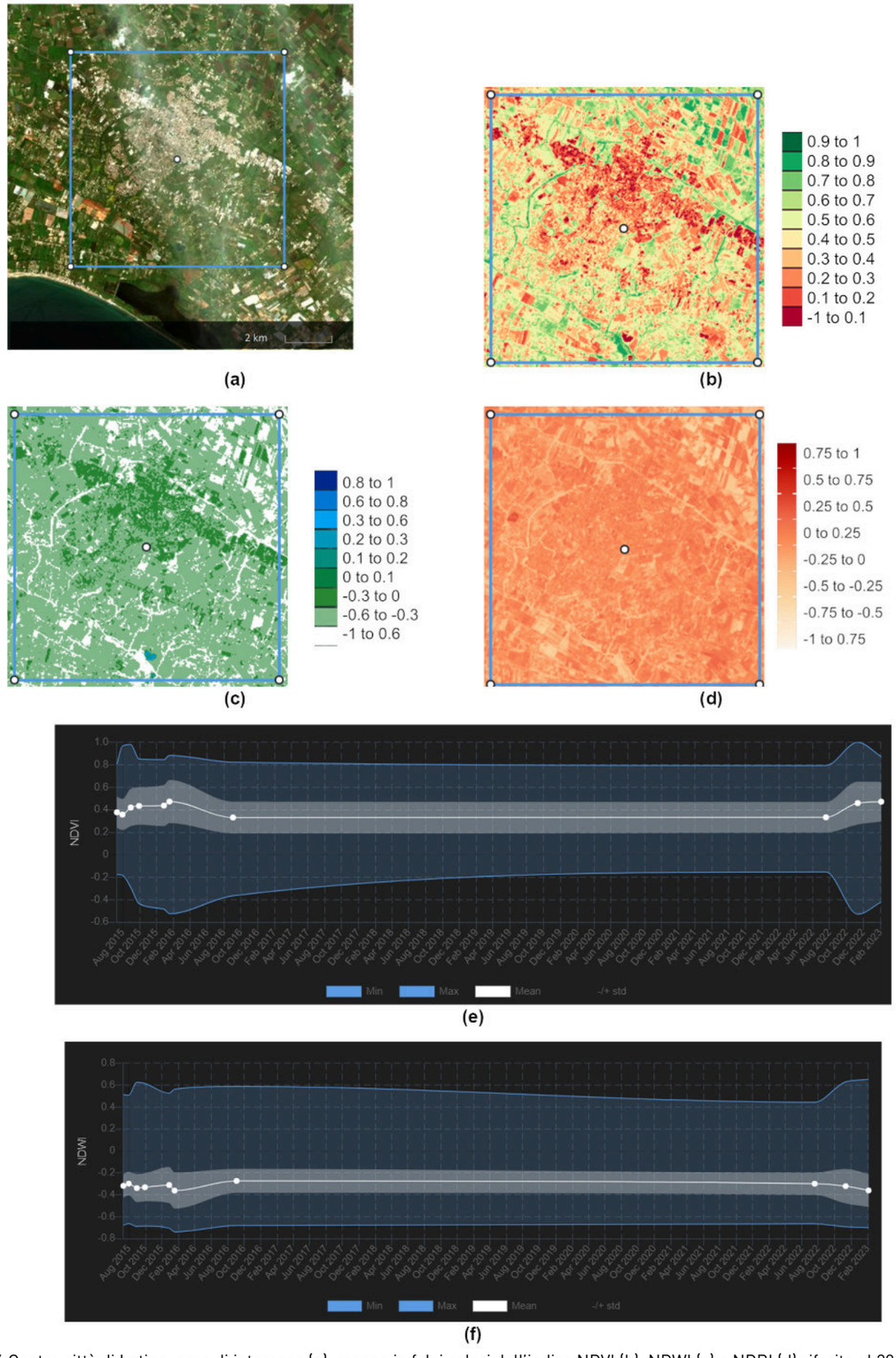


Fig. 6 Centro città di Latina: area di interesse (a), mappa in falsi colori dell'indice NDVI (b), NDWI (c) e NDBI (d) riferite al 20 maggio 2022. Variazione degli indici NDVI (e) ed NDWI (f) per il decennio 2013-2023.

NDWI. I corpi idrici hanno generalmente un'elevata riflettanza nell'intervallo spettrale del blu (0,4 - 0,5 µm) rispetto al verde (0,5 - 0,6 µm) e al rosso (0,6 - 0,7 µm). Sulla base di questi principi, l'NDWI definito da (McFeeters, 1996) consente il rilevamento e il monitoraggio dei corpi idrici misurando la differenza di riflettanza tra le bande del verde e del vicino infrarosso. L'NDWI viene calcolato utilizzando le bande B3 (560 nm) e B8 (842 nm) come segue:

$$NDWI = \frac{(GREEN - NIR)}{(GREEN + NIR)} = \frac{(R_{560\,nm} - R_{842\,nm})}{(R_{560\,nm} + R_{842\,nm})}$$

(2)

Questo indice è uno strumento prezioso per valutare la presenza di acqua e monitorare i cambiamenti negli ambienti acquatici. Generalmente l'NDWI assume valori superiori a 0,3 in presenza di acqua.

NDBI. L'indice NDBI è ampiamente adottato nel campo del telerilevamento per identificare le aree urbane e valutarne la morfologia (Zha et al., 2003). Questo indice consente di evidenziare le aree urbane con maggiore riflettanza nell'infrarosso a onde corte (SWIR) rispetto alla regione NIR. L'NDBI è stato valutato utilizzando le bande B11 (1610 nm) e B8 (842 nm):

$$NDBI = \frac{(SWIR - NIR)}{(SWIR + NIR)} = \frac{(R_{1610\,nm} - R_{842\,nm})}{(R_{1610\,nm} + R_{842\,nm})}$$

(3)

I valori NDBI vanno da -1 a +1. I valori negativi di NDBI rappresentano i corpi idrici, mentre i valori positivi più elevati indicano le aree edificate.

RISULTATI E DISCUSSIONE

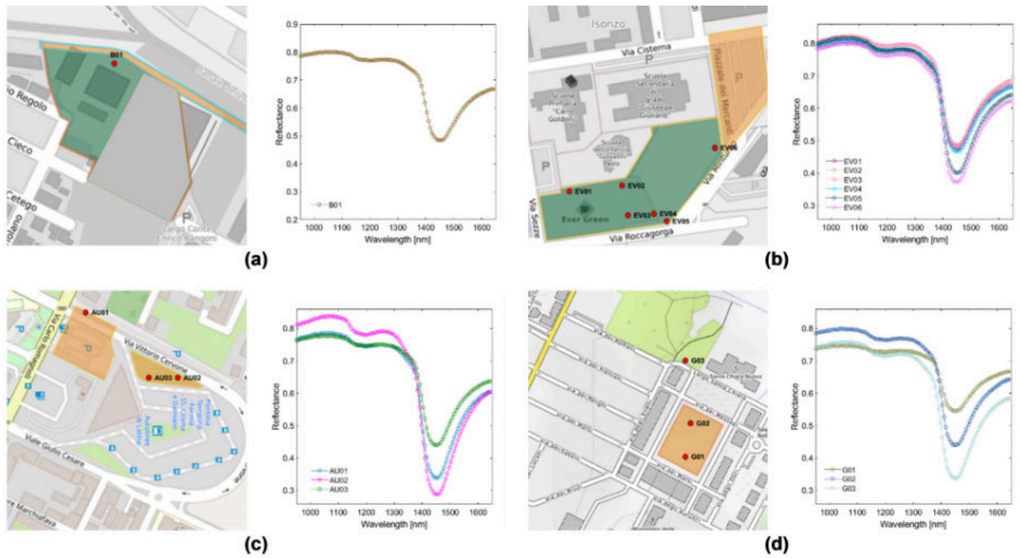
Indici vegetazionali *proximal sensing* di piante selezionate prima degli interventi NBS

Gli spettri medi di riflettanza di ciascuna pianta analizzata e la loro localizzazione nelle aree UPPER sono mostrati in Figura 6. Gli spettri di riflettanza delle piante analizzate mostrano schemi caratteristici di assorbimento associati a vari componenti biochimici e strutturali.

Più nel dettaglio, si può osservare un calo significativo della riflettanza tra 1400-1500 nm. Ciò è causato dal forte assorbimento dovuto alle molecole d'acqua nei tessuti fogliari, indice della presenza di contenuto idrico nella pianta (Curran, 1989). Mentre oltre i 1500 nm, la riflettanza aumenta gradualmente a causa della presenza di diversi composti chimici, come cellulosa, lignina e altri componenti strutturali nelle pareti delle cellule vegetali.

Gli indici derivati dall'analisi di ciascun impianto sono riportati in Tabella 2, mentre in Tabella 3 sono riportati gli indici mediati per ciascun sito.

Come mostrato nella Tabella 2, i valori LAIDI vanno da 0,945 a 0,976, ciò indica variazioni nella densità dell'area fogliare tra i vari siti analizzati. Indici LAIDI più elevati, che suggeriscono una vegetazione più fitta o un'area fogliare densa, sono ottenuti per i campioni: G01 (0,97), EV02 (0,969) ed EV03 (0,970). I valori di RVI_{hyp} vanno da 1,017 a 1,046. Un punteggio RVI_{hyp} elevato suggerisce una vegetazione più sana. I campioni con valori di RVI_{hyp} più elevati sono: AU02 (1,046), L03 (1,037) ed EV05 (1,033). I valori di WC vanno da 0,944 a 0,983 ed indicano variazioni del contenuto idrico all'interno della vegetazione. Valori elevati di WC suggeriscono livelli di umidità a livello fogliare più elevati. In questo caso, i valori più alti di WC sono stati ottenuti per G01 (0,983), seguito da EV02 (0,974) ed EV03 (0,972). Le variazioni nella capacità della vegetazione di trattenere l'acqua sono indicate dai valori di $LWVI_2$, che vanno da 0,012 a 0,034. Valori più elevati di $LWVI_2$, osservati nei campioni AU02 (0,035), L01 (0,030) e VG04 (0,026) suggeriscono una migliore capacità di ritenzione idrica.



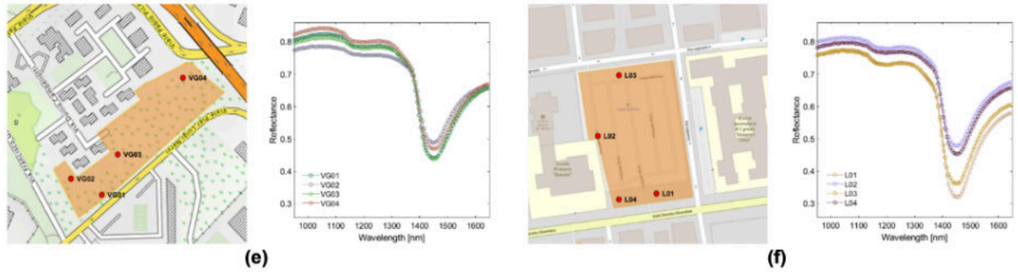


Fig. 7 Localizzazione delle piante analizzate ex-ante gli interventi NBS (2020) e corrispondenti spettri medi in riflettanza: CAMPO BOARIO (a), MERCATO (b), AUTOLINEE (c), PIAZZA ILARIA ALPI (d), VIA GOYA (e) e VIA LEGNANO (f).

Infine, l'$NDWI_{Hyp}$ compreso tra 0,013 e 0,035 indica le variazioni del contenuto idrico all'interno della vegetazione. Valori più alti di $NDWI_{Hyp}$ suggeriscono un contenuto d'acqua più elevato, che può essere considerato come un indicatore di una vegetazione più sana. I valori di $NDWI_{Hyp}$ maggiori sono stati ottenuti per AU02 (0,035), L01 (0,030) e VG04 (0,026).

Dalla Tabella 3 emerge che tra i siti analizzati CAMPO BOARIO si distingue per avere le migliori prestazioni ambientali. Quest'area presenta un valore LAIDI più elevato (0,965) rispetto alle altre aree; ciò suggerisce che in questo sito è presente una vegetazione più rigogliosa. Inoltre, per quest'area è stato ottenuto un punteggio RVI_{hyp} di 1,026, il quale suggerisce una vegetazione sana, ed un valore WC di 0,973, che indica un contenuto d'acqua moderato.

Questi indicatori suggeriscono che questo sito presenta un ecosistema vegetale robusto e sano, che è essenziale per l'equilibrio ambientale e i servizi ecosistemici, nella fase *ex-ante* gli interventi. Tuttavia, gli indici ricavati per il sito CAMPO BOARIO sono stati valutati sulla base di una sola pianta (B01). Al secondo posto nella classifica di performance ambientale valutata con gli indici da *proximal sensing* si trova PIAZZA ILARIA ALPI con valori di LAIDI, RVI_{hyp}, WC, $LWVI_2$ e $NDWI_{Hyp}$ rispettivamente di 0.963, 1.027, 0.970, 0.020 e 0.021. Segue VIA GOYA con valori di LAIDI, RVI_{hyp}, WC, LWVI2 e $NDWI_{Hyp}$ rispettivamente di 0,960, 1,032, 0,968, 0,020 e 0,022. Anche il sito MERCATO dimostra una performance ambientale positiva con valori di LAIDI, RVI_{hyp}, WC, $LWVI_2$ e $NDWI_{Hyp}$ rispettivamente di 0,964, 1,028, 0,970, 0,019 e 0,020. VIA LEGNANO segue con valori di LAIDI, RVI_{hyp}, WC, $LWVI_2$ e $NDWI_{Hyp}$ rispettivamente di 0,956, 1,032, 0,964, 0,023 e 0,024, suggerendo una moderata performance ambientale.

Infine, AUTOLINEE mostra prestazioni ambientali relativamente inferiori rispetto ad altri siti analizzati. Ha un valore LAIDI inferiore di 0,955, che indica una copertura vegetale leggermente meno densa. Il valore RVI_{hyp} di 1,036 suggerisce una vegetazione relativamente più sana, ma il valore WC di 0,958 indica un contenuto idrico inferiore. Sebbene AUTOLINEE dimostri ancora alcuni attributi ambientali positivi, come la vegetazione sana, i valori inferiori di LAIDI e WC implicano potenziali limitazioni in termini di densità della vegetazione e disponibilità di acqua, che possono influire sulle prestazioni ambientali complessive.

Una seconda serie di indagini in campo sullo stato della vegetazione dei siti UPPER, dopo gli interventi NBS, sono programmate per la fine dell'estate 2023.

ID campione	LAIDI	RVI_{hyp}	WC	$LWVI_2$	$NDWI_{hyp}$
B01	0,965	1,026	0,973	0,018	0,019
EV01	0,968	1,025	0,971	0,018	0,019
EV02	0,969	1,024	0,974	0,016	0,018
EV03	0,970	1,025	0,972	0,017	0,018
EV04	0,966	1,026	0,969	0,019	0,020
EV05	0,957	1,033	0,967	0,022	0,024
EV06	0,956	1,033	0,964	0,023	0,024
AU01	0,955	1,035	0,960	0,025	0,026
AU02	0,945	1,046	0,944	0,034	0,035
AU03	0,964	1,026	0,971	0,018	0,020
G01	0,976	1,017	0,983	0,012	0,013
G02	0,962	1,026	0,969	0,020	0,021
G03	0,952	1,038	0,958	0,026	0,028
VG01	0,956	1,035	0,963	0,023	0,024
VG02	0,966	1,025	0,976	0,016	0,017
VG03	0,963	1,028	0,970	0,019	0,021
VG04	0,953	1,040	0,965	0,024	0,026
L01	0,948	1,039	0,955	0,028	0,030
L02	0,963	1,026	0,970	0,020	0,020
L03	0,948	1,037	0,961	0,026	0,028
L04	0,964	1,027	0,972	0,018	0,020

Minimo — Massimo

Tabella 2. Valori medi degli indici valutati dagli spettri medi di riflettanza di ciascuna pianta selezionata (ex-ante gli interventi NBS).

