

**Resilienza delle
Infrastrutture Critiche**

e

Cambiamenti Climatici



Resilienza delle Infrastrutture Critiche e Cambiamenti Climatici



Pubblicato da AIIIC

Ottobre 2023



Questo documento è il risultato di un progetto congiunto coordinato da Sandro Bologna e realizzato con il contributo di (in ordine alfabetico) Silvano Bari, Glauco Bertocchi, Sandro Bologna, Luigi Carrozzì, Gianluca Cipriani, Elenio Dursi, Luisa Franchina, Andrea Agostino Fumagalli, Alberto Stefanini, Alberto Trallesi.

Si ringrazia il socio Leo Poggi per la revisione finale.

AIIC – Tutti i diritti riservati

La proprietà intellettuale del contenuto di questo documento appartiene ai rispettivi autori. Il copyright di questa pubblicazione appartiene alla Associazione Italiana Esperti in Infrastrutture Critiche (AIIC) che in questo caso riveste il ruolo di Editor.

La riproduzione, pubblicazione e trasmissione del presente documento sia in forma cartacea che elettronica è concessa solo dietro esplicita autorizzazione di AIIC. Parti del contenuto del presente documento possono essere citate in altra opera purché accompagnate da esplicita indicazione della fonte.

Le opinioni e le considerazioni presenti in questo documento sono da riferirsi ai singoli partecipanti del Gruppo di Ricerca e non riflettono necessariamente la posizione ufficiale dell'AIIC e delle rispettive aziende di appartenenza. AIIC e gli autori di questo documento non si assumono alcuna responsabilità per eventuali danni di qualsivoglia natura derivanti dall'utilizzo dei contenuti del testo.

Gli autori desiderano ringraziare l'Associazione Italiana Esperti in Infrastrutture Critiche (AIIC) per il suo supporto e stimolo.

La presente versione del Rapporto rappresenta lo stato dell'arte alla data di pubblicazione.

1. INQUADRAMENTO DEL PROBLEMA (<i>Sandro Bologna, Luigi Carrozzi</i>).....	7
1.1 Premessa.....	7
1.2 Resilienza Climatica	8
1.3 Esempi di iniziative per aumentare la resilienza delle Infrastrutture.....	10
1.4 Bibliografia	12
2. OBIETTIVI DEL DOCUMENTO (<i>Sandro Bologna, Luigi Carrozzi</i>)	13
2.1 Premessa.....	13
2.2 Organizzazione del Rapporto.....	13
3. CONSIDERAZIONI METODOLOGICHE (<i>Glauco Bertocchi</i>).....	16
3.1 Introduzione.....	16
3.2 Motivazioni per l'adozione di una metodologia	16
3.3 Quale metodologia?	17
3.4 E' sufficiente applicare una metodologia?	18
3.5 Bibliografia	21
4. CLASSIFICAZIONE DELLE MINACCE RICONDUCEBILI AI CAMBIAMENTI CLIMATICI E CREAZIONE DI CONOSCENZA ORGANIZZATIVA PER GARANTIRE LA RESILIENZA DELLE INFRASTRUTTURE (<i>Luigi Carrozzi</i>).....	22
4.1 Minacce acute e minacce croniche: una classificazione di riferimento	22
4.2 Classificazione delle minacce acute e croniche riconducibili ai cambiamenti climatici e potenziali impatti.....	22
4.3 Dalla valutazione delle minacce all'infrastruttura fisica alle minacce al "servizio" erogato dall'infrastruttura critica.....	24
4.4 Nuove competenze e strumenti per gestire efficacemente la minaccia climatica.....	27
4.5 Dati relativi ai cambiamenti climatici e il contributo dell'Intelligenza Artificiale per le previsioni metereologiche.....	27
5. ENERGIA ELETTRICA (<i>Alberto Stefanini</i>).....	30
Bibliografia.....	38
6. CAMBIAMENTI CLIMATICI E INFRASTRUTTURE DIGITALI (<i>Luisa Franchina, Gianluca Cipriani, Andrea Agostino Fumagalli</i>)	39
6.1 Il contesto attuale	39
6.2 Focus sui data center	44
6.3 Le strategie dei principali attori del settore	47
6.4 Conclusioni	51
6.5 La tabella degli impatti climatici sulle Infrastrutture Digitali	52
7. CAMBIAMENTI CLIMATICI E SISTEMA SANITARIO (<i>Silvano Bari</i>)	57
7.1 Effetti dei cambiamenti climatici sul sistema sanitario.....	57

7.2 Azioni per una protezione del sistema sanitario.....	65
7.3 Contributo del sistema sanitario al miglioramento climatico	66
7.4 Bibliografia	67
8. IMPATTI CLIMATICI SULLE INFRASTRUTTURE ACQUE POTABILI E REFLUE (<i>Glauco Bertocchi /Alberto Traballesi</i>)	69
8.1 Considerazioni generali relative a questa tipologia di infrastrutture critiche	69
8.2 La tabella degli impatti climatici sulle Infrastrutture per Acque Potabili e Reflue	71
8.3 Bibliografia	75
9. ECOSISTEMA DI UNA INFRASTRUTTURA CRITICA (<i>Elenio Dursi</i>).....	77
9.1 Definizione di infrastruttura critica (IC).....	77
9.2 Climatologia; un parametro con cui (ri)confrontarsi.....	77
9.3 Continuità in fase di emergenza.....	78
9.4 Cambiamenti climatici e IC: tessere di un puzzle	79
10. INTERDIPENDENZA DIRETTA TRA LE DIVERSE INFRASTRUTTURE E INDIRETTA TRA LE STESSE COME CONSEGUENZA DEGLI IMPATTI CONSEGUENTI AGLI EVENTI RICONDUCEBILI ALLE MINACCE CLIMATICHE (<i>Sandro Bologna</i>)	80
10.1 Premessa	80
10.2 Breve storia della Modellistica delle Interdipendenze tra IC	80
10.3 Breve linea guida per una valutazione del rischio che dedichi la dovuta attenzione al tema delle interdipendenze.	84
11. CONCLUSIONI.....	87
AUTORI.....	89

1. INQUADRAMENTO DEL PROBLEMA (Sandro Bologna, Luigi Carrozzi)

1.1 Premessa

A livello regionale, nazionale e mondiale, esistono ancora diverse lacune nella comprensione dei legami tra cambiamenti climatici e protezione delle infrastrutture critiche. Le diverse nazioni, tra cui l'Italia, hanno sviluppato piani nazionali di sviluppo sostenibile (*Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica – La Strategia Nazionale per lo Sviluppo Sostenibile*¹), piani di adattamento ai cambiamenti climatici e strategie di riduzione dei rischi naturali (*Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica – Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici*²), nonché una legislazione mirata in materia di protezione delle infrastrutture critiche (*D.Lgs 61/2011: recepimento della direttiva europea 114/2008 e più recentemente Direttiva (UE) 2022/2557 del 14 dicembre 2022 del Parlamento europeo e del Consiglio relativa alla resilienza dei soggetti critici che abroga la direttiva 2008/114/CE del Consiglio*), ma spesso manca una strategia coerente e il coordinamento tra gli organismi che lavorano su settori specifici, nonché una comprensione di come queste diverse politiche dovrebbero interagire. Le politiche attuali e i sistemi normativi della maggioranza dei Paesi contengono misure di protezione contro minacce note, ma forniscono poche indicazioni strategiche per affrontarle. Questioni come la limitazione delle emissioni di gas serra, la gestione dei rischi da calamità naturali, gli impatti negativi dei cambiamenti climatici, come rispondere alle minacce tecnologiche, sono ancora trattati in modo frammentario. Troppo spesso, le attività di valutazione del rischio tengono ancora conto solo dei rischi conosciuti come probabili, senza considerare in modo sistematico i rischi da disastri naturali, gli impatti dei cambiamenti climatici e le interdipendenze. Ciò non significa che i sistemi esistenti debbano essere considerati completamente obsoleti, ma che siano necessari aggiornamenti importanti per affrontare le nuove sfide dei cambiamenti climatici.

Sempre più studi e ricerche confermano, infatti, che gli standard non tengono il passo con il riscaldamento climatico. Il calore estremo può logorare gli edifici: sigillanti, colle e adesivi a base di polimeri che tengono insieme tubi e finestre potrebbero rompersi a temperature estreme. E il rischio non è soltanto per materiali da costruzione come l'acciaio e il cemento armato, con quest'ultimo che potrebbe avere una durata più breve per via di caldo e umidità. Un'altra preoccupazione riguarda i grattacieli in vetro e acciaio: il modo in cui gli edifici con facciate in vetro riflettono la luce solare, infatti, può aumentare le temperature nelle città circostanti fino a circa quattro gradi centigradi durante il giorno, dicono gli esperti³.

Anche le infrastrutture per la mobilità, il trasporto, la logistica e l'energia elettrica sono esposte alle conseguenze dei cambiamenti climatici. Come sottolinea il Rapporto "*Cambiamenti climatici, infrastrutture e mobilità*" pubblicato nel 2022 dall'allora Ministero delle Infrastrutture e della mobilità sostenibili (MIMS), a oggi la maggior parte dei danni per rischi climatici è associata alle esondazioni fluviali. Tra il 2041 e il 2070, tuttavia, saranno la siccità e le ondate di calore le cause principali. Quando il calore si diffonde verso il suolo, pone uno stress significativo sui materiali, che si espandono e si contraggono al variare delle temperature. Un esempio recente è il blackout elettrico

¹ MASE La Strategia Nazionale per lo Sviluppo Sostenibile <https://www.mase.gov.it/pagina/la-strategia-nazionale-lo-sviluppo-sostenibile>

² MASE (PNACC) Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici <https://va.mite.gov.it/it-IT/Oggetti/Documentazione/7726/11206>

³ <https://furanetwork.eu/focus/533-4052/edifici-strade-ma-anche-il-pericolo-sotterraneo-la-minaccia-del-clima-sulle-infrastrutture>

della città di Catania (estate 2023), con tutte le conseguenze dovute alla interdipendenza delle diverse Infrastrutture.

Occorrono politiche di adattamento ai cambiamenti climatici che tengano conto di queste tendenze⁴. In caso contrario il prezzo da pagare sarà molto alto. Secondo le stime del Rapporto del MIMS, con uno scenario di aumento della temperatura poco sotto i tre gradi, in Italia l'impatto economico diretto sulle infrastrutture causato dagli eventi estremi, come ondate di calore e freddo, siccità e incendi, sarebbe pari a due miliardi annui fino al 2030 e circa cinque miliardi annui al 2050.

Purtroppo, i dati sui danni alle infrastrutture attribuibili ai cambiamenti climatici, a livello di sistema completo o più semplicemente parte di esso, sono spesso mancanti, oppure sono calcolati in modo diverso dai diversi Paesi. Lo scopo di questo Documento AIIC è limitato a dare un contributo alla comprensione dei possibili impatti dei cambiamenti climatici alla resilienza di alcune Infrastrutture Critiche, considerando gli impatti ai diversi sottosistemi conseguenti alle minacce derivanti dai cambiamenti climatici.

Lo scrittore Herbert George Wells sintetizza: “Adattarsi, o morire, è l'inesorabile imperativo della natura”.

Garantire la continuità dei servizi essenziali attraverso l'utilizzo di infrastrutture critiche rappresenta un contributo essenziale alla costruzione di un futuro resiliente. Questo Rapporto, partendo dai Rapporti prodotti da AIIC sul tema della Resilienza delle Infrastrutture Critiche dal 2015 ad oggi, vuole essere un primo passo fondamentale verso la comprensione delle nuove minacce riconducibili ai cambiamenti climatici e dove dobbiamo aumentare la nostra attenzione per migliorare la resilienza delle stesse. In particolare, come trattare le nuove minacce derivanti da eventi meteorologici estremi. Tutti gli investimenti pubblici, in infrastrutture e altro, dovrebbero essere sottoposti a un rigoroso processo di valutazione per garantire che vadano nella direzione di aumentare la resilienza del sistema infrastrutturale verso futuri disastri e rischi climatici. Il corretto utilizzo dei dati raccolti sarà un'arma vincente per migliorare la Resilienza delle Infrastrutture ai cambiamenti climatici.

1.2 Resilienza Climatica

Recentemente è stata definita una categoria specifica di resilienza, la resilienza climatica. Essa tratta le minacce esterne legate direttamente ai pericoli naturali influenzati dal clima come il caldo, la siccità, le forti precipitazioni, le inondazioni o le tempeste di vento. Analogamente alla definizione generale di Resilienza, la **Resilienza climatica viene definita come la capacità di un sistema di prevenire, resistere, riprendersi e adattarsi alle minacce imposte dai cambiamenti climatici**. Figura 1.1 bene rappresenta il concetto di Resilienza climatica⁵.

⁴ Rapporto MIMS – Cambiamenti Climatici, Infrastrutture e Mobilità

https://www.mit.gov.it/nfsmitgov/files/media/notizia/2022-02/Rapporto_Carraro_Mims.pdf

⁵Argonne National Laboratory (2012), Resilience: Theory and Applications (ANL/DIS -12- 1)

https://iea.blob.core.windows.net/assets/62c056f7-deed-4e3a-9a1f-a3ca8cc83813/Climate_Resilience.pdf

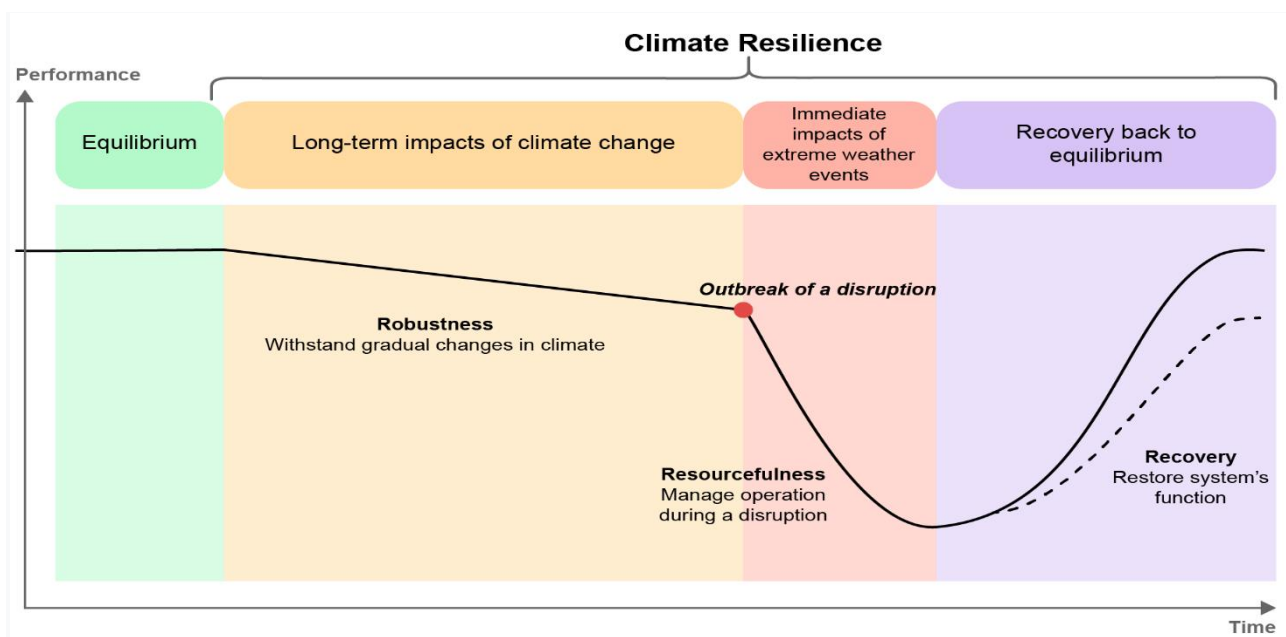


Figura 1.1 - Rappresentazione del concetto di Resilienza Climatica

Argonne National Laboratory (2012), *Resilience: Theory and Applications (ANL/DIS -12- 1)*,
 modificata da International Energy Agency (IEA Climate Resilience 2021, pag. 44)

Molte infrastrutture in uso quotidiano sono obsolete perché costruite secondo criteri e standard in uso ai tempi della loro progettazione e costruzione, di conseguenza la mancanza di adeguate analisi dei rischi derivanti da considerazioni sull'impatto dei cambiamenti climatici nei progetti costruttivi e nei progetti di *retrofitting*, insieme ad una mancanza di investimenti nella costruzione di nuove o nell'ammodernamento di vecchie infrastrutture, sono i fattori da considerare quando si parla di aumento di esposizione alle minacce conseguenti ai cambiamenti climatici.

La resilienza e la sostenibilità delle infrastrutture critiche dipendono dal continuo impegno di progettisti, architetti, sviluppatori, proprietari, operatori e quanti altri coinvolti ad attuare misure adeguate e a conformarsi con standard che incorporino chiaramente il rischio di disastri e considerazioni sull'impatto del cambiamento climatico. I governi, le autorità pubbliche e le autorità di regolamentazione sono principalmente responsabili per lo sviluppo e l'adozione di meccanismi di protezione e regolamenti che incorporano misure per la prevenzione, e la riduzione dei rischi favorendo come risultato la crescita della resilienza quando si progetta, si costruisce, si mantiene o semplicemente si procede ad un adeguamento delle infrastrutture critiche.

La mancanza di adeguati investimenti per aumentare la resilienza delle infrastrutture critiche potrebbe portare a gravi disagi socioeconomici a livello locale, regionale e nazionale, a causa dell'elevato grado di interconnessione tra i Settori identificati nella Direttiva CER⁶ e oggetto di questo Rapporto. La pandemia di COVID-19 ha evidenziato l'importanza di disporre di infrastrutture funzionanti e adatte allo scopo per la fornitura di servizi essenziali. Beni e servizi che in precedenza non erano stati considerati critici sono diventati fondamentali nell'affrontare la crisi della sanità pubblica. I cambiamenti nelle abitudini quotidiane e lavorative e l'improvvisa domanda di servizi online hanno rivelato la necessità di una gestione dei dati più solida.

Aspetto fondamentale nella gestione dei cambiamenti climatici è costituito dalla capacità di creare conoscenza relativa ai rischi che tali cambiamenti possono comportare sulle specifiche tipologie di

⁶ Direttiva CER (Critical Entity Resilience)

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32022L2557&from=IT>

infrastrutture critiche. E' necessario ricorrere a specifiche metodologie di analisi e gestione dei rischi tenendo conto delle minacce tipiche di natura climatica che possono impattare sulla tipologia di infrastruttura critica di riferimento, dell'orizzonte temporale di sviluppo delle minacce, della probabilità che queste si verifichino nell'orizzonte considerato e del relativo impatto. Rispetto alla tradizionale analisi dei rischi in altri settori l'incertezza dello sviluppo temporale diviene fattore critico ai fini della capacità di prevenzione e di costituzione di sistemi e infrastrutture resilienti a tali tipologie i cambiamenti. Si rimanda a tal riguardo ai menzionati contributi già sviluppati da AIIC sulla resilienza delle infrastrutture critiche ma si evidenzia qui la necessità di sviluppare un nuovo "sistema informativo" specifico per tipologia di infrastruttura che raccogliendo i dati di contesto relativi ai cambiamenti climatici sia in grado di generare quell'indispensabile supporto alla conoscenza dei fenomeni utili al riconoscimento di questi, dei loro impatti e delle relative azioni di mitigazione. La matrice di responsabilità di "chi deve fare cosa" nel relativo percorso di analisi e gestione del rischio costituirà inoltre il necessario completamento a tale strategia.

Il tema dei flussi informativi, dei sistemi, dei processi e dei ruoli per la prevenzione degli impatti sulle IC dei cambiamenti climatici dovrebbe essere articolata come segue:

- Quali sono i dati che vanno monitorati
- Quali sono le sorgenti e gli strumenti di rilevazione
- Quali sono i target di riferimento da elaborare (ad es.: elaborazione di valori soglia o di allarme, altri valori e/o statistiche di riferimento) per proteggere le IC
- Chi deve interpretare e prendere decisioni sulla base di tali dati
- Obiettivi e Processi di prevenzione
- Orizzonti di Analisi e programmazione della prevenzione
- Attori privati e pubblici "accountable" per gli obiettivi di prevenzione

1.3 Esempi di iniziative per aumentare la resilienza delle Infrastrutture

Vengono qui riportati i quattro casi citati nella pubblicazione OECD: - *Climate-resilient Infrastructure OECD Environment Policy Paper No. 14*-⁷

Penisola Eyre (Australia)⁸. È stata sviluppata una strategia innovativa per affrontare gli impatti climatici, tra cui le frequenti inondazioni delle infrastrutture costiere. In particolare sono stati sperimentati approcci per il coinvolgimento delle parti interessate (mediante interviste, workshop) e metodologie alternative alla pianificazione delle attività di adattamento alla variabilità climatica centrate sull'utente ed efficienti in termini di utilizzo di risorse. Nel realizzare il progetto è risultato vincente il processo di coinvolgimento "mirato" degli stakeholders ed il concetto di "tempistiche decisionali" correlate al piano, realizzando così un modello in grado di identificare differenti possibili percorsi di adattamento (*Pathways*) calati sulla specifica realtà della Penisola di Eyre.

Ferrovie giapponesi (JR) (Giappone). Il calore estremo deforma i binari ferroviari; l'acciaio nell'espandersi mette sotto stress traversine e sistemi di ancoraggio al suolo. Le Ferrovie Giapponesi volendo perseguire l'obiettivo di "zero incidenti" hanno innalzato lo standard dei valori massimi di temperatura stimata per le infrastrutture ferroviarie da 60°C a 65°C utilizzandolo come parametro di riferimento dei futuri investimenti e sviluppato veicoli dedicati all'attività di manutenzione dei binari in grado di rilevare potenziali aperture dei giunti.

⁷ Cfr.: <https://www.oecd.org/environment/cc/policy-perspectives-climate-resilient-infrastructure.pdf>

⁸ Cfr.: https://coastadapt.com.au/sites/default/files/case_studies/CS02_Eyre_Peninsula_adaptation_policy_making.pdf

Sponge City (Hong Kong, Cina)⁹ La città Hong Kong soggetta a cicloni tropicali e con una piovosità media annua di 2400 mm, risulta una delle città più umide del mondo. Considerando i futuri impatti climatici, il *Drainage Service Department (DSD)* di Hong Kong ha scelto criteri di intervento rispettosi dell'ambiente: invece di costruire infrastrutture per “resistere” alle inondazioni prevede un sistema di drenaggio delle acque (concetto della Città Spugna) in grado di garantire resilienza alle inondazioni e nel contempo migliorare la qualità gli spazi pubblici. E' inoltre previsto un lago di ritenzione delle inondazioni: questo diventerà uno spazio verde aperto al pubblico nei giorni asciutti e fungerà da sito di ritenzione delle inondazioni durante la stagione delle piogge.



Figura 1.2 - Schema della “Città Spugna”

(Fonte: elaborazione da “*Drainage Service Department*” *Sustainability Report 2016-2017 – “Sponge City”*: *Adapting to Climate Change*)

Strategia per la ricostruzione dell'uragano Sandy (USA): nell'agosto 2013, la *task force* per la ricostruzione dell'uragano Sandy ha reso disponibile la "Strategia di ricostruzione dell'uragano Sandy" finalizzata alla ricostruzione delle regioni colpite dall'uragano uragano 2012. La relazione contiene raccomandazioni e politiche per sviluppare un coordinamento a livello regionale degli investimenti infrastrutturali orientati a garantire i necessari aspetti di resilienza attraverso la costruzione di infrastrutture maggiormente adeguate a tale tipologia di rischi. È emersa in particolare la necessità di allineare i finanziamenti federali con i progetti locali di ricostruzione, di ridurre l'eccessiva regolamentazione e di coordinare gli sforzi dei governi federale, statale e locale perseguendo l'ottica regionale al fine di garantire una ricostruzione resiliente ai disastri ed ai cambiamenti climatici che affliggono la regione.

Riguardo l'approccio alla mitigazione del rischio climatico in USA è opportuno segnalare le più recenti “*Nature-Based Solutions*” della Federal Emergency Management Agency (FEMA)¹⁰ che sfruttano, con numerosi vantaggi, i fenomeni naturali e che possono essere applicate a diversi livelli come ad esempio a un intero bacino idrografico oppure ad un sito specifico.

Le soluzioni “*Nature-Based*” proposte da FEMA sono articolate nelle tre seguenti categorie.

- Le pratiche a livello “di bacino” o “di paesaggio” costruiscono sistemi interconnessi di aree naturali e spazi aperti che richiedono pianificazione e coordinamento a lungo termine. Gli esempi includono la conservazione del territorio e le vie verdi.

⁹ Cfr.: <https://www.c40.org/it/case-studies/resilient-water-systems-hong-kong/>
https://www.dsd.gov.hk/Documents/SustainabilityReports/1617/en/sponge_city.html

¹⁰ Cfr.: <https://www.fema.gov/emergency-managers/risk-management/climate-resilience/nature-based-solutions/types>

- Le pratiche a livello “di quartiere” o “di sito” prevedono misure per le zone di caduta dell’acqua piovana al fine di ottimizzarne il deflusso e spesso possono essere integrati in un sito o in un quartiere senza richiedere eccessivi spazi aggiuntivi. Gli esempi includono pavimentazioni permeabili e trincee tra alberi.
- Le pratiche a livello “di costa” stabilizzano le zone costiere, riducono l’erosione e proteggono tali importanti zone dagli impatti delle tempeste. Sebbene molte pratiche a livello di bacino e di quartiere funzionino anche nelle aree costiere, i sistemi costieri sono progettati specificamente per supportare la resilienza costiera.

1.4 Bibliografia

Infrastrutture Clima – Resilienti (*Climate-resilient Infrastructure*, OECD 2018)

Impatto degli estremi climatici sulle infrastrutture critiche (*Escalating impacts of climate extremes on critical infrastructures in Europe*), Journal Elsevier Global Environmental Change, 2018

Rendere le Infrastrutture Critiche Resilienti ai Cambiamenti Climatici (*Making Critical Infrastructure Resilient: Ensuring Continuity of Service - Policy and Regulations in Europe and Central Asia*, UNDRR 2020)

Costruire la Resilienza di una Comunità usando soluzioni prese in prestito dalla natura” (*Building Community Resilience with nature – based solutions*, FEMA, 2021)

Ingegneria per uno Sviluppo Sostenibile (*Engineering for Sustainable Development*, UNESCO, 2021)

Interdipendenze e Rischi Climatici (*Infrastructure Interdependencies + Climate Risks Report*, AECOM C40 Cities 2017)

Rischi Climatici e Risposte (*Climate Risk and Response – physical hazards and socioeconomic impacts*, McKinsey Global Institute 2020)

2. OBIETTIVI DEL DOCUMENTO *(Sandro Bologna, Luigi Carrozzi)*

2.1 Premessa

Lo scopo di questo Rapporto è quello di fornire una panoramica e una valutazione delle misure di resilienza che dovrebbero essere considerate nelle politiche e nelle normative nazionali per la protezione delle infrastrutture critiche contro i disastri naturali e gli impatti negativi dei cambiamenti climatici.

Assumendo come riferimento il Rapporto UNDRR 2020 “*Making Critical Infrastructures Resilient*” le aree che richiedono maggiore attenzione e risorse sono:

misurazione e monitoraggio della vulnerabilità, sensibilità, interdipendenza ed esposizione al rischio climatico degli *asset* che fanno l’infrastruttura critica;

promuovere test periodici per garantire il corretto funzionamento dell’infrastruttura in condizioni climatiche diverse da quelle previste all’atto della progettazione e realizzazione;

rafforzare le regole mirate a favorire una maggiore attività di elaborazione di soluzioni tese a ridurre al minimo il rischio di disastri attribuibili ai cambiamenti climatici;

migliorare le conoscenze di tutti gli *stakeholder* che giocano un ruolo critico nello sviluppo e mantenimento di una certa infrastruttura;

sviluppare una partnership pubblico-privato che può promuovere benefici e sostenibilità per entrambi i soggetti.

Questo Rapporto esamina quattro degli undici settori di infrastrutture critiche previsti dalla Direttiva CER, citatamente: energia elettrica, acque potabili e reflue, infrastrutture digitali, ospedali e infrastrutture per la salute. Questi sono considerati tra i settori vitali per assicurare il normale funzionamento degli Stati e delle imprese, e per supportare la vita quotidiana delle persone. Per aumentare la complessità del problema, i sistemi che caratterizzano questi settori non sono singoli sistemi ma reti di sistemi e stanno diventando sempre più interdipendenti, soprattutto con la digitalizzazione dei servizi. Il che significa che una emergenza locale potrebbe diffondersi rapidamente e portare a gravi interruzioni sia dei servizi offerti dal settore specifico, che da altri settori ad esso collegati. Ciò richiede lo sviluppo di misure di resilienza in grado di affrontare le sfide complesse poste dalla suddetta interdipendenza.

Il Rapporto non tratta l’infrastruttura Trasporti, pur essendo gli autori consapevoli della sua importanza strategica, per scarsità di competenze specifiche in seno alla presente composizione di AIIC.

