FUTURE BRIEF N. 2

ECOSISTEMA FUTURO

Trame di resilienza: infrastrutture per l'Italia del 2050

ALFREDO REDER, JONATHAN SPINONI, PAOLA MERCOGLIANO

cmcc Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici

SETTEMBRE 2026

Abstract

Le infrastrutture critiche italiane si trovano a un bivio decisivo. Il cambiamento climatico sta modificando le condizioni per cui reti idriche, energetiche, di trasporto, digitali e logistiche sono state progettate, mentre invecchiamento, carenze manutentive, frammentazione istituzionale e disuguaglianze territoriali ne accrescono la vulnerabilità. Questo brief esplora quattro scenari ideal-tipo ed estremi per il futuro delle infrastrutture italiane al 2050. Non sono previsioni, ma strumenti per mostrare come diverse combinazioni di governance, tecnologia e capacità territoriale possano produrre benefici, squilibri ed effetti inattesi.

- **Scenario 1:** Un futuro in cui i territori innovano autonomamente, ma l'assenza di coordinamento nazionale amplia i divari.
- **Scenario 2:** Un futuro in cui digitalizzazione e intelligenza artificiale rafforzano l'efficienza, ma generano dipendenze, esclusione e nuove vulnerabilità.
- **Scenario 3:** Un futuro in cui regole e standard garantiscono controllo, ma producono rigidità e scarsa capacità di adattamento.
- **Scenario 4:** Un futuro in cui prevalgono frammentazione, gestione emergenziale e adattamento individuale, con crescenti disuguaglianze.

L'analisi intende stimolare una discussione informata tra decisori, gestori, imprese, comunità, cittadine e cittadini sulle scelte da compiere oggi, sui rischi delle azioni parziali e sulle condizioni necessarie per costruire un sistema infrastrutturale più resiliente, equo e preparato al futuro.

Parole chiave

INFRASTRUTTURE, ADATTAMENTO, RESILIENZA, CAMBIAMENTO CLIMATICO, GOVERNANCE

1. La posta in gioco

Resistere o adattarsi: la sfida delle infrastrutture

Il cambiamento climatico sta modificando in modo sostanziale le condizioni ambientali e operative entro le quali sono progettate e gestite le infrastrutture critiche italiane, ridefinendo progressivamente i parametri climatici di riferimento. L'evoluzione del clima, caratterizzata da frequenza e intensità crescenti degli eventi estremi e da variazioni progressive e persistenti delle medie climatologiche di temperatura, sta procedendo più rapidamente rispetto a quanto indicato da molte delle prime proiezioni climatiche elaborate nei primi anni 2000. A livello globale, all'inizio del secolo il superamento della soglia di +1,5°C rispetto ai livelli preindustriali (1850-1900), limite indicato dall'Accordo di Parigi del 2015 come soglia da non superare per contenere gli impatti più urgenti del cambiamento climatico, era previsto intorno al 2040, mentre oggi (2025) il riscaldamento globale ha già raggiunto circa +1,4 °C e tale soglia potrebbe essere superata entro la fine di questo decennio (Copernicus Climate Change Service, 2024). In Europa, il riscaldamento ha raggiunto circa +2,1 °C rispetto ai livelli preindustriali, con un'accelerazione marcata dagli anni '80 (Agenzia Europea dell'Ambiente, EEA, 2024). Anche nelle città italiane il segnale è evidente: negli ultimi trent'anni le temperature medie annue sono salite di quasi 1°C e le notti tropicali estive (temperatura minima > 20°C) si sono moltiplicate, con incrementi che, in alcuni casi, superano le 30-40 notti in estate rispetto ai valori storici nei principali centri urbani della penisola (Spano et al., 2021).

Il **sistema delle infrastrutture critiche italiano**, che comprende reti idriche, energetiche, di trasporto, di telecomunicazione e logistiche, insieme agli impianti e agli snodi che ne garantiscono il funzionamento, rappresenta la spina dorsale della vita economica e sociale del Paese e la sua esposizione a molteplici e interconnessi rischi climatici è in rapida crescita (Carraro, 2022). Le ondate di calore, le precipitazioni intense ed estreme, le siccità e gli incendi boschivi si alternano e si sommano a fenomeni più lenti, quali l'innalzamento del livello del mare che minaccia porti e linee di costa, la salinizzazione delle falde che compromette la qualità dell'acqua, la subsidenza che indebolisce la stabilità delle infrastrutture in molti contesti urbani e non, con effetti a cascata su sistemi produttivi ed ecosistemi, dall'agricoltura e dall'acquacoltura alla qualità dell'aria e delle risorse idriche, e con impatti potenzialmente amplificati lungo le filiere economiche e territoriali.

Un **ulteriore elemento di criticità è rappresentato dal profondo disallineamento tra le condizioni climatiche attuali e future e i presupposti su cui è stata progettata gran parte delle infrastrutture oggi operative**, in Italia come nel resto d'Europa, basati su condizioni climatiche storiche ormai superate. Molte opere continuano infatti a basarsi su dati climatici storici, ormai non più rappresentativi delle condizioni reali in cui devono funzionare e di quelle che affronteranno nel corso della loro vita utile (EEA, 2024; Polo López et al., 2025a). Questa criticità è ulteriormente amplificata dall'incertezza che caratterizza le proiezioni climatiche. Gli *ensemble* di modelli restituiscono infatti una gamma di possibili evoluzioni future, in cui l'ampiezza dell'incertezza può risultare comparabile o superiore al segnale climatico atteso per alcune variabili e scale territoriali (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC, 2021), e tale incertezza tende a propagarsi lungo l'intero processo decisionale infrastrutturale. Queste considerazioni mettono in discussione le basi della pianificazione infrastrutturale tradizionale (Buhl & Markolf, 2023).

La vulnerabilità, definita dal Gruppo Intergovernativo sui Cambiamenti Climatici delle Nazioni Unite (IPCC) come la propensione o predisposizione di un sistema a essere influenzato negativamente e che comprende la sensibilità agli impatti e la limitata capacità di adattamento (IPCC, 2022), si manifesta in modo diseguale lungo il territorio nazionale, per carenze strutturali di risorse finanziarie, limitata disponibilità e formazione del personale tecnico e carenza di piani adattivi. In numerosi contesti locali mancano strumenti operativi, quadri normativi aggiornati o personale tecnico in grado di supportare i processi di valutazione e di trasformazione delle infrastrutture. Ma anche i grandi centri urbani presentano punti critici, soprattutto nelle aree ad alta urbanizzazione, dove la pressione antropica incontra infrastrutture datate o congestionate.

A rendere ancora più critica questa condizione è il **carattere sistemico dei rischi**. Le infrastrutture non operano in modo isolato, ma sono profondamente interconnesse (Hallegatte et al., 2019; EEA, 2024). Un'interruzione della rete elettrica, ad esempio innescata da un evento climatico, può compromettere la mobilità urbana, le comunicazioni, la distribuzione dell'acqua potabile, la funzionalità degli ospedali, generando effetti a cascata su diversi servizi essenziali. Questo tipo di effetti a cascata, descritti da numerose valutazioni europee tra i principali fattori di rischio emergenti, può svilupparsi rapidamente e con impatti amplificati, soprattutto in assenza di protocolli condivisi e strumenti predittivi, capaci di anticipare le interdipendenze tra le infrastrutture. Solo a titolo di esempio, in Italia l'alluvione in Emilia-Romagna del 2023 ha interrotto per giorni le

linee ferroviarie Bologna–Rimini e Bologna–Ravenna (Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, 2023; Brath et al., 2023), mentre le ondate di calore dell'estate 2022 hanno causato blackout diffusi e rallentamenti nella rete ferroviaria per guasti agli impianti elettrici (RaiNews, 2022a, 2022b). Eventi di questo tipo evidenziano la natura sistemica del rischio climatico, in cui le vulnerabilità si propagano lungo le interdipendenze infrastrutturali anziché restare confinate a singoli settori.

