



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



Sistema Nazionale
per la Protezione
dell'Ambiente

Verso città resilienti: gli interventi del Programma sperimentale per l'adattamento ai cambiamenti climatici in ambito urbano

QUADERNI
AMBIENTE E SOCIETÀ

29/2023





ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



Sistema Nazionale
per la Protezione
dell'Ambiente

Verso città resilienti: gli interventi del Programma sperimentale per l'adattamento ai cambiamenti climatici in ambito urbano

**QUADERNI
AMBIENTE E SOCIETÀ**

29/2023

Informazioni legali

L'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA), insieme alle 21 Agenzie Regionali (ARPA) e Provinciali (APPA) per la Protezione dell'Ambiente, a partire dal 14 gennaio 2017 fa parte del Sistema Nazionale a rete per la Protezione dell'Ambiente (SNPA), istituito con la Legge 28 giugno 2016, n.132.

Le persone che agiscono per conto dell'Istituto non sono responsabili per l'uso che può essere fatto delle informazioni contenute in questa pubblicazione.

ISPRA - Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale
Via Vitaliano Brancati, 48 – 00144 Roma
www.isprambiente.gov.it

ISPRA, Quaderni Ambiente e Società 29/2023
ISBN 978-88-448-1203-4

Riproduzione autorizzata citando la fonte

Elaborazione grafica

Grafica di copertina: Alessia Marinelli, ISPRA – Area Comunicazione Ufficio Grafica
Schede interventi: Marina Amori, ISPRA – Servizio VAL-ASI
Foto di copertina: Francesca Giordano, ISPRA – Servizio VAL-ASI

Coordinamento pubblicazione online:

Daria Mazzella
ISPRA – Area Comunicazione

Dicembre 2023

Autori

Francesca Giordano, Federica Aldighieri, Marina Amori, Stefano Bataloni, Massimiliano Bultrini, Anna Chiesura, Arnaldo Angelo De Benedetti, Elisabetta De Maio, Francesca De Maio, Luigi Di Micco, Marco Faticanti, Giuliana Giardi, Francesca Lena, Arianna Lepore, Alessandro Lotti, Daniela Santonico, Valerio Silli, Saverio Venturelli – Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale.

Ringraziamenti

Si ringraziano per la collaborazione la Dott. ssa Fabiana Baffo (Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica) e la Dott. ssa Giada Maio (Associazione Nazionale dei Comuni Italiani).

Sommario

Premessa	4
1. Pericoli climatici, vulnerabilità e rischi per le città	6
1.1 I pericoli di natura climatica	6
1.2 Vulnerabilità e rischi per le città	10
1.3 Eventi meteo climatici estremi recenti e impatti su territorio e popolazione	12
2. Il Programma sperimentale di interventi per l'adattamento in ambito urbano	16
2.1 Introduzione	16
2.2 I numeri chiave	17
3. L'approccio metodologico	24
4. Gli interventi <i>green</i>	29
5. Gli interventi <i>blue</i>	96
6. Gli interventi <i>grey</i>	112
7. Le misure <i>soft</i>	134
Conclusioni	179
Bibliografia	181
Allegato 1 – Mappa dei comuni ammessi a finanziamento	185

Premessa

L'ultimo Rapporto del Panel Intergovernativo sui Cambiamenti Climatici delle Nazioni Unite (IPCC, 2021) conferma l'incremento in atto delle temperature a livello globale, con effetti potenzialmente devastanti sull'ambiente, sull'economia e su molti aspetti della vita umana. Oltretutto agire con estrema rapidità attraverso l'implementazione di politiche di riduzione dei gas serra (mitigazione), per evitare che la temperatura globale aumenti ancora e che, di conseguenza, si verifichino impatti a cui la società umana attuale non sia in grado di adattarsi, è altrettanto necessario e urgente mettere in atto politiche di adattamento ai cambiamenti climatici, finalizzate a gestire gli impatti ormai inevitabili attraverso la riduzione delle vulnerabilità e dell'esposizione al rischio di persone, beni, infrastrutture, servizi.

Anche in caso di successo completo delle politiche di mitigazione, infatti, sarà comunque necessario adattarsi agli impatti già in corso e preparare le nostre società ai cambiamenti attesi nel prossimo futuro.

Con il *Green Deal*, il continente europeo si è posto due grandi obiettivi sul fronte del cambiamento climatico: diventare "*climaticamente neutro entro il 2050*" e "*plasmare un'Europa resiliente ai cambiamenti climatici*" (EC, 2019). Otto anni dopo il primo quadro strategico (EC, 2013), con la nuova Strategia di adattamento ai cambiamenti climatici (EC, 2021), la Commissione europea ha voluto rendere più ambiziosa l'azione finalizzata a fronteggiare "*gli impatti inevitabili*" di fenomeni meteorologici estremi sempre più frequenti e intensi come ondate di calore mortali, siccità devastanti, precipitazioni record, che ogni anno provocano nell'UE perdite economiche di 12 miliardi di euro, oltre ad un elevatissimo bilancio di morti e feriti. La Strategia europea sottolinea, altresì, l'importanza di una cooperazione a livello internazionale tra Stati Membri ed anche a livello locale per fronteggiare la sfida climatica. È, quindi, con la Missione sull'adattamento ai cambiamenti climatici che viene promossa una significativa azione di supporto alle regioni, alle città e alle autorità locali, attraverso l'accompagnamento di almeno 150 regioni e comunità europee nel loro percorso di costruzione della resilienza entro il 2030.

Con 111.110 milioni di euro di perdite economiche dovute agli eventi climatici estremi nel periodo 1980-2022, l'Italia si posiziona al terzo posto della classifica europea, dietro a Francia e Germania¹. Il nostro paese paga un prezzo molto alto anche in termini di vite umane, se si considerano i 1.622 morti, i 42 dispersi, i 1.870 feriti e i 304.499 evacuati e senz'altro registrati nel periodo 1973-2022 solo per frane o inondazioni².

È nelle città, in particolare, che l'aumentata pericolosità degli eventi meteo climatici, combinata con una rilevante esposizione di persone, beni, infrastrutture e servizi e

¹ Fonte: EEA, <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/economic-losses-from-climate-related>.

² Fonte: CNR-IRPI, <https://polaris.irpi.cnr.it/report/last-report/>.

una vulnerabilità elevata, dovuta alle caratteristiche fisiche e strutturali degli ambienti edificati, ad un'inarrestabile impermeabilizzazione del territorio e artificializzazione dei corsi d'acqua, alla scarsità di aree verdi, determina condizioni di rischio particolarmente significative a cui vanno prioritariamente indirizzate le politiche di adattamento al cambiamento climatico.

Sul modello di quanto si sta realizzando in Europa, e nei singoli Stati Membri, l'Italia ha avviato un percorso di adattamento a livello nazionale, approvando prima la **Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti climatici** - SNAC (MATTM, 2015) e delineando, successivamente, la strada per la predisposizione del Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici - PNACC (MASE, 2022). **Se con il primo documento si trattava di riconoscere e mettere a fuoco i segnali di un cambiamento climatico in atto, e delle relative conseguenze, con il secondo si ambisce a definire le azioni da implementare, i ruoli e le responsabilità per l'attuazione, gli strumenti pianificatori e finanziari necessari.** Il PNACC è stato sottoposto alla procedura di Valutazione Ambientale Strategica, che ha previsto una recente fase di consultazione pubblica, e attende ora di essere approvato.

È proprio sul tema degli insediamenti urbani che, nel periodo intercorso tra la SNAC e il PNACC, il Ministero della Transizione Ecologica (oggi Ministero per l'Ambiente e per la Sicurezza Energetica) ha inteso promuovere una tra le azioni già previste dalla Strategia, quale la **"realizzazione di interventi sperimentali di adattamento climatico di spazi pubblici in quartieri particolarmente vulnerabili, incrementandone le dotazioni di verde, la permeabilità dei suoli, gli spazi di socialità, le prestazioni idrauliche"**, lanciando, in collaborazione con ANCI e ISPRA, il Programma sperimentale di interventi per l'adattamento ai cambiamenti climatici in ambito urbano (MiTE, 2021). **Tale iniziativa, prima assoluta in Italia su questo tema, ha lo scopo principale di "aumentare la resilienza dei sistemi insediativi soggetti ai rischi generati dai cambiamenti climatici, con particolare riferimento alle ondate di calore e ai fenomeni di precipitazioni estreme e di siccità"**. Gli interventi proposti dai comuni ammessi a finanziamento sono attualmente in corso di realizzazione e verranno ultimati entro la fine del 2024, salvo proroga di un anno.

Il presente documento intende, pertanto, fornire una panoramica preliminare degli interventi proposti nell'ambito del Programma sperimentale con il fine ultimo di facilitare la diffusione delle informazioni e delle conoscenze sulle azioni in corso e la replicazione delle esperienze di successo su altri territori.

Ing. Valeria Frittelloni
Direttore Dipartimento per la
valutazione, i controlli e la
sostenibilità ambientale
ISPRA

Dott. Giuseppe Lo Presti
Direttore Generale
DG Uso sostenibile del suolo
e delle risorse idriche
MASE

Dott. ssa Antonella Galdi
Vice Segretario Generale
ANCI

1. Pericoli climatici, vulnerabilità e rischi per le città

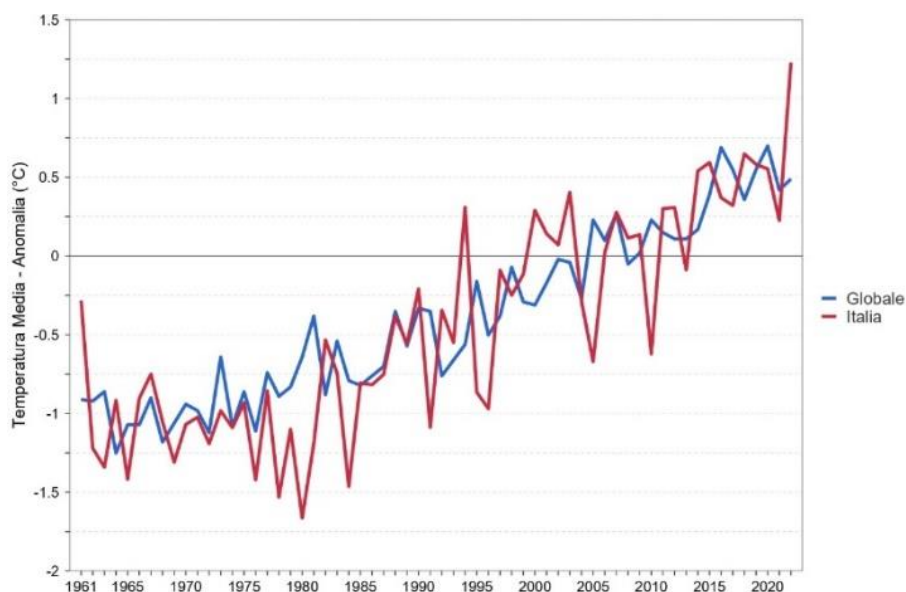
1.1 I pericoli di natura climatica

Il primo volume del sesto rapporto dell'*Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC, 2021) conferma il riscaldamento dell'atmosfera, dell'oceano e delle terre emerse e l'inequivocabile influenza umana sul sistema climatico, a causa dell'aumento delle concentrazioni di gas ad effetto serra; la temperatura media sulla superficie terrestre nel periodo 2001-2020 risulta maggiore di circa 1°C rispetto al periodo 1850-1900. In ogni regione del mondo, questo cambiamento non si manifesta solo con l'innalzamento della temperatura globale ma, a causa della notevole energia in gioco, coinvolge il sistema climatico sotto diversi aspetti, quali la fusione dei ghiacciai, il cambiamento della salinità e del livello del mare, lo spostamento verso latitudini sempre più elevate dei cicloni, la modifica del regime delle precipitazioni, che si manifestano con eventi molto intensi e concentrati in brevi intervalli di tempo, alternati a periodi di prolungata siccità meteorologica e, infine, l'incremento del numero, della frequenza e dell'intensità delle ondate di calore estivo: queste ultime sono periodi prolungati di caldo estremo che si verificano durante la stagione estiva, quando per molti giorni consecutivi le temperature, sia massime che minime, raggiungono valori ben al di sopra della media stagionale. Le precipitazioni estreme sono inoltre spesso accompagnate da forti raffiche di vento e da violente grandinate, anche con chicchi di dimensioni eccezionali. L'innalzamento del livello del mare è responsabile di inondazioni ed erosione costiera, mentre l'aumento della temperatura superficiale del mare causa, sempre più frequentemente, la formazione di trombe d'aria che, sviluppandosi sulla superficie del mare, investono le aree costiere accompagnando le intense precipitazioni con fortissimi venti dagli effetti devastanti. La regione del Mediterraneo, in particolare, rappresenta un'area molto sensibile ai cambiamenti climatici: questa si è infatti riscaldata e continuerà a riscaldarsi maggiormente rispetto alla media globale; le proiezioni future indicano inoltre che la regione diventerà più arida, mentre in alcune aree le precipitazioni estreme aumenteranno (IPCC, 2021). Al fine di valutare gli impatti e definire conseguentemente opportune strategie di adattamento ai cambiamenti climatici, è necessaria la stima delle variazioni climatiche in corso sulla base dei dati osservati che, insieme alla valutazione delle variazioni climatiche future, costituisce la base conoscitiva indispensabile per elaborare le azioni successive.

Nel rapporto SNPA sul clima in Italia nel 2022 (SNPA, 2023) sono riportate le stime più recenti degli indicatori rappresentativi dell'andamento dei valori medi e degli estremi delle variabili climatiche a scala nazionale. Analogamente a quanto riscontrato a livello globale, in Italia si osserva un marcato aumento della temperatura negli ultimi decenni. Per analizzare l'andamento della temperatura media sul territorio nazionale, è stata elaborata la serie nazionale delle anomalie (differenze) della temperatura

media rispetto al valore medio del trentennio di riferimento 1991-2020 (normale climatico), mostrato in figura 1.1.

Fig. 1.1 – Serie delle anomalie di temperatura media globale sulla terraferma e in Italia, rispetto ai valori climatologici normali 1991-2020



Fonte: NCDC/NOAA e ISPRA. Elaborazione: ISPRA.

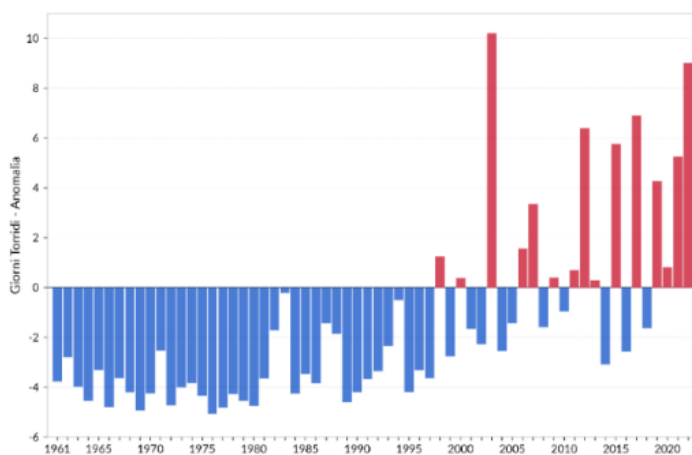
Questi risultati sono basati in gran parte su dati, indici e indicatori climatici derivati dal Sistema nazionale per la raccolta, l'elaborazione e la diffusione dei dati Climatologici di Interesse Ambientale³, realizzato dall'ISPRA in collaborazione e con i dati del Sistema Nazionale della Protezione dell'Ambiente e di altri organismi titolari delle principali reti osservative presenti sul territorio nazionale. La serie è costruita utilizzando i dati provenienti da un gruppo selezionato di stazioni, che rispondono ai necessari requisiti di completezza e continuità (Desiato *et al.*, 2012) nel periodo 1961-2022, distribuite in maniera abbastanza omogenea sull'intero territorio. Dal grafico emerge un chiaro segnale di riscaldamento, con una prevalenza di anomalie positive a partire dal 2000 e la tendenza stimata a partire dal 1981 è pari a $(+0.37 \pm 0.04) ^\circ\text{C} / 10$ anni.

Le variazioni degli estremi di temperatura sono state analizzate attraverso gli indici definiti a livello internazionale da uno specifico Gruppo di Lavoro della Commissione

³ SCIA, www.scia.isprambiente.it, Desiato *et al.*, 2006 e 2007.

per la climatologia dell'Organizzazione Meteorologica Mondiale (ETCCDI - *Expert Team on Climate Change Detection and Indices*, Peterson *et al.*, 2001), al fine di rendere confrontabili i risultati ottenuti in diverse regioni del mondo, utilizzando una metodologia comune. Le serie nazionali degli estremi di temperature dal 1961 mostrano tendenze significative, con una riduzione degli estremi legati al freddo e un aumento degli estremi di caldo; diminuisce il numero di giorni con gelo (con temperatura minima $< 0^{\circ}\text{C}$), mentre aumenta il numero dei giorni estivi (con temperatura massima $> 25^{\circ}\text{C}$), dei giorni torridi (con temperatura massima $> 30^{\circ}\text{C}$) (figura 1.2) e delle notti tropicali (con temperatura minima $> 20^{\circ}\text{C}$). Per l'individuazione delle ondate di calore, a livello internazionale non è stata ancora condivisa una definizione unica; tra gli indici ETCCDI, il WSDI (*Warm Spell Duration Index*)⁴, che identifica periodi prolungati e intensi di caldo nel corso, mostra una chiara tendenza in crescita dal 1961 (figura 1.3). È evidente il picco nel 2003, l'anno caratterizzato da un caldo estivo particolarmente lungo e intenso, in tutta Europa.

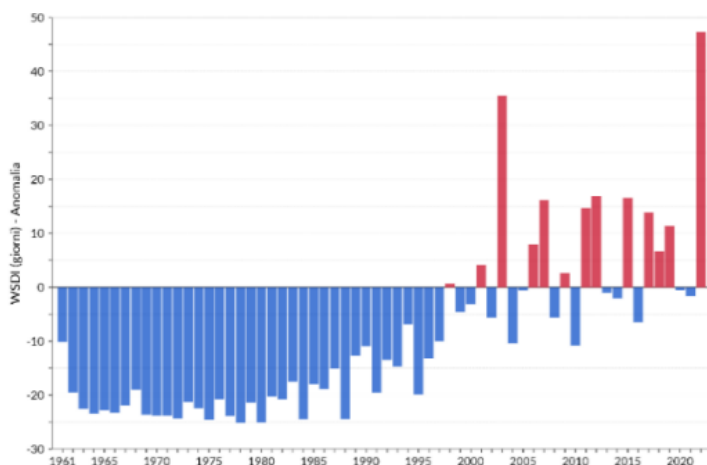
Fig. 1.2 – Serie delle anomalie medie annuali del numero di giorni torridi in Italia rispetto al valore normale 1991-2020



Fonte: Elaborazione ISPRA.

⁴ Numero di giorni nell'anno in cui la temperatura massima giornaliera è superiore al 90° percentile della distribuzione nel periodo climatologico di riferimento, per almeno sei giorni consecutivi; a differenza degli indici basati su un valore soglia prefissato, questo, conteggiando le eccedenze rispetto ad una soglia definita dal percentile, è rappresentativo delle variazioni del clima locale.

Fig. 1.3 – Serie delle anomalie medie annuali dell'indice WSDI (*Warm Spell Duration Index*) in Italia rispetto al valore normale 1991-2020

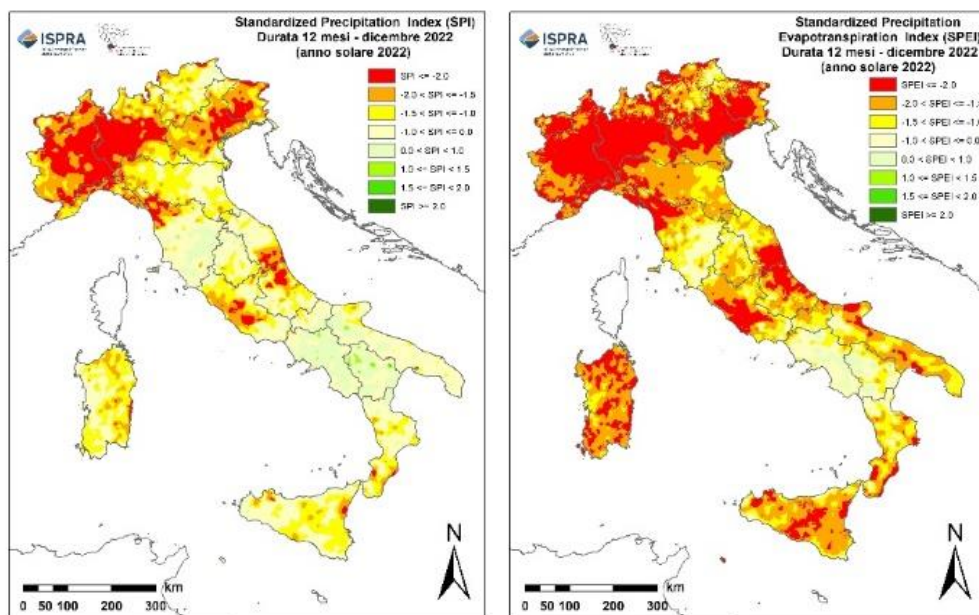


Fonte: Elaborazione ISPRA.

Per quanto riguarda invece la precipitazione, l'analisi dei valori cumulati annuali in Italia dal 1961 così come le serie degli estremi, analizzati utilizzando gli indici ETCCDI, fra i quali la precipitazione massima giornaliera, l'intensità di precipitazione, i giorni secchi consecutivi, non mostrano tendenze significative: nel corso del tempo anni più piovosi si sono alternati ad anni più secchi (SNPA, 2023). Per la quantificazione dei periodi siccitosi si ricorre all'indice climatologico SPI, *Standardized Precipitation Index*⁵, che permette di valutare la scarsità o abbondanza di precipitazioni rispetto alle condizioni normali (relative al trentennio climatologico di riferimento) della località in esame. L'effetto combinato della diminuzione della precipitazione e dell'aumento della temperatura, che concorrono all'inasprimento dell'aridità e della riduzione della disponibilità delle risorse idriche, è invece espresso dall'indicatore SPEI, *Standardized Precipitation Evapotranspiration Index*, costruito proprio con dati di precipitazione e di temperatura. La figura 1.4 evidenzia, attraverso questi indici, le condizioni di siccità verificatesi sul territorio nazionale nel corso del 2022 (valori di SPI e SPEI inferiori a -2 sono associati a condizioni di estrema siccità).

⁵ Sviluppato da McKee *et al.* (1993) è uno degli indicatori maggiormente utilizzato a livello internazionale per il monitoraggio della siccità (meteorologica, idrologica e agricola). L'indice necessita, per il suo calcolo, dei dati di precipitazione cumulata nei mesi precedenti ed è calcolato considerando la deviazione della precipitazione rispetto al suo valore medio su una data scala temporale, divisa per la sua deviazione standard.

Fig. 1.4 – Indici di siccità a 12 mesi a dicembre 2022, con baseline 1952-2022: (a) SPI; (b) SPEI



Fonte: Elaborazione ISPRA sui dati degli uffici idro-meteorologici regionali e delle province autonome e quelli storici del soppresso Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale.

1.2 Vulnerabilità e rischi per le città

Le aree urbane sono particolarmente vulnerabili ai cambiamenti climatici in virtù della presenza di un'elevata percentuale di popolazione, delle attività economiche, dei beni immobili e delle infrastrutture idriche, energetiche e di trasporto; eventi meteo climatici estremi come le piogge intense, la siccità, le ondate di calore e l'innalzamento del livello del mare (nel caso specifico delle città situate lungo la costa), determinano impatti la cui gravità varia a seconda delle vulnerabilità locali, mettendo quindi a serio rischio, in alcune condizioni, la salute e l'incolumità degli abitanti (IPCC, 2022).

Le ondate di calore, configurandosi come periodi prolungati di caldo estremo che si verificano durante la stagione estiva, con diversi giorni consecutivi in cui le temperature raggiungono valori ben al di sopra della media stagionale, rappresentano un fattore di rischio soprattutto per le fasce di popolazione più vulnerabili, come anziani, bambini e soggetti fragili, in particolare proprio all'interno delle aree urbane.

Inoltre nei centri urbani, la presenza di elevata densità edilizia, diffusa cementificazione, superfici asfaltate la cui estensione supera di gran lunga quella di aree verdi, edifici alti e poco distanti tra loro, che ostacolano la circolazione dei venti, insieme all'eccesso di calore prodotto dalle attività antropiche (riscaldamento domestico, uso dei condizionatori, traffico veicolare), nonché la mancanza del benefico effetto raffrescante delle aree vegetate, determinano un notevole assorbimento di calore che viene rilasciato successivamente nell'aria, anche durante la notte: si manifesta pertanto il fenomeno dell'isola di calore urbana (*Urban Heat Island*, UHI), che consiste in un aumento della temperatura dell'aria all'interno delle aree urbane, risultando sensibilmente superiore rispetto a quella delle zone circostanti periferiche e rurali. Pertanto, nelle città gli effetti delle ondate di calore risultano amplificati proprio a causa di tale fenomeno.

Anche gli eventi estremi di precipitazione possono essere critici nelle aree urbane. Le intense piogge, infatti, a causa della scarsa permeabilità delle superfici urbane e del continuo aumento della cementificazione del suolo, danno luogo sempre più spesso a episodi di allagamento dovuti alla difficile gestione del drenaggio delle acque meteoriche, nonché alla risalita dell'acqua dalle condotte fognarie o anche ad alluvioni dovute all'esondazione di fiumi e corsi d'acqua.

Viceversa, una prolungata assenza di precipitazioni può determinare un rischio associato alla scarsa disponibilità delle risorse idriche (CMCC, 2021).

I fattori meteo climatici estremi potranno, quindi, determinare impatti la cui gravità varierà a seconda delle caratteristiche della vulnerabilità locale, mettendo quindi a serio rischio, in alcune condizioni, la salute e l'incolumità degli abitanti, soprattutto nel caso delle categorie di popolazione più fragile.

Negli insediamenti urbani i cambiamenti climatici rappresentano, perlopiù, un fattore di amplificazione di criticità già esistenti dovute spesso a scelte urbanistiche poco lungimiranti, crescita incontrollata delle aree periferiche, geomorfologia del territorio, politiche poco incisive che hanno determinato elevati livelli di fragilità e causato l'esposizione di parte della popolazione a situazioni di rischio. Dall'aumento della pericolosità da frane e alluvioni, all'incremento dei rischi per la sicurezza e la salute dei cittadini, dalla variazione delle condizioni di benessere insediativo ai disagi e alle interruzioni dei servizi metropolitani e ferroviari, dai picchi di domanda energetica, e conseguente blackout, alla carenza negli approvvigionamenti idropotabili, fino ai danni alle infrastrutture e alle reti tecnologiche, sono questi alcuni dei possibili impatti dei cambiamenti climatici con cui le città stanno già facendo i conti. Eventi che un tempo erano eccezionali oggi non possono essere più considerati come una imprevedibile fatalità.

Di fronte a tali crescenti rischi, le città sono chiamate ad affrontare sfide emergenti che richiedono l'adozione di forme innovative di governo del territorio e modelli urbanistici più attenti alla sicurezza e al benessere dei cittadini e dei luoghi. Il nuovo obiettivo delle agende urbane in tema di clima dovrà essere, quindi, duplice: la

trasformazione dovrà muoversi sia sul fronte della mitigazione, attraverso la riduzione delle emissioni di gas serra e l'incremento della capacità di assorbire CO₂, sia su quello dell'adattamento, finalizzato a rendere le aree urbane più resilienti alle minacce di natura climatica. Nel primo caso le politiche, a carattere globale, avranno la finalità di evitare quanto più possibile che gli effetti del cambiamento climatico diventino ingestibili, ciò che si è cercato di stabilire con l'Accordo di Parigi e l'individuazione del limite di riscaldamento globale ai 2°C, e possibilmente entro 1,5 °C. Tale valore, infatti, è considerato essere la soglia entro la quale la capacità umana sia ancora in grado di intervenire per contenere gli impatti che si potranno produrre.

Nel caso dell'adattamento, invece, l'obiettivo sarà quello di gestire l'inevitabile, vale a dire far fronte agli effetti ormai già in corso dei cambiamenti climatici, a quelli che si protrarranno nei prossimi decenni a causa del riscaldamento già avvenuto nonché, infine, alle conseguenze residue che si potranno manifestare a seconda del maggiore o minore successo delle politiche di mitigazione.

