



COMUNE DI CAGLIARI

ASSESSORATO ALLA PIANIFICAZIONE STRATEGICA E DELLO SVILUPPO URBANISTICO

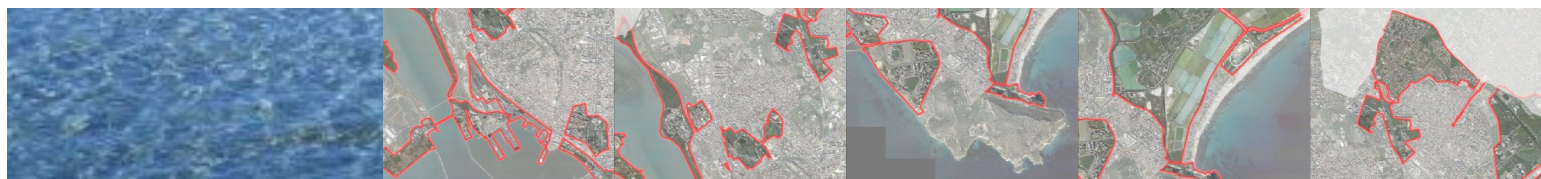
SERVIZIO PIANIFICAZIONE STRATEGICA E TERRITORIALE

PIANO URBANISTICO COMUNALE 2024

OGGETTO **RELAZIONE STRATEGIE E MISURE DI ADATTAMENTO AI CAMBIAMENTI CLIMATICI**

DATA **MARZO 2024**

ELABORATO **QP.CLIMA.REL**



Indice generale

1 Premessa.....	5
2 Inquadramento normativo.....	8
3 Studio delle reti tecnologiche.....	10
Nell'ottica di adattamento ai cambiamenti climatici lo sviluppo degli studi dovrà basarsi necessariamente anche sui seguenti aspetti:.....	
4 Le strategie di mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici.....	12
4.1 Strategie Regionali di Mitigazione.....	12
4.2 Recepimento a Scala Comunale.....	13
4.3 Sistema informativo territoriale di dati ambientali e sociali.....	14
4.4 Modalità di coinvolgimento dei vari attori.....	15
4.5 Azioni di adattamento.....	16
4.6 Sistema di monitoraggio e valutazione.....	17
5 Prodotti	19
5.1 Reti tecnologiche.....	19
5.2 Profilo Climatico Locale.....	20
5.2.1 Variabilità climatica osservata.....	20
5.2.2 Variabilità climatica futura.....	22
5.3 Cartografia di riferimento su base GIS.....	28
5.4 Identificazione strategie ed azioni da intraprendere.....	31
5.5 Prescrizioni finalizzate al risparmio idrico.....	33
5.6 Linee guida per la gestione delle infrastrutture a rischio.....	34
5.7 Prescrizioni per il miglioramento delle capacità di drenaggio di aree impermeabilizzate.....	35
5.8 Prescrizioni per la realizzazione di sistemi di raccolta delle acque piovane.....	37
6 Azioni da intraprendere.....	39
6.1 Azioni finalizzate al miglioramento del microclima urbano.....	40
6.1.1 Tetti Verdi o giardini pensili.....	42
6.1.2 Pareti verdi su edifici.....	43
6.1.3 Orti o piccoli giardini in aree urbane.....	44
6.1.4 Aiuole e/o elementi verdi di arredo urbano.....	45
6.1.5 Forestazione in aree periurbane – reti ecologiche.....	46
6.1.6 Miglioramento manutenzione e tutela delle alberature.....	47
6.1.7 Alberature e/o pergolati per ombreggiamento luoghi fruibili.....	48
6.1.8 Coperture (rimovibili o rigide) per ombreggiamento delle aree esterne.....	49
6.1.9 Nebulizzazione - Vasche e cascate-pareti d'acqua in aree pubbliche.....	50
6.1.10 Tetti freddi.....	51
6.1.11 Pavimentazioni fredde.....	52
6.1.12 Isolamento termico e controllo del microclima per edifici.....	53

6.2 Azioni di risparmio delle risorse idriche.....	54
6.2.1 Limitazioni nell'utilizzo dell'acqua per usi non potabili.....	56
6.2.2 Raccolta e riuso delle acque meteoriche negli edifici.....	57
6.2.3 Sistemi di riciclaggio delle acque grigie negli edifici.....	58
6.2.4 Sistemi di risparmio idrico negli edifici.....	59
6.2.5 Interventi su reti idriche per contenimento perdite d'acqua potabile.....	60
6.3 Azioni per la riduzione del deflusso superficiale.....	61
6.3.1 Fossi-trincee drenanti ai lati delle strade e parcheggi.....	63
6.3.2 Giardini di pioggia.....	64
6.3.3 Pozzi disperdenti.....	65
6.3.4 Pavimentazioni ad alta permeabilità.....	66
6.3.5 Interventi di realizzazione di pavimentazioni drenanti e/o aree permeabili in zone già impermeabilizzate.....	67
6.4 Azioni per contrastare il rischio di allagamenti ed esondazioni.....	68
6.4.1 Tutela fasce idrauliche dei corsi d'acqua per protezione delle piene.....	70
6.4.2 Realizzazione casse di laminazione o comunque aree di espansione delle acque	71
6.4.3 Manutenzione della rete di scolo (fossi , tombini, canali).....	74
6.4.4 Opere di difesa idraulica dei corsi d'acqua (es, arginature, sponde).....	75
6.4.5 Adeguamento canali di bonifica ad uso misto.....	76
6.4.6 Adeguamento delle reti fognarie per incremento portate smaltibili.....	77
6.5 Azioni a tutela salute pubblica ed incolumità.....	78
6.5.1 Sistema di allarme rapido per eventi meteorologici estremi – umidi e siccitosi.....	79
6.5.2 Sistemi di allerta per allagamenti – esondazioni.....	80
6.5.3 Disponibilità di aree pubbliche per rinfrescarsi.....	81
6.5.4 Limitazione della attività all'esterno per emergenze inquinamento aria.....	82
6.5.5 Azioni nel settore sanitario.....	83
6.6 Altre azioni da mettere in atto per adattamento e resilienza.....	84
6.6.1 Sensibilizzazione della opinione pubblica.....	84
6.6.2 Progetti dimostrativi e progetti educativi con le scuole.....	85
6.6.3 Raccolta e monitoraggio dei dati e eventi.....	85
6.6.4 Cabina di regia per coordinamento politiche e azioni.....	86
6.6.5 Accordi e programmi tra enti e pubblico-privati.....	86
6.6.6 Misure di pianificazione settoriale.....	86
6.6.7 Misure per un'agricoltura resiliente.....	87
6.6.8 Formazione tecnica specialistica.....	87
6.6.9 Indici e criteri progettuali e gestionali.....	87
7 Conclusioni.....	88

1 Premessa

Il presente documento parte integrante delle “Strategie di adattamento ai cambiamenti climatici” della città di Cagliari illustrata le principali attività svolte e i risultati in termini di strategie da adottare e di azioni da intraprendere sul territorio al fine di un migliore adattamento ai cambiamenti climatici.

OGGETTO DELLA PRESTAZIONE E PRESENTAZIONE DEI RISULTATI

1. Le attività oggetto dell’incarico riguardano le strategie di adattamento ai cambiamenti climatici, le azioni e gli interventi per la fruizione in sicurezza del territorio e la gestione ottimale delle risorse idriche, nonché lo studio delle reti tecnologiche, da effettuarsi contestualmente alla formazione del nuovo PUC, al fine di farli diventare elementi strutturanti dell’adeguamento del PUC al PPR.

2. Le attività da sviluppare sono:

a. lo studio delle reti tecnologiche:

i. la mappatura delle reti tecnologiche esistenti su base GIS, da predisporre previa raccolta di informazioni da parte degli enti gestori; costituisce la prima fase dello studio al fine di conoscere la copertura attuale del territorio dotato di urbanizzazioni primarie e la tipologia di reti presenti; le suddette informazioni sono, infatti, essenziali per programmare eventuali interventi di completamento delle reti e la manutenzione delle reti esistenti;

ii. la realizzazione di una banca dati unica; con riferimento alle reti esistenti è necessario dotarsi di uno strumento di gestione delle informazioni sulle reti tecnologiche (acque di scarico, acquedotto, rete elettrica, illuminazione pubblica, rete distribuzione gas metano, teleriscaldamento). Tutte le informazioni disponibili relative ai singoli elementi della rete - posizione sul territorio, caratteristiche tecniche, immagini, collegamenti ad altri dati - devono essere aggregate in un’unica banca dati consultabile dagli utenti abilitati tramite un semplice browser web. Tale dotazione consente di gestire meglio i lavori sulle reti, di associare foto e documenti e di incrociare le informazioni delle tratte e dei punti con le particelle catastali;

iii. la previsione obbligatoria di utilizzo del “tunnel di servizio”; per i nuovi tratti da realizzare e nel caso di sostituzione delle reti esistenti deve essere studiata e definita la soluzione del “tunnel di servizio”;

iv. la definizione di una norma specifica per la gestione della cartografia informatizzata delle reti dei sottoservizi;

b. le strategie di mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici; al fine di rispondere in modo efficace agli impatti dei cambiamenti climatici, è necessario fin dalla redazione del PUC operare le corrette scelte di pianificazione per poter tenere sotto controllo gli effetti determinati da eventi meteo particolarmente intensi che possono provocare frane e dissesti, mareggiate, piene dei corsi d’acqua e danni alle infrastrutture; in tal senso, appare necessario assumere un approccio preventivo nella pianificazione del territorio, che tenga conto della necessità locale di adattamento al cambiamento

climatico unitamente all'individuazione, anche in forma sperimentale, di alcune azioni pilota, efficaci e concrete, da realizzare sul territorio al fine di rendere la città più resiliente; la finalità è quella preparare l'Amministrazione e i cittadini a fronteggiare in modo più efficace ondate di calore, siccità, inondazioni, alluvioni (adattamento reattivo) e altri effetti dei cambiamenti climatici, riducendo al tempo stesso le vulnerabilità esistenti sul territorio (adattamento preventivo); il piano nello specifico deve prevedere:

i. l'inserimento nel sistema informativo territoriale di dati ambientali e sociali, in grado di produrre informazioni sui rischi ambientali e sulle migliori strategie per affrontarli;

ii. le modalità attraverso le quali accrescere la consapevolezza di autorità locali, attori socio-economici e cittadini sui rischi reali connessi ai cambiamenti climatici nel territorio, motivandoli verso l'adozione di comportamenti più attenti all'ambiente e alla gestione responsabile delle risorse idriche;

iii. la realizzazione di specifiche azioni di adattamento, anche mediante l'avvio di azioni pilota sul territorio, con la partecipazione di imprese e attori locali;

iv. il monitoraggio e la valutazione, anche attraverso il monitoraggio previsto nella VAS, dell'efficacia e della sostenibilità delle azioni da attuare e dei risultati emersi;

v. le verifiche inerenti l'adattamento locale al cambiamento climatico della città di Cagliari devono principalmente essere sviluppate su tre temi che riguardano siccità e carenza idrica, ondate di calore in area urbana, eventi estremi di pioggia e rischio idrogeologico; il Piano deve favorire la realizzazione di azioni pilota volte a costruire comunità resilienti per aumentare la consapevolezza sui rischi connessi ai cambiamenti climatici.

3. Tra i documenti da predisporre vi sono:

a. il Profilo Climatico Locale, che contiene informazioni sulle vulnerabilità legate ai cambiamenti climatici del territorio, mettendo in luce i rischi e le opportunità di resilienza; il documento deve essere articolato in due parti: la prima focalizzata sull'analisi climatica della regione, con ricerche poi ristrette a livello locale, su cui devono essere proposti modelli di scenari climatici per i decenni futuri; la seconda parte deve analizzare il territorio dal punto di vista dell'uso del suolo, identificando le maggiori vulnerabilità del sistema urbano che emergono dalle proiezioni climatiche: ondate di calore, carenza idrica e dissesto idrogeologico; l'analisi del territorio deve consentire di individuare, oltre alle criticità, anche gli eventuali fattori di resilienza che hanno già ottenuto risultati positivi in termini di migliore gestione delle risorse;

b. una cartografia di riferimento su base GIS per la visualizzazione dei fattori di rischio che emergono dalle analisi climatiche e delle potenzialità per politiche e azioni, evidenziando aree che si caratterizzano per la loro capacità di resilienza e che, quindi, costituiscono un'opportunità per le politiche di adattamento; la combinazione di dati climatici e demografici con altri elementi territoriali specifici, come le "aree esondabili", deve essere sviluppata su base GIS nel sistema informativo territoriale comunale;

c. l'identificazione delle strategie in grado di far fronte alle criticità evidenziate nel Profilo Climatico Locale e delle azioni riconducibili alle buone pratiche adottate a livello nazionale e

internazionale nella gestione del verde per il raffrescamento degli ambienti interni ed esterni e nell'utilizzo delle acque, sia in termini di riduzione dei consumi che di gestione degli eventi meteorici intensi;

- d. le prescrizioni finalizzate al risparmio idrico da inserire nel Regolamento Edilizio;
- e. le linee guida per la gestione delle infrastrutture a rischio;
- f. le prescrizioni per il miglioramento delle capacità di drenaggio di aree impermeabilizzate;
- g. le prescrizioni per la realizzazione di sistemi di raccolta delle acque piovane e per la gestione sostenibile dell'acqua.

4. Tutti gli elaborati dovranno essere prodotti in conformità con la normativa, le regolamentazione e le linee guida nazionali, regionali e comunali e secondo le specifiche indicazioni fornite dall'Amministrazione.

5. Tutti gli elaborati dovranno essere redatti in lingua italiana e predisposti in formato pienamente compatibile con i sistemi informatici in uso presso l'Amministrazione e secondo le specifiche tecniche che verranno indicate.

6. Gli elaborati dovranno essere consegnati in formato elettronico non editabile e firmato digitalmente e in copia editabile non protetta. I dati dovranno essere resi disponibili nel formato "aperto e interoperabile" (art. 68 del D.Lgs. 82/2005).

7. Tutti i software utilizzati per realizzare gli elaborati testuali, grafici, cartografici e descrittivi dovranno essere collaudati, di uso consolidato e rilasciati con licenza Open Source o comunque dovranno essere privi di licenza d'uso.

2 Inquadramento normativo

Le strategie di adattamento ai cambiamenti climatici sono supportate da una serie di documenti normativi e strategici a livello dell'Unione Europea, che forniscono il quadro per l'azione degli Stati membri:

- Strategia Europea di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (2013): Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni - "Strategia dell'UE sull'adattamento ai cambiamenti climatici" (COM(2013) 216 final). Questa strategia stabilisce un quadro per aumentare la resilienza dell'Europa agli effetti dei cambiamenti climatici, promuovendo l'azione a tutti i livelli di governance, migliorando la conoscenza dei cambiamenti climatici e i suoi impatti e integrando l'adattamento nelle politiche dell'UE.
- Integrazione dell'adattamento nelle politiche dell'UE: La strategia enfatizza l'integrazione dell'adattamento nei settori chiave come l'agricoltura, la pesca, la biodiversità e l'infrastruttura, assicurando che le politiche settoriali dell'UE considerino adeguatamente i rischi climatici e le strategie di adattamento.
- Fondi UE per l'adattamento: Il Quadro Finanziario Pluriennale (QFP) 2014-2020 dell'UE ha destinato una parte significativa del budget alla lotta contro i cambiamenti climatici, inclusi i progetti di adattamento, attraverso vari fondi come il Fondo di Coesione, il Fondo Europeo di Sviluppo Regionale e il programma LIFE.
- Supporto alla ricerca e innovazione: Horizon 2020, il programma di finanziamento dell'UE per la ricerca e l'innovazione, include un focus significativo sulla ricerca climatica e sull'adattamento, promuovendo progetti che mirano a sviluppare nuove conoscenze e tecnologie per l'adattamento.
- Valutazione e monitoraggio: La Commissione Europea si impegna a monitorare i progressi e a valutare l'efficacia delle strategie di adattamento attraverso revisioni periodiche e il sostegno alla raccolta e condivisione di dati e buone pratiche.

Questi documenti e strategie normative formano la base per un'azione coordinata e coerente a livello dell'UE, supportando gli Stati membri nella pianificazione e nell'attuazione delle loro strategie di adattamento ai cambiamenti climatici. L'approccio integrato e multi-settoriale mira a garantire che l'Europa sia preparata e resiliente di fronte agli impatti climatici attuali e futuri.

Nell'ambito del Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici è strutturato per guidare l'Italia nell'attuazione di strategie di adattamento efficaci, allineate con gli impegni internazionali e le direttive europee, e per supportare una pianificazione integrata e inclusiva a tutti i livelli di governance.

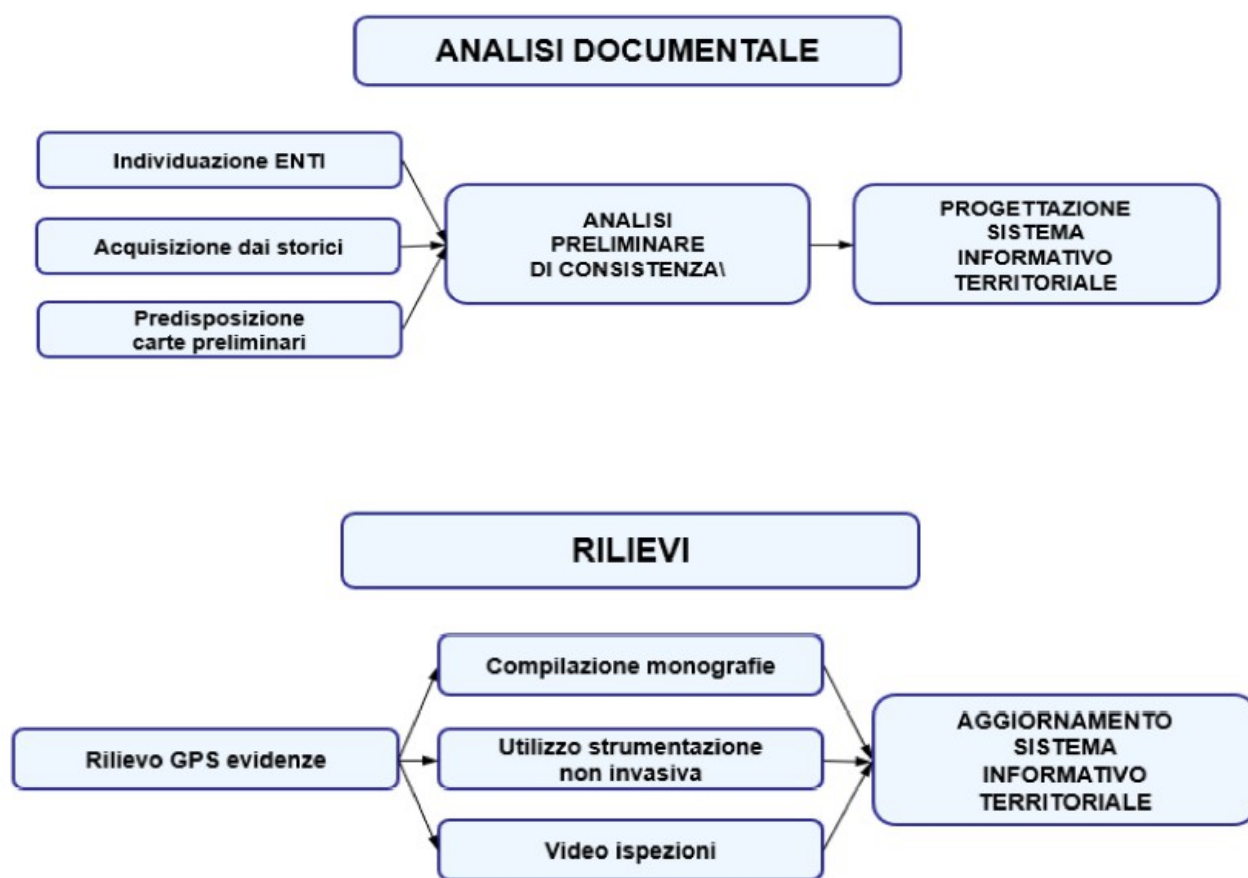
Di riportano i principali riferimenti normativi alla base del piano stesso:

- Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (SNAC):** Adottata con il Decreto Direttoriale del 16 giugno 2015 n. 86 dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (oggi Ministero della Transizione Ecologica), la SNAC fornisce una visione strategica nazionale, individuando impatti, vulnerabilità e proponendo azioni di adattamento per i principali settori ambientali e socio-economici.
- Aggiornamenti e Iniziative Susseguenti: Nel 2021, la Commissione Europea ha presentato la nuova Strategia di Adattamento (COM(2021) 82 final) che ha influito sull'evoluzione delle strategie nazionali.
 - Il PNACC è stato sviluppato per allinearsi agli indirizzi internazionali e dell'UE, in particolare rispetto agli obiettivi delineati dall'Accordo di Parigi del 2015.
 - Il Ministero della Transizione Ecologica ha intrapreso iniziative per rafforzare l'adattamento, come il lancio della Piattaforma nazionale sull'adattamento ai cambiamenti climatici.
- Legislazione e Documenti di Riferimento:
 - Il PNACC risponde agli obiettivi dell'Accordo di Parigi e della nuova Strategia UE sull'adattamento, integrando questi indirizzi nel contesto nazionale.
 - Include azioni mirate allo sviluppo di un contesto organizzativo ottimale e al rafforzamento della capacità di adattamento nazionale.
- Dimensione Regionale e Locale dell'Adattamento:
 - Le Regioni e gli Enti Locali sono incoraggiati a sviluppare propri piani di adattamento, beneficiando del coordinamento e del supporto fornito dal PNACC.
 - Il piano enfatizza l'importanza della pianificazione adattativa a livello regionale e locale, promuovendo azioni specifiche per affrontare le vulnerabilità territoriali.
- Obiettivi Principali del PNACC: Fornire un quadro di indirizzo per implementare azioni volte a minimizzare i rischi climatici, migliorare la capacità di adattamento dei sistemi socio-economici e naturali, e trarre vantaggio dalle nuove condizioni climatiche.

3 Studio delle reti tecnologiche

Si definisce nel seguito una metodologia per lo studio delle reti tecnologiche.

L'attività da sviluppare, connessa allo studio delle reti tecnologiche del comune di Cagliari, consiste nella ricognizione dello stato attuale della rete e della mappatura attraverso rilievi puntuali e relativa restituzione delle informazioni raccolte attraverso la realizzazione di un Sistema Informativo territoriale su Base GIS.



Lo studio delle reti tecnologiche in un'ottica di adattamento ai cambiamenti climatici è fondamentale per anticipare, prevenire e mitigare i rischi associati agli impatti climatici. Garantire la resilienza di queste infrastrutture essenziali significa proteggere la società da interruzioni dei servizi e contribuire a un futuro sostenibile e sicuro. La loro resilienza e capacità di adattamento sono cruciali per garantire la continuità dei servizi essenziali in risposta ai cambiamenti climatici.

Di seguito, vengono elencate le tipologie di reti considerate e i principali aspetti per il loro sviluppo futuro.

Tipologie di Reti Tecnologiche

1. **Fognatura:** Essenziale per la gestione delle acque urbane, la rete fognaria deve essere progettata o adattata per gestire aumenti di flusso dovuti a precipitazioni intense, riducendo il rischio di allagamenti e contaminazione.
2. **Acquedotto:** L'acquedotto è fondamentale per la fornitura di acqua potabile. Lo studio di questa rete implica garantire la sua integrità contro la siccità e la gestione efficiente delle risorse idriche, anche in scenari di cambiamento climatico che prevedono variazioni nella disponibilità di acqua.
3. **Gas:** Le reti di distribuzione del gas devono essere esaminate per la loro vulnerabilità agli eventi estremi, assicurando che le forniture energetiche rimangano stabili e sicure anche durante calamità naturali aggravate dai cambiamenti climatici.
4. **Fibra Ottica:** Le infrastrutture di telecomunicazione, inclusa la fibra ottica, sono vitali per la comunicazione e la gestione delle emergenze. Lo studio di questa rete si concentra sulla sua resilienza agli eventi climatici estremi e sulla capacità di mantenere servizi di comunicazione ininterrotti.

Nell'ottica di adattamento ai cambiamenti climatici lo sviluppo degli studi dovrà basarsi necessariamente anche sui seguenti aspetti:

- **Analisi di Vulnerabilità:** Valutare la vulnerabilità delle infrastrutture esistenti agli impatti previsti dei cambiamenti climatici, come l'aumento della frequenza e intensità di eventi estremi (alluvioni, siccità, tempeste).
- **Incorporamento della Flessibilità:** Progettare e adattare le reti con una flessibilità intrinseca per permettere aggiustamenti futuri in risposta a scenari climatici in evoluzione.
- **Integrazione di Tecnologie Innovative:** Utilizzare tecnologie avanzate per migliorare l'efficienza, la resilienza e l'autoriparazione delle reti, riducendo così la loro vulnerabilità agli shock climatici.
- **Promozione dell'Efficienza Energetica:** Assicurare che le reti siano efficienti dal punto di vista energetico per minimizzare le emissioni di gas serra e ridurre la loro impronta climatica.
- **Partecipazione Stakeholder:** Coinvolgere attivamente i portatori di interesse nel processo di pianificazione e decisionale, assicurando che le soluzioni adottate siano socialmente accettabili e efficaci.

4 Le strategie di mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici

La strategia locale di adattamento ai cambiamenti climatici recepisce le linee di indirizzo delle Enti e delle Amministrazioni sovraordinate. In primo luogo si cita la Strategia Regionale dei Cambiamenti Climatici, adottato con D.G.R. n. 6/50 del 5 febbraio 2019.

A livello nazionale, recependo documenti internazionali ed europee (SEACC), il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, con Decreto Direttoriale MATTM/CLE del 16 giugno 2015, n. 86, definisce la Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (SNACC), contenente misure e politiche di adattamento da attuare mediante Piani di Azione Settoriali.

La Strategia Regionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici della Regione Sardegna rappresenta un modello di governance inclusiva e multi-settoriale, che richiede un impegno coordinato tra la regione, i comuni, il settore privato e la società civile per attuare efficacemente le politiche di mitigazione e adattamento al cambiamento climatico.