Tale vulnerabilità alimenta un crescente rischio di **disuguaglianza climatica**: la capacità di adattarsi ai cambiamenti climatici diventa un indicatore implicito del diritto all'infrastruttura, accentuando divari già esistenti tra territori meglio attrezzati e aree lasciate indietro. In questo senso, la crisi climatica agisce come moltiplicatore di fragilità territoriali e rischia di trasformarsi in un fattore strutturale di emarginazione. In Italia, il Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici - PNACC (MASE, 2023) riconosce esplicitamente questi divari: alcune regioni e grandi città del Centro-Nord hanno già elaborato strategie dedicate (come i Piani regionali di adattamento o i Piani d'Azione per l'Energia Sostenibile e il Clima – PAESC – metropolitani di Bologna, Milano o Torino), mentre ampie aree del Mezzogiorno e delle isole risultano ancora prive di strumenti operativi e di capacità tecnica adeguata. Questo squilibrio, sottolinea il Piano, rende necessaria una cornice nazionale che definisca criteri comuni e supporti le amministrazioni meno attrezzate nel tradurre la pianificazione in azioni concrete, rafforzando la capacità istituzionale e tecnica dei territori più vulnerabili.

Interconnessioni con altre sfide settoriali

L'adattamento delle infrastrutture ai cambiamenti climatici non può essere affrontato in modo isolato: è strettamente interconnesso con le principali transizioni in corso, dalla decarbonizzazione alla digitalizzazione, dalla gestione del suolo alla salute pubblica. Intervenire su una componente significa modificare equilibri territoriali, operativi e sociali che si riflettono ben oltre il singolo settore tecnico (Hallegatte et al., 2019). Senza infrastrutture energetiche resilienti, la transizione energetica non può garantire la stabilità di fornitura, soprattutto in presenza di estremi climatici (IEA, 2021). Senza reti digitali sicure e integrate, l'innovazione urbana e la gestione adattiva risulteranno fragili o inaccessibili (OECD, 2020). Senza trasporti adattati al clima, la mobilità sostenibile rischia interruzioni sistemiche (EEA, 2023). Ogni investimento deve quindi tenere conto delle interdipendenze e degli impatti di lungo periodo che le scelte infrastrutturali generano sui sistemi economici, territoriali e sociali (Aspen Institute Italia, n.d.; Intesa Sanpaolo IMI, n.d.). La mancanza di coordinamento tra settori può generare effetti a catena, amplificando i danni e bloccando la capacità di risposta pubblica. Le infrastrutture rappresentano infatti un fattore abilitante per lo sviluppo economico, l'innovazione tecnologica e la stabilità territoriale, richiedendo strategie di investimento e governance capaci di integrare dimensioni economiche, sociali e ambientali (Deloitte, n.d.; Freshfields, n.d.). Per questo, le infrastrutture devono essere concepite come sistemi ibridi, che interagiscono con dati, politiche e comunità. L'adattamento infrastrutturale rappresenta dunque un banco di prova per la capacità di governo integrato, in cui le politiche ambientali, urbane, sanitarie e digitali convergono in una visione coerente e territoriale della resilienza, in linea con le analisi che sottolineano il ruolo delle infrastrutture nel definire traiettorie di sviluppo e competitività dei territori (Il Sole 24 Ore, n.d.; Utopia Lab, 2025).

Una sfida strategica

La questione non si limita pertanto al solo piano tecnico. La resilienza infrastrutturale oggi è una scelta strategica per il Paese, nel contesto di una profonda trasformazione climatica, socio-economica, tecnologica e geopolitica. Progettare infrastrutture in grado di assorbire e adattarsi alle crescenti sollecitazioni climatiche significa garantire continuità operativa, sicurezza, tenuta istituzionale, fiducia collettiva ed efficienza economica, prevenendo lo spreco economico e sociale di crisi evitabili o di conseguenze non intenzionali. In questo quadro, l'adattamento non rappresenta un semplice aggiustamento tecnico, ma una leva di trasformazione del modello di sviluppo, una precondizione per uno Stato moderno e giusto e per un vantaggio competitivo a livello europeo. In questa prospettiva, l'adattamento si configura come una politica di investimento e non come un costo, con benefici economici, sociali e ambientali distribuiti nel lungo periodo. La sfida dell'adattamento richiede non solo strategie pubbliche, ma anche la collaborazione con operatori privati, gestori di reti e infrastrutture e investitori, poiché gran parte delle infrastrutture strategiche non è direttamente sotto gestione statale. Il **partenariato pubblico-privato** diventa quindi fondamentale per garantire continuità operativa, favorire il potenziamento e l'emancipazione della comunità cittadina, condividere dati e conoscenze e implementare soluzioni resilienti su larga scala, massimizzando l'efficacia degli investimenti in politiche di adattamento.

Affrontare questa sfida implica quindi una **visione anticipatoria e sistemica**. Non basta riparare i danni dopo l'impatto: è necessario **valutare l'evoluzione delle traiettorie del rischio**. L'IPCC definisce il rischio

come potenziali conseguenze negative per i sistemi umani o ecologici, inclusi gli impatti su vite umane, mezzi di sussistenza, salute, beni economici e culturali, infrastrutture, servizi (compresi i servizi ecosistemici), ecosistemi e specie (IPCC, 2022). Questa valutazione richiede di integrare il cambiamento climatico e il cambiamento socioeconomico nella progettazione di infrastrutture e di adottare approcci di pianificazione robusti e flessibili, capaci di adattarsi progressivamente all'emergere di nuove informazioni e condizioni di rischio. Ciò significa **promuovere infrastrutture adattive e coinvolgere i territori nei processi decisionali** (Berke & Lyles, 2013; Stanton & Roelich, 2021; Singh et al., 2023). Su questo tema, il Rapporto Cambiamenti climatici, infrastrutture e mobilità (Carraro, 2022) afferma che ogni euro investito in resilienza ne genera circa cinque in danni evitati, oltre a produrre un moltiplicatore positivo sulla giustizia sociale. La trasformazione delle infrastrutture è, di fatto, il banco di prova della capacità del Paese di navigare l'incertezza climatica costruendo resilienza condivisa e territoriale.

Rilevanza per Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (SDGs)

L'adattamento delle infrastrutture critiche al cambiamento climatico è centrale per l'attuazione dell'Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile (SDGs, secondo l'acronimo inglese), in particolare per il raggiungimento degli obiettivi relativi a infrastrutture resilienti, città sostenibili e azione per il clima (United Nations, 2015). **Una visione sistemica richiede infatti strumenti di analisi e costruzione di scenari futuri che permettano di comprendere le interazioni tra sistemi, anticipare criticità e valutare alternative di sviluppo**. Se da un lato risponde direttamente all'obiettivo imprese, innovazione e infrastrutture (SDG 9) sulla costruzione di infrastrutture resilienti e sostenibili, dall'altro agisce in modo trasversale su molteplici dimensioni dello sviluppo equo e duraturo. Senza infrastrutture sicure e adattive, o una visione globale, è difficile garantire l'accesso universale ai servizi essenziali (SDG 6), costruire città inclusive e sicure (SDG 11), o abilitare la transizione energetica giusta (SDG 7 e 13). Le infrastrutture resilienti sono un prerequisito per la continuità educativa, la salute pubblica, la digitalizzazione inclusiva, ma anche per la coesione territoriale e il contrasto alle disuguaglianze (SDG 10), inclusa la promozione della parità di genere e dell'empowerment femminile (SDG 5). Ogni cedimento infrastrutturale non è solo un danno tecnico, ma un'interruzione materiale dei percorsi di sostenibilità. In particolare, nelle aree già marginali, l'assenza di investimenti in resilienza può aggravare fratture sociali e spaziali, minando la giustizia climatica e la credibilità istituzionale (SDG 16), degradando il "soft power" dell'Italia a livello internazionale e provocando uno "sgambetto", per così dire, allo sviluppo economico, sociale e umano. **Investire nell'adattamento significa quindi trasformare la sostenibilità da principio astratto in condizione concreta**: accessibile, misurabile, condivisa. Le infrastrutture diventano così luoghi in cui il patto tra Stato, territorio e cittadino si rafforza e si rinnova, contribuendo alle dinamiche di fiducia e responsabilità civile con legislazioni e politiche spesso a corto termine e localizzate.

2. Il quadro di riferimento attuale

L'adattamento delle infrastrutture critiche italiane si colloca oggi in un contesto di fragilità diffusa, riconosciuta sia a livello nazionale che europeo (Carraro, 2022; EEA, 2024; MASE, 2023). Gli impatti del cambiamento climatico si stanno già manifestando lungo l'intero ciclo di vita delle infrastrutture: dalla progettazione alla costruzione, dalla manutenzione alla gestione. Tuttavia, **la risposta pubblica e privata è ancora frammentata**, prevalentemente reattiva e priva di una visione sistemica.