1.3 Eventi meteo climatici estremi recenti e impatti su territorio e popolazione

Si riporta di seguito, a scopo esemplificativo, la descrizione di alcuni eventi meteo climatici estremi che si sono verificati in Italia nel corso degli ultimi anni, accompagnata dai relativi impatti sul territorio e sulla popolazione. Tra il 2 e il 3 ottobre 2020 piogge intense hanno colpito l'Italia nord-occidentale; in particolare in Piemonte i valori di precipitazione nell'arco delle 24 ore hanno raggiunto i massimi storici, con cumulate superiori a 500 mm in diverse stazioni e un massimo di 619.6 mm, provocando onde di piena eccezionali sui corsi d'acqua del reticolo principale e secondario della regione. In Liguria, sul litorale di ponente, le forti precipitazioni hanno causato esondazioni, frane, smottamenti, ingenti danni alle infrastrutture, crolli, danneggiamento di strade e ponti (ISPRA, 2021). Il 4 ottobre 2021, tra le province di Genova e Savona sono state raggiunte intensità pari a 178.2 mm in un'ora e 883.8 mm in 24 ore. Invece, nella giornata del 24 ottobre 2021, nella provincia di Siracusa, è stato registrato il valore orario di 153.4 mm, il più alto mai registrato in Sicilia, con un accumulo di 271.2 mm in 3 ore e un bilancio di due vittime, travolte dall'acqua. Tutto il reticolo idrografico è stato messo a dura prova, con piene ed esondazioni di fiumi e canali (ISPRA, 2022). Nel corso dei temporali del primo agosto 2021 in Friuli-Venezia Giulia sono stati osservati chicchi di grandine con diametro fino a circa 9 cm e fino a 138 g di peso, un record per la regione (figura 1.5). Il 18 agosto 2022 forti temporali si sono abbattuti sulle coste tirreniche di Liguria e Toscana; in Liguria sono stati accompagnati da intensa grandine con dimensioni fino a 7 cm e hanno provocato il ferimento di almeno 22 persone (figura 1.6). Fortissimi venti con intensità ampiamente superiori a 100 km/h hanno soffiato lungo le coste centro-orientali della

regione, raggiungendo i valori massimi di 150 km/h e causando due vittime, la caduta di molti alberi e danni alle infrastrutture. Il 23 agosto 2021 l'intrusione di aria fresca da nord in presenza di masse d'aria relativamente calda sull'intero Mediterraneo centro-occidentale ha causato in Umbria un evento temporalesco eccezionale, che ha colpito diversi comuni della provincia di Perugia. L'evento ha avuto una durata complessiva di 2 ore e 30 minuti, quando sono state osservate le massime intensità pluviometriche di 37.6 mm in 30 minuti e massimi totali di evento pari a 106.2 mm, con tempi di ritorno stimati superiori ai 200 anni. Le piogge hanno causato ingenti danni, tra cui allagamenti di sottopassi (figura 1.7), colate detritiche, caduta di alberi e situazioni di elevata pericolosità per l'incolumità delle persone. Tra il 15 e il 16 settembre 2022 una violenta ondata di maltempo si è abbattuta sulle Marche, fra le province di Ancona e di Pesaro e Urbino con precipitazioni cumulate giornaliere che hanno superato localmente i 400 mm, nonché cumulate su 3, 6, 12 ore sono state di gran lunga superiori ai massimi registrati da quando esistono gli annali idrologici (secondo decennio del 1900). La particolare intensità dell'evento, unita alle caratteristiche dei corsi d'acqua interessati, tipicamente a regime torrentizio e con bacini fortemente antropizzati, particolarmente favorevoli alla formazione e propagazione molto rapida delle piene, e i gravi problemi riscontrati nella fase previsionale dei modelli numerici hanno reso più difficili le operazioni di allertamento della popolazione da parte della protezione civile regionale, rendendo l'evento particolarmente distruttivo e con esito disastroso (figura 1.8), provocando esondazioni di diversi corsi d'acqua e allagamenti e la conseguente perdita di 13 vite umane (SNPA, 2023).

Tra le ondate di calore che hanno investito l'Italia nei mesi estivi negli anni più recenti, ricordiamo l'evento intenso che si è verificato la seconda settimana di agosto 2021, quando in Sicilia si sono raggiunti valori superiori a 40°C in buona parte del territorio e in particolare a Siracusa, l'11 agosto, sono stati registrati 48.8°C: record europeo confermato dall'Organizzazione Meteorologica Mondiale (ISPRA, 2022).

Tra gli eventi meteorologici estremi caratterizzati da forte vento sono stati particolarmente intensi i fenomeni associati al ciclone "Vaia" che, tra il 26 e il 30 ottobre 2018, ha investito gran parte del territorio nazionale, in particolare l'area montana delle Dolomiti e delle Prealpi Venete: vento fortissimo, con intensità medie orarie e raffiche fino a 200 km/h, ha soffiato insistentemente per diverse ore sulla nostra Penisola, e piogge persistenti con intensità eccezionale per diverse durate, da un'ora a tre giorni, si sono abbattute sulle regioni del Nord Italia. La tempesta ha provocato la caduta di milioni di alberi, con la conseguente distruzione di decine di migliaia di ettari di foreste alpine di conifere (ISPRA, 2019).

Il 22 novembre 2022 si è verificato un evento meteo-marino eccezionale che ha fatto registrare lungo l'arco costiero Alto Adriatico valori del livello del mare tra i più alti delle serie storiche esistenti. Il fenomeno si è verificato a causa dell'instaurarsi di un ciclone di grandi dimensioni che ha innescato venti locali molto intensi sulle coste

venete e friulane (SNPA, 2023). Con riferimento alla siccità, degno di nota è l'anno 2017 che si colloca tra gli anni più "secchi" dell'intera serie dal 1961; la siccità è stata particolarmente severa nel corso dell'estate e ha interessato gran parte del territorio nazionale causando gravi problemi di gestione delle risorse idriche. Diverse regioni, tra cui Veneto, Emilia-Romagna, Marche, Toscana, Lazio e Umbria hanno dichiarato lo stato di emergenza regionale per l'uso idro-potabile (ISPRA, 2018).

Nel corso del 2022, l'Italia è stata colpita da una intensa e persistente siccità. Il prolungato deficit di precipitazioni, che ha interessato in modo particolare le aree nord-occidentali, nonché le temperature sopra la media, aumentando la quota di evapotraspirazione, hanno aggravato la riduzione della disponibilità naturale di risorsa idrica, compromettendo situazioni pregresse di scarsità idrica, ossia di non soddisfacimento della domanda di risorsa per i diversi usi (civile, agricolo e industriale) e per gli ecosistemi (SNPA, 2023). Una mappa di sintesi degli eventi significativi verificatisi negli ultimi anni è disponibile al link: <http://mappaestremi.isprambiente.it>.

Fig. 1.5 – Chicchi di grandine osservati in Friuli-Venezia Giulia nel corso dei temporali del 1 agosto 2021



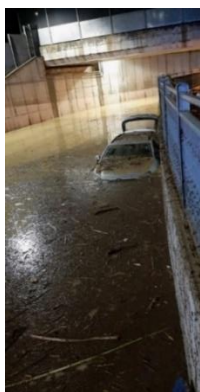
Fonte: Daniele Boccalon e Michele Cristofoli, Arpa Friuli-Venezia Giulia

Fig. 1.6 – Danni causati dalla violenta grandinata del 18 agosto 2022 sul territorio del Comune di Sestri Levante (GE)



Fonte: Luca Onorato – ARPA Liguria, Claudio Monteverde – A.P.S. Osservatorio Raffaelli.

Fig. 1.7 – Allagamenti e colate detritiche causate dai temporali di intensità eccezionale (23 agosto 2021)



Fonte: Protezione Civile della Regione Umbria.

Fig. 1.8 – Danni sul Cesano a Pergola (PU) nelle Marche dopo le precipitazioni del 15 settembre 2022



Fonte: Protezione Civile Regionale della Regione Marche.

2. Il Programma sperimentale di interventi per l'adattamento in ambito urbano

2.1 Introduzione

Con l'obiettivo di aumentare la resilienza dei sistemi insediativi italiani, soggetti ai rischi generati dai cambiamenti climatici, nell'aprile del 2021 il Ministero della Transizione Ecologica - MiTE (oggi Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica - MASE) ha avviato, in collaborazione con l'Associazione Nazionale Comuni Italiani (ANCI) e con il contributo tecnico-scientifico dell'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA), il primo *"Programma sperimentale di interventi per l'adattamento ai cambiamenti climatici in ambito urbano"*, approvato con Decreto Direttoriale n. 117 del 15 aprile 2021 (MiTE, 2021).

Il programma, rivolto ai 103 comuni italiani con popolazione uguale o superiore ai 60.000 abitanti, ha previsto una disponibilità finanziaria di 80 milioni di euro da distribuire secondo parametri basati sulla popolazione residente e sulla superficie comunale e nel rispetto delle seguenti percentuali: i. *40% a favore dei comuni capoluogo delle città metropolitane*; ii. *30% a favore degli altri comuni con popolazione residente non inferiore a 100.000 abitanti*; iii. *30% a favore dei comuni con popolazione residente minore a 100.000 abitanti e non inferiore a 60.000 abitanti*.

Ai fini della partecipazione al bando, ai comuni è stato richiesto di descrivere, anche attraverso opportuni indicatori, le caratteristiche climatiche relative all'ultimo decennio nonché le fragilità specifiche e gli effetti climatici già sperimentati nel proprio territorio, con particolare riferimento alle conseguenze associate alle ondate di calore (numero, durata e intensità), agli eventi intensi di precipitazione (durata e quantità di pioggia) e agli episodi di siccità (indice *Standardized Precipitation Index*, SPI). I quadri conoscitivi forniti dai comuni nelle proprie istanze di partecipazione hanno consentito, così, di motivare adeguatamente la necessità di realizzare un determinato intervento in una specifica area del territorio comunale.

In accordo con la nomenclatura adottata a livello internazionale, il bando ha previsto tre differenti tipologie di interventi, differentemente finanziate:

- i. *interventi green e blue* (soluzioni basate sulla natura che impiegano i servizi multipli forniti dagli ecosistemi naturali per migliorare la resilienza e la capacità adattiva), con importo non inferiore al 50% sul totale;
- ii. *interventi grey* (soluzioni a carattere infrastrutturale/tecnologico, finalizzate a rendere gli edifici, le infrastrutture, le reti, i territori, più resilienti ai cambiamenti climatici), con importo non superiore al 30% sul totale;
- iii. *misure soft di rafforzamento della capacità adattiva* (misure di policy, giuridiche, sociali, gestionali, finanziarie che possono modificare il comportamento e gli stili di vita, contribuendo a migliorare la capacità

adattiva e ad aumentare la consapevolezza sui temi del cambiamento climatico), con importo non superiore al 20% sul totale.

La scadenza per la conclusione degli interventi è prevista per Dicembre 2024, salvo richiesta di proroga di ulteriori 12 mesi.

2.2 I numeri chiave

Dei 103 comuni destinatari del bando, 84 hanno partecipato all’iniziativa e 80 sono stati ammessi al finanziamento (MiTE, 2022).

I numeri che seguono sono stati elaborati a partire dalle Schede Progetto presentate da ciascun comune partecipante al bando, con riferimento agli interventi previsti. Va precisato, tuttavia, che tali Schede non risultano essere sempre dettagliate in termini di numerosità degli elementi che saranno realizzati (es. alberature previste, m³ di capacità di stoccaggio della risorsa idrica, ecc.).

La tabella 2.1 mostra il numero e i comuni ammessi a finanziamento (MiTE, 2022).

Tab. 2.1 – Numero e comuni ammessi a finanziamento per Regione

Regione	N. e nome comuni ammessi a finanziamento
Abruzzo	2 (L'Aquila, Pescara)
Basilicata	2 (Matera, Potenza)
Calabria	3 (Corigliano Rossano, Cosenza, Crotone)
Campania	2 (Caserta, Castellammare di Stabia)
Emilia-Romagna	12 (Bologna, Carpi, Cesena, Ferrara, Forlì, Imola, Modena, Parma, Piacenza, Ravenna, Reggio Emilia, Rimini)
Friuli-Venezia Giulia	2 (Trieste, Udine)
Lazio	7 (Aprilia, Fiumicino, Guidonia Montecelio, Latina, Pomezia, Roma, Viterbo)
Liguria	2 (Genova, La Spezia)
Lombardia	7 (Bergamo, Brescia, Busto Arsizio, Cremona, Milano, Monza, Pavia)
Marche	2 (Ancona, Pesaro)
Piemonte	3 (Asti, Novara, Torino)
Puglia	6 (Altamura, Bari, Brindisi, Foggia, Lecce, Taranto)
Sardegna	4 (Cagliari, Olbia, Quartu Sant'Elena, Sassari)
Sicilia	8 (Catania, Gela, Marsala, Messina, Palermo, Ragusa, Siracusa, Trapani)
Toscana	9 (Carrara, Grosseto, Livorno, Lucca, Massa, Pisa, Pistoia, Prato, Viareggio)
Trentino-Alto Adige	2 (Bolzano, Trento)
Umbria	2 (Perugia, Terni)
Veneto	5 (Padova, Treviso, Venezia, Verona, Vicenza)
TOTALE	80

Fonte: MiTE, 2022.

La tabella 2.2 riporta i numeri, gli importi e le percentuali relative agli interventi previsti suddivisi per tipologia.

Tab. 2.2 – Numero interventi, importi e percentuali per tipologia

Tipologia	Interventi (N)	Interventi (%)	Importo (€)	Importo (%)
Green	104	41,9	39.631.765,80	63,2
Blue	30	12,1	9.641.093,93	15,4
Grey	43	17,3	8.891.642,39	14,2
Soft	71	28,6	4.547.214,39	7,2
TOTALE	248	100,0	62.711.716,51	100

Fonte: Schede progettuali degli interventi ammessi a finanziamento. Elaborazione ISPRA.

La tabella 2.3 riporta il numero e la percentuale degli interventi previsti per Regione e area geografica sul totale.

Tab. 2.3 – Numero e percentuale degli interventi previsti per Regione e area geografica (Nord, Centro, Sud e isole) sul totale

Area geografica	Regione	Interventi per Regione (N)	Interventi per Regione (%)	Interventi per area geografica (N)	Interventi per area geografica (%)
Nord	Liguria	5	2,0	107	43,1
	Lombardia	17	6,9		
	Piemonte	10	4,0		
	Trentino-Alto Adige	6	2,4		
	Veneto	17	6,9		
	Friuli-Venezia Giulia	8	3,2		
	Emilia-Romagna	44	17,7		
Centro	Toscana	21	8,5	63	25,4
	Umbria	9	3,6		
	Marche	9	3,6		
	Lazio	24	9,7		
Sud e isole	Abruzzo	7	2,8	78	31,5
	Campania	7	2,8		

	Puglia	19	7,7		
	Basilicata	5	2,0		
	Calabria	9	3,6		
	Sicilia	23	9,3		
	Sardegna	8	3,2		
TOTALE		248	100	248	100

Fonte: Schede progettuali degli interventi ammessi a finanziamento. Elaborazione ISPRA.

La tabella 2.4 mostra gli importi degli interventi previsti e le percentuali per Regione e area geografica sul totale.

Tab. 2.4 – Importi degli interventi previsti e percentuali per Regione e area geografica (Nord, Centro, Sud e isole) sul totale

Area geografica	Regione	Importo per Regione (€)	Importo per Regione (%)	Importo per area geografica (€)	Importo per area geografica (%)
Nord	Liguria	2.503.168,30	4,0	27.227.659,37	43,4
	Lombardia	5.613.899,30	9,0		
	Piemonte	3.217.363,00	5,1		
	Trentino-Alto Adige	1.144.050,25	1,8		
	Veneto	4.795.055,22	7,6		
	Friuli-Venezia Giulia	1.280.008,38	2,0		
	Emilia-Romagna	8.674.114,92	13,8		
Centro	Toscana	4.489.255,00	7,2	15.238.114,59	24,3
	Umbria	1.611.664,00	2,6		
	Marche	922.132,00	1,5		
	Lazio	8.215.063,59	13,1		
Sud e isole	Abruzzo	1.172.458,99	1,9	20.245.942,55	32,3
	Campania	609.748,55	1,0		
	Puglia	5.265.713,79	8,4		
	Basilicata	955.777,00	1,5		
	Calabria	1.245.983,00	2,0		
	Sicilia	7.689.856,22	12,3		

	Sardegna	3.306.405,00	5,3		
TOTALE		62.711.716,51	100	62.711.716,51	100

Fonte: Schede progettuali degli interventi ammessi a finanziamento. Elaborazione ISPRA.

La tabella 2.5 descrive la ripartizione dei 248 interventi previsti per tipologia e ne mostra numerosità e percentuale per sottotipologia.

Tab. 2.5 – Numero e percentuali degli interventi previsti per sottotipologia sul totale

Codice	Sottotipologia di interventi green	N.	%
I.A	Realizzazione di spazi verdi in ambito urbano o di forestazione periurbana, funzionali a mitigare gli effetti dei cambiamenti climatici	66	26,6
I.B	Utilizzo di materiali riflettenti/basso assorbimento di calore, per utilizzi orizzontali e verticali, ad esempio per pavimentazioni/arredo urbano, strutture ombreggianti	21	8,5
I.C	Realizzazione di interventi di edilizia climatica, tetti e pareti verdi, boschi verticali, barriere alberate ombreggianti, sistemi di coibentazione e ventilazione naturale, tetti freddi e tetti ventilati, ecc.	17	6,9
TOTALE		104	41,9
Codice	Sottotipologia di interventi blue	N.	%
I.D	Creazione di sistemi di raccolta delle acque meteoriche, con depurazione e accumulo finalizzato al riciclo per usi non umani, per un uso più efficiente e razionale delle risorse idriche, anche con un'ottica di innovatività e di città smart	29	11,7
I.E	Interventi finalizzati al riciclo e riutilizzo delle acque reflue depurate, con la finalità di impiegare la risorsa idrica per altri scopi (es. agricoltura, irrigazione parchi e giardini, lavaggio stradale, usi ornamentali anche per il miglioramento della fruizione e del microclima degli spazi public, ecc.) e di rinforzare pratiche di circolarità nella gestione del ciclo idrico integrato	1	0,4
TOTALE		30	12,1
Codice	Sottotipologia di interventi grey	N.	%
II.A	Creazione, ampliamento o rifacimento in ambito urbano di aree pedonali, parcheggi, piazze, bordi stradali, percorsi, ecc., con la rimozione della pavimentazione esistente e il ripristino della	37	14,9

	permeabilità del suolo in chiave di rigenerazione urbana		
II.B	Sperimentazione sugli spazi pubblici di soluzioni per il drenaggio urbano sostenibile, intese in chiave di rigenerazione urbana, come le piazza/spazi multifunzione o strutture, vasche, serbatoi deputati alla raccolta e al deflusso dell'acqua meteorica in caso di precipitazioni particolarmente intense	6	2,4
TOTALE		43	17,3
Codice	Sottotipologia di interventi soft	N.	%
III.A	Misure finalizzate a migliorare le conoscenze a livello locale (es. implementazione di banche dati climatiche/impatti/vulnerabilità, sistemi ICT predittivi, rafforzamento dei sistemi di monitoraggio, ricerca di nuove fonti di approvvigionamento idrico in ambito urbano, ecc.), nonché alla redazione di strumenti di pianificazione comunale di adattamento ai cambiamenti climatici	30	12,1
III.B	Misure finalizzate a migliorare la capacità di previsione a livello locale (es. scenari climatici, analisi di rischio, ecc.).	6	2,4
III.C	Misure di sensibilizzazione, formazione, partecipazione sull'adattamento a livello locale e sulla riduzione della vulnerabilità specifica per gli operatori locali e per la rete dei portatori di interesse.	35	14,1
TOTALE		71	28,6

Fonte: Schede progettuali degli interventi ammessi a finanziamento. Elaborazione ISPRA.

La tabella 2.6 illustra gli importi degli interventi previsti e le percentuali per sottotipologia sul totale.

Tab. 2.6 – Importi degli interventi previsti e percentuali per sottotipologia sul totale

Codice	Sottotipologia di interventi green	Importo	%
I.A	Realizzazione di spazi verdi in ambito urbano o di forestazione periurbana, funzionali a mitigare gli effetti dei cambiamenti climatici	25.073.076,86	40,0
I.B	Utilizzo di materiali riflettenti/basso assorbimento di calore, per utilizzi orizzontali e verticali, ad esempio per pavimentazioni/arredo urbano, strutture ombreggianti	7.014.871,83	11,2

I.C	Realizzazione di interventi di edilizia climatica, tetti e pareti verdi, boschi verticali, barriere alberate ombreggianti, sistemi di coibentazione e ventilazione naturale, tetti freddi e tetti ventilati, ecc.	7.543.817,11	12,0
TOTALE		39.631.765,80	63,2
Codice	Sottotipologia di interventi blue	Importo	%
I.D	Creazione di sistemi di raccolta delle acque meteoriche, con depurazione e accumulo finalizzato al riciclo per usi non umani, per un uso più efficiente e razionale delle risorse idriche, anche con un'ottica di innovatività e di città smart	8.419.183,38	13,4
I.E	Interventi finalizzati al riciclo e riutilizzo delle acque reflue depurate, con la finalità di impiegare la risorsa idrica per altri scopi (es. agricoltura, irrigazione parchi e giardini, lavaggio stradale, usi ornamentali anche per il miglioramento della fruizione e del microclima degli spazi public, ecc.) e di rinforzare pratiche di circolarità nella gestione del ciclo idrico integrato	1.221.910,55	1,9
TOTALE		9.641.093,93	15,4
Codice	Sottotipologia di interventi grey	Importo	%
II.A	Creazione, ampliamento o rifacimento in ambito urbano di aree pedonali, parcheggi, piazze, bordi stradali, percorsi, ecc., con la rimozione della pavimentazione esistente e il ripristino della permeabilità del suolo in chiave di rigenerazione urbana	7.818.712,39	12,5
II.B	Sperimentazione sugli spazi pubblici di soluzioni per il drenaggio urbano sostenibile, intese in chiave di rigenerazione urbana, come le piazza/spazi multifunzione o strutture, vasche, serbatoi deputati alla raccolta e al deflusso dell'acqua meteorica in caso di precipitazioni particolarmente intense	1.072.930,00	1,7
TOTALE		8.891.642,39	14,2
Codice	Sottotipologia di interventi soft	Importo	%
III.A	Misure finalizzate a migliorare le conoscenze a livello locale (es. implementazione di banche dati climatiche/impatti/vulnerabilità, sistemi ICT predittivi, rafforzamento dei sistemi di monitoraggio, ricerca di nuove fonti di approvvigionamento idrico in ambito urbano, ecc.), nonché alla redazione di strumenti di pianificazione comunale di adattamento ai cambiamenti climatici	2.316.563,90	3,7

III.B	Misure finalizzate a migliorare la capacità di previsione a livello locale (es. scenari climatici, analisi di rischio, ecc.).	247.853,04	0,4
III.C	Misure di sensibilizzazione, formazione, partecipazione sull'adattamento a livello locale e sulla riduzione della vulnerabilità specifica per gli operatori locali e per la rete dei portatori di interesse.	1.982.797,45	3,2
TOTALE		4.547.214,39	7,3

Fonte: Schede progettuali degli interventi ammessi a finanziamento. Elaborazione ISPRA.

La tabella 2.7 seguente riporta le stime quantitative relative agli elementi più rappresentativi dei principali interventi *green*, *blue* e *grey*, quali in particolare: i. numero totale delle alberature e degli arbusteti previsti; ii. superfici totali di aree verdi; iii. superfici totali adibite a parete verde, tetto verde e tetto freddo; iv. superfici totali drenanti, riflettenti o a basso assorbimento; v. superfici totali ombreggianti; vi. volumi per la raccolta idrica totali. Si precisa, tuttavia, che le Schede progettuali non forniscono sempre dati quantitativi di dettaglio e pertanto tali numeri potranno subire modifiche nel corso della realizzazione degli interventi.

Tab. 2.7 – Previsioni di nuove alberature, arbusteti, superfici e volumi

Previsioni	N.
Alberature (N.)	32.273
Arbusteti (N.)	13.255
Aree verdi e giardini della pioggia (m ²)	2.010.715
Superfici di tetti verdi, pareti verdi, tetti ventilati (m ²)	14.098
Superfici drenanti, riflettenti/basso assorbimento (m ²)	148.396
Superfici strutture ombreggianti (m ²)	7.310
Volume stoccaggio risorse idriche (m ³)	153.534

Fonte: Schede progettuali degli interventi ammessi a finanziamento. Elaborazione ISPRA.

Nella tabella 2.8 si riportano le stime quantitative relative agli elementi più rappresentativi delle principali misure soft, quali in particolare: i. numero di ore di formazione erogate e numero di destinatari formati relativamente ai corsi di formazione; ii. numero di banche dati/piattaforme/sistemi ICT predittivi e iii. numero di centraline di monitoraggio. Si tratta di dati sottostimati in quanto non tutti i comuni hanno riportato dettagliatamente nelle schede progetto le informazioni presentate in tabella.

Tab. 2.8 – Previsioni del numero di ore di formazione erogate e del numero di destinatari formati relativamente ai corsi di formazione, del numero di banche dati/piattaforme/sistemi ICT predittivi e del numero di centraline

Previsioni	N.
Corsi di formazione - Numero di ore previste	973
Corsi di formazione - Numero di destinatari formati	9315
Banche dati/piattaforme/sistemi ICT predittivi	13
Centraline di monitoraggio	31

Fonte: Schede progettuali degli interventi ammessi a finanziamento. Elaborazione ISPRA.

3. L'approccio metodologico

Le 80 schede presentate dai comuni partecipanti al bando sono state analizzate al fine di clusterizzare i 248 interventi *green*, *blue*, *grey* e *soft* in gruppi di interventi più frequenti. In tabella 3.1 vengono indicate le tipologie, il codice della sottotipologia e i gruppi così individuati.

Tab. 3.1 – Tipologie di interventi, codice della sottotipologia e gruppi di interventi

Tipologia	Codice sottotipologia	Denominazione del gruppo di interventi
Green	I.A	Forestazione urbana e periurbana
		Orti urbani
	I.B	Strutture ombreggianti
		Superfici riflettenti e/o a basso assorbimento di calore
	I.C	Barriere alberate ombreggianti
		Tetti verdi
		Pareti verdi
		Serre solari
		Schermature solari
		Tetti ventilati
		Pareti ventilate
Blue	I.D	Sistemi di raccolta e riutilizzo delle acque meteoriche
		Vasche di laminazione
Grey	II.A	Pavimentazioni drenanti
	II.B	Giardini della pioggia

		Piazze d'acqua
Soft	III.A	Studi, analisi e valutazioni
		Banche dati
		Piani d'Azione per l'Energia Sostenibile e il Clima e Piani di adattamento ai cambiamenti climatici
		Altri strumenti di pianificazione
	III.B	Sistemi di monitoraggio e previsione
	III.C	Corsi di formazione
		Iniziative di sensibilizzazione

Fonte: Schede progettuali degli interventi ammessi a finanziamento. Elaborazione ISPRA.

Per ciascun gruppo di interventi è stata quindi predisposta una scheda descrittiva contenente gli elementi illustrati nella tabella 3.2.

Tab. 3.2 – Scheda descrittiva del gruppo di interventi proposti nell'ambito del Programma sperimentale

Elementi della scheda descrittiva	Contenuti
Titolo	Denominazione del gruppo di interventi così come individuato in tabella 3.1
Mappa	Localizzazione degli interventi proposti per un dato gruppo
Tipologia	Descrizione delle tipologie di misure a cui appartengono gli interventi del gruppo, così come definite dal Decreto Direttoriale 117 del 15 aprile 2021
Pericolo climatico	Icona descrittiva del/dei pericolo/i a cui si riferiscono gli interventi
Ambito di realizzazione	Elenco degli ambiti di realizzazione degli interventi
Comune	Elenco dei comuni dove sono previsti gli interventi
Descrizione	Descrizione generale degli interventi
Vita media	Durata prevista degli interventi
Benefici attesi ambientali	Descrizione dei benefici ambientali attesi a seguito della realizzazione degli interventi
Benefici attesi sociali	Descrizione dei benefici sociali attesi a seguito della realizzazione degli interventi
Benefici attesi economici	Descrizione dei benefici economici attesi a seguito della realizzazione degli interventi
Indicatori di monitoraggio (Avanzamento)	Elenco di possibili indicatori di monitoraggio dell'avanzamento della realizzazione degli interventi d
Indicatori di monitoraggio (Efficacia)	Elenco di possibili indicatori di monitoraggio dell'efficacia degli interventi

Possibili effetti negativi/Maladattamento	Descrizione dei possibili effetti negativi o di maladattamento (vedi Box su Maladattamento) derivanti dalla realizzazione degli interventi
Indicazioni tecniche per evitare gli effetti negativi	Indicazioni tecniche utili a consentire di evitare il verificarsi di possibili effetti negativi o di maladattamento

Approfondimento tematico

Maladattamento

Secondo la definizione ufficiale dell'*Intergovernmental Panel on Climate Change* delle Nazioni Unite viene definito maladattamento *l'insieme delle azioni che comportano un aumento del rischio di esiti avversi legati al clima, attraverso:*

- a) *l'aumento delle emissioni di gas serra (GHG);*
- b) *l'aumento o lo spostamento della vulnerabilità ai cambiamenti climatici;*
- c) *risultati più iniqui;*
- d) *una diminuzione del benessere, ora o in futuro.*

Nella maggior parte dei casi il maladattamento è una conseguenza non voluta.

Il maladattamento si configura, quindi, come una possibile causa di preoccupazione per i pianificatori, dal momento che intervenire con azioni di adattamento in un luogo o su un settore potrebbe comportare un incremento della vulnerabilità di un altro luogo o di un settore o di un gruppo target rispetto ai cambiamenti climatici futuri. Un classico esempio di maladattamento è rappresentato dall'utilizzo di condizionatori per il raffrescamento degli ambienti durante l'estate poiché se, da una parte, consente di garantire migliori condizioni di comfort abitativo e ridurre gli effetti delle ondate di calore sulla salute, dall'altra esso determina un incremento dei consumi energetici, cui si associa un aumento delle emissioni di gas serra. In sintesi, un'azione mirata a ridurre le conseguenze del cambiamento climatico, ne amplifica le cause.

È importante evidenziare come il maladattamento possa verificarsi con l'implementazione di tutte le tipologie di azioni, siano esse *green, blue, grey* o *soft*. Ciò significa che all'atto della pianificazione di una qualsiasi azione di adattamento sia necessario effettuare valutazioni approfondite sui materiali che verranno utilizzati, sull'energia che sarà richiesta, sui rifiuti che saranno prodotti, sulle possibili conseguenze ambientali, sociali ed economiche che si potranno determinare nel corso di tutto il ciclo di vita dell'intervento e confrontare tali considerazioni rispetto ai benefici che si otterranno con l'implementazione dell'azione o con la scelta alternativa di altre azioni.