2.2 Organizzazione del Rapporto

L’attività descritta nel Rapporto è organizzata in tre passi:

- vengono elencate le Minacce riconducibili ai cambiamenti climatici prese in considerazione (Cap. 4);

- per ogni singola Infrastruttura Critica trattata, ad ogni Minaccia vengono associati i possibili Impatti sulla IC (Cap. 5, 6, 7, 8);
- allo scopo di migliorare la Resilienza delle singole IC, ad ogni Impatto dovranno corrispondere delle possibili Azioni. Il Tema sarà trattato in un prossimo Rapporto AIIC

E' necessario essere consapevoli del fatto che nessuna Infrastruttura Critica può operare in isolamento ma piuttosto come "un sistema di sistemi", cioè a dire il fallimento di una infrastruttura potrebbe risultare in una grave interruzione dei servizi offerti dalle altre. La Figura 2.1 presenta uno schema delle relazioni di interdipendenza tra IC e ipotizzabili Minacce Climatiche.

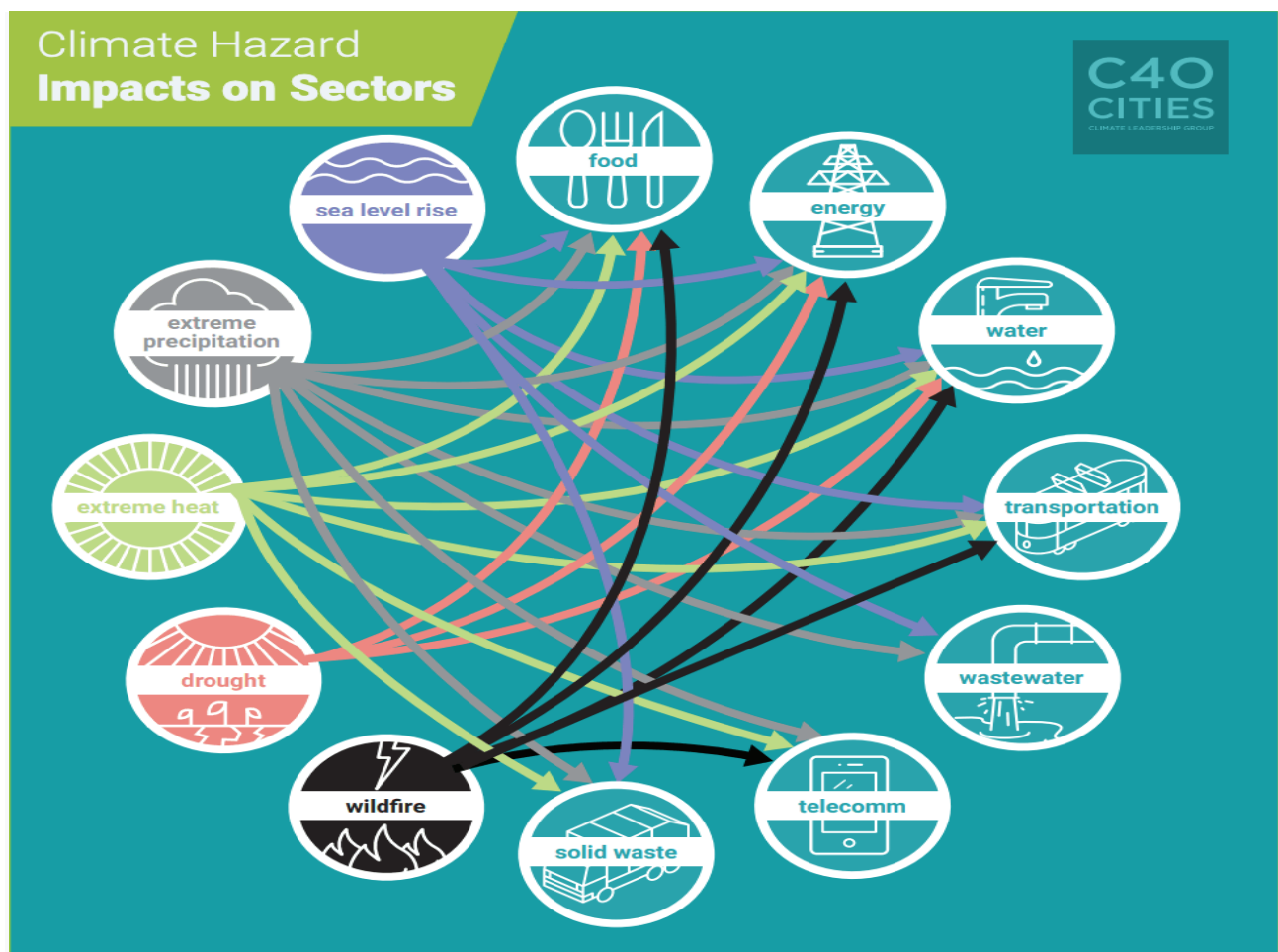


Figura 2.1

(ripresa da una pubblicazione della rete C40 Cities)

Circa tale tematica, di interesse è il Documento *Eurelectric 2022 The Coming Storm*¹¹ che riporta, come rappresentato in Figura 2.2. lo schema di interdipendenze fra diversi fattori che possono generare una crisi, fra cui, ad esempio, il peso dell'evento climatico estremo e degli attacchi fisici o cibernetici. Come si nota, il sistema elettrico risente maggiormente delle condizioni climatiche.

¹¹ *Eurelectric 2022 The Coming Storm* <https://resilience.eurelectric.org/>

Extreme weather prevalent in crisis scenario rankings

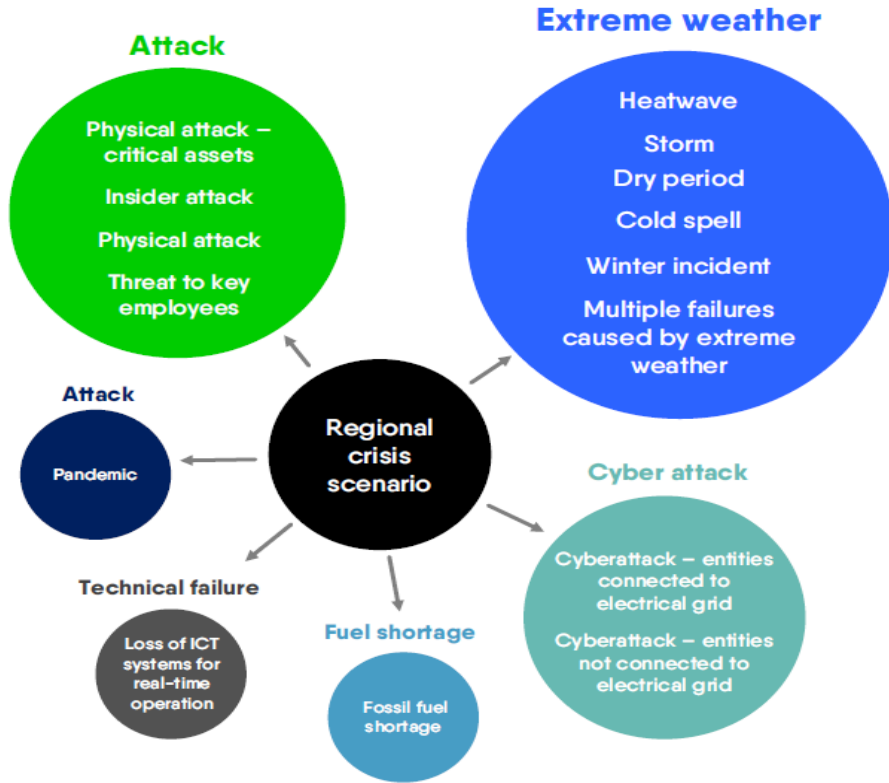


Figura 2.2 - Eurelectric 2022 The Coming Storm

3. CONSIDERAZIONI METODOLOGICHE (*Glauco Bertocchi*)

3.1 Introduzione

I cambiamenti climatici sono caratterizzati, semplificando al massimo, da due tipi di sviluppi temporali distinti.

Il primo tipo, che potremmo definire di lungo periodo, è quello relativo ai cambiamenti che hanno effetto in una scala temporale misurabile in oltre dieci anni e, in genere, hanno effetto sull'intero pianeta o su parti consistenti di esso; esempio di tale tipologia sono l'aumento della temperatura media, l'innalzamento del livello dei mari, l'aumento dell'effetto serra. Alcuni di questi cambiamenti sono conseguenza di altri e non è semplice distinguere le cause primarie vista anche l'interdipendenza delle stesse.

Il secondo tipo di sviluppo temporale è invece quello relativo alle conseguenze "locali" dei cambiamenti climatici del primo tipo ed è misurabile in ore, giorni o al massimo mesi. Inoltre, gli effetti di questi fenomeni riguardano aree geografiche limitate anche se possono includere intere nazioni o parti di esse. Esempi di questo tipo di fenomeni sono: le alluvioni; i monsoni di accresciuta intensità; periodi di siccità; fenomeno meteo improvvisi e di eccezionale intensità, ecc.

La distinzione precedente è ovviamente una estrema semplificazione ma ci aiuta a individuare una possibile strategia per affrontare il problema.

Sembra abbastanza evidente che si debba cercare di eliminare, per quanto possibile, le cause che sono alla base dei cambiamenti di lungo periodo e comunque predisporre a vivere su un pianeta diverso da quello che conosciamo oggi. È quindi inevitabile che si debbano adottare dei provvedimenti con obiettivi di lungo periodo (uno o più decenni), come quelli attualmente definiti in sede internazionale. Contemporaneamente si devono anche adottare dei provvedimenti che mitigano gli effetti "locali" e cercare di aumentare la resilienza agli stessi considerando la possibile evoluzione (probabile peggioramento) che si avrà con il tempo. Naturalmente i provvedimenti di quest'ultimo tipo dovranno, per quanto possibile, dare anche un contributo alla soluzione delle cause dei cambiamenti climatici.

La gestione di una strategia che dovrà essere articolata su scale temporali molto diverse e dovrà essere realizzata da attori molto diversi (nazioni, regioni, comunità locali), richiede evidentemente la definizione e la messa in opera di coordinamenti internazionali (sul piano politico, finanziario, realizzativo) completamente nuovi nella storia dell'umanità. La definizione di tale strategia è ovviamente oltre lo scopo del nostro lavoro che si limita all'analisi delle problematiche per il miglioramento della resilienza delle Infrastrutture critiche alle minacce derivanti dai cambiamenti climatici in atto. Ovviamente il nostro lavoro, per quanto riguarda la realizzazione delle misure di miglioramento sarà parte della strategia più generale.

3.2 Motivazioni per l'adozione di una metodologia

La resilienza delle IC alle minacce derivanti dai cambiamenti climatici richiede la progettazione e la realizzazione di un insieme coordinato di misure tecniche ed organizzative che hanno alcune caratteristiche fondamentali:

- 1) la formulazione di programmi di lungo periodo con obiettivi di tipo "strategico", ossia capaci di incidere, possibilmente, anche sulle cause dei cambiamenti climatici o quantomeno fornire criteri di resilienza validi su base pluriennale o meglio pluridecennale;

- 2) la formulazione di programmi di tipo “tattico”, ossia immediati o di breve periodo che consentano di mitigare gli effetti dei cambiamenti climatici a livello locale, riducendo progressivamente l’impatto di eventi estremi;
- 3) un’analisi continua dei rischi basata sia sulle tendenze di lungo periodo, in base alle quali produrre gli aggiustamenti ai programmi di tipo strategico, e sulla capacità di previsione di eventi estremi in modo da attuare interventi “tattici” mirati;
- 4) una struttura di governance in grado di coordinare su base pluriennale e in modo sinergico la progettazione e la realizzazione degli interventi dei due tipi (strategici e tattici) e di adeguare costantemente gli obiettivi al variare dell’analisi dei rischi.

Quanto sinora indicato può essere considerato come la realizzazione di un progetto molto complesso, con durata pluriennale e linee di intervento diversificate che devono essere rese sinergiche, per quanto possibile. Ultima caratteristica del progetto, forse la più critica, è la variabilità dei rischi, ossia l’attuale “incapacità” di comprendere adeguatamente le motivazioni e le evoluzioni dei cambiamenti climatici e quindi di formulare indicazioni progettuali sicuramente efficaci. Essa comporta la necessità di dover continuamente adeguare gli interventi a quelle che sono le migliori previsioni ottenibili in fase di analisi continua del rischio. Tale “volatilità” rende indispensabile un’adeguata struttura di governance che possa variare gli obiettivi in funzione del cambiamento della situazione a livello globale e locale.

Per gestire un progetto di tale complessità e durata temporale è necessaria l’adozione di un’adeguata metodologia in modo da poter assicurare, considerate le incognite sulla reale capacità di analisi dei rischi dei cambiamenti climatici su base temporale pluriennale, la coerenza delle attività svolte rispetto agli obiettivi sia di breve periodo che di tipo strategico. Con il termine coerenza si intende il rispetto dei vincoli economici, delle possibilità tecniche di progettazione e realizzazione, dei tempi previsti per la realizzazione.

3.3 Quale metodologia?

E’ molto ampia la scelta tra le metodologie che¹² possono essere utilmente applicate per la gestione di un “progetto” di tale durata e complessità e appare forse più utile, evidenziare quali sono le caratteristiche essenziali che dovrebbero essere presenti nella metodologia che sarà adottata.

Una prima indicazione è la conoscenza della metodologia da parte dell’organizzazione che la deve adottare tenuto conto che un’adeguata preparazione del personale che dovrà gestire il progetto è un requisito iniziale fondamentale.

¹² Di seguito un elenco parziale di alcune rilevanti metodologie

Prince2 Project management (Axelos)

<https://www.axelos.com/certifications/propath/prince2-project-management>

PMBOK Project Management Body of Knowledge (Project management Institute)

<https://www.pmi.org/pmbok-guide-standards/foundational/pmbok>

COBIT 5 Control Objectives for Information and related Technology (di carattere generale applicato anche al mondo non ICT) (ISACA)

<https://www.isaca.org/resources/cobit>

PM2 Project management Methodology (European Commission)

https://pm2.europa.eu/index_en

ISO21500:2021 Project, programme and portfolio management — Context and concepts

<https://www.iso.org/standard/75704.html>

Una seconda indicazione è l'adozione di una metodologia che risponda ai requisiti, qualora esistano, del paese nel quale è situata la IC. Le normative che regolamentano le IC variano sia a livello nazionale che, in alcuni casi, a livello locale e la gestione del "progetto" deve tener conto di tali regolamentazioni. Eventualmente la metodologia esistente potrà essere integrata per meglio soddisfare le caratteristiche di gestione di un "progetto" così complesso.

Una terza indicazione è la modularità che consenta la gestione contemporanea, allineata e possibilmente sinergica, di obiettivi di tipo strategico, ossia di durata anche ultradecennale, con obiettivi di breve e medio periodo volti ad aumentare la resilienza agli eventi estremi. Il grado di interdipendenza tra i due tipi di obiettivi è variabile in funzione della tipologia di IC. Ad esempio, nel caso di gestione di risorse idriche, l'adozione di vasche di espansione per il contenimento dell'eccesso di acqua derivante da eventi meteorologici estremi potrà essere combinato con sistemi di accumulo per contrastare i periodi siccitosi; insieme potranno essere utilizzati per migliorare e stabilizzare il microclima di una specifica area. Nel caso di IC di tipo diverso, come ad esempio, i data center, gli interventi dei due tipi sono fortemente dipendenti dall'evoluzione tecnologica degli apparati e i tempi di realizzazione sono normalmente più brevi.

Una quarta indicazione è la possibilità di integrare un'analisi "continua" dei rischi all'interno del progetto e modificare quindi gli obiettivi in funzione delle previsioni e delle lezioni apprese dagli eventi accaduti. La complessità e la velocità di cambiamento degli eventi climatici pongono sicuramente delle nuove sfide per lo sviluppo di modelli di analisi dei rischi che consentano di ridurre ulteriormente l'incertezza rispetto all'evoluzione dei fenomeni.

Un requisito fondamentale della metodologia da adottare è quello della possibilità di integrare una "solida" struttura di governance che consenta sia il coordinamento dei vari livelli del progetto sia la effettiva capacità di modificare gli obiettivi in funzione dell'analisi dei rischi. Questo requisito è probabilmente il più complesso da soddisfare anche perché la realizzazione del progetto potrebbe essere gestita da un soggetto completamente privato, da un soggetto pubblico a livello nazionale e/o locale, da un partenariato pubblico-privato. Ognuna di queste ipotesi, con le molteplici possibili sfumature, comporta la risoluzione di problematiche complesse ma una buona struttura di governance in grado di funzionare su base pluriennale è fondamentale per la riuscita di qualsiasi progetto.

3.4 E' sufficiente applicare una metodologia?

L'utilizzo di un'adeguata metodologia rappresenta uno strumento indispensabile nella gestione di un progetto complesso e di lunga durata temporale ma, per le considerazioni di seguito esposte, dovrebbe essere integrato da altri strumenti e da approcci che potremmo definire "innovativi" anche se si tratta di argomenti oggetto di studio da alcuni anni.

Si ritiene fondamentale evidenziare che la resilienza delle IC comporta anche la valutazione delle interdipendenze con altre strutture (IC o meno) che contribuiscono al funzionamento e alla capacità di superare gli eventi avversi. A tale aspetto è dedicato il capitolo 10 del presente lavoro.

Un altro aspetto particolarmente complesso è relativo al coordinamento delle azioni per aumentare la resilienza delle IC. Si tratta di coordinare alcune attività, gestite da entità (private e/o pubbliche) che devono assicurare degli obiettivi di funzionamento e fornitura di servizi che hanno un valore rilevante per le comunità ai vari livelli (locale, regionale, nazionale o europeo). Sino ad oggi si è ritenuto adeguato un coordinamento finalizzato a contrastare delle minacce di tipo "classico" (Cyber, supply chain, energia elettrica, trasporti, ecc.) di cui è noto l'attore e le entità coinvolte nel contrasto. La novità introdotta dalle minacce derivanti dai cambiamenti climatici è che tali minacce si

concretizzano seguendo criteri orografici (valli, pianure, montagne, corsi d'acqua, ecc.) i quali normalmente non tengono conto delle suddivisioni amministrative (comuni, province, regioni o nazioni) nelle quali è suddiviso il territorio e attribuita la potestà di governo dello stesso. Un esempio può chiarire: nell'ultima alluvione (maggio 2023) in una regione italiana, l'Emilia Romagna, molti corsi d'acqua sono esondati e le piogge hanno coinvolto anche i versanti montuosi di alcune regioni confinanti (Toscana e Marche). Le competenze per la manutenzione dei corsi d'acqua, in Italia, sono state trasferite ai singoli comuni che sono quindi responsabili della manutenzione del tratto di fiume che attraversa il territorio comunale. Questa parcellizzazione comporta difficoltà di coordinamento e di esecuzione di lavori di manutenzione e costituisce uno degli ostacoli principale all'esecuzione di progetti di aumento della resilienza delle IC esistenti in questi territori. In sintesi, i cambiamenti climatici impongono un possibile cambio di paradigma che comporti il superamento della suddivisione delle competenze "amministrative" a favore di un approccio basato sulla definizione di aree climatiche soggette allo stesso tipo di evoluzione.

In molti paesi europei e non solo europei, la gestione delle emergenze a seguito di eventi naturali estremi prevede meccanismi di coordinamento ed intervento che superano le suddivisioni amministrative, forse l'adozione di schemi simili anche per la gestione dei progetti di aumento della resilienza potrebbe consentire di affrontare le minacce climatiche secondo gli schemi "naturali" con cui si manifestano.

Una terza considerazione è non basarsi sul passato, o almeno non solamente su quello, per l'analisi dei rischi. I cambiamenti climatici in atto stanno producendo una serie di eventi "estremi" con frequenza ed intensità sempre crescente. Non possiamo basarci sulle serie storiche per considerare sicura una misura protettiva adeguata per un fenomeno con probabilità di accadimento pari a uno ogni 100 anni. L'esempio dello tsunami che colpì la centrale nucleare di Fukushima nel 2011 è indicativo della possibile sottovalutazione basata sulla "memoria storica". Inoltre, gli attuali cambiamenti climatici ci stanno "portando" in una zona "nuova" di valori con una velocità mai vista nella storia umana; si consideri che nel luglio 2023 per 2 giorni consecutivi è stato superato il valore massimo della temperatura del globo (il precedente record era del 2016) e il numero di eventi estremi in Italia è aumentato del 135% rispetto all'anno precedente. Analoghe indicazioni si rilevano a livello europeo e ovviamente a livello mondiale tramite i lavori dello IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) delle Nazioni Unite¹³

Conseguentemente, i metodi per l'analisi del rischio dovranno essere sempre più adeguati alla previsione dell'evoluzione degli eventi basata sull'aggiornamento "continuo" dei dati e all'analisi dinamica dei fenomeni piuttosto che su considerazioni di eventi accaduti. Questi aspetti rendono urgente un potenziamento degli studi e delle ricerche in tale ambito. Si evidenzia anche la tendenza, sempre più diffusa, all'adozione di metodi quantitativi dell'analisi del rischio in quanto consentono la comparazione tra impatti derivanti da cause eterogenee. Appare però necessario evidenziare che l'analisi dei rischi ha come obiettivo la riduzione dell'incertezza rispetto alla previsione di eventi futuri, non sarà mai uno strumento per raggiungere l'impossibile traguardo di prevedere il futuro con certezza assoluta.

Riguardo all'analisi del rischio è anche necessario evidenziare che, data la complessità delle interazioni tra le IC e gli eventi climatici è indispensabile adottare un approccio multifattoriale che consenta di esaminare i rischi secondo un approccio che sia quanto più possibile omnicomprensivo.

¹³ <https://www.wired.it/article/caldo-record-giorno-4-luglio/>

https://climatereanalyzer.org/clim/t2_daily/

<https://www.rainews.it/articoli/2023/07/maltempo-sima-tra-il-2022-e-il-2023-in-italia-si-sono-verificati-432-eventi-climatici-estremi-8c1d4015-f53d-4450-b1e0-dbb86937b07b.html>

<https://www.eea.europa.eu/ims>

<https://www.ipcc.ch/> The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) is the United Nations body for assessing the science related to climate change.

Con questo termine si intende che si devono poter apprezzare adeguatamente tutti i fattori di rischio che nel presente e per un periodo futuro definibile, possono pregiudicare la resilienza o, meglio, il servizio della IC. Un esempio di possibile approccio è quello Na-Tech, relativo all'impatto di eventi naturali, non solo di origine climatica, sugli stabilimenti industriali a rischio rilevante.¹⁴ Si tratta di un approccio interessante anche perché la Commissione Europea, tramite il Centro Comune di ricerca, ha messo a disposizione uno strumento online (RAPID-N) per la mappatura e l'analisi dei rischi.¹⁵

Una quarta considerazione è relativa all'opportunità di un possibile cambio di paradigma per evolvere dal concetto di resilienza della singola IC a quello di resilienza del servizio che è assicurato dalla IC o da più IC. Questo cambiamento potrebbe portare, almeno in alcuni settori, ad una maggiore indipendenza del servizio dall'infrastruttura tecnologica e organizzativa della IC e consentirebbe di poter valutare modalità organizzative e tecnologiche "innovative" nell'erogazione del servizio stesso. Potrebbe anche introdurre una maggiore "flessibilità" nell'affrontare le problematiche della resilienza delle IC.

Si consideri però che le attività per l'aumento della resilienza dei servizi offerti dalle IC sono, in ragione della complessità e della prevedibile durata, comunque soggette a possibili "fallimenti", parziali o totali. Conseguentemente sarà necessaria un governance capace di "assorbire" gli immancabili aggiustamenti e massimizzare i risultati. Quest'ultima considerazione evidenzia quello che potrebbe essere il maggior punto di debolezza o di forza per affrontare le minacce rappresentate dai cambiamenti climatici.

Da ultimo è necessario evidenziare che tutte le precedenti considerazioni presuppongono l'esistenza di adeguati fondi economici che consentano di progettare e realizzare gli interventi nei tempi e nei modi previsti. Purtroppo, può accadere che i motivi economici siano un ostacolo per l'avvio di attività che sono onerose e di cui non sono evidenti i ritorni economici, quantomeno in un periodo di tempo accettabile dal management.

La disponibilità economica è un problema che riguarda la classe politica della nazione/regione che usufruisce del servizio erogato dalla IC. Infatti, i danni e i disservizi derivanti da eventi climatici riguarderanno le persone e le attività (di ogni tipo) nell'area interessata e, molto probabilmente, il costo del ripristino sarà a carico di fondi pubblici.

L'esame della complessa problematica della allocazione di risorse pubbliche e/o private per il contrasto degli effetti dei cambiamenti climatici sulle Infrastrutture Critiche esula, ovviamente, dallo scopo del presente lavoro ma è necessario evidenziare che ne rappresenta il primo presupposto.

¹⁴ INAIL, Rischio Na-Tech, 2019

<https://www.inail.it/cs/internet/attivita/ricerca-e-tecnologia/area-sicurezza-sul-lavoro/stabilimenti-a-rischio-di-incidente-rilevante/rischio-na-tech.html>

¹⁵ Commissione europea, Centro comune di ricerca, Girgin, S., Necci, A., *Introduction to RAPID-N for Natech risk analysis and mapping : a beginner's guide*, Publications Office, 2018, <https://data.europa.eu/doi/10.2760/78743>

Commissione europea, Centro comune di ricerca, Amos, N., Krausmann, E., *How to use RAPID-N : methodology, models, technical information and tutorials*, Ufficio delle pubblicazioni dell'Unione europea, 2022 <https://data.europa.eu/doi/10.2760/231493>

3.5 Bibliografia

ISPRA, AGI : Progettazione degli Interventi di Mitigazione del Rischio da Frana, 2022
https://associazionegeotecnica.it/pubblicazioni/raccomandazioni_linee_guida/

INAIL, Rischio Na-Tech, 2019

<https://www.inail.it/cs/internet/attivita/ricerca-e-tecnologia/area-sicurezza-sul-lavoro/stabilimenti-a-rischio-di-incidente-rilevante/rischio-na-tech.html>

Commissione europea, Centro comune di ricerca, Girgin, S., Necci, A., *Introduction to RAPID-N for Natech risk analysis and mapping : a beginner's guide*, Publications Office, 2018,
<https://data.europa.eu/doi/10.2760/78743>

Commissione europea, Centro comune di ricerca, Amos, N., Krausmann, E., *How to use RAPID-N : methodology, models, technical information and tutorials*, Ufficio delle pubblicazioni dell'Unione europea, 2022
<https://data.europa.eu/doi/10.2760/231493>

ISO 31000:2018 “Risk management — Guidelines”

ISO, “ISO 27005:2022 Information security, cybersecurity and privacy protection — Guidance on managing information security risks”, 2022-10 4th edition.

D. Vose, “Risk Analysis: a quantitative guide”, 3rd ed., John Wiley & Sons, 2009

Open Group, Technical Standard: Risk Taxonomy (C081, ISBN: 1-931624-77-1), January 2009, The Open Group.

J. Freund, J. Jones, “Measuring and managing Information Risk: a FAIR approach”, Butterworth-Heinemann, 2015

D.W. Hubbard, R. Seiersen, “How to measure anything in Cybersecurity Risk”, Wiley, 2016

National Institute of Standards and Technology, “Framework for Improving Critical Infrastructure Cybersecurity”, Version 1.1, April 16, 2018

ISACA, “Risk IT Framework, 2nd Edition”, 2020

ISACA, “Risk IT Practitioner Guide, 2nd Edition”, 2020, ISBN 978-1-60420-823-8

ISACA, “GETTING STARTED WITH RISK SCENARIOS”, 2022,

ISACA, “Risk Scenarios Toolkit”, 2022

ISACA, “COBIT 2019 Framework: Introduction & Methodology”, 2018, ISBN 978-1-60420-763-7
|

4. CLASSIFICAZIONE DELLE MINACCE RICONDUCEBILI AI CAMBIAMENTI CLIMATICI E CREAZIONE DI CONOSCENZA ORGANIZZATIVA PER GARANTIRE LA RESILIENZA DELLE INFRASTRUTTURE *(Luigi Carrozzi)*

4.1 Minacce acute e minacce croniche: una classificazione di riferimento

Al fine di gestire i rischi riconducibili alle minacce climatiche è opportuno disporre di una classificazione di riferimento di tali minacce, almeno di quelle fondamentali come a noi oggi note. Tale consapevolezza aiuterà i soggetti competenti (responsabili dell'infrastruttura, security manager) a considerare gli impatti che ciascuna di tali minacce potrebbe avere sulla specifica infrastruttura ed a gestire le relative attività di prevenzione e di mitigazione dei possibili eventi che comportino degrado della disponibilità e della qualità del servizio. A tal fine si è ritenuto utile fare riferimento alla classificazione riportata nel Regolamento Delegato (UE) 2021/2139¹⁶ di seguito riportata. La classificazione è suddivisa in quattro principali gruppi di minacce relative a temperatura, venti, acque e suolo. Per ciascun gruppo le minacce sono inoltre ulteriormente articolate in acute (estreme) e croniche (a lenta insorgenza). Le minacce di natura cronica hanno uno sviluppo progressivo con conseguenze di più lungo termine come ad esempio l'innalzamento del livello del mare o l'aumento delle temperature medie. Un evento acuto è un evento estremo come un uragano o un'ondata di caldo. È opportuno comunque considerare che tale tassonomia non contempla altre possibili minacce derivanti dalle variazioni climatiche, quali ad esempio quelle di natura chimica, biologica, ecologica o epidemiologica.