Sul piano climatico, i dati più recenti mostrano un'accelerazione dei trend osservati rispetto al passato. In Italia, l'aumento medio registrato negli ultimi trent'anni è di +0,9 °C, con notti tropicali triplicate e una crescita fino al +30% della frequenza degli eventi di pioggia estrema. Nella pianura padana, i periodi di siccità si sono estesi di 10–15 giorni/anno, mentre lungo le coste l'innalzamento medio del livello del mare ha raggiunto 3,5 mm/anno (1993–2023), con proiezioni di +0,5–0,8 metri entro il 2100 in uno scenario di forte mitigazione (MASE, 2023).

Le proiezioni al 2050 in uno scenario di forte mitigazione (vedi *Figura 1*) proiettano per l'Italia un aumento generalizzato della temperatura media di circa +1,5–2,5 °C, accompagnato da una riduzione delle precipitazioni medie soprattutto al Centro-Sud e da un incremento diffuso dell'intensità degli eventi estremi. Parallelamente, si osserva un forte aumento delle notti tropicali, in particolare nelle aree costiere e meridionali, e un rafforzamento dei massimi di precipitazione su gran parte del territorio. Queste evidenze definiscono il contesto di pressione crescente entro cui dovranno operare le infrastrutture del Paese nei prossimi decenni. Eventi estremi come alluvioni, precipitazioni intense e movimenti franosi possono infatti produrre impatti economici e sociali rilevanti, interrompendo reti di trasporto ed energia, danneggiando infrastrutture critiche e compromettendo attività produttive come l'agricoltura.

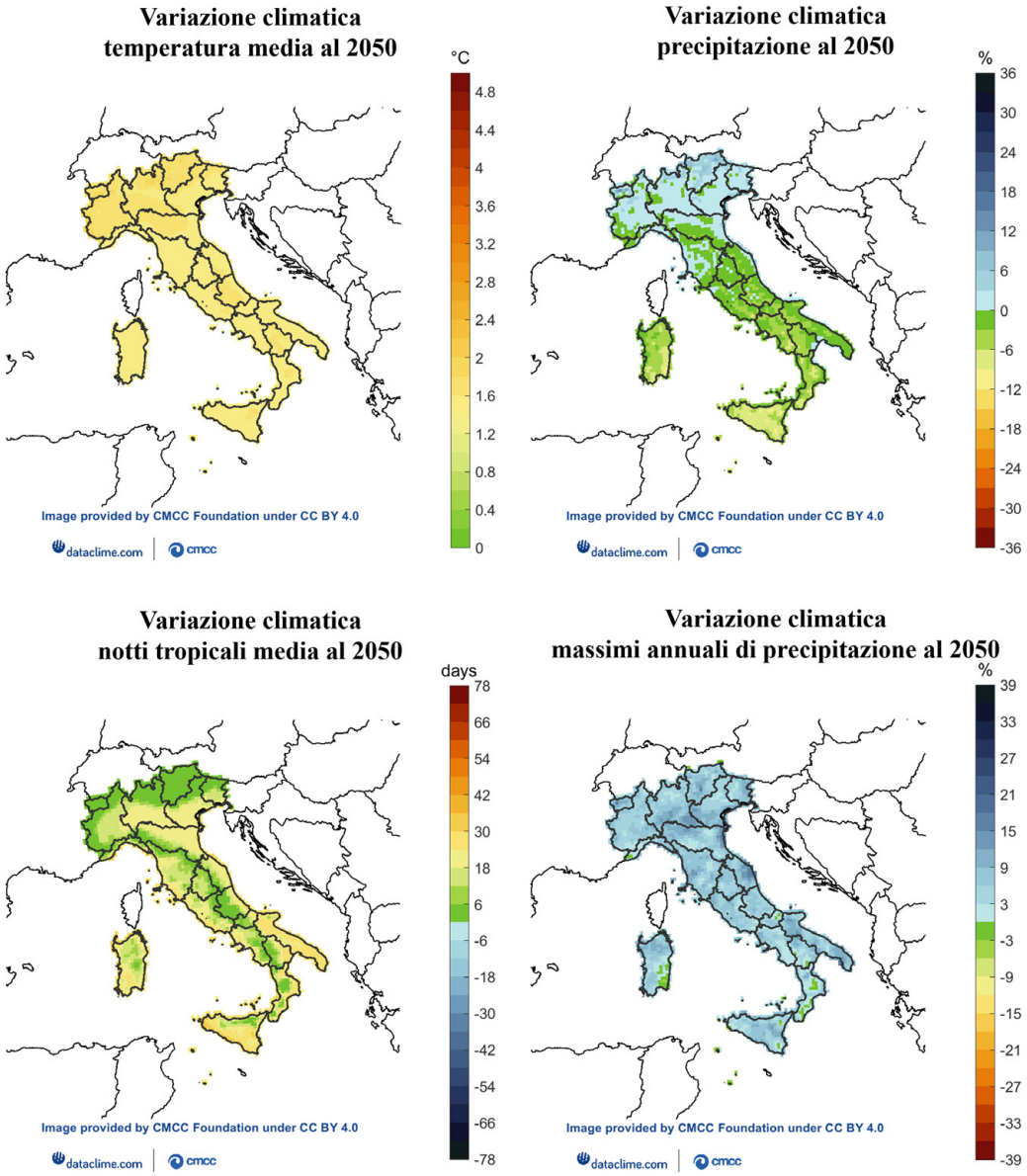

Figura 1 – Proiezioni climatiche al 2050 (periodo 2036–2065 rispetto al 1981–2010) in Italia, nello scenario RCP4.5 (forte mitigazione): variazione della temperatura media, delle precipitazioni medie, delle notti tropicali e dei massimi annuali di precipitazione, ottenute come Ensemble Mean di modelli regionali Euro-CORDEX. Le elaborazioni sono tratte dalla piattaforma CMCC Dataclime (www.dataclime.com)

Le stime dei danni diretti sulle infrastrutture (vedi Figura 2) indicano che il danno annuo in Italia è atteso aumentare da ~0,42 mld €/anno (1981–2010) a ~2 mld €/anno al 2030, con una proiezione di ~5 mld €/anno al 2050 in uno scenario di forte mitigazione. Il maggior incremento riguarda i trasporti (~2,80 mld €/anno al 2050) e l'energia (~0,57 mld €/anno al 2050). Considerando gli effetti macroeconomici, le perdite complessive stimate raggiungono ~11,5–18 mld €/anno (0,33–0,55% del PIL) al 2050; ogni 1 € investito in adattamento genera ~5–6 € tra danni evitati e co-benefici (Carraro, 2022).

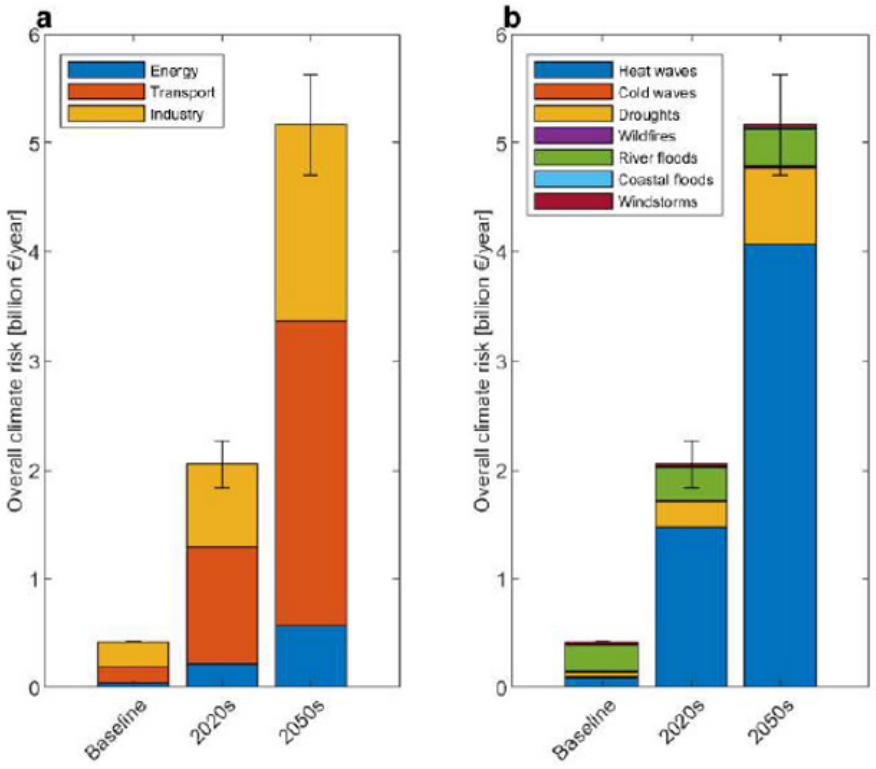

Figura 2 – Rischio climatico complessivo per le infrastrutture critiche aggregato a livello nazionale per ogni periodo temporale. (a) Distribuzione dei danni per settore; (b) distribuzione dei danni per pericoli climatici. I periodi temporali considerati si riferiscono a: 1981–2010 (baseline), 2011–2040 (anni 2020) e 2041–2070 (anni 2050). Gli intervalli di confidenza riflettono la variabilità climatica inter-modello. Simulazioni prodotte in Forzieri et al. (2018). Figura ripresa da Carraro (2022).