Suddetto strumento si concentra sulle misure di mitigazione e sui modi attraverso i quali queste strategie possono essere recepite e implementate a livello comunale. Il documento evidenzia la necessità di un approccio olistico che integri le politiche di adattamento ai cambiamenti climatici nelle pianificazioni territoriali e settoriali, promuovendo la resilienza attraverso azioni specifiche.

4.1 Strategie Regionali di Mitigazione

Le strategie di mitigazione delineate nella Strategia Regionale mirano a ridurre le emissioni di gas serra, incrementare l'assorbimento di CO₂ e migliorare la sostenibilità ambientale attraverso:

- 1. Promozione delle Energie Rinnovabili:** sviluppo di progetti che aumentano la quota di energie rinnovabili nel mix energetico regionale, riducendo così la dipendenza dai combustibili fossili e le emissioni di CO₂.
- 2. Efficienza Energetica:** implementazione di misure per migliorare l'efficienza energetica negli edifici pubblici e privati, nell'industria e nei trasporti, contribuendo a ridurre il consumo energetico e le emissioni correlate.
- 3. Gestione Sostenibile delle Foreste:** valorizzazione delle foreste come serbatoi di carbonio, attraverso pratiche di gestione forestale sostenibile, riforestazione e prevenzione degli incendi boschivi.
- 4. Miglioramento della Mobilità Sostenibile:** sviluppo di infrastrutture per la mobilità sostenibile, promuovendo l'uso dei trasporti pubblici, della mobilità elettrica e delle piste ciclabili per ridurre le emissioni nel settore dei trasporti.
- 5. Agricoltura e Uso del Suolo:** adozione di pratiche agricole sostenibili che contribuiscono alla riduzione delle emissioni di gas serra e al miglioramento dell'assorbimento di CO₂ dal suolo.

4.2 Recepimento a Scala Comunale

Per garantire l'efficacia delle strategie regionali, è fondamentale che queste siano integrate e recepite nei piani e programmi comunali:

- 1. Piani di Adattamento Locali:** i comuni sono incoraggiati a sviluppare e implementare propri piani di adattamento che rispecchino le linee guida regionali, adattandole alle specificità e alle vulnerabilità locali.
- 2. Coinvolgimento degli Stakeholder:** è essenziale coinvolgere attivamente la comunità locale, le imprese e gli stakeholder nel processo di pianificazione e implementazione delle strategie di adattamento, assicurando la condivisione di obiettivi e la collaborazione.
- 3. Integrazione nei Piani Urbanistici:** le strategie di mitigazione e adattamento devono essere integrate nei piani urbanistici e di sviluppo territoriale, assicurando che le decisioni in materia di uso del suolo, edilizia e infrastrutture tengano conto degli impatti dei cambiamenti climatici.
- 4. Formazione e Sensibilizzazione:** i comuni dovrebbero promuovere iniziative di formazione e sensibilizzazione rivolte a cittadini e imprese sulle tematiche dei cambiamenti climatici, sulle strategie di adattamento e sulle pratiche di mitigazione.
- 5. Monitoraggio e Valutazione:** È cruciale stabilire meccanismi di monitoraggio e valutazione per misurare l'efficacia delle azioni implementate, permettendo un aggiustamento continuo delle strategie in risposta all'evoluzione delle condizioni climatiche e agli obiettivi di sostenibilità.

4.3 Sistema informativo territoriale di dati ambientali e sociali

La costruzione di un sistema informativo di dati ambientali e sociali riveste fondamentale importanza per comprendere meglio i fenomeni legati ai cambiamenti climatici e per individuare in modo più efficiente le azioni da intraprendere. Le principali funzioni che il sistema informativo deve avere sono le seguenti:

- 1. Raccolta, analisi e visualizzazione dei dati:** Raccolta, Archiviazione, e Analisi e visualizzazione dei dati ambientali e sociali provenienti da diverse fonti. Ciò include dati meteorologici, climatologici, idrologici, geologici, biologici, economici e sociali. L'obiettivo è di avere un quadro completo degli impatti dei cambiamenti climatici sul territorio.
- 2. Monitoraggio e Valutazione:** capacità di monitoraggio continuo degli indicatori ambientali e sociali, contribuendo a valutare l'efficacia delle politiche di adattamento e mitigazione implementate e ad individuare tempestivamente eventuali nuove vulnerabilità.
- 3. Supporto alla Decisione:** Fornendo accesso a dati aggiornati e affidabili, il sistema informativo dovrebbe servire come strumento di supporto alle decisioni per i policymaker, consentendo loro di basare le scelte politiche e strategiche su evidenze concrete.
- 4. Integrazione e Interoperabilità:** capacità di integrazione con altri sistemi informativi esistenti, sia a livello regionale che nazionale, garantendo l'interoperabilità e la condivisione dei dati tra diversi settori e livelli amministrativi.
- 5. Partecipazione e Coinvolgimento:** Piena accessibilità del sistema non solo agli esperti e ai decisori ma anche ai cittadini e agli stakeholder, favorendo la consapevolezza pubblica e la partecipazione attiva nella gestione dei cambiamenti climatici.

4.4 Modalità di coinvolgimento dei vari attori

Le strategie di adattamento ai cambiamenti climatici richiedono un approccio integrato che coinvolga vari attori a diversi livelli. L'efficacia di tali strategie dipende significativamente dalla partecipazione attiva e coordinata tra Enti pubblici, imprese, comunità locali e individui. La collaborazione tra questi attori permette di condividere conoscenze, risorse e responsabilità, garantendo un impatto più significativo e sostenibile delle azioni intraprese. A tal proposito di seguito si descrivono i principali ruoli dei diversi portatori di interesse:

1. **Enti Pubblici e Amministrazioni Locali:** questi attori giocano un ruolo cruciale nell'elaborazione delle politiche, nella pianificazione urbana e territoriale e nella legislazione ambientale. Possono facilitare il processo includendo le strategie di adattamento nei piani di sviluppo urbano, promuovendo normative che incentivino pratiche sostenibili e investendo in infrastrutture resilienti ai cambiamenti climatici.
2. **Imprese e Settore Privato:** le aziende possono contribuire adottando pratiche sostenibili, riducendo le emissioni di gas serra, implementando soluzioni verdi e migliorando l'efficienza energetica. La loro innovazione può portare allo sviluppo di tecnologie e prodotti che supportano l'adattamento e la mitigazione dei cambiamenti climatici.
3. **Comunità Locali e Società Civile:** il coinvolgimento in modo prioritario delle comunità è fondamentale per l'implementazione effettiva delle strategie di adattamento. La conoscenza locale e l'esperienza vissuta possono guidare la creazione di soluzioni adattate alle specificità territoriali. Le iniziative comunitarie possono promuovere la consapevolezza, la preparazione e la capacità di risposta ai cambiamenti climatici.
4. **Istituzioni Accademiche e di Ricerca:** Università e centri di ricerca contribuiscono con studi, dati e modelli che possono informare le politiche di adattamento, fornendo solide basi scientifiche per le decisioni. La loro collaborazione può facilitare lo sviluppo di tecnologie innovative e strategie efficaci basate su prove concrete.
5. **Organizzazioni Non Governative e Gruppi Ambientalisti:** Questi gruppi spesso agiscono come mediatori tra la società civile e i decisori politici, promuovendo politiche sostenibili e sensibilizzando l'opinione pubblica sui cambiamenti climatici. Possono anche implementare progetti pilota che dimostrano pratiche efficaci di adattamento.

Il coinvolgimento attivo e la collaborazione tra questi attori sono essenziali per creare un approccio integrato all'adattamento ai cambiamenti climatici, garantendo che le strategie siano inclusive, equamente distribuite e sostenibili a lungo termine. Attraverso la condivisione delle conoscenze, delle risorse e delle competenze, è possibile costruire comunità resilienti e promuovere uno sviluppo sostenibile che tenga conto delle sfide climatiche future. Le modalità di coinvolgimento delineate riflettono l'importanza di un approccio collaborativo, essenziale per affrontare efficacemente le sfide poste dai cambiamenti climatici.

4.5 Azioni di adattamento

Come sarà meglio illustrato nel capitolo 6 di seguito si illustra un quadro generale delle azioni da intraprendere connesse alle strategie di adattamento ai cambiamenti climatici. Le strategie di adattamento delineate mirano a ridurre la vulnerabilità del territorio comunale e a incrementare la sua resilienza agli impatti dei cambiamenti climatici. Le azioni proposte sono variegate e si rivolgono a diversi aspetti dell'ambiente urbano e naturale, ponendo un forte accento sulla sostenibilità e sull'inclusione sociale. Di seguito sono riassunte le principali categorie di azioni da intraprendere:

- 1. Miglioramento del Microclima Urbano:** queste azioni includono l'implementazione di tetti verdi, giardini pensili, pareti verdi, e l'aumento del verde urbano attraverso la piantumazione di alberi e la creazione di piccoli giardini urbani. Queste iniziative contribuiscono a ridurre l'effetto isola di calore, migliorare la qualità dell'aria e promuovere il benessere psicofisico dei cittadini.
- 2. Risparmio delle Risorse Idriche:** l'adozione di sistemi di raccolta e riutilizzo dell'acqua piovana, la promozione del risparmio idrico negli edifici e la sensibilizzazione sulla gestione sostenibile dell'acqua sono azioni fondamentali per garantire una gestione efficace delle risorse idriche, soprattutto in contesti di crescente scarsità idrica dovuta ai cambiamenti climatici.
- 3. Riduzione del Deflusso Superficiale:** implementazione di soluzioni basate sulla natura, come giardini di pioggia, pavimentazioni permeabili e sistemi di drenaggio sostenibile, che possono ridurre il rischio di allagamenti e migliorare la gestione delle acque meteoriche, contribuendo al contempo alla creazione di spazi urbani più vivibili e resilienti.
- 4. Contrasto al Rischio di Allagamenti ed Esondazioni:** la realizzazione di infrastrutture idrauliche adeguate, la manutenzione della rete di drenaggio urbano e la pianificazione territoriale attenta ai rischi idrogeologici sono essenziali per prevenire e mitigare i rischi associati a eventi estremi quali alluvioni e inondazioni.
- 5. Tutela della Salute Pubblica e Incolumità:** lo sviluppo di piani di emergenza, la promozione della salute e del benessere nei contesti urbani e la preparazione della comunità agli eventi climatici estremi sono azioni chiave per proteggere la popolazione, in particolare i gruppi più vulnerabili, dai rischi diretti e indiretti dei cambiamenti climatici.
- 6. Promozione dell'Adattamento e Resilienza:** questa categoria include la sensibilizzazione pubblica, la formazione, la cooperazione tra diversi livelli di governo e il coinvolgimento del settore privato e della società civile nelle strategie di adattamento, assicurando che le azioni intraprese siano inclusive, efficaci e orientate al futuro.

Le azioni delineate nel documento sono progettate per affrontare in modo integrato e sostenibile le sfide dei cambiamenti climatici, promuovendo un approccio che combina innovazione tecnologica, partecipazione comunitaria e pianificazione strategica. L'implementazione di queste azioni richiede un impegno condiviso tra amministrazioni pubbliche, imprese, cittadini e organizzazioni della società civile, puntando a un futuro resiliente e sostenibile per il territorio comunale.

4.6 Sistema di monitoraggio e valutazione

Di seguito si illustrano le modalità di implementazione dei Sistemi di monitoraggio e la tipologia di valutazione dell'efficacia delle azioni di mitigazione dei cambiamenti climatici.

Il monitoraggio e la valutazione delle azioni di mitigazione dei cambiamenti climatici sono essenziali per assicurare che le strategie implementate siano efficaci e per orientare l'aggiustamento delle politiche nel tempo. Questi sistemi consentono di valutare l'impatto delle azioni intraprese, garantendo che contribuiscano efficacemente agli obiettivi di sostenibilità e di adattamento climatico.

- 1 Impostazione del Sistema di Monitoraggio:** Un sistema efficace di monitoraggio e valutazione dovrebbe essere progettato per tracciare i progressi verso gli obiettivi specifici stabiliti per le azioni di mitigazione. Questo implica l'identificazione di indicatori chiave di performance (KPI) che possono includere riduzioni delle emissioni di gas serra, miglioramenti della qualità dell'aria, aumento delle aree verdi urbane, riduzione del consumo idrico, o incremento della biodiversità.
- 2 Indicatori di Azione Specifici:** Riferendosi al capitolo 6 "Azioni da Intraprendere", gli indicatori di azione possono essere strutturati attorno alle categorie di interventi proposte:
 - 2.1 Miglioramento del Microclima Urbano:** Indicatori come la percentuale di aree urbane coperte da verde, la riduzione della temperatura superficiale media nelle zone urbane, o l'incremento di aree pedonali ombreggiate.
 - 2.2 Risparmio delle Risorse Idriche:** indicatori quali il volume di acqua risparmiato attraverso sistemi di raccolta e riutilizzo dell'acqua piovana, o la percentuale di edifici che implementano tecnologie a basso consumo idrico.
 - 2.3 Riduzione del Deflusso Superficiale:** la diminuzione del deflusso di superficie misurato dopo l'implementazione di infrastrutture verdi o soluzioni basate sulla natura, come giardini di pioggia o pavimentazioni permeabili.
 - 2.4 Contrasto ai Rischi di Allagamenti ed Esondazioni:** la riduzione della frequenza e gravità degli allagamenti in aree critiche, grazie a miglioramenti nella gestione delle acque pluviali e infrastrutture di contenimento.
 - 2.5 Tutela della Salute Pubblica:** l'incremento della consapevolezza pubblica sui rischi climatici e l'efficacia dei programmi di educazione e preparazione alle emergenze.
 - 2.6 Implementazione e Feedback Continuo:** Il processo di monitoraggio dovrebbe essere continuativo, consentendo di raccogliere dati in tempo reale o a intervalli regolari. Questo permette di adattare o modificare le strategie in corso d'opera, ottimizzando le risorse e migliorando l'efficacia delle azioni. L'analisi dei dati raccolti può rivelare tendenze, successi, o aree che necessitano di interventi migliorativi.
 - 2.7 Coinvolgimento degli Stakeholder:** Essenziale è l'inclusione di tutti gli stakeholder nel processo di monitoraggio e valutazione. Questo include le autorità locali, le comunità, le imprese e le organizzazioni non governative. La loro partecipazione assicura che il feedback

raccolto sia ampio e rappresentativo, aumentando l'accuratezza della valutazione e l'efficacia delle politiche di mitigazione.

Un sistema robusto di monitoraggio e valutazione è fondamentale per garantire che le azioni di mitigazione dei cambiamenti climatici siano efficaci e allineate con gli obiettivi di sviluppo sostenibile. L'uso di indicatori specifici, il feedback continuo e il coinvolgimento attivo degli stakeholder sono elementi chiave per il successo di questo sistema.

5 Prodotti

Il presente capitolo illustra i prodotti relativi alle reti tecnologiche, il profilo climatico locale, la cartografia di riferimento su base GIS, e le prescrizioni relative a strategie ed azioni per rispondere ai cambiamenti climatici, tra gli altri.

Nella prima parte si riporta un'introduzione ai prodotti relativi alle strategie di adattamento, seguita da dettagli su temi specifici come le reti tecnologiche e il profilo climatico locale, che fornisce un'analisi dettagliata delle vulnerabilità del territorio e delle misure di adattamento necessarie. Viene posta particolare attenzione all'analisi climatica, alla definizione di scenari futuri e alla gestione delle risorse idriche.

5.1 Reti tecnologiche

La gestione e l'ottimizzazione delle reti tecnologiche a Cagliari sono orientate verso l'adattamento ai cambiamenti climatici, con un focus particolare sulla sostenibilità e l'efficienza. Questo include l'implementazione di soluzioni innovative per migliorare la resilienza delle infrastrutture urbane, come l'adozione di tecnologie avanzate per il monitoraggio e la manutenzione delle reti, l'integrazione di sistemi di energia rinnovabile e la promozione di pratiche di consumo responsabile.

5.2 Profilo Climatico Locale

Il Profilo Climatico Locale è definito come lo strumento conoscitivo finalizzato a rappresentare l'analisi della variabilità climatica e la definizione di misure di adattamento per la città. Consente di fornire una conoscenza del territorio relativo alle vulnerabilità connesse ai cambiamenti climatici e agli scenari climatici futuri, mettendo in evidenza i rischi e capacità di ripresa dei territori. L'attività conoscitiva si compone da una prima parte relativa all'analisi climatica a scala regionale con un successivo dettaglio a scala locale estesa anche ai decenni futuri a livello temporale.

Nella seconda parte sarà analizzato il territorio dal punto di vista di uso del suolo, identificando poi l'evoluzione delle vulnerabilità derivanti dalle proiezioni climatiche. Si identificano pertanto tre specifici aspetti di vulnerabilità del sistema urbano:

- ondate di calore;
- carenza idrica;
- dissesto idrogeologico.

L'attività conoscitiva permette di descrivere lo stato attuale e può essere combinata con i dati relativi alla popolazione e agli aspetti relativi ad azioni proattive da sviluppare.

5.2.1 Variabilità climatica osservata

Dall'ultimo report pubblicato nel 2007 dal WG1 dell'IPCC (www.ipcc.ch) emergono alcuni cambiamenti climatici osservati di notevole interesse:

- un generale riscaldamento globale, con un trend di aumento negli ultimi 50 anni, pari a quasi il doppio di quello degli ultimi 100 anni. L'aumento totale della temperatura dal 1850 - 1899 al 2001 - 2005 è di 0.76 [da 0.57 a 0.95]°C;
- a livello europeo l'analisi della temperatura media dell'aria dell'ultimo secolo ha evidenziato che l'ultima decade è la più calda dell'intera serie, mentre le zone con un segnale di riscaldamento più intenso sono la Penisola Iberica, l'Europa Centrale e Nord- Orientale;
- le precipitazioni hanno mostrato su molte regioni dei trend a lungo termine dal 1900 ad oggi; ad esempio: significativi incrementi nelle precipitazioni sono stati osservati nelle parti orientali del Nord e del Sud America, nell'Europa del Nord e in Asia settentrionale e centrale; una diminuzione delle precipitazioni è stata osservata invece nel Sahel, nel Mediterraneo, nell'Africa Meridionale e in parte dell'Asia Meridionale.

Un quadro climatico completo implica l'analisi della variabilità temporale e spaziale sia dei valori medi che estremi. Gli eventi estremi sono definiti come eventi che differiscono sostanzialmente dalla media climatologica e sono definiti attraverso le soglie (ad esempio percentili, minimi, massimi).

In merito alla variabilità climatica osservata verranno riportati i principali risultati contenuti nel

documento redatto in collaborazione tra la Regione Autonoma della Sardegna e l'Università di Sassari "Metodi e strumenti per la Strategia Regionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici".

L'analisi del clima presente è stata effettuata per il trentennio climatico di riferimento tra 1981-2020. Il dataset E-OBS utilizzato risulta, allo stato attuale, l'unico dataset grigliato omogeneo attualmente disponibile sul territorio nazionale per analizzare e descrivere il trend di precipitazione e temperatura, e rappresenta il dataset di riferimento per tali tipologie di studio a livello internazionale.

Di seguito si definiscono gli indicatori illustrati:

- Temperatura media - Tmean - Media annuale della temperatura media giornaliera (°C);
- Summer days – SU95p - Numero di giorni con temperatura massima maggiore di 30.1 °C (valore medio spaziale sulla Sardegna del 95° percentile della temperatura massima utilizzando il dataset E-OBS);
- Frost days – FD - Numero di giorni con temperatura minima al di sotto di 0°C (giorni/anno);
- Consecutive dry days – CDD - Massimo numero di giorni consecutivi all'anno con precipitazione giornaliera inferiore a 1 mm (giorni/anno).

In termini di temperatura, si osserva una temperatura minima media che varia tra 7,2 °C e 14,6 °C durante l'anno e una temperatura massima media che varia tra 15,6 °C e 22,7 °C. In termini di precipitazione invece si osserva una precipitazione annuale media che varia tra 414 mm e 1118,9 mm.

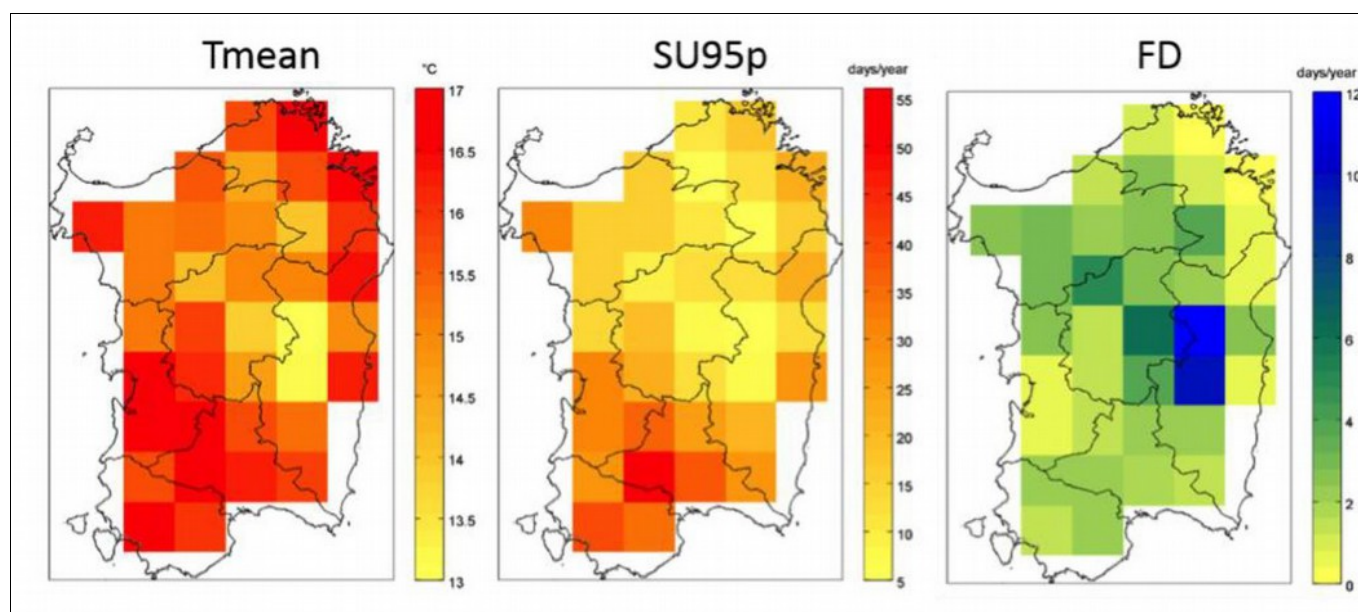


Fig. 1 Mappe degli indicatori di temperatura Tmean, SU95p e FD (E-OBS, 1981-2010)

Si osserva che la Sardegna è caratterizzata da un numero medio di giorni all'anno con temperatura minima al di sotto di 0 °C (FD) che varia tra 0 e 33 (i valori più elevati sono raggiunti nell'area montuosa centro orientale della Sardegna) mentre è caratterizzata da un numero massimo medio di giorni consecutivi con precipitazione minore di 1 millimetro (CDD) varia tra 47 e 100 (valori più elevati nella zona sud della Sardegna; in particolare, i picchi riguardano la zona costiera sud occidentale).

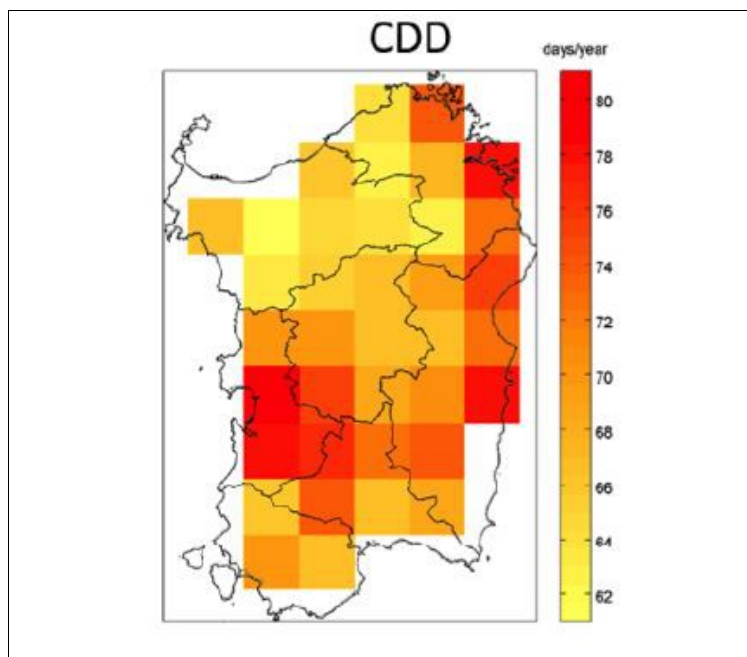


Fig. 2: Mappa dell'indicatore CDD (E-OBS, 1981-2010)

Questo ampio range di valori indica una variabilità elevata anche per quanto attiene gli andamenti medi; risulta quindi evidente l'utilità della disponibilità di serie storiche ad alta risoluzione per un'analisi climatica approfondita della regione Sardegna. Per tale motivo, specie per quanto attiene la precipitazione, il dataset di osservazione E-OBS, ad una risoluzione di circa 28 km, risulta insufficiente per caratterizzare la variabilità regionale.

5.2.2 Variabilità climatica futura

Con riferimento allo studio citato, per il territorio della Sardegna le analisi legate alle proiezioni climatiche per il trentennio futuro 2010-2050 è stata condotta utilizzando il modello climatico regionale COSMO-CLM alla risoluzione orizzontale di circa 8 km, forzato dal modello globale CMCC-CM (risoluzione orizzontale di circa 80 km). Tali proiezioni climatiche a così alta risoluzione sono attualmente disponibili sul territorio italiano e sono state ottenute considerando i due diversi scenari IPCC:

- RCP4.5: L'emissione di gas a effetto serra è arginata, ma le loro concentrazioni nell'atmosfera aumentano ulteriormente nei prossimi 50 anni. L'obiettivo dei "+2 °C" non è raggiunto. Rispetto al 1850, nel 2100 il forzante radiativo ammonterà a 4,5 W/mq (limitata protezione del clima);
- RCP8.5: Non viene preso alcun provvedimento in favore della protezione del clima. Le emissioni di gas a effetto serra aumentano in modo continuo. Rispetto al 1850, nel 2100 il forzante radiativo ammonterà a 8,5 W/mq (nessuna protezione del clima);

L'analisi climatica ha permesso di caratterizzare la variabilità climatica osservata a livello locale e di valutare, ad elevata risoluzione, le anomalie climatiche attese in futuro per effetto dei cambiamenti

climatici. Tale analisi è stata effettuata utilizzando indicatori di pericolosità meteo-indotta scelti sulla base di quelli comunemente utilizzati in letteratura per analizzare le caratteristiche del clima locale e per lo studio del cambiamento climatico ed i suoi principali impatti su cui viene basata la scelta delle strategie di adattamento.