L'ultima parte della definizione evidenzia come il maladattamento sia un "effetto indesiderato" della progettualità: esso, infatti, spesso è dovuto alla mancanza di una visione di lungo periodo e di ciclo completo dei materiali e dell'energia. Per evitare il maladattamento è quindi importante assumere un approccio olistico a priori, ponendosi domande come: *il cantiere relativo all'azione X emette di più del cantiere dell'azione Y? per ridurre l'effetto isola di calore urbano è meglio utilizzare delle vernici per incrementare la riflettanza delle superfici di una piazza o è preferibile scegliere di sostituire la pavimentazione e ombreggiare? meglio organizzare un evento formativo in un luogo raggiungibile solo in automobile o vicino alla stazione centrale*

raggiungibile con mezzi di trasporto pubblici? meglio realizzare una campagna di informazione in cui distribuire gadget che possono contribuire ad implementare rifiuti oppure organizzare una campagna gadget-free, spiegando il perché?

La scelta delle azioni deve quindi essere oculata per evitare che il bilancio ambientale risulti negativo, utilizzando, ad esempio, approcci come quello del *Life Cycle Assessment*⁶, che permetta di stimare l'impatto del progetto/prodotto "dalla culla alla tomba", non solo nel breve periodo.

Esistono alcune linee guida⁷ che forniscono elementi utili e indirizzano all'adozione di approcci corretti.



Foto: esempio di pavimentazione permeabile con benefici in termini di infiltrazione delle acque meteoriche che tuttavia presenta problemi di dispersione di plastica nell'ambiente e di smaltimento.

⁶ La rete italiana LCA favorisce l'utilizzo della metodologia a livello nazionale <https://www.reteitalianalca.it/>.

⁷ Es.: <https://regilience.eu/self-assessment-tool-for-maladaptation/>.

Nei capitoli 4, 5, 6, e 7 vengono riportate le schede descrittive di ciascun gruppo di interventi individuati.

4. Gli interventi *green*

La maggior parte degli **interventi *green*** raccolti all'interno del documento si possono ricondurre alla grande famiglia delle soluzioni basate sulla natura (EEA, 2015; Cohen-Shacham *et al.*, 2016), le quali sfruttano le proprietà dei sistemi naturali di fornire servizi ecosistemici, ridurre i rischi e i danni ambientali e assicurare il benessere psicofisico delle persone (MATTM, 2015; MATTM 2018; Castellari e Filpa, 2020).

Dall'analisi degli interventi riportati nelle schede, si evince una discreta eterogeneità tra le tipologie adottate e un filo conduttore comune: l'utilizzo di vegetazione e/o processi quali ventilazione naturale ed evapotraspirazione – che, più o meno supportati dalla tecnologia – contribuiscono all'adattamento urbano al cambiamento climatico. Cercando una suddivisione tra loro, è possibile raccogliere gli interventi in un primo gruppo più propriamente *green* (forestazione urbana e periurbana, barriere alberate, orti e frutteti urbani), e un secondo gruppo di edilizia climatica (tetti e pareti verdi, barriere alberate e strutture ombreggianti, pavimentazioni a basso assorbimento di calore e superfici riflettenti, tetti e pareti ventilati, schermature e serre solari).

Tra gli interventi presentati dai comuni prevalgono quelli appartenenti al primo gruppo, con la realizzazione di aree verdi e forestazione urbana, con il potenziamento del verde già esistente per offrire maggiori zone d'ombra contro le isole di calore, o la creazione ex-novo di zone vegetate. Questi interventi hanno il pregio di conseguire vantaggi sia ambientali che sociali: la vegetazione, tramite il suo processo di evapotraspirazione e l'ombreggiamento, interviene sulla regolazione del microclima, consentendo così di mitigare le temperature estive che si rilevano sempre più alte all'interno delle città e i conseguenti impatti indotti dalle ondate di calore, migliorando lo stato di salute e il comfort termico percepito dai cittadini. Inoltre, realizzare aree verdi, parchi e zone alberate, specie se in aree precedentemente asfaltate o impermeabili, significa restituire permeabilità ai suoli urbani, ripristinandone le funzioni ambientali e regolatrici originarie (infiltrazione dell'acqua, rigenerazione falde idriche, ecc.) migliorando la risposta idrogeologica del territorio con la conseguente riduzione del ruscellamento idrico superficiale e del rischio di smottamenti, frane o allagamenti. A queste funzioni, di diretto beneficio per l'adattamento urbano, sono spesso associati altri vantaggi fondamentali quali il miglioramento della qualità dell'aria, la promozione della salute psico-fisica, la creazione di nuovi habitat con miglioramento della biodiversità, l'aumento della socialità e la promozione della rigenerazione di aree della città, spesso degradate e prive di attrezzature e servizi. Questo può contribuire a ridurre non solo la

vulnerabilità ambientale dei luoghi, ma anche quella sociale ed economica delle aree urbane e periurbane.

Sebbene rappresentino soltanto alcune delle soluzioni disponibili dal punto di vista edilizio-architettonico, sono altresì numerosi gli interventi presentati dai comuni appartenenti al secondo gruppo, che presentano un diverso uso delle applicazioni e delle tecnologie disponibili e un diverso grado di integrazione con il tessuto costruito presente nelle città (edifici, strade, ecc.). Le soluzioni di edilizia climatica, quali tetti e pareti ventilati o tetti e pareti verdi, comportano l'utilizzo di tecniche impiantistiche e tecnologie in grado di garantire i benefici attesi in termini di miglioramento della prestazione energetico-ambientale degli edifici, di riduzione delle emissioni di gas serra dovute al raffrescamento e riscaldamento degli edifici, e dell'assorbimento delle acque meteoriche in caso di precipitazioni intense, nel rispetto delle caratteristiche strutturali degli immobili e della durabilità delle superfici impermeabili sottostanti. I *"materiali riflettenti o a basso assorbimento di calore per utilizzi orizzontali e verticali, ad esempio per pavimentazioni, arredo urbano e strutture ombreggianti o gli interventi di edilizia climatica, i sistemi di ventilazione naturali, i tetti freddi e i tetti ventilati"* sono soluzioni che possono contribuire a contenere gli effetti dell'eccessivo riscaldamento all'interno delle città e ridurre i consumi energetici, in particolare nella stagione estiva, prevenendo fenomeni di sovraccarico della rete elettrica e possibili *blackout*, migliorando la vita e il comfort dei fruitori.

Le azioni *green*, basate sulla reintroduzione della natura e l'aumento della dotazione di verde negli spazi urbani, sono spesso le più efficaci per affrontare la crisi climatica perché hanno doppia valenza, sia per l'adattamento che per la mitigazione, con conseguente basso rischio di maladattamento (si veda approfondimento tematico *Maladattamento*). Vengono considerate infatti come prioritarie nella scelta delle diverse opzioni di adattamento per la loro capacità di fornire un ampio spettro di benefici ambientali, sociali ed economici (IPCC, 2022; Climate-Adapt⁸).

⁸ Piattaforma europea sull'adattamento climatico Climate-ADAPT: <https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/knowledge/tools/urban-ast/step-4-3>.

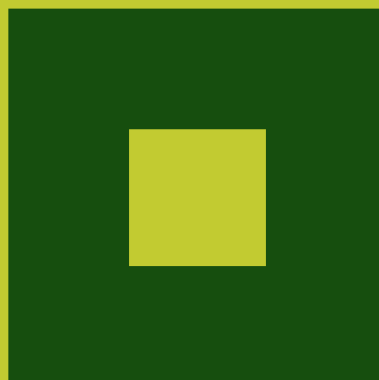
01



FORESTAZIONE URBANA E PERIURBANA



1	Torino	55	Viterbo
4	Busto Arsizio	56	Caserta
5	Monza	57	Castel. di Stabia
6	Milano	58	Altamura
7	Pavia	59	Bari
8	Bergamo	60	Brindisi
9	Brescia	61	Foggia
10	Cremona	64	Matera
11	Bolzano	66	Corigliano R.
12	Trento	67	Cosenza
13	Treviso	68	Crotone
14	Vicenza	69	Messina
16	Venezia	70	Catania
18	Udine	71	Gela
19	Trieste	72	Marsala
20	Genova	73	Palermo
22	Carpi	74	Ragusa
23	Piacenza	75	Trapani
24	Parma	76	Siracusa
25	Forlì	77	Olbia
26	Imola	78	Quartu S. Elena
27	Reggio Emilia	79	Sassari
28	Modena	80	Cagliari
29	Bologna		
32	Cesena		
33	Rimini		
34	Carrara		
35	Massa		
38	Prato		
39	Pisa		
41	Livorno		
42	Grosseto		
43	Pesaro		
44	Ancona		
45	Pescara		
46	L'Aquila		
47	Perugia		
48	Terni		
49	Guidonia M.		
50	Roma		
53	Latina		





Pericolo climatico



ondate di calore



precipitazioni intense

Tipologia

***IA** - Realizzazione di spazi verdi in ambito urbano o di forestazione periurbana, funzionali a mitigare gli effetti dei cambiamenti climatici*

Descrizione

Gli interventi di forestazione urbana e periurbana comprendono varie tipologie di interventi, tutti accomunati dall'utilizzo delle piante su suolo permeabile e dall'obiettivo di generare servizi ecosistemici quali la termoregolazione e il drenaggio urbano per migliorare le qualità ecologiche-ambientali dei sistemi insediativi e la resilienza agli impatti dei cambiamenti climatici (allagamenti, effetti sulla salute delle ondate di calore, ecc.). Grazie alle azioni combinate di ombreggiamento, evapotraspirazione e creazione di brezze derivanti dallo scambio termico tra le aree vegetate e quelle edificate, le aree verdi contribuiscono alla regolazione del microclima mitigando gli effetti dell'isola di calore e delle temperature estreme delle città. Intercettando i venti freddi, le piante possono contribuire, inoltre, a migliorare il comfort termico nella stagione invernale. Valori aggiunti di tali interventi sono la creazione di nuovi habitat per flora e fauna, il miglioramento del benessere psico-fisico delle persone e il contrasto al degrado urbano. In alcuni casi, inoltre, tali interventi hanno l'obiettivo di contrastare anche i processi di desertificazione in atto. Per una progettazione sostenibile è importante prevedere l'impianto differenziato di specie arboree/arbustive di varie specie e grandezze, dalla composizione floristica tipica dell'area, coerente con le caratteristiche fitogeografiche e resiliente ai fattori di pressione locali tipici della zona quali, ad esempio, forti venti, periodi di aridità e salsedine. Gli interventi di forestazione urbana e di realizzazione di spazi verdi possono essere realizzati

in un'ampia pluralità di contesti urbani e periurbani e ambiti d'uso, e possono interessare aree verdi già esistenti o spazi destinati ad altri usi (ex-infrastrutture viarie, aree incolte, ex-parcheggi, ecc.).

Aree verdi e parchi pubblici esistenti

Nel caso di aree verdi e parchi pubblici esistenti, gli interventi di forestazione consistono nell'incremento della biomassa arborea attraverso la messa a dimora di nuovi alberi/arbusti e/o la sostituzione di quelli morti o deperenti, con l'obiettivo di aumentare la copertura vegetale di una data area ed i relativi benefici e servizi.

Nuove aree verdi

Nel caso di nuove aree verdi, gli interventi di forestazione urbana e periurbana possono avvenire tramite:

- riqualificazione urbana e funzionale di aree già permeabili ma incolte/abbandonate;
- conversione di aree pavimentate in aree permeabili e vegetate tramite rimozione dello strato impermeabile esistente e dei materiali vetusti e/o impermeabili e/o poco riflettenti (es. conglomerati bituminosi, pavimentazioni stradali in conglomerato cementizio, guaine e pavimentazioni sportive in bitume o conglomerato cementizio rivestite in resina per esterno) (si veda la scheda 13 - *Pavimentazioni drenanti*)
- creazione di giardini della pioggia (*rain garden*) per la regimentazione delle acque superficiali in caso di intense precipitazioni (si veda la scheda 14 - *Giardini della pioggia*)

Aree produttive/industriali

Nelle aree destinate ad attività terziarie e produttive/industriali l'inserimento di alberi o arbusti negli spazi disponibili (spazi di sosta, strade, ecc.) dovrà privilegiare specie vegetali idonee al contesto ambientale e resistenti agli inquinanti e alle pressioni ambientali eventualmente presenti.

Rive dei fiumi/reticolo idrico minore/canali

La forestazione delle sponde di fiumi e dei canali irrigui per il recupero ecologico e funzionale dei corsi d'acqua si può realizzare con la creazione di parchi fluviali e corridoi verdi con specie coerenti con la vegetazione naturale potenziale, resistenti all'ambiente urbano e a bassa manutenzione, creando aree umide, potenziando biodiversità e fruibilità delle aree anche a fini turistici e ricreativi e contribuendo alla riduzione del rischio idraulico.

Strade e viali cittadini, lungomare, parcheggi, piste ciclopedonali

La messa a dimora di nuove piante e di filari alberati in aree di pertinenza di infrastrutture viarie per la mitigazione dell'impatto ambientale delle strade può prevedere la rimozione di preesistenti pavimentazioni impermeabili, con conseguente preparazione delle stratigrafie di coltivo e messa a dimora di alberi, arbusti, tappezzanti, o graminacee ornamentali a bassa manutenzione. Lungo strade, piste ciclo-pedonali e parcheggi, per esempio, le tipologie di verde realizzabili possono essere in forma di barriere alberate ombreggianti con funzione di ombreggiamento (si veda la scheda 02 - *Barriere alberate ombreggianti*), mitigazione del rumore e abbattimento degli inquinanti atmosferici.

Boschi periurbani & microforeste

La realizzazione di aree boscate in zone periurbane e l'impianto di nuove formazioni (simil)forestali si avvale generalmente di plantule forestali autoctone da 20-40 cm, piuttosto che astoni, cioè alberi molto giovani di 1-2 anni di età, e alberi a pronto effetto – preferibili in caso di realizzazione di nuove aree verdi urbane. Le nuove aree boscate dovranno tendere a formazioni forestali, senza tralasciare prati da sfalcio e fasce arbustive di ecotono. Alcune città propongono impianti pilota secondo il metodo delle microforeste: piccole aree dalla superficie 100/200 mq con la messa a dimora di un mix di specie arboree-arbustive autoctone tipiche dell'area e altre specie "adattive" non invasive adeguate alle future condizioni climatiche. Le aree potranno inoltre prevedere spazi aperti, radure inerbite e percorsi naturali sia ciclabili che pedonali, aperti e fruibili dalla cittadinanza.

Benefici attesi

AMBIENTE

Mitigazione dell'effetto isola urbana di calore e miglioramento del microclima
Riduzione dei consumi energetici per il raffrescamento degli edifici
Miglioramento dell'infiltrazione delle acque meteoriche nel suolo e della ricarica delle falde acquifere, con riduzione del rischio allagamenti urbani
Mitigazione dell'inquinamento acustico
Consolidamento del suolo e riduzione del rischio idrogeologico
Mitigazione dell'inquinamento atmosferico attraverso l'Incremento dell'assorbimento degli inquinanti gassosi e del particolato in aria
Assorbimento della CO₂
Creazione di nuovi habitat e incremento della biodiversità animale e vegetale
Contenimento delle specie vegetali alloctone invasive

SOCIETÀ

Miglioramento della vivibilità dello spazio pubblico e rigenerazione
Miglioramento della salute e del benessere psico-fisico
Incremento del comfort termico degli ambienti interni ed esterni
Incremento della fruizione e attrattività dei luoghi
Promozione della socialità e del senso di comunità
Contrasto al degrado urbano

ECONOMIA

Riduzione dei costi energetici per riscaldamento/raffrescamento degli edifici nell'area
Riduzione dei danni a persone, edifici, infrastrutture e attività economiche dovuti agli eventi meteo climatici estremi
Risparmio spese per la sanità pubblica (ospedalizzazioni e cure)
Incremento dei fruitori della strada e del business delle attività commerciali ivi insediate

INDICATORI DI MONITORAGGIO

Avanzamento: N. di alberi messi a dimora sul totale previsto
% di superficie ombreggiata sul totale previsto
% di superficie depavimentata sul totale previsto

Efficacia: Ettari di nuovi impianti arborei e di nuove aree verdi fruibili
Differenze della temperatura pre/post-intervento
Volume di acqua meteorica raccolta
Benessere percepito dai cittadini
Ospedalizzazioni per patologie associate a ondate di calore estive
Domanda energetica nella stagione estiva
Biodiversità urbana



POSSIBILI EFFETTI NEGATIVI/MALADATTAMENTO

Impatto ambientale ed economico associato ai processi di rimozione, smaltimento, trattamento, stoccaggio dei rifiuti prodotti, eventuale bonifica dei suoli preesistenti (es. smaltimento lastricati in calcestruzzo e conglomerato bituminoso, guaine, e relativo conferimento in discarica, ecc.)
Incremento consumi idrici per irrigazione delle nuove aree verdi, almeno per i primi 3-5 anni dall'impianto

INDICAZIONI TECNICHE PER EVITARE EFFETTI NEGATIVI

Privilegiare sistemi di accumulo e riciclo dell'acqua piovana (es. il risparmio idrico è tra i criteri premianti previsti dal Decreto sui CAM per il verde).

Attenersi alle indicazioni tecniche e normative di livello nazionale, quali:

Piano nazionale di forestazione urbana (2021)

https://www.mase.gov.it/sites/default/files/archivio/allegati/PNRR/PNRR_piano_forestazione.pdf

Criteri Ambientali Minimi per il verde pubblico (Decreto 10 Marzo 2020)

https://www.mase.gov.it/sites/default/files/archivio/allegati/GPP/2020/guri_dm_63_de_l_2020_verde_002.pdf

Strategia nazionale del verde urbano (2018)

https://www.mase.gov.it/sites/default/files/archivio/allegati/comitato%20verde%20pubblico/strategia_verde_urbano.pdf

Linee guida per la forestazione urbana sostenibile di Roma Capitale

<https://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/manuali-e-linee-guida/linee-guida-di-forestazione-urbana-sostenibile-per-roma-capitale>

Linee Guida ministeriali (2017)

Regolamenti comunali del verde pubblico

Legge 10/2013 "Norme per lo sviluppo di spazi verdi urbani"

Linee guida di forestazione urbana sostenibile per Roma Capitale (2015)

<https://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/manuali-e-linee-guida/linee-guida-di-forestazione-urbana-sostenibile-per-roma-capitale>

VITA MEDIA

40-80 anni

AMBITO DI REALIZZAZIONE

Aree dismesse e/o abbandonate, aree incolte urbane e periurbane, aree di pertinenza di stazioni ferroviarie, aree residenziali, aree verdi e parchi, centri direzionali, edifici pubblici e aree di pertinenza, edifici scolastici e aree di pertinenza, ex aree militari, parcheggi, piazze/piazzali, piste ciclabili e/o pedonali, rive dei fiumi/reticolo idrico minore, spartitraffico, stadi e impianti sportivi, tratti stradali, versanti fragili e a rischio dissesto idrogeologico, ville storiche, zone industriali e produttive, zone pedecollinari



02



BARRIERE ALBERATE OMBREGGIANTI



- 1 Torino
- 36 Lucca
- 42 Grosseto
- 50 Roma
- 75 Trapani
- 76 Siracusa



Pericolo climatico



ondate di calore



precipitazioni intense

Tipologia

IC - Realizzazione di interventi di edilizia climatica, tetti e pareti verdi, boschi verticali, barriere alberate ombreggianti, sistemi di coibentazione e ventilazione naturale, tetti freddi e tetti ventilati, ecc.

Descrizione

Le barriere alberate ombreggianti prevedono la messa a dimora di specie vegetali (alberi e/o arbusti) generalmente in filari con lo scopo di creare zone d'ombra che contengano l'aumento della temperatura degli ambienti indoor e outdoor, permettendo una migliore fruizione delle zone interessate durante i mesi più caldi. Il processo di evapotraspirazione delle piante e la schermatura dei raggi solari da parte delle loro chiome, infatti, contribuiscono a mitigare le alte temperature, e a ridurre così la vulnerabilità urbana alle temperature estreme e alle ondate di calore. La presenza delle piante consente, rispetto al suolo nudo, di rallentare la quantità di acqua che giunge al suolo in caso di precipitazioni intense, diminuendo così la possibilità di allagamenti.

Per la realizzazione di barriere alberate ombreggianti si possono utilizzare alberi e/o arbusti meglio se combinati fra loro, con sufficiente diversità sia di specie che di forme di crescita (siepi, cespugli, piccoli alberelli) favorendo specie rustiche, autoctone e coerenti con il contesto fitogeografico di impianto.

Gli alberi/arbusti da mettere a dimora possono essere specie sempreverdi o caducifoglie nel caso si voglia evitare l'ombreggiamento durante i mesi invernali (pioppi cipressini, ecc.). Le barriere verdi possono anche migliorare il clima nei mesi freddi riducendo l'impatto dei venti provenienti da nord, intercettandoli. Le specie vegetali adottate dovrebbero comunque essere selezionate in base al fitoclimate, ad eventuali problematiche

sanitarie ad esse connesse (allergie, patogeni, ecc.) e alle cure necessarie per il loro mantenimento in sicurezza.

Benefici attesi

Incremento dell'ombreggiamento e mitigazione dell'effetto isola urbana di calore
Mitigazione dell'inquinamento acustico
Mitigazione degli effetti dei venti freddi invernali sulle basse temperature
Mitigazione dell'inquinamento atmosferico attraverso l'assorbimento degli inquinanti gassosi e del particolato
Incremento dell'assorbimento della CO₂
Miglioramento dell'infiltrazione delle acque meteoriche nel suolo e della ricarica delle falde acquifere, con riduzione del rischio allagamenti urbani e del sovraccarico del sistema fognario

AMBIENTE

Incremento del comfort termico degli ambienti interni ed esterni
Miglioramento della salute e del benessere psico-fisico e prevenzione rischi sanitari
Incremento della fruizione e attrattività dei luoghi

SOCIETÀ

Riduzione dei costi energetici per riscaldamento/raffrescamento degli edifici
Riduzione dei danni da allagamenti urbani alle proprietà e alle infrastrutture
Incremento dei fruitori della strada e del business delle attività commerciali ivi insediate

ECONOMIA

INDICATORI DI MONITORAGGIO

Avanzamento: N. di alberi messi a dimora sul totale previsto

Superficie di suolo ricoperta da vegetazione sul totale previsto

Metri lineari di barriere ombreggianti sul totale previsto

Efficacia: Ettari di nuovi impianti arborei e di nuove aree verdi fruibili

Differenze della temperatura pre/post-intervento
Benessere percepito dai cittadini
Ospedalizzazioni per patologie associate a ondate di calore estive



POSSIBILI EFFETTI NEGATIVI/MALADATTAMENTO

Incremento delle necessità irrigue per il mantenimento delle nuove aree verdi

INDICAZIONI TECNICHE PER EVITARE EFFETTI NEGATIVI

Effettuare un'analisi accurata del contesto ambientale ed urbano delle aree dove le piante devono essere collocate, delle infrastrutture viarie e degli edifici in prossimità delle barriere alberate ombreggianti
Prevedere l'installazione di colonnine idranti antincendio

VITA MEDIA

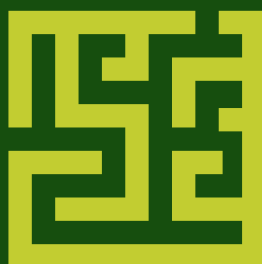
20-50 anni

AMBITO DI REALIZZAZIONE

Aree di pertinenza di edifici pubblici, cortili scolastici, parcheggi, piazze/piazzali, infrastrutture viarie



03



TETTI VERDI



- 27 Reggio Emilia
- 28 Modena
- 58 Altamura
- 75 Trapani



Pericolo climatico



ondate di calore



precipitazioni intense

Tipologia

***I.C** - Realizzazione di interventi di edilizia climatica, tetti e pareti verdi, boschi verticali, barriere alberate ombreggianti, sistemi di coibentazione e ventilazione naturale, tetti freddi e tetti ventilati, ecc.*

Descrizione

Il tetto verde è una copertura di un fabbricato caratterizzata da un impianto vegetale posto su di un substrato di supporto strutturale impermeabile come, ad esempio, solette di calcestruzzo, solai, coperture in legno, coperture metalliche e in tutti quei casi in cui non vi sia continuità ecologica tra il verde ed il sottosuolo.

I tetti verdi hanno come obiettivo principale quello di migliorare l'isolamento termico degli edifici e, di conseguenza, favorire il risparmio energetico, nonché quello di contribuire alla mitigazione dell'isola urbana di calore.

Grazie alla capacità di ritenzione idrica, i tetti verdi contribuiscono, inoltre, a ritardare i tempi di deflusso delle acque meteoriche verso le canalizzazioni e i sistemi di smaltimento, alleggerendo il carico sul sistema di drenaggio urbano.

La norma tecnica UNI 11235:2015 di riferimento definisce i criteri di progettazione, esecuzione, controllo e manutenzione di coperture continue a verde, in funzione delle particolari situazioni di contesto climatico, di contesto edilizio e di "destinazione d'impiego", per evitare possibili effetti negativi (per esempio il ristagno idrico). Esse prevedono che un tetto verde sia generalmente costituito da alcuni elementi primari, quali: elemento portante, elemento di tenuta all'acqua, elemento di protezione all'azione

delle radici (integrato o meno), elemento di protezione meccanica, elemento di accumulo idrico, elemento drenante, elemento filtrante, strato culturale, strato di vegetazione.

Benefici attesi

Mitigazione dell'effetto isola urbana di calore e miglioramento del microclima
Assorbimento degli inquinanti gassosi e del particolato atmosferico
Incremento dell'assorbimento della CO₂
Miglioramento del microclima interno dell'edificio
Mitigazione dell'inquinamento acustico
Riduzione delle emissioni di gas serra dovute al riscaldamento/raffrescamento dell'edificio
Rallentamento del ruscellamento superficiale delle acque piovane
Incremento del drenaggio delle acque meteoriche e riduzione dei picchi di deflusso idrico
Incremento della biodiversità animale e vegetale dovuta alla disponibilità di nuovi habitat

AMBIENTE

Incremento del comfort termo-igrometrico degli ambienti interni
Incremento della socialità (se tetti fruibili)

SOCIETÀ

Riduzione dei costi energetici per riscaldamento/raffrescamento degli edifici
Risparmio dei costi di manutenzione della copertura dovuto alla capacità di un tetto verde di proteggere il rivestimento impermeabilizzante delle coperture
Riduzione dei danni alle proprietà e alle infrastrutture a seguito di precipitazioni intense
Incremento del valore di mercato degli immobili

ECONOMIA

INDICATORI DI MONITORAGGIO

Avanzamento: Superficie di tetto verde installata sul totale previsto

Efficacia: Differenza della temperatura pre/post-intervento

Differenza temperatura interna ed esterna agli edifici pre/post-intervento

Riduzione dei consumi energetici necessari al riscaldamento/raffrescamento degli edifici

Volume di acqua meteorica raccolta, se associato ad un sistema di raccolta delle acque



POSSIBILI EFFETTI NEGATIVI/MALADATTAMENTO

Incremento delle necessità irrigue per il mantenimento delle nuove aree verdi

Incremento del consumo energetico per irrigazione

Utilizzo di specie non autoctone

Impiego di materiali impattanti dal punto di vista energetico e ambientale durante tutto il ciclo di vita

INDICAZIONI TECNICHE PER EVITARE EFFETTI NEGATIVI

Prevedere sistemi di raccolta delle acque meteoriche a fini irrigui

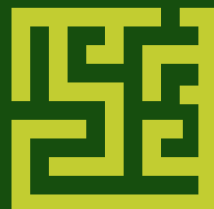
Attenersi alle indicazioni tecniche e normative di livello nazionale, quali le Norme UNI 11235:2015

VITA MEDIA

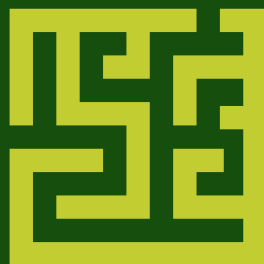
10-20 anni

AMBITO DI REALIZZAZIONE

Coperture di edifici scolastici e di altre strutture pubbliche, stadi e impianti sportivi



04



PARETI VERDI



- 9 Brescia
- 13 Treviso
- 21 La Spezia
- 30 Ferrara
- 58 Altamura
- 65 Potenza
- 75 Trapani



Pericolo climatico



ondate di calore



precipitazioni intense

Tipologia

***I.C** - Realizzazione di interventi di edilizia climatica, tetti e pareti verdi, boschi verticali, barriere alberate ombreggianti, sistemi di coibentazione e ventilazione naturale, tetti freddi e tetti ventilati, ecc.*

Descrizione

Le pareti verdi sono coperture di elementi architettonici verticali realizzate con specie vegetali messe a dimora o aderenti a strutture di supporto, ancorate alla facciata di edifici e strutture, fatte di reti, cavi o graticci di materiali quali, ad esempio, metallo, legno o calcestruzzo, e adatte al tipo di vegetazione scelta, alle caratteristiche climatiche e alla tipologia di edificio. L'obiettivo principale di una parete verde è quello di migliorare l'isolamento termico dell'edificio e, di conseguenza, il comfort interno, favorendo il risparmio energetico, nonché quello di contribuire alla mitigazione dell'isola urbana di calore. Le pareti verdi proteggono sia dalla temperatura esterna, sia dalla dispersione di calore verso l'esterno. Una parete verde può essere costituita da piante rampicanti, e in questo caso la struttura portante sarà una griglia, oppure da un giardino verticale costituito da diverse piante, in questo caso la struttura dovrà prevedere l'alloggiamento delle stesse.

L'individuazione del ciclo vegetativo, sempreverde o deciduo, è fondamentale per le prestazioni microclimatiche che si vogliono ottenere, il contributo al raffrescamento estivo o la protezione da vento, pioggia e neve in inverno. La manutenzione delle pareti verdi è limitata agli interventi di potatura in funzione della velocità di crescita delle specie vegetali. Le pareti verdi necessitano di idoneo impianto di irrigazione, anche se i sistemi idroponici sono caratterizzati da un fabbisogno idrico e cure ridotte.