Variazioni degli indici vegetazionali da telerilevamento

In questo paragrafo vengono discussi i cambiamenti degli indici NDVI e NDWI tra il 2022 e il 2023, sulla base delle mappe Sentinel-2 disponibili.

Le aree di interesse per gli interventi NBS (20 maggio 2022) e le Mappe in falsi colori degli indici NDVI ed NDWI al 20 maggio 2022 (ex-ante gli interventi NBS) e al 5 maggio 2023 (durante gli interventi NBS) per le aree UPPER prese in considerazione sono riportate in Figura 8.

Tabella 3. Indici da proximal sensing per i siti UPPER (ex-ante gli interventi NBS).

Sito	LAIDI	RVI_{hyp}	WC	$LWVI_2$	$NDWI_{Hyp}$
CAMPO BOARIO	0,965	1,026	0,973	0,018	0,019
MERCATO	0,964	1,028	0,970	0,019	0,020
AUTOLINEA	0,955	1,036	0,958	0,026	0,027
PIAZZA ILARIA ALPI	0,963	1,027	0,970	0,020	0,021
VIA GOIA	0,960	1,032	0,968	0,020	0,022
VIA LEGNANO	0,956	1,032	0,964	0,023	0,024

Minimo Massimo

Variazione dei valori NDVI (2022-2023)

Il valore medio NDVI più alto nel 2022 è stato raggiunto per VIA GOYA (0,416), indicando una vegetazione relativamente più sana rispetto ad altre aree (Tabella 4). D'altra parte, per il sito AUTOLINEE si è ottenuto il valore più basso di NDVI (0,231) per il 2022. Nel 2023, il valore medio più alto (0,443) per l'indice NDVI è stato ottenuto per VIA GOYA. Ciò indica una vegetazione relativamente più sana in VIA GOYA rispetto alle altre aree. D'altra parte, nel 2023 per VIA LEGNANO si è ottenuto il valore più basso di NDVI (0,201), suggerisce una salute della vegetazione inferiore rispetto alle altre aree.

Il centro della città di Latina ha registrato nell'arco di un anno un incremento positivo di 0,076 dell'indice NDVI. Inoltre, tutte le aree analizzate hanno mostrato un incremento positivo dell'indice NDVI, ad eccezione di VIA LEGNANO, dove si è registrato un leggero calo. In questo contesto, l'indice NDVI ci permette di valutare l'abbondanza e la salute della vegetazione in un'area. Un aumento dell'indice NDVI può indicare un aumento della copertura vegetale e può essere causato da diversi fattori, come una maggiore biomassa delle piante, una maggiore produzione di foglie o una migliore efficienza fotosintetica delle piante. In generale, un aumento dell'indice NDVI è un segno di un ecosistema sano e di una vegetazione altamente produttiva. Rappresenta un indicatore positivo della salute delle piante e della vitalità dell'ambiente.

Tuttavia, è importante sottolineare che un aumento eccessivamente elevato dell'indice NDVI potrebbe indicare un eccessivo sviluppo della vegetazione, che a sua volta potrebbe essere il risultato di una gestione inadeguata del territorio. Questo potrebbe verificarsi, ad esempio, in seguito a un'irrigazione eccessiva o a un uso eccessivo di fertilizzanti, che stimolano una crescita eccessiva delle piante. Una gestione inadeguata può portare a problemi come l'insorgenza di malattie vegetali, la competizione tra specie vegetali e il degrado dell'ecosistema.

In questo contesto, è quindi importante analizzare attentamente i dati, effettuare rilievi *in situ* e tener conto del contesto e della gestione del territorio per comprendere appieno le implicazioni dell'aumento osservato. Questo approccio ci aiuta a identificare eventuali problemi e ad adottare misure correttive per mantenere un equilibrio sano ed equilibrato nell'ecosistema vegetale.

Variazione dei valori NDWI (2022-2023)

Per quanto riguarda l'indice NDWI, si osserva una diminuzione per il centro città nel periodo 2022-2023 (Tabella 4). Una diminuzione di tale indice si osserva anche per le seguenti aree: MERCATO, AUTOLINEE, VIA GOYA e LEGNANO. Si osserva invece un aumento dell'indice NDWI per CAMPO BOARIO e PIAZZA ILARIA ALPI.

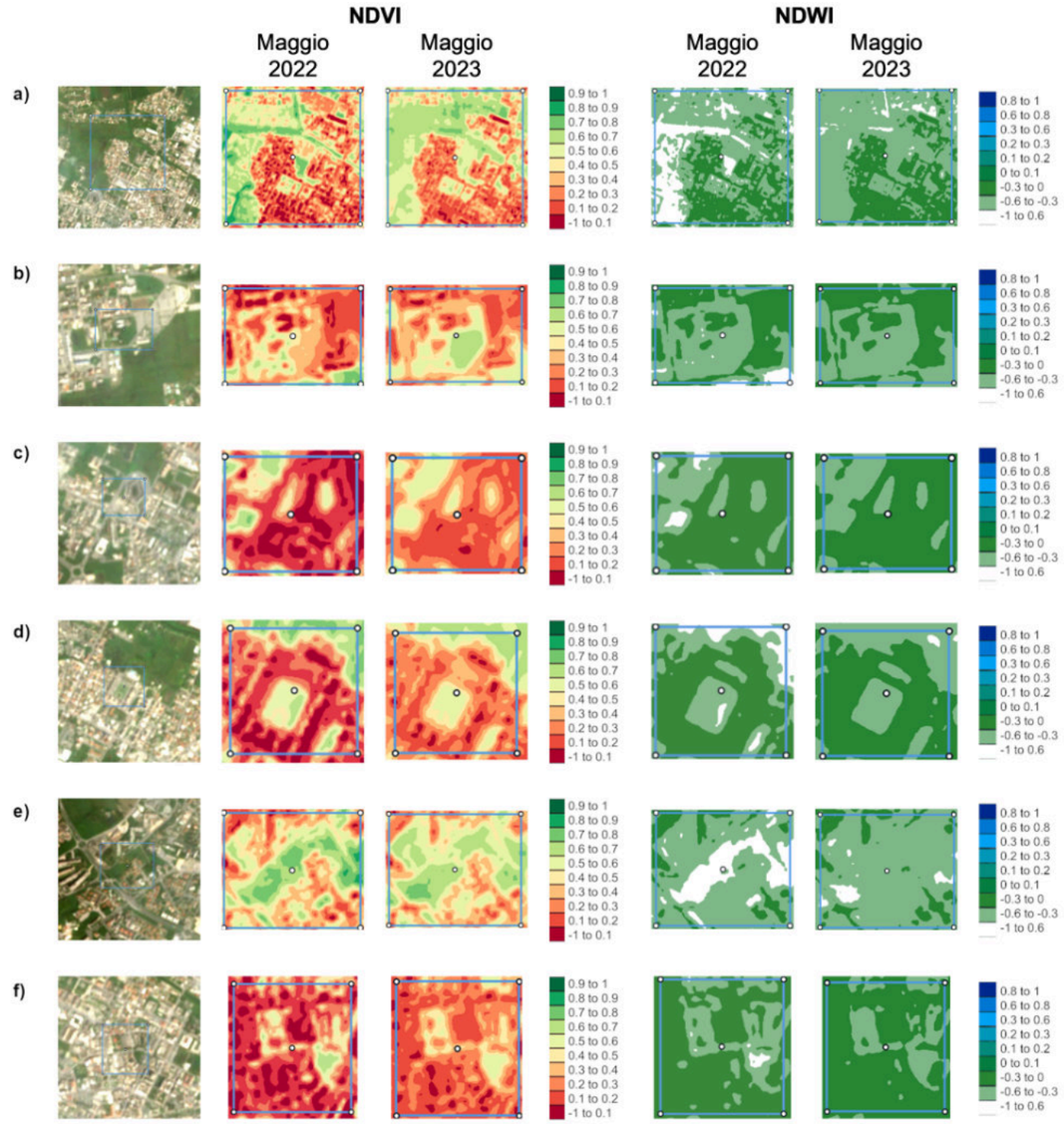


Fig. 8 Aree di interesse per gli interventi NBS (20 maggio 2022) e appe in falsi colori degli indici NDVI ed NDWI al 20 maggio 2022 (ex-ante gli interventi NBS) e al 5 maggio 2023 (durante gli interventi NBS): a) CAMPO BOARIO, b) MERCATO, c) AUTOLINEE, d) PIAZZA ILARIA ALPI, e) VIA GOYA ed f) VIA LEGNANO.

Un aumento dell'indice NDWI indica un maggiore assorbimento di acqua da parte delle piante, che può essere attribuito all'aumento della biomassa della vegetazione, alla maggiore disponibilità di acqua o al miglioramento dell'efficienza idraulica delle piante. Questo aumento può anche essere indicativo di una maggiore produttività della vegetazione, di una maggiore biomassa erbacea e di altri indicatori della salute dell'ecosistema. Inoltre, un aumento dell'indice NDWI può essere influenzato dalle condizioni meteorologiche, dalla qualità del suolo e dalla disponibilità di acqua.

Considerazioni sulle variazioni NDVI e NDWI (2022-2023)

Come mostrato nella Tabella 4, l'NDVI nel centro della città indica un aumento di +0,076 tra il 2022 e il 2023, indicando un miglioramento complessivo della salute o della densità della vegetazione. Tuttavia, è importante notare che c'è una diminuzione del contenuto idrico delle piante, come indicato dall'incremento negativo dell'NDWI di -0,051.

Nel sito CAMPO BOARIO, l'NDVI mostra un aumento positivo di +0,028 indicando un leggero miglioramento della salute della vegetazione; mentre l'NDWI presenta un incremento di -0.019.

L'NDWI del sito MERCATO mostra uno spostamento minimo di -0,004, l'NDVI dello stesso sito rivela un leggero incremento positivo di +0,013, indicando una condizione vegetativa piuttosto stabile ma una leggera riduzione del contenuto idrico.

L'NDVI del sito AUTOLINEE è aumentato di +0,022, indicando un lieve miglioramento della salute della vegetazione. D'altra parte, l'NDWI di AUTOLINEE mostra un decremento di -0,009, suggerendo una riduzione del contenuto idrico della vegetazione.

In PIAZZA ILARIA ALPI, per l'NDVI si assiste ad un aumento positivo di +0,021, indicando un leggero miglioramento della salute della vegetazione. Mentre l'NDWI di questo sito mostra un cambiamento trascurabile di +0,009, suggerendo un contenuto idrico della vegetazione relativamente stabile.
Sia l'NDVI che l'NDWI in VIA GOYA mostrano incrementi positivi di +0,025 e -0,010; ciò suggerisce un leggero miglioramento della salute della vegetazione ma una riduzione contenuto idrico della vegetazione.

Infine, sia l'NDVI che l'NDWI rivelano una variazione negativa (-0,006 e -0,011) in VIA LEGNANO, indicando una condizione di sviluppo delle piante e contenuto idrico ragionevolmente costanti. Ulteriori indagini di telerilevamento sullo stato della vegetazione dei siti UPPER durante i post-interventi sono programmate per la fine dell'estate 2023.

	NDVI			NDWI		
	2022	2023	Incremento	2022	2023	Incremento
Centro città	0.396 ± 0.164	0.472 ± 0.177	+0.076	-0.311 ± 0.130	-0.362 ± 0.150	-0.051
CAMPO BOARIO	0.382 ± 0.180	0.411 ± 0.198	+0.028	-0.280 ± 0.141	-0.299 ± 0.125	-0.019
MERCATO	0.326 ± 0.161	0.339 ± 0.183	+0.013	-0.252 ± 0.124	-0.256 ± 0.144	-0.004
AUTOLINEE	0.231 ± 0.161	0.253 ± 0.196	+0.022	-0157 ± 0.144	-0.166 ± 0.166	-0.009
PIAZZA ILARIA ALPI	0.300 ± 0.179	0.322 ± 0.211	+0.021	-0.208 ± 0.155	-0.200 ± 0.193	+0.009
VIA GOYA	0.416 ± 0.142	0.443 ± 0.167	+0.025	-0.326 ± 0.111	-0.336 ± 0.140	-0.010
VIA LEGNANO	0.206 ± 0.120	0.201 ± 0.159	-0.006	-0.154 ± 0.108	-0.165 ± 0.096	-0.011

Tabella 4. Variazioni degli indici NDVI e NDWI (2022-2023) per il centro urbano di Latina e i siti UPPER.

Dal 2022 al 2023, l'indice NDVI nel centro urbano e in diverse aree, ad eccezione di VIA LEGNANO, è aumentato, suggerendo un miglioramento della salute della vegetazione e un impatto positivo degli interventi NBS sulla crescita della copertura vegetale.

D'altra parte, l'indice NDWI mostra un aumento dell'NDWI solamente per PIAZZA ILARIA ALPI, indicando un aumento del contenuto idrico, mentre gli altri mostrano leggere variazioni negative. Questi risultati, sebbene non forniscano una valutazione completa degli interventi NBS, possono fornire informazioni preziose sulla disponibilità di acqua e sulla salute delle piante nelle aree urbane. Queste informazioni possono essere utili per prendere decisioni riguardanti la gestione delle risorse idriche, la pianificazione del paesaggio e l'implementazione di interventi NBS per migliorare la resilienza e la sostenibilità delle aree urbane. Tuttavia, è importante sottolineare che ulteriori ricerche e analisi sono necessarie per esplorare le implicazioni di queste variazioni di indici in relazione alle specifiche condizioni ambientali locali, alle strategie di gestione del territorio e agli obiettivi di sviluppo urbano a lungo termine. Solo attraverso una comprensione approfondita di queste variazioni sarà possibile sviluppare interventi NBS efficaci e mirati per affrontare le sfide ambientali nelle città.

Valutare il successo e l'efficacia di NBS richiede di considerare una gamma più ampia di indicatori, inclusi i servizi ecosistemici, i benefici sociali e la resilienza alle sfide ambientali.
Nell'interpretazione dei risultati dovrebbero essere considerati anche i fattori specifici del sito, le pratiche di gestione e le condizioni ambientali locali. Sono necessarie ulteriori analisi e un approccio di valutazione olistico per fornire una comprensione completa delle prestazioni e dell'efficacia di NBS nelle aree studiate.

CONCLUSIONE E PROSPETTIVE FUTURE

Gli studi descritti in questo *working paper* hanno dimostrato l'importanza dell'utilizzo di strumenti operativi in grado poter effettuare una valutazione delle prestazioni ambientali delle NBS negli ambienti urbani. Grazie all'integrazione delle tecniche di *proximal* e di *remote sensing*, si è in grado di ottenere una visione completa e multiscala degli impatti degli interventi NBS nelle città. L'uso delle tecniche di rilevamento prossimale ha consentito di ottenere informazioni dettagliate e rapide su parametri specifici, come la salute delle piante e il loro contenuto di acqua. D'altro canto, l'impiego del telerilevamento ci ha fornito una visione più ampia e contestuale delle dinamiche delle aree urbane, consentendo di monitorare i cambiamenti nel tempo e nello spazio.