L'analisi climatica ha evidenziato come la Regione Sardegna sarà caratterizzata in futuro da un generale incremento delle temperature (nei valori sia medi sia estremi), da una generale riduzione della quantità di precipitazione a scala annuale ma da una elevata intensità e frequenza di eventi meteorologici estremi (ondate di calore con conseguenti fenomeni a carattere siccitoso e da eventi di precipitazioni intense).

In termini di temperatura, la Figura 3 mostra un generale aumento della temperatura media (T_{mean}) per entrambi gli scenari, più marcato secondo lo scenario RCP8.5, con un incremento fino a 2 °C.

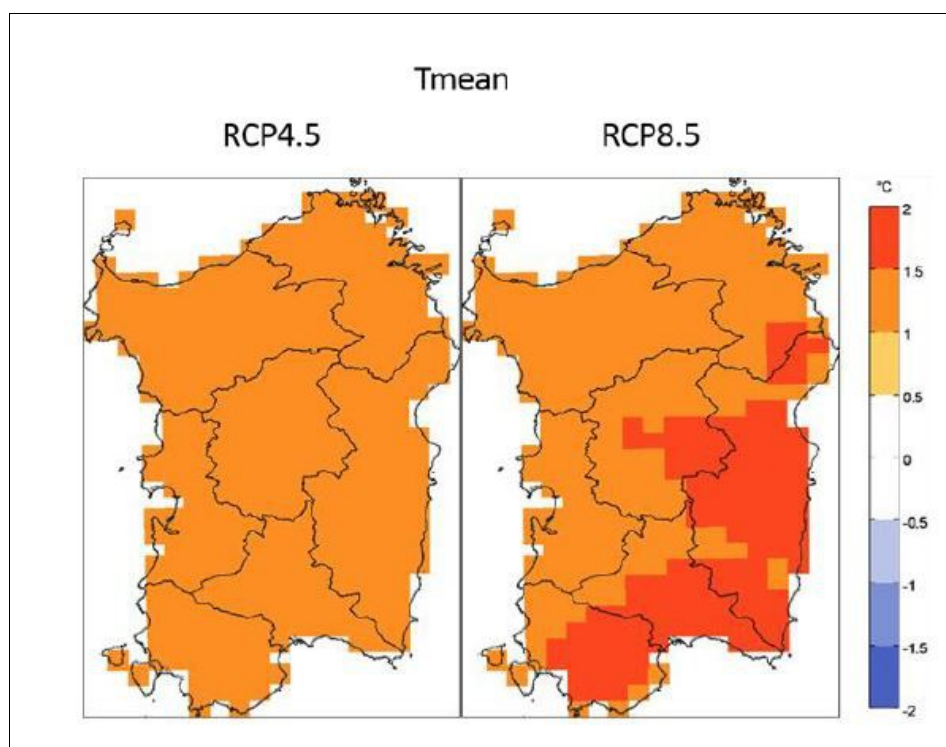


Fig. 3 Anomalie [°C] della temperatura media per il periodo 2021-2050, rispetto al periodo di riferimento 1981-2010, secondo gli scenari RCP4.5 e RCP8.5.

Per quanto attiene l'indicatore SU95p, illustrato in Figura 4 , è evidente un aumento diffuso su tutta la regione del numero di giorni all'anno con temperatura massima maggiore di 30,1 °C (valore medio spaziale sulla Sardegna del 95° percentile della temperatura massima utilizzando il dataset E-OBS).

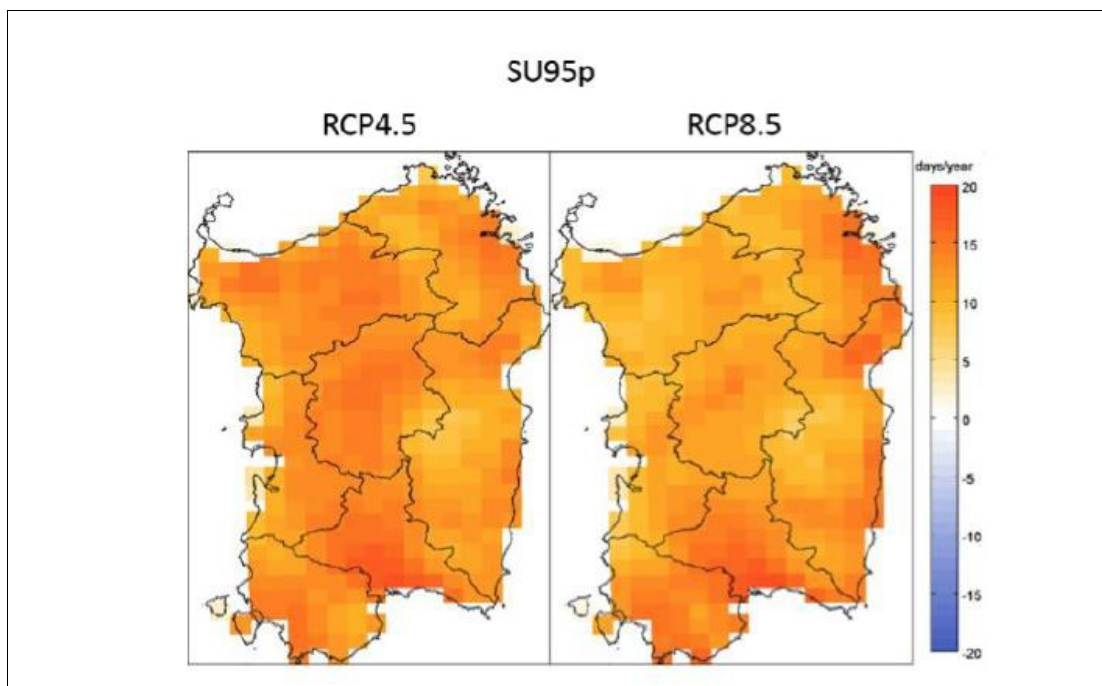


Fig. 4 Anomalie [giorno/anno] dell'indicatore SU95p per il periodo 2021-2050, rispetto al periodo di riferimento 1981-2010, secondo gli scenari RCP4.5 e RCP8.5.

Inoltre, la Sardegna è interessata da una riduzione del numero di giorni con temperatura minima minore di 0 °C (FD), più marcata per lo scenario RCP8.5, con un pattern spaziale che ricalca l'orografia della regione, vedi 5.

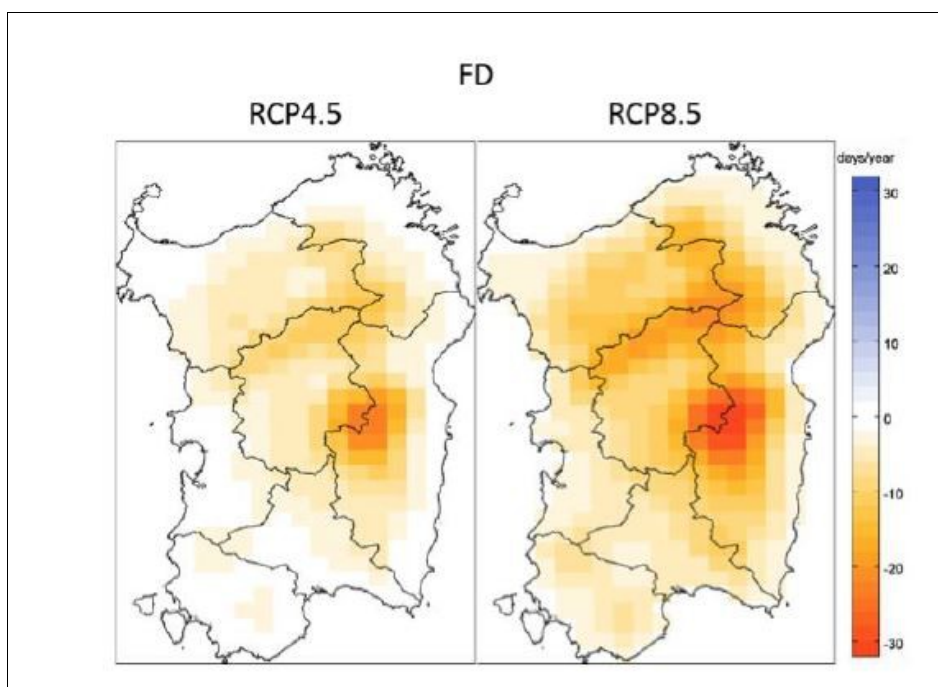


Fig. 5 Anomalie [giorni/anno] dell'indicatore FD per il periodo 2021-2050, rispetto al periodo di riferimento 1981-2010, secondo gli scenari RCP4.5 e RCP8.5

Inoltre, in accordo con entrambi gli scenari, si evince come sia atteso un aumento del numero di giorni all'anno con precipitazione maggiore o uguale a 20 mm (R20, Figura 5), dei massimi giornalieri di precipitazione (Rx1day, Figura 6) e del massimo numero di giorni consecutivi all'anno con precipitazione minore di 1 millimetro (CDD, Figura 7).

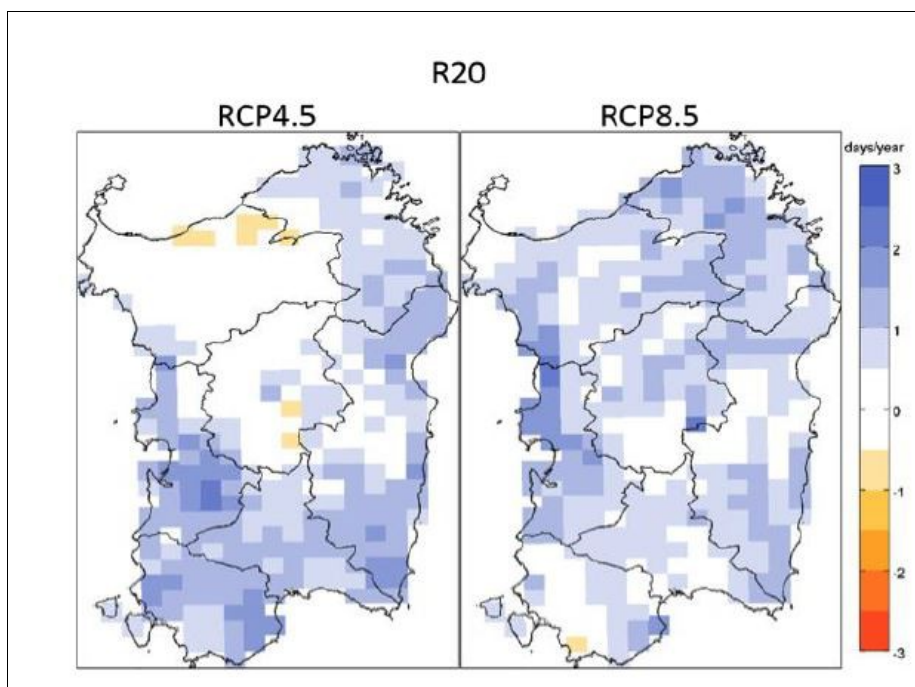


Fig. 6 Anomalie [giorni/anno] dell'indicatore R20 per il periodo 2021-2050, rispetto al periodo di riferimento 1981-2010, secondo gli scenari RCP4.5 e RCP8.5.

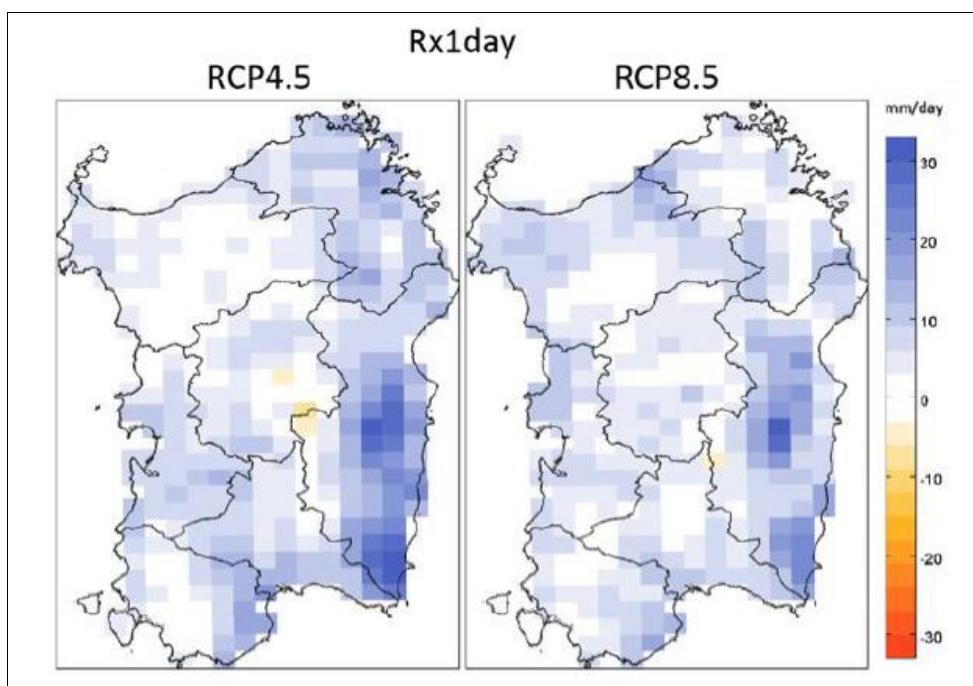


Fig. 7 Anomalie [mm/giorno] dell'indicatore Rx1day per il periodo 2021-2050, rispetto al periodo di riferimento 1981-2010, secondo gli scenari RCP4.5 e RCP8.5.

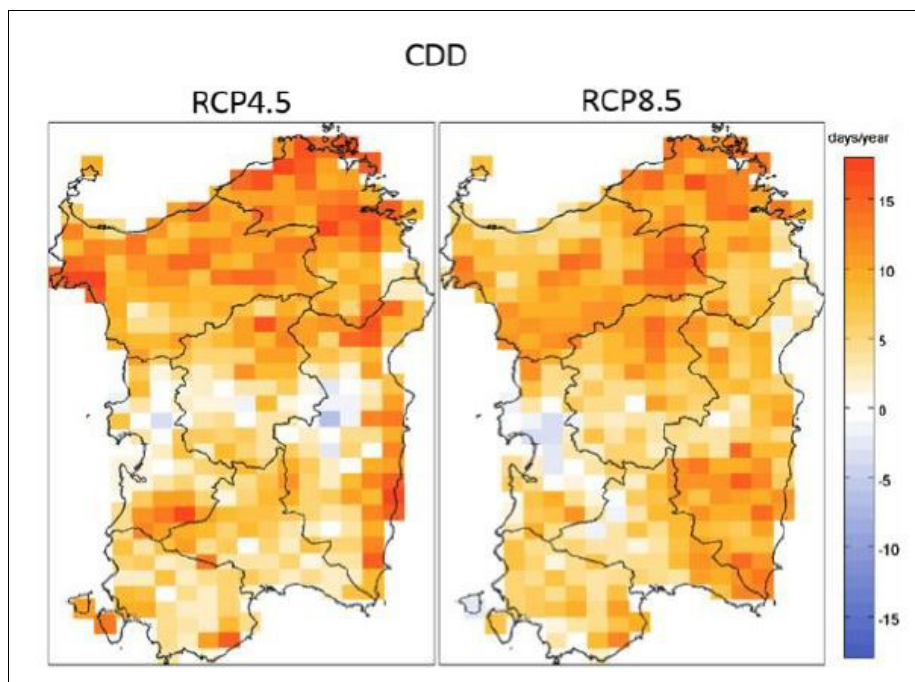


Fig. 8 Anomalie [giorni/anno] dell'indicatore CDD per il periodo 2021-2050, rispetto al periodo di riferimento 1981-2010, secondo gli scenari RCP4.5 e RCP8.5.

In termini di precipitazione, le proiezioni con lo scenario RCP4.5 mostrano un aumento dei valori annuali (Figura 9) a sud e ad est della Sardegna, mentre è attesa una riduzione nella parte centrale e nord-occidentale. D'altra parte, lo scenario RCP8.5 mostra una generale riduzione della precipitazione annuale nella parte centrale e sud-occidentale, mentre è atteso un aumento altrove

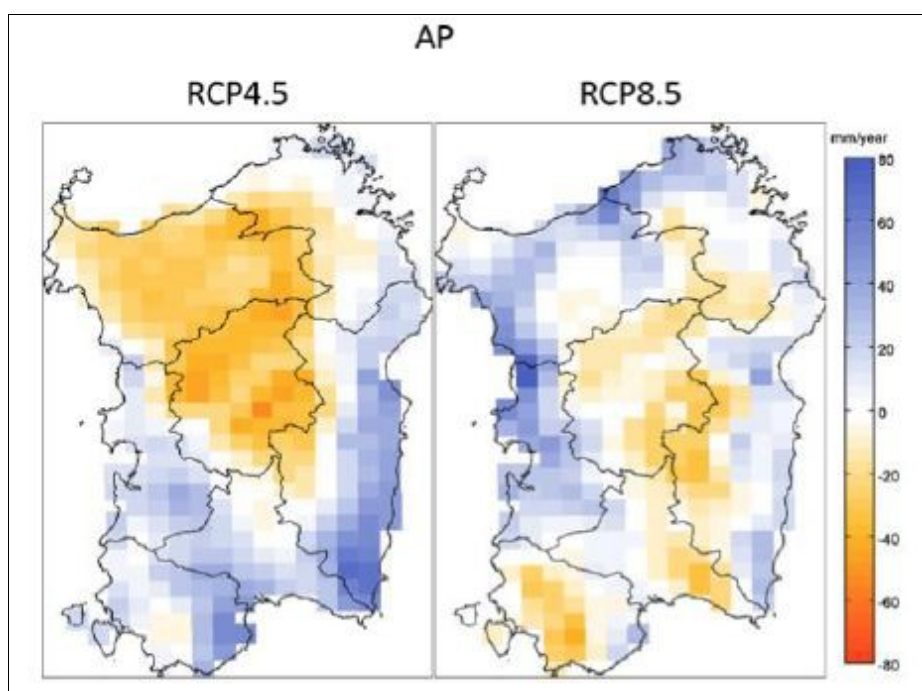


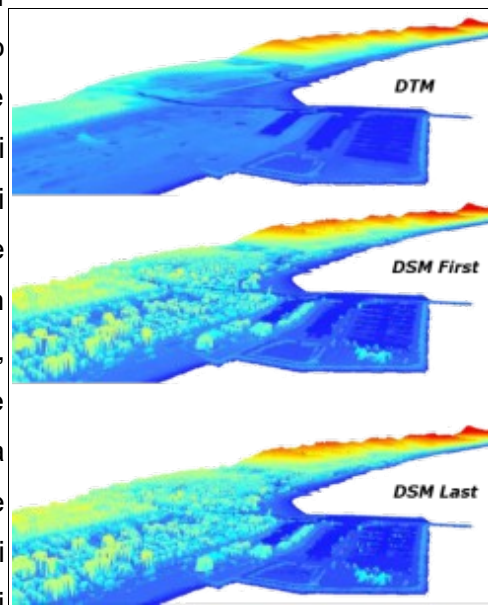
Fig. 9: Anomalie [mm/anno] dell'indicatore AP per il periodo 2021-2050, rispetto al periodo di riferimento 1981-2010, secondo gli scenari RCP4.5 e RCP8.5.

In generale si evince come sia atteso un aumento del numero di giorni all'anno con precipitazione maggiore o uguale a 20 mm, dei massimi giornalieri di precipitazione, e del massimo numero di giorni consecutivi all'anno con precipitazione minore di 1 millimetro. Sono inoltre previsti aumenti degli eventi di precipitazione per periodo di ritorno di 2 e 5 anni. Tali incrementi sono più marcati nella parte orientale della Sardegna, area in cui si ha anche un aumento delle precipitazioni più intense. Questi risultati sono in accordo con quanto mostrato in precedenza, suggerendo uno scenario futuro in cui le precipitazioni potrebbero essere concentrate in un numero limitato di eventi intensi.

5.3 Cartografia di riferimento su base GIS

I dati cartografici di riferimento su base GIS presi in considerazione sono stati principalmente i seguenti:

- dati meteo puntuali provenienti dall'Agenzia Regionale della Protezione dell'Ambiente della Regione Sardegna (ARPAS), periodo 2018 – 2021. Dato considerato temperatura;
- dati meteo puntuali provenienti dalla rete comunale, periodo 2001 – 2022. Dato considerato pluviometria e temperatura.
- dati meteo distribuiti spazialmente provenienti dai dati satellitari. Il progetto di monitoraggio della superficie terrestre MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) è uno strumento chiave per la raccolta di dati ambientali globali, montato sui satelliti Terra (lanciato nel 1999) e Aqua (lanciato nel 2002) della NASA. MODIS gioca un ruolo fondamentale nell'osservazione di grandi scale temporali e spaziali della superficie terrestre, degli oceani e dell'atmosfera della Terra. Il dato considerato è la temperatura della superficie terrestre il quale è stato utilizzato insieme ai dati puntuali rilevati a terra per la valutazione delle anomalie climatiche e dell'indice di calore.
- Modello digitale del terreno con risoluzione 1 metro della città di Cagliari. Nell'ambito del presente studio è stato fatto ricorso al modello digitale del terreno con risoluzione 1 m reperito presso il Ministero della Transizione Ecologica (M.I.T.E.) e acquisito con tecnica Lidar. I LIDAR è un sensore Laser, che rileva la distanza relativa tra il target e il sensore, in abbinamento con una piattaforma IMU (GPS+INS) che permette la georeferenziazione 3D dei suddetti punti. Scansionando la superficie, viene creata una nuvola di punti che discriminano i punti relativi al terreno (DTM) e quelli relativi agli "oggetti" presenti sul terreno (DSM). Misurando la coltre vegetativa, penetrando fino al suolo, si ottengono informazioni sul terreno e sulle quote, con un'accuratezza centimetrica. I prodotti ottenuti dai rilievi LIDAR forniscono le informazioni fondamentali per rappresentare puntualmente la morfologia delle aree di pericolosità idrogeologica. Costituiscono quindi un supporto basilare per le attività di modellazione idraulica, per la perimetrazione delle aree di potenziale esondazione dei principali corsi d'acqua, e per la modellazione idrologica e di individuazione delle aree maggiormente esposte a pericolo in caso di eventi alluvionali. Inoltre, i modelli possono essere utilizzati



anche in campo forestale, viario e nella progettazione di massima di opere pubbliche, ecc.. La densità dei punti del rilievo è superiore a 1,5 punti per mq, se ne deduce che l'applicazione di

detti rilievi per la difesa del suolo è molteplice. Il DTM presenta un'accuratezza altimetrica corrispondente a $\pm 1s$ (scarto quadratico medio), corrispondendo ad un errore inferiore ± 15 cm. Mentre l'accuratezza planimetrica è di $\pm 2s$ cioè l'errore deve essere contenuto entro ± 30 cm.

- Uso del Suolo della Città di Cagliari disponibile nel Geoportale della Regione Sardegna. La carta è stata realizzata a partire dall'edizione del 2003. Essa è relativa all'uso reale del suolo, suddivisa in classi di legenda (Corine Land Cover). Per l'aggiornamento, attraverso la fotointerpretazione, sono state utilizzate: ortofoto AGEA 2003, Ortofoto 2004, immagini Ikonos 2005-06, immagini Landsat 2003, immagini Aster 2004 e altri materiali ausiliari (CTRN10k, DBPrior 10k), con sopralluoghi su 4000 punti distribuiti sul territorio. Gli strati tematici lineari comprendono le entità lineari con larghezza minori di 25 m, relative a viabilità (strade e ferrovie) e idrografia. La legenda non ha subito variazioni rispetto alla versione del 2003. Per quanto riguarda gli strati poligonali, l'unità minima cartografata è 0,5 ettari all'interno dell'area urbana e 0,75 ettari nell'area extraurbana. La Carta delle colture dell'uso del suolo è stata elaborata durante la realizzazione della carta dell'uso del suolo 2008, utilizzando le informazioni relative alle principali colture della Sardegna.
- Piano di Assetto Idrogeologico della Regione Sardegna. Sono stati utilizzati i dati, prodotti dalla Direzione Generale dell'Agenzia Regionale del Distretto Idrografico della Sardegna.
- Piano del Verde per la città di Cagliari è stato progettato con l'obiettivo di integrare la pianificazione urbanistica con le infrastrutture verdi e blu, migliorando i servizi ecosistemici, contrastando i cambiamenti climatici, e promuovendo una gestione sostenibile delle risorse idriche e naturali. Questo piano mira anche a valorizzare e qualificare le aree verdi pubbliche esistenti e a progettare nuove aree verdi, stabilendo criteri per la riqualificazione delle aree private e definendo un programma complessivo di intervento nel contesto urbano e periurbano.
 - Strati Informativi Utilizzati Il piano comprende diversi allegati tecnici ed elaborati grafici che forniscono gli strumenti necessari per la gestione e valorizzazione del verde in città, connettendolo con il sistema infrastrutturale per creare un macro sistema di fruizione del verde. Gli strati informativi utilizzati includono:
 - Relazione Tecnica: Fornisce una panoramica dettagliata del piano, obiettivi, e metodologie.
 - Azioni e Linee Guida: Dettaglia le azioni specifiche, linee guida, e interventi previsti dal piano.
 - Relazione Agronomica: Analizza le condizioni agronomiche esistenti e propone miglioramenti.
 - Abaco delle Specie: Elenco delle specie vegetali da utilizzare nel contesto urbano.
 - Regolamento del Verde: Stabilisce le norme per la gestione e manutenzione delle aree verdi.