Benefici attesi

AMBIENTE

Mitigazione dell'effetto isola urbana di calore e miglioramento del microclima
Mitigazione dell'inquinamento atmosferico attraverso l'assorbimento degli inquinanti gassosi e del particolato
Incremento dell'assorbimento della CO₂
Miglioramento microclimatico interno dell'edificio
Mitigazione dell'inquinamento acustico
Riduzione delle emissioni di gas serra dovute al riscaldamento/raffrescamento dell'edificio
Rallentamento del ruscellamento superficiale delle acque piovane
Incremento della biodiversità animale e vegetale dovuta alla disponibilità di nuovi habitat

SOCIETÀ

Incremento comfort termico degli ambienti interni
Miglioramento della salute e del benessere psicofisico, prevenzione dei rischi sanitari
Incremento della fruizione e attrattività dei luoghi

ECONOMIA

Riduzione dei costi energetici per riscaldamento/raffrescamento degli edifici
Riduzione delle spese sanitarie
Riduzione dei danni alle proprietà e alle infrastrutture a seguito di precipitazioni intense
Incremento del valore di mercato degli immobili e delle proprietà

INDICATORI DI MONITORAGGIO

Avanzamento: Superficie di parete verde installata sul totale previsto

Efficacia: Differenza della temperatura pre/post-intervento

Differenza temperatura interna ed esterna agli edifici pre/post-intervento

Riduzione dei consumi energetici per riscaldamento/raffrescamento

N. di eventi di deflussi idrici incontrollati



POSSIBILI EFFETTI NEGATIVI/MALADATTAMENTO

Incremento delle necessità irrigue per il mantenimento delle piante

Utilizzo di specie non autoctone

Impiego di materiali impattanti dal punto di vista energetico e ambientale durante tutto il ciclo di vita (es. plastica, perlite, geo tessuti)

INDICAZIONI TECNICHE PER EVITARE EFFETTI NEGATIVI

Prevedere sistemi di raccolta delle acque meteoriche a fini irrigui

Prevedere un progetto unitario che integri la parete verde con un sistema di raccolta/accumulo delle acque meteoriche per il loro riutilizzo all'interno del circuito idroponico

Prevedere l'impiego di materiali sostenibili, riciclabili e/o biodegradabili a basso impatto ambientale e duraturi nel tempo

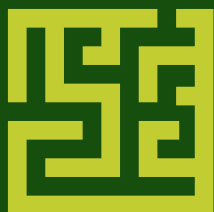
Valutare le specie da utilizzare in funzione del contesto ambientale locale e dell'esposizione scelta

VITA MEDIA

10-50 anni

AMBITO DI REALIZZAZIONE

Edifici pubblici e aree di pertinenza, edifici scolastici e aree di pertinenza, parcheggi



05



ORTI E FRUTTETI URBANI



Foto by Markus-Spiske su Unsplash Community



Pericolo climatico



ondate di calore



precipitazioni intense

Tipologia

IA - Realizzazione di spazi verdi in ambito urbano o di forestazione periurbana

Descrizione

Con il termine “orti urbani” sono intesi interventi diversi che includono la messa a dimora e coltivazione, con metodi sostenibili, di piante da frutto (alberi e arbusti) e di specie orticole, per il miglioramento della qualità ambientale ed ecologica degli spazi urbani e periurbani, spesso non gestiti e degradati.

L'esistenza degli orti urbani gestiti consente di migliorare la permeabilità dei suoli e il deflusso delle acque meteoriche superficiali, come pure il microclima e il consolidamento e drenaggio del suolo urbano. La realizzazione di questi spazi contribuisce, inoltre, ad incrementare gli habitat disponibili per flora e fauna e a migliorare la biodiversità presente. Oltre ai benefici già citati tali interventi consentono di ridurre la quantità di rifiuti grazie all'elevato tasso di riciclo praticato, favoriscono l'inclusione e l'avvicinamento sociale e la produzione agroalimentare di qualità a basso impatto ambientale e a prezzi contenuti.

In tempi recenti, alla parte di agricoltura sostenibile, si è aggiunta anche quella relativa all'apicoltura che ha consentito di migliorare la qualità ambientale, arricchire la biodiversità e facilitare la riproduzione delle piante attraverso l'impollinazione entomofila. Gli orti urbani possono essere distribuiti su tutto il territorio comunale e interconnessi tra loro in modo funzionale e solidale, attraverso la realizzazione di una rete. Questo permette di scambiare know-how, attrezzature e materiale.

Possono anche essere realizzati dei frutteti urbani liberamente accessibili al pubblico, caratterizzati da un fondo di prati fioriti che consentano, assieme agli alberi da frutto, il

foraggiamento degli insetti impollinatori, sostenendone la biodiversità e la diffusione. Si possono mettere a dimora specie differenti, al fine di avere produzione di frutti durante le diverse stagioni. La superficie sigillata, se presente, viene sostituita con terreno drenante coltivabile con specie orticole o per la messa a dimora di alberi da frutto. Inoltre, sono previste strutture tecniche di orticoltura e giardinaggio, come serre e cassoni a terra, per promuovere attività formative e di inclusione sociale.

Benefici attesi

Mitigazione dell'effetto isola urbana di calore e miglioramento del microclima
Contrasto al degrado ambientale
Mitigazione dell'inquinamento atmosferico attraverso l'assorbimento degli inquinanti gassosi e del particolato atmosferico
Incremento dell'assorbimento della CO₂
Miglioramento dell'infiltrazione acque meteoriche nel suolo con riduzione del rischio idrogeologico
Creazione nuovi habitat e incremento della biodiversità animale e vegetale
Fornitura cibo prodotto in modo sostenibile e a km 0

AMBIENTE

Promozione della coesione sociale e senso di comunità in spazi aperti
Inclusione dei diversamente abili
Miglioramento della salute e del benessere psico-fisico, promozione stili di vita sani e prevenzione rischi sanitari
Contrasto al degrado ambientale, sociale e agli illeciti

SOCIETÀ

Produzione agroalimentare a km zero a costi ridotti

ECONOMIA

INDICATORI DI MONITORAGGIO

Avanzamento: Superficie destinata ad orti urbani coltivata, sul totale previsto
N. di orti realizzati sul totale previsto

Efficacia: Differenza della temperatura pre/post-intervento

N. di persone che utilizzano gli orti

N. di episodi e di danni legati agli allagamenti dovuti alle acque superficiali meteoriche



POSSIBILI EFFETTI NEGATIVI/MALADATTAMENTO

Incremento delle necessità irrigue e del relativo consumo di acqua

Impatto ambientale ed economico associato ai processi di rimozione e smaltimento della pavimentazione, in caso di realizzazione su suoli asfaltati e di materiale abbandonato presente nell'area

INDICAZIONI TECNICHE PER EVITARE EFFETTI NEGATIVI

Effettuare un'analisi accurata del contesto ambientale ed urbano, delle aree dove le piante devono essere collocate

Progettare considerando il minore impatto di realizzazione delle opere e prevedere l'uso di materiali naturali e riciclati a basso impatto ambientale

Prevedere l'installazione di colonnine per sistemi e idranti antincendio

Prevedere sistemi di raccolta delle acque meteoriche a fini irrigui

VITA MEDIA

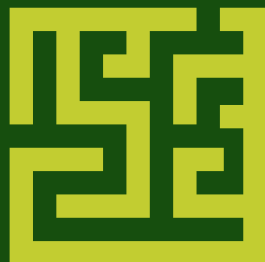
10-30 anni

AMBITO DI REALIZZAZIONE

Aree dismesse e/o abbandonate, aree verdi e parchi, spazi aperti liberi dati in concessione a cittadini o associazioni di quartiere dai comuni



06



STRUTTURE OMBREGGIANTI



- 1 Torino
- 12 Trento
- 13 Treviso
- 30 Ferrara
- 38 Prato
- 41 Livorno
- 44 Ancona
- 48 Terni
- 50 Roma
- 52 Aprilia
- 62 Lecce
- 71 Gela
- 72 Marsala



Pericolo climatico



ondate di calore

Tipologia

IB - Utilizzo di materiali riflettenti/basso assorbimento di calore, per utilizzi orizzontali e verticali, ad esempio per pavimentazioni/arredo urbano, strutture ombreggianti

Descrizione

Nei casi in cui non sia possibile utilizzare infrastrutture verdi per ombreggiare gli spazi aperti e garantirne una fruizione anche nei periodi più caldi, si utilizzano strutture ombreggianti finalizzate a schermare l'irraggiamento solare e creare barriere d'ombra verticali e orizzontali a protezione di superfici particolarmente assolate, contenendo così l'aumento delle temperature e migliorando il comfort termico per i frequentatori della zona. Le strutture possono essere moduli ombreggianti realizzati con materiali riflettenti a basso assorbimento di calore ed elevata albedo (ad es., gazebo, vele, teloni), oppure possono essere basate sull'utilizzo di elementi di sostegno in legno o metallo con funzione di supporto per piante rampicanti. I rampicanti possono essere piante rustiche, adattabili, sempreverdi o spoglianti, se esposte a sud, consentendo così il riscaldamento delle superfici in inverno. Grazie al processo di evapotraspirazione le superfici vegetate presentano mediamente una temperatura minore rispetto a quella dell'aria circostante; questi benefici si traducono in temperature inferiori nelle aree circostanti e negli edifici, migliorando il comfort e la qualità della vita degli abitanti.

Benefici attesi

AMBIENTE

Incremento dell'ombreggiamento e mitigazione dell'effetto isola di calore urbana
Incremento dell'assorbimento degli inquinanti gassosi e del particolato atmosferico
Incremento dell'assorbimento della CO₂
Rallentamento del ruscellamento superficiale delle acque piovane

SOCIETÀ

Incremento del comfort termico degli ambienti interni ed esterni
Miglioramento del benessere percepito
Incremento della fruizione e vivibilità dei luoghi

ECONOMIA

Riduzione dei costi energetici per riscaldamento/raffrescamento degli edifici
Incremento dei fruitori della strada e del business delle attività commerciali ivi insediate

INDICATORI DI MONITORAGGIO

Avanzamento: N. di strutture ombreggianti realizzate sul totale previsto
Superficie ombreggiata sul totale previsto
Metri lineari di barriere ombreggianti sul totale previsto

Efficacia: Differenza della temperatura pre/post-intervento
Domanda energetica nella stagione estiva
Ospedalizzazioni per patologie associate a ondate di calore estivo
N. dei fruitori e visitatori delle aree interessate

POSSIBILI EFFETTI NEGATIVI/MALADATTAMENTO



Ciclo di produzione/smaltimento dei tessuti sintetici e/o plastici utilizzati per la realizzazione di strutture ombreggianti che non prevedono l'uso di rampicanti e dei sostegni/strutture necessari per l'ancoraggio della vegetazione
Emissioni inquinanti e climalteranti dovute al cantiere/processo di produzione

INDICAZIONI TECNICHE PER EVITARE EFFETTI NEGATIVI

Prevedere l'impiego di materiali/tessuti naturali, sostenibili e riciclabili e/o biodegradabili a basso impatto ambientale e duraturi nel tempo

Progettare considerando il minore impatto di realizzazione delle opere (es. *ecodesign*)

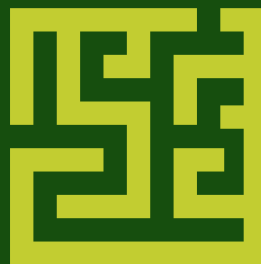
Laddove possibile, integrare le coperture ombreggianti e gli elementi di schermo con sistemi per la produzione di energia da fonti rinnovabili (es. pannelli fotovoltaici, pannelli produzione acqua calda)

VITA MEDIA

10-30 anni

AMBITO DI REALIZZAZIONE

Ambiti mercatali all'aperto, aree e parchi, edifici pubblici e aree di pertinenza, edifici scolastici e aree di pertinenza, parcheggi, piazze/piazzali, piste ciclabili e/o pedonali, stadi e impianti sportivi, tratti stradali



07



SUPERFICI A BASSO ASSORBIMENTO DI CALORE/ RIFLETTENTI





Pericolo climatico



ondate di calore

Tipologia

I.B - Utilizzo di materiali riflettenti/basso assorbimento di calore, per utilizzi orizzontali e verticali, ad esempio per pavimentazioni/arredo urbano, strutture ombreggianti

Descrizione

L'uso di superfici a basso assorbimento di calore/riflettenti, dette anche "tetti/pavimenti freddi", ha lo scopo primario di contenere l'effetto dell'isola urbana di calore nelle città e ridurre i consumi energetici degli edifici, grazie alla loro elevata capacità di riflettere la radiazione solare incidente e di trasmettere, sotto forma di radiazione termica, la frazione di energia assorbita. Tali superfici sono caratterizzate quindi da elevati valori di *Solar Reflectance Index (SRI)*, cui corrisponde un minore surriscaldamento cui la superficie è soggetta una volta irraggiata dal sole. Si tratta, perlopiù, di superfici di color chiaro, preferibilmente bianco, e di materiali non metallici quali, ad esempio, vernici, guaine, legno, masselli di calcestruzzo, calcestruzzo. Le vernici riflettenti possono essere utilizzate su asfalti, manti impermeabili, su strutture orizzontali o verticali. Esistono vernici riflettenti di molti tipi ma per la quasi totalità sono utilizzate quelle a base di resine acriliche. Spesso hanno proprietà elastiche e, per essere riflettenti, sono di colore bianco.

Le guaine riflettenti sono coperture bituminose che utilizzano materiali a basso assorbimento di calore e riflettenti. Utilizzate su tetti di edifici, coperture piane anche pedonabili, permettono la loro impermeabilità. Il manto impermeabile può avere una pellicola superficiale acrilica ceramizzata di colore bianco. Risulta una riflettività dei raggi solari che può superare l'80%.

Spesso gli interventi appartenenti a questa tipologia prevedono ripavimentazioni basate sull'utilizzo di blocchetti in calcestruzzo anche con funzione drenante e con colorazioni diverse (si veda la scheda 13 - *Pavimentazioni drenanti*).

Benefici attesi

Mitigazione dell'effetto isola di calore urbana e miglioramento del microclima
Miglioramento microclimatico interno dell'edificio
Riduzione delle emissioni di gas serra dovute al riscaldamento/raffrescamento dell'edificio
Riduzione delle temperature al suolo

AMBIENTE

Incremento del comfort termico degli ambienti interni
Miglioramento della salute e del benessere psicofisico, prevenzione dei rischi sanitari
Incremento della fruizione e vivibilità dei luoghi

SOCIETÀ

Riduzione dei costi energetici per riscaldamento/raffrescamento degli edifici
Riduzione delle spese sanitarie
Incremento del valore di mercato degli immobili

ECONOMIA

INDICATORI DI MONITORAGGIO

Avanzamento: Superficie con elevati valori di riflettanza/basso assorbimento di calore sul totale previsto

Efficacia: Differenza della temperatura pre/post-intervento
Differenza temperatura interna ed esterna agli edifici pre/post-intervento
Riduzione dei consumi energetici per riscaldamento/raffrescamento
Comfort bioclimatico, qualità urbana, vivibilità degli spazi pubblici (valutazioni qualitative)



POSSIBILI EFFETTI NEGATIVI/MALADATTAMENTO

Emissioni inquinanti e climalteranti durante la fase di produzione/cantiere (es. calcestruzzo, cemento, ecc.)

Impiego di materiali inquinanti durante tutto il ciclo di vita (produzione, utilizzo, smaltimento, trattamento, stoccaggio, bonifica siti), soggetti a rapido deterioramento e dispersione nell'ambiente (es. vernici)

INDICAZIONI TECNICHE PER EVITARE EFFETTI NEGATIVI

Considerare di combinare l'impiego di materiali a basso assorbimento termico con la capacità drenante nelle aree ove possibile, al fine di ridurre le emissioni associate al ciclo di vita del cantiere e dei materiali e contenere l'impatto in termini di emissioni di gas serra

Considerare la realizzazione di interventi su area vasta per rendere più efficace l'effetto dell'abbassamento delle temperature

Valutare l'opportunità di realizzare un'analisi del ciclo di vita (*Life Cycle Assessment, LCA*) confrontandola con i risultati post-intervento, al fine di ottimizzare le tipologie di intervento

Adottare pratiche di bioedilizia e bioarchitettura

Applicare i Criteri Ambientali Minimi (CAM) per l'edilizia

VITA MEDIA

Calcestruzzo 40 anni

Guaine riflettenti 30 anni

Vernici 10 anni (molto variabile)

AMBITO DI REALIZZAZIONE

Aree e parchi, coperture di edifici pubblici, parcheggi, piazze/piazzali, stadi e impianti sportivi



08



SERRE SOLARI



40 Viareggio
50 Roma
73 Palermo



Foto by Pixabay Community

Pericolo climatico



ondate di calore

Tipologia

I.C - Realizzazione di interventi di edilizia climatica, tetti e pareti verdi, boschi verticali, barriere alberate ombreggianti, sistemi di coibentazione e ventilazione naturale, tetti freddi e tetti ventilati, ecc.

Descrizione

Le serre solari o serre bioclimatiche sono sistemi solari passivi, a guadagno indiretto, in grado di sfruttare l'energia solare e accumulare calore durante il giorno, finalizzate al miglioramento dell'efficienza energetica degli edifici e del comfort abitativo. Esse sono superfici esterne alle abitazioni (balconi, terrazzi e altro) che vengono delimitate con vetrate e schermi basso-emissivi secondo specifici criteri che stabiliscono, ad esempio, i volumi, le dimensioni o la percentuale di superficie vetrata. Nella serra non si prevedono né impianti di condizionamento né sistemi di riscaldamento.

Nella stagione invernale la serra solare consente l'accumulo di calore durante il giorno, attraverso il fenomeno dell'effetto serra, trattenendolo all'interno con la minima dispersione possibile notturna e favorendo così il riscaldamento degli ambienti. Nella stagione estiva, invece, è necessario l'uso di schermature mobili nonché l'utilizzo di idonei sistemi di ventilazione o della vegetazione che, attraverso l'ombreggiamento e l'evapotraspirazione, può favorire il raffrescamento degli ambienti.

Nella progettazione della serra solare è necessario quindi studiare con attenzione le caratteristiche del luogo in cui verrà installata quali, ad esempio, la latitudine e l'inclinazione solare, la struttura e l'orientamento dell'edificio (a sud), i fattori ambientali e morfologici del territorio, ecc.

Benefici attesi

Mitigazione dell'effetto isola urbana di calore e miglioramento del microclima
Miglioramento della prestazione energetico-ambientale degli edifici
Riduzione delle emissioni di gas serra dovute al riscaldamento/raffrescamento dell'edificio

Incremento comfort termo-igrometrico degli ambienti interni
Miglioramento della salute e del benessere psicofisico, prevenzione dei rischi sanitari

Riduzione dei costi energetici per riscaldamento/raffrescamento degli edifici
Riduzione dei costi sanitari associati al discomfort termico
Incremento del valore di mercato degli immobili

AMBIENTE

SOCIETÀ

ECONOMIA

INDICATORI DI MONITORAGGIO

Avanzamento: Superficie interessata dal retrofitting sul totale previsto

Efficacia: Differenza di temperatura in facciata e in copertura e all'interno dell'edificio pre/post-intervento
Riduzione dei consumi energetici per riscaldamento



POSSIBILI EFFETTI NEGATIVI/MALADATTAMENTO

Impiego di materiali impattanti dal punto di vista energetico e ambientale durante tutto il ciclo di vita

INDICAZIONI TECNICHE PER EVITARE EFFETTI NEGATIVI

Si suggerisce una progettazione adeguata in riferimento all'asse eliotermico, alla morfologia del manufatto edilizio, alle caratteristiche geografiche dell'area interessata.

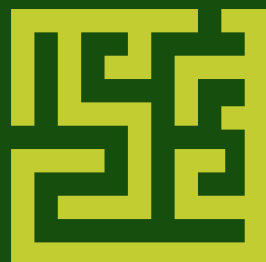
VITA MEDIA

30 anni circa

AMBITO DI REALIZZAZIONE

Edifici scolastici e pubblici e aree di pertinenza

09



SCHERMATURE SOLARI





Foto by Ispra "Centro Direzionale Argonauta" – Roma

Pericolo climatico



ondate di calore

Tipologia

I.C - Realizzazione di interventi di edilizia climatica, tetti e pareti verdi, boschi verticali, barriere alberate ombreggianti, sistemi di coibentazione e ventilazione naturale, tetti freddi e tetti ventilati, ecc.

Descrizione

Le schermature solari possono essere delle vere e proprie strutture parallele a pareti e facciate degli edifici o installazioni inserite su infissi o vetrate degli edifici, finalizzate a filtrare, bloccare, schermare la radiazione solare entrante, riducendo così il surriscaldamento degli ambienti interni e favorendo il risparmio energetico.

Tali sistemi prevedono sia soluzioni indoor, che filtrano dall'interno la radiazione solare (es. tapparelle, scuri, persiane, ecc.), sia soluzioni outdoor che si installano all'esterno dell'infisso bloccando i raggi solari prima che penetrino all'interno. Questi ultimi possono essere mobili (attivati in caso di necessità), fissi (parte integrante dell'edificio) e/o integrati. I sistemi mobili sono dotati di meccanismi (manuali o elettrici) che ne consentono il funzionamento e la regolazione in base all'orientamento del sole, in modo tale da ottimizzare la quantità di luce che entra negli ambienti interni. Il sistema fisso risulta meno efficiente rispetto a quello mobile, in quanto non può essere regolato completamente dall'utente in base alle proprie necessità.

Le schermature solari a sistema orizzontale sono maggiormente performanti nella zona esposta a sud ossia dove il sole si trova in posizione zenitale. Le schermature verticali si rivelano efficienti nel caso di facciate esposte a est o a ovest poiché consentono di riparare l'edificio dai raggi bassi del sole durante la mattina e il pomeriggio.

Benefici attesi

Miglioramento della prestazione energetico-ambientale degli edifici
Incremento comfort termo-igrometrico degli ambienti interni
Riduzione delle emissioni di gas serra dovute al riscaldamento/raffrescamento dell'edificio
Mitigazione dell'effetto isola urbana di calore e miglioramento del microclima

AMBIENTE

Miglioramento della salute e del benessere psicofisico, prevenzione dei rischi sanitari

SOCIETÀ

Riduzione dei costi energetici per riscaldamento/raffrescamento degli edifici
Riduzione dei costi sanitari associati al discomfort termico
Incremento del valore di mercato degli immobili

ECONOMIA

INDICATORI DI MONITORAGGIO

Avanzamento: Superficie interessata dal retrofitting sul totale previsto

Efficacia: Differenza di temperatura in facciata e in copertura e all'interno dell'edificio pre/post-intervento
Riduzione dei consumi energetici per raffrescamento



POSSIBILI EFFETTI NEGATIVI/MALADATTAMENTO

Impiego di materiali impattanti dal punto di vista energetico e ambientale durante tutto il ciclo di vita

INDICAZIONI TECNICHE PER EVITARE EFFETTI NEGATIVI

La schermatura deve essere opportunamente direzionata e inclinata per difendere efficacemente l'edificio dall'eccessiva esposizione ai raggi solari. Fondamentale è la scelta dei materiali e il loro impatto. Essi vanno selezionati con attenzione soprattutto per il loro ciclo di produzione e smaltimento (*Life Cycle Assessment*).

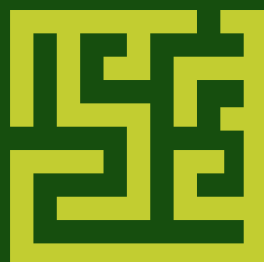
VITA MEDIA

30 anni

AMBITO DI REALIZZAZIONE

Edifici pubblici e aree di pertinenza

10

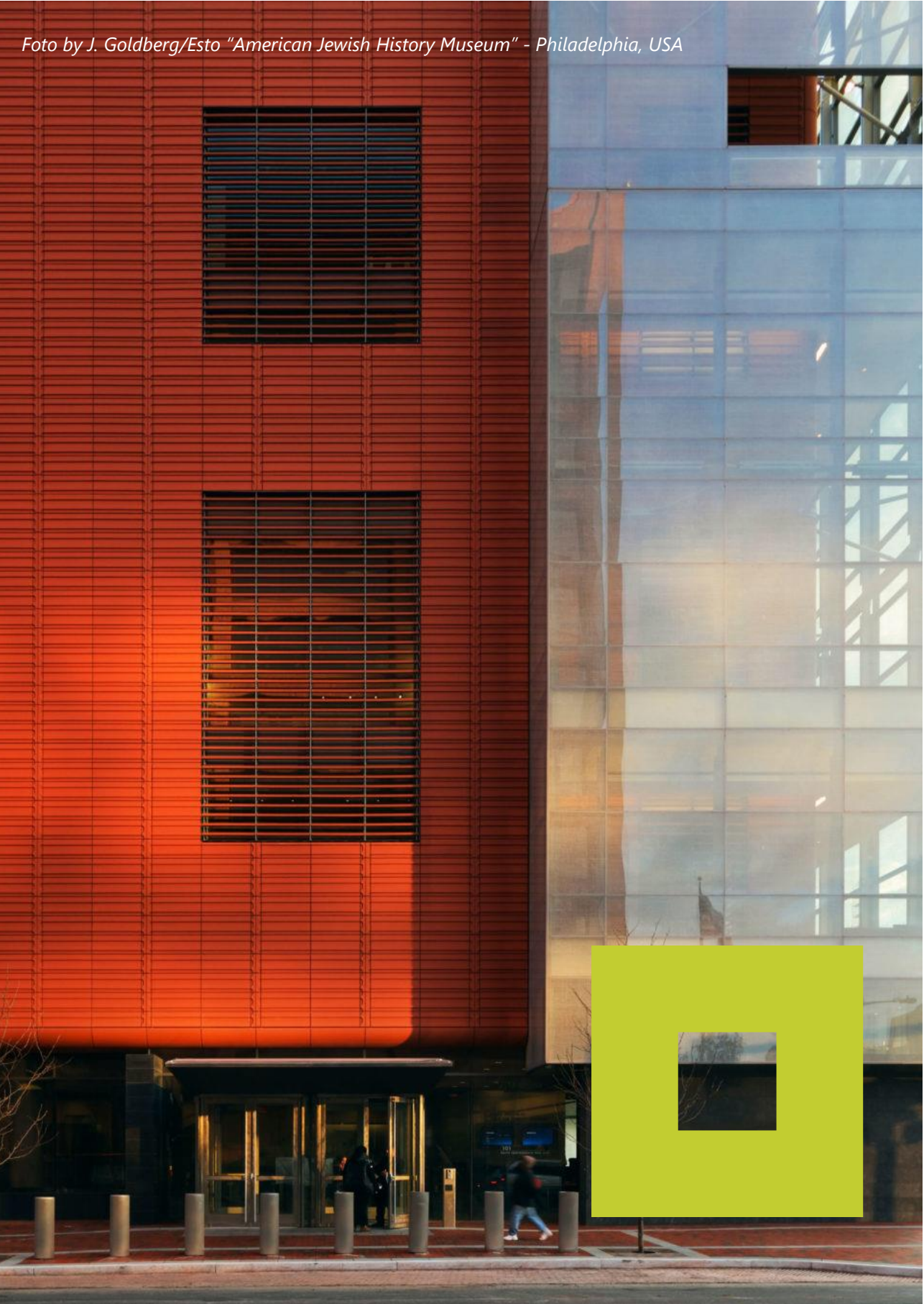


TETTI E PARETI VENTILATE



50 Roma
69 Messina

Foto by J. Goldberg/Esto "American Jewish History Museum" - Philadelphia, USA



Pericolo climatico



ondate di calore

Tipologia

I.C - *Realizzazione di interventi di edilizia climatica, tetti e pareti verdi, boschi verticali, barriere alberate ombreggianti, sistemi di coibentazione e ventilazione naturale, tetti freddi e tetti ventilati, ecc.*

Descrizione

Lo sfruttamento della ventilazione naturale nelle facciate e nei tetti costituisce un ottimo strumento per garantire il raffrescamento passivo degli edifici, specialmente nei climi caldi e nelle stagioni estive.

Pareti/facciate ventilate

Le facciate ventilate sono un sistema di rivestimento esterno che viene installato a secco, adatto sia per le nuove costruzioni che per gli interventi di riqualificazione dell'esistente. Esse prevedono un'intercapedine tra la parete perimetrale dell'edificio e il rivestimento esterno e basano il loro funzionamento sul movimento d'aria che si innesca all'interno della camera d'aria: si tratta di un moto convettivo naturale che dipende dalla differenza di temperatura che si crea tra interno ed esterno dell'intercapedine.

Nel funzionamento estivo, l'innalzamento della temperatura dell'aria nell'intercapedine, causata dalla radiazione solare sul rivestimento, provoca il cosiddetto "effetto camino", responsabile di un moto d'aria verso l'alto. In questo modo, il calore viene "portato via", riducendo la temperatura sulla parete interna.

Nei mesi invernali, invece, quando la radiazione è meno intensa, l'intercapedine mantiene in equilibrio la temperatura interna della parete, riducendo così i problemi legati ad

umidità e condensa superficiale. Sulle pareti viene posato uno strato isolante continuo che può essere realizzato con pannelli appositamente studiati e realizzati per le facciate ventilate. Oltre alle prestazioni termiche, è opportuno considerare anche la resistenza al fuoco e la durabilità del materiale che rimane per tutta la sua vita utile esposto nell'intercapedine. In caso di eventi di pioggia estremi o freddo intenso, l'edificio risulta maggiormente protetto dagli agenti atmosferici.

La facciata/parete ventilata può essere realizzata con vari tipi di materiali quali il gres porcellanato, marmi, graniti, pietre naturali, ecc. caratterizzati da elevata resistenza meccanica e agli sbalzi termici, limitato assorbimento d'acqua, incombustibilità, resistenza dei colori alla luce solare, agli attacchi chimici e allo smog, limitata manutenzione.