I risultati delle analisi condotte fino ad ora hanno rivelato una tendenza positiva dell'indice NDVI nel centro urbano ed in molte aree UPPER, indicando un miglioramento della salute della vegetazione e una maggiore copertura verde grazie agli interventi NBS in essere. Tuttavia, l'indice NDWI ha mostrato risultati contrastanti tra le diverse aree, suggerendo variazioni nel contenuto idrico delle piante a seguito degli interventi. Tuttavia, sono necessarie ulteriori ricerche e analisi per comprendere appieno le implicazioni di queste variazioni degli indici e adattarle alle specifiche condizioni ambientali e alle esigenze delle comunità locali nell'implementazione di strategie NBS finalizzate a migliorare la resilienza e la sostenibilità delle città. In conclusione, in questo studio di monitoraggio si è dimostrata l'efficacia dell'approccio integrato di tecniche di *proximal* e *remote sensing* per valutare le prestazioni ambientali degli interventi NBS nelle aree urbane.

Criteri e indicazioni per l'assetto delle aree di intervento

A cura di Alberto Budoni

UN APPROCCIO TRANSDISCIPLINARE

Il Progetto Upper prevedeva di intervenire su undici aree di proprietà comunale di cui tre dedicate alla realizzazione di parchi produttivi per la produzione di piante e l'erogazione di servizi alla popolazione, mentre otto dovevano costituire dei siti dimostrativi in cui sperimentare soluzioni basate sulla natura (NBS). Il Gruppo di lavoro del Ce.R.S.I.Te.S., in riferimento all'impostazione metodologica illustrata in "Introduzione: progettare NBS integrando aspetti ambientali, urbanistici, economici e sociali", centrata sull'integrazione tra aspetti ambientali, urbanistici, economici, sociali e avente come punto di partenza la salvaguardia della biodiversità e l'adattamento ai cambiamenti climatici, ha cercato quanto più possibile di praticare un approccio transdisciplinare (CIRET, 1994) sia al proprio interno che nelle relazioni con gli altri partner di Upper. Considerando il carattere di concetto ombrello delle NBS (Dumitru, Wendling,2021), sono state prese in esame le sue principali componenti, rispondendo in questo modo ai diversi obiettivi che si propongono le politiche europee per la salvaguardia dell'ambiente e la rigenerazione urbana.

Tuttavia, l'approccio non si è limitato solo all'efficienza tecnico-scientifica delle analisi e delle soluzioni elaborate, ma è stato sempre orientato a mettere in primo piano le relazioni tra le trasformazioni di assetto proposte per le aree di intervento e gli abitanti del loro contesto. Di conseguenza, gli interventi nei siti dimostrativi sono stati pensati per richiedere la minima manutenzione, con auto-mantenimento legato alla natura stessa o interventi quanto più possibile non specializzati e affidabili anche ai cittadini attraverso Public-Private-People-Partnership. Invece, nei parchi produttivi l'assetto programmato si configura con un'organizzazione multifunzionale degli spazi per integrare sia le attività produttive florovivaistiche che quelle di erogazione di servizi ricreativi agli abitanti (nel caso dell'area di via Massaro sul litorale anche ai turisti), con una concessione comunale a una o più imprese associate in grado di stabilire partenariati con le associazioni di cittadini interessati a svolgere attività nel parco produttivo (le implicazioni in termini di sviluppo locale di questo modo di concepire i parchi produttivi sono contenute all'interno del working paper n.3 Economia e n.4 Sviluppo e pianificazione strategica).

L'ABACO DELLE NBS

Con questa impostazione, il Gruppo di lavoro del Ce.R.S.I.Te.S. ha esaminato la letteratura scientifica e le buone pratiche dedicate esplicitamente alle NBS o comunque interventi nelle aree urbane e nel territorio periurbano ad esse assimilabili. È stato quindi definito un abaco delle NBS (Tab.1) che fornisce un quadro ampio di queste tecnologie e metodi, articolandolo in sei categorie che racchiudono le soluzioni applicabili a diversi elementi dei tessuti urbani e periurbani: Soluzioni per l'edilizia; Soluzioni di arredo delle aree verdi; Soluzioni per le infrastrutture della mobilità e lo spazio pubblico; Soluzioni per il sistema abiotico; Soluzioni per il movimento e la sosta della fauna; Soluzioni per utilità e socialità attraverso le piante (per i dettagli relativi alle singole tipologie e ai riferimenti bibliografici si rimanda al deliverable O.4.2.1"Technical Annex on the design of Demonstration Sites" documento prodotto dal Ce.R.S.I.Te.S. in collaborazione con i partner Fondazione Roffredo Caetani, Parco Nazionale del Circeo, Tesserae, Labirinto).

È utile osservare che le prime tre categorie sono legate principalmente agli interventi sulle cosiddette infrastrutture grigie con cui si indicano le infrastrutture tradizionali delle aree urbane, sempre più inadeguate a fronteggiare il cambiamento climatico.

La quarta e la quinta categoria riguardano le NBS che più direttamente si occupano degli equilibri ecosistemici, relativi sia al sistema abiotico che a quelli connessi alla vegetazione e alla fauna. In entrambi i casi questi equilibri nelle aree urbane sono spesso ignorati determinando la profonda alterazione del reticolo idrografico, la sua marginalizzazione, l'impoverimento dei suoli, la diffusione di piante aliene, la clandestinità di molti animali di cui è misconosciuta l'esistenza, tutti elementi che contribuiscono alla frammentazione degli habitat e alla perdita di biodiversità.

Infine, la sesta categoria comprende quelle tipologie di NBS che oltre a contribuire in modo significativo agli equilibri ecosistemici, possono dare un sostegno fondamentale alla coesione sociale e alla ripresa di un rapporto multidimensionale con la natura, uscendo dall'appiattimento del paradigma funzionalista della città come macchina, ancora di fatto dominante attraverso la versione aggiornata della smart city.

Categorie NBS	Tipologie	Obiettivi
Soluzioni per l'edilizia	- Tetti verdi - Green covering shelter - Percorsi a pergolato verde sospeso - Pareti verdi	- Miglioramento del microclima - Risparmio energetico e isolamento acustico - Riduzione inquinamento atmosferico - Riduzione della velocità di deflusso delle acque - Conservazione della biodiversità - Miglioramento dell'estetica di un edificio - Miglioramento del paesaggio urbano a livello estetico-percettivo
Soluzioni di arredo delle aree verdi	- Panchine, sedute e tavoli realizzati con materiali di riciclo - Lampioni solari ed eolici	- Miglioramento della fruizione delle aree verdi - Favorire la partecipazione alla cura dei luoghi attraverso l'autocostruzione - Cultura del riciclo dei materiali - Miglioramento del paesaggio urbano a livello estetico-percettivo
Soluzioni per le infrastrutture della mobilità e lo spazio pubblico	- Barriere verdi - Strade e parcheggi alberati - Depaving e desealing Pavimentazioni drenanti e filtranti carrabili - Percorsi ciclo-pedonali	- Ripristino degli strati superficiali del suolo - Miglioramento dei processi di evapotraspirazione - Mitigazione dei fenomeni di allagamento - Diminuzione del carico di inquinanti nelle acque in falda - Riduzione dell'isola di calore - Contributo all'adattamento ai cambiamenti climatici
Soluzioni per il sistema abiotico	- Muri di contenimento - Canali vegetati - Trincee infiltranti - Bacini di detenzione - Stagni e zone umide fitodepurazione - Riapertura di corsi d'acqua tombinati - Cisterne superficiali o interrate - Aree naturali o seminaturali di laminazione - Rain garden - Swale	- Mitigazione dei fenomeni di allagamento - Miglioramento della qualità delle acque - Contrasto all'erosione del suolo - Miglioramento del paesaggio urbano a livello estetico-percettivo
Soluzioni per il movimento e la sosta della fauna	- Ecoponti ed ecotunnel - Rampe di risalita dei pesci - Ricoveri/siti riproduttivi con eventuali dissuasori per animali domestici - Silhouette di rapaci per superfici riflettenti - Recinzione di protezione per gli anfibi - Muro con cassette per l'osservazione della fauna - Abbeveratoi per uccelli e insetti - Punti di ricovero per animali domestici in preadozione - Apicoltura urbana - Aree dedicate al benessere dei cani e al miglioramento del rapporto uomo-cane	- Tutela della fauna selvatica - Sensibilizzazione sull'importanza - della conservazione della biodiversità
Soluzioni per utilità e socialità attraverso le piante	- Orti urbani - Food forest - Giardini terapeutici - Prati fioriti - Spazi e relazioni con gli animali domestici nel contesto urbano - Upper SEEDS - iniziative di educazione, socialità, cultura e sport basate sulla natura	- Aumento del benessere psico-fisico dei cittadini - Valorizzazione, mantenimento e conservazione dei prodotti vegetali tipici del territorio - Tutela della biodiversità agricola - Tutela della fauna selvatica - Aumento della coesione sociale - Inclusione categorie marginalizzate - Creazione di una filiera corta e conseguenti risparmi per chi usufruisce dello spazio - Diminuzione della produzione di rifiuti - Riduzione dell'isola di calore - Aumento del fenomeno di evapotraspirazione dell'acqua - Contrasto all'erosione del suolo - Contributo alla mitigazione dei cambiamenti climatici - Miglioramento del paesaggio urbano a livello estetico-percettivo

Tabella 1 Abaco delle categorie di NBS con tipologie e obiettivi

Tra le tipologie contenute in questa categoria di NBS sono state ritenute di particolare rilevanza le buone pratiche relative all'organizzazione delle relazioni con gli animali domestici nel contesto urbano e alla creazione di food forest. A questo fine, nel Convegno organizzato dal partner Tesserae "Innesti. Soluzioni basate sulla natura per le politiche urbane sostenibili e l'inclusione sociale" (UPPER policy conference, 24-25 Settembre 2021, Latina & online), sono state chiamate ad un confronto diverse esperienze di NBS, tra cui due sono risultate più rilevanti. La prima, centrata sulla fruibilità dello spazio per le persone fragili e sul rapporto con gli animali nelle aree urbane, illustrata da Francesco Di Iacovo dell'Università di Pisa, è legata allo svolgimento del Progetto IN-HABIT (INclusive Health And wellBeing In small and medium size ciTies), un progetto EU Horizon 2020 che ha lo scopo di identificare soluzioni innovative per promuovere la salute e il benessere inclusivi nelle città di piccole e medie dimensioni.

Nel Comune di Lucca, uno dei 21 partner di IN-HABIT, il progetto ha come finalità quella di co-progettare le animabili, percorsi che attraverseranno la città per favorire la relazione tra uomo e animale e processi di inclusione per persone fragili, quali anziani, persone con disabilità o con bassa contrattualità. Queste soluzioni sono progettate e implementate insieme ai membri delle comunità locali e realizzate in un periodo di 5 anni dal 2020 al 2025 (Granai et al., 2022).

La seconda esperienza, illustrata da Francesca Riolo di Fruttorti di Parma, un movimento spontaneo e informale di cittadini nato a Parma nel 2012, riguarda la Picasso Food Forest di Parma (http://www.fruttortiparma.it/foodforest.html). Una foresta nel cuore della città che rappresenta uno degli esempi più longevi e riusciti di come si possa migliorare l'ambiente creando uno spazio verde condiviso e affidato alle cure degli abitanti. Vanta oltre 200 piante tra cui alberi da frutta ed è un luogo pubblico a disposizione dei cittadini, dove grazie alla coltivazione della terra e alla cura della natura, sono rifiorite le relazioni di quartiere.

In sintonia con queste due esperienze e da collocare nella sesta categoria, sono anche le iniziative Upper SEEDS, svolte dal partner Labirinto in alcune aree Upper e consistenti in attività gratuite per bambine e bambini e adulti: animazione sportiva, teatrale e naturalistica, passeggiate ecologiche, movimento e arte terapia per over 50, nonché sport per cani accompagnati dal padrone. Tutte attività che, oltre a stimolare la partecipazione ai laboratori di co-progettazione curati dal partner Tesserae, sono state finalizzate a "seminare" e risvegliare negli abitanti le molteplici dimensioni di relazione con la natura che la frequentazione delle aree, opportunamente supportata, può offrire sia allo stato attuale, sia in quello programmato con gli interventi del progetto Upper.

LE ANALISI E IL RUOLO DELLA PIATTAFORMA WHIP

Le analisi sulle singole aree di intervento e sul loro contesto territoriale sono state svolte con una sintesi dei dati e degli studi esistenti, l'uso dei dati provenienti dalle centraline di monitoraggio realizzate dal partner Engie, i rilievi sul campo di tutte le componenti disciplinari del Gruppo di lavoro del Ce.R.S.I.Te.S. Le analisi sono state finalizzate a definire le condizioni ambientali ex ante ed ex post e in particolare il Gruppo di lavoro ha lavorato utilizzando tecniche proximal e remote sensing (si veda in questa sezione il contributo "Valutazione delle prestazioni ambientali dell'implementazione di soluzioni basate sulla natura in ambienti urbani attraverso tecniche di proximal e remote sensing"). Parallelamente è stata definita la caratterizzazione ambientale dei siti attraverso le simulazioni basate su OpenFOAM, un solutore fluidodinamico open-source (si veda il deliverable D4.5.2 CeRSITeS_ENGIE Deliverable Baseline Study on Environmental Data) e sono stati sviluppati rilievi sui caratteri vegetazionali e le presenze faunistiche, integrati con analisi sugli aspetti urbanistici, economici e sociali del contesto (per i dettagli si rimanda al deliverable O4.2.1 Technical Annex on the design of Demonstration Sites).

Tutte le analisi sono state inserite all'interno di un progetto GIS elaborato con software Qgis che ha consentito di costruire un sistema informativo dei dati degli studi e di utilizzare pienamente le basi di dati e le cartografie disponibili, in particolare quelli presenti su Open Data Lazio, supportando tutte le elaborazioni per la costruzione di tematismi analitici, caratterizzazione e modellazione dello stato dell'ambiente, valutazioni ambientali. Il progetto GIS è stato quindi pubblicato sul web attraverso la piattaforma WHiP (WebGIS Holding interactive Platform) implementata con software Lizmap.

La piattaforma, integrata nel sito ufficiale del progetto Upper (https://www.upperlatina.eu/) ma raggiungibile anche in modo indipendente (https://www.cersites.gter.it/webgis_lpdt/lizmap/www/index.php/view/map/?repository=lab&project=UPPER_WHIP, entro la fine di settembre 2023 il link diventerà https://lpdt.cersites.uniroma1.it/upper/whip) consente di visualizzare e interrogare con facilità i vari layer cartografici e le basi di dati costruite nel corso degli studi. Permette di vedere e scaricare i rendering e i video rendering elaborati per rappresentare le ipotesi di sistemazione delle aree di intervento. Il suo carattere interattivo si lega alla possibilità di inserire da parte di un utente commenti, documenti e, infine, di disegnare con strumenti molto semplici simboli e poligoni, utilizzando come base i layer della piattaforma, condividendo i disegni con gli altri utenti.

Queste capacità la rendono uno strumento che può supportare efficacemente le attività dei laboratori di coprogettazione e soprattutto dare continuità ai processi partecipativi, permettendo, nel tempo che intercorre tra un incontro e l'altro di un laboratorio, di ampliare il numero dei partecipanti e di approfondire la discussione.