- Piano delle Manutenzioni: Programma le attività di manutenzione per garantire la salute e la longevità del verde urbano.
- Gli obiettivi principali del Piano del Verde sono:
 - Integrazione del Verde nell'Assetto Urbano: Superando la concezione tradizionale del verde come elemento puramente estetico, il piano mira a integrare il verde come componente strutturale essenziale dell'urbanistica, contribuendo significativamente alla rigenerazione urbana e alla fornitura di servizi ecosistemici.
 - Contrasto ai Cambiamenti Climatici: Implementando infrastrutture verdi e blu, il piano intende mitigare gli effetti dei cambiamenti climatici, riducendo le isole di calore e incrementando l'assorbimento di CO₂.
 - Valorizzazione della Biodiversità Urbana: Promuovere la biodiversità attraverso la creazione e il potenziamento di corridoi ecologici, giardini storici, parchi urbani, e la tutela delle aree naturali e semi-naturali.
 - Promozione della Frizione Verde: Il piano punta a rendere accessibili e fruibili maggiori spazi verdi ai cittadini, incoraggiando la connessione tra aree verdi esistenti e nuove, migliorando così la qualità della vita urbana.
 - Sostenibilità e Gestione Idrica: Attraverso la pianificazione di aree verdi, il piano mira a favorire una gestione ottimale delle risorse idriche, promuovendo la raccolta e il riutilizzo delle acque piovane e contribuendo alla riduzione del deflusso superficiale.
 - Mappatura delle reti tecnologiche

5.4 Identificazione strategie ed azioni da intraprendere

Le strategie e le azioni da intraprendere hanno come obiettivo principale diminuire la vulnerabilità del territorio comunale rispetto alle problematiche legate alle ondate di calore ed agli effetti al suolo di eventi meteorologici estremi, siccitosi e umidi, fenomeni che negli ultimi anni si presentano con frequenza sempre crescente a causa dei cambiamenti climatici.

Di seguito vengono illustrate le strategie generali da adottare e le principali azioni da intraprendere, queste ultime saranno meglio descritte nei capitoli successivi.

Strategie Generali

- 1** Analisi e Valutazione: Comprendere in modo approfondito la vulnerabilità e i rischi associati ai cambiamenti climatici specifici per la regione, considerando vari settori come l'agricoltura, le risorse idriche, e la gestione del territorio.
- 2** Integrazione Intersectoriale: Assicurare che le azioni di adattamento siano integrate nelle politiche regionali e locali, attraverso un approccio coordinato che coinvolge diversi settori e livelli di governance.
- Coinvolgimento degli Stakeholder: Mobilizzare e coinvolgere attivamente i portatori di interesse locali, incluse le comunità, le imprese, e le autorità locali, per garantire che le strategie siano contestualizzate e basate sulle esigenze locali.
- Promozione della Conoscenza: Migliorare la consapevolezza e le competenze relative all'adattamento ai cambiamenti climatici attraverso la formazione, la diffusione delle informazioni e il supporto alla ricerca scientifica

Azioni da intraprendere

1 Microclima Urbano:

- 1.1** Incremento del Verde Urbano: piantumazione di alberi e creazione di parchi o giardini per ridurre l'effetto isola di calore, migliorare la qualità dell'aria e aumentare l'assorbimento di CO₂.
- 1.2** Implementazione di Tetti e Pareti Verdi: Installazione di tetti e pareti verdi sugli edifici per ridurre le temperature superficiali e migliorare l'isolamento termico.
- 1.3** Ottimizzazione della Pavimentazione: sostituzione della pavimentazione convenzionale con materiali riflettenti o permeabili per ridurre l'accumulo di calore e favorire l'infiltrazione dell'acqua.

2 Risorse Idriche

- 2.1** Raccolta e Riutilizzo delle Acque Piovane: Implementazione di sistemi per la raccolta delle

acque pluviali da utilizzare per irrigazione, scarichi o altri usi non potabili.

2.2 Efficienza Idrica: Promozione dell'uso efficiente dell'acqua attraverso tecnologie innovative, riducendo gli sprechi e incentivando il risparmio idrico nelle abitazioni, nelle industrie e in agricoltura.

2.3 Protezione delle Fonti Idriche: Salvaguardia delle sorgenti d'acqua, dei bacini idrografici e delle zone umide per garantire la disponibilità e la qualità dell'acqua.

3 Deflusso Superficiale

3.1 Infrastrutture Verdi: Creazione di aree verdi urbane, giardini di pioggia e zone umide artificiali per incrementare l'infiltrazione e ridurre il deflusso superficiale.

3.2 Pavimentazioni Permeabili: Installazione di pavimentazioni permeabili in aree urbane per favorire l'assorbimento dell'acqua piovana e ridurre il rischio di allagamenti.

3.3 Sistemi di Drenaggio Sostenibili: Implementazione di sistemi di drenaggio urbano sostenibile (SUDS) che imitano il drenaggio naturale e gestiscono efficacemente le acque meteoriche.

4 Pubblica Incolumità

4.1 Piani di Emergenza e Formazione: Sviluppo di piani di emergenza dettagliati e programmi di formazione per cittadini e operatori della protezione civile per migliorare la risposta a eventi climatici estremi.

4.2 Infrastrutture Resilienti: Rafforzamento delle infrastrutture critiche per resistere a eventi climatici estremi, garantendo la continuità dei servizi essenziali.

4.3 Informazione e Comunicazione: Miglioramento dei sistemi di allerta precoce e delle campagne di sensibilizzazione pubblica sui rischi legati ai cambiamenti climatici e sulle buone pratiche di prevenzione.

5 Adattamento e Resilienza

5.1 Integrazione delle Strategie di Adattamento: Assicurare che l'adattamento ai cambiamenti climatici sia integrato in tutti i settori della pianificazione urbana e territoriale, con una forte enfasi sulla resilienza.

5.2 Collaborazione Multilivello: Promuovere la collaborazione tra diversi livelli di governo, il settore privato e la società civile per sviluppare e implementare strategie di adattamento efficaci.

5.3 . Monitoraggio e Valutazione: Stabilire meccanismi per il monitoraggio continuo e la valutazione dell'efficacia delle misure di adattamento, permettendo aggiustamenti tempestivi basati su dati concreti.

5.5 Prescrizioni finalizzate al risparmio idrico

L'implementazione di prescrizioni finalizzate al risparmio idrico sono cruciali per garantire un uso sostenibile dell'acqua, specialmente in contesti urbani e in aree soggette a stress idrico a causa dei cambiamenti climatici. L'adozione e l'implementazione efficace di queste misure contribuiranno a conservare le risorse idriche per le generazioni future, assicurando allo stesso tempo la resilienza delle comunità agli impatti del cambiamento climatico. Le prescrizioni sul risparmio idrico sono delineate attraverso una serie di strategie e azioni volte a ottimizzare l'uso dell'acqua, ridurre gli sprechi e promuovere l'uso sostenibile delle risorse idriche. Queste misure sono fondamentali per contrastare la scarsità idrica, migliorare l'efficienza idrica e garantire la sostenibilità delle risorse acquifere. Ecco un dettaglio delle azioni specifiche:

- Limitazioni nell'Utilizzo dell'Acqua per Usi Non Potabili. Imporre restrizioni sull'uso dell'acqua per attività non essenziali, come l'irrigazione di giardini, il lavaggio di veicoli, o il riempimento di piscine, specialmente durante i periodi di siccità.
- Raccolta e Riutilizzo delle Acque Meteoriche. Implementare sistemi per la raccolta e lo stoccaggio dell'acqua piovana, consentendo il suo riutilizzo per l'irrigazione, la pulizia e altri usi non potabili, riducendo così la dipendenza dall'acqua potabile.
- Sistemi di Riciclaggio delle Acque Grigie. Promuovere il riciclaggio delle acque grigie (provenienti da docce, lavandini, ecc.) attraverso sistemi di trattamento e riutilizzo per finalità come l'irrigazione o il lavaggio, contribuendo alla riduzione del consumo di acqua potabile.
- Sistemi di Risparmio Idrico negli Edifici. Adottare dispositivi efficienti e sistemi di monitoraggio del consumo idrico in edifici residenziali, commerciali e pubblici, come rubinetti a basso flusso, WC a scarico ridotto, e elettrodomestici efficienti, per limitare l'uso dell'acqua senza compromettere il comfort.
- Interventi su Reti Idriche per Contenimento Perdite. Effettuare manutenzione regolare e sistematica delle reti idriche, identificando e riparando le perdite, per ridurre la quantità di acqua dispersa e aumentare l'efficienza della distribuzione idrica.
- Introduzione di incentivi economici o sistemi di tariffazione che premiano il risparmio idrico e penalizzano gli sprechi, insieme a campagne di sensibilizzazione per promuovere un cambiamento culturale verso l'uso responsabile dell'acqua.

5.6 Linee guida per la gestione delle infrastrutture a rischio

Di seguito vengono descritti in modo puntuale alcuni elementi guida per la gestione delle infrastrutture che potenzialmente possono essere a rischio nel contesto degli impatti dei cambiamenti climatici:

- 1. Valutazione della Vulnerabilità:** effettuare valutazioni regolari per identificare le infrastrutture più esposte agli impatti dei cambiamenti climatici, considerando fattori come l'ubicazione, l'età, lo stato di conservazione e l'importanza strategica.
- 2. Integrazione della Resilienza Climatica:** assicurare che la pianificazione e la progettazione delle nuove infrastrutture, così come il retrofitting di quelle esistenti, includano considerazioni sulla resilienza climatica per affrontare rischi specifici come inondazioni, ondate di calore, siccità o tempeste.
- 3. Monitoraggio e Manutenzione Proattivi:** implementare programmi di monitoraggio continuo e manutenzione preventiva per identificare e mitigare i rischi prima che causino danni significativi, assicurando che le infrastrutture possano resistere agli eventi climatici estremi.
- 4. Pianificazione per l'Emergenza:** sviluppare e aggiornare regolarmente piani di emergenza e di risposta specifici per le infrastrutture critiche, inclusi protocolli di evacuazione, piani di comunicazione e strategie per il ripristino rapido dei servizi.
- 5. Utilizzo di Tecnologie Innovative:** adottare soluzioni tecnologiche avanzate per il monitoraggio, la diagnosi e l'intervento rapido su infrastrutture critiche, utilizzando ad esempio sensori IoT, sistemi GIS e modelli predittivi per una gestione più efficace.
- 6. Formazione:** assicurare che il personale responsabile della gestione delle infrastrutture sia adeguatamente formato sui rischi legati ai cambiamenti climatici e sulle migliori pratiche per la loro mitigazione e adattamento.
- 7. Collaborazione e Condivisione delle Informazioni:** promuovere la collaborazione tra diversi livelli di governo, settori privati e comunità per condividere informazioni, risorse e migliori pratiche nella gestione delle infrastrutture a rischio.
- 8. Finanziamento e Investimenti Strategici:** garantire un impegno finanziario adeguato per l'adattamento delle infrastrutture ai cambiamenti climatici, privilegiando gli investimenti in soluzioni che offrono benefici a lungo termine in termini di riduzione della vulnerabilità e costi di manutenzione.
- 9. Incorporare la Flessibilità e l'Adattabilità:** progettare infrastrutture che possano essere facilmente adattate o aggiornate in risposta a nuove informazioni o tendenze climatiche emergenti, permettendo una risposta agile ai cambiamenti futuri.

5.7 Prescrizioni per il miglioramento delle capacità di drenaggio di aree impermeabilizzate

Le prescrizioni per il miglioramento della capacità di drenaggio in aree impermeabilizzate si concentrano sull'implementazione di Sistemi di Drenaggio Urbano Sostenibile (SuDS). Implementare SuDS in un contesto urbano consolidato come Cagliari richiede una pianificazione attenta, un design innovativo e una gestione integrata dell'acqua urbana, offrendo soluzioni resilienti e sostenibili per affrontare le sfide idriche in un ambiente in continua evoluzione. L'uso di SuDS in tali contesti offre numerosi benefici, migliorando non solo la gestione delle acque piovane ma contribuendo anche alla resilienza urbana, alla qualità ambientale e al benessere sociale. Ecco come e quando utilizzare i SuDS in aree densamente urbanizzate:

- **Integrazione in Spazi Pubblici e Verdi.** SuDS possono essere integrati in parchi, giardini, aiuole, e altri spazi verdi esistenti. Questi sistemi non solo gestiscono efficacemente l'acqua piovana ma contribuiscono anche a creare habitat per la biodiversità, migliorano l'estetica urbana e forniscono spazi per il relax e il benessere della comunità. Inoltre, possono essere usati per rinnovare aree degradate o sottoutilizzate, trasformandole in asset funzionali e visivamente attraenti per la città..
- **Riqualificazione di Strade e Parcheggi.** Le strade e i parcheggi offrono ampie opportunità per l'implementazione di SuDS. Pozzetti, pavimentazioni permeabili, e giardini di pioggia possono essere integrati nel design di queste aree per intercettare l'acqua piovana direttamente alla fonte, riducendo il carico sulle infrastrutture di drenaggio convenzionali e minimizzando il rischio di allagamenti urbani.
- **Edifici e Costruzioni.** SuDS possono essere applicati in nuovi sviluppi o retrofit di edifici esistenti attraverso tetti verdi, giardini pensili, o sistemi di raccolta e riutilizzo delle acque piovane. Questi sistemi non solo gestiscono l'acqua sul sito, ma possono anche contribuire al miglioramento dell'isolamento termico degli edifici, alla riduzione del calore urbano e al miglioramento del comfort degli abitanti.
- **Aree Residenziali e Commerciali.** Nelle aree residenziali e commerciali, SuDS possono essere progettati per integrarsi armoniosamente con l'ambiente circostante, offrendo soluzioni multifunzionali che combinano la gestione delle acque piovane con la creazione di valore aggiunto estetico e sociale. Ad esempio, possono essere creati percorsi d'acqua, zone umide artificiali o altre caratteristiche idriche che migliorano la qualità dello spazio urbano pur fornendo benefici tangibili in termini di gestione idrica.
- **Considerazioni di Progettazione e Implementazione.** I principali aspetti nella progettazione di tali sistemi riguardano:
 - **Partecipazione Comunitaria:** Coinvolgere la comunità locale nel processo di progettazione e

implementazione dei SuDS può aumentare la consapevolezza pubblica, garantire che i sistemi soddisfino le esigenze locali e promuovere la stewardship ambientale.

- **Adattabilità:** I SuDS dovrebbero essere progettati per essere flessibili e adattabili, in grado di rispondere ai cambiamenti climatici futuri e alle dinamiche urbane.
- **Approccio Olistico:** L'adozione di SuDS richiede un approccio olistico che consideri l'intero ciclo idrologico urbano, integrando i SuDS con altre infrastrutture verdi e blu per massimizzare i benefici ambientali, sociali ed economici.

5.8 Prescrizioni per la realizzazione di sistemi di raccolta delle acque piovane

Di seguito si riportano le prescrizioni per la realizzazione di sistemi di raccolta delle acque piovane, distinguendo: sistemi individuali, sistemi condominiali, sistemi per aree pubbliche commerciali e industriali. In tutte e tre le categorie, è essenziale incorporare considerazioni relative alla sostenibilità, all'efficienza idrica e alla resilienza climatica. La progettazione deve prevedere la flessibilità per adattarsi a variazioni stagionali e a lungo termine delle precipitazioni, assicurando che i sistemi siano capaci di gestire eventi piovosi estremi e periodi di siccità. Implementare queste prescrizioni contribuirà a ottimizzare l'utilizzo delle risorse idriche, ridurre la pressione sui sistemi fognari e di depurazione e aumentare la resilienza urbana di Cagliari agli impatti dei cambiamenti climatici.

Sistemi Individuali

- Installazione di sistemi di raccolta dell'acqua piovana su edifici singoli, come case o piccoli edifici commerciali.
- Utilizzo di serbatoi o cisterne per immagazzinare l'acqua raccolta dai tetti, collegati ai pluviali.
- Implementazione di filtri per garantire la qualità dell'acqua raccolta e sistemi di pompe per la distribuzione dell'acqua ai punti di utilizzo.
- Adozione di pratiche di manutenzione regolari per assicurare la funzionalità e la sicurezza del sistema.

Sistemi Condominiali

- Creazione di sistemi centralizzati per la raccolta e lo stoccaggio dell'acqua piovana che servono l'intero edificio o complesso residenziale.
- Strutture di stoccaggio di grandi dimensioni per massimizzare la raccolta e l'utilizzo dell'acqua piovana per aree comuni, come giardini o per il lavaggio delle aree esterne.
- Sistemi di trattamento e filtrazione dell'acqua per garantire la sicurezza e l'adeguatezza per usi non potabili.
- Coinvolgimento degli abitanti nel monitoraggio e nella gestione efficiente delle risorse raccolte.

Sistemi per Aree Pubbliche, commerciali e industriali

- Implementazione di infrastrutture di raccolta dell'acqua piovana su larga scala in parchi pubblici, strade, piazze e altre aree comuni.
- Installazione di grandi sistemi di accumulo sotterranei o in superficie per la raccolta e il riutilizzo dell'acqua in spazi pubblici per l'irrigazione, la pulizia e altre applicazioni comunali.
- Integrazione di sistemi di filtrazione avanzati e soluzioni di gestione smart per monitorare e ottimizzare l'uso dell'acqua raccolta.
- Promozione di politiche pubbliche per incentivare e supportare la raccolta e l'utilizzo efficace delle acque piovane, inclusa la sensibilizzazione su benefici e pratiche ottimali.

Per queste ultime due categorie bisogna particolare attenzione ai seguenti aspetti:

- 1. Dimensionamento Adeguato:** Progettare sistemi di raccolta e stoccaggio dell'acqua piovana che siano adeguatamente dimensionati per gestire il volume d'acqua generato dalle ampie superfici impermeabili tipiche delle aree commerciali e industriali.
- 2. Infrastrutture Robuste:** Utilizzare materiali e tecnologie robuste per costruire infrastrutture di raccolta e stoccaggio in grado di sopportare il carico idrico elevato e le condizioni operative industriali o commerciali.
- 3. Utilizzo Efficiente dell'Acqua:** Implementare sistemi per l'uso efficiente dell'acqua raccolta, come l'irrigazione di aree verdi, il lavaggio delle superfici esterne, o, previo trattamento adeguato, per usi industriali come il raffreddamento di macchinari o processi produttivi.
- 4. Sistemi di Filtrazione e Trattamento:** Integrare sistemi di filtrazione e trattamento per garantire che l'acqua raccolta sia di qualità adeguata per l'uso previsto, soprattutto se utilizzata all'interno di processi produttivi o per il risciacquo in operazioni industriali.
- 5. Gestione delle Acque in Eccesso:** Prevedere soluzioni per la gestione dell'acqua in eccesso, come il rilascio controllato nelle reti fognarie cittadine o il riutilizzo in altre aree, per evitare sovraccarichi durante eventi di precipitazioni intense.
- 6. Integrazione con il Paesaggio e l'Architettura:** Progettare i sistemi di raccolta in modo che si integrino armoniosamente con l'architettura esistente e il paesaggio circostante, contribuendo al miglioramento estetico dell'area e alla creazione di valore aggiunto per la proprietà.
- 7. Monitoraggio e Manutenzione:** Stabilire protocolli per il monitoraggio regolare e la manutenzione del sistema di raccolta dell'acqua piovana per assicurare il suo funzionamento efficiente e prevenire eventuali problemi legati alla qualità dell'acqua o al sistema di stoccaggio.
- 8. Sensibilizzazione e Coinvolgimento:** Incentivare la sensibilizzazione e il coinvolgimento delle imprese locali e dei dipendenti riguardo i benefici e le pratiche di utilizzo sostenibile dell'acqua, promuovendo una cultura aziendale orientata alla sostenibilità ambientale.

6 Azioni da intraprendere

Sulla base di quanto sopra specificato, sono state predisposte una serie di azioni indicative che, qualora introdotte negli strumenti di pianificazione e attuativi a livelli comunali potrebbero avere un impatto sulle varie problematiche in precedenza introdotte che interessano il territorio comunale di Cagliari. Queste azioni, meglio descritte nei paragrafi che seguono, sono state raggruppate come di seguito elencato:

- azioni finalizzate al miglioramento del microclima urbano;
- azioni per il risparmio delle risorse idriche;
- azioni di riduzione del deflusso superficiale;
- azioni per contrastare il rischio di allagamenti e esondazioni;
- azioni a tutela salute pubblica e incolumità;
- altre azioni da mettere in atto per adattamento e resilienza.

6.1 Azioni finalizzate al miglioramento del microclima urbano

Nell'ottica di diminuire l'intensità e la frequenza delle ondate di calore ma anche di contrastarne gli effetti sul contesto socio economico locale è necessario intraprendere una serie di azioni finalizzate ad agire sul microclima urbano.

In questo ambito le azioni più efficaci per il raffrescamento del sistema urbano sono costituite in generale dall'aumento di superfici verdi e dalla piantumazione di alberi e arbusti, in quanto questi consentono da una parte l'evapotraspirazione, e quindi la trasformazione del calore in calore latente di evaporazione, e l'ombreggiamento, il quale si rivela positivo per intercettare la radiazione solare e quindi proteggere gli ambiti più sensibili (materiali con basso albedo, alta conduttività e/o alta inerzia termica), mentre nel contempo agevolano il drenaggio e l'assorbimento dell'acqua. Una maggiore presenza di vegetazione avrebbe come effetto ulteriore quello di assorbire e immagazzinare CO₂ e, al contempo, consentirebbe un maggiore deposito degli inquinanti, favorendo il miglioramento della qualità dell'aria. In questo modo si potrebbe puntare a contenere l'aumento locale della temperatura tramite azioni di raffrescamento urbano e riduzione del fenomeno dell'isola di calore in città.

Inoltre, sempre nell'ottica di migliorare il microclima urbano e contrastare le ondate di calore, occorre tendere anche a un aumento dell'ombreggiamento dei luoghi maggiormente fruibili dalla popolazione, quali piazze, percorsi pedonali e ciclabili, aree di parcheggio e parchi tramite alberature o coperture rigide e/o rimovibili. Allo stesso modo si possono adottare sistemi di nebulizzazione d'acqua che hanno un effetto immediato sull'abbassamento della temperatura.

Altre misure rivolte al miglioramento del microclima urbano sono quelle finalizzate a consentire un minore assorbimento della radiazione solare aumentando la riflettanza delle strutture di copertura o delle pavimentazioni, quali tetti e pavimentazioni fredde.

Infine ci sono delle azioni di autoprotezione che consentono di non risentire eccessivamente delle isole di calore all'interno dei luoghi chiusi quali l'utilizzo di un adeguato isolamento termico e il controllo del microclima negli edifici, tali azioni hanno tra l'altro un positivo effetto di riduzione dei consumi energetici.

Di seguito un elenco puntuale delle azioni da intraprendere:

- Tetti Verdi o giardini pensili;
- Verde su pareti ed edifici;
- Piccoli orti o giardini "tascabili" in aree urbane;
- Aiuole e/o elementi verdi di arredo urbano;
- Forestazione in aree periurbane – reti ecologiche;
- Miglioramento manutenzione e tutela delle alberature;
- Alberature e/o pergolati per ombreggiamento piazze e luoghi fruibili;
- Alberature per ombreggiamento percorsi pedonali-ciclabili;
- Alberature per ombreggiamento aree di parcheggio;
- Alberature per ombreggiamento parchi;

- Coperture (rimovibili o rigide) per ombreggiamento delle aree esterne;
- Nebulizzazione - Vasche e cascate-pareti d'acqua in aree pubbliche;
- Tetti freddi;
- Pavimentazioni fredde;
- Isolamento termico e controllo del microclima per edifici.

Nel contesto territoriale del Comune di Cagliari, che è interessato soprattutto dal fenomeno delle isole di calore nel periodo estivo, tutte le azioni sopra elencate potrebbero essere utilizzate in maniera diffusa nello sviluppo di nuove lottizzazioni e/o insediamenti commerciali e industriali. In particolare alcune azioni specifiche diffuse, come per esempio l'adozione di tetti e pavimentazioni fredde, tetti verdi e alberature per ombreggiamento di aree pubbliche potrebbero essere inserite come obblighi normativi negli strumenti di pianificazione comunale. In questo modo si eviterebbe che i nuovi insediamenti possano avere un effetto negativo sul microclima urbano e anzi, al contrario, si farebbe in modo che possano contribuire al suo miglioramento.

Allo stesso modo alcune delle suddette azioni, come aiuole e alberature per ombreggiamento di percorsi e parcheggi, potrebbero essere inserite nelle aree già sviluppate e costruite sia del centro storico che delle zone più periferiche tramite interventi diretti dell'amministrazione comunale allo scopo di riqualificare determinate zone del territorio che presentano una criticità maggiore rispetto alla problematica delle isole di calore e in generale alle caratteristiche del microclima urbano al fine del miglioramento dello stesso.

Nei paragrafi che seguono sono illustrate in maniera più dettagliata le singole azioni sopra elencate.

6.1.1 Tetti Verdi o giardini pensili

I tetti verdi sono caratterizzati dalla presenza di vegetazione in copertura che isola termicamente e tramite l'evapotraspirazione raffredda l'aria circostante: questi effetti raffreddano i tetti di molte decine di gradi circa rispetto ai tradizionali. I tetti verdi riducono il flusso di calore attraverso il tetto e riducono di conseguenza l'energia per il raffreddamento o il riscaldamento. I tetti verdi, possono essere realizzati con varie tipologie costruttive, ma in generale sono costituiti da diversi strati sovrapposti: una membrana impermeabile per proteggere il solaio sottostante, uno strato di drenaggio, un terreno per la crescita delle piante stesse. Esistono più tipologie base di copertura verde che variano nella profondità del terreno di coltura e nella quantità di vegetazione. I principali effetti indotti dai tetti verdi sono:

- protezione dell'edificio dal calore solare diretto e riduzione calore trasmesso ad esso;
- riduzione di perdite di calore dall'edificio per l'isolamento aggiunto sul tetto;
- riduzione della temperatura esterna e contrasto al fenomeno di isola di calore;
- riduzione delle emissioni di gas serra da minor consumo energetico.