4.2 Classificazione delle minacce acute e croniche riconducibili ai cambiamenti climatici e potenziali impatti

Si riporta di seguito uno schema di tabella funzionale ad analizzare gli impatti a fronte di minacce riconducibili ai cambiamenti climatici (cfr. Tab. 4.1). Nella prima colonna è presente una lista di minacce basata sull'Appendice A del Regolamento Delegato (UE) 2021/2139 che riporta una classificazione dei "pericoli legati al clima". A ciascuna minaccia, in seconda colonna, sono associati gli impatti che tali minacce possono generare sull'infrastruttura. Nel corso del documento verranno proposte le tabelle di riferimento per i settori qui presi in esame. Si rinvia ad un futuro lavoro il completamento della tabella dove alle minacce ed agli impatti vengono associati anche possibili interventi e/o le buone pratiche utili a ridurre i livelli di impatto (cfr. Tab. 4.2)

¹⁶ Regolamento Delegato (UE) 2021/2139 della Commissione del 4 giugno 2021 che integra il regolamento (UE) 2020/852 del Parlamento europeo e del Consiglio fissando i criteri di vaglio tecnico che consentono di determinare a quali condizioni si possa considerare che un'attività economica contribuisce in modo sostanziale alla mitigazione dei cambiamenti climatici o all'adattamento ai cambiamenti climatici e se non arreca un danno significativo a nessun altro obiettivo ambientale.

MINACCE RICONDUCIBILI AI CAMBIAMENTI CLIMATICI	POTENZIALI IMPATTI (da elaborare per singolo settore)
TEMPERATURA	
CRONICHE	
CAMBIAMENTI DELLA TEMPERATURA (ARIA, ACQUE DOLCI, ACQUA MARINA)	
STRESS TERMICO	
VARIABILITÀ DELLA TEMPERATURA	
SCONGELAMENTO DEL PERMAFROST	
ACUTE	
ONDATA DI CALORE	
ONDATA DI FREDDO/GELATA	
INCENDIO	
VENTI	
CRONICHE	
CAMBIAMENTO DEL REGIME DEI VENTI	
ACUTE	
CICLONE, URAGANO, TIFONE	
TEMPESTA (COMPRESSE QUELLE DI NEVE, POLVERE O SABBIA)	
TROMBA D'ARIA	
ACQUE	
CRONICHE	
CAMBIAMENTO DEL REGIME E DEL TIPO DI PRECIPITAZIONI (PIOGGIA, GRANDINE, NEVE/GHIACCIO)	
PRECIPITAZIONI E/O VARIABILITÀ IDROLOGICA	
ACIDIFICAZIONE DEGLI OCEANI	
INTRUSIONE SALINA	
INNALZAMENTO DEL LIVELLO DEL MARE	
STRESS IDRICO	
ACUTE	
SICCITÀ	
FORTI PRECIPITAZIONI (PIOGGIA, GRANDINE, NEVE/GHIACCIO)	
INONDAZIONE (COSTIERA, FLUVIALE, PLUVIALE, DI FALDA)	
COLLASSO DI LAGHI GLACIALI	
SUOLO	
CRONICHE	
EROSIONE COSTIERA	
DEGRADO DEL SUOLO	
EROSIONE DEL SUOLO	
SOLIFLUSSO	
ACUTE	
VALANGA	
FRANA	
SUBSIDENZA	

Tabella 4.1 - Schema della tabella che correla le minacce riconducibili ai cambiamenti climatici ed i relativi impatti (da elaborare per singolo settore)

SETTORE DI APPARTENENZA DELL'INFRASTRUTTURA CRITICA		
MINACCE RICONDUCEBILI AI CAMBIAMENTI CLIMATICI	POTENZIALI IMPATTI	POSSIBILI INTERVENTI/BUONE PRATICHE PER LA RIDUZIONE DEGLI IMPATTI

Tabella 4.2 - Testata della tabella che correla alle minacce ed ai potenziali impatti le possibili azioni di mitigazione di questi ultimi (non sviluppata in questo documento)

4.3 Dalla valutazione delle minacce all'infrastruttura fisica alle minacce al "servizio" erogato dall'infrastruttura critica.

La gestione del rischio climatico pone inevitabilmente la necessità di considerare nel contempo sia le minacce a lenta insorgenza che quelle acute. Le attività di analisi e gestione del rischio si basano fondamentalmente su fasi successive di creazione e gestione di conoscenza per creare capacità di reazione ad eventi che possono ostacolare il raggiungimento di obiettivi prefissati. La tipicità della minaccia climatica nel suo complesso richiede in particolare di acquisire conoscenze sia relative al breve che medio/lungo termine. È sostanziale infatti essere in grado di far fronte sia agli eventi acuti, di cui si può avere conoscenza da storia recente, sia di tenere conto di quei fenomeni che, essendo caratterizzati da un più ampio sviluppo temporale, necessitano di un monitoraggio continuo dell'intensità della loro crescita con l'identificazione, laddove applicabile, della soglia oltre la quale le relative minacce possono manifestarsi con impatti di varia scala, anch'essi da identificare. Il valore di una tassonomia che distingue i due gruppi di minacce consente quindi di predisporre un sistema di prevenzione e protezione adeguato alla natura ed alle caratteristiche dei fenomeni in gioco. Ma data tale specificità è opportuno cambiare anche l'ottica con cui identifichiamo l'obiettivo di protezione e ne predisponiamo la resilienza ai cambiamenti climatici. L'ottica di protezione dell'Infrastruttura come impianto industriale, facility, o altro artefatto tecnico o socio tecnico (ad es.: reti energetiche; sistemi di comunicazione, sistema sanitario, sistema di approvvigionamento idrico, trasporti) che erogano servizi essenziali debbono necessariamente privilegiare l'ottica della resilienza del *servizio offerto* più che della specifica infrastruttura. In quest'ottica le attività di nuova costruzione, sviluppo e manutenzione delle infrastrutture che erogano tali servizi potranno integrare la dinamica temporale di sviluppo delle minacce climatiche e delle relative previsioni circa le soglie critiche sostanziali per garantire la resilienza del servizio.

A tal riguardo si riporta come esempio un grafico che mostra l'evoluzione non lineare degli impatti su sistemi fisici conseguenti al superamento di determinate soglie di crescita della minaccia climatica.

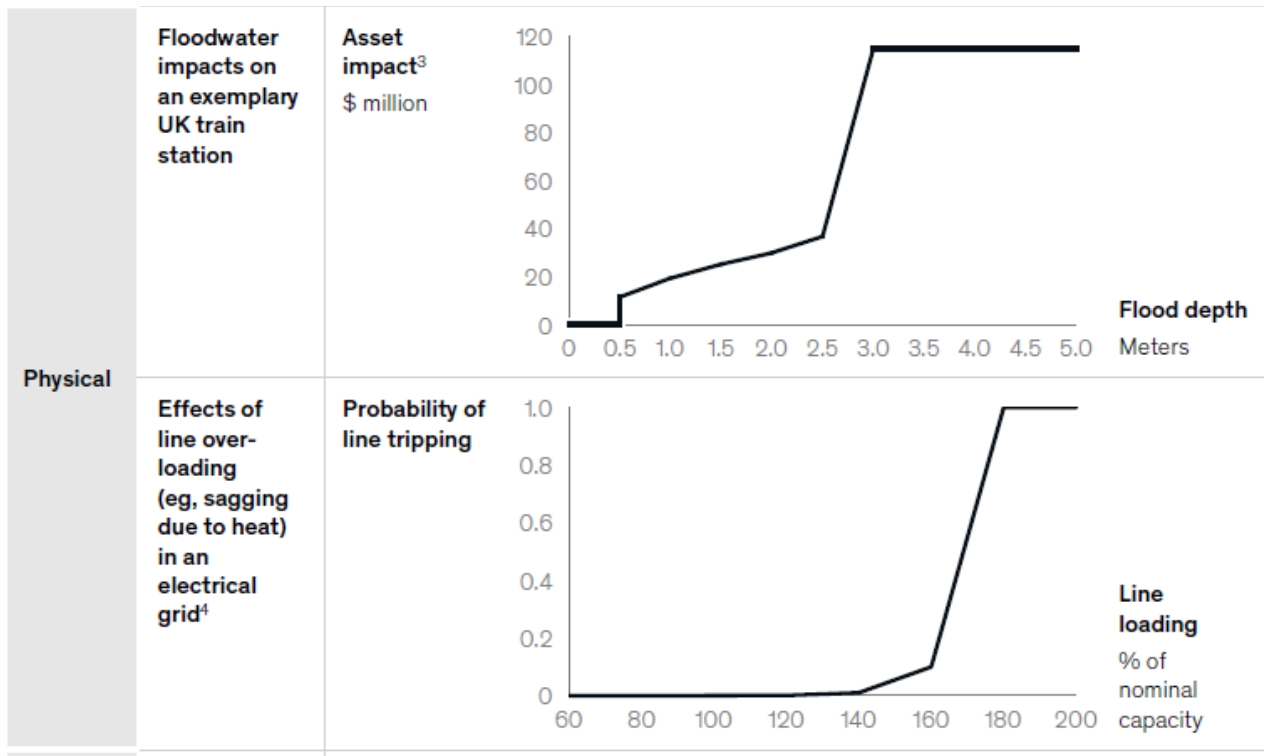


Fig. 4.1 “Direct impacts of climate change can become nonlinear when thresholds are crossed”

Fonte: Elaborazione da: “McKinsey Global Institute - Climate risk and response. Physical hazards and socioeconomic impacts” January 2020.

Nella figura successiva viene invece rappresentato un modello previsionale per il 2030 del livello di minacce a cui sono sottoposte le infrastrutture che erogano servizi essenziali. Da notare che ciascun tipo di infrastruttura presenta almeno un livello di rischio elevato rispetto ad una minaccia riconducibile ai cambiamenti climatici.

Risk Defined as potential future losses as a result of exposure to climate hazards by 2030¹

Little to no risk  Increased risk 

	Transportation				Telecom				Energy				Water				
	Airports	Rail	Roads	Rivers	Seaports	Wireless infrastructure ³	Fixed infrastructure ⁴	Data centers	Thermonuclear power plants ⁵	Wind power plants	Solar power plants	Hydroelectric plants	T&D ²	Substations ⁶	Freshwater infrastructure ⁷	Water treatment systems ⁸	Wastewater treatment systems ⁹
Sea-level rise and tidal flooding					A												B
Riverine and pluvial flooding ¹⁰	C	D	E														
Hurricanes, storms, and typhoons	C				A	F											B
Tornadoes and other wind ¹¹																	
Drought								G	G						H		
Heat (air and water)										I			J				
Wildfire ¹²																	

1. Losses are defined as asset interruption, damage, or destruction.
2. Transmission and distribution.
3. Base substations and radio towers.
4. Including above- and below-ground cable.
5. Including nuclear, gas, and oil.
6. Including large power transformers.
7. Reservoirs, wells, and aquifers.
8. Plants, desalination, and distribution.
9. Plants and distribution.
10. Pluvial flooding is flooding caused by extreme precipitation, independent of the actions of rivers and seas.
11. Including both rain and wind impacts.
12. Wildfire is a derivative risk primarily driven by drought.

A. Seaports, by definition, are exposed to risk of all types of coastal flooding. Typically, seaports are resistant and can more easily adjust to small sea-level rise. However, powerful hurricanes are still a substantial risk. In 2005, Hurricane Katrina destroyed ~30% of the Port of New Orleans.

B. Wastewater treatment plants often adjoin bodies of water and are highly exposed to sea-level rise and hurricane storm surge. Hurricane Sandy in 2012 led to the release of 11 billion gallons of sewage, contaminating freshwater systems.

C. Many airports are near water, increasing their risk of precipitation flooding and hurricane storm surge. Of the world's 100 busiest airports, 25% are less than 10m above sea level, and 12—including hubs serving Shanghai, Rome, San Francisco, and New York—are less than 5m. Only a few mm of flooding is necessary to cause disruption.

D. Rail is at risk of service interruption from flooding. Disruption to signal assets in particular can significantly affect rail reliability. Inundation of 7% of the UK's signaling assets would disrupt 40% of passenger journeys. Damage can occur from erosion, shifting sensitive track alignments.

E. Roads require significant flood depths and/or flows to suffer major physical damage, but incur ~30% speed limitations from 0.05m inundation and can become impassable at 0.3m. Compounding effects of road closures can increase average travel time in flooded cities 10–55%.

F. Cell phone towers are at risk from high wind speeds. During Hurricane Maria in 2018, winds of up to 175mph felled 90+% of towers in Puerto Rico. Risks are more moderate at lower wind speeds, with ~25% of towers downed by ~80mph winds during Hurricane Sandy.

G. Wind power plants are highly resistant to drought; thermoelectric power plants, which regularly use water for cooling (seen in >99% of US plants), are at risk during significant shortages.

H. Freshwater infrastructure and associated supplies are highly vulnerable to impact of drought, as seen when Cape Town narrowly averted running out of drinking water in 2018.

I. Solar panels can lose efficiency through heat, estimated at 0.1–0.5% lost per 1°C increase.

J. Transmission and distribution suffers 2 compounding risks from heat. Rising temperatures drive air conditioning use, increasing load. Concurrently, heat reduces grid efficiency.

Fig. 4.2 - Livello di vulnerabilità alle minacce climatiche a cui sono soggette le infrastrutture che erogano servizi essenziali

(Fonte: elaborazione da: “McKinsey Global Institute - Climate risk and response. Physical hazards and socioeconomic impacts” January 2020)

4.4 Nuove competenze e strumenti per gestire efficacemente la minaccia climatica

La consapevolezza delle minacce riconducibili ai cambiamenti climatici gravanti sulle infrastrutture che erogano servizi essenziali è sicuramente il primo passo per incrementare il grado di resilienza di tali infrastrutture. Ma il perseguimento della resilienza di fronte a tali nuove minacce comporta necessariamente l'acquisizione di nuove competenze, l'identificazione di referenti specifici su tali tematiche ed un processo sistematico di raccolta di informazioni che integri adeguatamente il rischio climatico nel sistema di risk management già adottato dall'organizzazione.

Al fine di sviluppare adeguati approcci alla gestione del rischio climatico è necessario:

- possedere un sistema di raccolta ed elaborazione dati relativamente ai cambiamenti climatici tramite il quale monitorare con continuità le potenziali minacce;
- sviluppare capacità di analisi e previsione dei fenomeni creando conoscenza che entra nel ciclo di progettazione di nuove infrastrutture e/o adeguamento di quelle esistenti (materiali, processi e tecniche realizzative, sistemi di monitoraggio e gestione anomalie) e di pianificazione del loro sviluppo (criteri costruttivi, aree sicure di insediamento, etc.);
- data la complessità di tale nuova competenza organizzativa, sviluppare specifiche pratiche cross-organizzative di condivisione delle informazioni, analisi e presa di decisione.

Tali competenze dovranno tra l'altro supportare l'organizzazione nel gestire le minacce relative al possibile degrado di servizi essenziali da parte di infrastrutture di cui si è dipendenti (contesti di interdipendenza tra infrastrutture) e dello svilupparsi di nuove minacce emergenti (cfr. ad esempio i recenti casi di picchi di temperatura che hanno comportato lo scioglimento di piste degli aeroporti o le interruzioni di fornitura di energia elettrica dovuta al degrado dei cavi interrati per eccessiva temperatura del manto stradale).

4.5 Dati relativi ai cambiamenti climatici e il contributo dell'Intelligenza Artificiale per le previsioni meteorologiche

Oltre ai dati messi a disposizione dai centri meteorologici nazionali è da evidenziare l'attività svolta a livello europeo dal "Centre for Medium-Range Weather Forecasts" (ECMWF). Si tratta di un'organizzazione intergovernativa indipendente sostenuta da 35 Stati che gestisce un istituto di ricerca; questo (con un servizio operativo 24 ore su 24, 7 giorni su 7) genera e pubblica dati su previsioni meteorologiche rendendoli disponibili, in particolare, ai servizi meteorologici nazionali agli Stati membri. Il Centro offre anche una serie di servizi di fornitura di dati climatici ad aziende e altri soggetti privati. Nelle figure che seguono si riportano alcuni dei dati legati al monitoraggio delle condizioni climatiche rese disponibili dal Centro.

Monitoring the climate

This section provides an overview of Europe in 2022, compared to the long-term trends of variables across the climate system.



Spotlight on...

Key events that occurred in Europe during the year are described within a climatic context.

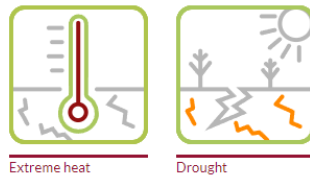


Fig 4.3 Dati di monitoraggi del clima
(Fonte: <https://climate.copernicus.eu/esotc/2022>)

Types of data and using multiple sources of information

Types of data

The ESOTC 2022 builds on datasets for different variables across the climate system. Many different types of data are used and for simplicity they have been grouped into the following four main categories (as displayed in the sidebar of each section):

<p>In situ</p> <p>Measurements from an instrument located at the point of interest, such as a land station, at sea or in an aeroplane.</p>	<p>Model-based estimates</p> <p>Using the laws of physics and statistics to build large-scale models of environmental indicators.</p>
<p>Satellites</p> <p>Providing information about Earth's surface and its atmosphere from spaceborne orbit.</p>	<p>Reanalysis</p> <p>Using a combination of observations and computer models to recreate historical climate conditions.</p>

Some datasets do not fall strictly into these categories; more precise information can be found in the separate data entries.

Multiple sources

Figura 4.4 - Tipologia dei dati e loro origine
(Fonte: <https://climate.copernicus.eu/esotc/2022/about-data>)

The European State of the Climate (ESOTC) è un rapporto annuale reso disponibile dal Copernicus Climate Change Service (C3S), implementato dal Centro europeo per le previsioni meteorologiche a medio termine (ECMWF) per conto della Commissione europea.

Da notare che presso tale centro sono in sperimentazione modelli basati su sistemi di Intelligenza Artificiale che risultano molto promettenti per la qualità delle previsioni. L'ECMWF, in particolare, mette a disposizione un servizio sperimentale "Pangu Whether"¹⁷ basato su algoritmi di Machine Learning.

Attività sperimentali mostrano in effetti che l'utilizzo di sistemi di Intelligenza Artificiale può migliorare significativamente la qualità delle previsioni. In particolare, sono stati utilizzati algoritmi di Machine Learning per correggere i dati previsionali: come mostra la figura che segue, addestrando gli algoritmi sulla base di serie storiche di misurazioni rilevate presso le stazioni meteorologiche, si è riscontrato che le correzioni a posteriori ottenute con i metodi di Machine Learning possano ridurre l'errore migliorando l'accuratezza delle previsioni di circa il 15%¹⁸.

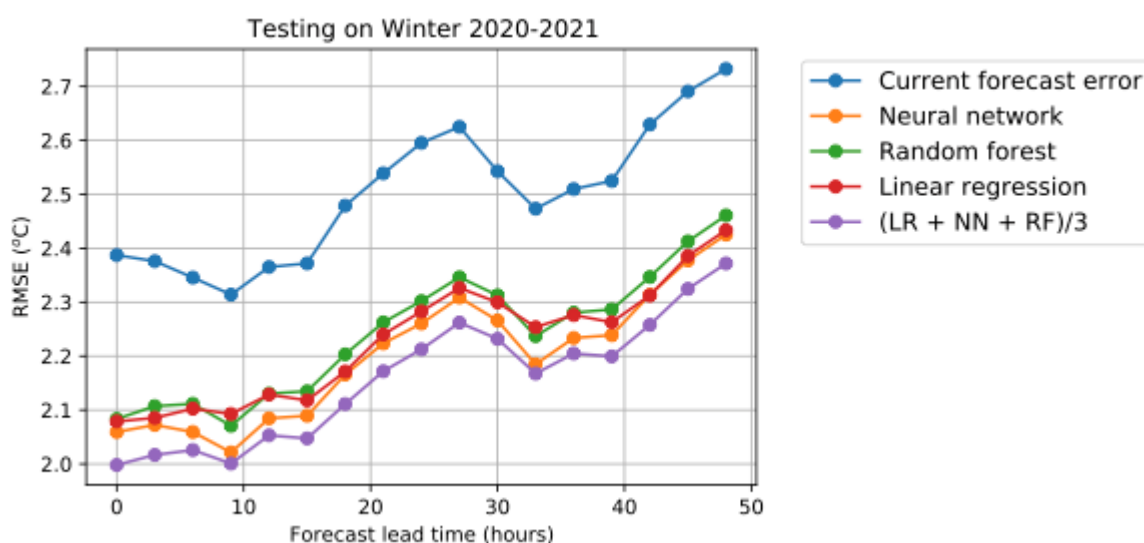


Fig. 4.4 - Miglioramento delle previsioni meteo attraverso l'utilizzo di sistemi di Machine Learning
 (Fonte: Scienza in rete - Chiara Sabelli- Il machine learning migliora le previsioni meteo)

Da evidenziare inoltre il rilevante potenziale di FourCastNet, abbreviazione di *Fourier ForeCasting Neural Network*, di NVIDIA Corporation¹⁹, un modello di previsione meteorologica globale che fornisce previsioni globali accurate a breve e medio termine con velocità sorprendenti: è in grado ad esempio di generare previsioni settimanali in meno di 2 secondi. Tale capacità del sistema ha importanti implicazioni, tra l'altro, per la previsione di eventi meteorologici estremi come cicloni tropicali ed extra-tropicali e i così detti "fiumi atmosferici"²⁰.

¹⁷ Cfr.: https://charts.ecmwf.int/products/pangu_medium-t-z?base_time=202309210000&level=1000&projection=opencharts_europe&valid_time=202310010000

¹⁸ Cfr.: <https://www.scienzainrete.it/articolo/machine-learning-migliora-le-previsioni-meteo/chiara-sabelli/2021-11-13>

¹⁹ Cfr.: <https://www.nvidia.com/en-us/on-demand/session/gtcspring22-d4113/>;

Cfr.: Jaideep Pathak e altri: *Fourcastnet: A Global Data-Driven High-Resolution Weather Model Using Adaptive Fourier Neural Operators* - arXiv:2202.11214v1 [physics.ao-ph] 22 Feb 2022

²⁰ I "fiumi atmosferici" sono fenomeni caratterizzati da trasporto di grandi quantità di vapore acqueo dai tropici alle latitudini più elevate, generando pioggia o neve incessanti.

5. ENERGIA ELETTRICA (Alberto Stefanini)

Anche se la valutazione dell'impatto dei cambiamenti climatici sul settore Energia elettrica è ritenuta una attività prioritaria, permangono ancora molte lacune nella conoscenza dell'impatto delle minacce dovute ai cambiamenti climatici su questa infrastruttura (EEA, 2019)²¹. In merito, c'è stata una certa divergenza fra fonti di stampa anche autorevoli. C'è chi ritiene che eventi climatici estremi siano più frequenti dagli inizi di questo millennio²² ma c'è anche chi dice paradossalmente il contrario²³: la statistica riportata da Eurelectric²⁴ sembra togliere ogni ombra al dubbio. La crescita è costante dal 1980 al 2020 ed il trend è tale che gli eventi disastrosi sono quadruplicati in 40 anni, ma la fenomenologia si intensifica a partire dal 2000.

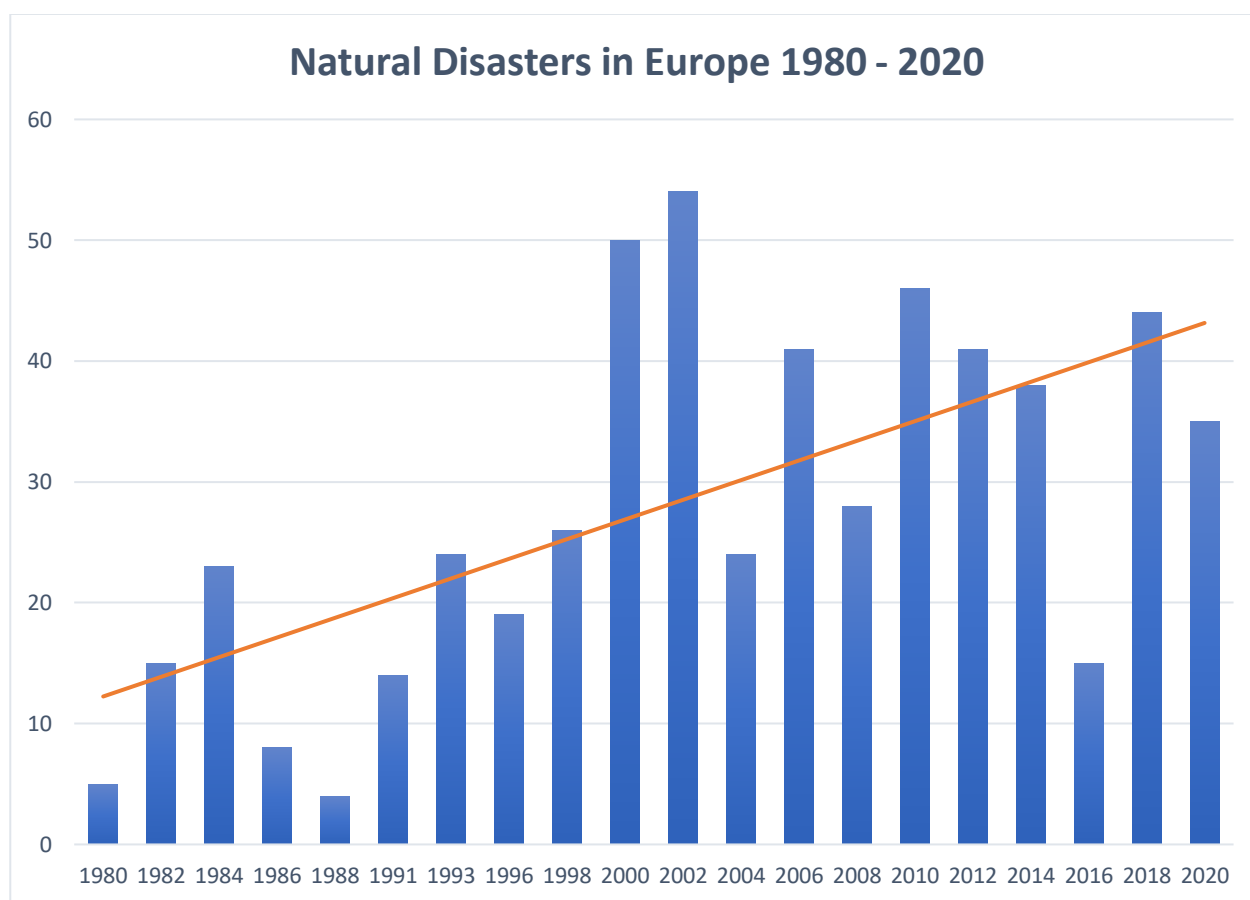


Figura 5. 1 – Natural disasters in Europe, 2022

(La figura riproduce con leggera approssimazione quella contenuta in Eurelectric, *the Coming Storm*, p. 4)

In realtà tutti i documenti prodotti da *stakeholders* sull'impatto climatico ed i suoi effetti tendono ad esaltare tale impatto. Il rapporto di Sypher, 2021²⁵, è assai netto nel giudicare le infrastrutture elettriche americane come obsolete di fronte all'impatto climatico: *'The country's stressed and aging electrical infrastructure was built for the climate of the past, experts say'*. L'impatto di incendi,

²¹ (European Environment Agency (EEA) (2019) *Adaptation challenges and opportunities for the European energy system. Building a climate-resilient low-carbon energy system*. EEA Report No 01/2019. DOI: 10.2800/227321: <https://www.eea.europa.eu/publications/adaptation-in-energy-system> (accessed: 16.03.2023).

²² vedi ad es: Alluvioni in Europa quest'estate: legate al riscaldamento globale - Wired | Wired Italia.

²³ Alluvioni nell'Europa centrale - Le Scienze.

²⁴ (Eurelectric, 2022, December, p. 4).

²⁵ (Sypher, 2021) su *Designing For The Future: Power Grids Must Adapt To Climate Change*.

ondate di calore e di freddo e forti tempeste indotte dal cambiamento climatico può distruggere le reti di potenza, continua la fonte, richiamando l'uragano Ida in Luisiana e la tempesta invernale in Texas (2021) come eventi demarcativi, in quanto hanno portato al crollo dell'infrastruttura elettrica e alla conseguente perdita di uno stile di vita e di vite umane. Secondo questa fonte, il 96% delle perdite elettriche del 2020 è dovuto ad eventi climatici; inoltre la crescita dei disservizi elettrici dal 2000 al 2019 è dell'ordine del 96% e può essere imputata quasi esclusivamente agli effetti del clima.