LE AREE UPPER NELLA RETE DELLE INFRASTRUTTURE VERDI E BLU

Come noto, il compito principale delle infrastrutture verdi e blu è quello di costituire un insieme di connessioni di cui la rete ecologica è la spina dorsale, capaci di supportare processi di salvaguardia della biodiversità, di creare effetti positivi anche a breve termine sull'ambiente urbano e, più in generale, di tutelare le funzioni ecosistemiche, ovvero la capacità delle componenti naturali di fornire beni e servizi che soddisfino le necessità della specie umana e garantiscano la vita di tutte le altre specie. Le infrastrutture verdi e blu costituiscono di conseguenza un elemento fondamentale nella costruzione di strategie per la sostenibilità e la resilienza delle città, in particolare nella diminuzione dello stato di frammentazione degli habitat naturali indotto dalle dinamiche di urbanizzazione e nel contribuire in modo significativo a ridurre gli effetti negativi indotti dal fenomeno dell'isola di calore delle aree urbane.

Per capire il ruolo delle aree Upper all'interno di una rete di infrastrutture verdi e blu, ovvero una rete di aree verdi connesse organicamente al reticolo idrografico e alle aree di interesse naturalistico che penetri anche all'interno del centro urbano, è stata utilizzata la visione bioregionale (Magnaghi, 2020), e si è fatto riferimento agli studi svolti da componenti del Gruppo di lavoro del Ce.R.S.I.Te.S. sulla Bioregione Pontina (Budoni et al., 2018; Budoni. 2018; Budoni, 2021). Da questi studi, comprendenti un'ampia sintesi della letteratura scientifica e dei dati forniti dagli enti locali e dagli organismi istituzionali preposti al monitoraggio ambientale, emerge che il territorio di Latina è caratterizzato da una forte frammentazione delle aree protette e di quelle inserite nella rete natura 2000, nonché delle aree verdi urbane e periurbane (Fig.1).

Una specifica analisi sul grado di frammentazione del territorio comunale svolta dai componenti del Gruppo di lavoro ha confermato le problematiche già emerse negli studi commissionati dalla Provincia di Latina alla fine degli anni 2000 (Giunti et al., 2009). L'espansione legale e abusiva, soprattutto quella degli ultimi tre decenni, ha interessato in maniera significativa tutto l'ambito comunale, con un notevole consumo di suolo che ha occupato il territorio in modo diffuso pur appoggiandosi prevalentemente sulla maglia secondaria delle strade della bonifica. Secondo i dati ISPRA 2021 la percentuale di suolo consumato nel Comune dal 2015 al 2020 è circa il doppio della media nazionale e per i dati ISPRA del 2022 Latina è la seconda città del Lazio dopo Roma per consumo di suolo (ISPRA 2021; ISPRA, 2022).

Nel nostro territorio comunale abbiamo dunque un duplice impatto dell'urbanizzazione sulle connessioni ecologiche, sia per il normale processo di densificazione delle aree del centro urbano, peraltro in molti punti non così marcato come ci si potrebbe aspettare dalle dimensioni demografiche e caratterizzato da vuoti e aree in abbandono, sia per la diffusione nel territorio agricolo di edifici prevalentemente residenziali che tende ad alterare profondamente il sistema delle aree agricole periurbane. Sul fenomeno dell'isola di calore non esistono per il territorio comunale dati sistematici, tuttavia nel centro urbano, rispetto alle aree esterne non edificate, si sperimentano delle variazioni di temperatura significative dovute alla grande quantità di superficie impermeabilizzata e occupata da superfici riflettenti che risulta dall'analisi svolta in ambiente GIS sulla cartografia tecnica regionale (Fig. 2).

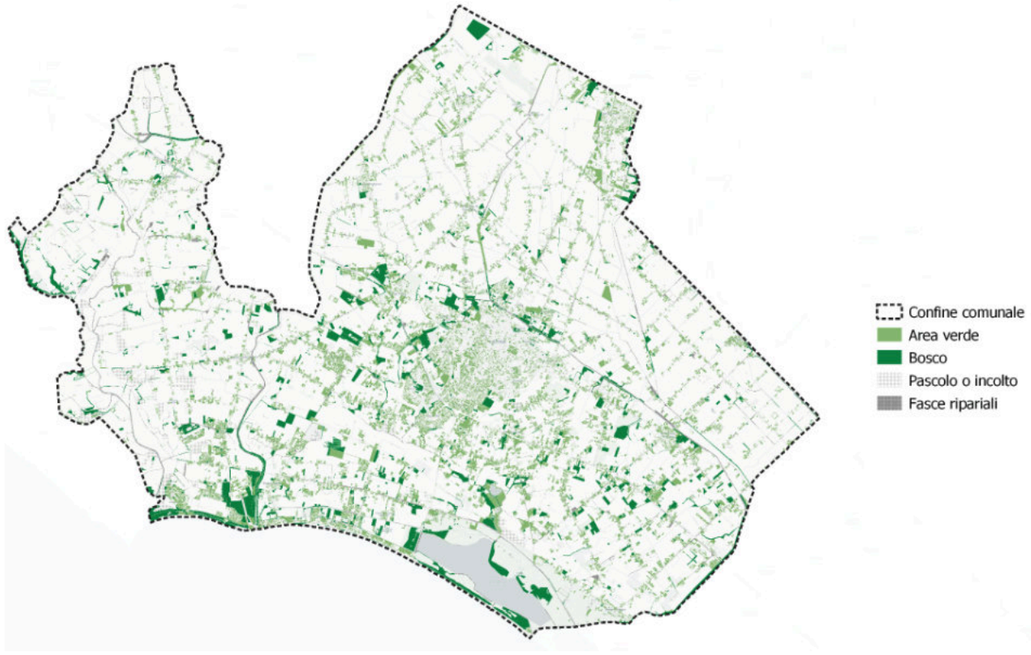


Fig.1 Vegetazione del territorio del Comune di Latina
(ns. elaborazione su CTR Regione Lazio scala 1:5000 - 2014)

Fig.2 Il centro urbano di Latina con evidenziate in rosso chiaro le superfici pavimentate
(ns. elaborazione su CTR Regione Lazio scala 1:5000 - 2014)

Dalle analisi sullo stato attuale dell'urbanizzazione e sulle cartografie storiche anche precedenti alla bonifica integrale, nonché dalla considerazione delle indicazioni dei principali strumenti di tutela, Piano Territoriale Paesaggistico Regionale (PTPR), Piano per l'Assetto Idrogeologico (PAI), è stato possibile individuare come capisaldi della rete delle infrastrutture verdi e blu i due corridoi ecologici del Canale delle acque medie - Rio Martino e del Fosso Gorgoglicino (Fig.3). Nel caso del Canale delle acque medie la continuità è presente ma le funzioni ecosistemiche sono molto degradate dalla cattiva qualità delle acque e dal trattamento delle sponde. Invece, per il Gorgoglicino la continuità dovrebbe essere ripristinata in diversi punti, compromessi da tombinamenti e infrastrutture stradali, ma la presenza di numerosi residui di aree boscate lungo il suo percorso ne rende particolarmente promettente il ruolo di riqualificazione naturalistica e ambientale.

Le proposte di assetto delle aree del progetto Upper fanno riferimento a questi capisaldi nella loro impostazione e nello stesso tempo sono state pensate per costituire a loro volta un punto di connessione con le aree verdi urbane del tessuto edilizio, con l'obiettivo di creare un connettivo che si ramifichi all'interno di tutto il centro urbano. Per svolgere al meglio questo ruolo e contribuire significativamente alla salvaguardia della biodiversità, per le aree Upper sono state selezionate specie autoctone o storicizzate, riconosciute non solo per il loro valore ecologico ma anche per quello identitario-paesaggistico. La selezione delle essenze è stata definita dal Gruppo di lavoro del C.e.R.S.I.T.e.S insieme alla Fondazione Roffredo Caetani e al Parco Nazionale del Circeo ed è stata articolata considerando il sistema vegetazionale a livello territoriale, periurbano e urbano. Per quanto riguarda la tutela della fauna, le analisi svolte con sopralluoghi sia diurni che notturni e l'utilizzo di fototrappole e di un bat-detector, hanno evidenziato la presenza di una comunità di vertebrati costituita da diverse decine di specie fra anfibi, rettili, uccelli e mammiferi, alcune delle quali anche di interesse conservazionistico. Sono stati quindi proposti interventi di miglioramento delle connessioni con le aree esterne, anche attraverso la realizzazione di ecotunnel laddove l'area Upper sia interrotta o confinata da infrastrutture viarie, e sono stati ipotizzati rifugi naturali (zone lasciate allo stato selvatico con limitazione degli interventi) e strutture, come nidi artificiali, per favorire la nidificazione/riproduzione.

Fig.3 In arancione le aree dei siti produttivi e dimostrativi di Upper; in verde le aree verdi urbane, il Canale delle acque medie sulla destra e il Fosso Gorgoglicino sulla sinistra, nell'ipotesi di un completo ripristino della sua continuità.

Altri elementi fondamentali delle proposte di assetto sono il ripristino e la conservazione delle superfici permeabili, così come il contenimento del deflusso delle acque, la ricarica della falda, l'accumulo delle acque piovane per migliorare la vita delle piante.

In particolare, le proposte per i siti dimostrativi si articolano in genere in una fase iniziale di sistemazione delle aree dai costi limitati, legata fondamentalmente alla preparazione delle superfici per la collocazione delle piante e ai necessari movimenti di terra, nonché in indicazioni di successivi interventi più onerosi. Gli interventi sono pensati in genere per richiedere la minima manutenzione, con auto-mantenimento legato alla natura stessa, o come azioni quanto più possibile non specializzate e affidabili anche ai cittadini attraverso Partenariati People-Public-Private. Alcune NBS scelte, complementari a quelle precedenti, richiedono tecnologie e costi che il Comune potrà considerare di adottare e sostenere in relazione alle sue capacità finanziarie.

Uno spazio specifico merita il sito dimostrativo del Canale delle acque medie su cui il Gruppo di lavoro del C.e.R.S.I.T.e.S ha sviluppato un'ipotesi di assetto che si propone come esempio di intervento complesso riproducibile anche in altri tratti della rete idrografica, maglia strutturale del territorio Pontino. Il Canale delle acque medie, come evidenziato negli «Studi per il Piano Strategico della Città e del Territorio di Latina» svolti dal Ce.R.S.I.Te.S. (Budoni, 2021), risulta un luogo di concentrazione di azioni strategiche per l'assetto dell'intera città, sia per gli aspetti ambientali che per quelli insediativi relativi alla qualità dei tessuti urbani e alla mobilità sostenibile. Inoltre, il tratto urbano del Canale è stato posto all'attenzione dell'Amministrazione Comunale dall'iniziativa di numerose associazioni ambientali, culturali e di comitati di cittadini che ha portato all'approvazione nell'agosto 2021 di una mozione in Consiglio Comunale per l'istituzione del Parco delle Acque Medie.

Il Gruppo di lavoro, vista la ristrettezza in termini di superficie e la marginalità rispetto alle sponde del canale, nonché l'articolazione in tre parti distinte e lontane tra loro delle tre aree lungo il Canale del Progetto UPPER che compongono il sito dimostrativo, ha esteso l'area di studio comprendendo l'intero tratto del canale che attraversa gli ambiti urbanizzati dei quartieri di Gionchetto e Pantanaccio in riva sinistra e Campo Boario, Villaggio Trieste e Piccarello in riva destra. Fermo restando che una condizione necessaria per realizzare il Parco è il risanamento della qualità delle acque del Canale, approfondendo in primo luogo le analisi sulle sue fonti inquinanti, il progetto ha perseguito tre obiettivi principali: 1) eliminazione del rischio idrogeologico per esondazioni già avvenute in passato e oggi più probabili per il cambiamento climatico; 2) incremento della biodiversità anche in funzione del ruolo del Canale delle Acque Medie - Rio Martino quale principale corridoio ecologico tra le aree montane e la costa della Bioregione Pontina; 3) aumento della qualità urbana, superando l'attuale condizione di marginalità del Canale attraverso la sua fruizione da parte dei cittadini per il tempo libero e l'educazione ambientale.

Il progetto (per i dettagli si rimanda al deliverable Progetto Parco Canale Acque Medie Annex to D4.2.2 Design of Demonstration Sites), integrando la modellazione idraulica, con interventi naturalistici, geotecnici e urbanistici, prevede la realizzazione di invasi di laminazione che non modificano l'alveo artificiale del Canale ma solo le sue sponde attraverso la modellazione del terreno. Si diminuisce in questo modo il rischio idrogeologico, migliorando la ricarica delle falde, creando ambienti idonei soprattutto per l'avifauna e di grande qualità per la fruizione pubblica, supportata da percorsi ciclopedonali e luoghi di incontro e di osservazione degli uccelli. Particolare cura è stata dedicata alla rappresentazione del progetto, inserita con rendering e video rendering sulla piattaforma WHiP, al fine di ampliare e rafforzare l'interazione partecipativa (Fig.4).

LA REALIZZAZIONE DEGLI INTERVENTI NELLE AREE UPPER

Le proposte di assetto contenute nel già citato deliverable O.4.2.1 "Technical Annex on the design of Demonstration Sites", consegnato nel marzo 2021, sono state assunte dagli Uffici tecnici comunali e formalmente dall'Amministrazione comunale come linee guida degli interventi da realizzare sia nei siti dimostrativi che nei tre parchi produttivi. A causa prima della pandemia e poi degli eventi bellici, che hanno comportato un forte rincaro dei costi per gli appalti pubblici, i tempi si sono fortemente dilatati e inoltre per mancanza di fondi l'Amministrazione comunale ha dovuto rinunciare alla realizzazione di alcuni siti dimostrativi e limitare le trasformazioni. È stato cantierizzato un solo parco produttivo, rimandando gli altri due a tempi e finanziamenti successivi, mentre i siti dimostrativi su cui si è potuto intervenire sono 5 invece di 8. Tre dei siti realizzati, stazione autolinee, via Neghelli-via Legnano, p. le dei Mercanti, riguardano la sistemazione di aree a parcheggio pubblico per auto, caratterizzate originariamente da superfici completamente impermeabilizzate con carenza o completa assenza di alberature e aree verdi. Gli interventi si sono limitati all'inserimento di queste ultime a causa della carenza di fondi, rimandando a fasi successive l'attuazione delle indicazioni contenute nel deliverable relative alla desigillazione della pavimentazione e alla predisposizione di vasche di raccolta e infiltrazione delle acque. Più ampi e articolati gli interventi negli altri due siti dimostrativi di via Goya e di Piazza Ilaria Alpi.

Fig.4 Rendering di un tratto del Canale delle acque medie in cui si notano un'area di laminazione esondata, il percorso ciclopedonale, un luogo di incontro e osservazione degli uccelli.

Il primo è stato impostato con un percorso pedonale alberato da completare in fasi successive con una food forest e un ecotunnel di attraversamento della SS 148 Pontina, il secondo, caratterizzato da una significativa interazione partecipativa con associazioni e abitanti che ne fruiscono, ha visto la realizzazione di un'area didattica all'aperto e di un boschetto di piante autoctone destinato a costituire un interessante elemento di connessione nella forma di una stepping stone con un boschetto di eucalipti esistente esterno alla piazza; per questo sito sono rimandate a fasi successive la realizzazione di un'area sportiva multifunzionale e di una collinetta che potrà ospitare incontri della cittadinanza e rappresentazioni lungo l'asse dello scorcio sui monti Lepini, e sarà dotata di un sistema di impluvio delle acque piovane per migliorare l'innaffiamento di piante da frutto che ne formano la corona (Fig.5).