Tetti ventilati

La realizzazione del tetto ventilato, che si ottiene quando il manto di copertura si distacca dallo strato isolante mediante la fabbricazione di un'intercapedine che permette ad un flusso d'aria di circolare dalla gronda fino al colmo, crea un "effetto camino", cioè l'aria in ingresso lungo la linea di gronda si scalda a contatto con lo strato isolante e risale per convezione verso il colmo dal quale fuoriesce portando con sé il calore e l'umidità raccolte. Nella stagione estiva i vantaggi del tetto ventilato sono rilevanti poiché esso permette di isolare l'abitazione dal calore. Nei mesi invernali esso favorisce lo smaltimento della condensa e la fusione di ghiaccio e neve.

Benefici attesi

Miglioramento della prestazione energetico-ambientale degli edifici
Riduzione delle emissioni di gas serra dovute al raffrescamento dell'edificio
Mitigazione dell'effetto isola urbana di calore e isolamento termico invernale
Miglioramento della qualità dell'aria all'interno dell'edificio
Miglioramento del comfort termo-acustico e termo-igrometrico degli ambienti interni

AMBIENTE

Miglioramento della salute e del benessere psicofisico, prevenzione dei rischi sanitari

SOCIETÀ

Riduzione dei costi di gestione e manutenzione della muratura perimetrale
 Riduzione dei costi sanitari
 Aumento della durabilità delle pareti
 Riduzione dei costi energetici per riscaldamento/raffrescamento degli edifici

INDICATORI DI MONITORAGGIO

Avanzamento: Superficie riqualificata mediante ventilazione naturale sul totale previsto
 Superficie di tetto ventilato realizzato sul totale

Efficacia: Differenza temperatura in facciata e in copertura e all'interno dell'edificio
 pre/post-intervento
 Riduzione dei consumi energetici per raffrescamento

POSSIBILI EFFETTI NEGATIVI/MALADATTAMENTO



Realizzazione del rivestimento che amplia la superficie occupata dall'immobile
 Incremento del rischio di propagazione degli incendi
 Impiego di materiali impattanti dal punto di vista energetico e ambientale durante tutto il ciclo di vita

INDICAZIONI TECNICHE PER EVITARE EFFETTI NEGATIVI

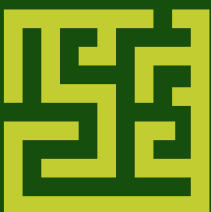
Si raccomanda una progettazione accurata e l'uso di materiali idonei poiché in caso di incendio potrebbe favorire la propagazione delle fiamme.
 Fondamentale è la scelta dei materiali e il loro impatto. Essi vanno selezionati con attenzione soprattutto per il loro ciclo di produzione e smaltimento (*Life Cycle Assessment*).

VITA MEDIA

30 anni circa

AMBITO DI REALIZZAZIONE

Edifici scolastici, edifici pubblici



EDILIZIA BIOCLIMATICA

Gli interventi di architettura bioclimatica combinano tecniche tradizionali con tecniche e tecnologie moderne al fine di raggiungere un elevato comfort all'interno dell'edificio con il minor dispendio di energia possibile. Nella progettazione vengono studiati e analizzati molteplici fattori quali la struttura dell'edificio, i fattori ambientali, morfologici e fisici del territorio. Vengono sfruttate sia strategie attive che richiedono l'utilizzo di soluzioni impiantistiche utili a catturare l'energia esterna per poi trasformarla in energia fruibile, sia sistemi passivi in modo da catturare l'energia solare esterna e trattenerla all'interno con la minima dispersione di calore possibile, durante i mesi invernali, e di proteggere l'ambiente interno dai raggi del sole, trasferendo il calore verso l'esterno grazie all'utilizzo di idonei sistemi di ventilazione, durante i mesi estivi. In genere vengono adottati diversi sistemi che vanno dall'orientamento dell'edificio, all'utilizzo di schermature mobili, alla morfologia dell'edificio, alle serre solari, alle tecniche di ventilazione naturale, all'utilizzo del verde, alle colorazioni utilizzate, etc.⁹

I sistemi solari passivi vengono impiegati per raggiungere gli obiettivi di riscaldamento solare passivo attraverso l'accumulo, la distribuzione e la conservazione dell'energia termica solare. Al fine di raggiungere questo scopo, le principali tecniche passive prevedono l'impiego di muri termo-accumulatori, di un ottimo isolamento, di masse notevoli per realizzare accumuli termici, di sistemi di preriscaldamento dell'aria, utilizzo di superfici vetrate esposte a Sud, di vere e proprie serre addossate all'edificio etc.

Per raggiungere il raffrescamento naturale, grazie alla ventilazione naturale, alla schermatura e all'espulsione del calore indesiderato verso l'esterno. Le principali tecniche impiegate in questo caso prevedono l'utilizzo di condotte d'aria interrato, di camini solari, di una buona massa termica, della ventilazione indotta, di protezioni dall'irraggiamento diretto e di sistemi per la deumidificazione o per l'evaporazione dell'acqua.

I sistemi solari passivi possono essere classificati in tre categorie:

- a guadagno diretto (lo scambio termico prevalente è di tipo radiativo diretto);
- a guadagno indiretto (lo scambio termico prevalente è di tipo convettivo, quello radiativo è indiretto, attraverso la parete di accumulo);

⁹ Per ulteriori approfondimenti: <https://www.costruirebio.it/architettura-bioclimatica/>

- ad incremento isolato (la superficie di captazione è separata dall'accumulo termico, lo scambio è di tipo radiativo indiretto con una massa che accumula senza introdurre aria riscaldata direttamente nell'ambiente).

Il sistema a guadagno diretto prevede la messa in opera di ampie superfici vetrate esposte a Sud, aperte direttamente sull'ambiente interno.

I principali sistemi a guadagno indiretto sono rappresentati da: muro termico, muro Trombe, serra.

Nel muro termico l'accumulo è determinato da una parete di consistente massa termica esposta a Sud e protetta da una superficie vetrata per ridurre le dispersioni termiche. Il calore assorbito dalla parete viene trasmesso attraverso la parete per conduzione e ceduto all'interno con un certo ritardo (per convezione ed irraggiamento). Gli elementi d'accumulo sono costituiti da pareti e/o solai aventi un'adeguata capacità termica.

Il muro Trombe, oltre al trasferimento del calore dalla captazione all'ambiente retrostante per conduzione (come nel muro termico), consente anche un trasferimento convettivo (termo-circolazione naturale) attraverso delle aperture poste in alto ed in basso sulla parete.

La serra determina un sistema cuscinetto tra interno ed esterno con un evidente miglioramento delle condizioni di comfort. Inoltre, la serra si può addossare agli edifici preesistenti e costituisce lo spazio ideale (con i dovuti accorgimenti) per la coltivazione di piante. Se dotata di schermature ad elementi mobili può essere considerata uno spazio abitabile¹⁰.

L'utilizzo più razionale di risorse ambientali rinnovabili (radiazione solare per il riscaldamento degli ambienti e per l'illuminazione naturale, vento, evaporazione di acqua o scambio termico con il terreno per il raffrescamento estivo, etc.) può contribuire a ridurre il consumo di energia primaria. Gli interventi relativi al cappotto termico, riguardano la coibentazione sia delle superfici verticali che orizzontali, con particolare attenzione agli infissi che rappresentano un fattore di rischio per dispersioni di calore e ponti termici. Fondamentale è la scelta dei materiali e il loro impatto, vanno selezionati con attenzione soprattutto per il loro ciclo di produzione e smaltimento (LCA).

Benefici ambientali¹¹ Salvaguardia delle risorse naturali
Riduzione degli sprechi d'acqua

¹⁰ Per ulteriori approfondimenti:

https://architettura.unige.it/did/12/architettura/terzo0809/fisicatecnica/capitoli/cap5_2.pdf

¹¹ Per ulteriori approfondimenti:

<https://anteritalia.org/che-cose-larchitettura-bioclimatica-vantaggi-prospettive-esempi/>



Benefici sociali¹¹

Miglioramento della qualità dell'aria interna
Aumento della qualità della vita
Miglior comfort abitativo
Benessere dell'individuo

Benefici economici¹¹

Diminuzione dei costi energetici
Diminuzione dei costi di gestione dell'immobile
Impulso alla *green economy* in termini di occupazione



5. Gli interventi blue

Gli **interventi blue** comprendono azioni orientate alla gestione sostenibile delle acque in ambito urbano.

Le infrastrutture **blue** possono fornire un contributo significativo per mitigare principalmente gli effetti di due fenomeni meteoroclimatici opposti ormai ricorrenti sul territorio nazionale: la siccità e le precipitazioni intense. Possono fornire, inoltre, attraverso interventi strutturali, benefici sociali correlati al miglior deflusso delle acque meteoriche in ambito urbano (i.e., maggior supporto alla rete di drenaggio urbana) e al minor consumo di acqua potabile per usi che richiedono una qualità delle acque nettamente inferiore (i.e., maggiore disponibilità di acqua potabile).

La Commissione europea nella strategia europea di adattamento ai cambiamenti climatici (COM/2021/82) promuove la realizzazione di soluzioni/infrastrutture blue che offrono contemporaneamente benefici ambientali, sociali ed economici e contribuiscono a rafforzare la resilienza climatica. Nello specifico, gli interventi previsti dal *"Programma sperimentale di interventi per l'adattamento ai cambiamenti climatici in ambito urbano"*, approvato con Decreto Direttoriale n. 117 del 15 aprile 2021 per le misure blue riguardano le seguenti tipologie di intervento, così definite:

- **I.D: Creazione di sistemi di raccolta delle acque meteoriche, con depurazione e accumulo finalizzato al riciclo per usi non umani, per un uso più efficiente e razionale delle risorse idriche, anche con un'ottica di innovatività e di città smart;**
- **I.E: Interventi finalizzati al riciclo e riutilizzo delle acque reflue depurate, con la finalità di impiegare la risorsa idrica per altri scopi (es. agricoltura, irrigazione parchi e giardini, lavaggio stradale, usi ornamentali anche per il miglioramento della fruizione e del microclima degli spazi pubblici, ecc.) e di rinforzare pratiche di circolarità nella gestione del ciclo idrico integrato.**

Le attività **blue** proposte dai comuni, e analizzate in questo rapporto, si suddividono in 27 interventi volti alla raccolta e al riutilizzo delle acque meteoriche, e in 4 interventi mirati alla laminazione delle acque piovane. La distribuzione geografica dei 31 interventi presentati da 29 comuni su un totale di 80, mostra le seguenti percentuali: il 24% (n. 7) al nord; il 42% (n. 12) al centro e il 34% al sud (n. 10).

Le vasche di laminazione sono opere progettate con lo scopo principale di gestire e controllare il flusso in eccesso delle acque di precipitazione in modo da ridurre il rischio di allagamento. Tra gli interventi proposti si sono contraddistinte due tipologie progettuali di vasche: le vasche prefabbricate e quelle di tipo naturale; quest'ultima tipologia è presente solo in una città delle quattro proponenti.

Al fine di favorire un utilizzo più sostenibile e efficiente delle risorse idriche, sono state proposte soluzioni progettuali incentrate sulla realizzazione di cisterne e serbatoi funzionali alla raccolta, immagazzinamento e riutilizzo dell'acqua piovana per scopi non destinati al consumo umano, come l'irrigazione o in situazioni di emergenza.

Pertanto, le misure di adattamento *blue*, se progettate e implementate in modo appropriato, non solo aiutano a ridurre il rischio di allagamenti, ma possono anche favorire la rigenerazione urbana (i.e., interventi, come le vasche di tipo naturale, possono portare alla valorizzazione di queste aree sia da un punto di vista ambientale sia dal punto di vista dell'uso pubblico, offrendo nuovi spazi di fruizione alla popolazione locale) e la salvaguardia di aree strategiche per le trasformazioni future delle città. In aggiunta, possono contribuire alla riduzione dello sfruttamento delle risorse idriche naturali sia superficiali che sotterranee promuovendo un utilizzo più efficiente ed economicamente sostenibile delle risorse idriche.

11



SISTEMI DI RACCOLTA E RIUTILIZZO ACQUE METEORICHE



- 1 Torino
- 3 Novara
- 6 Milano
- 17 Padova
- 19 Trieste
- 20 Genova
- 21 La Spezia
- 28 Modena
- 31 Ravenna
- 37 Pistoia
- 38 Prato
- 41 Livorno
- 43 Pesaro
- 44 Ancona
- 47 Perugia
- 51 Fiumicino
- 52 Aprilia
- 53 Latina
- 54 Pomezia
- 55 Viterbo
- 58 Altamura
- 60 Brindisi
- 62 Lecce
- 65 Potenza
- 68 Crotone
- 69 Messina
- 71 Gela
- 72 Marsala



Pericolo climatico



siccità



precipitazioni intense

Tipologia

I.D - Creazione di sistemi di raccolta delle acque meteoriche, con depurazione e accumulo finalizzato al riciclo per usi non umani, per un uso più efficiente e razionale delle risorse idriche, anche con un'ottica di innovatività e di città smart

Descrizione

Un sistema di raccolta e riutilizzo delle acque meteoriche è un insieme di dispositivi progettati con la finalità di immagazzinare l'acqua che cade su edifici e superfici impermeabili e/o permeabili (i.e. prati, pavimentazioni drenanti) in serbatoi/cisterne (interrati o fuori terra) e successivamente utilizzarla per scopi/usi non potabili (i.e., irrigazione, lavaggio di strade e piazze, irrigazione manto erboso, situazioni di emergenza, funzionamento fontane).

L'obiettivo principale è quello di sfruttare al massimo le risorse idriche disponibili, riducendo così la dipendenza dalle fonti d'acqua tradizionali e contribuendo a una gestione sostenibile delle risorse idriche.

Questi sistemi possono essere installati in diversi contesti, tra cui edifici residenziali, commerciali e/o industriali. Essi sono particolarmente adatti per aree con precipitazioni abbondanti ma anche dove il fabbisogno idrico è significativo. Spesso i sistemi di raccolta delle acque piovane vengono integrati nell'edificio stesso, ma possono anche essere

implementati/integrati a livello urbano, come parte di progetti di infrastrutture sostenibili nella creazione di parchi e aree pubbliche.

Benefici attesi

Riduzione dello sfruttamento delle risorse idriche naturali superficiali e sotterranee

AMBIENTE

Incremento della sensibilizzazione dei cittadini sull'importanza della conservazione delle risorse idriche e delle pratiche sostenibili

SOCIETÀ

Utilizzo più efficiente ed economicamente sostenibile delle risorse idriche

ECONOMIA

INDICATORI DI MONITORAGGIO

Avanzamento: % di realizzazione dell'intervento sul totale previsto

Efficacia: Volume di acqua meteorica raccolta

Indici di qualità delle acque

% di risparmio idrico

POSSIBILI EFFETTI NEGATIVI/MALADATTAMENTO

Le condizioni meteorologiche dell'area che possono influenzare la funzionalità del sistema di raccolta



La realizzazione di queste opere in aree contraddistinte da prolungati periodi di scarse precipitazioni potrebbe portare a costi di realizzazione e manutenzione che non saranno coperti dai benefici attesi

Emissioni inquinanti e climalteranti

Impiego di materiali impattanti dal punto di vista energetico e ambientale durante tutto il ciclo di vita

INDICAZIONI TECNICHE PER EVITARE EFFETTI NEGATIVI

Considerare un adeguato dimensionamento del sistema (es. massimo volume immagazzinabile in funzione delle caratteristiche meteorologiche dell'area, analisi idrogeologica dell'area, materiali filtranti idonei, ecc.)

Prevedere una regolare manutenzione del sistema

Prevedere il monitoraggio della qualità dell'acqua

Assicurare il corretto riutilizzo dell'acqua raccolta

VITA MEDIA

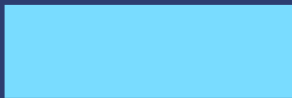
10-50 anni

AMBITO DI REALIZZAZIONE

Aree verdi e parchi, edifici scolastici e aree di pertinenza, parcheggi, piazze/piazzali, spazi pubblici, stadi e impianti sportivi



12



VASCHE DI LAMINAZIONE



- 6 Milano
- 15 Verona
- 28 Modena
- 50 Roma



Foto by StockSnap su Pixabay Community

Pericolo climatico



siccità



precipitazioni intense

Tipologia

I.D - Creazione di sistemi di raccolta delle acque meteoriche, con depurazione e accumulo finalizzato al riciclo per usi non umani, per un uso più efficiente e razionale delle risorse idriche, anche con un'ottica di innovatività e di città smart

II.B - Sperimentazione sugli spazi pubblici di soluzioni per il drenaggio urbano sostenibile, intese in chiave di rigenerazione urbana, come le piazze/spazi multifunzione o strutture, vasche, serbatoi deputati alla raccolta e al deflusso dell'acqua meteorica in caso di precipitazioni particolarmente intense

Descrizione

Le vasche di laminazione sono opere di pianificazione idraulica progettate per gestire e controllare il flusso delle acque di precipitazione in modo da ridurre il rischio di allagamento. Esse svolgono, quindi, un ruolo importante nel mitigare gli effetti delle precipitazioni intense e nel regolare il deflusso delle acque.

Si tratta, nello specifico, di volumi realizzati appositamente per intercettare/raccogliere le acque meteoriche che scorrono sulle superfici impermeabilizzate per poi restituirle ai recettori con una portata più contenuta – “laminata”, controllata artificialmente e quindi diluita nel tempo per eliminare il pericolo delle onde di piena e contribuire a minimizzare/eliminare i rischi di allagamento.

Le vasche di laminazione sono progettate per contenere una quantità specifica di acqua in eccesso formatasi durante un evento meteorico intenso (capacità di immagazzinamento) che può variare a seconda delle caratteristiche idrologiche dell'area. Sono, inoltre, dotate di strutture di controllo del flusso, come paratoie, chiuse, valvole, che regolano il deflusso dell'acqua in ingresso ed in uscita (elementi di controllo del

flusso) e consentono di intercettare l'acqua in eccesso e/o rilasciare l'acqua gradualmente nel tempo, riducendo così il rischio di allagamento a valle. La progettazione di queste vasche si basa su fattori idrologici e idraulici (i.e. portata di piena, durata dell'evento, caratteristiche dell'area, ecc.) che garantiscono di gestire efficacemente il flusso delle acque e di ridurre il rischio di allagamento (specifica progettazione idraulico-idrologica).

Tipologie di vasche:

- vasche di laminazione di tipo naturale (V1): sono progettate sfruttando le caratteristiche naturali del terreno, come depressioni o bacini idrici preesistenti, per accumulare temporaneamente l'acqua durante le piene. Possono essere utilizzate per creare habitat per la fauna e la flora locale, oltre alla funzione di laminazione.
- vasche di laminazione prefabbricate (V2): sono di norma interrate e vengono utilizzate quando lo spazio in superficie è limitato (es. aree urbane o commerciali). L'acqua in eccesso viene convogliata in una vasca sotterranea che funge da serbatoio temporaneo.

Benefici attesi

Riduzione del rischio di allagamenti urbani
Riduzione dei picchi di piena nei corpi recettori (V1, V2)
Tutela della risorsa idrica (V1, V2)
Miglioramento dell'infiltrazione delle acque in falda (V2)
Protezione di habitat sensibili (V2)
Miglioramento della qualità dei corpi idrici con rimozione degli inquinanti (V2)
Incremento della biodiversità urbana animale e vegetale (V2)

Rigenerazione urbana e salvaguardia di aree strategiche per le trasformazioni future delle città (V1, V2)
Protezione di aree con media e alta densità abitativa (V1, V2)
Miglioramento della vivibilità e della sicurezza dello spazio pubblico (V1, V2)

AMBIENTE

SOCIETÀ

Valorizzazione degli spazi verdi (V1)

Riduzione dei danni alle proprietà e alle infrastrutture

Risparmio sui costi di riparazione e recupero post evento allagamento

INDICATORI DI MONITORAGGIO

Avanzamento: % di realizzazione dell'intervento sul totale previsto

Efficacia: Portata (ingresso/uscita)

Volume e Livelli idrici

N. di allagamenti/anno

Tempo di ritenzione



POSSIBILI EFFETTI NEGATIVI/MALADATTAMENTO

Impatto visivo sul paesaggio urbano

Possibile accumulo di sedimenti

Possibile rischio di inquinamento delle acque raccolte

Emissioni inquinanti e climalteranti

Impiego di materiali impattanti dal punto di vista energetico e ambientale durante tutto il ciclo di vita

INDICAZIONI TECNICHE PER EVITARE EFFETTI NEGATIVI

Integrare la realizzazione della vasca nel contesto urbano, prestando attenzione sia agli aspetti estetico/paesaggistici sia alle esigenze del territorio (progettazione integrata)

Rimuovere periodicamente i sedimenti, effettuare l'ispezione delle strutture e controllare i livelli e la qualità dell'acqua (monitoraggio e manutenzione)

Assicurarsi che l'installazione e la gestione della vasca di laminazione siano conformi alle normative e ai regolamenti locali (conformità ai regolamenti normativi)

VITA MEDIA

10-20 anni

AMBITO DI REALIZZAZIONE

Aree residenziali, edifici pubblici e aree di pertinenza, piazze/piazzali, tratti stradali (protezione infrastrutture)

I sistemi di raccolta e riutilizzo delle acque meteoriche

Se raccolte correttamente, le acque meteoriche possono essere impiegate nelle attività quotidiane dell'uomo per molteplici scopi. Aspetto fondamentale da considerare, però, è che l'acqua piovana raccolta, a causa delle sue caratteristiche organolettiche compromesse dall'inquinamento, non è adatta al consumo umano diretto. Tuttavia, recuperarla offre numerosi vantaggi nonostante questa limitazione. Diversi studi¹² hanno evidenziato che circa la metà dell'acqua che usiamo quotidianamente (i.e. annaffiare i giardini, lavare i vestiti, pulire casa, riempire lo sciacquone del wc, lavare le macchine, ecc.) non richiede gli standard di qualità per il consumo diretto e potrebbe presentare una qualità inferiore. Utilizzare l'acqua piovana per queste attività non solo porta a risparmi economici e sociali, ma può anche contribuire in modo significativo alla conservazione di una risorsa preziosa e non illimitata del nostro pianeta.

Non a caso, il suo utilizzo è strettamente connesso ad uno dei 17 obiettivi – il sesto – promossi dall'ONU nell'ambito del progetto di Sviluppo Sostenibile¹³ che impegna tutti i Paesi del mondo a risparmiare acqua e assicurarne un diritto di tutti, sia come accesso all'acqua potabile che come accesso ai servizi igienico-sanitari. Inoltre, il recupero dell'acqua piovana è legato anche alla gestione delle reti fognarie nel senso che si ha una riduzione del suo sovraccarico e di conseguenza una possibile riduzione dell'allagamento delle aree urbane.

Chiaramente, le possibilità di riutilizzo dell'acqua piovana dipendono dalla sua qualità ovvero dai carichi inquinanti e batterici che alterano le sue caratteristiche fisiche, chimiche o i parametri microbiologici. L'acqua piovana ha un'alta capacità pulente, essendo il primo fondamentale solvente disponibile in natura, ed è priva di calcare (potrebbe essere utilizzata in lavatrice e lavastoviglie), ma può contenere diversi contaminanti che possono derivare da sostanze in atmosfera trattenute dall'acqua, da

¹² Consumi di acqua nelle abitazioni per tipologia, 2019. Elaborazione The European House – Ambrosetti su dati Commissione Europea, 2021.

¹³ <https://unric.org/it/agenda-2030/>

sostanze presenti sulle coperture e sulle superfici destinate alla raccolta della pioggia, da parassiti, batteri e virus.

A tal proposito, i sistemi di raccolta sono dotati di apposito sistema di trattamento che ha lo scopo di ridurre i principali inquinanti presenti nell'acqua meteorica, per renderla adatta ai diversi utilizzi.

Il trattamento può essere costituito da diverse fasi, a seconda del grado di qualità richiesto. Le fasi principali sono la filtrazione, la disinfezione e, in alcuni casi, anche l'addolcimento.

La filtrazione serve a eliminare le particelle solide, come sabbia, terra, foglie, ecc., che possono ostruire le tubazioni o danneggiare le apparecchiature. La disinfezione serve a distruggere o inattivare i microrganismi patogeni, come batteri, virus, funghi, ecc., infine, l'addolcimento serve a ridurre la durezza dell'acqua, ovvero la concentrazione di sali di calcio e magnesio, che possono formare incrostazioni o depositi¹⁴. Le strategie per raccogliere e riutilizzare l'acqua piovana stanno diventando sempre più rilevanti nelle città (Montin P., 2012). Ad esempio, si stanno considerando sempre di più metodi e sistemi per raccogliere l'acqua piovana dai pluviali degli edifici¹⁵ o dalle superfici pavimentate permeabili (H. M. Imran *et al.*, 2013). Questa acqua può essere immagazzinata in serbatoi dedicati e utilizzata successivamente per specifici scopi non destinati al consumo umano.

Le normative attuali non richiedono permessi specifici per accumulare l'acqua piovana in cisterne e serbatoi destinati all'uso civile, oltre al rispetto delle regole edilizie vigenti. Tuttavia, le acque meteoriche di dilavamento sono regolate dall'art. 113 del D.Lgs. 152/2006 e da direttive comunitarie¹⁶.

Questi riferimenti stabiliscono che per un corretto riutilizzo, è fondamentale separare le "acque di prima pioggia", ossia quelle dei primi 15 minuti di pioggia, dalle "acque di seconda pioggia", le quali devono essere raccolte in quanto pulite dagli inquinanti superficiali. Inoltre, il riutilizzo dell'acqua piovana è incluso nei Regolamenti Edilizi di 794 dei 7904 Comuni italiani, dove, negli esempi più virtuosi, si impone l'obbligo di recuperare le acque piovane per gli usi domestici non potabili in relazione alla superficie dell'edificio, con una quantità non inferiore a 50 litri per metro quadrato (Legambiente, 2023).

¹⁴ <http://www.irdra.eu/it/acqua-ambiente/gestione-sostenibile/recupero-meteoriche.html>

¹⁵ <https://njaes.rutgers.edu/E329/>

¹⁶ Direttiva sul trattamento delle acque reflue urbane (Direttiva 91/271/CEE) e Direttiva sulle acque meteoriche di dilavamento e acque di prima pioggia (Direttiva 91/676/CEE) e loro successivi aggiornamenti e modifiche

6. Gli interventi *grey*

Gli **interventi *grey*** comprendono tutti gli interventi, all'interno di aree antropizzate e fortemente cementificate, volti al ripristino della permeabilità del suolo o all'utilizzo di sistemi di drenaggio sostenibili al fine di restituire porzioni di territorio alla cittadinanza e al tempo stesso ridurre fenomeni di allagamento da un lato e le isole di calore dall'altro.

A differenza delle misure *green*, le quali sono più incentrate su soluzioni di tipo "nature-based", le misure *grey* si propongono l'obiettivo di migliorare e/o adeguare impianti e infrastrutture agli effetti negativi del cambiamento climatico, e possono a loro volta essere suddivise in azioni su impianti, materiali e tecnologie, o su infrastrutture o reti.

Nello specifico, gli interventi previsti dal "Programma sperimentale di interventi per l'adattamento ai cambiamenti climatici in ambito urbano", approvato con Decreto Direttoriale n. 117 del 15 aprile 2021 per le misure *grey* riguardano le seguenti tipologie di intervento, così definite:

- *IIA: creazione, ampliamento o rifacimento in ambito urbano di aree pedonali, parcheggi, piazze, bordi stradali, percorsi, ecc., con la rimozione della pavimentazione esistente e il ripristino della permeabilità del suolo in chiave di rigenerazione urbana.*
- *IIB: sperimentazione sugli spazi pubblici di soluzioni per il drenaggio urbano sostenibile, intese in chiave di rigenerazione urbana, come le piazze/spazi multifunzione o strutture, vasche, serbatoi deputati alla raccolta e al deflusso dell'acqua meteorica in caso di precipitazioni particolarmente intense.*

Questa tipologia di interventi è stata ben recepita dai comuni, i quali le hanno proposte in circa il 50% delle istanze progettuali, con una preponderanza della tipologia IIA. Nello specifico, riguardo la prima tipologia di interventi, le proposte si sono concentrate nella rimozione e sostituzione delle pavimentazioni impermeabili con altre tipologie di tipo drenante.

In molti casi, gli interventi di ripristino della permeabilità del suolo sono stati integrati da interventi afferenti altre tipologie quali messa a dimora di alberature, creazione di orti urbani, strutture di ombreggiamento, vasche di raccolta delle acque meteoriche con finalità di riutilizzo a scopi irrigui.

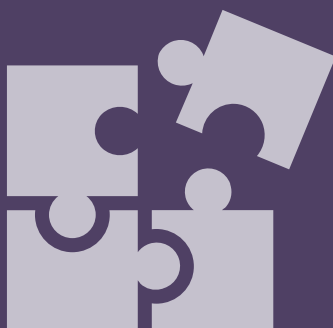
I 49 interventi *grey* presentati da 39 comuni su un totale di 80, mostrano la seguente distribuzione percentuale: sul totale delle misure circa il 71% ricadono nella tipologia IIA mentre il 29% ricadono nella IIB.

In particolare, riguardo la tipologia IIB, dai comuni sono stati proposti interventi che prevedono la realizzazione di giardini della pioggia o *rain garden*, i quali si collocano a metà strada tra le soluzioni di tipo *grey* e le *green*: si tratta, infatti di piccole aree verdi o giardini ai margini di strade, piste ciclabili o parcheggi che si presentano leggere depressioni del suolo finalizzate a gestire e controllare l'acqua proveniente

dai tetti, dalle sedi stradali e dal ruscellamento superficiale, rallentando in tal modo l'afflusso dell'acqua di scorrimento e riducendo il rischio di allagamenti stradali. Esse hanno, inoltre, la funzione di filtro e depurazione naturale dell'acqua raccolta consentendo di ridurne il carico inquinante.