Nonostante i proclami di alcuni esperti, ci sono lacune nella comprensione di come disastri naturali e cambiamenti climatici avranno un impatto sulle fonti di energie rinnovabili, così come i potenziali impatti ambientali della crescente domanda di acqua per il raffreddamento. Un elenco delle misure più comuni considerate dagli esperti per affrontare queste sfide includono: la sensibilizzazione al tema, costruire e migliorare dighe e difese costiere e fluviali, rafforzare gli standard, la formazione di invasi naturali. Poter dare un contributo alla definizione di minacce e relativi impatti sarebbe di valido aiuto al Sistema Nazionale. Per esempio, in Italia è stato introdotto il concetto di Security Operation Center (SOC) per la gestione dei rischi informatici, mentre le emergenze legate a minacce derivanti dai cambiamenti climatici vengono gestite caso per caso a seconda della natura della minaccia, avvalendosi delle autorità di protezione civile. C'è, tuttavia, bisogno di conoscere meglio la casistica e avere una legislazione meno complessa per migliorare la velocità e la qualità degli interventi.²⁶

Con riferimento al Settore Trasporti, nell'agosto 2018, un'ampia sezione del Ponte Morandi a Genova è crollata, uccidendo 43 persone e causando danni ai veicoli e agli edifici sottostanti e nelle vicinanze. La zona è stata colpita da un temporale e, secondo testimoni, un fulmine ha colpito il ponte; tuttavia, nessuno di questi eventi normalmente sarebbe un motivo per il crollo di una struttura del genere. A seguito di un'indagine è diventato chiaro che il disastro è stato il risultato di una combinazione di elementi; la progettazione troppo ardita, la scarsa qualità dei materiali utilizzati per la costruzione del ponte, l'età della struttura, la mancata manutenzione da parte dei privati che gestivano questo tratto di strada. Le autorità erano a conoscenza dei problemi del ponte da anni, le riparazioni erano state effettuate ma queste non erano adeguate per risolvere i problemi sottostanti. Nel periodo 2007 - 2015, l'Italia, insieme alla Spagna, ha registrato il più basso livello di spesa in infrastrutture tra i maggiori Paesi europei. Si valutano a circa 300 i ponti a rischio di collasso ma la mancanza di informazioni centralizzate rende difficile la stima di tutte le infrastrutture a rischio. Cosa c'entra questo con i cambiamenti climatici? Molto semplicemente, a parità di Evento aumenta l'Impatto sulla infrastruttura conseguente alla Minaccia derivante dall'Evento. Di conseguenza è necessario tener conto dello stato di manutenzione della stessa.

Con riferimento alle infrastrutture elettriche (Sypher, 2021)²⁷ fa notare che condizioni meteorologiche avverse e disastri naturali tendono ad esporre differenti punti deboli nei sistemi elettrici. Tre di queste principali influenze - caldo, freddo e forti tempeste - stanno colpendo specie le aree meridionali della fascia temperata del pianeta ed hanno il potenziale per fare molti più danni in futuro. Il calore, ad esempio, può sovraccaricare le linee elettriche e rendere inefficienti le centrali elettriche. La siccità può abbassare il livello dell'acqua e limitare la capacità delle dighe idroelettriche di generare elettricità. Con l'aumentare della temperatura, le persone alzano le manopole dell'aria condizionata, stressando ulteriormente il sistema. Le basse temperature, causate da tempeste invernali, creano problemi di domanda e offerta negli inverni più rigidi. Ad esempio, nota sempre (Sypher, 2021) lo scorso inverno in Texas, le temperature hanno raggiunto minimi record sotto lo zero in alcune città e 4,5 milioni di clienti in tutto lo stato sono rimasti senza elettricità.

²⁶ (Tiziana Melchiorre, (2018) Recommendations on the importance of critical energy infrastructure (CEI) stakeholder engagement, coordination and understanding of responsibilities in order to improve security. NATO Energy Security Centre of Excellence (NATO ENSEC COE) https://enseccoe.org/data/public/uploads/2018/04/d1_2018.04.23-recommendations-on-the-importance-of-criticalenergy.pdf (accessed: 16.03.20)

²⁷ (Sypher, 2021) su "Designing For The Future: Power Grids Must Adapt To Climate Change".

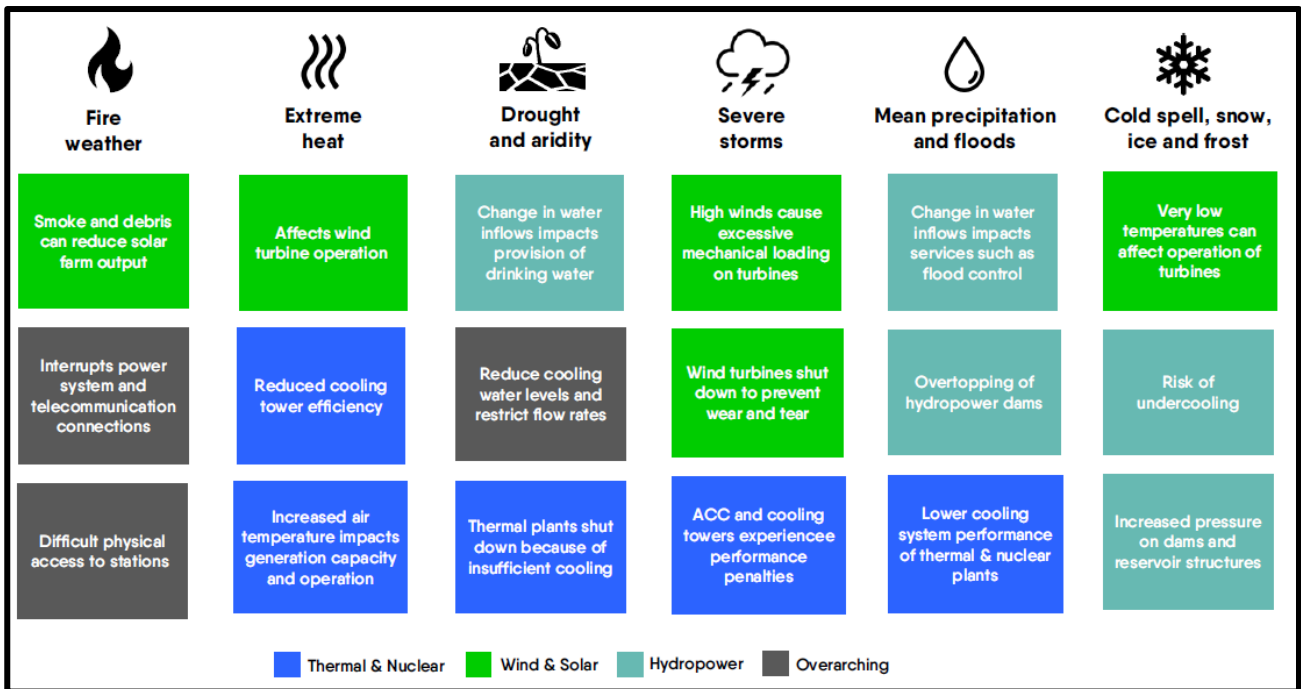


Figura 5. 2 - Exposure of Generation Assets
(La figura è tratta da *The Coming Storm*, p. 10)

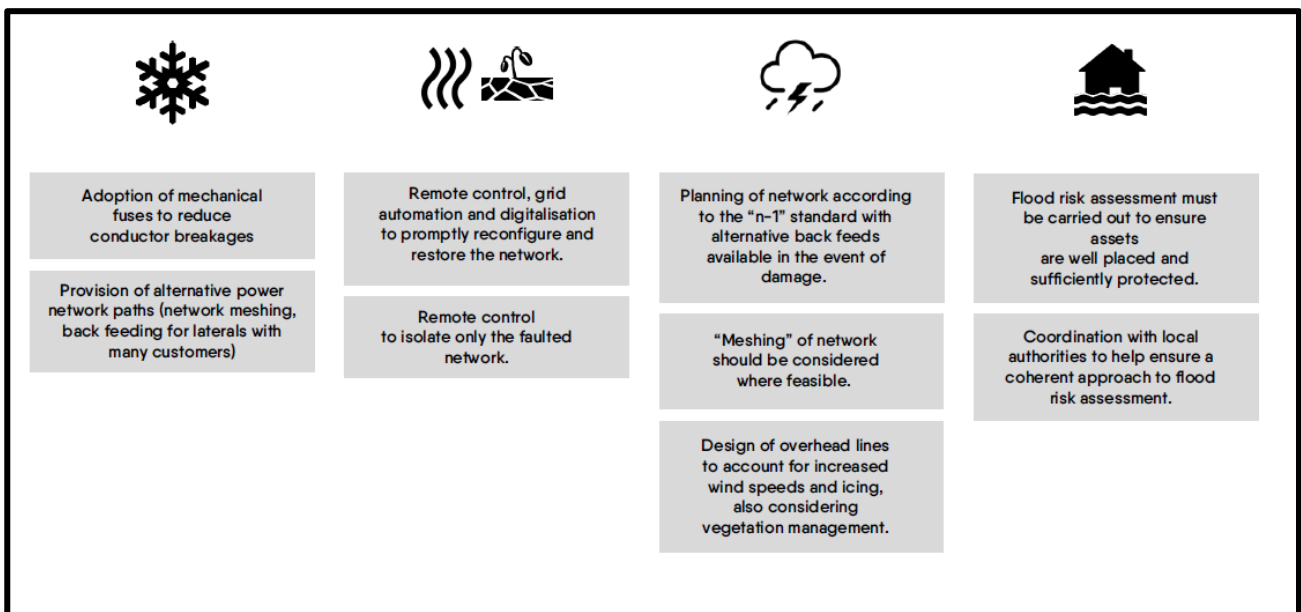


Figura 5. 3 - Exposure of Transmission and Distribution Assets
(Fonte: *The Coming Storm*, p. 11)

Rispetto ai rischi delineati sopra, OECD28 raccomanda che la divulgazione del rischio climatico può aiutare a sensibilizzare e incoraggiare gli sforzi per ridurre i rischi legati al clima per le infrastrutture, ma deve essere adattata alle circostanze nazionali. *‘I rischi derivanti dal cambiamento climatico sono diversi, variano a seconda delle circostanze nazionali e ci sono molteplici possibili metriche per misurare i progressi nell'affrontare tali rischi.’*

A tal fine OECD chiede di mobilitare investimenti pubblici e privati per realizzare infrastrutture resistenti al clima. In particolare, prevede che:

²⁸ (OECD, 2018 (December))

- *‘gli impatti climatici porteranno ad un aumento degli investimenti necessari, in particolare per le infrastrutture di stoccaggio dell'acqua, le difese contro le inondazioni, l'approvvigionamento idrico e i servizi igienico-sanitari in alcune regioni ... studi globali rilevano che i vantaggi dell'investimento nella resilienza superano i costi con elevati rapporti costi-benefici, ad esempio gli investimenti nelle difese contro le inondazioni per le città costiere’.*
- *Lo sviluppo e la comunicazione di piani infrastrutturali possono aiutare gli investitori a identificare le opportunità di investimento. Lo sviluppo di questi piani offre ai responsabili delle decisioni l'opportunità di assumere una visione strategica di come il cambiamento climatico influenzerà le esigenze infrastrutturali nei prossimi decenni e di progettare pacchetti sequenziali di investimenti ("percorsi") che affrontano le interconnessioni e aumentano la resilienza in un modo che non può essere raggiunto esaminando i progetti isolatamente.*
- *Le politiche pubbliche che promuovono la resilienza includono processi di appalto pubblico che prendono in considerazione la resilienza climatica quando si confrontano offerte concorrenti, tenendo conto dei costi per tutta la durata del bene in scenari alternativi ...Le finanze pubbliche possono essere utilizzate per mobilitare finanziamenti privati per infrastrutture resilienti ai cambiamenti climatici. Ad esempio, l'analisi finanziata con fondi pubblici dei rischi affrontati dal porto di Cartagena, in Colombia, ha motivato ad investimenti per gestire i rischi climatici. Il sostegno alla preparazione dei progetti può aiutare a superare i limiti di capacità relativi alla resilienza climatica....Le finanze pubbliche possono quindi essere utilizzate per mobilitare finanziamenti privati per infrastrutture resilienti ai cambiamenti climatici. Ad esempio, l'analisi dei rischi potrebbe essere finanziata con fondi pubblici’*

Una rassegna autorevole ed abbastanza recente sulla resilienza del sistema elettrico in condizioni operative lontane dall'ordinarietà è stata effettuata da RSE²⁹. Nelle parole dell'estensore della premessa di questo rapporto, Stefano Besseghini³⁰, *‘La resilienza entra in campo quando le condizioni operative del sistema sono lontane dalla ordinarietà e chiama a raccolta tutte le risorse possibili cui il sistema può attingere per garantire l'adempimento delle proprie funzioni. E allora, il concetto di resilienza si allarga a servizi e funzionalità che possono integrare gli aspetti di progettazione propri del sistema’ ed ancora ‘Garantire la resilienza di un sistema vuol dire anche saperlo gestire nella sua evoluzione in maniera dinamica ponendo in essere quelle azioni correttive minime in grado di ripristinarne la funzionalità, intervenendo quindi anche sulla natura e quantità dei costi connessi resi anch'essi proporzionali alla intensità del danno’.* Besseghini paragona inoltre la decarbonizzazione alla digitalizzazione: *‘Le infrastrutture critiche su cui il nostro sistema di vita si poggia in maniera sempre più inconsapevole stanno conoscendo crescenti “attacchi” derivanti da mutate condizioni ambientali e climatiche, da rischi antropici legati a tensioni geopolitiche, dalla inclusione nel perimetro del sistema dell'utente finale in un quadro di profonda trasformazione guidato da due parole chiave: decarbonizzazione e digitalizzazione’.*

Il rapporto è stato deliberatamente esteso con un taglio divulgativo data la mancanza di un testo completo ed accessibile sull'argomento e **presenta** alcuni strumenti specifici che RSE ha sviluppato a supporto della resilienza del sistema elettrico italiano. Sempre a giudizio di Besseghini, **l'emergenza climatica è ‘una causa esogena di origine antropica...particolarmente pericolosa per la sua capacità di minare la sicurezza del sistema in maniera molto imprevedibile e con il potenziale di infliggere danni in maniera simultanea su più fronti...forse lo scenario peggiore anche per un**

²⁹ (Ricerca sul Sistema Elettrico, 2017).

³⁰ Stefano Besseghini ha svolto la propria attività di ricerca principalmente presso il CNR come specialista nel campo della relazione fra energia e materiali. Nel 2017 era Amministratore Delegato di RSE S.p.A, per passare poi alla Presidenza dell'ARERA nel 2018.

sistema resiliente, **di conseguenza** la Ricerca di Sistema dovrà impegnare molti sforzi **nel campo della resilienza e promuovere il dialogo tra gli operatori in merito.**

Il documento è assai esaustivo nella rassegna dei malfunzionamenti di natura esogena (cap. 3, **il cosa**) ove si riporta la seguente tabella riassuntiva (p. 44), interessante in quanto ne classifica le conseguenze in termini di disservizio.

Fattori ambientali	Effetti	Guasti-Disservizi
Temporali (precipitazioni, fulmini, vento forte) e trombe d'aria	Fulminazioni di linee/stazioni Rottura conduttori Cortocircuiti tra fasi e verso terra Abbattimento sostegni Perdita di impianti eolici	Transitori e permanenti
Scarsa piovosità	Essiccamento del suolo Contingenze multiple	Transitori
Neve/ghiaccio	Cedimento dell'isolamento Rottura conduttori Abbattimento dei sostegni	Transitori e permanenti
Nebbia/vento salino/inquinamento atmosferico	Cedimento dell'isolamento	Transitori e permanenti
Territorio (frane, smottamenti, terremoti)	Danni all'infrastruttura di rete	Permanenti
Incendi boschivi	Danni all'infrastruttura di rete Apertura collegamenti per operazioni spegnimento	Permanenti e transitori
Animali	Cortocircuiti Interruzione comunicazioni	Permanenti

Figura 5. 4 - Guasti e malfunzionamenti di origine naturale esogena
(Ricerca sul Sistema Elettrico, 2017, p. 44)

Nel successivo cap. 4 (**il quanto**) si procede a determinare quantitativamente gli effetti del disservizio in termini di indicatori di impatto, che portano a formulare conseguenti indici di resilienza.

Fra gli elementi a carattere statistico riportati nel documento, due appaiono di forte rilievo ai fini di questo rapporto:

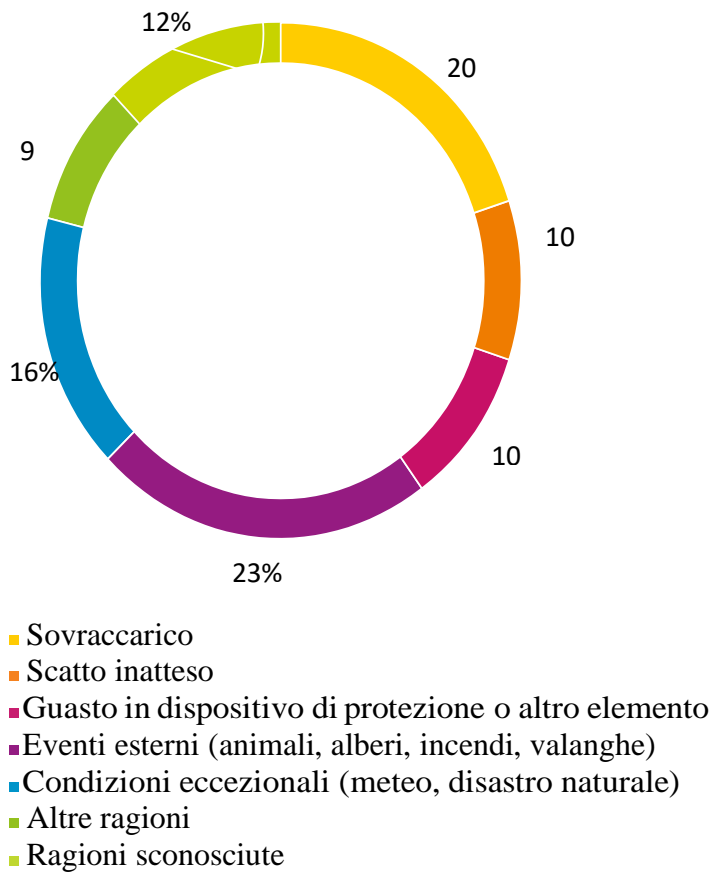


Figura 5. 5 - Incidenza percentuale delle cause di disservizio
(Ricerca sul Sistema Elettrico, 2017, p. 31)

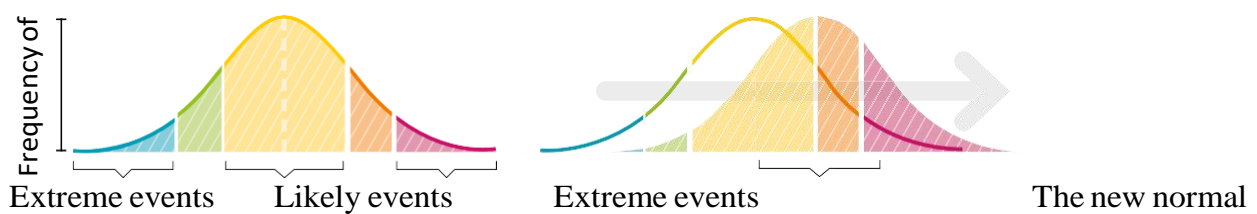


Figura 5. 6 - Gli eventi estremi diventano più comuni
(da: Risky Business Project, A climate Risk Assessment for the United States, 2014, citato da Ricerca sul Sistema Elettrico, 2017, p. 151)

In merito, il rapporto introduce e tratta in dettaglio un metodo innovativo molto articolato per la valutazione del rischio e della resilienza, sviluppato nell'ambito del progetto europeo AFTER coordinato da RSE³¹.

In conclusione, si riporta una sintesi delle fonti sopra discusse secondo il formato introdotto nel precedente capitolo (tabella 4.1):

MINACCE RICONDUCEBILI AI CAMBIAMENTI CLIMATICI	POTENZIALI IMPATTI su IC ENERGIA ELETTRICA
TEMPERATURA	
CRONICHE ³²	
<ul style="list-style-type: none"> • CAMBIAMENTI DI TEMPERATURA (ARIA, ACQUA DOLCE, ACQUA MARINA) 	I progettisti di impianti di produzione dell'energia elettrica tengono conto di questi fattori, anche se qualche caso sporadico di blocco si è recentemente verificato ³³ .
<ul style="list-style-type: none"> • STRESS DA CALORE 	
<ul style="list-style-type: none"> • VARIABILITÀ DELLA TEMPERATURA 	
<ul style="list-style-type: none"> • DISGELO DEL PERMAFROST 	Non rilevante in Italia
ACUTE	
<ul style="list-style-type: none"> • ONDATE DI CALORE 	Perdita di rendimento di impianti a combustibile fossile Riduzione della capacità di trasmissione di corrente elettrica Riduzione della generazione di energia elettrica a causa di ridotte capacità di scarico nei bacini Aumento della domanda di energia elettrica nel periodo estivo e conseguente maggiore vulnerabilità del sistema quando esposto a eventi estremi Diminuzione di disponibilità idrica per il raffreddamento degli impianti di produzione Danni strutturali alle condotte per il trasporto di petrolio e gas in seguito a fenomeni di subsidenza Perdita di rendimento in impianti solari
<ul style="list-style-type: none"> • ONDATE DI FREDDO/GELO 	Formazione di manicotti di neve/ghiaccio sulle linee di trasmissione e distribuzione Riduzione della generazione di energia elettrica a causa di ridotte capacità di scarico nei bacini Riduzione della capacità di generazione di energia eolica a causa dell'indebolimento dei venti per alta pressione

³¹ A Framework for electrical power systems vulnerability identification, defense and restoration (Ricerca sul Sistema Elettrico, 2017, p. 86-96)

³² In linea di massima, gli impianti in Italia sono strutturati per fare fronte a fenomenologie di tipo cronico.

³³ <https://www.greenme.it/ambiente/energia/la-siccita-blocca-anche-le-centrali-termoelettriche-cosi-la-mancanza-dacqua-pesera-sulla-bolletta-degli-italiani/>

<ul style="list-style-type: none"> • INCENDI 	<p>Diminuzione di disponibilità idrica per il raffreddamento degli impianti di produzione</p> <p>Danni strutturali alle condotte per il trasporto di petrolio e gas in seguito a fenomeni di subsidenza</p>
VENTO	
CRONICHE	
<ul style="list-style-type: none"> • CAMBIAMENTO DEI MODELLI DEL VENTO 	In Italia la velocità globale del vento è aumentata a partire dal 2010 ³⁴
ACUTE	
<ul style="list-style-type: none"> • CICLONI, URAGANI, TIFONI 	Danni strutturali alle infrastrutture di fornitura elettrica
<ul style="list-style-type: none"> • TEMPESTE (INCLUDE BUFERE DI NEVE, POLVERE E TEMPESTE DI SABBIA) 	
<ul style="list-style-type: none"> • TORNADO 	
ACQUA	
CRONICHE	
<ul style="list-style-type: none"> • CAMBIAMENTO DEI MODELLI E DEI TIPI DI PRECIPITAZIONI (PIOGGIA, GRANDINE, NEVE/GHIACCIO) 	I progettisti di impianti energetici tengono conto di questi fattori. Tuttavia le connesse fenomenologie si stanno intensificando ³⁵ .
<ul style="list-style-type: none"> • PRECIPITAZIONI E/O VARIABILITÀ IDROLOGICA 	
<ul style="list-style-type: none"> • ACIDIFICAZIONE DEGLI OCEANI 	
<ul style="list-style-type: none"> • INTRUSIONE SALINA 	
<ul style="list-style-type: none"> • INNALZAMENTO DEL LIVELLO DEL MARE 	
<ul style="list-style-type: none"> • STRESS IDRICO 	
ACUTE	
<ul style="list-style-type: none"> • SICCIÀ 	Diminuzione di disponibilità idrica per il raffreddamento degli impianti di produzione
<ul style="list-style-type: none"> • FORTI PRECIPITAZIONI (PIOGGIA, GRANDINE, NEVE/GHIACCIO) 	Formazione di manicotti di neve/ghiaccio sulle linee di trasmissione e distribuzione
<ul style="list-style-type: none"> • ALLUVIONE (COSTIERA, FLUVIALE, PLUVIALE, SOTTERRANEA) 	Danni strutturali alle reti per il trasporto energia (elettriche, oleodotti, metanodotti)
<ul style="list-style-type: none"> • COLLASSO DI LAGHI GLACIALI 	
<ul style="list-style-type: none"> • 	
SUOLO	
CRONICHE	
<ul style="list-style-type: none"> • EROSIONE DELLE COSTE 	I progettisti di impianti energetici tengono conto di questi fattori, ma le fenomenologie connesse si stanno intensificando ³⁶ .
<ul style="list-style-type: none"> • DEGRADO DEL SUOLO 	
<ul style="list-style-type: none"> • EROSIONE DEL SUOLO 	
<ul style="list-style-type: none"> • SOLIFLUSSIONE 	
ACUTE	
<ul style="list-style-type: none"> • VALANGHE 	

³⁴ <https://greenreport.it/news/clima/dal-2010-in-poi-e-aumentata-la-velocita-globale-del-vento-era-in-calo-dagli-anni-80/>

³⁵ (Ricerca sul Sistema Elettrico, 2017, p. 24)

³⁶ (Ricerca sul Sistema Elettrico, 2017, p. 55)

• FRANE	Distruzione di infrastrutture energetiche sotterranee sepolte
• SUBSIDENZA	

Tabella 5 1 - Sinossi delle minacce climatiche

Bibliografia

Allen-Dumas, M. R., KC, B., & Cunliff, C. I. (2019). *Extreme Weather and Climate Vulnerabilities of the Electric Grid: A Summary of Environmental Sensitivity Quantification Methods*. Oak Ridge National Laboratory. Tratto il giorno Apr. 8, 2023 da <https://info.ornl.gov/sites/publications/Files/Pub128663.pdf>

Eurelectric. (2022, December). *The Coming Storm*. Eurelectric. Tratto da <https://resilience.eurelectric.org/>

OECD. (2018 (December)). *Climate-resilient Infrastructure, Policy Perspectives*. OECD. Tratto il giorno Apr. 8, 2023 da <https://info.ornl.gov/sites/publications/Files/Pub128663.pdf>

Ricerca sul Sistema Elettrico. (2017). *Resilienza del Sistema Elettrico*. S. Giuliano Milanese: Alkes.

Sypher, C. (2021, Oct. 4). *DESIGNING FOR THE FUTURE: POWER GRIDS MUST ADAPT TO CLIMATE CHANGE*. Tratto il giorno Apr. 4, 2023 da APM Research Labs.: <https://10across.com/designing-for-the-future-power-grids-must-adapt-to-climate-change-apm-research-ten-acrosshttps-www-apmresearchlab-org-10x-power-climate/>

6. CAMBIAMENTI CLIMATICI E INFRASTRUTTURE DIGITALI *(Luisa Franchina, Gianluca Cipriani, Andrea Agostino Fumagalli)*

6.1 Il contesto attuale

Con il crescente riscaldamento globale e l'aumento delle emissioni di gas serra, i cambiamenti climatici rappresentano una delle sfide più importanti del nostro tempo. Contestualmente, la continua evoluzione tecnologica ha reso necessaria la realizzazione di nuove infrastrutture digitali con conseguente aumento della domanda di energia elettrica e risorse, causando impatti significativi sull'ambiente. Il presente capitolo si propone di esaminare lo stato attuale delle infrastrutture digitali in relazione alla tematica del cambiamento climatico. Queste, infatti, sono oggi fondamentali per l'erogazione di servizi alle organizzazioni pubbliche e private, fornendo i necessari sistemi per la comunicazione, l'elaborazione e gestione dei dati e il controllo dei servizi.

Dopo aver illustrato le caratteristiche dei data center, sia da un punto di vista tecnico che normativo, questa ricerca analizzerà le strategie delle principali società attive nel settore e le procedure di sviluppo che intendono mettere in atto al fine di conformarsi alle normative.

Un data center, noto anche come Centro Elaborazione Dati (CED), rappresenta il nucleo fondamentale dell'infrastruttura digitale di un'organizzazione. In strutture di questo tipo converge tutto ciò che è necessario al funzionamento dell'architettura informatica. A tale scopo, è necessaria una costante protezione, manutenzione e monitoraggio di tutti i dispositivi custoditi nel data center. La sicurezza di tali strutture è infatti fondamentale: dal momento che esse gestiscono dati funzionali alle attività delle aziende, misure come la protezione delle informazioni, la prevenzione degli accessi non autorizzati e la gestione delle minacce informatiche sono prioritarie per garantire l'affidabilità e la continuità delle operazioni del data center.