Tutti questi interventi sono stati realizzati da un'impresa selezionata con appalto pubblico dal Servizio Ambiente del Comune di Latina che ha curato la progettazione esecutiva. Quest'ultima è stata concordata con i partner Ce.R.S.I.Te.S. e Fondazione Roffredo Caetani, armonizzando le indicazioni di assetto contenute nel deliverable con le problematiche gestionali riguardanti soprattutto la scelta delle piante più idonee in termini di cura e manutenzione rispetto alle prestazioni che il Servizio Ambiente può effettivamente garantire. Il trattamento di questi aspetti gestionali deve essere considerato, al pari della trasformazione delle aree, un risultato del Progetto Upper, finalizzato a produrre buone pratiche applicative che hanno un elemento determinante nella capacità delle amministrazioni locali di saper affrontare e gestire i processi di tutela dell'ambiente e di adattamento al cambiamento climatico.

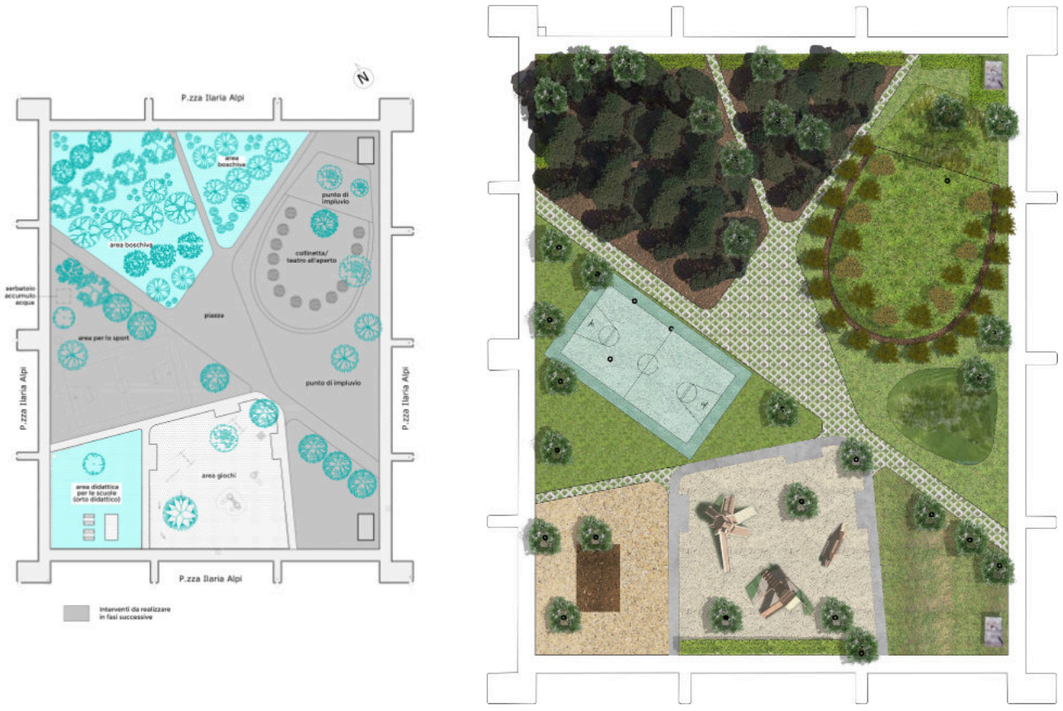


Fig.5 Sito dimostrativo di Piazza Ilaria Alpi: a sinistra la sistemazione finale; a destra campite in celeste le aree realizzate nel giugno 2023 con i fondi del Progetto Upper

GLI SVILUPPI DEL PROGETTO UPPER PER IL GRUPPO DI LAVORO DEL CE.R.S.I.TE.S.

Il termine formale per le attività del Progetto Upper è il 31 agosto 2023, tuttavia le modifiche alla tempistica del progetto determinate dalla pandemia e dalle vicende belliche hanno comportato dei notevoli ritardi nella realizzazione dei siti dimostrativi, completati, come si è detto in numero ridotto e solo per alcuni interventi, nel mese di giugno 2023. Pertanto, il monitoraggio e la valutazione degli effetti della sistemazione delle aree devono ancora avvenire. Il Gruppo di lavoro del Ce.R.S.I.Te.S. proseguirà almeno fino ad agosto del 2024 a svolgere le sue attività, in particolare: a verificare lo stato delle piante inserite nei siti dimostrativi con raccolte di dati da rilievi periodici e conseguenti elaborazioni di confronto con lo stato ex ante; a elaborare i dati provenienti dalle centraline gestite dal partner ENGIE e dalle altre fonti istituzionali per elaborare simulazioni sullo stato dell'ambiente e svolgere confronti con lo stato ex ante; ad osservare lo stato di attuazione dei progetti di sistemazione dei siti dimostrativi e dei parchi produttivi, proseguendo, anche attraverso la piattaforma WHiP, l'interazione con gli abitanti e la diffusione dei concetti e degli interventi NBS sperimentati nel Progetto Upper.

UPPER Seeds. L'impatto sociale delle soluzioni basate sulla natura del progetto UPPER

Roberta Cocchioni, Cooperativa Labirinto

Nell'ambito del progetto UPPER, il partner Cooperativa Sociale Labirinto ha sperimentato delle soluzioni basate sulla natura di tipo socio-comportamentale, allargando così il concetto di NBS alla sfera dei comportamenti umani di interazione con la natura urbana, comprensiva di spazi verdi, animali, piante, terra, frutti e ortaggi. La sperimentazione ha infatti comportato l'organizzazione di un programma di attività educative, sportive, sociali e culturali denominato "UPPER Seeds". Tali attività avevano come caratteristica comune quella di svolgersi all'aperto e di basarsi sul contatto con la natura urbana e sulla trasformazione e cura di spazi verdi. Le attività sono state realizzate per un periodo di diciotto mesi all'interno dell'area del futuro Parco Produttivo 2 (Zona Mercato) così come in alcune aree verdi oggetto di patto di collaborazione tra alcuni degli stakeholders del progetto UPPER, il Comune di Latina ed i partner Cooperativa Sociale Labirinto e Parco Nazionale del Circeo. La programmazione delle attività è avvenuta attraverso una fase di co-progettazione con gli stakeholders interessati, a seguito di una specifica call for ideas[9], tra cui tre istituti scolastici, un comitato di quartiere (Comitato Ilaria Alpi) ed undici ONG attive sul territorio del Comune di Latina, tra cui: Associazione Bici X Umanità, Associazione RPD, Comitato Ilaria Alpi, Associazione Chance for Dogs, Associazione Botteghe Invisibili, Cooperativa Sociale Quadrifoglio, Cooperativa Sociale La Tartaruga, Associazione Corpo Forestale Volontario, Dimensioni Musicali, Latina Rugby, UISP Latina.

A seguito di tre incontri di co-progettazione, nel cui ambito sono stati esplorati i bisogni e le possibilità di intervento messe in campo dai partner di progetto e dagli stakeholders interessati, è stato definito un programma di attività per le due edizioni di UPPER Seeds dedicate alle scuole (aprile – maggio 2021 e settembre – maggio 2022) e per le due edizioni estive dedicate agli abitanti (giugno – settembre 2021 e giugno – settembre 2022), con un focus particolare sui quartieri intervento di Piazza Ilaria Alpi, Zona Mercato e Borgo Sabotino. Le attività sono state completamente gratuite per i partecipanti, dal momento che i costi sono stati coperti in parte dal progetto UPPER ed in parte dal contributo volontario del personale delle associazioni e degli istituti scolastici aderenti. I destinatari delle attività sono stati: studenti di tre istituti scolastici (età 3 – 18 anni); bambini, adolescenti e adulti residenti a Latina. Alcune attività sono state dedicate in modo specifico ai bambini della fascia 3 – 10 anni, agli adulti proprietari di cani e alle persone over 55.

Al termine dell'attività sono state erogate: mediamente 20 ore settimanali di attività gratuite; 15 tipologie di attività rivolte alle scuole; 9 tipologie di attività per i cittadini durante il periodo estivo (considerando anche due tipologie di laboratori organizzati con il supporto del più ampio gruppo di stakeholder "Rugby in Piazza" e "Musileggiamo"). L'attività ha coinvolto: 1641 studenti partecipanti diretti, compresi i bambini con disabilità; 253 cittadini partecipanti diretti fuori dalle scuole (di cui 183 minori, 12 anziani); 5000 beneficiari indiretti (minimo stimato). L'efficacia di questo tipo di soluzioni basate sulla natura è stata oggetto di una valutazione di impatto sociale all'interno del progetto, svolta dalla società indipendente Palker s.r.l. per conto della Cooperativa Sociale Labirinto. Le attività UPPER Seeds presentavano i seguenti risultati attesi, definiti dal documento di progetto:

[9] https://www.upperlatina.eu/upper-seeds-avviso-pubblico-per-iniziative-e-laboratori-basati-sulla-natura/

Risultati attesi
R2.3 disponibilità, accessibilità e inclusività delle aree verdi pubbliche della città
R2.4 miglioramento dello stato di benessere psicologico, relazionale e benessere tra le comunità locali
R3.2 miglioramento dell'inclusione sociale e dell'autonomia delle persone con disabilità mentali e fisiche
R4.3 aumento della partecipazione dei cittadini, consapevolezza ambientale, senso di appartenenza e proprietà degli spazi verdi urbani come bene comune

Tabella 1. Risultati attesi delle soluzioni basate sula natura UPPER Seeds

Per la rilevazione dei risultati attesi sopra elencati, sono stati utilizzati alcuni degli **indicatori di risultato** definiti nel Piano di Monitoraggio del progetto UPPER. Le aree di cambiamento individuate hanno interessato i seguenti indicatori di risultato di progetto: inclusione sociale; benessere relazionale, benessere spaziale, senso di appartenenza, stili di vita sani intesi come tempo trascorso all'aperto in aree verdi pubbliche. Ad esse è stata aggiunta la dimensione della coscienza civica ed ambientale come ulteriore area di impatto collegata alle specifiche attività svolte UPPER Seeds.

Indicatore	Descrizione
Inclusione sociale	- Persone che si sentono maggiormente parte della comunità quando trascorrono del tempo nelle aree verdi del proprio quartiere grazie alle attività Upper Seeds
Benessere relazionale	- Persone che vivono migliori relazioni sociali grazie alle attività Upper Seeds - Studenti che hanno migliorato le relazioni e la cooperazione tra pari grazie alle attività Upper Seeds
Benessere spaziale	- Persone che dichiarano di sentirsi maggiormente a loro agio, al sicuro e felici quando trascorrono del tempo nelle aree verdi del proprio quartiere grazie alle attività Upper Seeds - Studenti che si sono sentiti più felici/energici/soddisfatti (benessere psico-fisico individuale) dopo la partecipazione alle attività Upper Seeds - Genitori che riportano un aumento del benessere/felicità dei propri figli grazie alle attività Upper Seeds
Senso di appartenenza	- Persone che si sentono più fiere di vivere nel loro quartiere ed avvertono un senso di appartenenza/attaccamento al loro quartiere grazie alle attività Upper Seeds - Abitanti che hanno rivalutato l'area verde pubblica del loro quartiere grazie alle attività Upper Seeds - Studenti che si riportano un aumento del proprio senso di appartenenza alla scuola grazie alle attività Upper Seeds - Studenti che si sentono fieri della propria città grazie alle attività Upper Seeds
Stili di vita sani 3	- Studenti che riportano un aumento della frequentazione degli spazi verdi scolastici grazie ad Upper Seeds - Studenti che riportano un aumento della propensione a frequentare le aree verdi della città
Coscienza civica e ambientale	- Studenti che riportano un aumento della propensione a fare volontariato in ambito ambientale grazie ad Upper Seeds - Studenti che riportano un aumento dell'attenzione alla pulizia degli spazi verdi - Studenti che riportano un miglioramento del rapporto con gli animali e/o maggiore propensione a prendersi cura degli animali

Tabella 2. Indicatori di risultato coinvolti nella valutazione di impatto di UPPER Seeds

La valutazione intermedia dell'impatto sociale è stata condotta attraverso strategie miste di ricerca qualitative e quantitative come di seguito illustrate. La fase di acquisizione e definizione del mandato valutativo, svolta con un confronto con i responsabili delle attività, è stata fondamentale per la declinazione operativa delle aree di impatto del progetto e l'individuazione dei beneficiari diretti ed indiretti delle azioni realizzate. Sono stati inoltre individuati i gruppi target da coinvolgere nella valutazione che sono risultati:

- Cittadini fruitori degli eventi realizzati nelle aree urbane
- Insegnanti delle scuole coinvolte, come stakeholder prioritari sia in chiave di fruitori che attori delle attività e centro della relazione con gli allievi
- Allievi della scuola dell'infanzia – fascia età 3-5 anni
- Allievi scuola primaria – fascia età 6-11 anni
- Allievi scuola secondaria di I grado – fascia età 11-13 anni
- Allievi scuola secondaria di II grado – fascia età 14-18 anni.

Rilevando la peculiarità di ciascun gruppo target, si è deciso di adottare un metodo misto di indagine che permettesse di raggiungere un'alta qualità del dato e quindi una validità dei risultati. In particolare, vengono illustrati nella sezione seguente gli strumenti e le tecniche di coinvolgimento dei target e di rilevazione dei dati.

Strumenti e tecniche di rilevazione

Per la valutazione dei risultati prodotti sul gruppo target dei **cittadini** è stata somministrata una survey strutturata sia in versione CAWI che cartacea in occasione dell'UPPER SEEDS ESTATE, serie di iniziative realizzate presso una delle aree obiettivo del progetto, piazza Alpi. Il questionario, composto di n. domande, mirava a individuare beneficiari diretti e indiretti, attraverso una domanda iniziale in cui si chiedeva se il rispondente fosse o meno residente in zona e se avesse partecipato alle iniziative progettuali (beneficiari diretti) o meno (beneficiari indiretti). Non ci si era posti l'obiettivo di individuare gruppo di controllo e gruppo intervento in ottica controfattuale, in quanto non coerente con il metodo di diffusione della survey. Le domande sono state poste chiedendo ai rispondenti di auto collocarsi su affermazioni a seconda di gradi di accordo/disaccordo basate su scale likert di 5 livelli.

Per la valutazione dei risultati prodotti sul gruppo target degli **alunni della scuola dell'infanzia**, si è chiesto in sede di focus group, alle insegnanti partecipanti, di raccontare gli elementi osservati nei bambini della fascia interessata (3-6 anni) sia nel momento dello svolgimento delle attività progettuali, sia nelle dinamiche individuali e di gruppo instauratesi nelle settimane successive. I racconti sono stati analizzati secondo un'analisi ermeneutica dei testi raccolti che ha seguito la tecnica dell'analisi del testo come inchiesta, andando a toccare i temi oggetto di interesse secondo le dimensioni di impatto prefissate.

Per la valutazione dei risultati prodotti sul gruppo target degli **alunni della scuola primaria e della scuola secondaria di primo grado**, facendo tesoro anche degli spunti e suggerimenti raccolti durante il focus group, è stata elaborata una traccia (All.1) pensata per essere svolta come discussione di gruppo gestita dall'insegnante nell'arco di una singola ora, auspicabilmente nell'ora di educazione civica, utile anche come momento di riflessione di gruppo e consolidamento degli obiettivi didattici prefissati all'inizio dell'anno.