Secondo il Joint Research Centre (JRC, in italiano Centro Comune di Ricerca, cioè il servizio scientifico interno della Commissione Europea) e altri organismi europei, **i criteri tecnici con cui molte infrastrutture esistenti sono state realizzate non sono più adeguati** (Polo López et al., 2025a,b). Le mappe climatiche di riferimento, ancora oggi basate su serie storiche, non riflettono appieno la rapidità con cui il cambiamento climatico sta modificando le condizioni ambientali e non consentono di anticipare evoluzioni che potrebbero essere tutt'altro che lineari. Allo stesso tempo, gli Eurocodici, ovvero **gli standard tecnici europei che definiscono le regole di progettazione e costruzione delle opere civili, sono ancora in fase di aggiornamento per includere, per la prima volta, considerazioni sul cambiamento climatico** (Polo López et al., 2025a).

A queste carenze progettuali si aggiunge l'**invecchiamento progressivo delle infrastrutture e il ritardo accumulato nella manutenzione delle reti esistenti.** Secondo stime nazionali (Banca d'Italia, 2021; Carraro, 2022; Camera dei Deputati, 2024), oltre un terzo delle infrastrutture pubbliche italiane ha superato i 50 anni di età senza interventi strutturali significativi. Tale dinamica si inserisce in una più ampia tendenza osservata in molti Paesi avanzati, in cui l'invecchiamento delle infrastrutture e i deficit di manutenzione rappresentano una crescente fonte di vulnerabilità per i sistemi infrastrutturali (EEA, 2024; OECD, 2024; ASCE, 2025).

Alle fragilità tecniche si sommano quelle istituzionali e territoriali. La governance dell'adattamento è distribuita tra diversi livelli (nazionale, regionale e locale), con competenze che si sovrappongono o restano poco definite, in linea con quanto osservato in altri contesti europei (EEA, 2024; IPCC, 2022; Biesbroek et al., 2015). Tali difficoltà si riflettono in forti **disuguaglianze territoriali**. Le aree metropolitane del Centro-Nord hanno avviato progetti pilota, spesso supportati da fondi europei o da partenariati pubblico-privati. Al contrario, molte aree interne, costiere o montane, soprattutto nel Mezzogiorno, faticano a intercettare risorse e a sviluppare progetti competitivi. Tale divario si traduce in una capacità diseguale dei territori di prevenire e gestire i rischi climatici, oltre ad avere una tendenza "reattiva" piuttosto che "proattiva" al fenomeno climatico. Si tratta di una dinamica osservata anche a livello europeo in modo più o meno accentuato in funzione della disponibilità di risorse, competenze amministrative e strumenti conoscitivi (EEA, 2024; IPCC, 2022). Analisi recenti sulla resilienza territoriale in Italia evidenziano infatti una distribuzione fortemente eterogenea delle capacità di risposta ai rischi ambientali, economici e sociali tra regioni e sistemi locali, con differenze marca-

te tra aree urbane più integrate nei circuiti economici e territori periferici o marginali. In tali condizioni, **i territori con minori capacità istituzionali tendono ad adottare approcci più reattivi che proattivi nella gestione dei rischi climatici**. La distribuzione diseguale della resilienza territoriale è illustrata anche da recenti analisi sviluppate dal CMCC (Marzi et al., 2019; vedi Figura 3), che esaminano diverse dimensioni per valutare la resilienza delle aree considerate: accesso ai servizi, qualità delle istituzioni, condizioni abitative e densità di popolazione, coesione sociale, istruzione, stato ambientale e protezione degli ecosistemi, capacità e distribuzione economica. Lo studio mostra come la **capacità di risposta dei territori italiani ai cambiamenti climatici vari significativamente tra regioni e sistemi locali, riflettendo differenze strutturali nelle dotazioni economiche, istituzionali e infrastrutturali**.

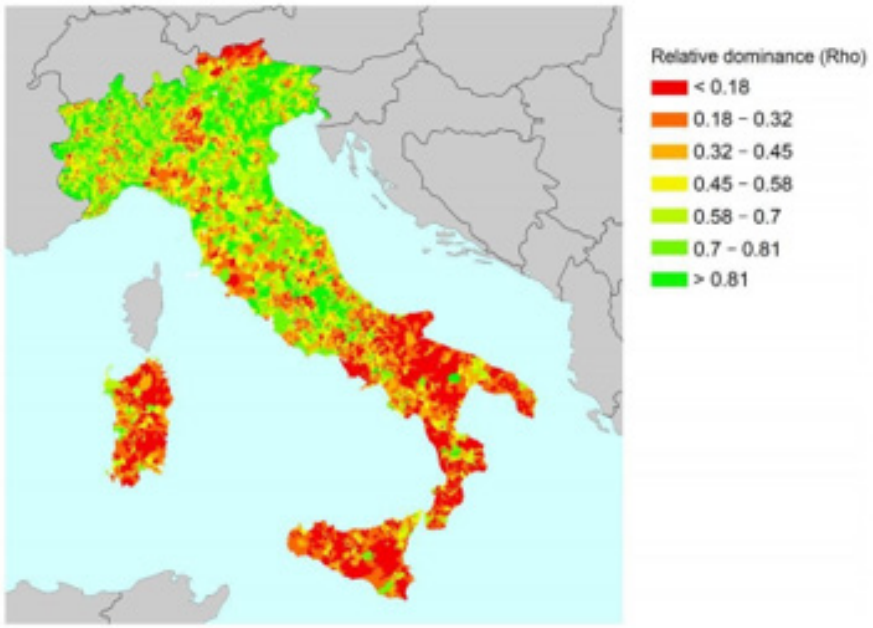

Figura 3 – Indice composito di resilienza ai disastri a scala comunale in Italia, costruito combinando indicatori sociali, economici, infrastrutturali, istituzionali e ambientali. I valori sono normalizzati su una scala 0–1: valori più vicini a 1 indicano maggiore resilienza territoriale ai disastri naturali, mentre valori prossimi a 0 indicano livelli più bassi di resilienza e maggiore vulnerabilità.

Alle disparità strutturali si affiancano le dimensioni sociale, culturale e percettiva. In molte comunità, l'adattamento è percepito come un tema tecnico, distante, senza un impatto diretto, portando alla luce una mancanza di trasparenza e, di conseguenza, mancanza di fiducia nel sistema. La mancanza di processi partecipativi limita la costruzione della consapevolezza e della fiducia. Senza un coinvolgimento attivo delle persone nei processi decisionali, anche le migliori soluzioni tecniche rischiano di non essere accettate o sostenute nel tempo. In questa direzione si inserisce la Eu Mission on Adaptation to Climate Change (European Commission, 2025), una delle cinque missioni di ricerca e innovazione lanciate dalla Commissione europea nell'ambito del programma Horizon Europe, che mira a supportare almeno 150 regioni e comunità europee nel percorso verso la resilienza climatica entro il 2030, offrendo strumenti di pianificazione, conoscenza e finanziamento a supporto delle autorità locali e regionali.