La progettazione di un CED è un processo altamente complesso e strategico, poiché coinvolge un'ampia gamma di componenti e tecnologie cruciali per garantire il corretto funzionamento dell'intera infrastruttura digitale. Una struttura del genere è costruita intorno ad alcuni elementi principali:

Infrastruttura di rete: connette i server fisici e virtualizzati, i servizi del data center, l'archiviazione e la connettività esterna agli utenti finali. La rete è il mezzo attraverso il quale avviene il trasferimento dei dati tra i diversi elementi del data center e verso l'esterno, consentendo la fruizione dei servizi digitali da parte degli utenti.

Infrastruttura di storage: i sistemi di archiviazione, come unità a disco rigido o array di storage, sono fondamentali per preservare la riservatezza, l'integrità e la disponibilità dei dati. Tali dispositivi devono consentire l'accesso rapido e affidabile ai dati in essi conservati secondo le diverse esigenze.

Risorse di elaborazione: i server rappresentano le risorse di elaborazione essenziali che forniscono capacità computazionale, memoria, archiviazione locale e connettività di rete, necessarie per eseguire e supportare una vasta gamma di applicazioni e servizi.

L'interazione e la combinazione di queste componenti creano un ecosistema dinamico in cui un numero indefinito di applicazioni, siti web, portali e software possono essere ospitati e gestiti, fornendo una soluzione che, se gestita in modo efficace ed efficiente, è in grado di rispondere alle diverse esigenze relative all'espansione delle attività digitali delle organizzazioni.

Le infrastrutture digitali continuano a espandersi per soddisfare le crescenti esigenze tecnologiche, un'espansione velocizzata, negli ultimi anni, a causa delle misure di confinamento adottate per

contrastare la pandemia di Covid-19³⁷. Ciò fa emergere maggiori preoccupazioni riguardo agli impatti ambientali delle operazioni digitali su larga scala. A fronte dell'urgente necessità di affrontare i cambiamenti climatici, sorge la sfida di bilanciare la sempre maggiore domanda di risorse energetiche per sostenere i data center, con l'imperativo di mitigare le conseguenze del riscaldamento globale e delle emissioni di gas serra che questi contribuiscono ad aumentare. Ma non solo: i cambiamenti climatici possono a loro volta impattare negativamente sui data center, infatti, gli effetti di tali fenomeni possono compromettere l'integrità fisica delle strutture e la continuità operativa dei sistemi. Oltre al data center stesso, le variazioni climatiche possono danneggiare anche le strutture e i servizi dai quali il suo funzionamento dipende, provocando, ad esempio, interruzioni di energia elettrica o danneggiando le infrastrutture di comunicazione.

Le risposte che sono state individuate per ovviare a questo tipo di minacce si muovono lungo due direttive, non necessariamente separate: *sostenibilità*, che passa attraverso l'efficienza energetica, e *resilienza*.

Prima di illustrare le principali strategie messe in atto lungo queste direttive è necessario avere una visione chiara di quali sono i fenomeni climatici che possono compromettere in misura maggiore il funzionamento di un data center. Questi fenomeni sono maggiormente da imputarsi a variazioni notevoli di temperatura. Il punto debole principale di un data center è la necessità di mantenere la struttura a una temperatura adeguata, in modo da limitarne il più possibile il surriscaldamento. Questa attività, come verrà illustrato in seguito, richiede un grande dispendio energetico e di risorse.

Gli sbalzi di temperatura complicano notevolmente la climatizzazione interna al data center. Le ondate di calore possono comportare un surriscaldamento dei sistemi e un incremento dei costi di raffreddamento. All'aumento del calore, i sistemi di raffreddamento dell'edificio faticano a mantenere la temperatura di sicurezza, con conseguente dispendio di energia. Nei casi più gravi si rende necessario rallentare o, in alcune situazioni, arrestare il funzionamento delle macchine dell'infrastruttura riducendone l'efficienza. I sistemi tradizionalmente impiegati per il raffreddamento dei data center prevedono l'utilizzo di vari dispositivi come dissipatori di calore, ventole, soluzioni di raffreddamento a liquido e refrigeratori a compressione.

A compromettere il funzionamento degli impianti di raffreddamento – in particolare nel caso dei data center più grandi – è anche la siccità. I sistemi dotati di torri di raffreddamento, infatti, impiegano grandi quantità di acqua, e periodi prolungati di siccità metterebbero in seria difficoltà la gestione delle risorse idriche che li alimentano. Si stima che, negli Stati Uniti, circa il 20% dei data center fa affidamento su fonti idriche ad alto rischio siccità³⁸. Provider come Google, Microsoft e Apple si sono già mossi in questo senso, in modo da assicurare un maggiore approvvigionamento idrico ai propri data center attraverso degli impianti di trattamento delle acque. Ma, dal momento che in alcune zone questo tipo di strategie hanno portato a scontri con la popolazione locale, e che la presenza di un data center contribuisce notevolmente al consumo delle risorse idriche delle zone in cui è situato, Google e Microsoft, insieme a Meta, hanno dichiarato che entro il 2030 si impegneranno a reintegrare più acqua di quanta ne viene consumata. A tale scopo sono state proposte la collaborazione con i servizi idrici, il riciclo dell'acqua impiegata e sistemi di raffreddamento che utilizzano meno risorse idriche.

Il caldo favorisce anche lo scoppio di incendi, che possono provocare danni ingenti alle componenti e all'infrastruttura, ma il calore in sé ha un effetto deleterio anche sui singoli componenti elettronici: i chip funzioneranno in modo più lento³⁹, saranno meno affidabili e dovranno essere sostituiti più spesso.

³⁷ Kang,2020; ENISA,2020

³⁸ [The environmental footprint of data centers in the United States \(iop.org\)](#)

³⁹ [Mapping Heat Across A System \(semiengineering.com\)](#)

È possibile, inoltre, che un data center surriscaldato sia anche più vulnerabile agli attacchi cyber: i risultati di una ricerca condotta nel 2015⁴⁰, indicano che le emissioni di calore possono essere utilizzate per violare i sistemi informatici⁴¹.

Sul versante opposto, i repentini cali di temperatura, invece, possono causare una degradazione delle prestazioni a causa del gelicidio, un fenomeno che si verifica quando le temperature calano notevolmente al di sotto dello zero, provocando il congelamento delle infrastrutture elettriche e dei cavi di trasmissione. Questo può causare un degrado delle prestazioni dei sistemi elettrici. Inoltre, l'accumulo di ghiaccio sui cavi e sulle apparecchiature può interferire con l'approvvigionamento, e causare possibili interruzioni o diminuzioni dell'efficienza energetica per quanto concerne i server e gli apparati IT. Queste interruzioni possono avere un impatto significativo sul funzionamento del data center, portando al blocco improvviso delle attività e alla potenziale perdita di dati⁴².

In aggiunta a questi fenomeni, i cambiamenti climatici possono comportare un aumento del rischio di frane nelle aree circostanti i data center. Costituiscono una minaccia, infine, anche le forti raffiche di vento e la variabilità idrologica. Le prime, unite a eventuale presenza di detriti, possono danneggiare, oltre alla struttura esterna del data center, le torri di telecomunicazione, con conseguente riduzione di operatività e deterioramento della qualità del servizio, mentre forti precipitazioni e allagamenti possono causare danni strutturali agli apparati dei data center a causa del contatto con l'acqua e della possibile corrosione. Un altro impatto rilevante legato alle piogge è costituito dalle disconnessioni su reti wireless ad altissime frequenze, dovute al fenomeno del *rain shading*, che si verifica quando le intense precipitazioni ostacolano il segnale delle frequenze utilizzate nelle comunicazioni wireless, interferendo con la trasmissione dei dati e causando interruzioni nella connettività.

Oltre ai danni sui data center derivanti dal cambiamento climatico, questi determinano, a loro volta, un impatto sempre maggiore sull'ambiente, generando così una sorta di circolo vizioso. Tale impatto deriva dal fatto che la domanda di questo tipo di strutture è in costante aumento⁴³. Ciò può rappresentare un segnale di allarme dal punto di vista energetico, dal momento che nel 2017 i CED costituivano il 3% del dispendio energetico mondiale, e che si prospetta che saliranno al 4,5% nel 2025⁴⁴. Lo sfruttamento intensivo di risorse energetiche che avviene nei data center deriva soprattutto dal fatto che tali infrastrutture richiedono enormi quantità di energia elettrica per mantenere i server in funzione e per garantire il corretto raffreddamento degli ambienti. Questo elevato consumo energetico contribuisce direttamente all'aumento delle emissioni di gas serra. Inoltre, a causa del calore generato dal funzionamento dei server, i data center possono aumentare il riscaldamento urbano nelle loro vicinanze, contribuendo al fenomeno delle "isole di calore" (heat islands), aree che presentano temperature più elevate rispetto alle zone circostanti.

Poiché i danni all'ambiente sono strettamente legati al consumo dei data center, il tema dell'efficienza energetica diventa sempre più rilevante. In questo senso viene ribadita, attraverso le iniziative portate avanti dall'Unione Europea e, come verrà illustrato in seguito, dalle singole società, la necessità di creare data center più sostenibili, ossia anche più efficienti dal punto di vista energetico. Gli approcci più comuni adottati in questo senso riguardano l'adozione di sistemi di raffreddamento più efficienti, l'impiego di energie rinnovabili, il riutilizzo del calore prodotto da queste strutture o la costruzione di data center in luoghi con un clima freddo.

L'efficienza energetica di un data center può essere valutata attraverso un indicatore standard internazionale noto come Power Usage Effectiveness (PUE), elaborato da The Green Grid. Tale indice misura il rapporto tra la quantità di energia totale usata da un data center, compreso il raffreddamento, e la quantità di energia usata solo dalle apparecchiature IT. La massima efficienza di

⁴⁰ [A Computer's Heat Could Divulge Top Secrets - Scientific American](#)

⁴¹ [How Climate Change Affects Data Centers \(semiengineering.com\)](#)

⁴² [mit.gov.it/nfsmitgov/files/media/notizia/2022-02/Rapporto_Carraro_Mims.pdf](#)

⁴³ [U.S. Data center inventory growth 2022 | Statista](#)

⁴⁴ [Energy consumption and emission mitigation prediction based on data center traffic and PUE for global data centers - ScienceDirect](#)

un data center è data da un PUE pari a 1. In tale tipologia di strutture, l'energia impiegata per il raffreddamento è minima. La tabella riportata in seguito definisce i livelli di efficienza indicativi.

PUE	LEVEL OF EFFICIENCY
2,6 - 3	Very Inefficient
2 - 2,5	Inefficient
1,6 - 2	Average
1,3 - 1,5	Efficient
1 - 1,2	Very Efficient

Accanto all'indice PUE, The Green Grid ha introdotto anche un concetto correlato chiamato Data Center Infrastructure Efficiency (DCIE), che ne rappresenta l'inverso. Il DCIE è calcolato come il rapporto tra l'energia consumata dagli equipaggiamenti IT e l'energia totale assorbita dal data center. Questo parametro offre una prospettiva diversa sull'efficienza energetica, concentrandosi sull'energia effettivamente utilizzata dagli apparati IT rispetto a quella complessivamente consumata.

L'indice PUE medio globale è 1,7. Nonostante possa sembrare un dato incoraggiante, il consumo dovuto al raffreddamento rimane elevato. Nel momento in cui si intende limitare l'impatto ecologico dei CED, ridurre l'indice di PUE di un centro dati può rappresentare un obiettivo da porsi, considerando anche il fatto che i livelli medi di PUE sono rimasti invariati negli ultimi quattro anni⁴⁵.

In un contesto in cui l'Unione Europea dà priorità alla transizione verso strutture più sostenibili, la questione dell'efficienza energetica dei CED emerge, inserendosi nella questione della transizione ecologica, come una priorità strategica. In risposta a questa esigenza, la Commissione Europea sta esaminando da qualche anno una serie di misure allo scopo di migliorare l'efficienza energetica dei data center⁴⁶. L'obiettivo definito dall'UE è diventare *carbon neutral* entro il 2030, attraverso un maggiore utilizzo di fonti energetiche rinnovabili e un possibile riutilizzo dell'energia di scarto, come il calore. Per raggiungere questo obiettivo, la Commissione – come verrà illustrato in seguito - dovrà fare affidamento su una combinazione di strumenti esistenti, alcune revisioni della legislazione in materia e una serie di nuove iniziative. Per quanto concerne gli strumenti già esistenti citiamo, ad esempio, il Regolamento sulla Progettazione ecocompatibile dei server e dei prodotti di archiviazione dei dati⁴⁷.

In risposta al crescente consumo di energia nei data center e al conseguente impatto ambientale, economico e sulla sicurezza dell'approvvigionamento energetico che ne deriva, il Centro comune di ricerca (CCR) della Commissione ha elaborato un "Codice di condotta per l'efficienza energetica dei data center" (EU DC CoC), per guidare gli operatori e i proprietari dei CED verso la riduzione del loro consumo energetico in modo economicamente vantaggioso e senza compromettere la funzione di queste strutture.

Sono stati inoltre definiti, per i data center, le server room e i servizi cloud, dei criteri per gli appalti pubblici più sostenibili: "Green Public Procurement (GPP) criteria for Data Centres, Server Rooms and Cloud Services". L'obiettivo principale di questa iniziativa è assistere le autorità pubbliche nell'acquisire attrezzature e servizi per i data center in modo tale da apportare miglioramenti tangibili dal punto di vista ambientale. Tali miglioramenti contribuiscono direttamente agli obiettivi politici europei relativi all'energia, al cambiamento climatico, all'efficienza delle risorse e alla riduzione dei costi del ciclo di vita.

All'interno di questa iniziativa, sono state identificate tre aree prioritarie di interesse fondamentali per la definizione dei criteri del Green Public Procurement:

⁴⁵ [Data center average annual PUE worldwide 2022 | Statista](#)

⁴⁶ [Green cloud and green data centres | Shaping Europe's digital future \(europa.eu\)](#)

⁴⁷ [Servers and data storage products \(europa.eu\)](#)

La prima area, Prestazioni dei sistemi ICT, si concentra sulle performance dei sistemi informatici e delle tecnologie dell'informazione impiegate nei data center. Gli aspetti riguardanti l'efficienza energetica, la gestione dei carichi di lavoro e la riduzione degli sprechi sono considerati essenziali per garantire un impatto ambientale positivo.

Sono, inoltre, definite di interesse le prestazioni del sistema meccanico ed elettrico. L'ottimizzazione dell'infrastruttura di raffreddamento, l'uso efficiente dell'energia e la riduzione delle perdite sono tra i principali aspetti considerati per ridurre l'impatto ambientale.

La terza area comprende la riduzione delle emissioni di gas serra (GHG). Questo obiettivo si pone come prioritario nel contesto della lotta al cambiamento climatico. La riduzione delle emissioni di gas serra associate alle attività dei data center è fondamentale per contribuire agli sforzi globali di mitigazione.

In ciascuna di queste aree prioritarie, sono stati definiti specifici criteri che le autorità pubbliche possono applicare durante il processo di appalto. Questi criteri sono supportati da una logica tecnica chiara e da una sintesi delle opinioni delle parti interessate che hanno contribuito alla loro definizione. L'obiettivo è consentire ai committenti di selezionare fornitori e offerenti che dimostrino un impegno concreto per la sostenibilità ambientale, concentrando gli sforzi sulle aree in cui è possibile ottenere i maggiori miglioramenti sia in termini di impatto ambientale che di fattibilità economica⁴⁸.

È nelle intenzioni della Commissione Europea favorire i data center sostenibili all'interno delle proprie iniziative politiche e di finanziamento, incentivandone lo sviluppo. In questo senso è stato proposto l'aggiornamento della Direttiva sull'Efficienza Energetica (2012/27/EU)⁴⁹. Una sezione relativa ai data center è presente anche nel Regolamento Europeo sulla Tassonomia, che definisce il quadro per gli investimenti da considerare sostenibili⁵⁰.

In aggiunta a tali iniziative, la Commissione sta lavorando per creare una base condivisa di definizioni e metodi al fine di valutare l'efficienza energetica, la neutralità climatica e la sostenibilità delle infrastrutture IT. Lo studio "Greening cloud computing and electronic communications services and networks: towards climate neutrality by 2050" si pone proprio questo obiettivo. Tra le misure politiche proposte, il documento suggerisce diverse azioni concrete per migliorare l'efficienza energetica dei data center e del cloud computing. Queste includono l'implementazione di miglioramenti al "Codice di condotta per l'efficienza energetica dei data center", l'ulteriore sviluppo dei criteri per gli appalti pubblici (Green Public Procurement Criteria), nonché l'istituzione di un registro europeo dei data center.

Per quanto riguarda le reti e i servizi di comunicazione elettronica, tale studio suggerisce l'introduzione di un'etichetta di efficienza energetica per i servizi di telecomunicazioni, con l'obiettivo di aumentare la trasparenza sia per le aziende che per i consumatori. Tuttavia, si evidenzia la necessità di superare sfide metodologiche, tra cui la raccolta affidabile dei dati.

Inoltre, è stato proposto che gli operatori di telecomunicazioni registrino l'intensità energetica delle reti in un registro centrale o nazionale, al fine di fornire una panoramica completa dell'efficienza delle diverse tecnologie di rete e dei fornitori. Queste misure dovrebbero essere integrate con requisiti minimi di efficienza per nuove infrastrutture e criteri di progettazione ecocompatibile.

L'Unione Europea ha affrontato anche la questione degli impatti dei cambiamenti climatici nella sua "EU Adaptation Strategy" del 2021, con l'obiettivo di rendere i paesi dell'UE resilienti a questo tipo di minacce entro il 2050⁵¹. Attualmente, nell'ambito dei data center, una delle strategie di rilievo impiegate al fine di garantire una resilienza ottimale, particolarmente nel contesto dell'elaborazione di sistemi cloud, è rappresentata dall'implementazione di repliche dei servizi, le quali vengono sottoposte a periodiche operazioni di sincronizzazione. Per una prospettiva più approfondita,

⁴⁸ [JRC Publications Repository - Development of the EU Green Public Procurement \(GPP\) Criteria for Data Centres, Server Rooms and Cloud Services \(europa.eu\)](#)

⁴⁹ [European Green Deal: Energy Efficiency Directive adopted, helping make the EU 'Fit for 55' \(europa.eu\)](#)

⁵⁰ [EUR-Lex - 32020R0852 - EN - EUR-Lex \(europa.eu\)](#)

⁵¹ [EU Adaptation Strategy \(europa.eu\)](#)

l'assicurazione della resilienza dei server può avvenire sia a livello fisico che tramite approcci di virtualizzazione avanzati, tra cui metodologie come il checkpointing e la migrazione delle macchine virtuali. Il checkpointing, in particolare, prevede il salvataggio periodico dello stato corrente del sistema, incluse le informazioni sullo stato della memoria, dei registri e di altre variabili chiave. In caso di eventi avversi, come guasti hardware o crash improvvisi, il sistema può essere riavviato dal checkpoint più recente anziché dall'inizio. Questo consente di minimizzare la perdita di dati e ridurre i tempi di inattività, contribuendo così all'aumento della resilienza dell'intero sistema.

Un'ulteriore soluzione per aumentare la resilienza di un data center agli impatti dovuti al cambiamento climatico può essere offerta dalle tecnologie di tipo Edge computing, che consistono nella distribuzione dei dati contenuti in un CED, che vengono replicati in altri data center più piccoli. Questo offrirebbe un vantaggio anche nei confronti del surriscaldamento, in quanto strutture di dimensioni ridotte ne rendono più agevole il raffreddamento.

Parallelamente, un'ulteriore aspetto cruciale da considerare concerne l'efficienza energetica del sistema complessivo. In tale ottica, si sono sviluppate soluzioni mirate a ottimizzare i tempi di avvio e spegnimento delle unità di calcolo, accompagnate da strategie di elaborazione dati orientate al carico di lavoro effettivamente rilevato⁵².

Da un punto di vista hardware, si sta assistendo invece a un'evoluzione nell'architettura dei server mirata a creare un equilibrio ottimale tra le prestazioni offerte e il consumo energetico. In altre parole, nel momento in cui il server è sottoposto a carichi di lavoro intensi e richieste computazionali impegnative, il consumo energetico aumenterebbe in modo proporzionale per soddisfare queste esigenze. Tuttavia, quando il carico di lavoro diminuisce o il server è in uno stato di minore attività, il consumo energetico si adatterebbe di conseguenza, riducendo gli sprechi⁵³.

Il legame tra lo sfruttamento energetico dei data center e la prospettiva di una gestione più sostenibile emerge chiaramente quando si considera il ciclo di vita completo di tali infrastrutture, come considerato da Bettiol, Cerana e Di Maria (2022), che suggeriscono una visione olistica della sostenibilità dei data center. In base a quanto risultato dalla loro ricerca condotta con l'Università di Padova, valutare la sostenibilità di un data center richiede un'analisi non solo delle fasi operative, ma anche delle fasi di costruzione e smaltimento delle componenti del CED. Tale prospettiva allarga il quadro per comprendere gli impatti ambientali, dall'insorgere del fabbisogno energetico fino alla fine della vita utile dei server. Adottando metodologie come il Life Cycle Assessment (LCA), che valuta i carichi energetici e gli impatti lungo l'intero ciclo di vita di una struttura o un prodotto, si potrebbe ottenere una valutazione più accurata degli effetti ambientali. Lo studio di caso sul datacenter VSIX dimostra che la fase di realizzazione contribuisce al 61% delle emissioni totali di CO₂, mentre il funzionamento al 39%. La scelta delle tecnologie influisce sugli impatti, ad esempio una comparazione tra dischi HDD e SSD rivela che i dischi SSD hanno un'impronta maggiore, principalmente a causa dei processi di produzione intensivi. Questo sottolinea, ancora una volta la necessità di bilanciare le prestazioni tecnologiche con gli impatti ambientali⁵⁴.

6.2 Focus sui data center

Per la progettazione dei data center le organizzazioni si affidano a standard di riferimento (e a linee guida) aventi l'obiettivo di fornire un supporto per la costruzione dell'infrastruttura.

Nel corso degli anni sono state sviluppate diverse linee guida e standard per i data center, come lo "Standard Tier Topology" di Uptime Institute, ANSI/TIA-942, EN50600 e ISO/IEC 22237, ANSI/BICSI 002⁵⁵. Ad oggi, gli standard maggiormente richiesti dal mercato sono il Tier Topology di Uptime Institute e la TIA-942.

⁵² mit.gov.it/nfsmitgov/files/media/notizia/2022-02/Rapporto_Carraro_Mims.pdf

⁵³ [\(PDF\) Cloud Computing: Survey on Energy Efficiency \(researchgate.net\)](#)

⁵⁴ [Stimare l'impatto ambientale dei data center: i risultati di uno studio LCA - Agenda Digitale](#)

⁵⁵ [Green Computing in Network Security: Energy Efficient Solutions for Business ... - Google Libri](#)

Lo standard TIA-942, sviluppato dalla Telecommunications Industry Association (TIA), stabilisce i requisiti per la progettazione di un data center. Pubblicato per la prima volta nel 2005, è stato aggiornato, nel corso degli anni, per tenere conto degli sviluppi tecnologici e delle nuove esigenze nell'ambito dell'infrastruttura dei data center. Questo standard è stato creato per garantire l'affidabilità, la sicurezza e l'efficienza di un CED. Esso copre diversi aspetti chiave dell'infrastruttura del data center, inclusi i requisiti di progettazione per l'architettura, la cablatura, la connettività, il raffreddamento, l'alimentazione elettrica e la sicurezza fisica. Nelle "Linee Guida per la razionalizzazione dell'infrastruttura digitale della Pubblica Amministrazione", l'AgID (Agenzia per l'Italia Digitale) identifica lo standard ANSI/TIA 942 come punto di riferimento per la classificazione dei data center⁵⁶. La TIA-942 definisce quattro livelli di classificazione noti come Rated 1, Rated 2, Rated 3 e Rated 4, ognuno dei quali implica un incremento graduale di ridondanza e resilienza:

Rated-1 Basic Site Infrastructure: il data center è dotato di componenti a capacità singola e un unico percorso di distribuzione non ridondante. Ha una protezione limitata contro gli eventi fisici.

Rated-2 Redundant Capacity Component Site Infrastructure: il data center è dotato di componenti infrastrutturali ridondanti e un unico percorso di distribuzione non ridondante. Prevede una protezione contro gli eventi fisici superiore rispetto al livello precedente.

Rated-3 Concurrently Maintainable Site Infrastructure: il data center è dotato di componenti infrastrutturali ridondanti e percorsi di distribuzione indipendenti. In genere, solo un percorso di distribuzione alimenta i server. È possibile eseguire la manutenzione senza interrompere il funzionamento, il che significa che ogni componente infrastrutturale, inclusi gli elementi che fanno parte del percorso di distribuzione, possono essere rimossi, sostituiti o revisionati su base pianificata senza interrompere le capacità ICT per l'utente finale. Prevede una protezione contro la maggior parte degli eventi fisici.

Rated-4 Fault Tolerant Site Infrastructure: il data center è dotato di componenti infrastrutturali ridondanti e collegamenti multipli, contemporaneamente attivi, per alimentazione e raffreddamento. Il data center consente la manutenzione simultanea ed è progettato per sopportare un guasto in qualsiasi punto dell'impianto senza causare downtime. Ha una protezione contro quasi tutti gli eventi fisici⁵⁷.

Il secondo standard di riferimento da menzionare è il Tier Topology di Uptime Institute, che prevede una classificazione dei data center simile a quella prevista dalla TIA-942, basata su quattro livelli (Tier I, Tier II, Tier III, Tier IV). Ogni Tier corrisponde a un livello tecnico e strutturale del data center, definendo la sua capacità di assicurare la continuità operativa di fronte a situazioni avverse. Ad esempio, i data center certificati Tier IV sono progettati per essere completamente *fault tolerance*, ovvero impediscono, qualora si verificasse un guasto su più sistemi e componenti o un'interruzione nel percorso di distribuzione, che gli effetti dell'evento avverso creino un impatto sulle operazioni IT, assicurando così, un'elevata capacità di gestione della continuità operativa⁵⁸. In Italia, i data center certificati al livello Tier IV e Rated-4 rappresentano un asset ancora raro nel panorama delle infrastrutture IT. La complessità e l'investimento richiesti per raggiungere tali standard sono considerevoli, e i data center che ottengono queste certificazioni dimostrano un impegno serio per la resilienza e la disponibilità continua dei servizi. Oltre all'aspetto tecnico, i data center che rispettano i requisiti più elevati, rappresentano anche un punto di riferimento nell'ambito della sostenibilità, poiché l'efficienza energetica e la riduzione delle emissioni di carbonio sono spesso considerate elementi fondamentali nella loro progettazione e gestione⁵⁹. Adottare tali standard in fase di realizzazione dell'infrastruttura consente di creare un ambiente più resiliente, contribuendo a prevenire o gestire interruzioni critiche dei servizi e a fornire un'alta disponibilità degli stessi.

⁵⁶ [Microsoft Word - LG razionalizzazione CED PA 280913.docx \(agid.gov.it\)](#)

⁵⁷ [Telecommunications Industry Association 942 Certifications & Ratings | TIA Online](#)

⁵⁸ [Sistema di classificazione dei livelli Uptime Institute - Uptime Institute](#)

⁵⁹ [Referenza - Eni Green Data Center \(siemens.com\)](#)

Intraprendere tali misure si può considerare essenziale per le organizzazioni che desiderano mantenere operativi i loro servizi IT in modo continuativo e affidabile.

Per quanto concerne gli aspetti ambientali, con il fine di rispondere alla duplice sfida di garantire prestazione elevate dei data center da un lato, e offrire nuove strategie e sistemi innovativi che riducano il consumo di risorse dall'altro, le grandi organizzazioni stanno investendo nella ricerca e nello sviluppo di nuove tecnologie che abbiano come fine ultimo la realizzazione di entrambi gli obiettivi. Progettare data center con una elevata efficienza, principalmente tramite una ottimizzazione dei consumi (idrici ed energetici) è un target primario non solo per le organizzazioni private che operano in questo settore, ma anche per i governi⁶⁰. A tal proposito, nuove regolamentazioni, approvate in ambito europeo e nazionale, forniscono criteri sempre più vincolanti sul risparmio idrico ed energetico, e sull'applicazione di nuove tecnologie che consentano di diminuire l'impatto ambientale prodotto dai data center, tra le quali l'utilizzo di gas refrigeranti più ecosostenibili.

Un esempio, in ambito nazionale, è rappresentato dalla Circolare n. 01 del 14 giugno 2019 in cui si delineano i requisiti preliminari delle infrastrutture della PA per l'utilizzo da parte del Polo Strategico Nazionale. AgID, nel punto 9 della sezione "Aspetti Infrastrutturali / Architettura DC", richiede che "L'ente deve avere adottato formalmente procedure per la gestione delle emissioni dei gas prodotti dai suoi data center (es. ISO 14064), o per la gestione dell'energia dei propri data center (es. ISO 50001), o per la gestione ambientale dei propri data center (es. ISO 14001)"⁶¹.