Anche la "piazza d'acqua", proposta da alcuni comuni, rappresenta, insieme ai "*rain garden*" una soluzione piuttosto innovativa per il drenaggio urbano sostenibile, poiché permette di rendere la città più resiliente alle problematiche legate sia alle precipitazioni intense che a periodi di siccità. Si ha, infatti, la creazione di spazi pubblici fruibili dai cittadini che, in caso di forti piogge, hanno la funzione di bacini inondabili in grado di alleviare la pressione sulle reti di raccolta e smaltimento delle acque superficiali nonché di stoccare la risorsa idrica per un futuro riutilizzo.

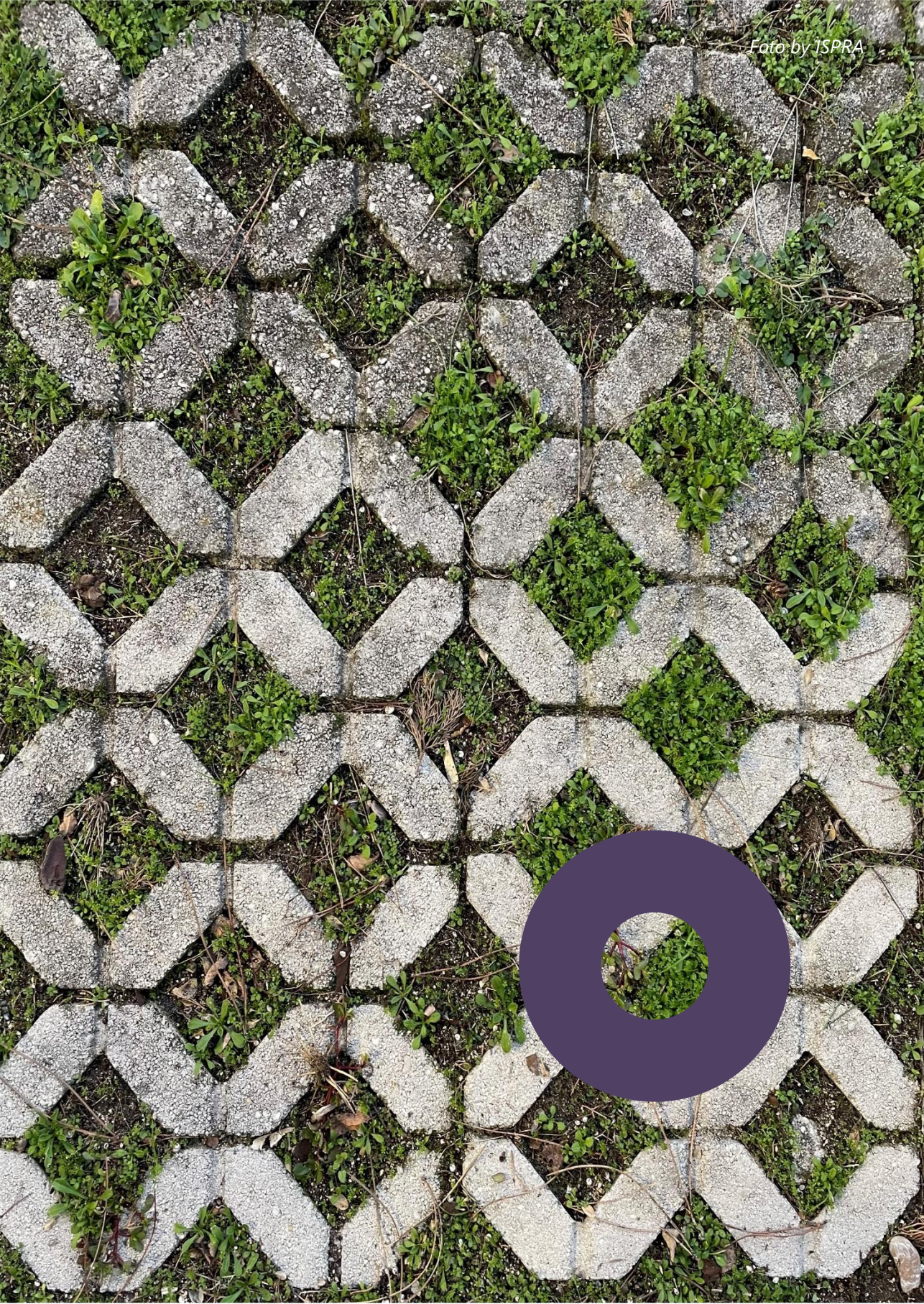
13



PAVIMENTAZIONI DRENANTI



1	Torino	43	Pesaro
2	Asti	44	Ancona
10	Cremona	47	Perugia
11	Bolzano	48	Terni
16	Venezia	50	Roma
17	Padova	51	Fiumicino
18	Udine	53	Latina
19	Trieste	54	Pomezia
22	Carpi	56	Caserta
23	Piacenza	57	Cast. di Stabia
26	Imola	58	Altamura
28	Modena	59	Bari
30	Ferrara	60	Brindisi
31	Ravenna	62	Lecce
32	Cesena	63	Taranto
36	Lucca	64	Matera
38	Prato	68	Crotone
		70	Catania
		71	Gela
		75	Trapani
		76	Siracusa
		79	Sassari



Pericolo climatico



ondate di calore



precipitazioni intense



siccità

Tipologia

II.A - Creazione, ampliamento o rifacimento in ambito urbano di aree pedonali, parcheggi, piazze, bordi stradali, percorsi ecc., con la rimozione della pavimentazione esistente e il ripristino della permeabilità del suolo in chiave di rigenerazione urbana.

Descrizione

Le pavimentazioni drenanti sono particolari tipi di superfici progettate per consentire il deflusso/infiltrazione dell'acqua piovana con l'obiettivo di prevenire/ridurre gli allagamenti dovuti ad abbondanti precipitazioni in zone contraddistinte da una vasta estensione di superfici impermeabili.

Queste pavimentazioni vengono realizzate utilizzando materiali porosi o permeabili, come ghiaia, ciottoli, blocchi di calcestruzzo poroso, mattoni drenanti o asfalto poroso, in grado di agevolare il corretto deflusso/infiltrazione dell'acqua nel terreno sottostante, permettendo così al sistema di drenaggio di svolgere il suo compito in modo efficace, evitando intasamenti e possibili allagamenti/ristagni d'acqua sulla superficie.

La porosità cambia a seconda delle tipologie di pavimentazione, con percentuali che variano dal 15% al 25% del volume, garantendo drenaggi non inferiori a 200 litri/mq/minuto fino a 1000 litri/mq/minuto. In generale è necessario eseguire uno scavo di sbancamento per una profondità di circa 50 cm dal piano stradale pre-intervento, avendo cura di stendere alternanze di strati drenanti ghiaiosi o di materiale idoneo.

L'intervento è spesso associato ad alberature, ripristino o estensione di aiuole, al fine di favorire la raccolta e l'infiltrazione delle acque, nei casi di intense precipitazioni, in aree a maggior permeabilità. In aggiunta, questa tipologia di opera può essere abbinata ad un

sistema di raccolta e riutilizzo dell'acqua destinata a usi non potabili (si veda l'approfondimento tematico *I sistemi di raccolta e riutilizzo delle acque meteoriche*).

Benefici attesi

Riduzione del rischio di allagamenti urbani
Miglioramento dell'infiltrazione naturale delle acque nel terreno e ricarica delle falde acquifere
Rallentamento del ruscellamento superficiale delle acque piovane
Rallentamento del deflusso dell'acqua alla rete fognaria
Miglioramento del microclima urbano

AMBIENTE

Miglioramento della vivibilità dello spazio pubblico e rigenerazione dei luoghi di socialità

SOCIETÀ

Riduzione dei costi per i risarcimenti per i danni causati da allagamenti alle attività commerciali situate ai piani terra
Riduzione dei costi per il ripristino della viabilità
Incremento dei fruitori della strada e del business potenziale delle attività commerciali ivi insediate
Incremento del valore di mercato degli immobili

ECONOMIA

INDICATORI DI MONITORAGGIO

Avanzamento: % di superficie depavimentata sul totale previsto

Efficacia: N. di allagamenti l'anno

Permeabilità del suolo/sottosuolo

Rapporto tra mm/h drenati su mm/h di pioggia

POSSIBILI EFFETTI NEGATIVI/MALADATTAMENTO



Dispersione in falda di sostanze inquinanti

Dispersione nell'ambiente in caso di utilizzo inidoneo di materiali plastici

Emissioni inquinanti e climalteranti

Impiego di materiali impattanti dal punto di vista energetico e ambientale durante tutto il ciclo di vita

INDICAZIONI TECNICHE PER EVITARE EFFETTI NEGATIVI

Effettuare una regolare manutenzione (i.e. danneggiamenti, sedimenti, ecc.)

Assicurare il monitoraggio dell'efficacia (i.e. regolare infiltrazione)

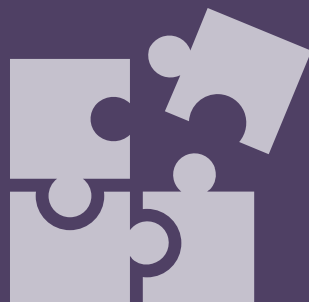
Progettare un dimensionamento adeguato (i.e., materiali filtranti idonei, analisi idrogeologica del sito di installazione)

VITA MEDIA

30 anni circa

AMBITO DI REALIZZAZIONE

Aree di pertinenza di stazioni ferroviarie, aree verdi e parchi, edifici pubblici e aree di pertinenza, edifici scolastici e aree di pertinenza, parcheggi, piazze/piazzali, piste ciclabili e/o pedonali, stadi e impianti sportivi, tratti stradali



14



GIARDINI DELLA PIOGGIA (RAIN GARDEN)





Pericolo climatico



precipitazioni intense

Tipologia

II.B - *Sperimentazione sugli spazi pubblici di soluzioni per il drenaggio urbano sostenibile, intesa in chiave di rigenerazione urbana, come le piazze/spazi multifunzione o strutture, vasche, serbatoi deputati alla raccolta e al deflusso dell'acqua meteorica in caso di precipitazioni particolarmente intense*

Descrizione

Il giardino della pioggia o *rain garden* è un sistema filtrante vegetale progettato per immagazzinare, filtrare e smaltire nel tempo massimo di 48 ore l'acqua piovana proveniente dagli impluvi dei tetti. È una soluzione molto efficace ed efficiente per ridurre il *run-off*, ovvero il ruscellamento superficiale, e i picchi di piena, in quanto il giardino funge da accumulo temporaneo recapitando le acque piovane all'impianto fognario in maniera più graduale e distribuita nel tempo oppure in una vasca di accumulo.

Gli elementi chiave di un giardino della pioggia sono:

- una fascia costituita da piante erbacee copri suolo, con la funzione di rallentare il flusso dell'acqua in entrata;
- specie vegetali resistenti sia all'eccessivo accumulo d'acqua sia ai periodi di siccità, opportunamente selezionate al fine di formare un habitat con elevata biodiversità, di garantire nel tempo una bassa manutenzione e di minimizzare i problemi di carattere fitosanitario (es. *Festuca spp*, *Juncus spp*, *Typha spp*, ma anche macchie di specie erbacee perenni e graminacee ornamentali come cisto, lentisco, elicriso, lavanda, settembrino, echinacea, gaura o verbenas);

- un'area con una leggera depressione del terreno di circa 10-20 cm, sufficiente a frenare e raccogliere l'acqua, facilitando l'evapotraspirazione e la sua infiltrazione nel suolo;
- uno strato di pacciamatura per trattenere il materiale organico grossolano e le particelle sospese contenute nell'acqua piovana, e mantenere umido il terreno nei mesi caldi così da garantire la sopravvivenza delle specie vegetali;
- uno strato di terreno a medio impasto, costituito principalmente da una miscela di sabbia, compost organico e terriccio vegetale, che fornisce struttura e nutrienti per le piante; tale strato contribuisce inoltre all'assorbimento di metalli pesanti, idrocarburi e diversi tipi di agenti inquinanti contenuti nelle acque meteoriche;
- il dreno di raccolta dell'acqua costituito da uno strato con materiale inerte sciolto (ghiaia di varia granulometria) al cui interno è immerso il vero e proprio tubo drenante utilizzato per convogliare le acque verso l'impianto fognario o una vasca di accumulo;
- il sistema si configura generalmente asciutto; dopo la pioggia, infatti, deve svuotarsi entro poche ore o al massimo due giorni.

Benefici attesi

Riduzione del rischio di allagamenti urbani

Miglioramento dell'infiltrazione naturale delle acque nel terreno e ricarica delle falde acquifere

Rallentamento del ruscellamento superficiale delle acque piovane

Rallentamento del deflusso dell'acqua alla rete fognaria

Miglioramento della qualità dei corpi idrici con rimozione degli inquinanti attraverso meccanismi di filtrazione e depurazione

Miglioramento della qualità dell'aria

Miglioramento del microclima urbano

Incremento della biodiversità urbana animale e vegetale

Miglioramento della salute e del benessere psico-fisico

Miglioramento della vivibilità dello spazio pubblico e rigenerazione dei luoghi di socialità

AMBIENTE

SOCIETÀ

Riduzione dei costi per i risarcimenti per i danni causati da allagamenti alle attività commerciali situate ai piani terra
 Riduzione dei costi per il ripristino della viabilità
 Incremento dei fruitori della strada e del business potenziale delle attività commerciali ivi insediate
 Incremento del valore di mercato degli immobili

INDICATORI DI MONITORAGGIO

Avanzamento: Superficie interessata dal giardino della pioggia sul totale previsto

Efficacia: N. di allagamenti l'anno



POSSIBILI EFFETTI NEGATIVI/MALADATTAMENTO

In caso di svuotamenti dell'acqua troppo lenti, il giardino della pioggia può facilitare la deposizione di uova di zanzara

INDICAZIONI TECNICHE PER EVITARE EFFETTI NEGATIVI

Effettuare una manutenzione costante, in particolar modo dello strato di pacciamatura che si assottiglia nel tempo, della rimozione delle erbacce e dei sedimenti dopo eventi meteorologici intensi nel primo anno di vita del giardino della pioggia
 Effettuare il monitoraggio dei tempi di svuotamento

VITA MEDIA

15-30 anni

AMBITO DI REALIZZAZIONE

Piazze/piazzali, rotatorie, spazi pubblici, tratti stradali



15



PIAZZE D'ACQUA





Pericolo climatico



ondate di calore



precipitazioni intense



siccità

Tipologia

II.B - *Sperimentazione sugli spazi pubblici di soluzioni per il drenaggio urbano sostenibile, intesa in chiave di rigenerazione urbana, come le piazze/spazi multifunzione o strutture, vasche, serbatoi deputati alla raccolta e al deflusso dell'acqua meteorica in caso di precipitazioni particolarmente intense*

Descrizione

Le piazze d'acqua sono spazi pubblici multifunzionali, come parchi, aree gioco e zone relax, con caratteristiche di adattabilità alle condizioni del tempo e capacità di rispondere ad una duplice esigenza climatica: gestire l'acqua in abbondanza e, al contrario, la sua scarsità.

Le piazze sono progettate in modo da essere mantenute per la maggior parte dell'anno come luoghi asciutti e utilizzabili come spazi pubblici tradizionali ma possono essere trasformate in bacini di accumulo per le acque piovane in eccesso in caso di intense precipitazioni, allagandosi parzialmente o completamente. Durante piogge leggere, l'acqua viene intercettata e immagazzinata in serbatoi.

Questo sistema è progettato per alleviare la pressione sul sistema fognario e, al contempo, permette la raccolta e il riutilizzo delle acque durante periodi di forte stress idrico.

A prescindere dal livello di allagamento, la piazza risulterà comunque sempre fruibile ed alcuni spazi saranno sempre a disposizione dei cittadini. Gli adulti potranno godere di nuovi e variabili scenari urbani, e i bambini sperimentare nuove forme di gioco con

l'acqua. Il ristagno dell'acqua nella piazza ai suoi livelli massimi, statisticamente in media una volta ogni due anni, non potrà superare le 32 ore per motivi igienici.

Benefici attesi

Riduzione del rischio di allagamenti urbani
Riduzione dei picchi di piena nei corpi recettori
Riduzione del sovraccarico sul sistema fognario
Fornitura di una capacità di invaso aggiuntiva per successivi utilizzi della risorsa idrica

AMBIENTE

Incremento della fruizione e attrattività dei luoghi
Miglioramento della vivibilità dello spazio pubblico e rigenerazione dei luoghi di socialità

SOCIETÀ

Costi evitati per i risarcimenti per i danni causati da allagamenti alle attività commerciali situate ai piani terra
Costi evitati per il ripristino della viabilità
Utilizzo più efficiente ed economicamente sostenibile delle risorse idriche
Incremento dei fruitori della strada e del business potenziale delle attività commerciali ivi insediate
Incremento del valore di mercato degli immobili

ECONOMIA

INDICATORI DI MONITORAGGIO

Avanzamento: Superficie di spazi trasformati funzionali alla raccolta di acqua sul totale previsto

Efficacia: Portata (ingresso/uscita)
N. di allagamenti/anno



POSSIBILI EFFETTI NEGATIVI/MALADATTAMENTO

Proliferazione di insetti per ristagno prolungato delle acque
Emissioni inquinanti e climalteranti

Impiego di materiali impattanti dal punto di vista energetico e ambientale durante tutto il ciclo di vita

INDICAZIONI TECNICHE PER EVITARE EFFETTI NEGATIVI

Effettuare periodicamente l'ispezione delle strutture e la manutenzione

Effettuare periodicamente il monitoraggio (volume, tempi di accumulo delle acque)

Progettare un dimensionamento adeguato

VITA MEDIA

10-15 anni

AMBITO DI REALIZZAZIONE

Area sport (campo da basket), piazze/piazzali



Pavimentazioni Permeabili per il drenaggio urbano sostenibile

La Pavimentazione Permeabile (PP), per il drenaggio urbano sostenibile, è una struttura progettata per favorire la captazione e successiva infiltrazione in falda delle acque di dilavamento che scorrono sulla superficie stessa. Una PP è composta da uno strato superiore permeabile e da diversi strati di sottofondo. La superficie permeabile superiore fornisce la stabilità strutturale mentre gli strati di sottofondo, oltre a fornire il supporto per lo strato superiore, raccolgono e immagazzinano le acque e favoriscono il loro deflusso in falda (Imran H. M. *et al.*, 2013). Esistono numerosi fattori che determinano le prestazioni delle PP, come, ad esempio, le proprietà della superficie permeabile e degli aggregati, la configurazione degli strati della struttura, l'intensità e la durata delle precipitazioni e l'eventuale accumulo di inquinanti durante i periodi di siccità (Tota-Maharaj K. *et al.*, 2010). Questi sistemi sono in grado di catturare l'acqua in superficie, convogliarla per immagazzinarla o farla infiltrare nella falda sottostante e offrono, quindi, una soluzione alla raccolta delle acque meteoriche in eccesso, fornendo sia un sistema di "captazione" sia uno spazio per immagazzinare l'acqua nelle strutture del sottosuolo. Sistemi di questo tipo possono essere utilizzati per marciapiedi, strade, aree giochi, parcheggi, zone pedonali ecc. come sostituto delle superfici impermeabili convenzionali. Forniscono, quindi, una combinazione di una superficie resistente funzionale a diverse esigenze (i.e., strade, parcheggi, ecc.) associate a un sistema di infiltrazione e raccolta. Questo aspetto è particolarmente importante in aree urbane che presentano alti gradi di impermeabilizzazione e quindi la maggiore difficoltà di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche soprattutto se molto intense. Il comportamento idraulico di una pavimentazione permeabile durante gli eventi di pioggia intensa è considerato un processo complesso. Con riferimento al tipo di superficie, il livello superiore delle PP può essere di tipo continuo (i.e., (a1) calcestruzzo poroso, (a2) asfalto poroso) o modulare (i.e., (b1) blocchi di calcestruzzo poroso ad incastro, (b2) sistema griglia/terra rinforzata). Il calcestruzzo (a1) o l'asfalto (a2) poroso sono materiali composti principalmente da grandi granulometrie (i.e., pietrisco, ghiaia), senza o con una ridotta quantità di particelle più fini, che vengono legati insieme da un legante speciale.

Durante il processo di indurimento, questo legante crea vuoti o spazi interconnessi tra i granuli, creando una struttura permeabile. I sistemi di pavimentazione in calcestruzzo ad incastro (b1) sono realizzati con blocchi di pavimentazione posati mantenendo degli spazi

tra gli elementi per consentire l'infiltrazione dell'acqua. Infine, i sistemi a griglia/terra rinforzata (*b2*) sono costituiti da griglie di plastica o cemento, riempite con aggregato, sabbia o terreno erboso, attraverso cui l'acqua può infiltrarsi. Recenti studi confermano che tutte le soluzioni di PP attualmente in commercio offrono una soluzione efficace per la mitigazione degli allagamenti in aree urbane poiché riducono notevolmente il deflusso superficiale (fino a circa il 60%) rispetto a quello con pavimentazione impermeabile (Ciriminna D. *et al.*, 2022). In particolare, le soluzioni (*a2*), (*b1*) e (*b2*) forniscono valori di deflusso superficiale molto simili. Differenze, tra le diverse soluzioni, si riscontrano solo durante eventi di pioggia caratterizzate da periodo di ritorno elevati (eventi meteorici particolarmente intensi).

Studi sull'efficacia delle PP nel trattamento delle acque meteoriche (Huang J. *et al.*, 2016b) hanno indicato che, in linea di massima, tutti i vari tipi di soluzioni presentano un livello simile di efficacia nel rimuovere sostanze inquinanti. Tuttavia, si sono osservate performance leggermente superiori nelle soluzioni di tipo (*a*) rispetto a quelle di tipo (*b*). Caratteristica importante, in quanto il deflusso superficiale delle acque meteoriche può trasportare con sé numerosi inquinanti come solidi sospesi, metalli pesanti e idrocarburi (Drake J. *et al.*, 2013), i quali possono degradare la qualità delle acque sotterranee. Infine, alcune ricerche recenti illustrano come le PP (*a1* e *a2*) correttamente progettate e mantenute possano trattenere fino al 70% dei metalli pesanti e il 98% di oli e grassi trasportati (Jayasuriya L. N. N. *et al.*, 2007).



7. Le misure soft

Le **misure soft** comprendono tutte quelle attività che contribuiscono al rafforzamento della capacità adattiva, migliorando la conoscenza a livello locale, attraverso la formazione, il coinvolgimento e la sensibilizzazione dei funzionari comunali, degli stakeholders e della popolazione generale. L'approccio *soft* non si basa su interventi di tipo strutturale, ma coinvolge invece gli aspetti gestionali, organizzativi, politici e sociali dei sistemi immateriali, con lo scopo di aumentare la consapevolezza sui rischi del cambiamento climatico e quindi di modificare il comportamento e gli stili di vita. È, quindi, fortemente legato alla gestione dell'informazione per la quale è centrale l'utilizzo delle nuove tecnologie dell'informazione e della comunicazione.

La Commissione europea nella Strategia europea di adattamento ai cambiamenti climatici individua come azioni centrali sia l'*"accrescimento della consapevolezza e dell'interesse pubblico ad azioni di massa in materia di adattamento"* sia migliorare *"le conoscenze sugli impatti climatici e sulle soluzioni di adattamento per gestire le incertezze; intensificando i piani di adattamento e le valutazioni del rischio climatico; [...]"* rimarcando l'importanza di sviluppare un processo di adattamento ai cambiamenti climatici basato sull'adozione di soluzioni *soft* (EC, 2021).

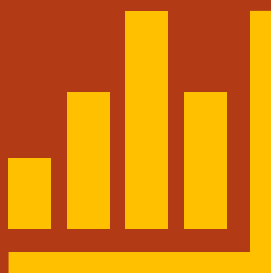
La centralità rivestita dalle azioni *soft* è testimoniata dalla presenza di almeno un intervento di questa tipologia in oltre il 60% dei progetti approvati. Per quanto concerne la distribuzione geografica dei 71 interventi *soft* presentati da 50 comuni, sugli 80 totali, si registrano le seguenti percentuali: al nord il 52,1% (n.37); al centro il 18,3% (n.13) e il 29,6 al sud (n.21). Le attività proposte dai comuni risultano così suddivise: III A¹⁷ = 30 interventi; III B = 6 interventi; III C = 35 interventi. In questa ultima tipologia si riscontra una leggera prevalenza delle proposte che hanno coniugato le misure di sensibilizzazione e partecipazione, che coinvolgono nella maggior parte dei casi l'intera cittadinanza comunale e le scuole, con i progetti di formazione, dedicati principalmente ai funzionari e tecnici comunali e agli stakeholder (n.15), rispetto ai progetti dedicati esclusivamente alla sensibilizzazione (n.9) o alla formazione (n.11). Inoltre, 16 comuni hanno deciso di investire nella redazione o aggiornamento del PAESC o di altri piani di adattamento e mitigazione ai cambiamenti climatici; 6 comuni si sono focalizzati sulla realizzazione di studi ed analisi *ad hoc* finalizzati ad accrescere il quadro delle conoscenze sugli effetti locali dei cambiamenti climatici e altri 6 comuni hanno scelto di redigere piani di ambito più specifico mirati ad esempio al monitoraggio e alla gestione del verde pubblico, del rischio franoso e all'adeguamento delle reti fognarie. Infine, 11 comuni hanno deciso di investire sulla realizzazione di sistemi di raccolta e di diffusione dei dati per poter accrescere le proprie conoscenze e capacità di previsione a livello locale; e 10

¹⁷ In generale, le azioni sono finalizzate a: III.A migliorare le conoscenze; III.B migliorare le previsioni; III.C sensibilizzare/formare. Per ulteriori informazioni cfr. il paragrafo 2.1 Introduzione.

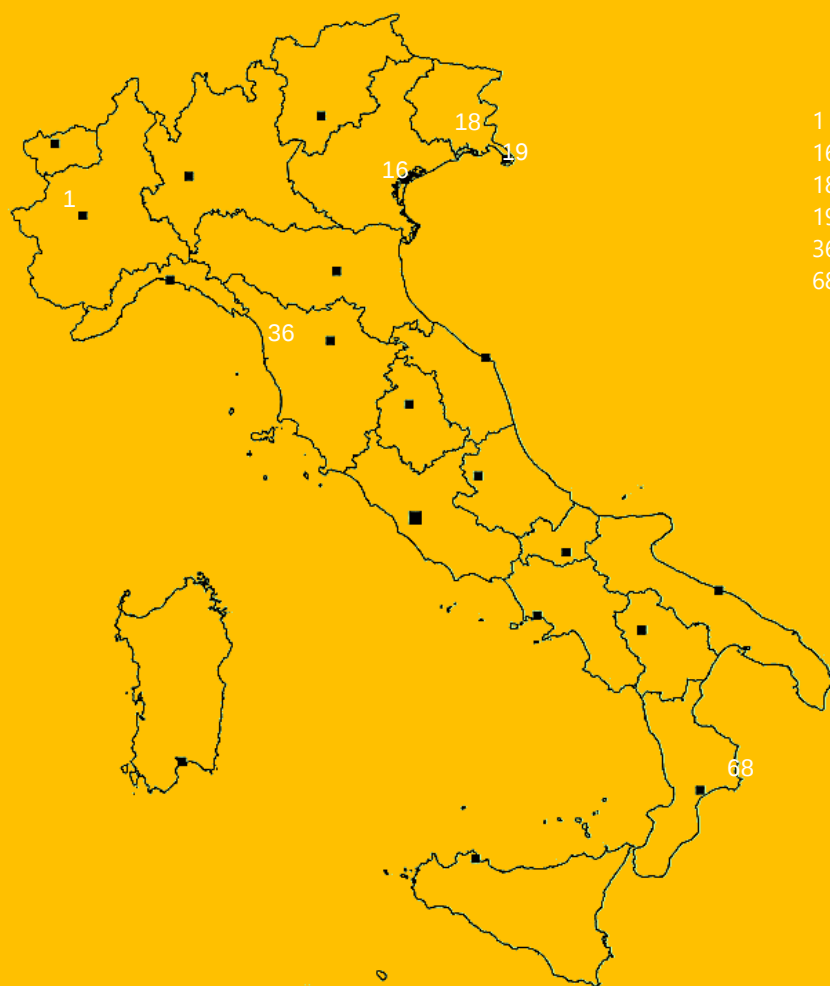
di migliorare il proprio sistema di monitoraggio per poter avere informazioni puntuali necessarie, ad esempio, alle attività di previsione e pianificazione.

Le misure di adattamento *soft* sono caratterizzate da economicità, flessibilità e reversibilità, qualità che le rendono vantaggiose di fronte all'elevato grado di incertezza dei modelli e degli scenari climatici. Grazie alla loro trasversalità e interdisciplinarietà, esse permettono lo sviluppo di una nuova cultura caratterizzata da un approccio olistico e integrato basato sulla conoscenza, sulla condivisione e sulle relazioni tra esseri umani e tra sistemi.

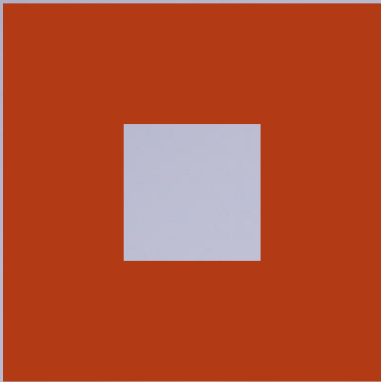
16



STUDI, ANALISI, VALUTAZIONI



- 1 Torino
- 16 Venezia
- 18 Udine
- 19 Trieste
- 36 Lucca
- 68 Crotone



Pericolo climatico



ondate di calore



precipitazioni intense



siccità

Tipologia

III A - Misure finalizzate a migliorare le conoscenze a livello locale (es. implementazione di banche dati climatiche/impatti/vulnerabilità, sistemi ICT predittivi, rafforzamento dei sistemi di monitoraggio, ricerca di nuove fonti di approvvigionamento idrico in ambito urbano, ecc.), nonché alla redazione di strumenti di pianificazione comunale di adattamento ai cambiamenti climatici

III B - Misure finalizzate a migliorare la capacità di previsione a livello locale (es. scenari climatici, analisi di rischio, ecc.)