Tuttavia, nonostante queste iniziative, persistono importanti criticità nella capacità di tradurre conoscenze e strumenti disponibili in processi decisionali efficaci. Spesso le informazioni e le conoscenze restano confinate in ambiti disciplinari separati (ad esempio ambientali, idraulici, urbanistici) e faticano a confluire in strumenti integrati e usabili. La digitalizzazione delle infrastrutture procede, ma in modo disomogeneo, esponendo a nuovi rischi di dipendenza tecnologica e di vulnerabilità informatica; allo stesso tempo, strumenti avanzati, inclusa l'intelligenza artificiale, potranno contribuire alla resilienza dei sistemi infrastrutturali solo se supportati da adeguati investimenti in competenze, interoperabilità dei dati e sicurezza. Inoltre, sul piano finanziario, mancano spesso strumenti strutturati per incentivare l'adattamento in modo equo e anticipato. I fondi esistenti risultano spesso frammentati, vincolati a logiche progettuali e temporali e distribuiti tra diversi programmi e livelli di governo, con una limitata capacità di convergere in strategie integrate di lungo periodo (European Commission, 2021; Camera dei Deputati, 2024; ASviS, 2025). Ne deriva una prevalenza di interventi reattivi o settoriali, piuttosto che di investimenti orientati alla gestione sistemica del rischio. Tale configurazione appare particolarmente critica alla luce delle evidenze economiche più recenti, che indicano come l'inazione climatica comporti costi significativamente superiori rispetto agli investimenti preventivi, mentre le misure di

adattamento possono generare ritorni economici multipli nel lungo periodo (WEF, 2024). La situazione attuale mostra quindi **un sistema che riconosce la necessità di adattarsi, ma che ancora fatica a trasformare tale consapevolezza in una strategia operativa, equa e condivisa**. L'urgenza climatica impone un **salto di scala**: non solo progettare opere più resistenti, ma costruire un ambiente abilitante fatto di dati, norme, competenze e processi collaborativi. Rispetto ad altri Stati europei, **l'Italia mostra ritardi significativi**: mentre Paesi come i Paesi Bassi o la Germania hanno da tempo adottato strategie nazionali di adattamento e sistemi di monitoraggio consolidati (BMUV, 2020; Government of the Netherlands, 2023), il nostro Paese si è dotato solo nel 2023 del primo Piano nazionale di adattamento, con evidenti gap nella traduzione delle conoscenze scientifiche in pratiche operative (EEA, 2024; MASE, 2023).

3. Scenari

Per costruire scenari e visioni sulle infrastrutture resilienti al cambiamento climatico, è necessario partire dagli **elementi di trasformazione** che meglio riflettono le tensioni strutturali, istituzionali e territoriali che attraversano oggi la società italiana. L'uso degli scenari consente di esplorare **futuri plausibili** senza attribuire probabilità, ma mettendo in luce le implicazioni delle diverse traiettorie decisionali.

Le infrastrutture non sono solo opere fisiche, ma costituiscono sistemi che organizzano e rendono possibile il funzionamento delle società contemporanee. Reti, impianti, dispositivi digitali e spazi pubblici strutturano dinamiche sociali, economiche, politiche e territoriali, influenzano le capacità di governo e incidono sull'accesso ai diritti fondamentali. **La loro funzionalità si estende ben oltre la dimensione tecnica, integrandosi con processi di sviluppo economico, coesione sociale, governance istituzionale, trasformazioni culturali e adattamento climatico, riflettendo al tempo stesso visioni implicite di sviluppo, sicurezza, equità e futuro.**

L'analisi del quadro di riferimento attuale ha consentito di determinare un insieme di ambiti ed incertezze (*Tabella 1*) che possono condizionare l'adattamento infrastrutturale in Italia.

Ambito	Incertezza esplorata
Clima	Intensità e frequenza futura degli eventi estremi
Tecnologia	Diffusione e accessibilità delle soluzioni digitali adattive
Governance	Livello di coordinamento tra istituzioni multilivello
Finanza pubblica	Continuità e coerenza dei meccanismi di investimento in adattamento
Società e territorio	Disomogeneità nella capacità locale di risposta e pianificazione
Cultura civica	Evoluzione della percezione del rischio climatico da parte di cittadini e operatori
Dati e conoscenza	Qualità, condivisione e uso delle informazioni sui rischi climatici nella pianificazione, prioritizzazione e anticipazione

Tabella 1 – Ambiti e incertezze critiche considerate per l'analisi dell'adattamento infrastrutturale.

Le **incertezze** rappresentano le polarità sistemiche che plasmano il futuro della resilienza infrastrutturale, influenzando direttamente la coesione territoriale, la giustizia climatica - intesa come la distribuzione equa degli impatti del cambiamento climatico e delle capacità di adattamento tra territori e gruppi sociali (IPCC, 2022) -, l'efficacia istituzionale e la qualità della vita. Esse attraversano conflitti tra innovazione rapida e capacità di adattamento, tra centralizzazione e autonomia locale, tra visione strategica e risposta emergenziale. Le infrastrutture del futuro saranno il prodotto visibile di queste tensioni: strumenti di protezione o fattori di vulnerabilità, leve di coesione o motori di disuguaglianza.

Le incertezze analizzate si articolano lungo **tre dimensioni principali**, tra loro interdipendenti:

- strutturale e fisica. Gli shock esterni e le risposte disponibili in termini di innovazione e soluzioni adattive;
- istituzionale ed economica. Chi decide, come coordina e come finanzia l'adattamento;
- socio-culturale. Le capacità, le percezioni e le basi informative che abilitano o, al contrario, possono frenare le scelte.

Questa articolazione evidenzia la **visione multilivello** adottata: le incertezze non sono compartimenti stagni, ma ambiti fortemente interconnessi. Un ritardo istituzionale o finanziario può vanificare un'innovazione tecnologica, così come una percezione distorta del rischio può ostacolare l'attuazione di strategie ben progettate; allo stesso tempo, l'accesso alle tecnologie può dipendere da investimenti pubblici e da capacità territoriali.

Le incertezze definiscono il contesto della riflessione strategica. Da queste emergono due fattori chiave – **capacità decisionale e coesione territoriale** – utilizzati per costruire la **matrice degli scenari**, in quanto determinano come istituzioni, territori e società rispondono ai cambiamenti climatici.

Il primo fattore chiave riguarda il **tipo di approccio decisionale prevalente nei prossimi decenni**. Questo può essere letto lungo un continuum: da forme anticipatorie, fondate su pianificazione preventiva, simulazione e gestione proattiva del rischio, a modalità prevalentemente reattive, guidate dall'emergenza e da adattamenti ad hoc. Tra questi estremi, sono possibili configurazioni intermedie: contesti in cui coesistono approcci diversi (ad esempio a livello territoriale), oppure situazioni caratterizzate da inerzia decisionale, in cui la capacità di risposta resta limitata o discontinua.

Il secondo fattore chiave riguarda la **forma della governance territoriale**. Anche in questo caso si configura lungo un continuum: da modelli coordinati e multilivello, capaci di integrare politiche e ridurre le disuguaglianze infrastrutturali, a configurazioni frammentate, caratterizzate da risposte locali disomogenee e dall'assenza di una direzione condivisa. Tra questi estremi possono emergere assetti intermedi, in cui il coordinamento è parziale o diseguale tra territori, dando luogo a forme di adattamento 'a macchia di leopardo' e a capacità di risposta fortemente variabili.

L'intersezione tra questi due fattori genera una **matrice che evidenzia quattro scenari** (*Figura 4*). Ciascuno rappresenta una configurazione coerente di scelte, capacità decisionali e livelli di coordinamento, mostrando come diverse traiettorie possano rafforzare – o compromettere – la resilienza del sistema infrastrutturale.

Per la natura di questo brief, non è stato possibile intraprendere un percorso di costruzione di scenari pienamente partecipativo - come di norma dovrebbe avvenire - bensì un confronto tra esperti e esperte. L'obiettivo del brief è **stimolare una discussione informata e scientificamente solida**.

La matrice non rappresenta infatti una previsione, ma uno strumento per supportare il ragionamento strategico in condizioni di incertezza.