Rimanendo in ambito nazionale, il PNRR (Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza) vincola tutti i soggetti che operano come partner tecnologici delle PA e che vogliono accedere ai finanziamenti del RRF (Recovery and Resilience Facility) al rispetto del principio del DNSH (Do No Significant Harm) ovvero al dovere di non arrecare danno significativo all'ambiente⁶²; pertanto, nella pratica amministrativa, il rispetto dei vincoli DNSH è verificato qualora le PA dimostrino che il data center del soggetto beneficiario dispone di un sistema di gestione ambientale conforme alla norma ISO 14001 o EMAS (Environmental Management and Audit Scheme)⁶³.

Il settore tecnologico dei data center, come già riportato, è considerato tra i più impattanti sul piano ambientale, soprattutto in termini di consumi energetici. A tal proposito, diverse organizzazioni hanno deciso di accelerare il processo di adeguamento alle normative, in particolare tramite l'adesione al già citato "Codice di Condotta Europeo per l'Efficienza Energetica dei Data Center" e, a partire dal 2021, con la sottoscrizione del "Climate Neutral Data Centre Pact", atto che li vincola a raggiungere la neutralità climatica nel loro ambito di applicazione entro il 2030. Il Codice di Condotta Europeo per l'Efficienza Energetica dei Data Center è un'iniziativa promossa dalla Commissione Europea e dal Joint Research Centre (JRC), a partire dal 2008, con il fine di promuovere e sostenere l'efficienza energetica nell'industria dei data center. L'obiettivo principale del codice è quello di incoraggiare i gestori dei CED e gli operatori del settore a impegnarsi a trovare soluzioni che portino a una riduzione del consumo energetico. L'adesione al codice di condotta è un'iniziativa volontaria, ma le aziende aderenti possono ricevere riconoscimenti e benefici per il loro impegno⁶⁴. Sin dalla sua approvazione, il codice è stato sottoscritto da 345 gestori di data center, mentre altri 290 starebbero ancora valutando se aderirvi. Dall'introduzione del Codice, la maggior parte dei CED degli aderenti ha raggiunto un PUE inferiore a 1,80. Sottoscrivendo il codice le organizzazioni si impegnano a misurare il dispendio energetico iniziale delle loro infrastrutture e a svolgere un audit attraverso cui identificare le principali opportunità di risparmio energetico; nonché a preparare, presentare e attuare un piano d'azione monitorando regolarmente il consumo di energia per evidenziare i progressi nel miglioramento dell'efficienza energetica ottenuti nel corso del tempo. Il codice di condotta si basa su una serie di misure di riferimento, che rappresentano buone pratiche per migliorare l'efficienza energetica dei data

⁶⁰ [Cloud verde e data center verdi | Plasmare il futuro digitale dell'Europa](#)

⁶¹ [downloadFile.php \(agid.gov.it\)](#)

⁶² [Il principio DNSH \(Do No Significant Harm\) nel PNRR - Italia domani](#)

⁶³ [Guida operativa per il rispetto del principio DNSH, Modulo ICT, Italia domani](#)

⁶⁴ [Code of Conduct for Energy Efficiency in Data Centres \(europa.eu\)](#)

center. Nel documento dedicato alle best practice⁶⁵, è presentato un elenco di controlli, la cui osservanza costituisce requisito essenziale per le organizzazioni che intendono aderire al codice. Come accennato, anche il Climate Neutral Data Centre Pact mira a favorire una maggiore responsabilità ambientale nell'industria dei data center, contribuendo agli sforzi complessivi di mitigazione del cambiamento climatico. È un'iniziativa lanciata dalla Commissione Europea nel 2021, per promuovere l'efficienza energetica e la sostenibilità ambientale nell'industria dei DC. L'obiettivo principale di tale accordo è quello di rendere i data center in Europa climaticamente neutrali entro il 2030. Ad oggi, oltre 80 firmatari, hanno sottoscritto il patto definendo diversi obiettivi misurabili da raggiungere tra il 2025 e il 2030. Il primo obiettivo è quello di assicurare, entro il 1° gennaio 2025, il raggiungimento di un PUE annuale di 1,3 per i nuovi data center operanti (a massima capacità) nei climi freddi, mentre, per quelli che operano in climi caldi, l'obiettivo è di 1,4. In merito ai DC già esistenti le linee guida ribadiscono l'importanza di convergere verso i medesimi livelli entro il 1° gennaio 2030. Il secondo obiettivo ha come oggetto l'efficienza energetica e vincola i firmatari all'utilizzo di almeno il 75% di energia proveniente da fonti rinnovabili e carbon free per l'alimentazione dei propri data center, entro il 31 dicembre 2025, e per il 100% entro il 31 dicembre 2030. Il patto prevede anche lo sviluppo di un piano di economia circolare, che vincolerebbe i gestori a strutturare piani di implementazione e meccanismi di asset management che consentano il riciclo, la rivendita o il riutilizzo di apparati IT entro il 2025. Il quarto obiettivo ha per oggetto l'impiego di tecnologie che consentano il recupero e il riutilizzo del calore prodotto dai data center. Infine, il patto prevede target di risparmio idrico, tramite il calcolo del WUE (Water Use Efficiency) e la registrazione delle letture dei contatori dell'acqua in ingresso per ciascun data center.⁶⁶

6.3 Le strategie dei principali attori del settore

Le organizzazioni, per far fronte alle sempre più stringenti normative a livello ambientale, hanno avviato processi di sviluppo tecnologico e strategico, volti ad adempiere alle numerose disposizioni in materia. In ambito tecnico, per ridurre i consumi energetici dei data center, derivanti dal processo di raffreddamento dei sistemi (quasi la metà del consumo energetico prodotto dai CED), le soluzioni possono essere implementate sin dalla fase di progettazione delle infrastrutture, in particolare tramite la realizzazione di strutture di confinamento termico dei flussi d'aria, che consentono di distribuire in maniera uniforme la temperatura, ottimizzando i consumi⁶⁷; oppure mediante il *free cooling* diretto⁶⁸, un sistema di raffreddamento naturale che non necessita di un impianto di refrigerazione e che utilizza come sorgente di freddo l'aria esterna. Il sistema di raffreddamento diretto consiste nell'immettere nel locale dove si trova il data center una quantità di aria proveniente dall'esterno con una temperatura più bassa, nello stesso tempo in cui l'aria interna, più calda, viene dissipata ed espulsa dal locale. Un'ulteriore soluzione per conseguire la riduzione dell'impatto ambientale è rappresentata dal sistema di costruzione di data center modulari⁶⁹, costituiti da moduli prefabbricati che possono essere assemblati, smontati e ampliati in modo rapido ed efficiente per soddisfare le necessità operative. Il principale vantaggio deriva dall'elevata scalabilità: visto che tali tipologie di data center sono composti da moduli indipendenti, è possibile aumentare o diminuire le dimensioni dell'infrastruttura, in base alle esigenze, senza dover costruire un nuovo edificio da zero, in modo tale da supportare la realizzazione e la gestione sostenibile del data center. Inoltre, i data center modulari possono essere installati più rapidamente rispetto ai data center tradizionali, poiché gran parte dell'infrastruttura è già prefabbricata, comportando una riduzione dei costi di costruzione e manutenzione.

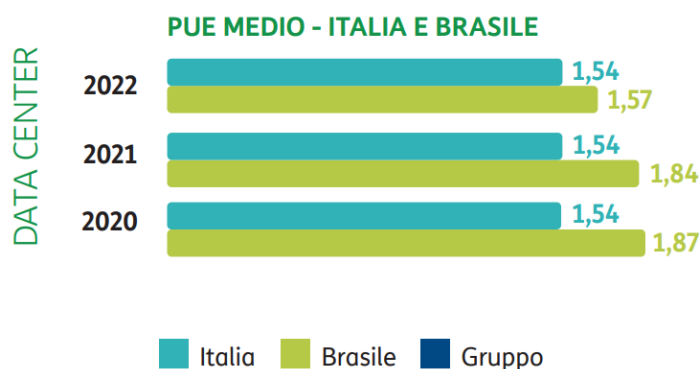
⁶⁵ [Best Practices Document \(europa.eu\)](#)

⁶⁶ [Climate Neutral Data Centre Pact on Data Centre \(europa.eu\)](#)

⁶⁷ [Hot and Cold Aisle Containment Differences - AKCP Monitoring](#)

⁶⁸ [Cooling technologies for data centres and telecommunication base stations – A comprehensive review - ScienceDirect](#)

⁶⁹ [New Research on Prefabricated Modular Data Centers Shows Bright Future \(datacenterknowledge.com\)](#)



(Fonte: *Bilancio di sostenibilità 2022, TIM*)

In ambito tecnologico l'azienda ha promosso, inoltre, la definizione di un edge computing in grado di offrire l'opportunità di elaborare i dati in modo più efficiente, vicino ai luoghi di origine, riducendo la quantità di dati trasferiti verso i data center centralizzati, in modo da ottenere una riduzione del consumo di energia e delle emissioni di CO₂ derivanti da tale trasferimento. Il Gruppo TIM, inoltre, ha avviato da diversi anni un graduale processo di sostituzione dei gas refrigeranti, aventi un GWP (Global Warming Potential) molto elevato, per efficientare i sistemi di raffreddamento dei data center. Infatti, tali tipologie di gas refrigeranti utilizzati nei CED hanno un potenziale di riscaldamento globale in media superiore alla soglia stabilita nel Regolamento Delegato della Tassonomia Europea, definita allo scopo di limitare l'utilizzo di tecnologie potenzialmente più impattanti in caso di eventuali perdite in atmosfera. Tra i data center di TIM, spicca quello di Acilia, classificato come Tier IV, il quale adotta una serie di tecnologie all'avanguardia per promuovere la sostenibilità. Grazie alla loro implementazione, il data center di Acilia ha ridotto notevolmente il suo impatto ambientale, seguendo standard globali di efficienza energetica. Questi progressi si traducono in risultati tangibili. Il valore del PUE è inferiore a 1,3, dimostrando un utilizzo efficiente dell'energia. Il data center ha ottenuto le certificazioni ISO 50001 e Leed Gold, sottolineando il suo impegno per l'efficienza energetica e la sostenibilità. L'alimentazione dei servizi ausiliari viene supportata da pannelli solari, contribuendo alla riduzione del consumo energetico complessivo. Un sistema geotermico è stato introdotto per il raffreddamento dei gruppi frigo, aumentandone il rendimento. L'implementazione dei D-UPS (UPS dinamici) ha eliminato la necessità di batterie tampone, migliorando l'impatto ambientale. La raccolta e l'utilizzo delle acque piovane evitano sprechi di acqua potabile. L'approvvigionamento energetico è garantito al 100% da fonti rinnovabili. Infine, un sistema di raffreddamento automatico sfrutta le condizioni climatiche esterne quando sono ottimali, contribuendo ulteriormente all'efficienza energetica. Tutti questi fattori combinati rendono il data center di Acilia un esempio di impegno per l'efficienza energetica e la sostenibilità nell'ambito dei CED⁷⁵.

Anche Fastweb, nella strategia per la tutela dell'ambiente e delle risorse, ha evidenziato il suo impegno nel ridurre l'impatto ambientale dei suoi data center anche attraverso processi di riqualificazione energetica e tramite lo svolgimento di audit energetici periodici, con il fine ultimo di ottenere un abbassamento del PUE⁷⁶. L'efficienza di uso dell'energia media dei data center di Fastweb a pieno carico è di 1,7, mentre quella media presso i clienti, secondo stime di settore, è di 1,9⁷⁷. In particolare, il Data Center Tier IV di Milano è uno dei più efficienti al mondo con un PUE di 1,25⁷⁸ ed è stato riconosciuto ISO 50001, confermando l'impegno di Fastweb nell'efficienza energetica e nella gestione sostenibile delle risorse. La certificazione attesta che Fastweb ha

⁷⁵ [Il Data Center TIER IV di TIM ad Acilia | TIM ENTERPRISE](#)

⁷⁶ [Il nostro impegno in 10 punti - Fastweb](#)

⁷⁷ [Label di sostenibilità Fastweb-metodologia-v20230509.pdf](#)

⁷⁸ [fastweb.it/corporate/azienda-e-sostenibilita/sostenibilita/Fastweb-Report-di-Sostenibilita-2022-it.pdf](#)

implementato un sistema di gestione dell'energia conforme alle migliori pratiche internazionali, dimostrando l'adozione di misure mirate a ridurre l'impatto ambientale e a ottimizzare l'utilizzo delle risorse energetiche⁷⁹. L'impegno di Fastweb nell'acquistare il 100% dell'energia elettrica da fonti rinnovabili rappresenta un passo significativo verso la sostenibilità ambientale e il contributo alla lotta contro i cambiamenti climatici. Dal 2015, l'azienda ha dimostrato una forte volontà di ridurre la propria impronta di carbonio, evitando l'emissione di circa 60.000 tonnellate di CO₂eq ogni anno. Nel 2022, a causa della crisi energetica e dell'aumento dei costi di approvvigionamento, Fastweb ha accelerato le azioni previste per l'efficientamento e la riduzione dei consumi energetici. Ciò ha comportato una revisione degli obiettivi stabiliti inizialmente e un rapido avanzamento verso il loro raggiungimento. La società ha intensificato i progetti avviati prima del 2022, concentrando particolare attenzione sul decommissioning, ovvero il processo strutturato di disinstallazione di server e vecchie infrastrutture di dati per far spazio a nuovi sistemi di gestione dei dati. Inoltre, sono stati identificati nuovi progetti, come un importante assessment e ottimizzazione delle temperature di esercizio dei data center e delle centrali di telecomunicazione, la dismissione di ulteriori tecnologie di rete e campagne di spegnimento di apparati nei testplant. La società ha anche ottimizzato gli spazi e gli orari di utilizzo degli impianti negli uffici. Tali interventi si tradurranno in un risparmio annuo di 2.957.048 kWh (equivalenti a 10.645 GJ) per Fastweb, inoltre, l'intensità energetica della rete, ovvero il rapporto tra consumi energetici e volumi di traffico, è diminuita del 76% dal 2015 a oggi, dimostrando ulteriormente l'impegno dell'azienda nell'efficientamento e nell'ottimizzazione delle risorse energetiche⁸⁰. Fastweb dispone anche delle certificazioni ANSI/TIA 942 per i suoi data center. Un esempio concreto di questo impegno è il data center di Roma, inaugurato nel 2021 e certificato rating 4, il massimo livello previsto dallo standard. Questa struttura è stata progettata e costruita con elevati standard di resilienza, sicurezza informatica e sostenibilità. L'obiettivo principale è avviare una nuova fase nell'approccio alla digitalizzazione, sia per le imprese che per la Pubblica Amministrazione. Il data center è in grado di fornire servizi ICT avanzati e di Cloud Computing al mercato Enterprise e alla Pubblica Amministrazione, contribuendo a supportare la trasformazione digitale in entrambi i settori⁸¹.

Infine, citiamo il caso di Aruba, uno tra i principali cloud provider italiani, che si impegna a ridurre l'impatto ambientale delle tecnologie cloud e della digitalizzazione, riconoscendo il loro ruolo significativo nella vita delle generazioni future. L'azienda pone una forte enfasi sulla sostenibilità ambientale come obiettivo primario. Questo impegno si basa su tre pilastri chiave (massima efficienza delle infrastrutture, risparmio energetico degli apparati e utilizzo responsabile delle risorse naturali) che rappresentano il concetto di sostenibilità di Aruba applicato alla tecnologia. L'azienda persegue gli obiettivi di decarbonizzazione fissati dal Patto per la Neutralità Climatica dei Data Center e acquista esclusivamente energia da fonti rinnovabili.

A partire dal 2015, Aruba si è impegnata nella produzione di energia rinnovabile, iniziando attraverso l'acquisizione di una centrale idroelettrica situata all'interno del suo campus a Ponte San Pietro. Nel corso del 2020, a questa iniziativa si sono aggiunte altre quattro centrali idroelettriche, localizzate nelle regioni di Veneto, Friuli e Lombardia. Questi impianti, combinati con l'installazione di sistemi fotovoltaici sui data center, contribuiscono a generare un totale stimato di 35 GWh di energia all'anno⁸². Gli elevati livelli di efficienza energetica dei suoi data center sono certificati ISO 50001, inoltre l'azienda garantisce che siano identificati tutti gli aspetti ambientali rilevanti relativi alle sue attività e servizi attraverso la certificazione ISO 14001. La diminuzione dell'impatto ambientale avviene anche grazie a processi strutturati di rigenerazione degli hardware e attraverso un sistema di raffreddamento geotermico che sfrutta le temperature del sottosuolo, evitando ingiustificati sprechi di risorse idriche⁸³. Uno dei più rivoluzionari progetti attualmente in fase di realizzazione da parte di

⁷⁹ [Fastweb - Fastweb certificata ISO 50001 per l'efficienza energetica del Data Center Tier IV di Milano](#)

⁸⁰ [Fastweb-Report-di-Sostenibilita-2022-it.pdf](#)

⁸¹ [Fastweb - Fastweb spinge sul Cloud Nazionale e apre un nuovo Data Center a Roma](#)

⁸² [«Cinque nuovi data center nel Tecnopolo Tiburtino per 300 milioni di investimento» - Il Sole 24 ORE](#)

⁸³ [Aruba Cloud: il cloud computing ecosostenibile | Cloud.it](#)

Aruba è l'Hyper Cloud Data Center (IT4) di Roma, un'infrastruttura che comprenderà 5 edifici data center indipendenti di 6 MW di potenza IT ciascuno, per un totale di 30 MW, alimentati da energia 100% proveniente da fonti rinnovabili. Tutti gli impianti sono progettati in linea con i requisiti dello standard internazionale di qualità infrastrutturale Rating 4 ANSI/TIA-942 e soddisfano i principali standard ISO in ambito sicurezza, ambiente e qualità dei servizi erogati (ISO 9001, 27001, 14001 e 50001)⁸⁴.

6.4 Conclusioni

La minaccia dei cambiamenti climatici nei confronti delle infrastrutture digitali ha portato all'emergere di sfide significative, richiedendo risposte innovative e sostenibili. L'evoluzione tecnologica ha reso i data center essenziali per le operazioni quotidiane delle organizzazioni, ma ha anche intensificato la richiesta di energia elettrica e risorse, contribuendo agli impatti ambientali e al riscaldamento globale. Questo scenario impone una riflessione approfondita sulla necessità di bilanciare l'espansione delle attività digitali con la mitigazione dei danni climatici. Le strategie di sostenibilità e resilienza stanno emergendo come vie per affrontare tale sfida. In questo senso, l'Unione Europea sta svolgendo un ruolo cruciale attraverso iniziative legislative, strumenti di valutazione e obiettivi chiaramente definiti. Gli sforzi per raggiungere la neutralità climatica entro il 2030 sono segnali della crescente attenzione verso la sostenibilità ambientale.

Una maggiore efficienza, la resilienza e la mitigazione dell'impatto ambientale nel settore dei data center sono diventate prioritarie anche per le organizzazioni, che cercano di mantenere operativi i propri servizi IT in modo affidabile, sostenibile e conforme alle normative ambientali.

L'adozione di standard di riferimento come la TIA-942 e il Tier Topology ha contribuito a definire linee guida chiare per la progettazione e la costruzione dei data center, consentendo alle organizzazioni di raggiungere livelli crescenti di affidabilità e resilienza. Questi standard definiscono requisiti rigorosi che vanno dalla classificazione dei livelli di ridondanza e resilienza al design dell'infrastruttura, coprendo aspetti chiave come l'architettura, la connettività, il raffreddamento e l'efficienza energetica.

Le aziende leader nel settore, come Microsoft, Apple, Google, TIM, Fastweb e Aruba, hanno intrapreso sforzi significativi per implementare strategie innovative volte a ridurre l'impatto ambientale dei loro data center. Soluzioni come il raffreddamento naturale, l'uso di fonti energetiche rinnovabili, il riutilizzo del calore prodotto e l'adozione di data center modulari sono solo alcune delle tante iniziative adottate per migliorare l'efficienza energetica e la sostenibilità complessiva delle infrastrutture.

Inoltre, la partecipazione a iniziative come il "Codice di Condotta Europeo per l'Efficienza Energetica dei Data Center" e il "Climate Neutral Data Centre Pact" dimostra l'impegno dell'industria nel perseguire obiettivi di neutralità climatica e riduzione delle emissioni di carbonio.

L'evoluzione verso data center sempre più efficienti ed ecocompatibili è un passo fondamentale non solo per garantire la continuità operativa delle organizzazioni, ma anche per contribuire alla lotta globale contro i cambiamenti climatici. Con una crescente consapevolezza dell'importanza dell'efficienza energetica e della sostenibilità ambientale, il settore dei data center sta dimostrando un impegno concreto nel creare un futuro tecnologico più responsabile e resiliente. In aggiunta a ciò, l'adozione di politiche efficaci e la consapevolezza delle sfide ambientali sono essenziali per garantire che le infrastrutture digitali possano continuare a crescere e svilupparsi senza compromettere il futuro del nostro pianeta.

⁸⁴ [Hyper Cloud Data Center IT4 - Roma - Italia | Datacenter.it](https://www.datacenter.it)

6.5 La tabella degli impatti climatici sulle Infrastrutture Digitali

La tabella sottostante fornisce una visione di sintesi dei possibili impatti delle minacce derivate dai cambiamenti climatici sulle infrastrutture critiche in ambito telecomunicazioni. Pertanto, per tale lavoro sono considerate le minacce che, verosimilmente, possono impattare in termini di operatività e costi. Si precisa che, considerata la continua evoluzione della tematica, la tabella di cui sotto è da considerarsi come uno strumento dinamico, quindi revisionabile a distanza di tempo al fine includere eventuali nuove minacce afferenti alle infrastrutture digitali.

MINACCE RICONDUCIBILI AI CAMBIAMENTI CLIMATICI	POTENZIALI IMPATTI su IC SERVIZI INFORMATICI e di TLC
TEMPERATURA	
CRONICHE	
CAMBIAMENTI DI TEMPERATURA (ARIA, ACQUA DOLCE, ACQUA MARINA)	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento costi di raffreddamento dei data center • Aumento della temperatura di funzionamento delle apparecchiature di rete, con possibili malfunzionamenti o guasti prematuri • Riduzione durata vita apparecchiature
STRESS DA CALORE	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento costi di raffreddamento dei data center • Aumento della temperatura di funzionamento delle apparecchiature di rete, con possibili malfunzionamenti o guasti prematuri • Riduzione durata vita apparecchiature
VARIABILITÀ DELLA TEMPERATURA	
DISGELO DEL PERMAFROST	
ACUTE	
ONDATE DI CALORE	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento costi di raffreddamento dei data center • Aumento della temperatura di funzionamento delle apparecchiature di rete, con possibili malfunzionamenti o guasti prematuri • Riduzione durata vita apparecchiature
ONDATE DI FREDDO/GELO	<ul style="list-style-type: none"> • Degradazione delle prestazioni (gelicidio) • Rischi derivanti dall'impatto sulla rete elettrica
INCENDI	<ul style="list-style-type: none"> • Danni strutturali agli apparati (fibre, stazioni radiomobile, data center) • Possibili disconnessioni dovuti al deterioramento di cavi e/o apparati
VENTO	
CRONICHE	
CAMBIAMENTO DEI MODELLI DEL VENTO	<ul style="list-style-type: none"> • Danni strutturali alle torri della telefonia cellulare e pali telefonici in seguito alla pressione del vento o dell'impatto con detriti • Riduzione di operatività • Deterioramento della qualità del servizio (per esempio dovuto a disallineamento dei ricevitori a microonde)

ACUTE	
CICLONI, URAGANI, TIFONI	<ul style="list-style-type: none"> • Danni strutturali alle torri della telefonia cellulare e pali telefonici in seguito alla pressione del vento o dell'impatto con detriti • Riduzione di operatività • Deterioramento della qualità del servizio (per esempio dovuto a disallineamento dei ricevitori a microonde)
TEMPESTE (INCLUDE BUFERE DI NEVE, POLVERE E TEMPESTE DI SABBIA)	<ul style="list-style-type: none"> • Danni strutturali alle torri della telefonia cellulare e pali telefonici in seguito alla pressione del vento o dell'impatto con detriti • Riduzione di operatività • Deterioramento della qualità del servizio (per esempio dovuto a disallineamento dei ricevitori a microonde)
TORNADO	<ul style="list-style-type: none"> • Danni strutturali alle torri della telefonia cellulare e pali telefonici in seguito alla pressione del vento o dell'impatto con detriti • Riduzione di operatività • Deterioramento della qualità del servizio (per esempio dovuto a disallineamento dei ricevitori a microonde)
ACQUA	
CRONICHE	
CAMBIAMENTO DEI MODELLI E DEI TIPI DI PRECIPITAZIONI (PIOGGIA, GRANDINE, NEVE/GHIACCIO)	
PRECIPITAZIONI E/O VARIABILITÀ IDROLOGICA	<ul style="list-style-type: none"> • Danni strutturali agli apparati (cavi, stazioni radiomobile, data center) dovuti ad allagamenti, corrosione ecc... • Disconnessioni su reti wireless ad altissime frequenze dovute a "rain shading"
ACIDIFICAZIONE DEGLI OCEANI	
INTRUSIONE SALINA	
INNALZAMENTO DEL LIVELLO DEL MARE	
STRESS IDRICO	
ACUTE	
SICCITÀ	<ul style="list-style-type: none"> • Minore disponibilità idrica per il raffreddamento dei data center • Cedimenti del suolo e instabilità delle infrastrutture
FORTI PRECIPITAZIONI (PIOGGIA, GRANDINE, NEVE/GHIACCIO)	<ul style="list-style-type: none"> • Danni strutturali agli apparati (cavi, stazioni radiomobile, data center) dovuti ad allagamenti, corrosione ecc... • Disconnessioni su reti wireless ad altissime frequenze dovute a "rain shading"
ALLUVIONE (COSTIERA, FLUVIALE, PLUVIALE, SOTTERRANEA)	<ul style="list-style-type: none"> • Danni strutturali agli apparati (cavi, stazioni radiomobile, data center) dovuti ad allagamenti, corrosione ecc...
COLLASSO DI LAGHI GLACIALI	
SUOLO	

CRONICHE	
EROSIONE DELLE COSTE	
DEGRADO DEL SUOLO	
EROSIONE DEL SUOLO	
SOLIFLUZIONE	
ACUTE	
VALANGHE	
FRANE	<ul style="list-style-type: none"> • Danni strutturali agli apparati (fibre, stazioni radiomobile, data center)
SUBSIDENZA	

Tabella 6.1 - Impatti climatici sulle Infrastrutture digitali

Bibliografia e sitografia

Kang,2020; ENISA,2020

[The environmental footprint of data centers in the United States \(iop.org\)](#)

[Mapping Heat Across A System \(semiengineering.com\)](#)

[A Computer's Heat Could Divulge Top Secrets - Scientific American](#)

[How Climate Change Affects Data Centers \(semiengineering.com\)](#)

[mit.gov.it/nfsmitgov/files/media/notizia/2022-02/Rapporto_Carraro_Mims.pdf](#)

[U.S. Data center inventory growth 2022 | Statista](#)

[Energy consumption and emission mitigation prediction based on data center traffic and PUE for global data centers - ScienceDirect](#)

[Data center average annual PUE worldwide 2022 | Statista](#)

[Green cloud and green data centres | Shaping Europe's digital future \(europa.eu\)](#)

[Servers and data storage products \(europa.eu\)](#)

[JRC Publications Repository - Development of the EU Green Public Procurement \(GPP\) Criteria for Data Centres, Server Rooms and Cloud Services \(europa.eu\)](#)

[European Green Deal: Energy Efficiency Directive adopted, helping make the EU 'Fit for 55' \(europa.eu\)](#)

[EUR-Lex - 32020R0852 - EN - EUR-Lex \(europa.eu\)](#)

[EU Adaptation Strategy \(europa.eu\)](#)

[Green Computing in Network Security: Energy Efficient Solutions for Business ... - Google Libri](#)

[Microsoft Word - LG razionalizzazione CED PA 280913.docx \(agid.gov.it\)](#)

[Telecommunications Industry Association 942 Certifications & Ratings | TIA Online](#)

[Sistema di classificazione dei livelli Uptime Institute - Uptime Institute](#)

[Referenza - Eni Green Data Center \(siemens.com\)](#)

[Cloud verde e data center verdi | Plasmare il futuro digitale dell'Europa
downloadFile.php \(agid.gov.it\)](#)

[Il principio DNSH \(Do No Significant Harm\) nel PNRR - Italia domani](#)

[Guida operativa per il rispetto del principio DNSH, Modulo ICT, Italia domani](#)

[Code of Conduct for Energy Efficiency in Data Centres \(europa.eu\)](#)

[Best Practices Document \(europa.eu\)](#)

[Climate Neutral Data Centre Pact on Data Centre \(europa.eu\)](#)

[Hot and Cold Aisle Containment Differences - AKCP Monitoring](#)

[Cooling technologies for data centres and telecommunication base stations – A comprehensive review - ScienceDirect](#)

[New Research on Prefabricated Modular Data Centers Shows Bright Future \(datacenterknowledge.com\)](#)

[Project Natick Phase 2 \(microsoft.com\)](#)

[Apple expands renewable energy footprint in Europe - Apple](#)

[Europe Taps Tech's Power-Hungry Data Centers to Heat Homes - WSJ](#)

[Denmark-Odense.pdf \(atmeta.com\)](#)

[TIM-bilancio-sostenibilita-2022-ITA.pdf \(gruppotim.it\)](#)

[Il Data Center TIER IV di TIM ad Acilia | TIM ENTERPRISE](#)

[Il nostro impegno in 10 punti - Fastweb](#)

[Label di sostenibilita Fastweb-metodologia-v20230509.pdf](#)

[fastweb.it/corporate/azienda-e-sostenibilita/sostenibilita/Fastweb-Report-di-Sostenibilita-2022-it.pdf](#)

[Fastweb - Fastweb certificata ISO 50001 per l'efficienza energetica del Data Center Tier IV di Milano](#)

[Fastweb-Report-di-Sostenibilita-2022-it.pdf](#)

[Fastweb - Fastweb spinge sul Cloud Nazionale e apre un nuovo Data Center a Roma](#)

[«Cinque nuovi data center nel Tecnopolo Tiburtino per 300 milioni di investimento» - Il Sole 24 ORE](#)

[Aruba Cloud: il cloud computing ecosostenibile | Cloud.it](#)

[Hyper Cloud Data Center IT4 - Roma - Italia | Datacenter.it](#)

7. CAMBIAMENTI CLIMATICI E SISTEMA SANITARIO *(Silvano Bari)*

7.1 Effetti dei cambiamenti climatici sul sistema sanitario

Il sistema sanitario fa parte delle infrastrutture critiche, cioè di quei sistemi che forniscono i servizi essenziali per l'economia, la sicurezza e la stabilità di una nazione (come ad es. i servizi di comunicazioni, energia elettrica, tecnologia dell'informazione, trasporti e sistemi idrici) e pertanto deve essere salvaguardato dai disastri.