La traccia, composta da sole 10 domande, volutamente pensate in forma sintetica e semplice si offre come spunto di confronto con i ragazzi ed è stato chiesto a ciascun insegnante di annotare gli esiti della discussione di gruppo scegliendo l'opzione maggioritaria tra quelle proposte, con l'attenzione a riportare eventuali "commenti fuori dal coro" ritenuti utili ad arricchire la narrazione e a cogliere eventuali effetti inattesi. Le domande sono state basate su un adattamento di una scala di differenziale semantico (scala di Osgood) in cui vengono messi a confronto due termini opposti che devono essere pensati come un continuum con gradini di posizioni intermedie tra l'uno e l'altro.

Per la valutazione dei risultati prodotti sul gruppo target degli **alunni della scuola secondaria di II grado**, si è trasformata la traccia di intervista di gruppo in una survey strutturata CAWI (Computer Assisted Web Interview) autosomministrata con l'assistenza dell'insegnante di riferimento di progetto durante l'orario scolastico. La survey (All.2) è stata composta di una sezione che ha riguardato la mappatura dell'intensità di partecipazione alle attività progettuali in cui è stato chiesto ai singoli rispondenti se avessero partecipato e a quali attività progettuali, e una serie di n.XX domande di autopercezione rispetto agli indicatori selezionati per rappresentare le dimensioni di impatto basate su scale likert a 5 gradini.

Le fasi della raccolta dati

L'attività valutativa si è svolta attraverso varie fasi come di seguito illustrate e sistematizzate nella tabella 1:

- Somministrazione di un questionario strutturato autosomministrato in modalità CAWI (Computer Assisted Web Interview) e cartacea durante la realizzazione di attività progettuali nel mese di settembre 2021 a 50 beneficiari diretti e indiretti;
- Realizzazione di un focus group con 8 insegnanti referenti del progetto in due istituti scolastici di Latina nel mese di aprile 2022;

Target	Strumento	Data rilevazione
Cittadini	Survey online e cartacea	19-23 Settembre 2021
Insegnanti	Focus group online	19 Aprile 2022
Bambini 3-5 anni	Focus group online	19 Aprile 2022
Bambini 6-11 anni	Interviste guidate di gruppo	9-25 Maggio 2022
Ragazzi 11-13 anni	Interviste guidate di gruppo	9-25 Maggio 2022
Ragazzi 14-18 anni	Survey CAWI autosomministrata	16-18 Maggio 2022

Il coinvolgimento dei gruppi target: cittadini, insegnanti e alunni

Sono stati coinvolti i **cittadini** che hanno frequentato le attività progettuali realizzate in piazza Alpi a Latina, a fronte di oltre 200 partecipanti diretti, è stato raggiunto un gruppo di rispondenti considerato più che adeguato in quanto stati compilati del tutto e quindi considerati validi ai fini dell'analisi, 50 questionari[10].

[10] Trattandosi di una compilazione volontaria, il gruppo non rappresenta un campione rappresentativo dei cittadini, non essendo un campione probabilistico.

Le risposte raccolte sono in grado di fornire dati interessanti circa l'impatto dei cittadini residenti nei pressi della piazza, che rappresentano la quasi totalità (90%) dei rispondenti, altro dato interessante è la survey abbia raggiunto anche cittadini che non hanno preso parte attiva alle iniziative; infatti, il 20% dei rispondenti ha dichiarato di non aver partecipato all'UPPER SEEDS ESTATE, iniziativa all'interno della quale è stata veicolata la survey. Altro dato interessante è che oltre l'80% (41 soggetti), hanno risposto in qualità di genitori fornendo così un ulteriore elemento di valutazione dell'impatto del progetto sui più giovani.

Per le attività nelle scuole che, come abbiamo già illustrato, hanno coinvolto gli **insegnanti** in una duplice veste, di soggetti co-attuatori e beneficiari diretti delle attività, è stato realizzato un focus group online con 8 insegnanti degli istituti comprensivi Giuliano e Tasso: 2 della scuola dell'infanzia, 4 della primaria e 2 della secondaria di primo grado. La modalità di reclutamento è stata svolta attraverso il coinvolgimento dei responsabili dell'attività nelle scuole così da mettere a frutto la relazione instaurata nei mesi di attività progettuali, questo stesso è stato considerato un indicatore di impatto delle attività. Infatti, a fronte di contatti telefonici e via mail, è stato messo insieme il gruppo di intervistati in maniera agevole e fruttuosa nonostante il periodo a ridosso delle vacanze scolastiche pasquali.

Ciò rappresenta un valido indicatore di un positivo senso di comunione di intenti e senso di accresciuto senso di cooperazione tra operatori e beneficiari grazie alle attività progettuali, nonché di accresciuto engagement degli insegnanti rispetto agli obiettivi di impatto sui più giovani.

Rispetto, infine, alla rilevazione sui più **giovani**, proprio grazie alla partecipazione attiva degli insegnanti (ulteriori 15), sono stati raggiunti oltre 300 bambini e ragazzi tra i 3 e i 18 anni distribuiti come illustrato nel grafico n.1:

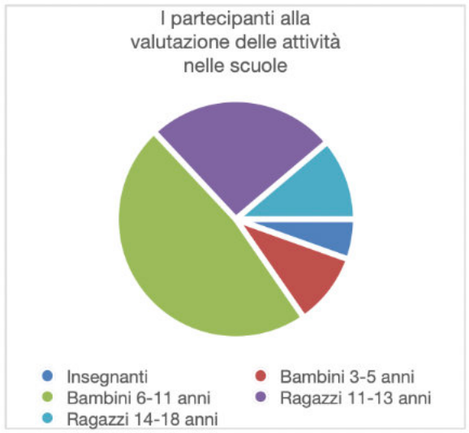


Grafico n.1

PARTECIPANTI ALLA VALUTAZIONE DEDICATA ALLE SCUOLE

- 22 Insegnanti
- 40 Bambini tra i 3 e i 5 anni
- 194 Bambini tra i 9 e gli 11 anni
- 104 Ragazzi tra gli 11 e i 14 anni
- 45 Ragazzi tra i 15 e i 18 anni

Gli Istituti scolastici coinvolti hanno partecipato attivamente, apportando ciascuno un buon numero di partecipanti alla rilevazione secondo lo schema seguente:

Istituto comprensivo Tasso

Scuola dell'infanzia Celli: due classi per un totale di circa 40 bambini tra i 3 e i 5 anni;

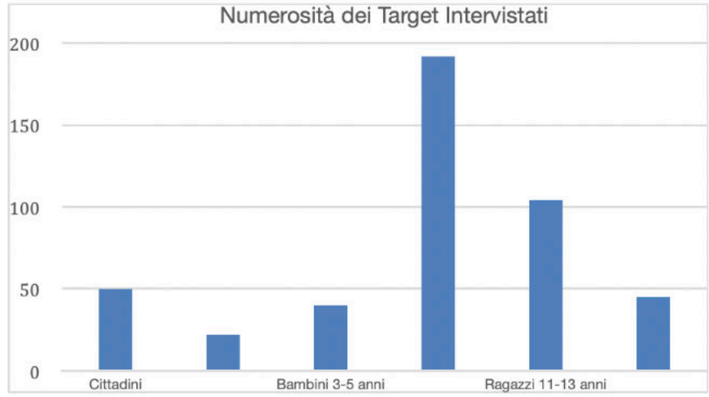
Scuola primaria: quattro classi IV e due classi V per un totale di 117 allievi tra i 9 e gli 11 anni;
Scuola secondaria di I grado: una classe II e una classe III per un totale di 41 ragazzi tra gli 11 e i 13 anni.

Istituto comprensivo Giuliano

Scuola primaria: una classe IV e una classe V per un totale di 45 allievi tra i 9 e gli 11 anni;
Scuola secondaria di I grado: una classe I, una II e una III per un totale di 63 allievi tra gli 11 e i 13 anni.

Liceo Grassi

n. 31 allievi di III;
n. 13 allievi di IV;
n. 1 allieva/o di I
45 ragazzi tra i 14 e i 18 anni



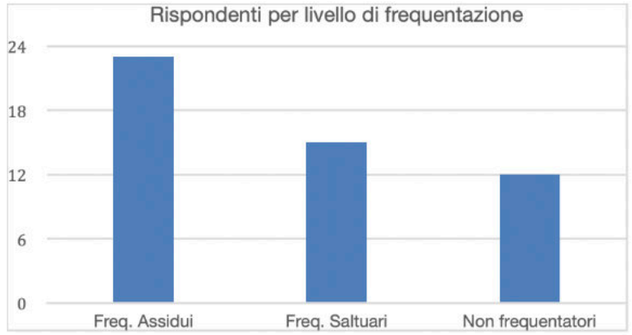
GLI ESITI DELLA VALUTAZIONE PER CIASCUN TARGET

Gli impatti sui cittadini

Come anticipato nella sezione metodologica, per rilevare l'impatto della attività progettuali sui cittadini, è stato distribuito un questionario strutturato sia in forma CAWI che cartaceo in occasione degli eventi all'aperto organizzati in occasione della UPPER SEED SUMMER.

Il questionario ha teso a rilevare innanzitutto la presenza di rispondenti tra i residenti della zona oggetto di iniziative, Piazza Alpi, al fine di misurare eventuali differenze di impatto tra gruppo dei beneficiari diretti, individuati nei residenti e di beneficiari indiretti, individuati in cittadini non residenti.

La distribuzione nei due gruppi è risultata, 80% residenti e 20% non residenti.
Si è deciso inoltre di rilevare l'intensità di frequentazione dell'area intervento, attraverso una domanda su scala likert a 5 gradini in cui i rispondenti potevano collocarsi tra "Mai" a "più di una volta a settimana". Questo item ha permesso di individuare il gruppo di "frequentatori assidui" formato da oltre il 40% dei rispondenti, il gruppo di "frequentatori saltuari" e chi invece non frequenta mai la Piazza (24%) come illustrato nel grafico seguente.

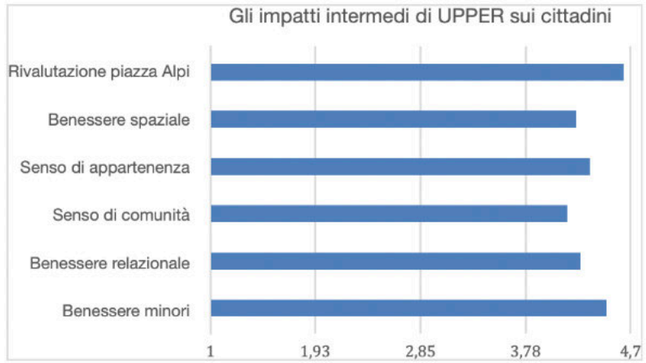


Incrociando i dati di queste due domande, si nota che il gruppo di coloro che NON frequenta la piazza è costituito da tutti residenti nei dintorni, indicando così possibili aree di miglioramento per l'azione progettuale rivolta ai residenti delle aree intervento e al tempo stesso indica che gli impatti sono già adesso in grado di raggiungere il target dei non residenti.

Rispetto alla percezione della qualità delle iniziative proposte, il 90% dei rispondenti ha affermato di aver apprezzato molto le attività realizzate e l'85% afferma che sarebbe d'accordo nel creare infrastrutture stabili di arredo del verde urbano come aree attrezzate per il gioco dei bambini e per la pratica sportiva e di dog toilet.

Sono state poste quindi delle domande sul grado di accordo/disaccordo circa le percezioni dei cittadini sulle dimensioni di impatto selezionate su scale likert che riportassero espressioni legate agli indicatori di "benessere spaziale", ovvero il senso di sentirsi a proprio agio nella zona-intervento
e la percezione circa il cambiamento rispetto a prima dell'intervento su cui i cittadini hanno espresso valutazioni molto positive. Rispetto ad aver rivalutato la piazza, i cittadini hanno in media assegnato punteggi molto alti (**4,64** su scala 1-5), leggermente più bassa la percezione circa il sentirsi bene nel frequentarla (**4,22** su scala 1-5).

Come si evince dal grafico seguente, i cittadini, cui è stato chiesto, se genitori (41 rispondenti), di esprimersi rispetto alla percezione di benessere osservato sui figli nel frequentare la piazza, hanno assegnato punteggi elevati, fino ad un valore medio di **4,5** su scala 1-5. Comunque, su valori generalmente alti, ma leggermente inferiore rispetto agli altri indicatori, ha assunto la dimensione dell'inclusione sociale intesa come "senso di comunità" (**4,14** su scala 1-5), aspetto su cui le iniziative progettuali potrebbero quindi ancora lavorare per aumentare l'intensità dell'impatto sui cittadini.



Gli impatti sugli insegnanti

Come già accennato, gli insegnanti sono stati intervistati attraverso un focus group online realizzato nel mese di aprile con otto tra gli insegnanti dei due istituti comprensivi coinvolti nel progetto (IC. Giuliano e IC Tasso di Latina) avendo attenzione a coinvolgere insegnanti afferenti a ciascuno dei tre livelli di istruzione: infanzia, primaria e secondaria di I grado.

I dati raccolti hanno fornito indicazioni utili ad indagare le dimensioni di impatto rispetto al gruppo target degli insegnanti, fornire indicazioni utili alla costruzione degli strumenti di rilevazione per i ragazzi e fornire dati circa l'impatto sui bambini più piccoli frequentanti la scuola dell'infanzia (3-6 anni). Inoltre, molte osservazioni degli insegnanti arricchiscono i dati rilevati sui ragazzi dai 6 ai 13 anni.

Gli insegnanti hanno parlato principalmente delle attività di teatro, orto e eco-walk, con toni molto positivi circa gli aspetti gestionali in senso stretto "attività ben organizzata e non complicata da gestire" (G.E), "molto piacevole" "operatori molto bravi" (E. rispetto alle attività teatrali) e mostrando attaccamento nel tempo alle iniziative "bisognerà capire come fare per il periodo estivo per non fare morire l'orto perché a Pasqua ci siamo dati il cambio, ma poi sarà difficile" (E).

Uno degli impatti più evidenti, dai racconti degli insegnanti, riguarda un accresciuto senso di cooperazione sia tra pari "siamo al secondo anno di attività, il primo è stato più complicato, ora siamo diventati bravi anche a gestire gli spazi: se uno ha l'attività nell'orto sotto le finestre di una classe, si avvisa prima e gli altri si spostano magari in un'altra aula perché così non ci diamo fastidio con le voci" (E.), "abbiamo sviluppato più collaborazione, grande disponibilità, quasi commovente dei colleghi perché per dare l'opportunità ai ragazzi di vivere questa esperienza, hanno anche stravolto i programmi didattici"(P.L.), "ai ragazzi non dovevamo dire nulla, si mettevano d'accordo tra loro e funzionava bene" (S.S.).

Hanno inoltre avanzato proposte di miglioramento rispetto ad alcuni aspetti riguardanti la sostenibilità nel tempo, mostrando interesse e coinvolgimento nelle azioni di miglioramento degli spazi "bisognerebbe che l'amministrazione comunale stanziasse dei fondi per la manutenzione delle cose fatte finora, non si può pensare che ricada sugli ATA" (E.), "forse non l'ho finora mai pensata questa cosa, ma in effetti, se ci fosse la possibilità di un'insegnante di lavorare su queste attività remunerata (distacco sui progetti ambientali), sarebbe più costante l'attività su questi progetti" (D.N).

Gli insegnanti hanno inoltre messo in luce l'effetto sul benessere relazionale non programmato, fortemente legato al contesto storico caratterizzato dalle restrizioni a causa della pandemia, di aver permesso momenti di socializzazione e di attività all'aperto ai bambini "UPPER è stata un'occasione unica di fare una scuola alternativa ai ragazzi, che non potevano fare più gite, uscite ecc" (P.L.), "dopo due anni di pandemia, il progetto è stato un regalo anche per noi perché ha permesso di fare attività con persone diverse (gli operatori)" (S.S.). Sono stati inoltre messi in evidenza gli effetti positivi circa il miglioramento della coscienza civica ed ambientale "abbiamo potuto portare la scuola -fuori dal cancello- e insegnare ai ragazzi che questo progetto è stato perfettamente in linea con altre iniziative come eco-school che fanno riflettere i ragazzi sull'emergenza ambientale e sul rispetto del verde" (P.L.).