L'utilizzo su vasta scala dei tetti verdi permetterebbe di aumentare fortemente la presenza di verde in città per creare una fitta rete di verde urbano ed extraurbano ed inoltre di garantire la polifunzionalità della rete infrastrutturale (adattamento e mitigazione) ed infine di tutelare e garantire la sicurezza dei cittadini e della loro salute.



Fig. 10 Esempio di tetto verde - stratigrafia

6.1.2 Pareti verdi su edifici

Con il termine “giardino verticale” si intendono composizione di più componenti vegetali su una struttura verticale preesistente, come le pareti di edifici, muri, recinzioni. Le piante sono generalmente posizionate su pannelli o moduli stratificati (PVC e feltro) inseriti in una gabbia metallica che viene fissata ai muri o alle pareti, ma può anche essere sorretta da apposite strutture. Il metodo di coltivazione previsto per queste strutture verdi permette un costante approvvigionamento idrico di acqua piovana senza uno strato di terriccio. La scelta delle piante va fatta accuratamente. Oppure può essere ricompresa in tale tipologia di misura tipo anche la più semplice presenza di verde su balconi e terrazzi (“balconi e terrazzi fioriti”) che oltre ad abbellire (e rispettare eventuali vincoli sulle facciate) sono spesso l'unica possibilità di introdurre elementi verdi in aree a densità edificatoria elevata (ad es. nei centri storici). I principali effetti indotti dalle pareti verdi sono:

- regolazione termica dell'edificio con isolamento e riduzione del calore entrante;
- aumento comfort abitativo;
- riduzione della temperatura esterna e contrasto al fenomeno di isola di calore;
- riduzione delle emissioni di gas serra da minor consumo energetico ed assorbimento inquinanti atmosferici dalla vegetazione (in particolare il PM10);
- barriera fonoassorbente e riduzione del riverbero delle pareti degli edifici.

L'utilizzo su vasta scala delle pareti verdi permetterebbe di ottenere effetti analoghi a quelli ottenuti con l'adozione dei tetti verdi.



Fig. 11 Pareti verdi su edifici

6.1.3 Orti o piccoli giardini in aree urbane

Un piccolo giardino (tascabile) è una piccola area verde inserita in un contesto altamente urbano; queste misure possono essere realizzate nell'ambito di uno specifico progetto urbano ma spesso nascono anche su iniziativa, pubblica e/o privata, per recuperare spazi residuali, aree inutilizzate e abbandonate, lotti di edifici demoliti dando loro nuova vita realizzando un'area verde. Questa tipologia di giardini quindi viene inserita spesso all'interno di un contesto urbano preesistente trasformando aree sotto-utilizzate o degradate restituendo alla cittadinanza piccole aree verdi fruibili, che hanno la capacità di aumentare il benessere ambientale, la valorizzazione delle zone circostanti e la loro attrattività.

I principali effetti indotti da orti o piccoli giardini in aree urbane sono:

- riduzione della temperatura esterna e contrasto al fenomeno di isola di calore;
- assorbimento inquinanti atmosferici dalla vegetazione (in particolare il PM10);
- aumento benessere ambientale;
- gestione acqua piovana con riduzione quantità di deflusso (runoff).

L'utilizzo su vasta scala di orti o piccoli giardini permetterebbe di aumentare fortemente la presenza di verde in città per creare una fitta rete di verde urbano ed extraurbano e quindi di contribuire a tutelare e garantire la sicurezza dei cittadini e della loro salute.



Fig. 12 - Orto urbano

6.1.4 Aiuole e/o elementi verdi di arredo urbano

Nel territorio urbanizzato si ha nel contempo una ridotta presenza di elementi verdi ed un'alta presenza di persone esposte ai fenomeni connessi ai cambiamenti climatici. Anche nel caso di presenza di verde esso risulta molto frammentato, distribuito in modo disomogeneo e collocato in spazi di ridotte dimensioni. Per rendere le città più resilienti, è importante frammentare l'eccessiva continuità dell'edificato, riducendo al contempo il livello di impermeabilizzazione, attraverso anche l'inserimento di elementi verdi minori quali anche aiuole, siepi, fiorire verdi o altri elementi verdi di arredo urbano. Anche l'introduzione di tali elementi verdi minori, se diffusi, aiuta infatti collegare le componenti verdi maggiori già presenti, migliorando nel contempo la qualità urbana, oltre che avere un benefico effetto di riduzione dell'impermeabilizzazione nelle aree urbane.

I principali effetti indotti da aiuole e/o elementi verdi di arredo urbano sono:

- maggiore fruibilità dell'area verde e creazione di corridoi verdi;
- riduzione delle temperature a livello locale e riduzione dell'effetto isola di calore;
- protezione dall'azione del vento e delle correnti e regolazione livello di umidità;
- aumento benessere ambientale e valorizzazione dell'area;
- riduzione livello inquinamento atmosferico e rumore.

L'utilizzo su vasta scala di aiuole e/o elementi verdi permetterebbe di aumentare fortemente la presenza di verde in città per creare una fitta rete di verde urbano ed extraurbano e quindi di contribuire a tutelare e garantire la sicurezza dei cittadini e della loro salute.



Fig. 13 - Arredo urbano verde

6.1.5 Forestazione in aree periurbane – reti ecologiche

Sviluppare attorno ad un'area urbana una cintura verde attraverso interventi di forestazione urbana costituisce un intervento dai molteplici benefici ambientali tra cui il miglioramento del clima locale riducendo il fenomeno di isola di calore. Spesso gli interventi di forestazione riguardano aree periferiche più o meno degradate/abbandonate restituendole alla cittadinanza in aree fruibili, ombreggiate e confortevoli. Anche il livello di connessione tra le varie aree verdi urbane e periurbane (rete ecologica) è importantissimo perché ne potenzia gli effetti benefici e nel contempo facilita la fruibilità da parte della popolazione. La forestazione urbana permette una migliore integrazione dell'area urbanizzata con la campagna riducendo il dislivello di temperature, abbattendo gli inquinanti atmosferici (tra cui i gas serra e il PM10), creando brezze e influenzando i livelli di umidità ambientale mediante i processi di evapotraspirazione. I principali effetti indotti da aiuole e/o elementi verdi di arredo urbano sono:

- ombreggiamento e protezione delle persone da irraggiamento diretto, maggiore fruibilità dell'area;
- riduzione delle temperature a livello locale e riduzione dell'effetto isola di calore;
- aumento benessere ambientale e valorizzazione dell'area/maggiore inserimento nel contesto;
- riduzione livello inquinamento atmosferico e rumore;
- riduzione dei deflussi delle acque piovane per l'aumento delle aree permeabili;
- protezione dall'azione del vento e delle correnti delle zone più residenziali.

L'utilizzo su vasta scala della forestazione in area peri-urbana permetterebbe di aumentare fortemente la presenza di verde in città per creare una fitta rete di verde urbano ed extraurbano e quindi di contribuire a tutelare e garantire la sicurezza dei cittadini e della loro salute.



Fig. 14 - Forestazione in aree periurbane

6.1.6 Miglioramento manutenzione e tutela delle alberature

Per mantenere correttamente un'area verde alberata urbana occorre implementare una costante manutenzione che ne preservi qualità, funzioni e sicurezza proteggendo le persone e i manufatti da possibili danni, sempre nel rispetto dell'ambiente. Tra le attività manutentive vi sono interventi periodici standard ed altri invece di carattere straordinario legati a eventi specifici. Tra i primi possiamo citare: potatura e cura delle piante qualora necessario, pulizia da foglie e rametti foglie nelle zone di maggiore passaggio delle persone, rimozione di legno e tronchi, gestire in modo appropriato l'area al piede delle alberature. I principali effetti indotti dal miglioramento della manutenzione e tutela delle alberature sono:

- ombreggiamento e protezione delle persone da irraggiamento diretto, maggiore fruibilità delle aree e/o percorsi;
- riduzione delle temperature a livello locale e riduzione dell'effetto isola di calore;
- aumento benessere ambientale e valorizzazione dell'area/maggiore inserimento nel contesto;
- riduzione livello inquinamento atmosferico e rumore;
- riduzione del fenomeno di runoff con aumento delle aree permeabili;
- protezione dall'azione del vento e delle correnti delle zone più residenziali.

L'adozione di attività per il miglioramento della manutenzione e tutela delle alberature permetterebbe di aumentare fortemente la presenza di verde in città per creare una fitta rete di verde urbano ed extraurbano e quindi di contribuire a tutelare e garantire la sicurezza dei cittadini e della loro salute.



Fig. 15 - Manutenzione a tutela delle alberature.

6.1.7 Alberature e/o pergolati per ombreggiamento luoghi fruibili

Il pergolato è una struttura per la copertura e per creare sia zone sia aree di ridotte dimensioni altrimenti assolate oppure anche tratti di percorsi pedonali. Il suo utilizzo, dal punto di vista dei cambiamenti climatici, ha come obiettivo principale la protezione delle persone dall'irraggiamento solare in punti in cui non vi sono altre zone d'ombra e in cui si ha una alta fruizione. L'utilizzo di vegetazione nei pergolati, inoltre, apporta sempre benefici anche in termine di abbattimento degli inquinanti presenti nell'aria e riduzione delle temperature a livello locale. Questi ultimi effetti sono maggiori in caso in cui si preveda la collocazione di alberature vere e proprie. Interessante è anche l'uso di pergolati in aree adibite a parcheggio al posto di tradizionali coperture rigide. I principali effetti indotti dall'utilizzo di alberature e/o pergolati per ombreggiamento luoghi fruibili sono:

- ombreggiamento e protezione delle persone da irraggiamento diretto, maggiore fruibilità spazi aperti;
- riduzione delle temperature a livello locale, aumento benessere ambientale;
- contributo alla riduzione dell'isola di calore se in ambito urbano.

L'adozione di interventi di alberature e/o pergolati per ombreggiamento luoghi fruibili permetterebbe, in maniera analoga a quanto avviene per le altre tipologie di interventi sopra descritti, di aumentare fortemente la presenza di verde in città per creare una fitta rete di verde urbano ed extraurbano e quindi di contribuire a tutelare e garantire la sicurezza dei cittadini e della loro salute.



Fig. 16 - Alberature e/o pergolati per ombreggiamento luoghi fruibili

6.1.8 Coperture (rimovibili o rigide) per ombreggiamento delle aree esterne

L'utilizzo di coperture, dal punto di vista dei cambiamenti climatici, ha come obiettivo principale la protezione delle persone dall'irraggiamento solare o da situazioni climatiche comunque avverse (es. giorni di pioggia). La loro collocazione in genere è in piazze, lungo camminamenti di una certa rilevanza non eccessivamente lunghi, in corrispondenza di punti ad alta fruizione o in punti di attesa di attesa (ad esempio fermate del bus). L'istallazione di tendoni, gazebo ed altre coperture rimovibili permette, rispetto alle coperture rigide, una maggiore flessibilità d'uso, ad esempio in occasione di eventi temporanei. Sono preferibili strutture chiare ed aperte ai lati per una maggiore dissipazione del calore. I principali effetti indotti dall'utilizzo di coperture (rimovibili o rigide) per ombreggiamento delle aree esterne sono:

- ombreggiamento e protezione delle persone da irraggiamento diretto, maggiore fruibilità spazi aperti
- aumento benessere ambientale locale.

L'adozione di interventi di coperture (rimovibili o rigide) per ombreggiamento delle aree esterne permetterebbe, in maniera analoga a quanto avviene per le altre tipologie di interventi sopra descritti, di aumentare fortemente la presenza di verde in città per creare una fitta rete di verde urbano ed extraurbano e quindi di contribuire a tutelare e garantire la sicurezza dei cittadini e della loro salute.



Fig. 17 - Coperture per aree esterne

6.1.9 Nebulizzazione - Vasche e cascate-pareti d'acqua in aree pubbliche

L'inserimento in contesto urbano di elementi d'acqua, come vasche, pareti d'acqua e punti di nebulizzazione, può avere la funzione non solo di arredo urbano ma anche di sistema per migliorare il micro-clima intervenendo su temperatura e umidità. In caso di soluzioni con nebulizzazione di acqua, le goccioline diffuse devono essere sufficientemente piccole da non creare disturbo alle persone presenti nell'area circostante. I principali effetti indotti dall'utilizzo di sistemi di nebulizzazione e di vasche e cascate-pareti d'acqua in aree pubbliche sono:

- riduzione della temperatura esterna e contrasto al fenomeno di isola di calore;
- aumento benessere ambientale;
- maggiore fruibilità spazi aperti, loro valorizzazione.

L'adozione di sistemi di nebulizzazione e di vasche e cascate-pareti d'acqua permetterebbe di migliorare il microclima in ambito urbano e quindi di contribuire a tutelare e garantire la sicurezza dei cittadini e della loro salute.



Fig. 18 - Impianto di nebulizzazione in aree pubbliche

6.1.10 Tetti freddi

I tetti cosiddetti freddi ('cool roof') sono particolari coperture che riflettono maggiormente l'energia solare ed assorbono meno calore rispetto ai tetti tradizionali e quindi possono essere più freschi dai 10 ai 15 °C. In termini più tecnici, i tetti freddi presentano una alta riflettanza solare (o albedo) e un'alta emissione termica, per cui gran parte del calore che viene assorbito viene rapidamente irradiato all'atmosfera e non entra internamente nell'edificio. Possono essere realizzati con vari tipi di materiale con verniciatura/colorazione bianca o molto chiara e, in generale, non necessitano di grandi manutenzioni. I principali effetti indotti dall'utilizzo di tetti freddi sugli edifici sono:

- riduzione della temperatura del tetto e del calore che entra nell'edificio;
- minore domanda di elettricità e quindi minore consumo di combustibili fossili e riduzione CO₂ ed inquinanti emessi nell'ambiente;
- riduzione dell'effetto isola di calore;
- miglioria del comfort interno agli edifici.

L'adozione di tetti freddi sugli edifici permetterebbe di migliorare il comfort abitativo e di ridurre i consumi energetici oltre che migliorare il microclima in ambito urbano e quindi di contribuire a tutelare e garantire la sicurezza dei cittadini e della loro salute.



Fig. 19 - Tetti freddi

6.1.11 Pavimentazioni fredde

Le pavimentazioni tradizionali scure assorbono la luce solare raggiungendo alte temperature superficiali, rilasciando poi il calore durante le ore notturne, contribuendo in modo rilevante alla formazione delle isole di calore urbane. La pavimentazione fredda (cool pavement) riesce invece a riflettere la radiazione solare aumentando l'albedo, allo stesso modo dei tetti verdi. Essa può essere costruita utilizzando miscele modificate o verniciature con vernici chimicamente in grado di ridurre l'assorbimento del calore. Una pavimentazione scura pre-esistente può essere modificata per migliorarne l'albedo anche mediante opportuni rivestimenti, o aggiungendo strati riflettenti. La pavimentazione spesso è abbinata anche all'esigenza di conferire caratteristiche di (maggiore) permeabilità originando quindi una soluzione a doppio effetto sia sull'isola di calore che sulla riduzione del fenomeno di runoff delle acque. I principali effetti indotti dall'utilizzo di pavimentazione fredde sono:

- riduzione della temperatura dell'aria e perciò dell'effetto isola di calore;
- riduzione dei livelli di ozono che si forma nella stratosfera.

L'adozione di pavimentazione fredde permetterebbe quindi di conseguire l'obiettivo di migliorare il microclima in ambito urbano e quindi di contribuire a tutelare e garantire la sicurezza dei cittadini e della loro salute.



Fig. 20 - Pavimentazioni fredde

6.1.12 Isolamento termico e controllo del microclima per edifici

Il microclima interno agli edifici è condizionato sia dalle componenti esterne dell'edificio sia dagli impianti presenti internamente. Esempi interessanti dal punto di vista dell'adattamento ai cambiamenti climatici sono i cappotti esterni, i doppi vetri alle finestre, pompe di calore e l'uso di materiali per l'isolamento termico dell'edificio. Tali sistemi concorrono ovviamente anche alla riduzione in modo importante dei consumi energetici. I principali effetti indotti dall'isolamento termico e controllo del microclima per edifici sono:

- minore consumo di energia per esigenze di climatizzazione;
- minore consumo di combustibili fossili e riduzione CO₂ ed inquinanti emessi nell'ambiente;
- mantenimento ambiente accogliente e confortevole negli edifici anche in caso di ondate di calore e fenomeni di isola di calore;
- riduzione di perdite di calore dall'edificio con l'isolamento alle pareti.

L'adozione dell'isolamento termico e controllo del microclima per edifici permetterebbe di migliorare il comfort abitativo e di ridurre i consumi energetici oltre che migliorare il microclima in ambito urbano e quindi di contribuire a tutelare e garantire la sicurezza dei cittadini e della loro salute.



Fig. 21 - Isolamento termico di pareti e coperture

6.2 Azioni di risparmio delle risorse idriche

Azioni di risparmio e riciclo dell'acqua comprendono differenti misure tra loro alternative o complementari con l'obiettivo generale di salvaguardare le risorse idriche e incoraggiare un uso più consapevole ed efficiente dell'acqua, specialmente in prospettiva dei cambiamenti climatici. Questa opzione comprende iniziative di restrizione, razionamento e taglio del consumo idrico per limitare l'uso dell'acqua; riutilizzo dell'acqua per usi non potabili; installazione di strumenti volti al risparmio idrico; riabilitazione di reti obsolete di distribuzione d'acqua; incentivi economici e iniziative per aumentare la consapevolezza dei cittadini su questo tema.

In questo ambito le misure di restrizione idrica hanno l'obiettivo di regolare la distribuzione dell'acqua in modo che sia fornita solo per gli usi essenziali (escludendo per esempio l'irrigazione di prati e il riempimento di piscine), mentre il razionamento idrico normalmente include la sospensione temporanea della fornitura d'acqua o la riduzione della pressione al di sotto di quanto richiesto in condizioni normali per un adeguato rifornimento. Queste misure possono avere carattere permanente o temporaneo e sono applicate specialmente in caso di grave scarsità idrica dovuta a dinamiche stagionali o a periodi di eccezionale siccità.

L'uso di risorse idriche alternative (per esempio raccolta di acqua piovana) e il riciclo delle acque grigie o reflue per scopi non potabili possono essere valide opzioni per consentire una fornitura regolare in aree dove le risorse idriche sono limitate. La raccolta di acque piovane consiste nell'accumulo e nello stoccaggio dell'acqua piovana per un suo riutilizzo in loco, mentre il riciclo tipicamente prevede il riutilizzo delle acque reflue da uso domestico (lavatrici, doccia, lavandini). L'acqua riciclata o stoccata può essere riutilizzata per scopi agricoli, di irrigazione in ambito domestico o per applicazioni industriali.

Dispositivi che prevedono un risparmio idrico e sistemi di misurazione del consumo sono strumenti essenziali per limitare l'utilizzo di acqua. Applicazioni domestiche includono: servizi igienici, docce, rubinetti, lavatrici e lavastoviglie.

Tema centrale ai fini del risparmio delle risorse idriche è infine la limitazione delle perdite dalle reti di distribuzione dell'acqua, specialmente se si tiene conto che queste possono rappresentare una percentuale considerevole del volume inizialmente prodotto, pur con situazioni ampiamente diversificate tra i vari paesi europei. Possibili misure comprendono la regolare manutenzione delle reti, l'identificazione e la misurazione delle perdite d'acqua e la riparazione o sostituzione di infrastrutture obsolete.

Infine, incentivi economici o sistemi di tariffazione differenziata per la fornitura dell'acqua possono incoraggiare l'adozione di sistemi volti al risparmio idrico, mentre specifiche campagne di sensibilizzazione e informazione possono avere un ruolo decisivo a favore di un profondo cambiamento comportamentale, specialmente nel settore del consumo domestico.

Di seguito un elenco puntuale delle azioni da intraprendere:

- Limitazioni nell'utilizzo dell'acqua per usi non potabili (es. irrigazione,...);
- Raccolta e riuso delle acque meteoriche negli edifici;

- Sistemi di riciclaggio delle acque grigie (lavandino-docce) negli edifici;
- Sistemi di risparmio idrico negli edifici;
- Interventi su reti idriche per contenimento perdite d'acqua potabile.

Anche in questo caso, nel contesto territoriale del Comune di Cagliari, che è interessato da periodi siccitosi soprattutto nel periodo estivo, tutte le azioni sopra elencate potrebbero essere utilizzate in maniera diffusa nello sviluppo di nuove lottizzazioni e/o insediamenti commerciali e industriali. In particolare alcune azioni specifiche diffuse, come per esempio l'adozione la raccolta ed il riuso della acque meteoriche negli edifici, l'adozione di sistemi di riciclaggio delle acque grigie e più in generale i sistemi di risparmio idrico negli edifici potrebbero essere inserite come obblighi normativi negli strumenti di pianificazione comunale. In questo modo si eviterebbe che i nuovi insediamenti possano avere un effetto negativo sull'utilizzo della risorsa idrica.

Allo stesso modo alcune delle suddette azioni, come la raccolta ed il riuso della acque meteoriche negli edifici e soprattutto gli interventi su reti idriche per contenimento perdite d'acqua potabile, potrebbero essere inserite nelle aree già sviluppate e costruite sia del centro storico che delle zone più periferiche tramite interventi diretti dell'amministrazione comunale allo scopo di riqualificare determinate zone del territorio che presentano una criticità maggiore rispetto alla problematica dell'utilizzo della risorsa idrica .

Nei paragrafi che seguono sono illustrate in maniera più dettagliata le singole azioni sopra elencate.

6.2.1 Limitazioni nell'utilizzo dell'acqua per usi non potabili

Consiste nell'emanazione di prescrizioni che limitano l'uso dell'acqua per determinati usi non strettamente connessi all'uso potabile, come ad esempio: il lavaggio dell'auto, il riempimento di piscine o il lavaggio di aree pavimentate, l'irrigazione di prati, orti ed altri usi irrigui e soprattutto industriali. Le limitazioni possono essere sia quantitative, ovvero la disponibilità di acqua è razionalizzata in termini di volume, sia temporali che correlate ad un dato uso/scopo. Tale misura è usata principalmente in situazioni di temporanea di penuria d'acqua, ad esempio nel periodo estivo in concomitanza di episodi di siccità. Le prescrizioni di limitazione consentono all'amministrazione locale di far fronte alle crisi idriche, riducendo ed ottimizzando i consumi nel momento maggiore necessità. In caso di penuria persistente o ricorrente si dovrebbero preferire altre misure da attuare e mantenere a lungo termine: misure di risparmio idrico per ridurre la domanda di acqua e/o strategie per aumentare l'approvvigionamento idrico, come la raccolta dell'acqua piovana, l'uso delle acque grigie ed il riciclaggio, viste in precedenza.

I principali effetti indotti dall'utilizzo di limitazioni nell'utilizzo dell'acqua per usi non potabili in caso di penuria idrica sono:

- ottimizzazione uso della risorsa idrica negli usi non potabili;
- riduzione della pressione sui corpi idrici;
- conservazione risorsa idrica.

L'adozione di limitazioni nell'utilizzo dell'acqua per usi non potabili permetterebbe quindi di conseguire l'obiettivo di garantire un miglioramento della gestione delle risorse idriche ed efficientamento infrastrutturale.

AVVISO ALLA CITTADINANZA



Visto il perdurare del periodo di siccità e l'assenza di precipitazioni, con la conseguente diminuzione dei livelli d'acqua negli impianti di captazione

SI CHIEDE

alla cittadinanza di **limitare l'utilizzo di acqua potabile al solo uso domestico** e si informa che, se la situazione meteorologica non dovesse cambiare, **potrebbero verificarsi disagi** nell'erogazione dell'acqua negli orari di maggior prelievo.

Fig. 22 - Ordinanza di limitazione nell'utilizzo dell'acqua per usi non potabili

6.2.2 Raccolta e riuso delle acque meteoriche negli edifici

La raccolta dell'acqua piovana ed il suo stoccaggio in serbatoi (rain harvesting) permette di contenere i consumi idrici di acqua potabile sfruttando le precipitazioni. Si tratta di un sistema semplice che raccoglie il deflusso dalle coperture e, attraverso l'impiego dei pluviali, di un sistema di condotte e un filtro, le indirizza in cisterne in superficie o serbatoi sotterranei (sistema di accumulo). Nella progettazione è importante prevedere delle chiusure e delle valvole per evitare il proliferare di insetti ed un sistema di pompe/distribuzione per l'effettivo utilizzo dell'acqua accumulata. Tale fonte di risorsa idrica, rinnovabile e locale, con economici trattamenti può essere impiegata in vari usi non potabili, tra cui: irrigazione di aree a verde, prati, ecc; lavaggio di aree pavimentate, usi tecnologici, alimentazione di apparecchi che impiegano acqua (ad es. lavatrici, ...). Il sistema non richiede particolari o onerose manutenzioni: è consigliabile comunque un controllo annuale delle funzionalità del sistema.

I principali effetti indotti dalla raccolta e riuso delle acque meteoriche negli edifici sono:

- laminazione dei deflussi delle acque piovane;
- riduzione del deflusso superficiale e stoccaggio delle acque meteoriche;
- risparmio idrico.

L'adozione di sistemi per la raccolta ed il riuso delle acque meteoriche negli edifici permetterebbe quindi di conseguire l'obiettivo di garantire un miglioramento della gestione delle risorse idriche, mitigare gli effetti al suolo di eventi pluviometrici intensi e di ottenere un generale efficientamento infrastrutturale.