I principali impatti diretti sul sistema sanitario, in termini di operatività e di costi, derivanti dalle minacce riconducibili ai cambiamenti climatici, in molti casi comuni ad altre infrastrutture e spesso derivanti da esse, sono elencati nella seguente tabella 7.1, che ne fornisce una visione di sintesi.

Vista la continua evoluzione del fenomeno, comunque, la tabella di cui sotto è da considerarsi come uno strumento in continua evoluzione nel tempo, al fine includere eventuali nuove minacce o nuovi impatti.

MINACCE RICONDUCIBILI AI CAMBIAMENTI CLIMATICI	POTENZIALI IMPATTI su IC SISTEMA SANITARIO
TEMPERATURA	
CRONICHE	
CAMBIAMENTI DELLA TEMPERATURA (ARIA, ACQUE DOLCI, ACQUA MARINA)	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento dei costi di raffreddamento • Aumento della temperatura di funzionamento delle apparecchiature, con possibili malfunzionamenti o guasti prematuri • Riduzione della durata vita delle apparecchiature • Dilatazioni termiche dei manufatti (ponti, scale di sicurezza, ecc.) con conseguenze sugli edifici • Accelerazione del processo di corrosione delle strutture in acciaio presenti nel cemento armato, con possibile insicurezza degli edifici • Aumento delle malattie con conseguenze su visite e ricoveri
STRESS TERMICO	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento dei costi di raffreddamento • Aumento della temperatura di funzionamento delle apparecchiature con possibili malfunzionamenti o guasti prematuri • Riduzione della durata vita delle apparecchiature • Dilatazioni termiche dei manufatti (ponti, scale di sicurezza, ecc.) con conseguenze sugli edifici • Accelerazione del processo di corrosione delle strutture in acciaio presenti nel cemento armato, con possibile insicurezza degli edifici • Aumento delle malattie con conseguenze su visite e ricoveri

VARIABILITÀ DELLA TEMPERATURA	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento delle malattie con conseguenze su visite e ricoveri
SCONGELAMENTO DEL PERMAFROST	
ACUTE	
ONDATA DI CALORE	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento dei costi di raffreddamento • Aumento della temperatura di funzionamento delle apparecchiature, con possibili malfunzionamenti o guasti prematuri • Riduzione della durata vita delle apparecchiature • Dilatazioni termiche dei manufatti (ponti, scale di sicurezza, ecc.) con conseguenze sugli edifici • Accelerazione del processo di corrosione delle strutture in acciaio presenti nel cemento armato, con possibile insicurezza degli edifici • Aumento delle malattie con conseguenze su visite e ricoveri
ONDATA DI FREDDO/GELATA	<ul style="list-style-type: none"> • Degradazione delle prestazioni (gelicidio) degli apparati • Rischi derivanti dall'impatto sulla rete elettrica • Aumento dei costi di riscaldamento • Aumento delle malattie con conseguenze su visite e ricoveri
INCENDIO	<ul style="list-style-type: none"> • Danni strutturali agli apparati (climatizzazione, ventilazione, illuminazione, produzione di acqua calda sanitaria, smaltimento dei rifiuti solidi e liquidi) • Danni a locali e impianti dovuti a calore, fiamme e fumo • Possibili disconnessioni dovuti al deterioramento di cavi e/o apparati • Aumento dei traumi con conseguenze su visite e ricoveri • Interruzione delle fonti energetiche (acqua, luce, gas) con conseguente riduzione o sospensione della operatività • Interruzione delle linee di trasmissione dati (internet) con conseguente riduzione o sospensione dei servizi informatici sanitari (telemedicina, servizi amm.vi)
VENTO	
CRONICHE	
CAMBIAMENTO DEL REGIME DEI VENTI	<ul style="list-style-type: none"> • Danni a locali e impianti in seguito alla pressione del vento o dell'impatto con detriti • Riduzione di operatività
ACUTE	
CICLONE, URAGANO, TIFONE	<ul style="list-style-type: none"> • Danni a locali e impianti in seguito alla pressione del vento o dell'impatto con detriti • Riduzione di operatività • Aumento dei traumi con conseguenze su visite e ricoveri • Difficoltà nella gestione delle emergenze e dei trasporti (ammalati, organi, sangue, medicinali)

	<ul style="list-style-type: none"> • Interruzione delle fonti energetiche (acqua, luce, gas) con conseguente riduzione o sospensione della operatività • Interruzione delle linee di trasmissione dati (internet) con conseguente riduzione o sospensione dei servizi informatici sanitari (telemedicina, servizi amm.vi)
TEMPESTA (COMPRESSE QUELLE DI NEVE, POLVERE O SABBIA)	<ul style="list-style-type: none"> • Danni a locali e impianti in seguito alla pressione del vento o dell'impatto con detriti • Riduzione di operatività • Difficoltà nella gestione delle emergenze e dei trasporti (ammalati, organi, sangue, medicinali) • Aumento dei traumi con conseguenze su visite e ricoveri • Interruzione delle fonti energetiche (acqua, luce, gas) con conseguente riduzione o sospensione della operatività • Interruzione delle linee di trasmissione dati (internet) con conseguente riduzione o sospensione dei servizi informatici sanitari (telemedicina, servizi amm.vi)
TROMBA D'ARIA	<ul style="list-style-type: none"> • Danni a locali e impianti in seguito alla pressione del vento o dell'impatto con detriti • Riduzione di operatività • Difficoltà nella gestione delle emergenze e dei trasporti (ammalati, organi, sangue, medicinali) • Interruzione delle fonti energetiche (acqua, luce, gas) con conseguente riduzione o sospensione della operatività • Interruzione delle linee di trasmissione dati (internet) con conseguente riduzione o sospensione dei servizi informatici sanitari (telemedicina, servizi amm.vi) • Aumento dei traumi con conseguenze su visite e ricoveri
ACQUA	
CRONICHE	
CAMBIAMENTO DEL REGIME E DEL TIPO DI PRECIPITAZIONI (PIOGGIA, GRANDINE, NEVE/GHIACCIO)	
PRECIPITAZIONI E/O VARIABILITÀ IDROLOGICA	<ul style="list-style-type: none"> • Danni strutturali agli apparati (climatizzazione, ventilazione, illuminazione, produzione di acqua calda sanitaria, smaltimento dei rifiuti solidi e liquidi) dovuti ad allagamenti, corrosione ecc... • Accelerazione del processo di corrosione delle strutture in acciaio presenti nel cemento armato, con possibile insicurezza degli edifici • Danni strutturali agli edifici con inagibilità dei locali • Danni agli apparecchi e dispositivi medicali elettrici e non • Aumento traumi con conseguenze su visite e ricoveri
ACIDIFICAZIONE DEGLI OCEANI	

INTRUSIONE SALINA	<ul style="list-style-type: none"> • Accelerazione del processo di corrosione delle strutture in acciaio presenti nel cemento armato, con possibile insicurezza degli edifici
INNALZAMENTO DEL LIVELLO DEL MARE	
STRESS IDRICO	
ACUTE	
SICCITÀ	<ul style="list-style-type: none"> • Minore disponibilità idrica per il raffreddamento • Cedimenti del suolo e instabilità delle infrastrutture • Aumento traumi con conseguenze su visite e ricoveri
FORTI PRECIPITAZIONI (PIOGGIA, GRANDINE, NEVE/GHIACCIO)	<ul style="list-style-type: none"> • Danni strutturali agli apparati (climatizzazione, ventilazione, illuminazione, produzione di acqua calda sanitaria, smaltimento dei rifiuti solidi e liquidi) dovuti ad allagamenti, corrosione, ecc. • Danni ai sistemi fognari e di smaltimento rifiuti • Danni strutturali agli edifici con inagibilità dei locali • Danni agli apparecchi e dispositivi medicali elettrici e non • Riduzione di operatività • Difficoltà nella gestione delle emergenze e dei trasporti (ammalati, organi, sangue, medicinali) • Aumento dei traumi con conseguenze su visite e ricoveri
INONDAZIONE (COSTIERA, FLUVIALE, PLUVIALE, DI FALDA)	<ul style="list-style-type: none"> • Danni strutturali agli apparati (climatizzazione, ventilazione, illuminazione, produzione di acqua calda sanitaria, smaltimento dei rifiuti solidi e liquidi) dovuti ad allagamenti, corrosione, ecc. • Danni ai sistemi fognari e di smaltimento rifiuti con conseguente sversamento di liquami e propagazione malattie infettive • Danni strutturali agli edifici con inagibilità dei locali • Danni agli apparecchi e dispositivi medicali elettrici e non • Riduzione di operatività • Difficoltà nella gestione delle emergenze e dei trasporti (ammalati, organi, sangue, medicinali) • Aumento dei traumi con conseguenze su visite e ricoveri • Interruzione delle fonti energetiche (acqua, luce, gas) con conseguente riduzione o sospensione della operatività • Interruzione delle linee di trasmissione dati (internet) con conseguente riduzione o sospensione dei servizi informatici sanitari (telemedicina, servizi amm.vi)
COLLASSO DI LAGHI GLACIALI	
SUOLO	
CRONICHE	
EROSIONE COSTIERA	
DEGRADO DEL SUOLO	
EROSIONE DEL SUOLO	
SOLIFLUSSO	

ACUTE	
VALANGA	
FRANA	<ul style="list-style-type: none"> • Danni strutturali agli apparati (climatizzazione, ventilazione, illuminazione, produzione di acqua calda sanitaria, smaltimento dei rifiuti solidi e liquidi) • Danni strutturali agli edifici con inagibilità dei locali • Danni ai sistemi fognari e di smaltimento rifiuti con conseguente sversamento di liquami e propagazione malattie infettive • Danni agli apparecchi e dispositivi medicali elettrici e non • Riduzione di operatività • Difficoltà nella gestione delle emergenze e dei trasporti (ammalati, organi, sangue, medicinali) • Aumento dei traumi con conseguenze su visite e ricoveri • Interruzione delle fonti energetiche (acqua, luce, gas) con conseguente riduzione o sospensione della operatività • Interruzione delle linee di trasmissione dati (internet) con conseguente riduzione o sospensione dei servizi informatici sanitari (telemedicina, servizi amm.vi)
• SUBSIDENZA	

Tabella 7.1 - Impatti climatici sul Sistema Sanitario

Il sistema sanitario ha la particolarità di avere una vasta interconnessione con tutte le altre infrastrutture critiche, pertanto i cambiamenti climatici possono avere impatti fortissimi sul sistema sanitario, sia direttamente sia indirettamente, attraverso una serie di interdipendenze come illustrato nello schema seguente.

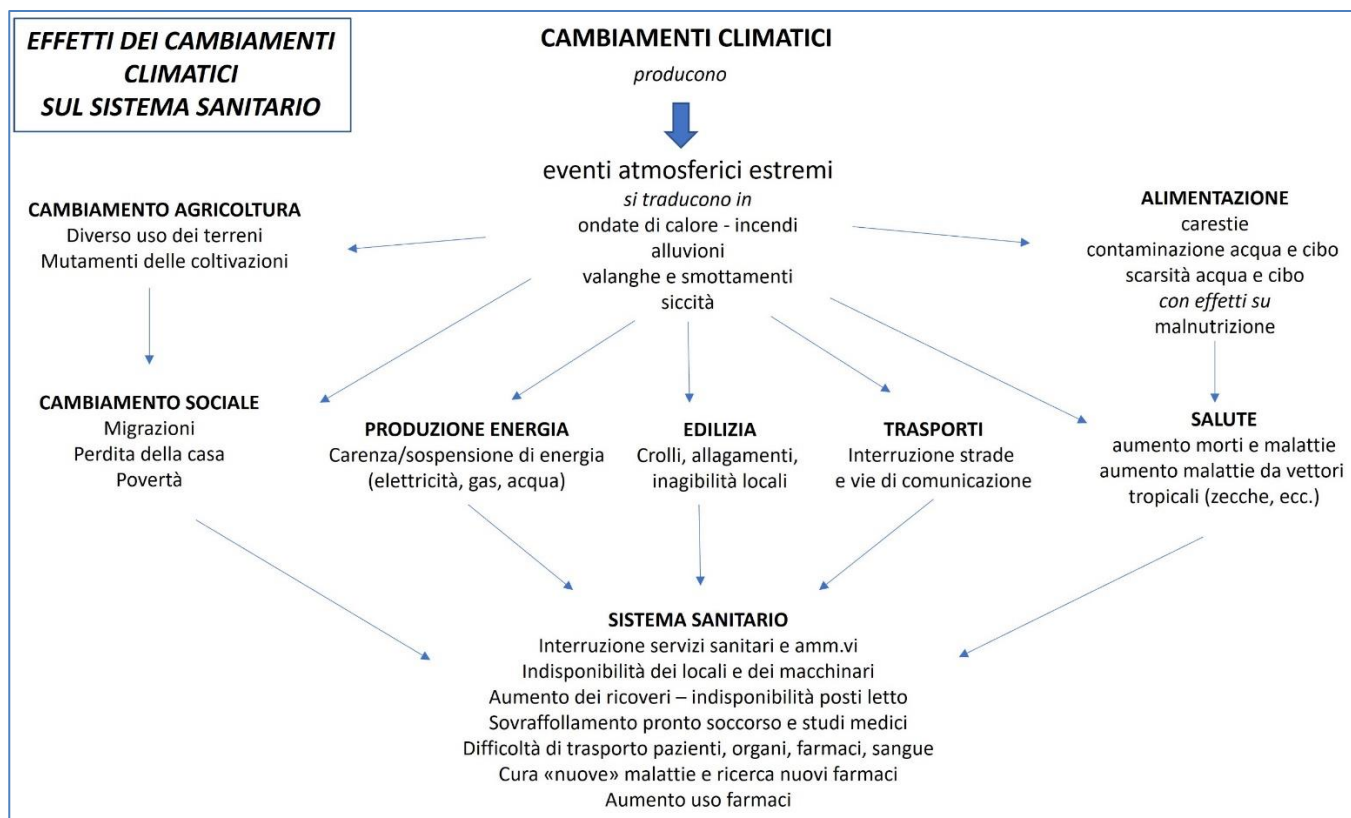


Figura7.1 – Effetti dei cambiamenti climatici sul sistema sanitario

Gli **impatti indiretti** sono dovuti principalmente alla stretta interconnessione con le altre infrastrutture critiche, agli effetti prodotti dai cambiamenti climatici sulla salute umana, alle conseguenze dei cambiamenti sociali, e alle ripercussioni dovute agli effetti trasmessi dalle altre infrastrutture a loro volta impattate dai cambiamenti, in una sorta di *“effetto domino”*:

Ad esempio, eventi estremi come inondazioni, bufere, ecc., possono determinare l’interruzione delle vie di comunicazione (strade, ferrovie, aerei, navi, ecc.) e questo a sua volta può provocare difficoltà di trasporto di ammalati, organi, sangue, medicine, così come l’interruzione delle fonti energetiche e di quelle di telecomunicazione possono comportare il blocco o la sospensione delle attività ospedaliere.

Ovviamente gli effetti sulla salute umana prodotti dai cambiamenti climatici hanno un grossissimo impatto diretto sul sistema sanitario, per esempio dovuto alle malattie riconducibili alle ondate di calore, ai picchi inaspettati di freddo (cold spell), ai vettori favoriti da tali condizioni (es. zecche), come può rappresentarsi dalla seguente tabella⁸⁵:

⁸⁵ La tabella è tratta dall’articolo di Paola Michelozzi “Cambiamenti climatici e salute: gli interventi di adattamento e mitigazione”, in <https://www.politichesanitarie.it/archivio/752/articoli/8506/>

Effetti dei cambiamenti climatici sulla salute umana

- Aumento dei decessi e delle malattie causate dagli eventi climatici estremi quali precipitazioni intense, inondazioni, uragani, incendi e siccità.
- Effetti del caldo e delle ondate di calore sulla salute in particolare in alcuni sottogruppi di popolazione a maggior rischio (anziani, persone affette da malattie croniche, persone di basso livello socioeconomico o con condizioni abitative disagiate). Aumento della popolazione suscettibile a causa dell'invecchiamento della popolazione.
- Anticipazione della stagione dei pollini nell'emisfero Nord, con concomitante incremento delle malattie allergiche causate dai pollini.
- Aumento del numero di decessi e patologie attribuibili agli inquinanti atmosferici, in particolare all'ozono, la cui formazione dipende in gran parte dai livelli di temperatura e umidità.
- Impatto dello scioglimento dei ghiacciai sulle comunità montane e successiva riduzione delle riserve idriche in alcune regioni.
- Aggravamento della malnutrizione della popolazione nei paesi in via di sviluppo a causa dell'aumento della siccità e del decremento dei raccolti agricoli.
- Cambiamenti nella distribuzione spaziale, nell'intensità e stagionalità delle epidemie di malattie infettive (per esempio, meningite meningococcica), delle malattie trasmesse da vettori (per esempio, malaria e Dengue), delle tossinfezioni alimentari (per esempio, salmonellosi) e aumento delle 'fioriture' di alghe che producono tossine.
- Maggiore vulnerabilità delle popolazioni che vivono nelle zone costiere a bassa altitudine a causa dell'infiltrazione di acqua salata nelle riserve di acqua dolce, di allagamenti con conseguenti spostamenti delle popolazioni, in particolare nelle regioni densamente abitate (per esempio, Bangladesh).
- Maggiore vulnerabilità delle comunità che vivono nell'Artico per cambiamenti nella dieta influenzata dalla migrazione e distribuzione degli animali, per il possibile incremento nella concentrazione di metilmercurio nei pesci e nei mammiferi marini con conseguente passaggio all'uomo.

Fonte: Ipcc, <http://www.ipcc.ch/>

Inoltre dobbiamo considerare che una ricaduta importante di effetti indiretti è legata al cambiamento sociale, a cui si possono ricondurre migrazioni, problemi di cibo ed energia.

Possiamo tentare di rappresentare graficamente il tutto mediante una sorta di diagramma "fishbone" di Ishikawa:

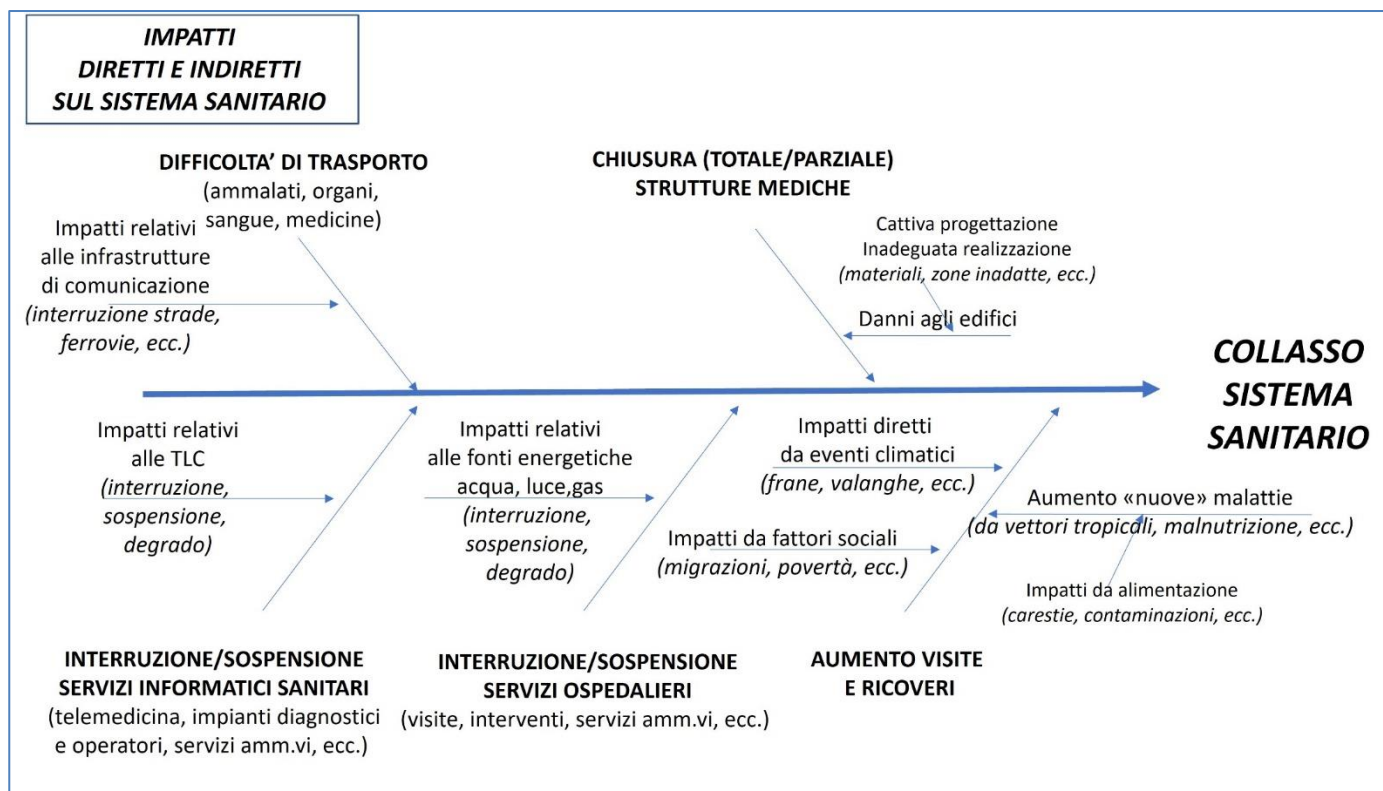


Figura 7.2 – Impatti diretti e indiretti sul sistema sanitario

Per mitigare i singoli impatti rappresentati possono essere messe in atto opportune contromisure ma è ovvio che il verificarsi contemporaneo di tutti gli eventi, in una sorta di effetto “formaggio svizzero” secondo il modello di James Reason⁸⁶, porterebbe ad un collasso del sistema sanitario.

Come già detto, in seguito ad eventi climatici “acuti” ma anche con il perdurare di eventi “cronici” la struttura ospedaliera può subire danni fisici e strutturali, con la conseguenza di una riduzione o addirittura di un blocco delle normali attività. Inoltre l’ospedale potrebbe trovarsi di fronte ad un massiccio afflusso di persone da soccorrere, ben oltre le normali attività di urgenza. Pertanto per una corretta gestione ospedaliera in caso di catastrofi è necessaria una accurata pianificazione dell’emergenza ed una attenta gestione del rischio tecnologico, sismico, idrogeologico: a questo scopo già nell’anno 1996 sono state emanate apposite linee guida sul sistema di emergenza sanitaria pubblicate sulla Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana n. 114 in data 11.05.1996⁸⁷

⁸⁶ James Reason, L’errore umano, 2014

⁸⁷ Si veda l’interessante articolo “Gestione ospedaliera nella pianificazione dell’emergenza in caso di catastrofi” di Andrea Cataldo, in <https://nursetimes.org/gestione-ospedaliera-nella-pianificazione-dellemergenza-caso-catastrofi/20594>

7.2 Azioni per una protezione del sistema sanitario

Alcune azioni che si intraprendono per mitigare il cambiamento climatico in numerosi campi, dall'energia ai trasporti all'ambiente urbano, portano benefici diretti come la riduzione delle emissioni di gas serra, ma possono avere ricadute anche in termini di salute umana.

Se messe in atto dalla politica, alcune azioni di mitigazione dei cambiamenti climatici potrebbero avere ripercussione positiva sulla salute dei cittadini e di conseguenza anche sul sistema sanitario, come ad es.

- **Aumento degli spazi verdi nelle aree urbane** con conseguente diminuzione dell'inquinamento atmosferico
maggiore qualità dell'aria
maggiori livelli di attività fisica (con benefici sulla salute fisica e mentale)⁸⁸
- **Cambiamento dello stile di nutrizione** (riduzione del consumo di carne) con conseguente prevenzione di malattie trasmesse dagli animali (zoonosi)⁸⁹
diminuzione del peso di malattie croniche (es. cardiovascolari)
- **Cambiamento del modello di trasporto urbano** (p.es. bicicletta, a piedi) con conseguente: riduzione di gas serra e quindi riduzione delle malattie legate all'inquinamento atmosferico; aumento dell'attività fisica e quindi riduzione del rischio di malattie legate a uno stile di vita sedentario.

Inoltre si tenga presente i cambiamenti climatici mettono in pericolo la sicurezza degli edifici e delle infrastrutture in generale, accelerando i processi di corrosione delle strutture in acciaio e degli elementi presenti all'interno del cemento armato.

Pertanto anche le strutture ospedaliere dovranno essere progettate (e revisionate) tenendo conto di questi maggiori stress dovuti a caldo e umidità: i ricercatori della Fondazione CMCC (Centro Euro-Mediterraneo sui cambiamenti climatici) suggeriscono una revisione degli standard europei di progettazione degli edifici⁹⁰.

⁸⁸ Da studi effettuati, si rileva che un ambiente verde (anche soltanto la semplice visione) favorisce positivamente sulla salute fisica e mentale delle persone, stimolando le difese immunitarie, riducendo la pressione sanguigna, le malattie e diminuendo i tempi di degenza dei pazienti ricoverati, il che si riflette in minori tempi di degenza ospedaliera. Si veda T. Beatley e P. Newman, «Biophilic cities are sustainable, resilient cities Exit EPA website,» Sustainability, vol. 8, n. 5, pp. 3328-3345, 2013, scaricabile anche da:

https://www.researchgate.net/publication/277377188_Biophilic_Cities_Are_Sustainable_Resilient_Cities

⁸⁹ Circa il 16% delle morti in tutto il mondo può essere attribuito alle malattie infettive, e le zoonosi rappresentano il 60% delle malattie infettive conosciute e il 75% di quelle emergenti, secondo il National Institutes of Health.

Le zoonosi possono essere trasmesse in molti modi, anche con il semplice consumo di carne poco cotta, latte non pastorizzato o acqua contaminata.