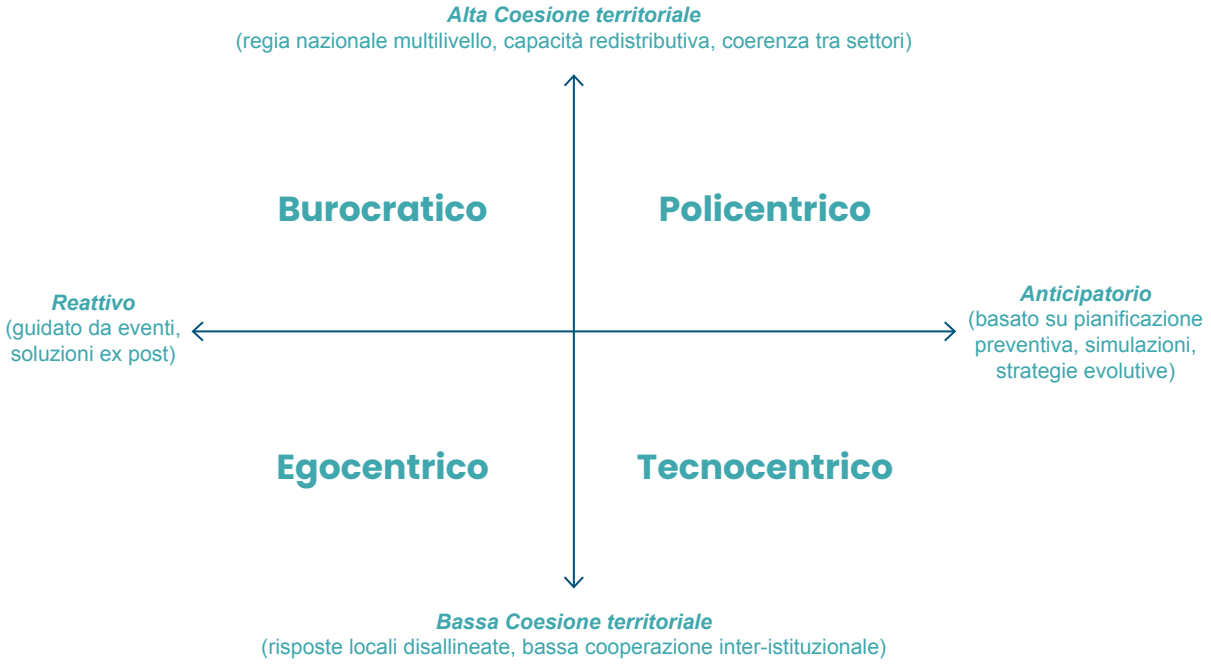

Figura 4 – Matrice degli scenari costruita a partire dai due fattori chiave: capacità decisionale (asse verticale) e coesione territoriale (asse orizzontale).

Lo **scenario policentrico** descrive un adattamento distribuito, sorretto da una forte innovazione dal basso e da una capacità di visione locale. In questo futuro, l'Italia promuoverà un adattamento fortemente territoriale e decentrato. Regioni, città metropolitane e alcune aree interne si sono dotate di strumenti propri: *digital twin*, piani climatici locali, co-progettazione partecipata. La governance nazionale ha lasciato ampio margine alle iniziative autonome, favorendo la resilienza civica, ma senza consolidare un coordinamento multilivello. Alcuni territori sono modelli di adattamento distribuito; altri restano scoperti. Le interconnessioni tra reti si basano su logiche orizzontali, spesso non formalizzate. Il rischio è un Paese diseguale, in cui l'accesso alle infrastrutture sicure dipende dalla capacità locale di mobilitare risorse e di visione.

Lo **scenario tecnocentrico** rappresenta un futuro in cui l'ambizione tecnica è spinta oltre i limiti e la fiducia nelle soluzioni innovative diventa eccessiva. L'Italia accelera la transizione infrastrutturale: reti intelligenti, progettazione predittiva, intelligenze artificiali che regolano flussi energetici, idrici e di trasporto. Le decisioni sono centralizzate, coordinate da un potere forte e sorrette da standard europei, come decreti emanati da un'unica regia. Tuttavia, la velocità del cambiamento ha superato la capacità di controllo. Alcuni sistemi, sovraccaricati o troppo dipendenti dall'automazione, hanno causato collassi imprevisti. I territori meno digitalizzati restano esclusi dai benefici. L'innovazione ha generato nuove forme di vulnerabilità, anche sociali, e la fiducia pubblica vacilla.

Lo **scenario burocratico** raffigura un'Italia che ha scelto la via della difesa e della prudenza tecnica. Lo Stato mantiene una regia forte, ma orientata a un approccio conservativo: si investe in grandi opere e nel consolidamento delle infrastrutture esistenti, senza mettere in discussione il modello. Le soluzioni sono solide ma rigide, standardizzate e sorrette da protocolli inflessibili. Le comunità locali non partecipano alla definizione delle priorità. La resilienza è interpretata come contenimento e protezione, non come leva trasformativa. Il sistema regge, ma resta statico: non impara, non si adatta, non anticipa. Ogni evento fuori scala indebolisce la stabilità del sistema, generando discontinuità, ritardi e tensioni istituzionali.

Lo **scenario egocentrico** rappresenta il collasso dell'adattamento. Il sistema infrastrutturale è aggrovigliato e fragile, senza regia né regole comuni: ogni ente agisce per conto proprio, i piani restano sulla carta, i fondi si disperdono in emergenze continue. Le reti subiscono interruzioni frequenti e vengono gestite in modo improvvisato. La fiducia istituzionale è svanita: i cittadini sopravvivono adattandosi da soli o abbandonando i territori più fragili. La resilienza è ridotta a una pratica individuale di sopravvivenza, più che a un progetto collettivo.

4. La visione

La visione al 2050 è costruita selezionando elementi ritenuti desiderabili da ciascuno degli scenari esplorati. Difatti, gli scenari non sono concepiti come modelli da replicare, ma come **strumenti di esplorazione**: ciascuno mette in evidenza criticità e potenziali leve di trasformazione. La visione è costruita selezionando e ricombinando in modo intenzionale questi elementi, per definire una traiettoria desiderabile e coerente. Questo approccio è coerente con pratiche di foresight che combinano scenari esplorativi e visioni normative per orientare le politiche pubbliche (European Commission, 2021).

Tabella 2 esplicita quali caratteristiche sono state assunte come leva trasformativa, quali sono state parzialmente integrate e quali sono state consapevolmente escluse. Su questa base, **prende forma una traiettoria volta a una trasformazione resiliente, equa e sistemica delle infrastrutture critiche italiane**. La *roadmap* che segue non rappresenta una previsione né uno scenario tra gli altri, ma uno scenario ideale cui ispirarsi e da prendere come modello di riferimento per lo sviluppo.

Scenario	Elementi assunti nella visione	Elementi esclusi (da evitare)
Policentrico	*Empowerment* territoriale. Co-progettazione pubblica. Strumenti digitali locali. Pluralità di soluzioni contestualizzate	Assenza di coordinamento centrale. Disuguaglianza tra territori
Tecnocentrico	Infrastrutture intelligenti. Modellazione predittiva. Dati integrati per la governance	Affidamento cieco alla tecnologia. Esclusione digitale
Burocratico	Presidi istituzionali affidabili. Regole condivise. Standard di sicurezza infrastrutturale	Rigidezza tecnica. Mancanza di adattabilità locale
Egocentrico	Nessun elemento assunto	Frammentazione istituzionale. Emergenzialità permanente. Erosione della fiducia

Tabella 2 – Elementi selezionati ed esclusi per la costruzione della visione al 2050, derivati dall'analisi comparata dei quattro scenari

La selezione riflette un approccio di *backcasting*, che parte da un futuro desiderabile per identificare le azioni necessarie nel presente.

Secondo questa visione, nel 2050, l'Italia dispone di un sistema infrastrutturale profondamente trasformato: adattivo, equo, interconnesso. Le infrastrutture non sono più soltanto opere fisiche che reagiscono a eventi climatici e non-climatici (EEA, 2024), ma organi vitali di un Paese che anticipa, coopera e apprende. **L'adattamento al cambiamento climatico non è più né una voce residuale nei bilanci pubblici né un esercizio tecnico, ma un principio guida che orienta la pianificazione, gli investimenti e la governance**. In questo futuro, le ondate di calore estreme, le piogge improvvise e gli innalzamenti del mare non sono più minacce impreviste, ma variabili integrate nella progettazione quotidiana: le reti si adattano, i territori rispondono, le comunità sono preparate.

Le reti idriche, energetiche, di trasporto e digitali sono progettate con logiche modulari e intelligenti, basate su scenari climatici dinamici e aggiornati. Ogni territorio dispone di strumenti digitali accessibili per monitorare, simulare e negoziare le scelte infrastrutturali. Gli open data (dalle allerte idro-meteorologiche del Sistema Nazionale Allerta Meteo, ai dataset satellitari e climatici su diversi orizzonti di Copernicus, fino alle mappe di rischio idrogeologico dell'ISPRA) sono integrati a tutti i livelli decisionali: dai comuni più piccoli ai centri nazionali di coordinamento. Questi strumenti, che un tempo servivano solo a reagire all'emergenza, nel 2050 consentono di **agire in anticipo, di condividere responsabilità e di costruire fiducia**.

In questo futuro, l'**equità territoriale è diventata un pilastro della resilienza**. Ogni comune, indipendentemente dalla sua dimensione o dalla sua collocazione geografica, ha accesso a risorse, competenze e piattaforme per progettare infrastrutture adattive. Le comunità partecipano ai processi attraverso forme di co-progettazione trasparente, che valorizzano il sapere locale e l'esperienza quotidiana. **La pianificazione non si fa più "per" i territori, ma con i territori**. Questo approccio ha ridotto le disuguaglianze strutturali e ha rafforzato la coerenza multilivello tra le istituzioni nazionali, regionali e locali.