Descrizione

Studi, analisi e valutazioni sono finalizzati al raggiungimento di molteplici obiettivi, in differenti ambiti di azione. Essi mirano, ad esempio, a favorire una corretta gestione del territorio, ad accrescere il quadro delle conoscenze sugli effetti locali dei cambiamenti climatici, ad individuare le strategie energetiche più adatte al contesto territoriale, a promuovere la mitigazione dei rischi climatici e idraulici, a proteggere il patrimonio monumentale dagli eventi estremi. Gli studi si avvalgono, generalmente, di misure e monitoraggi ambientali, rilievi idraulici, simulazioni modellistiche per la stima dell'isola urbana di calore, stime ex ante dell'impatto ambientale delle singole attività progettuali. Nell'ampio portfolio di soluzioni si citano, a titolo esemplificativo, le analisi di pericolosità e vulnerabilità urbana atte a mettere in evidenza le aree dove è prioritario intervenire con opportune azioni di adattamento o rilievi 3D del bacino idraulico ai fini della redazione di un Piano di mitigazione del rischio idraulico.

Benefici attesi

AMBIENTE

Aumento della resilienza e sostenibilità dell'area urbana
Prevenzione dell'isola urbana di calore
Riduzione del rischio di frane, allagamenti e inondazioni
Riduzione delle emissioni di CO₂

SOCIETÀ

Incremento della consapevolezza e della conoscenza dell'amministrazione e della popolazione su rischi climatici, strategie di mitigazione e adattamento
Riduzione della mortalità e della morbidità per ondate di calore
Riduzione dei danni alla popolazione dovuti agli eventi meteo climatici estremi
Riduzione dei danni al patrimonio monumentale

ECONOMIA

Riduzione delle spese sanitarie
Riduzione dei danni a persone, edifici, infrastrutture e attività economiche dovuti agli eventi meteo climatici estremi
Riduzione delle spese legate ai danni al patrimonio monumentale

INDICATORI DI MONITORAGGIO

Avanzamento: % di completamento del Piano sul totale previsto
% di completamento degli studi/analisi/valutazioni sul totale previsto

Efficacia: N. di piani, studi, documenti e strumenti realizzati
N. di studi, documenti e strumenti reperiti



POSSIBILI EFFETTI NEGATIVI/MALADATTAMENTO

Emissioni inquinanti e climalteranti
Impiego di materiali impattanti dal punto di vista energetico e ambientale durante tutto il ciclo di vita

INDICAZIONI TECNICHE PER EVITARE EFFETTI NEGATIVI

Prevedere l'impiego di materiali sostenibili e riciclabili e/o biodegradabili a basso impatto ambientale.

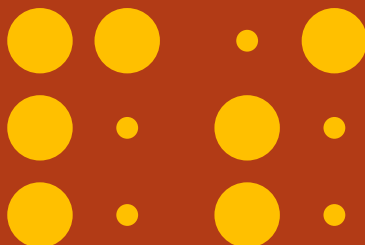
VITA MEDIA

Non disponibile

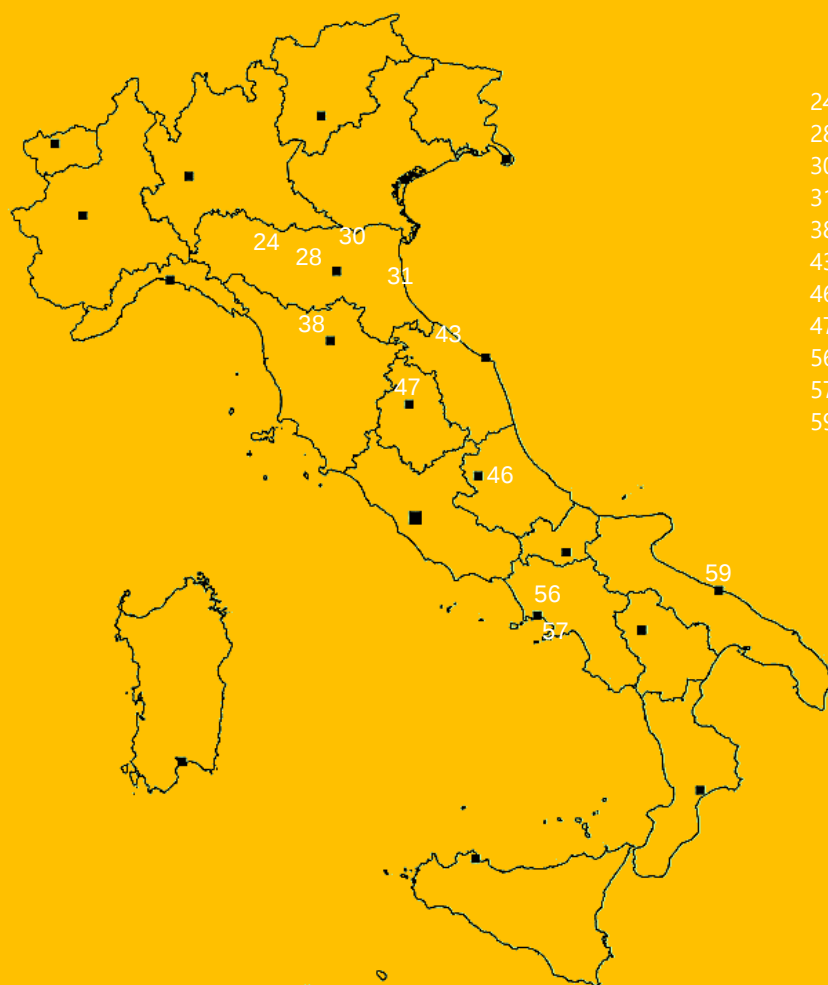
AMBITO DI REALIZZAZIONE

Territorio comunale

17



SISTEMI DI RACCOLTA E DIFFUSIONE DATI



- 24 Parma
- 28 Modena
- 30 Ferrara
- 31 Ravenna
- 38 Prato
- 43 Pesaro
- 46 L'Aquila
- 47 Perugia
- 56 Caserta
- 57 Cast. di Stabia
- 59 Bari



Pericolo climatico



ondate di calore



precipitazioni intense



siccità

Tipologia

Misura III A - Misure finalizzate a migliorare le conoscenze a livello locale (es. implementazione di banche dati climatiche/impatti/vulnerabilità, sistemi ICT¹⁸ predittivi, rafforzamento dei sistemi di monitoraggio, ricerca di nuove fonti di approvvigionamento idrico in ambito urbano, ecc.), nonché alla redazione di strumenti di pianificazione comunale di adattamento ai cambiamenti climatici.

Misura III B - Misure finalizzate a migliorare la capacità di previsione a livello locale (es. scenari climatici, analisi di rischio, ecc.).

Descrizione

Gli interventi volti alla realizzazione di sistemi per la raccolta e la diffusione di dati sono finalizzati a migliorare le conoscenze e la capacità di previsione a livello locale e possono includere, ad esempio:

- banche dati climatiche alimentate da misure puntuali provenienti da sensoristica meteo-pluviometrica (fissa o mobile) distribuita nelle aree a maggior rischio, utile ad alimentare sistemi di valutazione climatica predittiva
- banche dati sulla vulnerabilità/impatti
- sistemi geo-ICT predittivi per il censimento di specie arboree, ricostruzione modello 3D di terreno e relative infrastrutture, monitoraggio dello stato di avanzamento e dell'efficacia delle azioni di adattamento
- sistemi di raccolta e analisi di dati meteo climatici, dati su eventi franosi e del patrimonio arboreo
- database degli scenari climatici futuri *Cordex – Copernicus* e confronto con le osservazioni per il miglioramento della capacità di previsione;

¹⁸ Information and Communication Technology

- sistemi *Digital-Twin*¹⁹ per derivare indici di fragilità nei confronti delle ondate di calore ed altri estremi climatici
- strumenti per la diffusione di dati come portali web e/o piattaforme cloud dove rendere disponibili scenari climatici ed esempi di resilienza ottenuti integrando dati climatici, topografici e idrologici con modelli e algoritmi per la stima del rischio e del danno.

Benefici attesi

Miglioramento della salvaguardia, della tutela dell'ambiente e della pianificazione territoriale

Miglioramento della gestione del patrimonio arboreo comunale

Conoscenza puntuale e aggiornata condizioni climatiche e qualità dell'aria

Miglioramento della capacità di valutare il rischio e gestire le emergenze relative ai pericoli di inondazione

Risparmio e ottimizzazione della risorsa idrica

AMBIENTE

Aumento della capacità di risposta della popolazione in situazioni di emergenza

Incremento della consapevolezza e della conoscenza dell'amministrazione

e della popolazione su rischi climatici, strategie di mitigazione e adattamento

Tutela di infrastrutture e trasporti

SOCIETÀ

Riduzione dei costi per gli esercenti

Abbattimento dei costi e dei tempi per la georeferenziazione di tutti gli alberi sull'intero territorio urbanizzato

Riduzione delle perdite economiche dovute al cambiamento climatico

ECONOMIA

¹⁹ Copia interattiva di un oggetto o un sistema complesso che permette di simulare fenomeni fisici, servendosi di metodi statistici e di algoritmi di machine learning: da qui la sua attitudine a costruire scenari predittivi.

INDICATORI DI MONITORAGGIO

Avanzamento: N. di report periodici derivati dai dati raccolti dai sensori sul totale previsto

% di database implementato sul totale previsto

Superficie di territorio urbano rilevato ai fini del censimento del patrimonio arboreo sul totale previsto

% utenti formati all'utilizzo della banca dati sul totale previsto

% di database implementato sul totale previsto

N. di video e interviste effettuate sul totale previsto

Efficacia: Qualità dei dati meteo climatici raccolti

% utenti delle banche dati

N. dipendenti formati e sensibilizzati



POSSIBILI EFFETTI NEGATIVI/MALADATTAMENTO

Consumi energetici e materici

INDICAZIONI TECNICHE PER EVITARE EFFETTI NEGATIVI

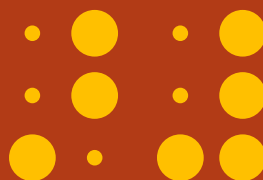
Non disponibile

VITA MEDIA

Non disponibile

AMBITO DI REALIZZAZIONE

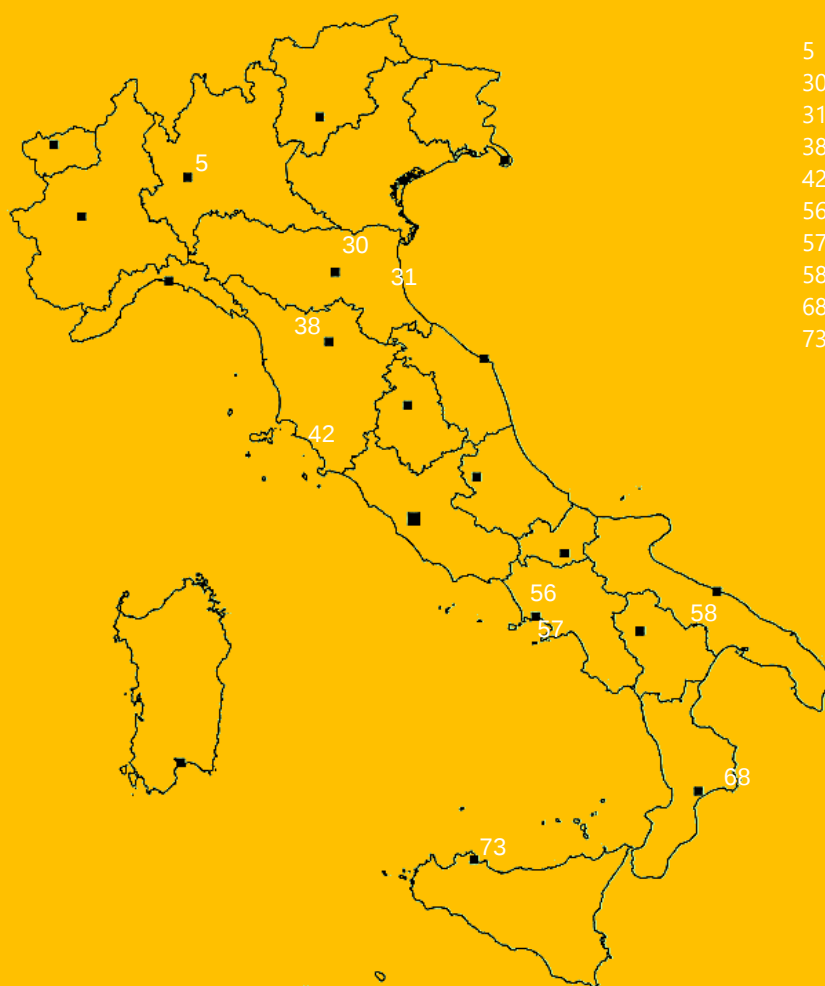
Territorio comunale



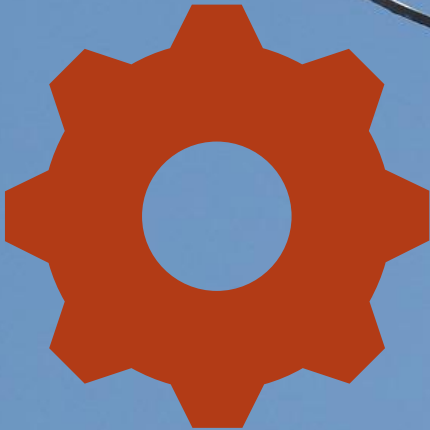
18



SISTEMI DI MONITORAGGIO E PREVISIONE



5	Monza
30	Ferrara
31	Ravenna
38	Prato
42	Grosseto
56	Caserta
57	Cast. di Stabia
58	Altamura
68	Crotone
73	Palermo



Pericolo climatico



ondate di calore



precipitazioni intense



siccità

Tipologia

Misura III A - Misure finalizzate a migliorare le conoscenze a livello locale (es. implementazione di banche dati climatiche/impatti/vulnerabilità, sistemi ICT²⁰ predittivi, rafforzamento dei sistemi di monitoraggio, ricerca di nuove fonti di approvvigionamento idrico in ambito urbano, ecc.), nonché alla redazione di strumenti di pianificazione comunale di adattamento ai cambiamenti climatici.

Misura III B - Misure finalizzate a migliorare la capacità di previsione a livello locale (es. scenari climatici, analisi di rischio, ecc.).

Descrizione

I sistemi di monitoraggio e previsione sono finalizzati a garantire la disponibilità di informazioni puntuali utili a valutare le condizioni ambientali, individuare tendenze e fare previsioni. In particolare, essi hanno l'obiettivo di:

- fornire supporto alla pianificazione delle azioni da intraprendere
- migliorare la conoscenza dei fenomeni meteorologici estremi, con particolare riferimento a eventi pluviometrici intensi e ondate di calore per finalità di Protezione Civile
- garantire una certificazione delle condizioni meteo locali (es. a fini assicurativi e/o di gestione delle sospensive negli appalti pubblici)
- realizzare un approfondimento per attività scientifiche di carattere climatologico

²⁰ Information and Communications Technology

- analizzare gli effetti degli eventi estremi sulla vegetazione, nell'ambito della redazione del PACC²¹

Ne sono un esempio:

- installazione di una o più stazioni meteorologiche, conformi agli standard, con sensori di temperatura, pioggia, umidità, pressione atmosferica e vento, posizionate nelle aree a maggior rischio o nei punti scoperti della rete di monitoraggio già presente, preferibilmente in luoghi aperti e lontano da ostacoli
- rilievo aereo con sensori iperspettrali e LIDAR²² per il censimento del patrimonio arboreo e dell'edificato

I dati raccolti, una volta scaricati e inviati tramite wi-fi per le successive elaborazioni e rappresentazioni grafiche, possono anche essere resi disponibili attraverso una piattaforma web.

Benefici attesi

Miglioramento della salvaguardia, della tutela dell'ambiente e della pianificazione territoriale

Incremento della consapevolezza e della conoscenza dell'amministrazione e della popolazione su rischi climatici, strategie di mitigazione e adattamento
Aumento della capacità di risposta della popolazione in situazioni di emergenza

Riduzione dei costi previsti con le analisi tradizionali

AMBIENTE

SOCIETÀ

ECONOMIA

²¹ Piano di Adattamento ai Cambiamenti Climatici

²² *Laser Imaging Detection and Ranging*, strumento di telerilevamento che permette di determinare la distanza di un oggetto o di una superficie utilizzando un impulso laser

Riduzione dei costi di gestione, manutenzione e recupero post-evento

INDICATORI DI MONITORAGGIO

Avanzamento: N. di pubblicazioni mensili sul totale previsto

Volume dati raccolti mensilmente rispetto al totale

N. di sensori meteo climatici e/o centraline ambientali installati/e nel territorio comunale sul totale previsto

N. di analisi effettuate sul totale previsto

Efficacia: % utenti dei dati

Qualità dei dati meteo climatici raccolti



POSSIBILI EFFETTI NEGATIVI/MALADATTAMENTO

Non disponibile

INDICAZIONI TECNICHE PER EVITARE EFFETTI NEGATIVI

Non disponibile

VITA MEDIA

Non disponibile

AMBITO DI REALIZZAZIONE

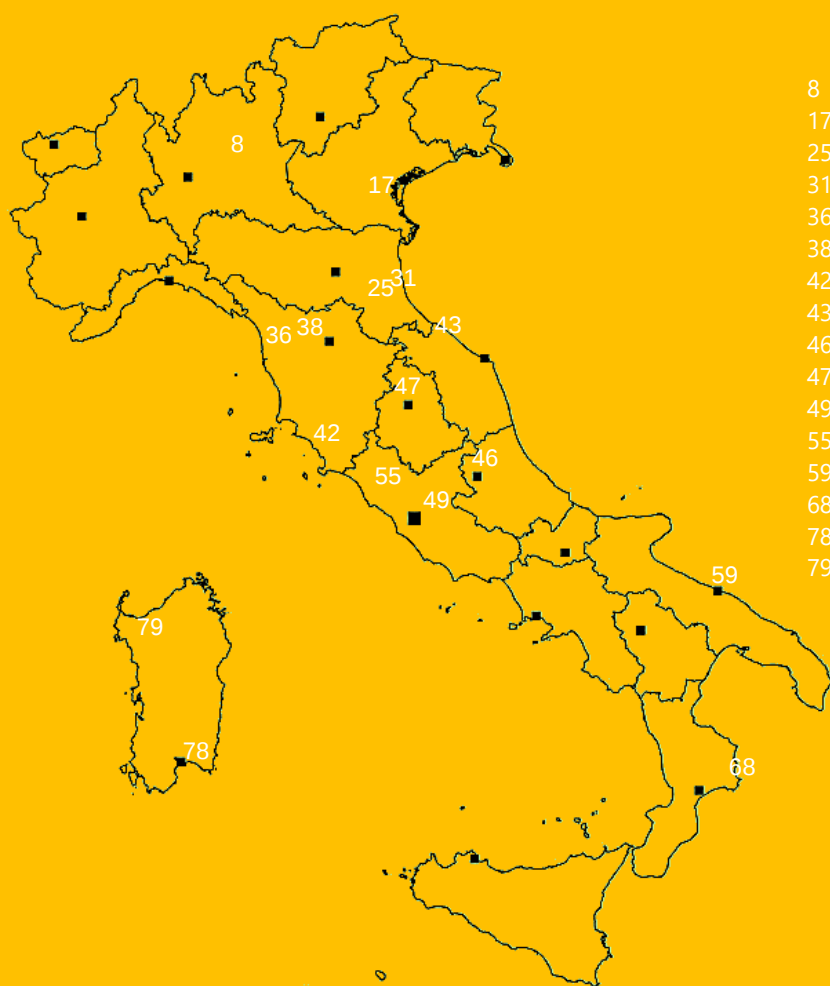
Edifici scolastici e aree di pertinenza, aree verdi e parchi



19



PAESC E PIANI DI ADATTAMENTO



- 8 Bergamo
- 17 Padova
- 25 Forlì
- 31 Ravenna
- 36 Lucca
- 38 Prato
- 42 Grosseto
- 43 Pesaro
- 46 L'Aquila
- 47 Perugia
- 49 Guidonia M.
- 55 Viterbo
- 59 Bari
- 68 Crotone
- 78 Quartu S. Elena
- 79 Sassari



Foto by Pexels Photography

Pericolo climatico



ondate di calore



precipitazioni intense



siccità

Tipologia

III A - Misure finalizzate a migliorare le conoscenze a livello locale (es. implementazione di banche dati climatiche/impatti/vulnerabilità, sistemi ICT predittivi, rafforzamento dei sistemi di monitoraggio, ricerca di nuove fonti di approvvigionamento idrico in ambito urbano, ecc.), nonché alla redazione di strumenti di pianificazione comunale di adattamento ai cambiamenti climatici

III B - Misure finalizzate a migliorare la capacità di previsione a livello locale (es. scenari climatici, analisi di rischio, ecc.)

Descrizione

I PAESC (Piani d'Azione per l'Energia Sostenibile e il Clima) sono strumenti di pianificazione previsti dal Patto dei Sindaci (*Covenant of Mayors*), iniziativa europea che riunisce le città che intendono adottare un approccio integrato per la mitigazione e l'adattamento ai cambiamenti climatici. In particolare, le finalità del PAESC sono quelle di accelerare la decarbonizzazione dei propri territori (riduzione delle emissioni di gas serra del 55% entro il 2030), rafforzare la capacità di adattamento ai cambiamenti climatici e garantire ai cittadini l'accesso a un'energia sicura, sostenibile e alla portata di tutti. Se per la mitigazione la progettazione delle azioni è basata su un inventario base delle emissioni di gas serra, per le azioni di adattamento si parte dalla valutazione dei rischi e delle vulnerabilità, considerando settori chiave come la gestione del territorio e delle acque e quello dell'edilizia.

In alcuni casi, gli interventi non vengono inseriti nel contesto del Patto dei Sindaci, trattando solo la componente dell'adattamento ai cambiamenti climatici.

Benefici attesi

Aumento della resilienza e sostenibilità dell'area urbana

Miglioramento della qualità dei corpi idrici

Prevenzione dell'isola urbana di calore

Risparmio e ottimizzazione della risorsa idrica

Riduzione delle emissioni di gas serra

Riduzione del rischio di frane, allagamenti e inondazioni

Riduzione del rischio incendi

Riduzione dei consumi energetici

Incremento della fruizione e attrattività dei luoghi

Incentivo alla mobilità dolce

Miglioramento della vivibilità dello spazio pubblico e rigenerazione dei luoghi di socialità

Promozione di un approccio partecipativo

Incremento della consapevolezza e della conoscenza dell'amministrazione e della popolazione su rischi climatici, strategie di mitigazione e adattamento

Riduzione della mortalità e della morbidità per ondate di calore

Riduzione della mortalità e della morbidità conseguenti all'inquinamento atmosferico

Riduzione dei danni alla popolazione dovuti agli eventi meteo climatici estremi

Riduzione di potenziali danni alla popolazione dovuti agli eventi meteo climatici estremi

Incremento del valore di mercato degli immobili

Riduzione delle spese sanitarie

Riduzione dei danni a persone, edifici, infrastrutture e attività economiche dovuti agli eventi meteo climatici estremi

AMBIENTE

SOCIETÀ

ECONOMIA

INDICATORI DI MONITORAGGIO

Avanzamento: % di completamento degli studi sul totale previsto

% di completamento del Piano sul totale previsto

% di aggiornamento del Piano sul totale previsto

Approvazione del PAESC

N. di database realizzati sul totale previsto

N. di analisi effettuate sul totale previsto

N. di simulazioni svolte sul totale previsto

N. di sistemi ICT predittivi implementati sul totale previsto

% di realizzazione del processo partecipativo sul totale previsto

% di redazione delle mappe di vulnerabilità climatica sul totale previsto

Efficacia: % o numero di cittadini coinvolti nelle attività di formazione e/o sensibilizzazione

N. di obiettivi del PAESC raggiunti

N. di piani/regolamenti/programmi realizzati

N. di previsioni effettuate

N. di studi, documenti e strumenti realizzati

N. di studi, documenti e strumenti reperiti



POSSIBILI EFFETTI NEGATIVI/MALADATTAMENTO

Emissioni inquinanti e climalteranti

Impiego di materiali impattanti dal punto di vista energetico e ambientale durante tutto il ciclo di vita

INDICAZIONI TECNICHE PER EVITARE EFFETTI NEGATIVI

Prevedere l'impiego di materiali sostenibili e riciclabili e/o biodegradabili a basso impatto ambientale

VITA MEDIA

Non disponibile

AMBITO DI REALIZZAZIONE

Territorio comunale

20



ALTRI STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE



9	Brescia
12	Trento
15	Verona
19	Trieste
24	Parma
47	Perugia

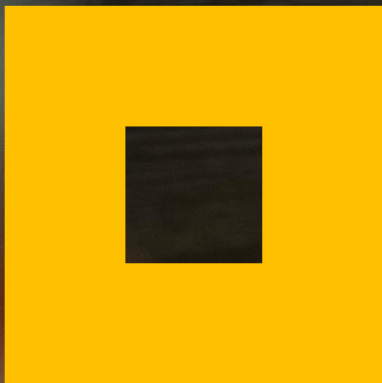


Foto by Pexels Photography

Pericolo climatico



ondate di calore



precipitazioni intense



siccità

Tipologia

III A - Misure finalizzate a migliorare le conoscenze a livello locale (es. implementazione di banche dati climatiche/impatti/vulnerabilità, sistemi ICT predittivi, rafforzamento dei sistemi di monitoraggio, ricerca di nuove fonti di approvvigionamento idrico in ambito urbano, ecc.), nonché alla redazione di strumenti di pianificazione comunale di adattamento ai cambiamenti climatici

III B - Misure finalizzate a migliorare la capacità di previsione a livello locale (es. scenari climatici, analisi di rischio, ecc.)

Descrizione

Gli "altri strumenti di pianificazione" comprendono i Piani e/o altri documenti programmatici non esclusivamente finalizzati all'adattamento ai cambiamenti climatici ma che contribuiscono comunque ad accrescere la resilienza e la capacità di adattamento agli eventi climatici avversi, agendo su specifiche componenti di gestione del territorio (es. infrastrutture verdi, mitigazione dei rischi, gestione delle reti fognarie, ecc.). Ne sono esempi:

- i Piani del verde e della biodiversità, che prevedono strategie di rafforzamento della biodiversità urbana e di diffusione delle infrastrutture verdi, nonché l'implementazione di reti ecologiche e di interconnessione con le aree protette periurbane
- i censimenti del patrimonio arboreo per la programmazione, gestione, utilizzo e orientamento dello sviluppo futuro delle aree verdi
- i censimenti dei fenomeni franosi, per la definizione delle misure di prevenzione e mitigazione del rischio idrogeologico

- i Piani per l'adeguamento idraulico delle reti fognarie, finalizzati alla definizione degli interventi volti alla risoluzione delle criticità presenti e potenziali

Benefici attesi

Assorbimento degli inquinanti gassosi e del particolato atmosferico
Incremento dell'ombreggiamento
Prevenzione dell'isola urbana di calore
Miglioramento della qualità della rete fognaria
Potenziamento delle reti ecologiche e delle interconnessioni con le aree protette periurbane
Risparmio e ottimizzazione della risorsa idrica
Riduzione del rischio di frane, allagamenti e inondazioni
Riduzione dei rischi di caduta di alberi

AMBIENTE

Miglioramento della vivibilità dello spazio pubblico e rigenerazione dei luoghi di socialità
Riduzione dei danni alla popolazione dovuti agli eventi meteo climatici estremi
Riduzione della mortalità e della morbilità

SOCIETÀ

Riduzione dei danni agli edifici e alle infrastrutture dovuti agli eventi meteo climatici estremi
Riduzione delle perdite economiche dovute al cambiamento climatico

ECONOMIA

INDICATORI DI MONITORAGGIO

Avanzamento: % o numero di alberi censiti sul totale previsto

Efficacia: % di alberi sani e numero di sostituzioni



POSSIBILI EFFETTI NEGATIVI/MALADATTAMENTO

Emissioni inquinanti e climalteranti
Impiego di materiali impattanti dal punto di vista energetico e ambientale durante tutto il ciclo di vita

INDICAZIONI TECNICHE PER EVITARE EFFETTI NEGATIVI

Prevedere l'impiego di materiali sostenibili e riciclabili e/o biodegradabili a basso impatto ambientale

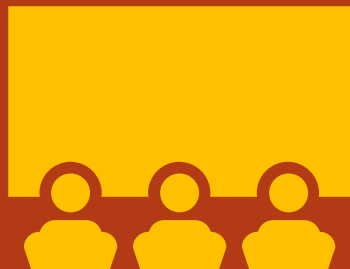
VITA MEDIA

Non disponibile

AMBITO DI REALIZZAZIONE

Territorio comunale

21



CORSI DI FORMAZIONE



- 22 Carpi
- 23 Piacenza
- 24 Parma
- 25 Forlì
- 26 Imola
- 27 Reggio Emilia
- 28 Modena
- 29 Bologna
- 33 Rimini
- 51 Fiumicino
- 66 Corigliano R.