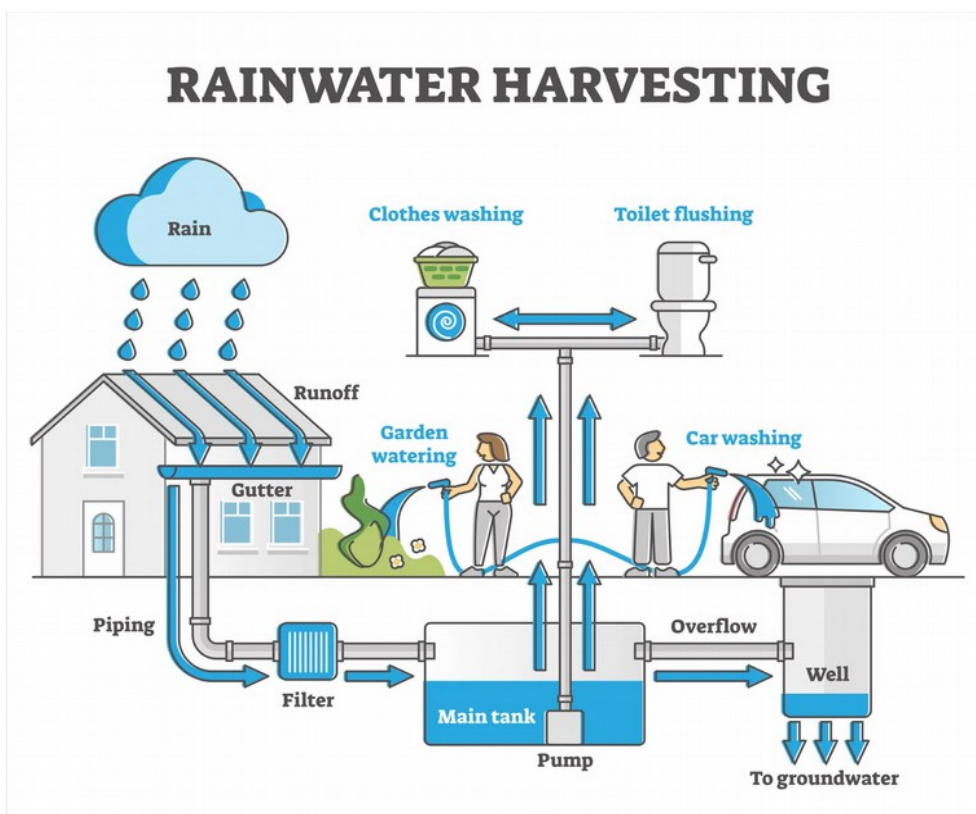


Fig. 23 Sistemi di raccolta, accumulo e riutilizzo acque di pioggia

6.2.3 Sistemi di riciclaggio delle acque grigie negli edifici

Le acque grigie sono le acque di scarico provenienti da docce, vasche da bagno, lavabi, lavatrici e lavelli da cucina e possono essere riutilizzate, previa raccolta e trattamento, per usi non potabili all'interno dell'abitazione o in aree di pertinenza dell'edificio. Il sistema deve prevedere una fase di depurazione-trattamento che può avvenire mediante fitodepurazione o con depuratori tecnologici (che possono essere collocati nel sottosuolo oppure internamente all'edificio). La risorsa idrica recuperata può essere impiegata in vari usi non potabili, tra cui: irrigazione di aree a verde, prati, lavaggio di aree pavimentate, usi tecnologici, alimentazione di apparecchi che impiegano acqua, ecc.. Se si adottano sistemi di fitodepurazione occorre prevedere verifiche periodiche di funzionamento e sfalci, in caso di installazione di impianti tecnologici occorre prevedere controlli semestrali/annuali.

I principali effetti indotti dalla raccolta e riuso delle acque meteoriche negli edifici sono:

- riduzione dei consumi di risorsa idrica;
- riduzione della pressione sui sistemi fognari e di depurazione.

L'adozione di sistemi di riciclaggio delle acque grigie negli edifici permetterebbe quindi di conseguire l'obiettivo di garantire un miglioramento della gestione delle risorse idriche e di ottenere un generale efficientamento infrastrutturale.

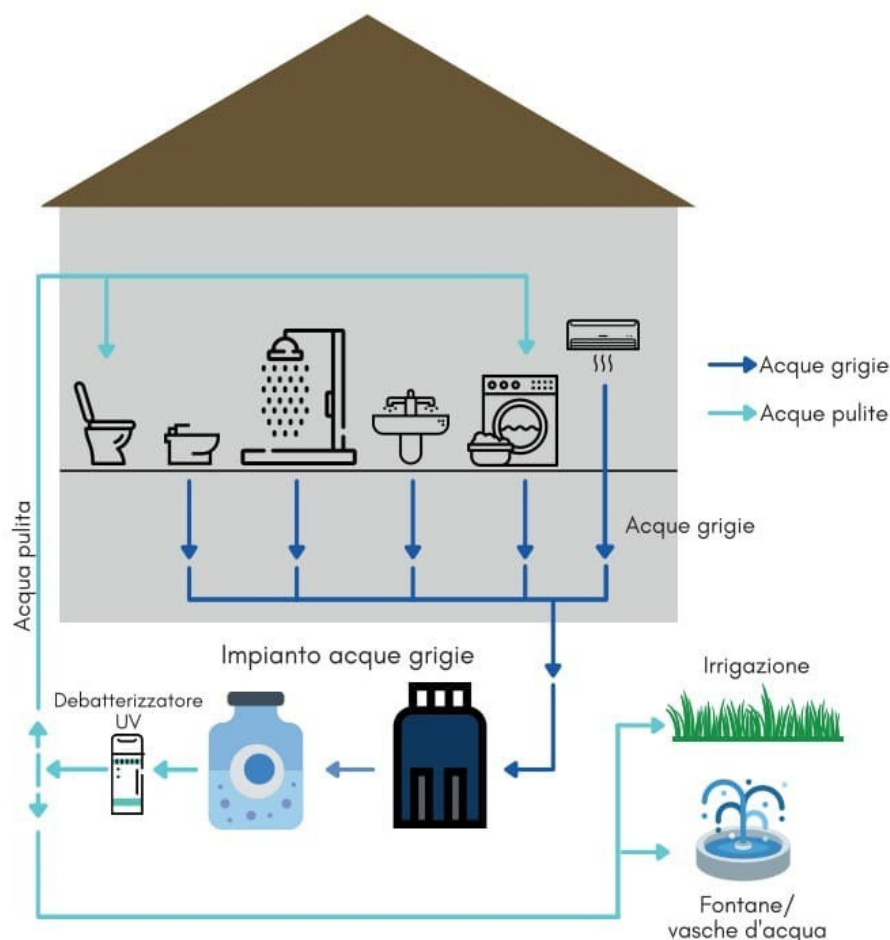


Fig. 24 - Sistemi di riciclaggio delle acque grigie negli edifici

6.2.4 Sistemi di risparmio idrico negli edifici

Questi sistemi includono sia l'adozione dispositivi aggiuntivi da installare su erogatori d'acqua (rubinetti, docce, servizi igienici, ecc..) sia l'utilizzo di elettrodomestici che impiegano in maniera più efficiente l'acqua (lavatrici, lavastoviglie..) con alta efficienza anche nei consumi energetici e che possono sostituire i tradizionali, senza trascurare comportamenti adeguati degli utenti. La normativa europea classifica tali elettrodomestici in classi di efficienza dei consumi che tengono conto anche dei consumi d'acqua. Altri sistemi di risparmio idrico come limitatori di flusso, frangiflutti e sistemi intelligenti di scarico acque possono essere installati su diverse tipologie di rubinetteria e di altri componenti presenti in bagni e cucine. I principali effetti indotti dall'adozione di sistemi di risparmio idrico negli edifici sono:

- riduzione dei consumi idrici domestici;
- conservazione risorsa idrica.

L'utilizzo di sistemi di risparmio idrico negli edifici permetterebbe quindi di conseguire l'obiettivo di garantire un miglioramento della gestione delle risorse idriche e di ottenere un generale efficientamento infrastrutturale.



Fig. 25 - Azioni finalizzate al risparmio idrico negli edifici

6.2.5 Interventi su reti idriche per contenimento perdite d'acqua potabile

Nella maggior parte di reti idriche italiane a servizio dei centri abitati, le perdite d'acqua costituiscono una porzione rilevante dell'acqua immessa nella rete. Per questo motivo occorre svolgere le necessarie attività di manutenzione ordinaria e straordinaria sulle reti ed infrastrutture idriche per contenere le perdite di acque potabili in fase di distribuzione. In tali interventi sono ricomprese anche le attività di ricerca di perdite. Tali interventi sono di competenza degli enti gestori e quindi programmati nei propri piani gestionali. Tali attività costituiscono azioni indispensabili per la riduzione delle perdite di risorsa idrica ed efficientamento ed ottimizzazioni dei consumi. Tali misure possono comprendere anche sistemi di ammodernamento e migliorie che concorrono al risparmio idrico e all'ottimizzazione delle reti. I principali effetti indotti dagli interventi sulle reti idriche per il contenimento delle perdite d'acqua potabile sono:

- risparmio idrico e riduzione delle perdite;
- conservazione risorsa idrica;
- riduzione della pressione sui corpi idrici.

Gli interventi sulle reti idriche per il contenimento delle perdite permetterebbero quindi di conseguire l'obiettivo di garantire un miglioramento della gestione delle risorse idriche e di ottenere un generale efficientamento infrastrutturale.

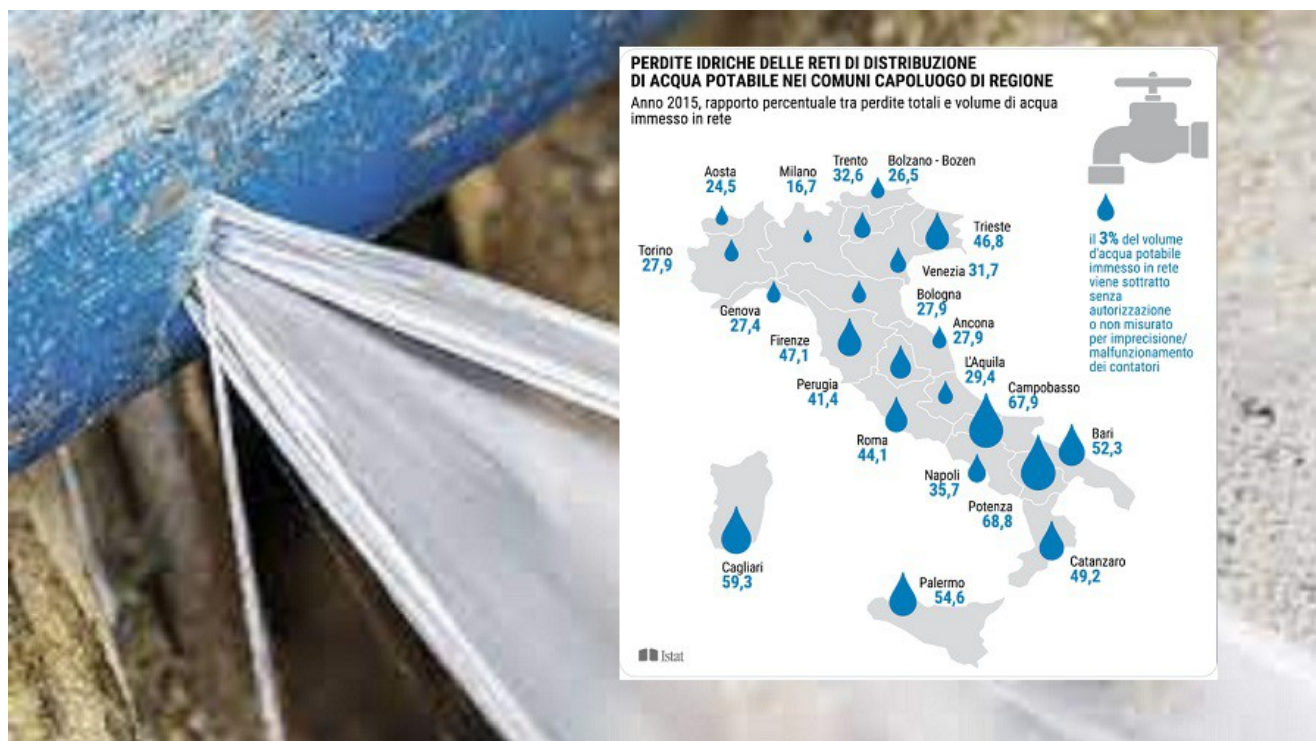


Fig. 26 - Interventi su reti idriche per contenimento perdite acqua potabile

6.3 Azioni per la riduzione del deflusso superficiale

Le precipitazioni estreme sono le principali cause del deflusso e delle inondazioni nelle aree urbane e sono destinati a causa dei cambiamenti climatici. Ma il deflusso urbano non dipende solo dall'intensità degli eventi piovosi, ma anche dal grado di permeabilità del suolo e dalle capacità della rete fognaria. Negli ambienti naturali le acque meteoriche vengono dilavate e filtrate lentamente da e attraverso il suolo. Nell'ambiente urbano, le superfici impermeabili ostacolano il naturale fenomeno di infiltrazione delle acque e causano un rapido deflusso verso i sistemi recettori finali. In caso di precipitazioni estreme, il deflusso eccessivo e la limitata capacità dei recettori possono causare un allagamento temporaneo degli spazi urbani. A causa dei cambiamenti climatici si prevede che gli eventi estremi aumenteranno d'intensità, esercitando maggiore pressione sui sistemi di drenaggio urbano ed esasperandone la inefficienza. Tradizionalmente il deflusso nelle aree urbane è gestito principalmente dai sistemi fognari, sia che si tratti di sistemi separati dedicati all'acqua piovana, sia di sistemi misti che usano condutture di scarico. Con l'incremento di deflusso urbano, determinato dalla maggiore frequenza di precipitazioni estreme e da superfici impermeabilizzate più estese, questo approccio sovente può rivelarsi inadeguato (straripamento delle fogne), e l'adattamento di questi sistemi per adeguarli ai picchi di portata viene spesso considerato una pratica difficilmente praticabile dal punto di vista degli investimenti, soprattutto per la difficoltà ad operare in contesti fortemente antropizzati.

Per questo motivo è necessario a ricorrere a tecniche che permettano di ridurre il deflusso urbano, più che a gestirlo, a tale scopo sono già disponibili e attuate molteplici misure, mentre altre sono state testate in casi pilota e sono pronte a diventare prassi comune.

I sistemi di drenaggio urbano sostenibile (SuDS) sono soluzioni studiate per ridurre il deflusso in ambito urbano, cercando di replicare il drenaggio naturale e di sfruttare quello offerto dagli elementi naturali ancora esistenti. I SuDS normalmente incorporano la vegetazione e il suolo in strutture artificiali con l'obiettivo di aumentare la permeabilità naturale del terreno, con effetti positivi anche sulla ricarica delle falde acquifere. In tal senso i SuDS rappresentano un approccio integrato alla gestione del deflusso urbano, comprensivo di un'ampia gamma di misure specifiche, come le aree verdi urbane, i tetti verdi, la pavimentazione permeabile, la desigillazione di superfici impermeabilizzate e la creazione di strutture artificiali (per es. pozzi disperdenti o di infiltrazione, sistemi modulari geo-cellulari, trincee infiltranti, bacini di infiltrazione e bio-ritenzione, ecc.).

Le aree verdi sono molto più permeabili di quelle antropizzate e per questo motivo possono essere utilizzate nelle città per ridurre il deflusso idrico. Alberi, arbusti e piante in generale possono migliorare la permeabilità del suolo e la ricarica delle falde. Le aree verdi possono essere create in varie modalità, come ad esempio parcheggi con canali vegetati, viali alberati, mitigazione verde delle opere urbanistiche, ecc. In alcuni casi, possono essere costituite zone più ampie di protezione forestale, con maggiori effetti benefici in termini di infiltrazione, porosità del suolo e accumulo di carbonio organico. Oltre alla creazione di nuove aree verdi urbane, anche la conservazione e la corretta manutenzione di quelle esistenti assumono molta rilevanza nell'affrontare gli impatti degli eventi piovosi estremi e il

relativo deflusso.

L'effetto benefico dei SuDS si ripercuote non solo sulla quantità dei deflussi ma anche sulla qualità delle acque, la maggior parte di tecniche utilizzate infatti agisce su due aspetti che sono quello di facilitare il deposito delle sostanze inquinanti e delle particelle solide che vengono dilavate dalle acque di pioggia dal suolo ed in secondo luogo di consentire un maggiore tempo di ritenzione delle acque di pioggia a contatto con la vegetazione e con il suolo sottostante per cui si attivano i processi naturali di autodepurazione dei corpi idrici a livello superficiale e sotterraneo.

Di seguito un elenco puntuale delle azioni da intraprendere:

- Fossi-trincee drenanti ai lati delle strade e parcheggi;
- Giardini di pioggia;
- Pozzi disperdenti;
- Pavimentazioni ad alta permeabilità;
- Interventi di realizzazioni di pavimentazioni drenanti in zone già impermeabilizzate.

Anche in questo caso, come nel caso delle azioni di cui ai paragrafi precedenti, nel contesto territoriale del Comune di Cagliari, che è interessato da allagamenti deflussi a seguito di precipitazioni intense soprattutto in alcune zone, tutte le azioni sopra elencate potrebbero essere utilizzate in maniera diffusa nello sviluppo di nuove lottizzazioni e/o insediamenti commerciali e industriali. In particolare alcune azioni specifiche diffuse, come per esempio la realizzazione di fossi-trincee drenanti ai lati delle strade e parcheggi, di giardini di pioggia e di pavimentazioni ad alta permeabilità potrebbero essere inserite come obblighi normativi negli strumenti di pianificazione comunale. In questo modo si eviterebbe non solo che i nuovi insediamenti possano avere un effetto negativo sulle caratteristiche del deflusso superficiale, sia dal punto di vista quantitativo che qualitativo, ma che possano anche avere un effetto benefico rispetto alle zone poste più a valle.

Allo stesso modo alcune delle suddette azioni, come la realizzazione di fossi-trincee drenanti e giardini di pioggia ai margini delle strade e dei parcheggi e interventi di pavimentazioni drenanti in zone già impermeabilizzate, potrebbero essere inserite nelle aree già sviluppate e costruite sia del centro storico che delle zone più periferiche tramite interventi diretti dell'amministrazione comunale allo scopo di riqualificare determinate zone del territorio che presentano una criticità maggiore rispetto alla problematica dei deflussi eccessivi che causano allagamenti in ambito urbano ma anche della qualità delle acque di pioggia sversate in mare.

Nei paragrafi che seguono sono illustrate in maniera più dettagliata le singole azioni sopra elencate.

6.3.1 Fossi-trincee drenanti ai lati delle strade e parcheggi

I fossi – trincee drenanti sono scavi poco profondi riempiti di materie arido di pezzatura preselezionata, sabbia e/o pietre, e possono avere copertura vegetale, in genere sono posizionati in adiacenza di superfici impermeabili, per raccogliere e poi drenare nel sottosuolo le acque di deflusso provenienti da tali superfici. Le trincee drenanti, sono stretti fossati pieni di ghiaia che intercettano il deflusso proveniente da zone impermeabili e possono essere dotati di un tubo di drenaggio. Esse forniscono un volume di stoccaggio e allungano i tempi del deflusso captato. In genere il loro dimensionamento è effettuato per consentire uno svuotamento totale entro 12/24 dalla fine dell'evento meteorico e pendenze/caratteristiche geometriche per massimizzare il loro funzionamento. Richiedono controlli periodici di verifica del funzionamento e per le soluzioni che prevedono inerbimento è richiesto anche il taglio periodico dell'erba. I principali effetti indotti dalla realizzazione delle trincee drenanti sono:

- laminazione, rallentamento del deflusso e ritenzione idrica Infiltrazione e ricarica degli acquiferi;
- depurazione delle acque;
- aumento della permeabilità;
- conservazione della biodiversità.

La presenza delle trincee drenanti permetterebbe quindi di conseguire l'obiettivo di garantire la polifunzionalità della rete infrastrutturale e di tutelare e garantire la sicurezza dei cittadini e della loro salute.

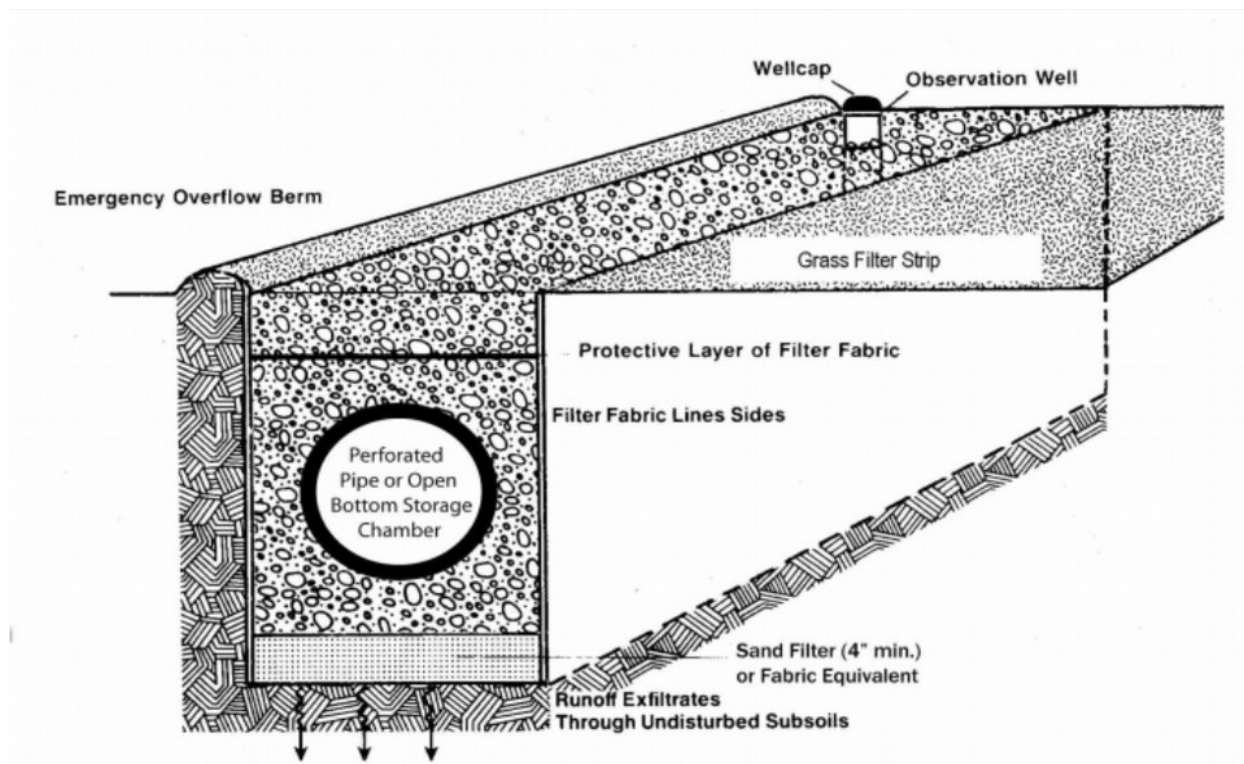


Fig. 27 - Sezione tipo trincea drenante

6.3.2 Giardini di pioggia

I giardini di pioggia (rain gardens) sono piccole aree verdi caratterizzate da piccole depressioni (bacini di infiltrazione) utilizzati per lo stoccaggio e l'infiltrazione delle acque grazie al substrato sabbioso e ghiaioso. Il deflusso filtrato viene quindi raccolto e restituito nel terreno circostante, anche con temporanee sommersioni in caso di intense piogge. Questi giardini sono in genere piantumati con vegetazione in grado di sopportare stress idrici. Un giardino della pioggia è costituito da differenti strati sovrapposti di differenti materiali con specifiche funzioni, come da immagine esemplificativa: sono soluzioni tipicamente utilizzate nelle proprietà pubbliche e private e vicino ad edifici e strade, ad esempio per catturare il drenaggio dei tetti, le loro dimensioni possono variare a seconda del contesto. I principali effetti indotti dalla realizzazione dei giardini di pioggia sono:

- laminazione delle acque, rallentamento del deflusso ed aumento dell'evapotraspirazione;
- aumento della permeabilità e/o ricarica della falda;
- aumento della ritenzione d'acqua nel suolo, riduzione dell'erosione e/o basso trasporto di sedimenti.

La presenza dei giardini di pioggia permetterebbe quindi di conseguire l'obiettivo di aumentare fortemente la presenza di verde in città per creare una fitta rete di verde urbano ed extraurbano, di garantire la polifunzionalità della rete infrastrutturale - adattamento e mitigazione e di tutelare e garantire la sicurezza dei cittadini e della loro salute.

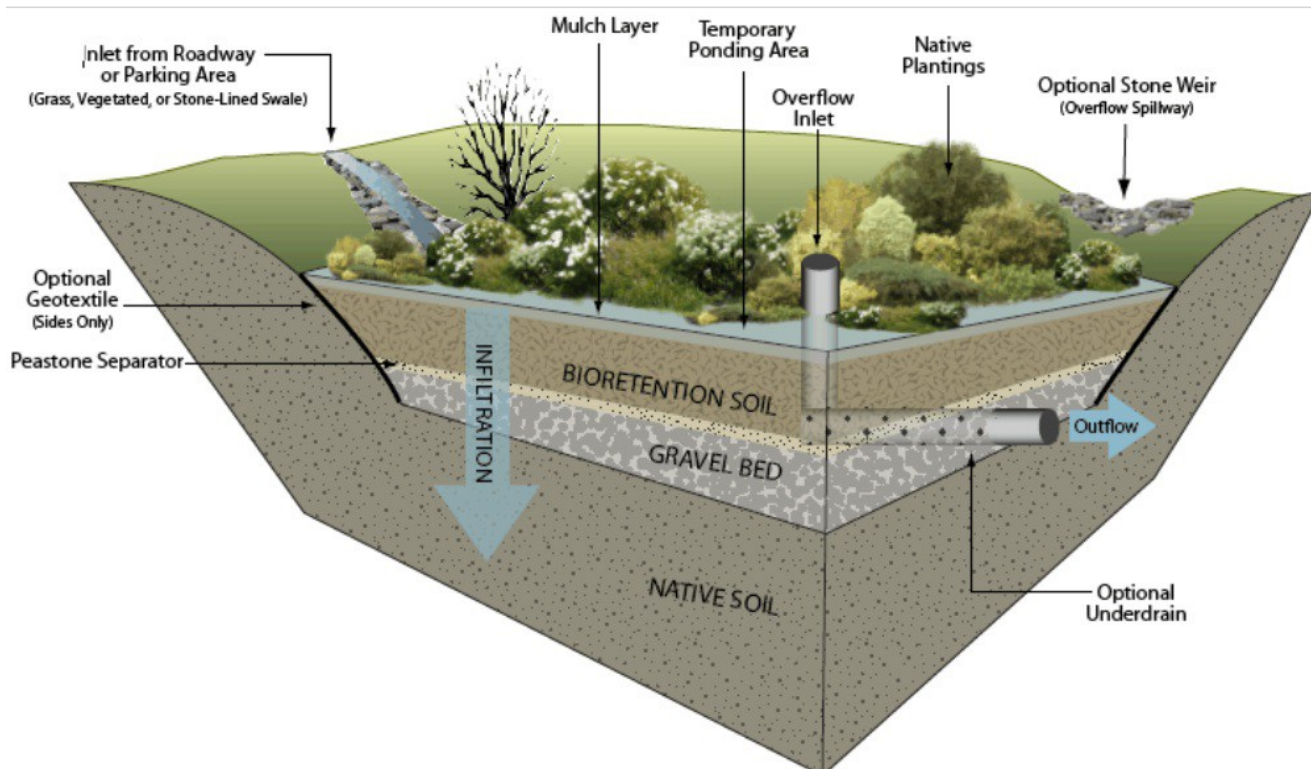


Fig. 28 - Schema di giardino di pioggia

6.3.3 Pozzi disperdenti

I pozzi disperdenti sono strutture nel sottosuolo che immagazzinano l'acqua superficiale e ne permettono l'infiltrazione nel terreno. Sono tipicamente scavi quadrati o circolari pieni di materie arido di pezzatura preselezionata, rivestiti con mattoni, cemento prefabbricato, anelli di polietilene o strutture di stoccaggio perforate circondate da materiale di riporto granulare. I pozzi disperdenti riducono la quantità di acqua piovana in superficie e ne garantiscono un primo trattamento. Le loro dimensioni possono essere anche contenute perciò sono adatte anche per piccole superfici interessate dagli eventi meteorologici o possono essere collegati insieme per drenare aree più grandi. Questo sistema non richiede particolari manutenzioni: periodicamente (generalmente ogni sei mesi) si dovrà controllare e rimuovere eventuali accumuli dal fondo. I principali effetti indotti dalla realizzazione delle trincee drenanti, in analogia con le trincee drenanti, sono:

- laminazione, rallentamento del deflusso e ritenzione idrica Infiltrazione e ricarica degli acquiferi;
- depurazione delle acque;
- aumento della permeabilità;
- conservazione della biodiversità.