Le infrastrutture stesse si sono evolute: non sono più soltanto canali di flusso, ma sistemi infrastrutturali interconnessi e digitalizzati, capaci di rilevare criticità, riorganizzarsi in tempo reale e contribuire al benessere collettivo. I progetti non si limitano più alla "messa in sicurezza" passiva, ma integrano funzioni rigenerative: contribuiscono alla salute pubblica, all'inclusione sociale, alla tutela ambientale.

La governance dell'adattamento è diventata una responsabilità condivisa e continua. Un sistema integrato di norme, incentivi e standard guida le decisioni pubbliche, premiando soluzioni resilienti, inclusive e basate sull'evidenza. Gli investimenti in infrastrutture sono valutati non solo per il loro costo, ma anche per la loro capacità trasformativa: la loro utilità si misura in anni di resilienza garantita, in persone raggiunte, in crisi evitate, in perdite economiche ridotte. In un contesto di rischi climatici crescenti, l'inazione può comportare costi economici estremamente elevati: secondo il *World Economic Forum*, gli impatti economici legati ai rischi climatici sono più che raddoppiati negli ultimi vent'anni e potrebbero raggiungere perdite annuali nell'ordine di trilioni di dollari nelle prossime decadi (WEF, 2024).

La cittadinanza ha acquisito un nuovo ruolo: non più spettatrice ma co-protagonista dell'adattamento. Le nuove generazioni crescono in contesti educativi che valorizzano la comprensione del rischio, la progettualità pubblica, il rapporto tra clima e società, promuovendo una partecipazione inclusiva e attenta anche alla parità di genere. L'alfabetizzazione climatica è divenuta un bene collettivo, così come la cura delle infrastrutture.

Nel 2050, le incertezze si trasformano in leve di resilienza: il clima è gestito tramite scenari dinamici, la tecnologia è accessibile, la governance coordinata, la finanza pubblica stabile, le comunità locali protagoniste, la cultura civica consapevole e i dati integrati nelle decisioni. Insieme costruiscono un sistema capace di apprendere dal cambiamento e di trasformarlo in opportunità. In questa visione, il sistema infrastrutturale italiano è robusto, equo e affidabile: un'infrastruttura del futuro, ancorata alla realtà ma capace di trasformarla, frutto di una decisione collettiva per convivere con il cambiamento in modo giusto e lungimirante. Elementi di questa visione sono già oggi rintracciabili in esperienze concrete in Italia e in Europa, come il Piano di adattamento climatico di Bologna (BLUEAP) o la Strategia di adattamento climatico del Comune di Roma, il Delta Programme nei Paesi Bassi e le infrastrutture dati del programma europeo Copernicus, che mostrano come pianificazione anticipatoria, coordinamento multilivello e uso integrato delle informazioni climatiche possano tradursi in pratica (Comune di Bologna, 2015; Roma Capitale, 2024; Delta Programme, 2023; European Commission, 2024).

5. Orientamenti di policy

Gli scenari e la visione al 2050 descrivono un futuro possibile in cui l'**adattamento infrastrutturale è la leva per la resilienza del Paese**. L'adattamento infrastrutturale al cambiamento climatico non può più essere inteso come un sottoinsieme della politica ambientale, né come una competenza tecnica da delegare esclusivamente alla sola progettazione. Occorre riconoscerlo come un **campo strategico e trasversale**, che richiede una governance coerente, una capacità anticipatoria distribuita e una riformulazione dei modelli di investimento pubblico. I prossimi anni rappresentano una finestra di opportunità limitata: il rischio non è solo subire eventi estremi più frequenti, ma anche entrare in una traiettoria di regressione sistemica da cui sarà difficile uscire, oppure, se le scelte saranno lungimiranti, avviare una spirale di crescita e rafforzamento della resilienza.

Per agire in modo efficace, le politiche devono dotarsi di un **quadro nazionale abilitante** che aggiorni gli strumenti normativi, gli indirizzi finanziari e i modelli decisionali. Serve una strategia nazionale di anticipazione e adattamento infrastrutturale, coerente con gli indirizzi europei e con il PNACC (quest'ultimo, anche grazie all'istituto dell'osservatorio), che integri dati climatici aggiornati, definisca livelli essenziali di resilienza e promuova la coerenza tra i piani urbanistici, energetici, idrici e di trasporto. Questo richiede anche una revisione dei codici tecnici e degli standard di progettazione, oggi ancora fondati su dati climatici storici e scarsamente orientati a un futuro climatico in evoluzione.

Parallelamente, è necessario **rafforzare le capacità territoriali**, in particolare nei piccoli comuni e nelle aree interne. Le politiche di adattamento non possono prescindere dal riconoscimento della disuguaglianza infrastrutturale già esistente. Per ridurre questo divario, occorre creare meccanismi redistributivi chiari e anticipare dinamiche di sistema: non solo finanziamenti, ma anche assistenza tecnica, condivisione di strumenti digitali e percorsi formativi. I *digital twin*, le piattaforme climatiche, gli strumenti predittivi devono diventare accessibili e standardizzati, non riservati ai contesti più avanzati.

Una terza direzione riguarda la **costruzione di una governance multilivello**: senza una regia nazionale stabile e senza il coinvolgimento effettivo degli enti locali, l'adattamento resterà disomogeneo e frammentario. Serve una regia che non sia solo centrale, ma capace di abilitare scelte locali coerenti con un quadro comune e a lungo termine. Le istituzioni dovrebbero investire in processi di co-progettazione, in piattaforme pubbliche per la trasparenza dei dati e in indicatori condivisi per valutare l'efficacia delle scelte e per la costruzione e l'analisi di scenari futuri.

Infine, va **ripensato il ciclo della spesa pubblica infrastrutturale in chiave climatica**. Ogni investimento, anche al di fuori delle opere esplicitamente legate al rischio, dovrebbe essere valutato in termini di resilienza integrata, impatto climatico e valore adattivo. Questo implica ridefinire le metriche con cui si giudica l'efficienza e l'equità degli interventi, includendo la dimensione del lungo periodo e la capacità di prevenire effetti a catena.

In sintesi, **la resilienza infrastrutturale deve diventare un criterio ordinatore delle politiche pubbliche, non un intervento emergenziale accessorio**. L'Italia dispone di conoscenze, tecnologie e reti istituzionali per fare questo salto di scala. Ma serve una volontà politica esplicita, capace di coniugare visione, coerenza e giustizia territoriale. Solo così le infrastrutture diventeranno non solo barriere contro il rischio, ma anche motori di coesione e progresso.

Referenze

American Society of Civil Engineers (ASCE) (2025). 2025 Report Card for America's Infrastructure. Reston, VA: ASCE. infrastructurereportcard.org/wp-content/uploads/2025/03/Full-Report-2025-Natl-IRC-WEB.pdf

Aspen Institute Italia (n.d.). Infrastructure: Building Italy's Future. Aspen Institute Italia. Disponibile su: www.aspeninstitute.it/en/infrastructure-building-italys-future

Banca d'Italia (2021). Infrastrutture e crescita economica: evidenze per l'Italia. Questioni di Economia e Finanza (Occasional Papers), No. 635. www.bancaditalia.it/pubblicazioni/qef/2021-0635/QEF_635_21.pdf

Berke, P., & Lyles, W. (2013). Public risks and the challenges to climate-change adaptation: A proposed framework for planning in the age of uncertainty. Cityscape, 15(1), 181–208.

Biesbroek, R., Dupuis, J., Wellstead, A., et al. (2015). Opening up the black box of adaptation decision-making. Nature Climate Change, 5, 493–494. doi.org/10.1038/nclimate2615

Brath, A., Casagli, N., Marani, M., Mercogliano, P., & Motta, R. (2023). Rapporto della Commissione tecnico-scientifica istituita con deliberazione della Giunta Regionale n. 984/2023 e determinazione dirigenziale 14641/2023, al fine di analizzare gli eventi meteorologici estremi del mese di maggio 2023. Regione Emilia-Romagna – Direzione Generale Cura del Territorio e dell'Ambiente, Bologna. www.regione.emilia-romagna.it/alluvione/rapporto-della-commissione-tecnico-scientifica/20231212_rapporto_commissione_rer.pdf/@@download/file/2023.12.12%20Rapporto%20Commissione%20RER_Definitivo%20%281%29.pdf

Buhl, M., & Markolf, S. (2023). A review of emerging strategies for incorporating climate change considerations into infrastructure planning, design, and decision making. Sustainable and Resilient Infrastructure, 8(sup1), 157–169. doi.org/10.1080/23789689.2022.2134646

Camera dei Deputati (2024). Rapporto sulle infrastrutture in Italia. Roma. www.camera.it/application/xmanager/projects/leg19/file/Rapporto_Infrastrutture_Dicembre_2024_WEB.pdf

Carraro, C. (ed.) (2022), "Cambiamenti climatici, infrastrutture e mobilità", Il Mulino, Bologna. hdl: 10278/5014222.