Pericolo climatico



ondate di calore



precipitazioni intense



siccità

Tipologia

III C - Misure di sensibilizzazione, formazione, partecipazione sull'adattamento a livello locale e sulla riduzione della vulnerabilità specifica per gli operatori locali e per la rete dei portatori di interesse

Descrizione

I corsi di formazione sono strumenti che promuovono la conoscenza e la consapevolezza sui rischi associati ai cambiamenti climatici e sulle misure di adattamento e mitigazione. In particolare, essi sono finalizzati a:

- rafforzare le capacità delle amministrazioni comunali di attuare politiche e interventi in tema di adattamento climatico e migliorare le conoscenze e le competenze di associazioni interessate, degli istituti scolastici e della cittadinanza in generale
- sviluppare un piano di comunicazione adeguato ai differenti target della popolazione
- creare una "comunità regionale" nei casi in cui i corsi di formazione siano organizzati dalla Regione, per mettere in relazione operativa i tecnici comunali e i professionisti del territorio

Spesso i corsi di formazione vengono realizzati attraverso cicli di micro-attività come *talk*, laboratori, presentazioni che coinvolgono tutti i diversi portatori di interesse: studenti, anziani, imprese, associazioni, ecc. In alternativa, gli interventi possono

essere realizzati attraverso una piattaforma per l'erogazione di diversi servizi di informazione, sensibilizzazione, formazione e partecipazione.

Benefici attesi

Aumento della resilienza e della sostenibilità dell'area urbana
Miglioramento della salvaguardia, della tutela dell'ambiente e della pianificazione territoriale
Mitigazione dell'effetto isola di calore e miglioramento del microclima urbano

AMBIENTE

Incremento della consapevolezza e della conoscenza dell'amministrazione e della popolazione su rischi climatici, strategie di mitigazione e adattamento
Aumento di interesse, propositività e coesione nelle diverse aree dell'amministrazione e degli stakeholder
Creazione di una comunità resiliente, sostenibile e inclusiva
Miglioramento della vivibilità dello spazio pubblico e rigenerazione dei luoghi di socialità
Sviluppo di nuovi *skill* e *upskilling* per le professioni *green* emergenti

SOCIETÀ

Aumento della capacità di intercettare i NEETS²³
Innovazione tecnologica applicata alla progettazione
Promozione della cooperazione regionale
Sviluppo di *partnership* e collaborazioni professionali per azioni congiunte di adattamento climatico e sviluppo di comunità sostenibili

ECONOMIA

INDICATORI DI MONITORAGGIO

Avanzamento: % o numero di dipendenti comunali/professionisti formati sul totale previsto
% o numero di ore di incontri formativi svolti sul totale previsto
N. di associazioni coinvolte sul totale previsto

²³ **NEET** (*Not in Education, Employment or Training*) Indicatore atto a individuare la quota di popolazione di età compresa tra i 15 e i 29 anni che non è né occupata né inserita in un percorso di istruzione o di formazione (Fonte: NEET (Not in Education, Employment or Training) in "Dizionario di Economia e Finanza" (treccani.it)).

N. di incontri formativi svolti sul totale previsto
N. di video e interviste sul totale previsto
N. di podcasting realizzati sul totale previsto
% realizzazione di una piattaforma web sul totale previsto

Efficacia: % o numero di dipendenti comunali/professionisti formati
% o numero di eventi formativi realizzati
% o numero di cittadini coinvolti nelle attività di formazione
N. di visualizzazioni della piattaforma web dedicata
N. di materiali video, multimediali, podcasting, interviste,
N. di studi e documenti prodotti
Seminari e *lectures* realizzati



POSSIBILI EFFETTI NEGATIVI/MALADATTAMENTO

Impiego di materiali impattanti dal punto di vista energetico e ambientale durante tutto il ciclo di vita

INDICAZIONI TECNICHE PER EVITARE EFFETTI NEGATIVI

Prevedere l'impiego di materiali sostenibili e riciclabili e/o biodegradabili a basso impatto ambientale

VITA MEDIA

Non disponibile

AMBITO DI REALIZZAZIONE

Territorio comunale, scuole (studenti e docenti),
uffici comunali



22



ATTIVITÀ DI SENSIBILIZZAZIONE





Pericolo climatico



ondate di calore



precipitazioni intense



siccità

Tipologia

III C - Misure di sensibilizzazione, formazione, partecipazione sull'adattamento a livello locale e sulla riduzione della vulnerabilità specifica per gli operatori locali e per la rete dei portatori di interesse

Descrizione

Gli interventi di sensibilizzazione hanno l'obiettivo di coinvolgere e formare i cittadini, compresi i giovani, gli anziani, le associazioni e le imprese, al fine di:

- aumentare la consapevolezza sulle misure di mitigazione e adattamento e sulla riduzione della vulnerabilità
- divulgare buone pratiche di mitigazione e adattamento
- progettare e selezionare le migliori soluzioni per contrastare i cambiamenti climatici
- sviluppare percorsi di partecipazione, comunicazione e sensibilizzazione su cambiamento climatici e misure di adattamento

Tali obiettivi possono essere raggiunti attraverso differenti tipologie di approcci:

- in presenza, con la partecipazione fisica dei docenti e dei discenti, in cui il ruolo di "formatore" può essere ricoperto da associazioni di volontari, esperti, cittadini informati che sensibilizzano ragazzi in età scolare e/o altri cittadini
- con l'uso di strumenti tecnologici, come piattaforme per l'informazione, la sensibilizzazione, la formazione e la partecipazione
- con l'impiego di strumenti informativi, come ad esempio, pannelli installati nelle piazze delle città e infopoint

- tramite una comunicazione scientifica che possa supportare forme estese di sensibilizzazione
- con l'impiego di sistemi di *alert* con lo scopo avviare una cultura di protezione civile che permetta ai cittadini di conoscere le norme comportamentali e le misure di autoprotezione
- con la realizzazione di laboratori di simulazione creativa (simulazioni teatrali del rischio) e *talk*

Benefici attesi

Aumento della resilienza e della sostenibilità dell'area urbana
 Aumento della salvaguardia, tutela dell'ambiente e pianificazione territoriale
 Promozione del riuso dell'acqua
 Promozione dell'utilizzo delle energie rinnovabili
 Risparmio energetico
 Risparmio e ottimizzazione della risorsa idrica
 Riduzione dell'inquinamento atmosferico
 Riduzione delle emissioni di gas serra

AMBIENTE

Incremento della consapevolezza e della conoscenza dell'amministrazione e della popolazione su rischi climatici, strategie di mitigazione e adattamento
 Aumento di interesse, propositività e coesione
 Creazione di una comunità resiliente, sostenibile e inclusiva
 Miglioramento della vivibilità dello spazio pubblico e rigenerazione dei luoghi di socialità
 Promozione della coesione sociale e senso di comunità in spazi aperti
 Miglioramento della sicurezza reale e percepita
 Riduzione dei danni alla popolazione dovuti agli eventi meteo climatici estremi
 Riduzione della mortalità e della morbidità per ondate di calore

SOCIETÀ

Aumento della capacità di intercettare i NEETS²⁴
 Innovazione tecnologica applicata alla progettazione
 Promozione della cooperazione regionale
 Riduzione dei danni a persone, edifici, infrastrutture e attività economiche dovuti agli eventi meteo climatici estremi
 Risparmio delle risorse economiche

INDICATORI DI MONITORAGGIO

Avanzamento: % o n. di eventi educativi, informativi e comunicativi organizzati sul totale previsto

% o n. di cittadini coinvolti nelle attività di sensibilizzazione sul totale previsto

N. di dipendenti comunali/professionisti sensibilizzati sul totale previsto

N. di podcasting realizzati sul totale previsto

N. di rifugi climatici²⁵ realizzati sul totale previsto

N. di scuole coinvolte sul totale previsto

N. di studenti/docenti coinvolti sul totale previsto

N. di video e interviste effettuate sul totale previsto

Efficacia: % o n. di eventi educativi, informativi e comunicativi realizzati

% o n. di cittadini che richiedono di rimanere informati sui cambiamenti climatici

% o n. di cittadini coinvolti nelle attività di sensibilizzazione

²⁴ **NEET** (*Not in Education, Employment or Training*) Indicatore atto a individuare la quota di popolazione di età compresa tra i 15 e i 29 anni che non è né occupata né inserita in un percorso di istruzione o di formazione (Fonte: NEET (Not in Education, Employment or Training) in "Dizionario di Economia e Finanza" (treccani.it)).

²⁵ Rifugio climatico: si intende sia il riutilizzo di edifici dismessi o sottoutilizzati della pubblica amministrazione come "oasi urbane" per garantire soste e riparo dalle temperature estive, sia installazioni temporanee più leggere, delle "*urban canopy*", una sorta di copertura in grado di creare frescura e ombra in luoghi della città particolarmente compromessi.

N. di cittadini raggiunti con ciascun social per ogni notizia
N. di cittadini "accolti" nei rifugi climatici
Riduzione dei ricoveri dovuti ad ondate di calore
Numero di enti di ricerca, associazioni, ordini professionali e organizzazioni coinvolti in iniziative riferite alla progettazione e gestione del verde comunale
Numero di interviste realizzate sulla percezione del cambiamento/miglioramento
Numero di studenti/docenti coinvolti



POSSIBILI EFFETTI NEGATIVI/MALADATTAMENTO

Impiego di materiali impattanti dal punto di vista energetico e ambientale durante tutto il ciclo di vita

INDICAZIONI TECNICHE PER EVITARE EFFETTI NEGATIVI

Prevedere l'impiego di materiali sostenibili e riciclabili e/o biodegradabili a basso impatto ambientale

VITA MEDIA

Non disponibile

AMBITO DI REALIZZAZIONE

Territorio comunale, centro cittadino, scuole (studenti e docenti)



I rifugi climatici

Un'esposizione prolungata a temperature elevate può provocare disturbi lievi, come crampi, svenimenti, edemi, oppure di maggiore gravità, come congestione, colpo di calore, disidratazione, ma anche un aggravamento delle condizioni di salute a persone con patologie croniche preesistenti²⁶. Con l'intensificarsi degli impatti climatici sul territorio, diverse città in tutto il mondo stanno intraprendendo una serie di strategie per proteggere la cittadinanza dalle alte temperature (Amorim-Maya *et al.*, 2023).

Innovative sono le iniziative di adattamento al cambiamento climatico in cui le città creano o rimodellano gli spazi pubblici come "rifugi" per i residenti, soprattutto i più vulnerabili, affinché possano adattarsi a rischi estremi. Questi "rifugi" includono strutture indoor climatizzate o spazi verdi. Negli Stati Uniti, per esempio, ricorre l'uso dei centri di raffreddamento, ossia di edifici climatizzati che possono essere di proprietà del governo come biblioteche o scuole, oppure centri comunitari (religiosi o ricreativi) o attività private (Widerynski *et al.*, 2017). L'adozione di tale misura si basa sulla considerazione che le popolazioni a basso reddito potrebbero avere un accesso limitato all'aria condizionata o potrebbero essere riluttanti a utilizzare unità di climatizzazione per motivi economici. In alcuni casi l'organizzazione riesce a prevedere servizi aggiuntivi come accesso a servizi igienici, distributori automatici, accesso wi-fi, aree ricreative (Berisha *et al.*, 2017), ma in tutti i casi l'implementazione di un centro di raffreddamento è sempre accompagnata da opportune campagne di informazione con uso di diverse strategie di comunicazione (informazioni sui siti web istituzionali, e-mail, post sui social media, annunci sui giornali regionali, newsletter religiose e comunitarie, poster, annunci di servizio pubblico e opuscoli all'interno delle bollette).

In Europa alcune città stanno valorizzando il verde come potenziale rifugio climatico. Esempi sono costituiti dal progetto Oasis di Parigi e dai Refugis Climatics di Barcellona (Baró *et al.*, 2022). Nella capitale francese il progetto Oasis^{27,28} (*Openness, Adaptation, Sensitization, Innovation and Social ties*) ha previsto la trasformazione di dieci cortili scolastici pilota in "isole fresche" utilizzando sia misure grigie (ingegneria) che verdi

²⁶

<https://www.salute.gov.it/portale/caldo/dettaglioContenutiCaldo.jsp?lingua=italiano&id=4546&area=emergenzaCaldo&menu=vuoto>

²⁷ https://www.uia-initiative.eu/sites/default/files/2020-07/Booklet_A4_Oasis-FEDER%20UIA_v3.pdf

²⁸ <https://www.paris.fr/pages/les-cours-oasis-7389#la-methode-oasis>

(soluzioni basate sulla natura), accessibili sia agli alunni delle scuole che alle comunità locali. Il progetto è stato implementato nel periodo 2019-2021 ma visti gli ottimi risultati la città mira a estendere l'iniziativa ad altri cortili scolastici. Similmente, a Barcellona sono stati convertiti i cortili di 11 scuole in isole fresche principalmente con un mix di misure blu (punti d'acqua), verdi (più spazi d'ombra e verde nei cortili), grigie (interventi sugli edifici e utilizzo di materiali permeabili)²⁹. Durante l'intera durata del progetto, è stato messo in campo un ampio programma di comunicazione per informare il pubblico, insegnanti e alunni in primis, sulle potenzialità e sugli obiettivi del progetto e sensibilizzare l'opinione pubblica sui cambiamenti climatici e sui relativi impatti. La città non si è fermata ai soli plessi scolastici ma ha esteso l'iniziativa stabilendo un programma di rete di rifugi climatici aperta al pubblico, fissando l'obiettivo di garantire a tutti i residenti, entro il 2030, di vivere ad una distanza di 5 minuti a piedi da un rifugio climatico (Amorim-Maya *et al.*, 2023).

Raccogliendo e ampliando l'esperienza dei progetti europei pionieri in tale ambito, Bruxelles, Barcellona, Parigi e Rotterdam hanno avviato COOLSCHOOLS³⁰ (marzo 2022-febbraio 2025), un progetto di ricerca che promuove in queste 4 città i rifugi climatici basati sulla natura negli ambienti scolastici.

In Italia, il verde come rifugio climatico è promosso dal Comune di Torino che nel suo Piano di resilienza climatica (Comune di Torino, 2020) ha individuato la collina torinese come zona rifugio per sfuggire dalla città nelle giornate o nelle ore di caldo intenso, prevedendo aree di sosta in cui incrementare i servizi. Il Comune di Udine, invece, ha programmato (Comune di Udine, 2023) azioni di "Percezione-Informazione Partecipazione: parlare di clima - azioni di disseminazione del nuovo PAESC del Comune di Udine" e la predisposizione di rifugi climatici in aree specifiche della città attrezzandole per supportare le fasce di popolazione particolarmente vulnerabili alle ondate di calore (anziani e bambini), mentre durante il resto dell'anno tali aree svolgeranno la funzione di presidi permanenti per attività di sensibilizzazione e informazione sui cambiamenti climatici.

I rifugi climatici costituiscono luoghi e spazi urbani che hanno la capacità di affrontare in modo efficace e strategico sia le vulnerabilità climatiche sia quelle sociali, permettendo alle città di tendere verso una maggiore giustizia climatica.

²⁹ <https://www.uia-initiative.eu/en/news/final-countdown-barcelonas-climate-shelters-project-final-journal>

³⁰ <https://coolschools.eu/the-project>

Conclusioni

L'esperienza acquisita finora nell'ambito dell'attività di valutazione delle proposte progettuali presentate dai comuni partecipanti al Programma sperimentale di interventi per l'adattamento a livello urbano, condotta dal MiTE/MASE con il supporto di ISPRA e ANCI, ha consentito di identificare le esigenze degli enti locali impegnati nell'attività di pianificazione dell'adattamento a livello locale.

Tra queste va senz'altro segnalata la necessità di rafforzare la capacità di definire quadri conoscitivi attuali e scenari futuri di maggior dettaglio, sia per quanto riguarda la situazione climatica sia quella inerente agli impatti dei cambiamenti climatici. Si tratta di disporre di serie storiche, banche dati, modelli affidabili a supporto di una più corretta identificazione delle criticità su cui intervenire: senza un'approfondita conoscenza delle problematiche territoriali attuali e attese non sarà possibile individuare in maniera adeguata quali interventi realizzare né delimitare le aree delle città che necessitano di essere sottoposte prioritariamente ad una trasformazione nell'ottica della resilienza agli eventi meteo climatici estremi.

Va altresì segnalata l'esigenza di diffondere e condividere le conoscenze sulle diverse soluzioni progettuali ad oggi disponibili per adattare le nostre città al cambiamento climatico, in modo da trasferire tecnologie, saperi e progetti a livello locale – come si è cercato di fare con questo lavoro.

Il presente Quaderno offre una prima panoramica delle possibili soluzioni scelte dai comuni partecipanti al Programma sperimentale per far fronte ai crescenti problemi che i cambiamenti climatici stanno ponendo a livello urbano. Nella maggior parte dei casi si tratta di interventi già sperimentati in Italia, talvolta proposti in chiave innovativa o finalizzati per la prima volta a fini di adattamento o, ancora, combinati in pacchetti di azioni di diverse tipologie che, integrate, producono effetti sinergici. L'approccio del Programma sperimentale evidenzia, infatti, la necessità di approntare interventi in maniera integrata: la singola azione non è quasi mai sufficiente a risolvere una problematica, ma è perlopiù la combinazione di diversi approcci (es. *green*, *blue*, *grey* e *soft*) che può garantire risultati più efficaci. Affrontare il rischio climatico significa, infatti, lavorare contemporaneamente sulle tre dimensioni che concorrono a determinarlo, vale a dire la pericolosità climatica, la vulnerabilità e l'esposizione. Se la pericolosità climatica viene affrontata attraverso le politiche di mitigazione, è con l'adattamento che si va ad incidere sulla vulnerabilità e sull'esposizione: azioni *green*, *blue* e *grey* intervengono perlopiù sulla prima, misure *soft* agiscono soprattutto sulla seconda, grazie al rafforzamento della conoscenza, della formazione, della sensibilizzazione rispetto ai rischi.

Nel portfolio di proposte si segnala, altresì, una minoranza di casi in cui si effettueranno per la prima volta in Italia interventi di adattamento mai sperimentati fino ad ora come avverrà, in particolare, nei casi di L'Aquila e Lecce che realizzeranno delle piazze d'acqua sulla scorta dell'interessante esempio di Rotterdam, o anche la

predisposizione a Udine di rifugi climatici in aree specifiche della città, attrezzate per supportare le fasce di popolazione particolarmente vulnerabili alle ondate di calore. Gli ambiti di realizzazione degli interventi rendono conto di una rilevante varietà di luoghi della città che potranno essere trasformati in chiave adattiva, contribuendo a rendere più resilienti gli spazi urbani in cui si inseriranno: si passa dalla scala di edificio con tetti e pareti verdi, tetti e pareti ventilate, schermature e serre solari, alla scala di spazio pubblico come piazze e piazzali, aree verdi e parchi, fino alla rigenerazione di quartieri. Il carattere sperimentale degli interventi, naturalmente, ne limita al momento l'efficacia su grande scala ma ne garantisce comunque il valore in termini di sensibilizzazione nonché la potenzialità di replicazione su aree più estese o altri territori.

Come evidenziato dalle schede realizzate, oltre a perseguire gli obiettivi di adattamento, tutti gli interventi illustrati offrono una molteplicità di possibili benefici ambientali, sociali ed economici. Va, tuttavia, tenuto conto con grande attenzione il rischio che si configurino casi di maladattamento o comunque effetti negativi non considerati all'atto della pianificazione. A tal fine è utile considerare nell'ordine di preferenza degli interventi di adattamento possibili, in via prioritaria quelli che sono sinergici anche con le politiche di riduzione di gas serra. Rispondono a questo requisito soprattutto le azioni di forestazione urbana e periurbana, barriere alberate, orti e frutteti urbani. Esse, infatti, contribuiscono oltre che all'adattamento anche a ridurre le emissioni climalteranti, stoccandole. Si sottolinea, in ogni caso, la necessità che venga assicurata oltreché una corretta pianificazione degli interventi, anche un'adeguata attività di monitoraggio, attraverso specifici indicatori di cui si riportano alcuni esempi, con particolare riferimento all'efficacia degli interventi nel raggiungere gli obiettivi di adattamento prefissati. Le indicazioni tecniche presenti nelle schede rappresentano solo degli esempi utili a prevenire eventuali problematiche. In taluni casi potrà verificarsi, comunque, l'esigenza di approntare misure correttive.

L'auspicio è che il presente Quaderno possa contribuire a valorizzare l'esperienza che si sta acquisendo nel corso del Programma sperimentale e a fornire un supporto all'implementazione di alcune tra le azioni previste dal PNACC, attualmente in via di approvazione, quali, ad esempio, gli *interventi sperimentali di adattamento nelle aree periurbane e in ambiti di competenza sovralocale, interventi sperimentali di adattamento nelle periferie e nei centri storici, interventi sperimentali di adattamento nello spazio pubblico*.

Il fine ultimo sarà, in ogni caso, quello di compiere il passo che dalla sperimentazione condurrà ad un'applicazione degli interventi su scala più ampia, che garantisca una più elevata efficacia nell'ottica di mettere in atto la vera trasformazione urbana che la sfida della resilienza ai cambiamenti climatici sta imponendo sempre più.

Bibliografia

Amorim-Maia, A.T., Anguelovski, I., Connolly, J. Chu, E. (2023) Seeking refuge? The potential of urban climate shelters to address intersecting vulnerabilities, *Landscape and Urban Planning* 238. 104836.

Baró, F., Camacho, D. A., Perez del Pulgar, C., Ruiz-Mallén, I. and Pablo García-Serrano. (2022). Nature-Based Climate Solutions in European Schools: A Pioneering Co-designed Strategy Towards Urban Resilience. In I. Ruiz-Mallén *et al.* (eds.), *Urban Resilience to the Climate Emergency, The Urban Book Series*, https://doi.org/10.1007/978-3-031-07301-4_6.

Berisha, V., Hondula, D., Roach, M., White, J. R., McKinney, B., Bentz, D., Mohamed, A., Uebelherr, J., Goodin, K. (2017). Assessing Adaptation Strategies for Extreme Heat: A Public Health, Evaluation of Cooling Centers in Maricopa County, Arizona. *Weather, Climate, and Society*, 9(1), 71–80.

Castellari S. e Filpa A., 2020. L'adattamento climatico nel governo urbano in Focus su: cambiamenti climatici, ambiente e salute, città circolari del XV Rapporto sulla Qualità dell'Ambiente Urbano, Ed. 2019. Report SNPA, 14/2020.

Centro euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici, 2021. Spano D., Mereu V., Bacciu V., Barbato G., Casartelli V., Ellena M., Lamesso E., Ledda A., Marras S., Mercogliano P., Monteleone L., Mysiak J., Padulano R., Raffa M., Ruiiu M.G.G., Serra V., Villani V., 2021. "Analisi del rischio. I cambiamenti climatici in sei città italiane", dOI: 10.25424/cmcc/analisi_del_rischio_2021.

Ciriminna, D.; Ferreri, G.B.; Noto, L.V.; Celauro, C., 2022. Numerical Comparison of the Hydrological Response of Different Permeable Pavements in Urban Area. *Sustainability* 2022, 14, 5704. <https://doi.org/10.3390/su14095704>.

Cohen-Shacham E., Walters G., Janzen C. and Maginnis S. (eds.), 2016. *Nature-based Solutions to address global societal challenges*. Gland, Switzerland: IUCN. xiii + 97pp.

Comune di Torino, Piano di resilienza climatica (2020).

Comune di Udine, Piano Integrato di Attività e Organizzazione (PIAO) 2023-2025, Sottosezione 2.2 Performance, Allegato 1 (2023).

Desiato F., Lena F. e Toreti A., 2006. Un sistema per tutti – climatologia: i dati italiani. *Sapere*, Anno 72, n. 2, 62-69.

Desiato F., Lena F., Toreti A., 2007. SCIA: a system for a better knowledge of the Italian climate, *Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata*, Vol. 48, n. 3, 351-358.

Desiato F., Fioravanti G., Frascchetti P., Perconti W., Piervitali E., 2012. Elaborazione delle serie temporali per la stima delle tendenze climatiche, *Rapporto ISPRA/Stato dell'Ambiente 32/2012*.

Drake J. *et al.*, 2013. Hydrologic performance of three partial-infiltration permeable pavements in a cold climate over low permeability soil. *J. Hydrol. Eng.* 19(9):04014016.

EC, 2013. An EU Strategy on adaptation to climate change. COM(2013) 216 final.

EC, 2019. The European Green Deal. COM(2019) 640 final.

EC, 2021. Forging a climate-resilient Europe – The new EU Strategy on Adaptation to Climate Change. COM(2021) 82 final.

EEA, 2015. Exploring nature-based solutions. The role of green infrastructure in mitigating the impacts of weather- and climate change-related natural hazards. Technical Report 12/2015.

EEA, 2020. Urban adaptation in Europe. EEA Technical Report 12/2020.

Huang J., Valeo C., He J., Chu A., (2016b) Three types of permeable pavements in cold climates: hydraulic and environmental performance. *J Environ Eng* 142(6):04016025.

Imran H. M. *et al.*, 2013. Permeable pavement and stormwater management systems: a review. *Environ Technol* 34(18):2649–2656.

IPCC, 2021. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2391 pp. doi:10.1017/9781009157896.

IPCC, 2022. Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 3056 pp., doi:10.1017/9781009325844.

ISPRA, 2018. Desiato F., Fioravanti G., Frascchetti P., Perconti W., Piervitali E., Pavan V.: Gli indicatori del clima in Italia nel 2017 – Anno XIII (ISPRA Stato dell'Ambiente 80_2018).

ISPRA, 2019. Desiato F., Fioravanti G., Frascchetti P., Perconti W., Piervitali E., Pavan V.: Gli indicatori del clima in Italia nel 2018 – Anno XIV (ISPRA Stato dell'Ambiente 88_2019).

ISPRA, 2021. Fioravanti G., Frascchetti P., Lena F., Perconti W., Piervitali E., Pavan V.: Gli indicatori del clima in Italia nel 2020 – Anno XVI (ISPRA Stato dell'Ambiente 96_2021).

ISPRA, 2022. Fioravanti G., Frascchetti P., Lena F., Perconti W., Piervitali E., Pavan V.: Gli indicatori del clima in Italia nel 2021 – Anno XVII (ISPRA Stato dell'Ambiente 98_2022).

Legambiente, 2023. Accelerare il cambiamento la sfida dell'acqua passa dalle città.

Jayasuriya, L.N.N.; Kadurupokune, N.; Othman, M.; Jesse, K., 2007. Contributing to the sustainable use of stormwater: the role of pervious pavements. *Water Science & Technology*, 56(12), 69–. doi:10.2166/wst.2007.753.

MiTE, 2021. Decreto Direttoriale n. 117 del 15.04.2021 di istituzione del Programma sperimentale di interventi per l'adattamento ai cambiamenti climatici in ambito urbano e Allegato 1, 2 e 3.

MiTE, 2022. Decreto Direttoriale n. 93 del 07.07.2022 di ammissione delle istanze al finanziamento di cui al D. D. n. 117 del 15.04.2021.

MASE, 2022. Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici. Versione pubblicata sul sito del MASE nel Dicembre 2022.

MATTM, 2015. Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti climatici.

MATTM, 2018. Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici. Versione di Giugno 2018.

McKee, T.B., N.J. Doesken and J. Kleist, 1993. The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales. Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology, 17–22 January 1993, Anaheim, CA. Boston, MA, American Meteorological Society.

Montin P., 2012. Acque meteoriche di dilavamento: principi di progettazione e dimensionamento degli impianti di trattamento. ISBN 978-88-579-0156-5.

Peterson T.C., Folland C., Gruza G., Hogg W., Mokssit A. e Plummer N., 2001. Report on the activities of the Working Group on Climate Change Detection and Related Rapporteurs 1998-2001. World Meteorological Organization, Rep. WCDMP-47, WMO-TD 1071, Geneva, Switzerland, 143 pp.

SNPA, 2023. Il clima in Italia nel 2022, Report SNPA 36/2023.

Tota-Maharaj K *et al.*, 2010. Efficiency of permeable pavement systems for the removal of urban runoff pollutants under varying environmental conditions. *Environ Progress Sustain Energy* 29(3):358–369.

Widerynski, S., Schramm, P., Conlon, K., Noe, R., Grossman, E., Hawkins, M., Nayak, S., Roach, M., Hiltz, A. S. (2017). The Use of Cooling Centers to Prevent Heat-Related Illness: Summary of Evidence and Strategies for Implementation, Climate and Health Technical Report Series Climate and Health Program. Centers for Disease Control and Prevention., 1–36.

Allegato 1 – Mappa dei comuni ammessi a finanziamento

1	Torino	30	Ferrara	59	Bari
2	Asti	31	Ravenna	60	Brindisi
3	Novara	32	Cesena	61	Foggia
4	Busto Arsizio	33	Rimini	62	Lecce
5	Monza	34	Carrara	63	Taranto
6	Milano	35	Massa	64	Matera
7	Pavia	36	Lucca	65	Potenza
8	Bergamo	37	Pistoia	66	Corigliano R.
9	Brescia	38	Prato	67	Cosenza
10	Cremona	39	Pisa	68	Crotone
11	Bolzano	40	Viareggio	69	Messina
12	Trento	41	Livorno	70	Catania
13	Treviso	42	Grosseto	71	Gela
14	Vicenza	43	Pesaro	72	Marsala
15	Verona	44	Ancona	73	Palermo
16	Venezia	45	Pescara	74	Ragusa
17	Padova	46	L'Aquila	75	Trapani
18	Udine	47	Perugia	76	Siracusa
19	Trieste	48	Terni	77	Olbia
20	Genova	49	Guidonia M.	78	Quartu S. Elena
21	La Spezia	50	Roma	79	Sassari
22	Carpi	51	Fiumicino	80	Cagliari
23	Piacenza	52	Aprilia		
24	Parma	53	Latina		
25	Forlì	54	Pomezia		
26	Imola	55	Viterbo		
27	Reggio Emilia	56	Caserta		
28	Modena	57	Castel. di Stabia		
29	Bologna	58	Altamura		



QUADERNI
AMBIENTE E SOCIETÀ

29/2023