I ragazzi sono stati chiamati a raccontare le proprie percezioni riguardo le dimensioni di interesse rispetto alle attività che ricordassero di avere svolto; visto che le attività sono state realizzate in maniera differenziata a seconda della fascia di età, nelle analisi che seguono si farà riferimento alla classificazione per età aggregando, ove possibile, per attività omogenee.

Gli impatti sui bambini tra i 3 e i 5 anni

Secondo quanto raccontato dagli insegnanti, i bambini della scuola dell'infanzia hanno partecipato principalmente al teatro, alle attività di piantumazione e gestione dell'orto e attività legate al rapporto con gli animali (educazione con i cani e accudimento dei coniglietti).

Gli insegnanti hanno parlato soprattutto degli impatti sugli aspetti legati al benessere individuale inteso come percezione delle proprie capacità e del proprio apporto "i bambini si sono sentiti importanti" (E.D.), "i bambini erano diventati autonomi nel raccogliere gli oggetti dell'orto, portare le cose" (S.). e degli aspetti di benessere relazionale "la costruzione della casetta degli uccelli è stata un'occasione di forte socialità" (S.S.).

Le dimensioni di impatto positivo riguardano inoltre il benessere legato al contatto con gli animali "appena arrivano a scuola mica entrano in classe, vanno a portare un qualcosa al coniglietto in cortile e poi ne parlano tutto il giorno"(E.D) "ci sono due bambine che hanno deciso che da grandi vogliono fare le educatrici cinofile" (P.L.), "i coniglietti vengono accuditi nel chiostrino da ragazzi disabili e collaboratrici, i bambini disabili puliscono tutto con attenzione e il martedì vanno al mercato apposta a prendere delle cose da mangiare per i coniglietti".

Gli impatti sui bambini tra i 6 e i 13 anni

Tra tutte le numerose attività frequentate dai bambini delle fasce di età 6-13 anni, si ritiene di mettere al centro dell'analisi d'impatto quelle che sono le maggiormente praticate sulla base delle risposte dei bambini. In media, infatti, i bambini hanno partecipato a 3 attività ciascuno e ciascuna attività in media è stata svolta da circa 20 ragazzi. Si ritiene, quindi, di poter attribuire il maggior contributo all'impatto alle attività di Teatro (11 classi partecipanti *n. 260 allievi); Educazione al rapporto con i cani (8 classi partecipanti *n. 181 allievi); Riqualificazione degli spazi esterni e piantumazione (8 classi partecipanti * n. 160 allievi), pur riconoscendo che sia l'insieme coerente delle attività ad aver contribuito all'impatto generale.

Ricordando che i dati della rilevazione su queste due fasce di età (6-11 e 11-13 anni) sono stati raccolti attraverso un'intervista di gruppo in cui veniva chiesto all'insegnante, all'esito della discussione su ciascuna singola domanda, di registrare la posizione maggioritaria; si illustrano di seguito gli esiti su ciascun item, rappresentando fin da subito un generale impatto positivo.

Infatti, posta una scala di impatto basata su valori in scala 1-5, la media dei punteggi generale si attesta su un valore pari a **4,14**.

Per la dimensione di benessere psico-fisico individuale legato allo svolgimento delle attività progettuali, si è scelto di porre domande atte a rilevare le condizioni sia in itinere sia ex post, le sensazioni di "sentirsi capaci, sentirsi coinvolti, incuriositi" vs "sentirsi non in grado, sentirsi annoiati" e ancora "sentirsi stanchi, ma soddisfatti" vs "sentirsi stanchi, affaticati".

Ponendo il polo semantico negativo ("sentirsi non in grado, sentirsi annoiati" e "sentirsi stanchi, affaticati") sulla scala proposta al livello 1 e il polo positivo ("sentirsi capaci, sentirsi coinvolti, incuriositi" e "sentirsi carichi di energia, in forze") al livello 5, è stato costruito un indice composto dalle tre variabili che ha riportato un valore più che positivo di **4,65**.

Rispetto alla dimensione del benessere relazionale si è chiesto ai bambini di esprimersi circa la percezione che le attività avessero o meno contribuito alla nascita o rafforzamento di amicizie, i punteggi su questa scala hanno registrato un valore medio, seppur positivo, nettamente sotto la media complessiva (**3,65**), fornendo indicazioni utili circa margini di miglioramento per le future attività.

Su questo item, è emerso uno spunto interessante circa l'impatto su target più sensibili a dinamiche di inclusione, infatti viene riportato dall'insegnante "l'alunno di origine indiana afferma di aver fatto nuove amicizie durante le attività".

Le dimensioni di benessere spaziale e del miglioramento degli stili di vita (sport all'aperto, camminare o andare in bici, stare all'aperto), sono stati analizzati congiuntamente inserendo una domanda circa il tempo trascorso negli spazi verdi della scuola e la propensione a svolgere attività all'aperto nel tempo libero. Questo indice, costituito dalle due variabili, ha assunto un valore medio positivo di **4,08**, in particolare i bambini hanno dichiarato di aver frequentato per più tempo gli spazi verdi esterni alla scuola rispetto a prima, cambiamento auspicato dalle attività progettuali.

Per la dimensione di impatto riguardante il senso civico, la partecipazione e della cura del verde urbano, si è chiesto ai bambini la propria percezione rispetto a cambiamenti nei livelli di attenzione rispetto agli spazi urbani con riguardo alla pulizia e decoro, ma anche di esprimersi circa la possibile propensione a svolgere attività di volontariato ambientale o cittadinanza attiva in futuro. Ad entrambe le domande i bambini hanno risposto con valori vicini alla posizione centrale, seppure con al di sopra di esso (3,80). Questo dato fornisce indicazioni quindi per un miglioramento dell'impatto su questo ambito. Per indagare l'impatto sulla dimensione del senso di appartenenza al proprio quartiere e alla città, è stato deciso di porre domande riprese ed adattate dalla letteratura in tema, chiedendo quanto i bambini siano contenti/orgogliosi della propria appartenenza a due contesti, l'uno legato alla comunità scolastica, l'altro allargato alla dimensione cittadina. Rispetto al contesto scolastico considerato più vicino ai bambini, si è optato per costruire un indice composto da due variabili, l'uno legato al senso di appartenenza rispetto alla "reputazione esterna" della scuola, l'altra legata alla dimensione di "orgoglio personale" nel comunicare l'appartenenza ad essa.

Su queste due variabili è stato costruito un indice di "senso di appartenenza alla scuola" che ha assunto un valore medio assolutamente positivo, pari a 4,43. Si ritiene quindi, che il progetto abbia contribuito al miglioramento del senso di appartenenza dei bambini al contesto scolastico. Rispetto invece al senso di appartenenza al contesto cittadino, si rilevano valori inferiori, infatti in media i bambini hanno dichiarato posizioni meno entusiastiche e vicine al valore centrale di indifferenza rispetto al tema (3,83 in media).

Su questa dimensione aggregata è quindi interessante notare come a fronte di un valore medio aggregato di 4,03, le variabili che contribuiscono riportino livelli differenti rispetto al contesto scolastico vs cittadino; questo fenomeno, allineato a quanto noto in letteratura, mostra come la dimensione più vicina al soggetto, assuma una salienza e quindi una affezione maggiore e offre quindi spunto ai partner di progetto per eventuali azioni da implementare se si intende aumentare l'impatto sulla dimensione del senso di appartenenza al contesto cittadino.

Vista l'alta percentuale di bambini che ha svolto attività legate al rapporto con gli animali, come le attività di educazione con il cane e l'ospitalità e accudimento dei coniglietti, è stato deciso di inserire una domanda che tende a rilevare l'impatto di questa attività sul benessere individuale legato al rapporto con gli animali. I bambini di questa fascia di età hanno assegnato a questa domanda dei punteggi alti, arrivando ad un valore medio di 4,44 sulla scala da 1 a 5, dichiarando che le attività hanno influito circa la percezione degli animali, facendo superare paure e facendo venire voglia di accudire un animale.

Concludendo, rispetto al target dei bambini tra i 6 e i 13 anni, come si evince dal grafico n.3, i maggiori impatti positivi sono da registrare sulle dimensioni di benessere individuale sia durante l'attività che post, sul senso di appartenenza alla comunità scolastica e sul benessere legato al rapporto con gli animali. D'altro canto, si registrano minori impatti delle attività progettuali sulle dimensioni di benessere relazionale, senso civico e senso di appartenenza alla comunità cittadina.

Gli impatti sui ragazzi tra i 14 e i 18 anni

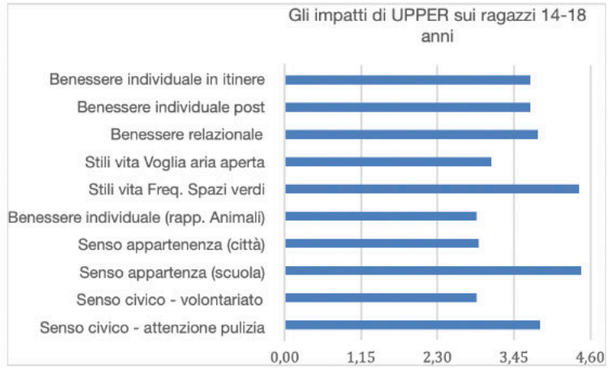
Come anticipato (vedi par. XX) la rilevazione degli impatti sui ragazzi della fascia di età 14-18 anni è stata svolta utilizzando un riadattamento della traccia di intervista di Gruppo realizzata per I bambini della fascia di età 6-13 anni, trasformando la traccia in un questionario strutturato CAWI. Il questionario è stato reso disponibile dall'insegnante referente di progetto all'interno del Liceo Grassi di Latina, a tre classi per un totale di circa 60 studenti. Il questionario, autosomministrato, è stato proposto ai ragazzi durante le lezioni e la partecipazione è stata volontaria e assistita dall'insegnante nelle giornate del 16 e 18 maggio 2022. Per questa fascia di età sono stati considerati validi 45 questionari che sono stati compilati interamente.

La prima parte del questionario ha teso a individuare quali fossero le attività maggiormente partecipate e sulle quali quindi si possa ipotizzare il nesso di causalità nella realizzazione dell'impatto: in media I ragazzi hanno risposto di aver partecipato a 6 attività ciascuno; le attività più frequentate e quindi sottoposte a valutazione d'impatto sono risultate quindi: Educazione al rapporto con i cani (n. 45 allievi); Teatro (n. 41 allievi); Riqualificazione degli spazi esterni e piantumazione (n. 42 allievi).

Seguendo le dimensioni oggetto di rilevazione, come si osserva dalla tabella e dal grafico seguenti, in generale si possono osservare le principali aree di impatto nelle dimensioni riguardanti il cambiamento negli stili di vita grazie ad una accresciuta frequentazione degli spazi verdi esterni della scuola e un maggiore senso di appartenenza legato alla dimensione scolastica, comunque alti I punteggi assegnati alla dimensione del senso civico e alle dimensioni individuali e relazionali del benessere.

Dimensioni di impatto	Media punteggi
Senso civico - attenzione pulizia	3,84
Senso civico - volontariato	2,89
Senso appartenenza (scuola)	4,46
Senso appartenenza (città)	2,92
Benessere individuale (rapp. Animali)	2,89
Stili vita Freq. Spazi verdi	4,43
Stili vita Voglia aria aperta	3,11
Benessere relazionale	3,81
Benessere individuale post	3,70
Benessere individuale in itinere	3,70

Tabella 3. Gli effetti di UPPER sui ragazzi di 14-18 anni



Al tempo stesso, come si evince dal grafico, le dimensioni che maggiormente indicano margini di miglioramento di impatto per le attività future: senso di appartenenza legato alla dimensione cittadina; senso di benessere legato al rapporto con gli animali.

CONCLUSIONI

Le attività di rilevazione, realizzate con strumenti e tecniche di indagine differenti in base al target, hanno coinvolto oltre 450 persone di Latina: 50 cittadini coinvolti in una survey in occasione di UPPER SEED SUMMER a piazza Alpi, 8 insegnanti dei due istituti comprensivi IC Giuliano e IC Tasso in un focus group, circa 40 bambini delle scuole dell'infanzia (3-5 anni), 20 insegnanti della scuola primaria Piccaro, Celli, Giuliano e Goldoni che hanno gestito le discussioni di gruppo con quasi 300 studenti della fascia di età 6-13 anni, 45 studenti e un'insegnante del Liceo Grassi di Latina che hanno partecipato ad una survey CAWI.

All'esito della valutazione intermedia delle attività del progetto UPPER, è stato rilevato un impatto positivo su tutte le dimensioni seppure con intensità differenti tra loro e in base ai target individuati.
La dimensione su cui si è registrato un impatto positivo di maggiore intensità per i cittadini riguarda il "benessere spaziale", ovvero il senso di sentirsi a proprio agio nella zona-intervento e la percezione circa il cambiamento rispetto a prima dell'intervento su cui i cittadini hanno espresso valutazioni molto positive rispetto ad aver "rivalutato la piazza", elemento che estendono anche rispetto alla percezione circa il benessere spaziale dei figli. i cittadini intervistati che hanno dichiarato di essere genitori hanno dichiarato di avere osservato lo stesso effetto sui bambini nel frequentare la zona intervento. D'altro canto, non sembra avere avuto lo stesso impatto sulla dimensione dell'inclusione sociale intesa come senso di comunità, aspetto su cui le iniziative progettuali potrebbero quindi ancora lavorare per aumentare l'intensità dell'impatto sui cittadini.

In particolare, dalla rilevazione dell'impatto sul target degli insegnanti emerge che le principali dimensioni di impatto positivo riguardano una maggiore inclusione sociale intesa soprattutto come maggiore spirito di cooperazione tra pari e con gli allievi e una maggiore coscienza ambientale e civica. Gli insegnanti hanno inoltre messo in luce l'effetto sul benessere relazionale non programmato, fortemente legato al contesto storico caratterizzato dalle restrizioni a causa della pandemia, di aver permesso momenti di socializzazione e di attività all'aperto ai bambini "UPPER è stata un'occasione unica di fare una scuola alternativa ai ragazzi, che non potevano fare più gite, uscite ecc", "dopo due anni di pandemia, il progetto è stato un regalo anche per noi perché ha permesso di fare attività con persone diverse (gli operatori)".

I bambini e le bambine tra i 3 e i 5 anni hanno partecipato ad almeno due attività, in particolare sono rimasti colpiti dall'orto e dall'educazione con i cani, su cui sono state valutati gli impatti che hanno assunto andamento positivo in particolare sul livello di benessere psico-fisico legato allo svolgere attività all'aperto e al contatto con gli animali , inoltre rispetto alle dimensioni più pro-sociali, si rileva un impatto positivo sul benessere relazionale e una accresciuta attenzione agli spazi verdi esterni alla scuola (coscienza civica ed ambientale).

I bambini e le bambine tra i 6 e i 13 anni, in media hanno partecipato a 3 attività ciascuno, le attività più frequentate, e quindi sottoposte a valutazione d'impatto, sono le attività teatrali (n. 260 allievi) l'educazione al rapporto con i cani (oltre 181 allievi) e la riqualificazione degli spazi esterni e piantumazione (circa 160 allievi).