La presenza delle trincee drenanti permetterebbe quindi di conseguire l'obiettivo di garantire la polifunzionalità della rete infrastrutturale e di tutelare e garantire la sicurezza dei cittadini e della loro salute.



Fig. 29 - Immagini di pozzi disperdenti

6.3.4 Pavimentazioni ad alta permeabilità

La pavimentazione permeabile è progettata per consentire all'acqua piovana di infiltrarsi attraverso la superficie, o negli strati sottostanti (suoli e falde acquifere), o essere immagazzinata negli strati e rilasciata a una velocità controllata. Possono esistere due diverse tipologie di pavimentazione permeabile, nel primo caso, quella porosa/filtrante, in questo caso l'acqua si infila in tutta la superficie e quindi anche attraverso la struttura della pavimentazione stessa, che è costituita quindi da un materiale poroso. Nel secondo caso, la pavimentazione permeabile/drenante, in questo caso l'acqua viene convogliata in profondità lungo gli spazi vuoti tra i componenti strutturali della pavimentazione (es. mattoni o altri elementi prefabbricati), o fori creati appositamente. La manutenzione consiste principalmente nel mantenere pulita la superficie permeabile ed occorre sostituire i moduli danneggiati quando più parti sono rotte o rovinati. Le pavimentazioni drenanti sono posate su uno strato di ghiaia sottostante che funziona anche da serbatoio e può essere provvisto di un dreno per evacuare le acque in eccesso. I principali effetti indotti dalla realizzazione delle pavimentazioni drenanti, in analogia con le trincee e i pozzi drenanti, sono:

- laminazione, rallentamento del deflusso e ritenzione idrica Infiltrazione e ricarica degli acquiferi;
- depurazione delle acque;
- aumento della permeabilità;
- conservazione della biodiversità.

La presenza delle pavimentazioni drenanti permetterebbe quindi di conseguire l'obiettivo di garantire la polifunzionalità della rete infrastrutturale e di tutelare e garantire la sicurezza dei cittadini e della loro salute.

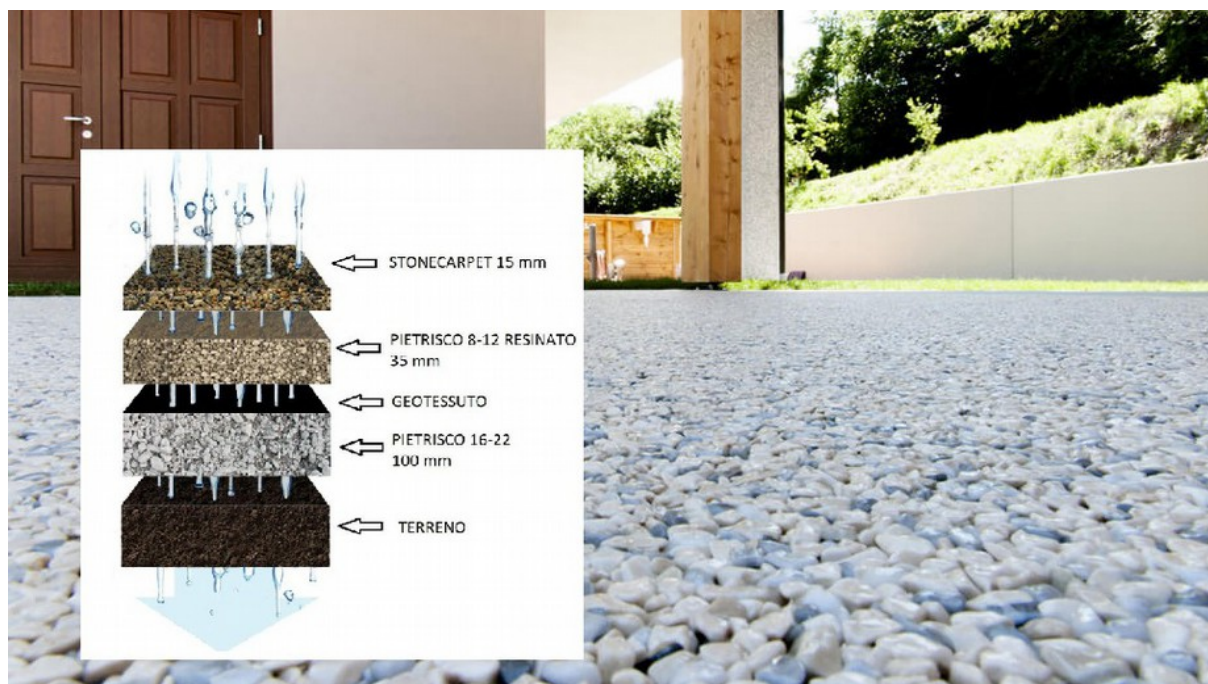


Fig. 30 - Immagini di pavimentazione ad alta permeabilità

6.3.5 Interventi di realizzazione di pavimentazioni drenanti e/o aree permeabili in zone già impermeabilizzate

Sostituire una pavimentazione impermeabile con una drenante o infiltrante, o de-pavimentare e realizzare un'area a verde, sono procedimenti, di iniziativa pubblica o privata, che mirano primariamente alla riduzione delle superfici impermeabili. Tali misure hanno come obiettivo quello di migliorare la risposta del territorio ai fenomeni climatici relativi alle precipitazioni più intense. Introdurre aree permeabili e/o verdi, anche se di ridotte dimensioni ed in modo diffuso sul territorio (per esempio all'interno di aree urbanizzate e dense), permette un significativo miglioramento in termini di deflusso superficiale con riduzione dei fenomeni localizzati di allagamento. Azioni di questo tipo, inoltre, concorrono ad un significativo aumento della qualità dell'ambiente urbano permettendo, soprattutto in certi contesti particolarmente antropizzati, di ridurre il fenomeno di 'placca urbana' e un aumento della vivibilità. I principali effetti indotti dalla riduzione delle aree impermeabili sono:

- laminazione, rallentamento del deflusso e ritenzione idrica Infiltrazione e ricarica degli acquiferi;
- depurazione delle acque;
- aumento della permeabilità;
- conservazione della biodiversità.

La riduzione generale delle aree impermeabili permetterebbe quindi di conseguire l'obiettivo di garantire la polifunzionalità della rete infrastrutturale e di tutelare e garantire la sicurezza dei cittadini e della loro salute.



Fig. 31 - Riduzione delle aree impermeabili in contesto urbano

6.4 Azioni per contrastare il rischio di allagamenti ed esondazioni

Le azioni per la riduzione del deflusso superficiale sopra descritte per quanto possano essere diffuse ed efficaci difficilmente possono risolvere completamente le problematiche legate al rischio di allagamenti e esondazioni che periodicamente interessano alcune zone del Comune di Cagliari. In quest'ottica si rivela necessario prevedere anche interventi di tutela delle fasce idrauliche di pertinenza dei corsi d'acqua in maniera tale da consentire la naturale espansione dei deflussi di piena che proseguono verso valle laminati, con abbassamento del picco e allungamento del tempo di risposta. Analogo effetto può essere ottenuto tramite la realizzazione di casse di laminazione o comunque aree di espansione delle acque anche al di fuori delle tradizionali fasce di pertinenza fluviale.

Una volta previste e realizzate le opere di laminazione dei deflussi occorre comunque assicurarsi che il reticolo idrografico naturale e/o artificiale deputato allo smaltimento dei deflussi idrici sia in grado di assicurarne il transito in condizioni di sicurezza idraulica in primo luogo attraverso interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria del reticolo al fine di ripristinarne l'officiosità idraulica e quindi, ove necessario prevedere anche interventi strutturali di adeguamento del reticolo di drenaggio delle acque che sia fognario, canali di bonifica e corsi d'acqua.

Di seguito un elenco puntuale delle azioni da intraprendere:

- Tutela fasce idrauliche dei corsi d'acqua per protezione delle piene
- Realizzazione casse di laminazione o comunque aree di espansione delle acque
- Manutenzione della rete di scolo (fossi, tombini, canali)
- Opere di difesa idraulica dei corsi d'acqua (es, arginature, sponde)
- Adeguamento canali di bonifica a uso misto
- Adeguamento delle reti fognarie per incremento portate smaltibili

L'antropizzazione diffusa del territorio, con conseguente impermeabilizzazione dei suoli, la riduzione drastica degli alvei di fiumi, l'aumento dei fenomeni meteorologici improvvisi ed intensi stanno avendo come conseguenza l'aumento del rischio di esondazione e straripamento dei corsi d'acqua, che in Italia hanno spesso carattere torrentizio con periodi di assenza d'acqua e periodi di piene. Nella città, inoltre, la presenza di superfici altamente impermeabilizzate e la densità del costruito, in concomitanza di piogge intense, possono determinare criticità sul sistema delle reti di scolo o sulle reti fognarie miste che determinano allagamenti localizzati. Le conseguenze di tali fenomeni sono spesso danni a persone, a edifici ed infrastrutture di differente rilevanza a secondo della vastità e tipologia delle aree interessate.

Anche in questo caso, come nel caso delle azioni di cui ai paragrafi precedenti, nel contesto territoriale del Comune di Cagliari, che è interessato da fenomeni alluvionali a seguito di precipitazioni intense soprattutto in alcune zone, tutte le azioni sopra elencate potrebbero essere utilizzate in maniera diffusa nello sviluppo di nuove lottizzazioni e/o insediamenti commerciali e industriali. In particolare alcune azioni specifiche diffuse, come per esempio la realizzazione di fasce di tutela idraulica dei corsi d'acqua per protezione delle piene e di casse di laminazione o comunque aree di espansione delle acque potrebbero essere inserite come obblighi normativi negli strumenti di pianificazione comunale. In

questo modo si eviterebbe non solo che i nuovi insediamenti possano avere un effetto negativo sulle problematiche legate al rischio idraulico ma che possano anche avere un effetto benefico rispetto alle zone poste più a valle. Da notare peraltro che alcune delle zone del territorio comunale di Cagliari più esposte al rischio idraulico sono situate all'interno di bacini idrografici che interessano anche altri territori comunali, come nel caso del bacino del sistema costituito dal Canale Terramaini, dal Molentargius e dal sistema delle saline o come nel caso del bacino del Rio Fangario. In questo caso è evidente che l'intervento di mitigazione del rischio idraulico non può essere approcciato e risolto a livello del singolo comune ma è necessario programmare un piano generale di sistemazione dell'intero bacino idrografico che comprende quindi anche interventi all'esterno del territorio comunale di Cagliari in altri ambiti comunali.

Allo stesso modo alcune delle suddette azioni, come la manutenzione della rete di scolo (fossi , tombini, canali), opere di difesa idraulica dei corsi d'acqua (es, arginature, sponde), adeguamento canali di bonifica a uso misto e delle reti fognarie per incremento portate smaltibili, potrebbero essere inserite nelle aree già sviluppate e costruite sia del centro storico che delle zone più periferiche tramite interventi diretti dell'amministrazione comunale allo scopo di riqualificare determinate zone del territorio che presentano una criticità maggiore rispetto alla problematica delle esondazioni dei deflussi dal reticolo idrografico che causano allagamenti in ambito urbano.

Nei paragrafi che seguono sono illustrate in maniera più dettagliata le singole azioni sopra elencate.

6.4.1 Tutela fasce idrauliche dei corsi d'acqua per protezione delle piene

Si tratta di misure in gran parte pianificatorie finalizzate ad aumentare l'area di pertinenza fluviale garantendo ai corsi d'acqua spazi sufficienti per il deflusso delle acque anche in condizione di elevate portate riducendo quindi la possibilità di esondazioni e straripamenti con danni a cose e persone. La tutela di fasce idrauliche adeguate è materia prevalentemente sovracomunale; tuttavia può essere accompagnata da azioni normative di tutela anche a carattere locale, da progetti strutturali idraulici e progetti di riqualificazione di carattere ambientale e paesaggistico per il rafforzamento degli habitat fluviali e per il miglioramento della fruizione delle aree adiacenti ai corsi d'acqua. Un'importante effetto delle fasce idrauliche investe anche il miglioramento della qualità del corpo idrico ricettore soprattutto per effetto del trattenimento da parte della vegetazione delle particelle solide, spesso cariche di sostanze inquinanti, trasportate dal deflusso delle acque di pioggia sul piano campagna. I principali effetti indotti dalla tutela delle fasce idrauliche dei corsi d'acqua sono:

- riduzione dei fenomeni di allagamento/straripamento;
- riduzione del livello di rischio di lesione a persone e cose;
- tutela dei corpi idrici e degli ambienti circostanti.

La tutela delle fasce idrauliche permetterebbe quindi di conseguire l'obiettivo di garantire la polifunzionalità della rete infrastrutturale e di tutelare e garantire la sicurezza dei cittadini e della loro salute.



Fig. 32 - Fasce per la tutela dei corsi d'acqua

6.4.2 Realizzazione casse di laminazione o comunque aree di espansione delle acque

Un altro tipo di interventi strutturali comporta la realizzazione di invasi (casse di laminazione) per intercettare, invasare e trattenere temporaneamente quantità di acqua tali da smorzare le onde di piena e rilasciare le acque in un momento successivo al momento critico (laminazione della piena). Le casse di laminazione, sulla base del loro funzionamento, si dividono in casse in linea e casse in derivazione.

Le casse d'espansione sono in linea, vedi fig. 33, quando l'intero deflusso attraversa la cassa e la laminazione è causata da un restringimento di sezione che provoca un rigurgito a monte e quindi la creazione di un bacino di accumulo temporaneo a monte del restringimento nel quale a fronte di una determinata portata in entrata si ha una portata in uscita laminata. Il coefficiente di laminazione, cioè il rapporto tra la portata in uscita e quella in entrata è funzione del volume di accumulo temporaneo disponibile rapportato al volume totale di deflusso ed delle caratteristiche degli organi di scarico della cassa, che può essere dotata unicamente di uno sfioro di superficie o anche di uno scarico di fondo opportunamente dimensionato per ottenere il massimo effetto di laminazione. In quest'ultimo caso la cassa viene anche chiamata briglia a bocca tarata e lo scarico di fondo è dimensionato sulla portata massima che può defluire a valle della cassa.

Diverso è il comportamento delle casse d'espansione in derivazione, vedi fig. 34, in questo caso infatti il deflusso non interessa le casse fino al raggiungimento di un valore di soglia della portata, al di là del quale una porzione di portata viene sfiorata tramite opportune opere e derivata verso la cassa, che in genere è dotata di due sfiori in comunicazione con la rete idrografica una delle quali funziona in ingresso e la seconda in uscita anche se in realtà è auspicabile per entrambe il funzionamento nei due sensi.

Negli ultimi anni si sta sempre più diffondendo il sistema di utilizzare aree già presenti a livello comunale, quali parchi e piazze, allo scopo di funzionare come vasche volano per immagazzinare temporaneamente le acque di pioggia e laminare i deflussi di piena, semplicemente agendo sulla conformazione morfologica delle stesse aree. Esempi tipici in questo senso sono i parchi fluviali, che si stanno diffondendo anche in Italia e le watersquares olandesi, vedi rispettivamente fig. 35 e 36.

I principali effetti indotti dalla casse di laminazione sono:

- laminazione dei deflussi di piena;
- riduzione dei fenomeni di allagamento/straripamento;
- riduzione del livello di rischio di lesione a persone e cose;
- tutela dei corpi idrici e degli ambienti circostanti.

La realizzazione di aree di laminazione in ambito urbano permetterebbe quindi di conseguire l'obiettivo di garantire la polifunzionalità della rete infrastrutturale e di tutelare e garantire la sicurezza dei cittadini e della loro salute.



Fig. 33 - Cassa di laminazione in linea – particolare dello scarico di fondo



Fig. 34 - Cassa di laminazione in derivazione – particolare dello sfioratore laterale di alimentazione



Fig. 35 - Parco fluviale con vasca volano al parco della Trucca in prossimità dell'ospedale di Bergamo



Fig. 36 - Watersquares olandesi - Rotterdam

6.4.3 Manutenzione della rete di scolo (fossi , tombini, canali)

La manutenzione, ordinaria e straordinaria, della rete di scolo (in tutte le sue componenti, come tombini, canali,...) è necessaria per ripristinare l'efficienza idraulica del reticolo e garantire quindi l'effettivo drenaggio ed allontanamento delle acque in eccesso. Una loro ottimale gestione riduce la possibilità di allagamenti localizzati in particolare nelle aree urbane dove è predominante la presenza di superfici impermeabili e quindi con un elevato fenomeno di runoff. In carenza di manutenzione l'efficienza idraulica del reticolo viene a diminuire per effetto della crescita della vegetazione infestante e per il deposito di materiale litoide all'interno dell'alveo. Le attività di manutenzione possono andare dalla semplice e costante pulizia alla sostituzione di elementi non più adeguati/funzionanti. E' opportuno che gli enti gestori elaborino piani manutentivi idonei per programmare e organizzare in modo opportuno le attività e definire in modo puntuale le responsabilità della attuazione. I principali effetti indotti dalla manutenzione della rete di scolo sono:

- riduzione dei fenomeni di allagamento/straripamento in occasione di eventi meteorologici avversi;
- riduzione del livello di rischio di lesione a persone e cose;
- tutela degli ambienti circostanti.

La manutenzione della rete di scolo permetterebbe quindi di conseguire l'obiettivo di garantire la polifunzionalità della rete infrastrutturale e di tutelare e garantire la sicurezza dei cittadini e della loro salute oltre che un miglioramento della gestione delle risorse idriche ed efficientamento infrastrutturale.



Fig. 37 - Esempi di manutenzione della rete di scolo

6.4.4 Opere di difesa idraulica dei corsi d'acqua (es, arginature, sponde)

Le situazioni di piena, in genere legate ad eventi meteorologici intensi, mettono a rischio le aree adiacenti ai corsi d'acqua sia in città che in aree periurbane e agricole. Nei corsi d'acqua il verificarsi di forti incrementi di portata può causare in corrispondenza di sezioni fluviali più strette la tracimazione o la rottura degli argini e quindi fenomeni di straripamento a causa insufficiente capacità di contenimento in alveo delle acque. Nel caso in cui non si possa intervenire a monte del tratto critico con interventi di laminazione delle piene, occorre intervenire in modo strutturale attuando interventi di adeguamento delle sezioni di deflusso. Una misura per contrastare il rischio esondazioni è quella di innalzare gli argini in modo da permettere un aumento della capacità dell'alveo. In ogni caso la progettazione di questi interventi deve essere svolta in maniera accurata in quanto modifica il comportamento idraulico ed anche erosivo del corso d'acqua nel tratto d'intervento. I principali effetti indotti dalla realizzazione di nuove arginature sono:

- riduzione dei fenomeni di allagamento/straripamento in occasione di eventi meteorologici avversi;
- riduzione del livello di rischio di lesione a persone e cose;
- tutela degli ambienti circostanti.

La realizzazione di nuove arginature permetterebbe quindi di conseguire l'obiettivo di garantire la polifunzionalità della rete infrastrutturale e di tutelare e garantire la sicurezza dei cittadini e della loro salute oltre l'efficientamento infrastrutturale.

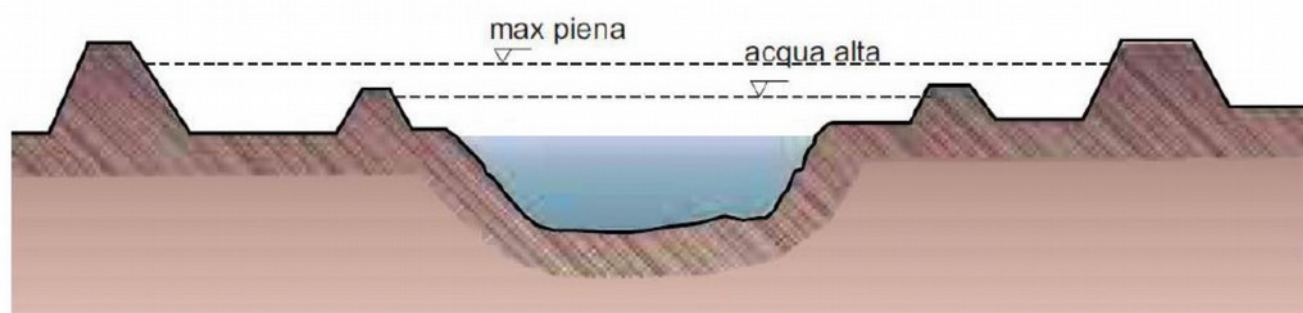


Fig. 38 - Opere di difesa idraulica dei corsi d'acqua - Arginature

6.4.5 Adeguamento canali di bonifica ad uso misto

Le canalizzazioni artificiali gestite dai Consorzi di Bonifica, che sono in collegamento con la rete idrica naturale, in generale hanno sia funzione di scolo che di redistribuzione delle acque a scopo irriguo in periodi diversi dell'anno. Essi, infatti, forniscono acque prelevate dalle fonti di approvvigionamento per irrigazione delle aree agricole e garantiscono anche un sistema di drenaggio delle acque meteoriche allontanandole dai centri abitati. Con il verificarsi dei cambiamenti climatici, che comportano periodi di siccità prolungati e periodi invece di piogge intense e brevi, i sistemi della bonifica sono messi a dura prova. Pertanto, per rimanere sempre funzionanti devono essere adeguati dimensionalmente e gestiti correttamente per rispondere alle emergenze e alle nuove necessità. I principali effetti indotti dall'adeguamento canali di bonifica ad uso misto sono:

- riduzione dei fenomeni di allagamento/straripamento in occasione di eventi meteorologici avversi;
- riduzione del livello di rischio di lesione a persone e cose;
- tutela degli ambienti circostanti.

L'adeguamento canali di bonifica permetterebbe quindi di conseguire l'obiettivo di garantire la polifunzionalità della rete infrastrutturale e di tutelare e garantire la sicurezza dei cittadini e della loro salute oltre l'efficientamento infrastrutturale.



Fig. 39 - Adeguamento canali di bonifica ad uso misto

6.4.6 Adeguamento delle reti fognarie per incremento portate smaltibili

La misura ricomprende l'insieme di tutte le attività di manutenzione straordinaria sulle reti ed infrastrutture fognarie finalizzate all'adeguamento delle stesse al possibile incremento dei carichi-portate in relazione ai cambiamenti del regime delle piogge previsto ed alla diminuzione dei tempi di risposta derivanti dalla impermeabilizzazione dei territori. Si tratta di un Insieme di interventi infrastrutturali strategici di lungo respiro per la sostituzione-adeguamento delle infrastrutture fognarie che si rivelino insufficienti ed inadeguate ai nuovi carichi anche in previsione futura. Sono azioni indispensabili per la riduzione del rischio di sversamenti di acque non depurate in corpi idrici e di allagamenti per incapacità di recepimento delle acque da parte della rete fognaria mista.

I principali effetti indotti dall'adeguamento delle reti fognarie sono:

- riduzione dei fenomeni di allagamento/straripamento in occasione di eventi meteorologici avversi;
- riduzione del livello di rischio di lesione a persone e cose;
- riduzione di fenomeno di inquinamento corpi idrici e tutela degli ambienti circostanti.

L'adeguamento delle reti fognarie permetterebbe quindi di conseguire l'obiettivo di garantire la polifunzionalità della rete infrastrutturale e di tutelare e garantire la sicurezza dei cittadini e della loro salute oltre l'efficientamento infrastrutturale.



Fig. 40 - Adeguamento delle reti fognarie

6.5 Azioni a tutela salute pubblica ed incolumità

La salute e l'incolumità delle persone sono condizionate dai cambiamenti climatici, in modo diretto dagli eventi meteorologici estremi (ad esempio piogge torrenziali, ondate di calore, perturbazioni atmosferiche intense) e in modo indiretto dalle loro conseguenze e modifiche sul territorio (diffusione di pollini, presenza di inquinanti, temperature elevate, allagamenti,...). Le misure a tutela della salute ed incolumità pubblica sono prevalentemente di tipo gestionale, oltre che di tipo strutturale, ed in genere sono organizzate a livello regionale; esse ricomprendono l'informazione mirata e rapida della popolazione maggiormente coinvolta dalla possibilità del verificarsi di un fenomeno avverso, in modo da mettere in campo le varie contromisure individuate e, in caso di rischio elevato, attivare le procedure necessarie coinvolgendo anche personale specializzato. Per affrontare la situazione di emergenza e ridurre i rischi connessi l'approccio gestionale è articolato generalmente in quattro fasi: prevenzione, protezione, preparazione, risposta all'emergenza, ritorno alla normalità ed analisi. In genere in questa categoria di misure sono coinvolti direttamente strutture dedicate della Protezione Civile, l'ARPA, le forze dell'ordine e la sanità pubblica che già lavorano in sinergia con gli enti locali e il mondo del volontariato.