Comune di Bologna (2015) – BLUEAP: Bologna Local Urban Environment Adaptation Plan for a Resilient City

Copernicus Climate Change Service (C3S), 2024. Global Temperature Trend Monitor. ECMWF on behalf of the European Union.

Deloitte (n.d.). Infrastrutture e innovazione: sfide e opportunità per una società sostenibile. Deloitte Insights Italia. Disponibile su: www.deloitte.com/it/it/Industries/government-public/about/infrastrutture-innovazione-sfide-opportunita-societa-sostenibile.html

Delta Programme (2023) – Delta Programme 2024: Continuing the Work on the Delta

EEA, 2024. European Climate Risk Assessment (EUCRA). European Environment Agency.

European Commission: Directorate-General for Research and Innovation, Mission area – Adaptation to climate change, including societal transformation – Foresight on demand brief in support of the Horizon Europe mission board, Publications Office of the European Union, 2021, data.europa.eu/doi/10.2777/53790

European Commission (2024) – Copernicus Climate Change Service (C3S).

European Commission: Directorate-General for Climate Action, EU missions, adaptation to climate change – Activity report – April 2025, Publications Office of the European Union, 2025, data.europa.eu/doi/10.2834/3354252

European Environment Agency (2023). Transport and climate change adaptation.

Federal Ministry for the Environment (BMUV) (2008; updated 2020). German Strategy for Adaptation to Climate Change (DAS). Berlin.

Freshfields (n.d.). Inside Infrastructure: Your insights into Italy. Freshfields – Transactions. Disponibile su: transactions.freshfields.com/post/102l7ql/inside-infrastructure-your-insights-into-italy

Government of the Netherlands (2023). Delta Programme 2024: Continuing the Work on the Delta. The Hague.

Hallegatte, S., Rentschler, J., & Rozenberg, J. (2019). Lifelines: The Resilient Infrastructure Opportunity. World Bank. doi.org/10.1596/978-1-4648-1430-3

IEA (2021). Climate Resilience for Energy Transition. International Energy Agency. www.iea.org/reports/climate-resilience-for-energy-transition

Il Sole 24 Ore (n.d.). Identity-making infrastructure: from United Italy to the challenges of future mobility. Il Sole 24 Ore. Disponibile su: en.ilsole24ore.com/art/identity-making-infrastructure-from-united-italy-challenges-future-mobility-AHXuVd0D

Intesa Sanpaolo IMI Corporate & Investment Banking (n.d.). Investing in Infrastructure.Intesa Sanpaolo IMI – Insights. Disponibile su: imi.intesasanpaolo.com/en/insights/point-of-view/investing-in-infrastructure

IPCC (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. doi.org/10.1017/9781009157896

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

Marzi S, Mysiak J, Essenfelder AH, Amadio M, Giove S, Fekete A (2019) Constructing a comprehensive disaster resilience index: The case of Italy. PLoS ONE 14(9): e0221585. doi.org/10.1371/journal.pone.0221585

MASE, 2023. Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (PNACC). Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica.

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (2023). Emilia-Romagna, percorribili in treno le tratte Bologna-Rimini e Bologna-Ravenna. Disponibile su: www.mit.gov.it/comunicazione/news/emilia-romagna-percorribili-treno-tratte-bologna-rimini-e-bologna-ravenna

OECD (2020). Enhancing the Resilience of Critical Infrastructure.

OECD (2024), "Inclusive Infrastructure: Scaling-up local investment in the United States", OECD Publishing, Paris, doi.org/10.1787/4c8c6c4e-en.

Polo López, C.S., Sciarretta, F., Athanasopoulou, A., Tsionis, G., Denton, S. et al., The second-generation Eurocodes: key changes and benefits through design examples - Technical contributions from the online Workshop, 3-5 June 2025, Polo López, C.S. and Sciarretta, F. (editors), Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2025, data.europa.eu/doi/10.2760/3056713, JRC144386.

Polo López, C.S., Tsionis, G., Athanasopoulou, A., Sciarretta, F., Reder, A., et al., Climate change adaptation for the built environment: development and needs for structural design standards, Tsionis, G. and Polo López, C.S., Editors, European Commission, Joint Research Centre, Publications Office of the European Union, Luxembourg (Luxembourg), 2025, data.europa.eu/doi/10.2760/3620533, JRC143275.

RaiNews (2022a). Il caldo deforma i binari a La Spezia, deraglia locomotore. Milano, i binari della metro toccano i 60°. Disponibile su: www.rainews.it/articoli/2022/07/il-caldo-deforma-i-binari-a-la-spezia-deraglia-locomotore-milano-i-binari-della-metro-toccano-60-0ba226e9-b0ae-4e07-bffe-fe9b3aa71c0f.html

RaiNews (2022b). Forti ondate di calore danneggiano i cavi: diverse abitazioni di Napoli restano per ore senza luce. Disponibile su: www.rainews.it/articoli/2022/06/forti-ondate-di-calore-danneggiano-i-cavi-diverse-abitazioni-di-napoli-restano-per-ore-senza-luce-ced31872-583a-4ffe-8a2d-7e08d01314ed.html

Roma Capitale (2024). Strategia di adattamento climatico di Roma Capitale. Disponibile online: www.comune.roma.it/web-resources/cms/documents/StrategiaAdapt_DEF2024.pdf

Singh, P., Amekudzi-Kennedy, A., Ashuri, B., Chester, M., Labi, S., & Wall, T. A. (2023). Developing adaptive resilience in infrastructure systems: An approach to quantify long-term benefits. Sustainable and Resilient Infrastructure, 8(sup1), 26–47. doi.org/10.1080/23789689.2022.2126631

Spano D., Mereu V., Bacciu V., Barbato G., Buonocore M., Casartelli V., Ellena M., Lamesso E., Ledda A., Marras S., Mercogliano P., Monteleone L., Mysiak J., Padulano R., Raffa M., Ruiu M.G.G., Serra V., Villani V., 2021. “Analisi del rischio. I cambiamenti climatici in sei città italiane”. DOI: 10.25424/cmcc/analisi_del_rischio_2021

Stanton, M. C. B., & Roelich, K. (2021). Decision making under deep uncertainties: A review of the applicability of methods in practice. Technological Forecasting and Social Change, 171, 120939. doi.org/10.1016/j.techfore.2021.120939

United Nations General Assembly (2015). Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. Resolution A/RES/70/1. Disponibile su: sdgs.un.org/2030agenda

Utopia Lab (2025). Italy August 2025: Between major infrastructure, diplomatic tensions and tests of political stability. Utopia Lab – Report & Analysis. Disponibile su: www.utopialab.it/en/report-analysis/italy-august-2025-between-major-infrastructure-diplomatic-tensions-and-tests-of-political-stability

World Economic Forum (WEF) (2024). The Cost of Inaction: A CEO Guide to Navigating Climate Risk. Geneva: World Economic Forum, in collaboration with Boston Consulting Group.

Autrici e autori

Alfredo Reder, Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici
Jonathan Spinoni, Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici
Paola Mercogliano, Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici

Questo *Future brief* è stato realizzato dal Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici. La responsabilità del documento è esclusivamente delle autrici e degli autori.

Citazione

Reder A. et al. 2026. Trame di Resilienza. Infrastrutture per l'Italia del 2050. *Future Brief* di Ecosistema Futuro & ASviS.

Per maggiori informazioni sulla collana dei *Future brief* si può visitare www.ecosistemafuturo.it. Ecosistema Futuro è un'iniziativa promossa dall'Alleanza Italiana per lo Sviluppo Sostenibile ETS (ASviS).

Comitato editoriale

Andrea Ricci (editor-in-chief), Flavia Belladonna, Maddalena Campioni, Carlo Carraro, Luca De Biase, Enrico Giovannini, Luca Miggiano.

Si ringrazia Elita Viola per la revisione editoriale e Thyper Srl per il soggetto grafico.

ECOSISTEMA FUTURO | ASviS ALLEANZA ITALIANA PER LO SVILUPPO SOSTENIBILE