I maggiori impatti positivi riguardano un accresciuto benessere psico-fisico individuale legato alle attività all'aperto, maggiore senso di appartenenza e comunità legato alla dimensione scolastica; accresciuto senso di benessere rispetto al rapporto con gli animali.

Le dimensioni che maggiormente indicano margini di miglioramento di impatto per le attività future: spirito di cooperazione e coscienza civica ed ambientale, soprattutto rispetto all'attenzione agli spazi verdi urbani e pulizia delle aree pubbliche.

I ragazzi e le ragazze tra i 14 e i 18 anni hanno partecipato in media a 6 attività ciascuno tra cui le più frequentate sono state le attività teatrali, l'educazione al rapporto con i cani e la riqualificazione degli spazi esterni della scuola e la piantumazione. Si ritiene di poter ricollegare a queste attività, l'impatto positivo sulle dimensioni riguardanti il cambiamento di stili di vita, attraverso una maggiore frequentazione degli spazi esterni della scuola e un accresciuto senso di appartenenza alla comunità scolastica. Mentre margini di miglioramento di impatto per le attività future sono da individuare soprattutto rispetto al senso di appartenenza alla città e la coscienza civica ed ambientale intesa come propensione al volontariato in tema ambientale e alla cura di animali.

Bibliografia

Adams, C. Frantzeskaki, N. Moglia, M. (2023). Mainstreaming nature-based solutions in cities: A systematic literature review and a proposal for facilitating urban transitions. *Land Use Policy, 130*, 1-14.

Agency, E. S. SENTINEL-2 MISSION GUIDE. https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/missions/sentinel-2

Ahern, J. (2011). From fail-safe to safe-to-fail: Sustainability and resilience in the new urban world. Landscape and urban Planning, 100(4), 341-343.

Al Sayah, M. J., Versini, P.-A., & Schertzer, D. (2022). H2020 projects and EU research needs for nature-based adaptation solutions. *Urban Climate*, *44*, 101-229. https://doi.org/10.1016/j.uclim.2022.101229

Altieri, M. A. (1989). Agroecology: A new research and development paradigm for world agriculture. Agriculture, *Ecosystems & Environment, 27*(1-4), 37-46.

Augusto, B., Roebeling, P., Rafael, S., Ferreira, J., Ascenso, A., & Bodilis, C. (2020). Short and medium-to long-term impacts of nature-based solutions on urban heat. *Sustainable Cities and Society, 57*, 102122.

Bauduceau, N., Berry, P., Cecchi, C., Elmqvist, T., Fernandez, M., Hartig, T., . . . Noring, L. (2015). Towards an EU research and innovation policy agenda for nature-based solutions & re-naturing cities: Final report of the horizon 2020 expert group on'nature-based solutions and re-naturing cities'.

Benedict, M. A., & McMahon, E. T. (2012). Green infrastructure: linking landscapes and communities. Island press.

Bourguignon, D. (2017). Nature-based solutions Concept, opportunities and challenges. European Parliamentary Research Service, EPRS.

Budoni A., Martone M., Zerunian S. (2018) A cura di, "La Bioregione Pontina: esperienze, problemi, linee di ricerca per scenari di futuro", Collana Ricerche e Studi Territorialisti, SdT Edizioni, Firenze.

Budoni A., (2021) A cura di, "Studi per il piano strategico della città e del territorio di Latina", Aracne, Roma.

Budoni A., (2018) "Il bioregionalismo nel contesto della regionalizzazione urbana. Il caso della bioregione pontina", Contesti N.1, Firenze University Press

Calliari, E., Staccione, A., & Mysiak, J. (2019). An assessment framework for climate-proof nature-based solutions. Science of the Total Environment, 656, 691-700.

Cavallo, M. (2022). Smart sustainable cities: Synergies between circular economy, innovative policies and European projects. International Journal of Business and Management (IJBM), 1(2), Articolo 2. https://doi.org/10.56879/ijbm.v1i2.9

CIRET, (1994), Charter of Transdisciplinarity, https://ciret-transdisciplinarity.org/chart.php

Chrysoulakis, N., Somarakis, G., Stagakis, S., Mitraka, Z., Wong, M.-S., & Ho, H.-C. (2021). Monitoring and Evaluating Nature-Based Solutions Implementation in Urban Areas by Means of Earth Observation. Remote Sensing, 13(8), 1503.

Cohen-Shacham, E., Walters, G., Janzen, C., & Maginnis, S. (2016). Nature-based solutions to address global societal challenges. IUCN: Gland, Switzerland, 97, 2016-2036.

Curran, P. J. (1989). Remote sensing of foliar chemistry. Remote Sensing of Environment, 30(3), 271-278. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0034-4257(89)90069-2

Dorst, H., van der Jagt, A., Raven, R., and Runhaar, H. (2019). Urban greening through nature-based solutions—key characteristics of an emerging concept. Sustainable Cities Society 49:101620. https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101620

Dumitru, A. Wendling, L. Eds. (2021). Evaluating the Impact of Nature-based Solutions: A Handbook for Practitioners, EUROPEAN COMMISSION - Directorate-General for Research and Innovation Healthy Planet - Climate and Planetary Boundaries

Eggermont, H., Balian, E., Azevedo, J. M. N., Beumer, V., Brodin, T., Claudet, J., . . . Lamarque, P. (2015). Nature-based solutions: new influence for environmental management and research in Europe. GAIA-Ecological perspectives for science and society, 24(4), 243-248.

European Commission. (2015) Towards an EU Research and Innovation Policy Agenda for Nature-based Solutions & Re-naturing Cities - Final Report of the Horizon 2020 Expert Group. European Commission, Directorate - General for Research and Innovation, Brussels. https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/fb117980-d5aa-46df-8edc-af367cddc202

Faivre, N., Fritz, M., Freitas, T., de Boissezon, B., & Vandewoestijne, S. (2017). Nature-Based Solutions in the EU: Innovating with nature to address social, economic and environmental challenges. *Environmental Research*, *159*, 509–518. https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.08.032

Frantzeskaki, N. (2019). Seven lessons for planning nature-based solutions in cities. *Environmental Science & Policy, 93*, 101-111.

Galvao, L. S., Formaggio, A. R., & Tisot, D. A. (2005). Discrimination of sugarcane varieties in Southeastern Brazil with EO-1 Hyperion data. Remote sensing of Environment, 94(4), 523-534.

Giunti M.,Castelli C.,Piazzi A., Forte A., (2009) A cura di "La Rete Ecologica della Provincia di Latina".

Granai, G., Borrelli, C., Moruzzo, R., Rovai, M., Riccioli, F., Mariti, C., Bibbiani, C., Di Iacovo, F., (2022) "Between Participatory Approaches and Politics, Promoting Social Innovation in Smart Cities: Building a Hum–Animal Smart City in Lucca", Sustainability 2022, 14, 7956. https://doi.org/10.3390/su14137956

Grorud-Colvert, K., Claudet, J., Tissot, B. N., Caselle, J. E., Carr, M. H., Day, J. C., . . . Malone, D. (2014). Marine protected area networks: assessing whether the whole is greater than the sum of its parts. PloS one, 9(8), e102298.

ISPRA (2021), "Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici. Edizione 2021" https://www.snpambiente.it/2021/07/14/consumo-di-suolo-dinamiche-territoriali-e-servizi-ecosistemici-edizione-2021/

ISPRA (2022), "Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici. Edizione 2022", www.consumosuolo.isprambiente.it

IUCN. (2016). Resolution 69 on Defining Nature-based Solutions (WCC-2016-Res-069). IUCN Resolutions, Recommendations and Other Decisions 6–10 September 2016. World Conservation Congress Honolulu, Hawai'i, USA. https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/resrecfiles/WCC_2016_RES_069_EN.pdf

IUCN. (2020). Guidance for using the IUCN Global Standard for Nature-based Solutions. A user-friendly framework for the verification, design and scaling up of Nature-based Solutions. First edition. Gland, Switzerland: IUCN. https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2020-021-En.pdf

Jackson, D. L. (2002). The farm as natural habitat: reconnecting food systems with ecosystems. Island Press.

Jones, H. G., & Vaughan, R. A. (2010). Remote sensing of vegetation: principles, techniques, and applications. Oxford University Press, USA.

Kabisch, N., Frantzeskaki, N., Pauleit, S., Naumann, S., Davis, M., Artmann, M., . . . Stadler, J. (2016). Nature-based solutions to climate change mitigation and adaptation in urban areas: perspectives on indicators, knowledge gaps, barriers, and opportunities for action. Ecology and society, 21(2).

Kauark-Fontes, B., Ortiz-Guerrero, C. E., Marchetti, L., Hernández-Garcia, J., & Salbitano, F. (2023). Towards Adaptive Governance of Urban Nature-Based Solutions in Europe and Latin America—A Qualitative Exploratory Study. *Sustainability*, *15*(5), Articolo 5. https://doi.org/10.3390/su15054479

Lefèvre, F., Boivin, T., Bontemps, A., Courbet, F., Davi, H., Durand-Gillmann, M., . . . Karam, M.-J. (2014). Considering evolutionary processes in adaptive forestry. Annals of Forest Science, 71(7), 723-739.

Liquete, C., Udias, A., Conte, G., Grizzetti, B., & Masi, F. (2016). Integrated valuation of a nature-based solution for water pollution control. Highlighting hidden benefits. Ecosystem Services, 22, 392-401.

Magnaghi A. (2020), Il principio territoriale, Bollati Boringhieri, Torino.

McFeeters, S. K. (1996). The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. International journal of remote sensing, 17(7), 1425-1432.

Mell, I.C., Clement, S. (2019) "Rethinking Urban Nature: The Rise and Value of Nature-Based Solutions (NBS) in Europe," *Proceedings of the Fábos Conference on Landscape and Greenway Planning*: Vol. 6: Iss. 1, Article 31. DOI: https://doi.org/10.7275/0n91-xq04. Available at: https://scholarworks.umass.edu/fabos/vol6/iss1/31

Mendes, R., Fidélis, T., Roebeling, P., & Teles, F. (2020). The Institutionalization of Nature-Based Solutions—A Discourse Analysis of Emergent Literature. *Resources*, *9*(1), Articolo 1. https://doi.org/10.3390/resources9010006

Nesshöver, C. Assmuthe, T. Irvine, K.N. Rusch, G.M. Waylenf, K.A. Delbaere, B. Haase, D. Jones-Walters, L. Keune, H. Kovacs, E. Krauze, K. Külvik, M. Rey, F. van Dijk, J. Vistad, O.I. Wilkinson, M.E. Wittmer, H. (2017). The science, policy and practice of nature-based solutions: An interdisciplinary perspective, *Science of the Total Environment, 579*, 1215–1227

O'Sullivan, F., Mell, I., & Clement, S. (2020). Novel Solutions or Rebranded Approaches: Evaluating the Use of Nature-Based Solutions (NBS) in Europe. *Frontiers in Sustainable Cities*, *2*. https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/frsc.2020.572527

Palomo, I., Felipe-Lucia, M. R., Bennett, E. M., Martín-López, B., & Pascual, U. (2016). Disentangling the pathways and effects of ecosystem service co-production. In Advances in ecological research, *Elsevier, 54*, 245-283.

Peñuelas, J., & Filella, I. (1998). Visible and near-infrared reflectance techniques for diagnosing plant physiological status. Trends in plant science, 3(4), 151-156.

Plieninger, T., Bieling, C., Fagerholm, N., Byg, A., Hartel, T., Hurley, P., . . . Raymond, C. M. (2015). The role of cultural ecosystem services in landscape management and planning. Current Opinion in *Environmental Sustainability, 14*, 28-33.

Potschin, M., Kretsch, C., Haines-Young, R., Furman, E., Berry, P., and Baró, F. (2014). "Nature-based solutions,". in OpenNESS Ecosystem Service Reference Book, eds M. Potschin and K. Jax EC FP7 Grant Agreement no. 308428. Available online at: http://www.openness-project.eu/library/reference-book

Raymond, C. M., Frantzeskaki, N., Kabisch, N., Berry, P., Breil, M., Nita, M. R., . . . Calfapietra, C. (2017). A framework for assessing and implementing the co-benefits of nature-based solutions in urban areas. *Environmental Science & Policy, 77,* 15-24.

Ruangpan, L., Vojinovic, Z., Di Sabatino, S., Leo, L. S., Capobianco, V., Oen, A. M., . . . Lopez-Gunn, E. (2020). Nature-based solutions for hydro-meteorological risk reduction: a state-of-the-art review of the research area. *Natural Hazards and Earth System Sciences, 20*(1), 243-270.

Schlerf, M., Atzberger, C., & Hill, J. (2005). Remote sensing of forest biophysical variables using HyMap imaging spectrometer data. *Remote sensing of environment, 95*(2), 177-194.

Scott, M., Lennon, M., Haase, D., Kazmierczak, A., Clabby, G., & Beatley, T. (2016). Nature-based solutions for the contemporary city/Re-naturing the city/Reflections on urban landscapes, ecosystems services and nature-based solutions in cities/Multifunctional green infrastructure and climate change adaptation: Brownfield greening as an adaptation strategy for vulnerable communities?/Delivering green infrastructure through planning: Insights from practice in Fingal, Ireland/Planning for biophilic cities: From theory to practice. *Planning Theory & Practice, 17*(2), 267-300.

Sheikholeslami, D., & Murti, R. (2021). Nature-based Recovery Initiative Nature-based Solutions for recovery-Opportunities, policies and measures. www.iucn.org/resources/publications

Sowińska-Świerkosz, B., & García, J. (2022). What are Nature-based solutions (NBS)? Setting core ideas for concept clarification. Nature-Based Solutions, 2, 100009. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.NBSj.2022.100009

Santiago Fink, H. (2016). Human-Nature for Climate Action: Nature-Based Solutions for Urban Sustainability. Sustainability, 8(3), 254. https://doi.org/10.3390/su8030254

The solution is in nature. (2021). In Science for Environment Policy (Vol. Future Brief 24): Bristol: Science Communication Unit, UWE Bristol.

Triest, L., Stiers, I., & Van Onsem, S. (2016). Biomanipulation as a nature-based solution to reduce cyanobacterial blooms. Aquatic Ecology, 50(3), 461-483. https://doi.org/10.1007/s10452-015-9548-x

Underwood, E., Ustin, S., & DiPietro, D. (2003). Mapping nonnative plants using hyperspectral imagery. Remote Sensing of Environment, 86(2), 150-161. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0034-4257(03)00096-8

Ustin, S. L., Roberts, D. A., Gardner, M., & Dennison, P. (2002). Evaluation of the potential of Hyperion data to estimate wildfire hazard in the Santa Ynez Front Range, Santa Barbara, California. IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium

Van den Bosch, M., & Sang, Å. O. (2017). Urban natural environments as nature-based solutions for improved public health–A systematic review of reviews. Environmental research, 158, 373-384.

Wamsler, C., Niven, L., Beery, T. H., Bramryd, T., Ekelund, N., Jönsson, K. I., ... & Stålhammar, S. (2016). Operationalizing ecosystem-based adaptation: harnessing ecosystem services to buffer communities against climate change. *Ecology and Society*, *21*(1). https://www.jstor.org/stable/26270336

Xiang, P., Yang, Y., & Li, Z. (2020). Theoretical framework of inclusive urban regeneration combining nature-based solutions with society-based solutions. Journal of Urban Planning and Development, 146(2), 04020009.

Zha, Y., Gao, J., & Ni, S. (2003). Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery. International journal of remote sensing, 24(3), 583-594.