Di seguito un elenco puntuale delle azioni da intraprendere:

- Sistemi di allarme rapido per eventi meteorologici estremi;
- Sistemi di allerta per allagamenti – esondazioni;
- Disponibilità di aree pubbliche per rinfrescarsi;
- Limitazione della attività all'esterno per emergenze inquinamento aria (es. Ozono...);
- Azioni del settore sanitario.

Anche in questo caso, come nel caso delle azioni di cui ai paragrafi precedenti, nel contesto territoriale del Comune di Cagliari, che è interessato dalle varie problematiche sopracitate legate sia al microclima urbano che a eventi siccitosi e umidi, tutte le azioni sopra elencate potrebbero essere adottate in maniera diffusa sul territorio comunale. In particolare potrebbe essere molto utile predisporre una rete di monitoraggio delle condizioni atmosferiche, meteorologiche e idrometriche che alimenti un sistema di supporto alle decisioni in grado di processare i dati provenienti dalle varie fonti e, sulla base di una serie di scenari predefiniti, valutare la necessità di emettere determinati allarmi preimpostati che possano riguardare sia la presenza di livelli eccessivi di smog, sia l'imminente verificarsi di isole di calore, sia l'avvicinarsi di un periodo siccitoso o un evento meteorologico estremo dovuto alla precipitazione, al vento o alle mareggiate.

Nei paragrafi che seguono sono illustrate in maniera più dettagliata le singole azioni sopra elencate.

6.5.1 Sistema di allarme rapido per eventi meteorologici estremi – umidi e siccitosi

Il sistema di allertamento è un insieme di procedure, strumenti e responsabilità, che trasformano la previsione di un evento meteo di particolare intensità in un dato territorio nella comunicazione ai cittadini sui possibili effetti e sulle azioni da attivare a tutela. Le previsioni meteo, quindi, ai fini della protezione, sono da intendersi come una valutazione quotidiana della probabilità del verificarsi di situazioni potenzialmente pericolose e dannose in un dato territorio, quali piogge intense e ondate di calore. Giornalmente viene prodotto un bollettino di criticità/allerta in cui, in funzione della tipologia e dell'intensità del fenomeno previsto, vengono usati dei codici e dei colori per indicare la situazione maggiormente probabile. Il colore codificato da usare trova corrispondenza nel tipo di fenomeno segnalato e nella sua intensità previste. In caso di codici critici si attiva tutto un sistema di procedure e un intervento organizzato di persone che agiscono per prevenire/ridurre (per quanto possibile) danni a persone e cose. I principali effetti indotti dall'implementazione di un sistema di allarme rapido per eventi meteorologici estremi sono:

- riduzione del numero di persone esposte a eventi climatici estremi;
- riduzione del livello di rischio di lesione a persone e cose.

L'implementazione di un sistema di allarme rapido permetterebbe quindi di conseguire l'obiettivo di far convergere fruibilità territoriale e potenzialità di sviluppo con prevenzione degli impatti e aumento della resilienza urbana e periurbana e di tutelare e garantire la sicurezza dei cittadini e della loro salute.

Livello	Descrizione
"ZERO" NORMALITÀ	Nessun evento in corso oppure eventi che per natura ed estensione possono essere gestiti in via ordinaria (centrali 115-118, forze dell'ordine, ecc...), o comunque l'assenza di eventi rilevanti per il sistema di protezione civile (nessun coinvolgimento della collettività). Se ritenuto necessario in sede di pianificazione sarà da prevedere alla protezione civile la notifica di eventi particolari per conoscenza.
"ALFA" ATTENZIONE	Tale livello si attiva in attesa di un evento di rilevanza per la protezione civile. Nello stato di attenzione vengono messe in condizione di prepararsi per tempo tutte le strutture deputate alla gestione dell'emergenza che potrebbe verificarsi in seguito all'evento atteso. L'obiettivo principale legato a questo livello di emergenza è quello di ridurre al massimo l'effetto sorpresa legato con eventi di protezione civile: si verifica l'operatività di mezzi ed attrezzature, si riducono le possibilità di prendere giorni di ferie, si rafforzano i turni di reperibilità, si tengono a portata di mano numeri telefonici utili, e manuali operativi o piani di emergenza, si intensificano gli scambi di informazioni, si resta nitracchiabili.
"BRAVO" PREALLARME	Questo livello di emergenza corrisponde ad un evento in corso che interessa la collettività e che comporta la gestione coordinata ma ancora di tipo ordinario dell'emergenza, in cui il sindaco coordina l'intervento avvalendosi delle strutture operative disponibili sul proprio territorio. Durante tale fase è opportuno che il sindaco mantenga un costante contatto anche con il centro situazioni provinciale, i referenti delle organizzazioni e strutture coinvolte, e predisponga tutte le azioni per ridurre al massimo i disagi e pericoli per la popolazione, anche in forma preventiva. Sarà anche opportuno effettuare una indagine sulle risorse potenzialmente attivabili in caso di peggioramento della situazione ed assicurare una sorveglianza costante delle situazioni potenzialmente a rischio.
"CHARLY" ALLARME	Corrisponde ad una situazione in cui gli eventi sono in atto diffusamente e si intensificano, comportando quindi la necessità di gestire l'emergenza in maniera coordinata attraverso la struttura di comando identificata nel centro operativo comunale. Viene attivato quindi il Centro Operativo Comunale, e vengono gestite tutte le operazioni attraverso di esso, tra cui l'assistenza alla popolazione, la gestione dei punti di ammassamento dei soccorsi, l'attivazione di servizi antisciacallaggio, e tutto quanto sia necessario per far fronte alla situazione. Dal momento della sua attivazione il centro operativo comunale diventa il punto di riferimento per le tecniche di intervento sul territorio comunale e per le strutture sovracomunali (centro operativo di centro operativo provinciale, centro situazioni, ecc...)



Fig. 41 - Sistemi di allarme rapido per eventi meteorologici estremi

6.5.2 Sistemi di allerta per allagamenti – esondazioni

Gli allagamenti e le esondazioni sono fenomeni a carattere temporaneo che possono interessare aree ad elevata antropizzazione. Gli allagamenti sono causati generalmente da piogge intense collegate a difficoltà di deflusso dei sistemi di scolo urbani che determinano l'allagamento per lo più di breve durata di aree specifiche e di estensione limitata. Le esondazioni sono causate, invece, da straripamento di fiumi, torrenti e corsi d'acqua a causa delle portate troppo elevate da essere contenute in determinate sezioni idrauliche. Le acque che fuoriescono dall'alveo fluviale ordinario possono invadere ampie aree di territorio anche per tempi più lunghi determinando gravi danni a persone e cose. Il verificarsi di questi eventi è fortemente influenzato dalla insufficiente capacità di drenaggio-scolo delle acque da parte dei sistemi naturali dovuta a elevata impermeabilizzazione dei terreni, al restringimenti degli alvei e da una insufficiente portata delle rete artificiale mista, ovviamente insieme alle intensità delle precipitazioni generate da condizioni meteorologiche avverse. Attraverso monitoraggi e modelli, correlati ai sistemi di previsione climatica, si può stimare con buona probabilità il verificarsi di eventi di allagamento ed esondazione e quindi attivare i sistemi di allertamento della popolazione differenti nei vari casi. I principali effetti indotti dall'implementazione di un sistema di allerta per allagamenti – esondazioni sono:

- riduzione del numero di persone esposte a eventi climatici estremi;
- riduzione del livello di rischio di lesione a persone e cose.

L'implementazione di un sistema di allarme rapido permetterebbe quindi di conseguire l'obiettivo di far convergere fruibilità territoriale e potenzialità di sviluppo con prevenzione degli impatti e aumento della resilienza urbana e periurbana e di tutelare e garantire la sicurezza dei cittadini e della loro salute.



Fig. 42 - Sistemi di allarme rapido per eventi meteorologici estremi

6.5.3 Disponibilità di aree pubbliche per rinfrescarsi

In considerazione dell'elevata probabilità di intensificarsi delle ondate di calore estivo con temperature diurne sempre più elevate è importante valutare la necessità di individuare sul territorio in modo programmato una rete di aree fresche ad accesso libero, nelle quali la popolazione più fragile può trovare temporaneo ristoro. Tali aree possono essere individuate in strutture al chiuso dotate di impianti o di sistemi di condizionamento/raffrescamento sia pubbliche (es. biblioteche) che private (es. centri commerciali) purché di accesso libero. Possono essere ricomprese anche aree aperte purché particolarmente fresche per esempio in quanto fortemente ombreggiate (es. parchi, piazze...) o con sistemi di raffrescamento specifici. I principali effetti indotti da una maggiore disponibilità di aree pubbliche per rinfrescarsi sono:

- meno persone esposte a temperature dell'aria elevate;
- migliore protezione di fasce maggiormente a rischio;
- meno incidenti legati a difficoltà respiratorie e cardiocircolatori

La disponibilità di aree pubbliche permetterebbe quindi di conseguire l'obiettivo di far convergere fruibilità territoriale e potenzialità di sviluppo con prevenzione degli impatti e aumento della resilienza urbana e periurbana e di tutelare e garantire la sicurezza dei cittadini e della loro salute.



Fig. 43 - Immagini di aree pubbliche per rinfrescarsi

6.5.4 Limitazione della attività all'esterno per emergenze inquinamento aria

Nelle città per effetto delle emissioni inquinanti si possono raggiungere alti livelli di smog che si associa in particolare ad alte concentrazioni di polveri sottili, anidride carbonica o ozono. L'ozono per esempio è un componente gassoso dell'atmosfera, molto reattivo e aggressivo. Negli strati alti dell'atmosfera è di origine naturale e aiuta a proteggere la vita sulla terra creando uno scudo protettivo che filtra i raggi ultravioletti del sole. Negli strati bassi dell'atmosfera terrestre (troposfera) è presente in conseguenza a situazioni d'inquinamento e provoca disturbi irritativi all'apparato respiratorio. L'ozono troposferico si crea quando i gas inquinanti emessi dalle automobili, dalle industrie, dalle raffinerie, ecc., reagiscono in presenza della luce solare (smog fotochimico). Le più alte concentrazioni si rilevano infatti nei mesi più caldi e nelle ore di massimo irraggiamento solare (fra le ore 12 e 17). Con l'aumento del caldo estivo nelle aree urbane si creano condizioni favorevoli per la produzione di valori molto elevati di ozono che impattano soprattutto sulle persone più fragili: anziani, bambini o persone con problemi respiratori. E' dimostrato infatti che l'ozono provoca vari tipi di effetti a carico delle vie respiratorie: può ridurre la funzione polmonare, può aggravare l'asma e altre patologie respiratorie, può aggravare le malattie croniche del polmone, quali enfisemi e bronchiti. L'aumento dell'inquinamento nelle aree urbane richiede quindi la messa in campo di misure di prevenzione ed allerta per la popolazione per evitare l'esposizione dei soggetti fragili limitandone le attività all'esterno nei periodi più critici. I principali effetti indotti dalla limitazione della attività all'esterno per emergenze inquinamento aria sono:

- meno persone esposte a temperature dell'aria elevate;
- migliore protezione di fasce maggiormente a rischio;
- meno incidenti legati a difficoltà respiratorie e cardiocircolatori

La disponibilità di aree pubbliche permetterebbe quindi di conseguire l'obiettivo di far convergere fruibilità territoriale e potenzialità di sviluppo con prevenzione degli impatti e aumento della resilienza urbana e periurbana e di tutelare e garantire la sicurezza dei cittadini e della loro salute.



Fig. 44 - Limitazioni attività all'esterno

6.5.5 Azioni nel settore sanitario

Una altra misura a tutela della salute pubblica, che completa le precedenti misure descritte di tipo preventivo, riguarda la necessità di ottimizzazione delle capacità di intervento del settore sanitario per quanto riguarda la gestione degli impatti sanitari conseguenti ai cambiamenti climatici. In particolare è fondamentale la preparazione e la pronta azione degli operatori del settore sanitario relativamente ai disturbi conseguenti ad particolari condizioni climatiche (ondate di caldo, smog fotochimico, ...) come disturbi respiratori, diffusione di nuove malattie, incidenti ecc. Una menzione merita anche l'insieme delle azioni volte a informare e intervenire nella lotta alle specie infestanti autoctone ed alloctone, la cui diffusione può avvenire a scapito di altre specie e la cui presenza può essere oltre che fastidiosa anche veicolo potenziale di malattie. Inoltre sono necessarie iniziative che rafforzino la collaborazione tra professionisti della sanità, esperti dei cambiamenti climatici, esperti della protezione civile, responsabili dei sistemi di prevenzione in modo da permettere una efficace e reale risposta adattiva sanitaria e ambientale ai cambiamenti climatici e loro effetti. I principali effetti indotti dalle azioni nel settore sanitario sono:

- meno persone esposte a temperature dell'aria elevate;
- migliore protezione di fasce maggiormente a rischio;
- meno incidenti legati a difficoltà respiratorie e cardiocircolatori

Le azioni nel settore sanitario permetterebbero quindi di conseguire l'obiettivo di far convergere fruibilità territoriale e potenzialità di sviluppo con prevenzione degli impatti e aumento della resilienza urbana e periurbana e di tutelare e garantire la sicurezza dei cittadini e della loro salute.



Fig. 45 - Azioni nel settore sanitario

6.6 Altre azioni da mettere in atto per adattamento e resilienza

Attualmente la conoscenza pubblica di cosa sono e cosa comportano i cambiamenti climatici è scarsa e, a cascata, anche la consapevolezza degli avvertimenti o dei comportamenti da tenere in caso di evento climatico estremo (dalla siccità alle piogge intense e così via). L'attuazione di azioni di adattamento è connessa alla consapevolezza del fenomeno, per questo motivo un ulteriore importante filone di azione è relativo a misure di informazione e formazione rivolte a diversi target, dai cittadini e i tecnici ai decisori politici. Gli enti pubblici, per sostenere le politiche di adattamento nel proprio territorio, hanno quindi interesse mettere in campo misure specifiche per :

- la partecipazione dei portatori di interesse nella definizione coordinata di programmi-piani di adattamento e il loro coordinamento anche al fine di integrare in modo coordinato l'adattamento all'interno delle politiche di settore in maniera più efficace;
- la sensibilizzazione sull'adattamento attraverso una capillare attività di comunicazione formazione, rivolta a vari target, sui pericoli e opportunità derivanti dai cambiamenti climatici;
- la promozione di progetti dimostrativi e divulgativi locali per accrescere la sensibilizzazione della comunità anche in maniera attiva.

Queste attività si esplicano quindi con produzione di materiale cartaceo e informatico, realizzazione di campagne informative, promozione di incontri informativi/formativi, attuazione di progetti dimostrativi, accordi pubblico-privati e coordinamento attraverso la costituzione di una cabina di regia.

Di seguito un elenco puntuale delle azioni da intraprendere:

- Sensibilizzazione della opinione pubblica
- Progetti dimostrativi e progetti educativi con le scuole
- Raccolta e monitoraggio dei dati e eventi
- Cabina di regia per coordinamento politiche e azioni
- Accordi e programmi tra enti e pubblico-privati
- Misure di pianificazione settoriale
- Misure per un'agricoltura resiliente
- Formazione tecnica specialistica
- Indici e criteri progettuali e gestionali

6.6.1 Sensibilizzazione della opinione pubblica

Di primaria importanza nella attuazione delle politiche e piani sull'adattamento ai cambiamenti climatici è il sostegno di tutta la comunità locale che può derivare solo dalla consapevolezza di quanto sta avvenendo, dei rischi e opportunità collegate: cosa sono i cambiamenti climatici, da che cosa derivano principalmente e che conseguenze possono avere sul territorio e le persone. Numerose possono essere le iniziative ed i target che si intende coinvolgere. Le attività informative da un lato mettono il singolo cittadino in grado di migliorare il proprio comportamento per non trovarsi

completamente impreparato di fronte ai vari rischi, dall'altro forniscono elementi conoscitivi utili ai vari stakeholders per intervenire attivamente nell'azione di adattamento. Possono essere quindi attivati incontri, diffusi questionari conoscitivi, distribuiti opuscoli, prodotti materiali informativi da divulgare anche tramite web e i mass media.

6.6.2 Progetti dimostrativi e progetti educativi con le scuole

La realizzazione di progetti di adattamento gioca un importante ruolo nell'accrescere la consapevolezza della comunità dando prova concreta alla comunità di cosa si può fare. Progetti dimostrativi possono ovviamente riguardare pressoché tutte le tipologie di misure adattative tipo illustrate precedentemente, sia singolarmente che in associazione.

La scuola, in ogni ordine e grado, riveste un ruolo fondamentale per informare e sensibilizzare le giovani generazioni sulle cause, dinamiche ed effetti dei cambiamenti climatici allo scopo di preparare i giovani, di qualsiasi età e condizione sociale, ad affrontare e risolvere le questioni che pongono minacce al futuro.

Per questo motivo è auspicabile l'organizzazione di opportuni progetti educativi allo scopo di pervenire all'integrazione della conoscenza del fenomeno complesso dei cambiamenti climatici con i principi e i valori della sostenibilità in modo da stimolare nuovi approcci culturali e cambiamenti nei comportamenti dei giovani come base indispensabile per l'attuazione di politiche di contrasto e adattamento ai cambiamenti e rendere il futuro più sostenibile in termini di salvaguardia ambientale, progresso ed equità della società nel presente e per le generazioni future.

6.6.3 Raccolta e monitoraggio dei dati e eventi

Alla base delle attività di previsione e di modellizzazione degli eventi meteorologici e dei fenomeni climatici c'è un'importante opera di raccolta dati e monitoraggio di durata pluriennale, già attiva ed efficiente a livello nazionale e regionale. I database di natura geografica ed alfanumerica servono per valutare il trend delle varie grandezze misurate (temperatura, pioggia, livelli di inquinamento, numero di eventi eccezionali per anno,...) per capirne, statisticamente, gli effetti indotti sul territorio e sulla salute umana e per prevedere statisticamente quello che potrà capitare nel futuro (in breve, medio o lungo termine con diversi gradi di accuratezza). Questa attività è condotta in gran parte dalle autorità ambientali/territoriali tra cui la Regione e l'ARPA.

A livello locale occorrerebbe però strutturare meglio anche dati specifiche per gli altri aspetti che concorrono alle valutazioni delle vulnerabilità e impatti generati dai cambiamenti climatici, affinché gli enti locali possano disporre agevolmente di informazioni utili a definire politiche e azioni specifiche sul proprio territorio e monitorare l'evolversi dei fenomeni e l'efficacia ed efficienza degli eventuali provvedimenti messi in campo.

6.6.4 Cabina di regia per coordinamento politiche e azioni

Le azioni e misure legate al processo di adattamento ai cambiamenti climatici presentano un carattere estremamente multidisciplinare, riguardano e coinvolgono soggetti diversi, privati e pubblici, del territorio e spesso possono essere anche di carattere sovra comunale.

Per queste motivazioni è molto importante, qualora si voglia approcciare il problema dei cambiamenti climatici in modo organico ed efficace, istituire una cabina di regia che metta a rete i vari enti e stakeholders che maggiormente hanno la responsabilità del governo e gestione del territorio.

Tale struttura, di carattere prevalentemente politico, per essere realmente operativa ed efficace, deve però avvalersi di un team tecnico-scientifico di supporto che garantisca una corretta conoscenza del fenomeno dei cambiamenti climatici e delle modalità di adattamento.

6.6.5 Accordi e programmi tra enti e pubblico-privati

Nella attuazione delle misure di adattamento ai cambiamenti climatici in un dato territorio sono per lo più coinvolti una grande pluralità di soggetti pubblici e privati la cui collaborazione è spesso indispensabile per la concreta diffusione ed attuazione delle attività previste.

La stipula di accordi, convenzioni, collaborazioni permette una migliore organizzazione delle attività unitamente a una migliore definizione ed individuazione degli obiettivi che si intende raggiungere e delle modalità per conseguirli.

Inoltre, ciò permette anche la messa in rete dei soggetti che operano dando maggiore forza e concretezza alle politiche per aumentare l'adattamento ai cambiamenti climatici.

6.6.6 Misure di pianificazione settoriale

I cambiamenti climatici sono un fenomeno complesso che va affrontato con un approccio strategico multi-settoriale, sistematico su tutto il territorio che deve tradursi operativamente in specifiche misure pianificatorie. Gli enti pubblici hanno una visione complessiva del territorio e una responsabilità specifica in termini di governo complessivo. Sono dotati di strumenti e conoscenze tecniche che possono essere contaminati dal tema dei cambiamenti climatici e quindi arricchiti di indicazioni per rendere più resiliente il territorio.

Tutto questo si dovrebbe tradurre nell'inserimento nei propri strumenti pianificatori e programmatori e normativi di concetti di base, prescrizioni, incentivi, specifiche che portino benefici anche in campo di adattamento ai cambiamenti climatici. L'introduzione di elementi inerenti la lotta ai cambiamenti climatici si può tradurre negli strumenti di pianificazione/programmazione e nei regolamenti come indici da applicare sul territorio, preferenze nella scelta di materiali/colori per edifici ed infrastrutture, individuazione di criteri di piantumazione ed essenze maggiormente idonee per una maggiore resilienza del verde, e così via. Inoltre, una maggiore sinergia tra i vari strumenti permette una maggiore efficacia

delle misure ed azioni in esse contenute.

6.6.7 Misure per un'agricoltura resiliente

Il settore agricolo è fortemente coinvolto dagli effetti dei cambiamenti climatici sia diretti che indiretti, oltre che esserne anche una causa in determinate situazioni, per cui si stanno via via diffondendo diversi tipi di misure per permettere l'adattamento. Per ovviare a queste problematiche, oltre alla introduzione di specifiche pratiche agricole, alla gestione ottimale dei sistemi di irrigazione ed alla scelta delle specie da coltivare, altrettanto importante sono altre azioni come l'estensione del biologico, del biodinamico, del km 0 e il sostegno alle aziende a circuito chiuso. Altrettanto rilevante è anche la diffusione delle conoscenze atte a rendere effettive queste soluzioni, questo richiede una adeguata informazione e formazione degli addetti, l'introduzione di standard di nuovi criteri gestionali e pratiche da parte delle associazioni di categoria o sperimentazioni da parte di centri di ricerca.

E' quindi necessario un coinvolgimento di tutte le componenti e reti relazionali al campo agricolo in quanto la risposta che il settore agricolo deve portare avanti è complessa e articolata. Tutto questo inoltre va visto anche come opportunità di aperture di nuovi mercati, di nuove figure professionali, di nuove pratiche agricole, di nuove attività e ricerche.

6.6.8 Formazione tecnica specialistica

Rendere il territorio più resiliente ai cambiamenti climatici richiede, oltre a una forte consapevolezza, anche adeguate conoscenze tecniche da parte di chi vi interviene ai vari livelli: da chi esegue e gestisce direttamente la realizzazione delle opere, a chi progetta gli interventi e, ancora più a monte, a chi pianifica e/o definisce norme e regolamenti.

Se la sensibilità e consapevolezza di chi ha maggiore responsabilità politiche e gestionali è indispensabile è altrettanto vero che questi devono essere affiancati da tecnici con competenze e conoscenze utili per suggerire le giuste soluzioni per effettuare delle scelte che vadano incontro alle esigenze del territorio per rispondere più efficacemente agli effetti dei cambiamenti climatici.

Anche tutto questo l'adattamento deve essere visto come opportunità di aperture di nuovi mercati e di nuove attività.

6.6.9 Indici e criteri progettuali e gestionali

Per tradurre in modo effettivo sul territorio le soluzioni e misure adattive individuate, nei confronti degli effetti dei cambiamenti climatici, occorre introdurre a livello regolamentatorio, e se necessario anche a livello normativo, specifici indici e/o criteri progettuali innovativi in modo da rendere più rigorosa e nello stesso tempo più agevole l'applicazione concreta delle soluzioni-misure da adottare, utilizzando le indicazioni metodologiche e progettuali introdotte nei paragrafi precedenti.

7 Conclusioni

Il presente documento fornisce un quadro complessivo e dettagliato delle iniziative necessarie per affrontare le sfide poste dai cambiamenti climatici. Delinea strategie di mitigazione e adattamento che sono essenziali per ridurre la vulnerabilità del territorio comunale e per incrementare la sua resilienza. A tal fine sono stati analizzati diversi aspetti:

Elaborazione di un Profilo Climatico Locale: definizione accurata delle caratteristiche climatiche attuali e future di Cagliari, identificando specifici rischi e vulnerabilità legati ai cambiamenti climatici. Questo profilo è fondamentale per informare le strategie di adattamento e mitigazione.

Sviluppo di Strategie di Adattamento: formulazione di strategie concrete e azioni dettagliate per rispondere efficacemente agli impatti previsti dei cambiamenti climatici, mirate a proteggere l'ambiente urbano e naturale, le infrastrutture, e la comunità locale.

Integrazione con la Pianificazione Urbana: Incorporazione delle misure di adattamento nei piani di sviluppo urbano e territoriale, assicurando che la resilienza climatica sia un elemento centrale della pianificazione a lungo termine della città.

Promozione della Collaborazione: Sottolineatura dell'importanza della collaborazione inter-settoriale e del coinvolgimento comunitario, riconoscendo che una risposta efficace ai cambiamenti climatici richiede l'impegno congiunto di enti pubblici, settore privato e cittadini.

Monitoraggio e Valutazione: Impegno verso un monitoraggio continuo e la valutazione delle strategie implementate, per assicurare l'adattamento e l'aggiornamento delle azioni in risposta all'evoluzione delle condizioni climatiche e degli obiettivi di sostenibilità.

Cagliari, Dicembre 2023

Ing. Giacomo Carrus

Ing Dario Tricoli