⁹⁰ <https://www.cmcc.it/it/articolo/i-cambiamenti-climatici-minacciano-la-sicurezza-di-edifici-e-infrastrutture>

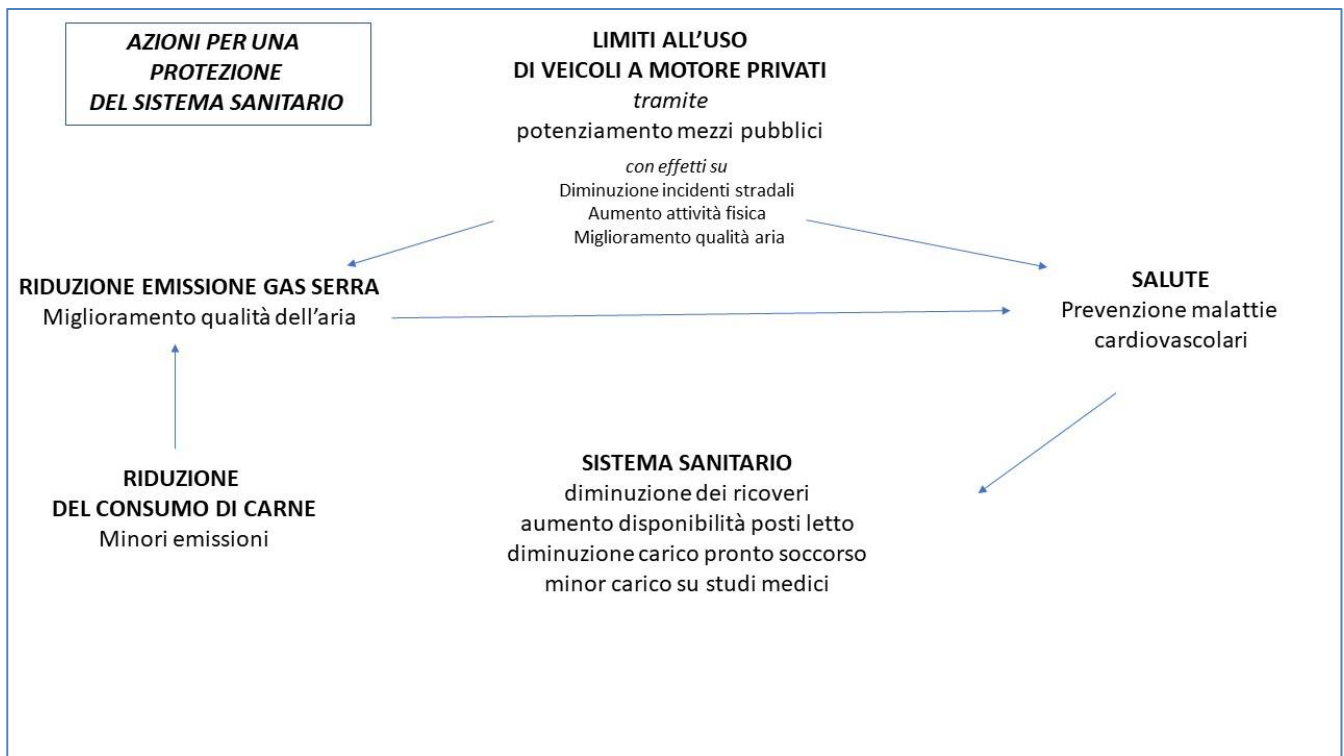


Figura 7.3 – Azioni per una protezione del sistema sanitario

7.3 Contributo del sistema sanitario al miglioramento climatico

Un aspetto da considerare è l'impatto ambientale del settore sanitario.

Infatti il sistema sanitario può essere responsabile di consistenti emissioni clima-alteranti. Nelle strutture sanitarie vi è molto uso di energia e molta produzione di rifiuti. Ad esempio in un ospedale l'energia termica rappresenta circa i 2/3 dei consumi energetici complessivi, dovendo essere impiegata per garantire le esigenze delle attività di tipo medico (funzionamento delle apparecchiature medicali, sterilizzazione, ecc.) ed anche quelle di comfort di pazienti e personale (riscaldamento, aria condizionata, produzione di acqua calda, ecc.)⁹¹

L'architettura può contribuire a mitigare questo stato di fatto e ridurre quindi l'impatto ambientale e risparmiare energia: si possono usare misure tendenti a ridurre le emissioni (p.es. uso di fonti energetiche rinnovabili, sistemi per la ventilazione naturale, razionalizzazione della gestione dei rifiuti), attraverso politiche di progettazione bioclimatica di nuovi ospedali e di aumento degli spazi verdi, adottando tecniche ed accorgimenti quali realizzazione di superficie "mangia-smog", corretto orientamento degli edifici e predisposizione degli ombreggiamenti, uso di materiali sostenibili, naturali e riciclati⁹².

Un esempio particolare è rappresentato dall'Ospedale Manuel Gea Gonzalez di Città del Messico (città tra le più inquinate al mondo): l'ospedale è noto per la sua facciata anti-inquinamento, dovuta ad una struttura alveolare composta da biossido di titanio che aiuta a ripulire l'area circostante⁹³.

Si può sintetizzare il tutto nello schema seguente.

⁹¹ Vedi <https://www.ingenio-web.it/articoli/la-complessa-progettazione-impiantistica-degli-ospedali-qualche-consiglio-in-ottica-post-covid>

⁹² Questi esempi sono tratti da <https://www.costruirebio.it/architettura-bioclimatica/>

⁹³ Si veda, a tal proposito: <https://bim.acca.it/edifici-mangia-smog/>

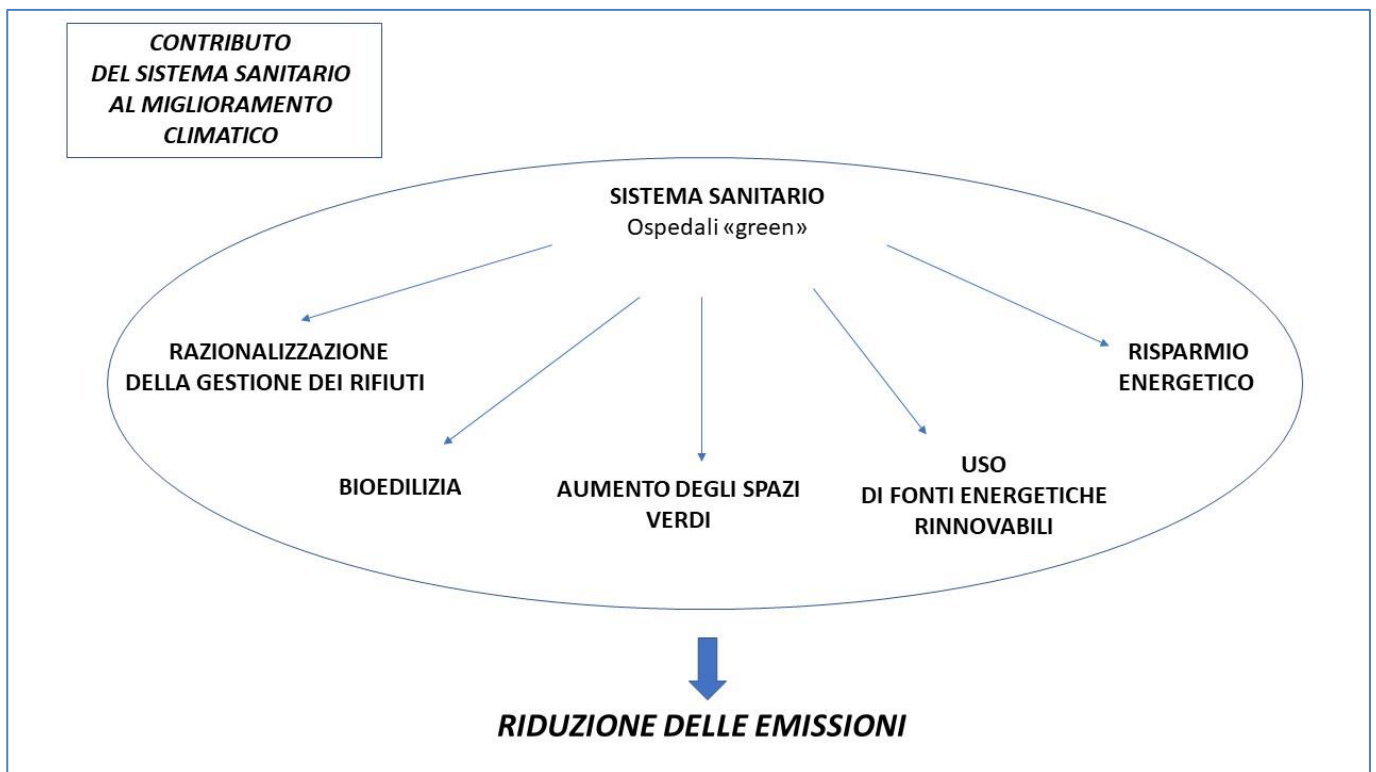


Figura 7.4 – Contributo del sistema sanitario al miglioramento climatico

7.4 Bibliografia

Analitis A, Michelozzi P, et al. *Effects of heat waves on mortality: effect modification and confounding by air pollutants*. *Epidemiology*. 2014 Jan; 25(1):15-22.

Comunicazione della Commissione al Parlamento europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni. *Strategia dell'UE di adattamento ai cambiamenti climatici*. <http://eurlex.europa.eu/legal-content/it/TXT/?uri=CELEX%3A52013DC0216>

IPCC 201a. *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects*. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Barros, V.R., et al. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1267-1326.

Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare. *Strategia nazionale di adattamento ai cambiamenti climatici*. <http://www.minambiente.it/notizie/strategia-nazionale-di-adattamento-ai-cambiamenti-climatici-0>

WHO 2014. *Quantitative risk assessment of the effects of climate change on selected causes of death, 2030s and 2050s* [Hales S, et al. eds.]. WHO; Geneva, Switzerland.

Vineis P, Alfano R, Ancona C, Carra L, de' Donato F, Iavarone I, Mangone L, Martuzzi M, Michelozzi P, Petiti L, Ranzi A, Romanello M, Silenzi A, Stafoggia M (Ed.). *Mitigation of climate change and health prevention in Italy: the co-benefits policy*. Roma: Istituto Superiore di Sanità; 2021. (Rapporti ISTISAN 21 /20 Rev.).

Auf der Heide E. - *Disaster response. Principles of preparation and coordination* - Mosby Ed, St Louis, USA, 1989

Dipartimento della Protezione Civile - *Adozione dei "Criteri massima per l'organizzazione dei soccorsi sanitari nelle catastrofi"* - n.116 - Roma, 2001

Dipartimento della Protezione Civile (1998) - *Pianificazione dell'Emergenza ospedaliera a fronte di una maxi-emergenza* - n. 54 - Roma

FEMA (Federal Emergency Management Agency) (1998) - *ICS: Incident Command System (basic)* - Emergency Management Institute

Morra A. - Odetto L. - Bozza C. - Bozzetto P. (2003) - *Disaster Management: Gestione dei Soccorsi in caso di disastro* - Presidenza della Giunta della Regione Piemonte

Noto R., Huguenard P., Larcan A. (1989). *Medicina delle catastrofi*. Masson, Milano

Linee Guida (2006) "*Attività di assistenza tecnica per il miglioramento delle attività ospedaliere ed il mantenimento delle funzioni strategiche in situazioni di emergenza*" - Roma, Ministero Salute

8. IMPATTI CLIMATICI SULLE INFRASTRUTTURE ACQUE POTABILI E REFLUE *(Glauco Bertocchi /Alberto Traballesi)*

8.1 Considerazioni generali relative a questa tipologia di infrastrutture critiche

Questa tipologia di infrastrutture critiche è particolarmente rilevante in quanto l'acqua è una delle componenti essenziali per la vita sul pianeta Terra e gli esseri umani ne sono ovviamente dipendenti per tutte le loro attività.⁹⁴

Un'ulteriore considerazione è quella relativa all'importanza a livello internazionale della risorsa acqua e conseguentemente di tutte le infrastrutture che le gestiscono quando la risorsa acqua è condivisa tra paesi diversi ed è quindi una causa di possibili attriti e conflitti, come è già avvenuto nel passato e non solo.⁹⁵

Nella definizione delle tipologie delle infrastrutture che riguardano le acque potabili e quelle reflue si dovranno fare delle semplificazioni in quanto le infrastrutture stesse possono essere molto complesse ed estendersi anche su ampi territori. Si pensi ad esempio agli invasi per la raccolta dell'acqua e agli acquedotti che la trasportano presso i centri abitati o i punti di utilizzo, si tratta spesso di infrastrutture che si estendono per decine (anche centinaia) di chilometri e possono interessare più nazioni. Non è ovviamente possibile in questa sede fare un completo elenco delle diverse tipologie di impianto anche perché essi sono fortemente dipendenti dalla situazione idrogeologica dei luoghi in cui sono installati. Ci limiteremo quindi a fare delle considerazioni di carattere generale applicabili, salvo diversa specificazione, alla grande maggioranza delle tipologie di impianti.

E' anche molto importante evidenziare che gli impianti per la distribuzione delle acque potabili sono soggetti, in tutto il mondo, a delle specifiche norme che hanno il principale scopo di assicurare l'assenza di rischi per la salute degli utilizzatori. Conseguentemente a livello "locale" esiste, o dovrebbe esistere, una struttura di controllo del rispetto dei parametri che determinano la potabilità dell'acqua. Il livello qualitativo e quantitativo con cui questi controlli sono effettuati può variare, anche in modo sensibile, in funzione delle possibilità tecniche e tecnologiche dei vari paesi.⁹⁶ Nella nostra esposizione non faremo riferimento alle specifiche che rendono l'acqua potabile in quanto assumiamo che, in condizioni di normale funzionamento dell'infrastruttura, esse siano rispettate; ci focalizzeremo invece sulle minacce climatiche che potrebbero alterare la qualità dell'acqua come pure la sua disponibilità.

⁹⁴ Il valore dell'acqua

https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000375751_ita

<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000375975>

Nazioni Unite: Qualità dell'acqua

https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000375751_ita

<https://www.unwater.org/water-facts/water-quality-and-wastewater>

⁹⁵ United Nations World Water Assessment Programme of UNESCO

Transboundary water governance and climate change adaptation

<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000235678/PDF/235678eng.pdf.multi>

⁹⁶ Nazioni Unite: Qualità dell'acqua

https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000375751_ita

<https://www.unwater.org/water-facts/water-quality-and-wastewater>

ACEA <https://www.gruppo.acea.it/storie/sostenibilita-territorio/obiettivo-6-agenda-2030>

Analoghe considerazioni sono anche valide per gli impianti di trattamento delle acque reflue. Infatti, tale ambito è regolamentato in quasi tutti i paesi con l'obiettivo di ridurre l'inquinamento che, nel caso specifico, potrebbe comportare anche dei notevoli rischi sanitari. Questa tipologia di infrastruttura può essere anche molto complessa in quanto ne fanno parte anche tutti quegli impianti che trattano le varie tipologie di acque reflue come pure anche gli impianti di affinamento che hanno la finalità di consentire il riutilizzo delle acque reflue di origine urbana per vari usi (agricoltura, industria, pulizia ed igiene, eccetera). In EU tale riutilizzo è soggetto a requisiti minimi indicati per legge.⁹⁷ Anche in questo caso ci focalizzeremo sui possibili impatti che i cambiamenti climatici potrebbero avere su questo tipo di impianti e comportare quindi un aumento delle tipologie dei rischi da considerare. Anche per questa tipologia di infrastrutture critiche abbiamo considerato i due sviluppi temporali distinti che abbiamo identificato come cronico e acuto. Tali tipologie di evoluzione sono quindi state trasferite nella classificazione delle minacce climatiche che sono quindi classificate come croniche e acute. Per ulteriori considerazioni e approfondimenti sulla classificazione delle minacce climatiche si rinvia al capitolo 4.

E' comunque opportuno evidenziare che la classificazione introdotta rappresenta una semplificazione per consentire la distinzione tra eventi caratterizzati da frequenza e durata molto diverse e ci aiuta a individuare una possibile strategia per affrontare il problema nella sua evoluzione temporale. Per quanto riguarda l'analisi del rischio di questo tipo di infrastrutture si evidenzia che sia le acque potabili che quelle reflue sono normalmente monitorate per la verifica del soddisfacimento dei parametri imposti dalle normative locali. Inoltre, questo monitoraggio è spesso di tipo continuo e quindi per questo tipo di infrastrutture un'analisi "continua" del rischio, anche se limitata ad alcuni parametri, è un requisito del normale funzionamento. Per queste tipologie di impianti sarà quindi "più semplice" l'integrazione di altri indicatori di rischio relativi alle minacce climatiche. A puro titolo di esempio si può seguire l'evoluzione della temperatura dell'acqua come conseguenza di un'ondata di calore oppure l'aumento della presenza di certi inquinanti, quali terriccio o piante, che possono essere premonitori di un evento acuto quale una frana.

La determinazione di questi nuovi indicatori di rischio dovrà essere fatta in funzione del tipo di impianto e della sua collocazione nel territorio ma si inserisce in un contesto che per, ovvie motivazioni, è già molto sensibile alla gestione dei rischi e delle sue evoluzioni. Per questo tipo di infrastrutture critiche si può considerare la convergenza dei provvedimenti atti a ridurre gli effetti di eventi acuti, e quindi la resilienza delle infrastrutture, con la possibilità di utilizzare gli stessi interventi anche per dei miglioramenti delle minacce climatiche di tipo cronico. Ad esempio, la realizzazione di invasi che contengano l'eccesso di acqua in caso di alluvioni consentirebbe anche, se opportunamente realizzata, di dotarsi di riserve idriche da utilizzare in caso di siccità. Parallelamente, nel lungo periodo, la presenza di specchi d'acqua, unitamente ad altri interventi quali ad esempio la creazione di zone verdi, può mitigare l'evoluzione del clima in una regione.

Le infrastrutture per le acque potabili e reflue sono impianti caratterizzati dalla necessità costante di manutenzione. Le operazioni di manutenzione di queste infrastrutture critiche devono essere sempre assicurate in quanto i guasti e i malfunzionamenti possono rappresentare una minaccia per la salute umana. Sarebbe opportuno dare la massima priorità a tutti quegli interventi manutentivi che sono utili al contrasto delle minacce climatiche, siano esse di tipo cronico che acuto. Ad esempio, la programmazione degli interventi manutentivi dovrà tener conto della possibile concomitanza di

⁹⁷ REGOLAMENTO (UE) 2020/741 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 25 maggio 2020 recante prescrizioni minime per il riutilizzo dell'acqua

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/ALL/?uri=CELEX%3A32020R0741>

eventi acuti, quali siccità o periodi con alto pericolo di inondazioni. Infatti, l'aumento della frequenza di eventi acuti rende necessaria una programmazione diversa da quella attualmente prevista poiché il maggior numero di eventi acuti accelera e modifica l'usura degli impianti nonché rende più frequenti le operazioni di manutenzione straordinaria. Tutto questo comporta un maggior costo che deve essere previsto e opportunamente finanziato.

Inoltre, anche la realizzazione di provvedimenti per ridurre gli impatti delle minacce climatiche richiede, nella grande maggioranza dei casi, delle opere complesse che spesso riguardano aree estese ed hanno costi e tempi di realizzazione rilevanti. Queste ultime due caratteristiche rappresentano dei vincoli importanti per la tempestiva realizzazione di interventi di adeguamento; appare quindi importante adottare una strategia che consenta di procedere, nel quadro di un progetto complessivo di tutti gli interventi, per successive implementazioni, ognuna delle quali rappresenti comunque un risultato positivo nella riduzione dei rischi. Tale strategia dipende dagli specifici contesti (nazionale, regionale, ecc.) in cui sono presenti queste infrastrutture critiche in quanto la disponibilità di risorse economiche e/o tecniche nonché i vincoli di natura normativa che possono ostacolare la realizzazione degli interventi sono fortemente dipendenti dai fattori di contesto.

È importante anche considerare, nella progettazione e nella realizzazione degli interventi di adeguamento o dei nuovi impianti, che i cambiamenti climatici possono determinare una significativa variazione dei parametri di funzionamento degli impianti stessi. Lo spostamento delle zone climatiche come, ad esempio la collocazione di ampie zone del Mediterraneo nell'area subtropicale o tropicale rispetto alla precedente classificazione in zona temperata, determina l'innalzamento della temperatura, l'aumento della forza del vento, l'incremento dell'intensità e della frequenza delle precipitazioni. Questi cambiamenti richiedono quindi parametri progettuali diversi, come più volte affermato in questo lavoro (capitoli 4, 9,10) . Si tratta di parametri parzialmente ricavabili dall'esperienza di zone climatiche conosciute mentre altri dovranno essere determinati con modalità nuove che tengano conto anche della notevole velocità dei cambiamenti.

8.2 La tabella degli impatti climatici sulle Infrastrutture per Acque Potabili e Reflue

La tabella che segue è una sintetica indicazione dei possibili impatti delle minacce derivate dai cambiamenti climatici sulle IC per le acque potabili e reflue.

Si tratta di indicazioni di massima, data la notevole variabilità delle tipologie realizzative di questi impianti in funzione delle norme applicabili e della conformazione idrogeologica dei luoghi in cui sono installate nonché della tipologia e numerosità dell'utenza servita.

Il criterio con cui la tabella è stata concepita è quello della continuità del servizio erogato da queste IC e quindi gli impatti indicati sono espressi in termini di discontinuità e alterazione di parametri essenziali da assicurare il servizio stesso. Questo approccio consente anche di evidenziare che diversi provvedimenti sono suggeribili per affrontare più tipologie di minacce e ciò è di sicuro interesse per i pianificatori dei degli interventi che, come già evidenziato, hanno costi elevati e tempi rilevanti per la loro attuazione.

MINACCE RICONDUCEBILI AI CAMBIAMENTI CLIMATICI	POTENZIALI IMPATTI (settore ACQUE POTABILI e settore ACQUE REFLUE)	
	ACQUE POTABILI	ACQUE REFLUE
TEMPERATURA		
<i>Croniche</i>		
CAMBIAMENTI DI TEMPERATURA (ARIA, ACQUA DOLCE, ACQUA MARINA)	<p><i>In caso di aumento della temperatura.</i></p> <p>Aumento di concentrazioni di alghe tossiche e materiale organico in acqua alla fonte, conseguente aumento dei costi di gestione per la potabilizzazione e depurazione.</p> <p>Maggiore evaporazione.</p> <p>Fallanza e rotture delle componenti acquedottistiche opere di adduzione e distribuzione.</p> <p>Fornitura idrica a rischio.</p> <p>Aumento salinità acque dolci vicino alle coste.</p>	<p><i>In caso di aumento della temperatura.</i></p> <p>Maggiore concentrazione acque reflue con aumento tossicità e difficoltà di depurazione.</p> <p>Ostruzioni, intasamento e blocco/rottura di sistemi di pompaggio nei sistemi di drenaggio acque reflue a causa della ridotta capacità di diluizione e maggiore concentrazione di residui solidi.</p>
STRESS TERMICO	Come punto precedente.	Come punto precedente.
VARIABILITÀ DELLA TEMPERATURA	Necessità di cambiamento dei parametri di gestione degli impianti in funzione della variazione (escursione e velocità di cambiamento) di temperatura	Necessità di cambiamento dei parametri di gestione degli impianti in funzione della variazione (escursione e velocità di cambiamento) di temperatura
SCONGELAMENTO DEL PERMAFROST	Possibile danneggiamento di impianti e/o tubazioni presenti nell'area di disgelo	Possibile danneggiamento di impianti e/o tubazioni presenti nell'area di disgelo
<i>Acute</i>		
ONDATE DI CALORE	<p>Possibile aumento di concentrazioni di alghe tossiche e materiale organico in acqua alla fonte; conseguente aumento dei costi di gestione per la potabilizzazione e depurazione.</p> <p>Maggiore evaporazione</p> <p>Fallanza e rotture delle componenti acquedottistiche opere di adduzione e distribuzione.</p> <p>Fornitura idrica a rischio.</p>	<p>Maggiore concentrazione acque reflue con aumento tossicità e difficoltà di depurazione.</p> <p>Ostruzioni, intasamento e blocco/rottura di sistemi di pompaggio nei sistemi di drenaggio acque reflue a causa della ridotta capacità di diluizione e maggiore concentrazione di residui solidi.</p>

	Aumento salinità acque dolci vicino alle coste.	
ONDATA DI FREDDO/GELATA	Limitata accessibilità e possibilità di prelievo da sorgenti montane o zone gelate. Potenziali rotture di condotte e contatori nelle reti di adduzione e distribuzione.	Difficoltà di depurazione. Potenziali rotture di condotte e fognature.
INCENDIO	Possibili danni strutturali causati agli impianti dall'esposizione a fuoco e alte temperature. Possibile aumento di concentrazioni di sostanze tossiche disciolte in acqua in prossimità delle sorgenti e/o delle vie d'adduzione.	Possibili danni strutturali causati dall'esposizione a fuoco e alte temperature. Difficoltà di depurazione per aumento di concentrazioni di sostanze tossiche disciolte in acqua.
VENTI		
<i>Croniche</i>		
CAMBIAMENTO DEL REGIME DEI VENTI		
<i>Acute</i>		
CICLONE, URAGANO, TIFONE	Malfunzionamenti delle reti in pressione derivanti da danni alle infrastrutture di fornitura elettrica da cui dipendono. Danni anche gravi agli impianti. Blocco distribuzione acqua potabile. Difficoltà erogazione acqua.	Malfunzionamenti degli impianti derivanti da danni alle infrastrutture di fornitura elettrica da cui dipendono. Danni anche gravi agli impianti. Blocco depurazione acque reflue. Difficoltà di depurazione acque reflue.
TEMPESTA (COMPRESSE QUELLE DI NEVE, POLVERE O SABBIA)	Malfunzionamenti delle reti in pressione derivanti da danni alle infrastrutture di fornitura elettrica da cui dipendono. Aggravamento della eventuale carenza d'acqua.	Malfunzionamenti degli impianti derivanti da danni alle infrastrutture di fornitura elettrica da cui dipendono. Aggravamento delle difficoltà di depurazione.
TROMBA D'ARIA	Distruzione o danneggiamento grave impianti primari e/o accessori. Carenza acqua potabile.	Distruzione o danneggiamento grave impianti primari e/o accessori. Difficoltà o impossibilità depurazione.
ACQUE		
<i>Croniche</i>		
CAMBIAMENTO DEL REGIME E DEL TIPO DI PRECIPITAZIONI (PIOGGIA, GRANDINE, NEVE/GHIACCIO)	Difficoltà gestione eccesso acqua in ingresso; difficoltà gestione carenza acqua in ingresso.	Difficoltà gestione eccesso acqua reflua; difficoltà gestione carenza acque reflue.
PRECIPITAZIONI E/O VARIABILITÀ IDROLOGICA	Possibile carenza acqua potabile, possibile eccesso acqua potabile.	Possibile carenza acque reflue, possibile eccesso acque reflue.

ACIDIFICAZIONE DEGLI OCEANI	Possibile difficoltà impianti di desalinizzazione	
INTRUSIONE SALINA	Aumento salinità falde acquifere costiere Difficoltà o carenza distribuzione acqua potabile	
INNALZAMENTO DEL LIVELLO DEL MARE	Possibile danneggiamento impianti desalinizzazione Difficoltà o carenza distribuzione acqua potabile	Possibile danno per impianti costieri
STRESS IDRICO	Possibili danni da carenza prolungata di acqua	Possibili danni da carenza prolungata di liquidi (acque)
Acute		
SICCITÀ	Carenza acqua potabile	Maggiore concentrazione acque reflue con aumento tossicità e difficoltà di depurazione Ostruzioni, intasamento e blocco/rottura di sistemi di pompaggio nei sistemi di drenaggio acque reflue a causa della ridotta capacità di diluizione e maggiore concentrazione di residui solidi
FORTI PRECIPITAZIONI (PIOGGIA, GRANDINE, NEVE/GHIACCIO)	Alluvioni con inquinamento sorgenti, danni materiali ad impianti, carenza elettricità per gestione impianti	Danneggiamento impianti, possibile carenza elettricità per gestione impianti.
INONDAZIONE (COSTIERA, FLUVIALE, PLUVIALE, DI FALDA)	Possibile inquinamento sorgenti, carenza acqua potabile	Possibile difficoltà gestione impianti depurazione e smaltimento acque reflue, eventuali sversamenti.
COLLASSO DI LAGHI GLACIALI	Possibile inquinamento sorgenti, carenza acqua potabile	
SUOLO		
Croniche		
EROSIONE COSTIERA	Possibile danneggiamento impianti desalinizzazione Difficoltà o carenza distribuzione acqua potabile	Possibile danneggiamento impianti depurazione zone costiere.
DEGRADO DEL SUOLO	Possibile danno alla statica degli impianti. Fallanza condutture. Conseguenti malfunzionamento o disservizi sino al fermo impianti.	Possibile danno alla statica degli impianti. Fallanza condutture. Conseguenti malfunzionamento o disservizi sino al fermo impianti.
EROSIONE DEL SUOLO	Possibili danni sorgenti acqua potabile; carenza acqua potabile	Possibili danni impianti depurazione

SOLIFLUSSO	Possibili danni sorgenti acqua potabile; carenza acqua potabile	Possibili danni impianti depurazione
<i>Acute</i>		
VALANGA	Possibile inquinamento sorgenti, carenza acqua potabile	Possibile danno impianti
FRANA	Rottura di tubazioni e infrastrutture sotterranee sepolte, con conseguenti perdite di acqua potabile e contaminazione	Rottura di tubazioni e infrastrutture sotterranee sepolte. Rilascio di acqua di scarico e potenziali rischi di infiltrazione di sostanze tossiche nei terreni.
SUBSIDENZA	Compromessa funzionalità delle opere di captazione	Compromessa funzionalità degli impianti di depurazione

Tabella 8.1 - Impatti climatici sulle Infrastrutture per Acque Potabili e Reflue

8.3 Bibliografia

Data la considerevole mole di documentazione disponibile sulla risorsa acqua e specificatamente sulle acque potabile e quelle reflue, nel testo dei precedenti paragrafi non sono stati introdotti delle specifiche note di riferimento bibliografico o sitografico.

Si è invece scelto di indicare in questo parametro i principali documenti che possono essere di orientamento a livello globale. Inoltre, poiché si tratta di problematiche che hanno, come già visto un aspetto “locale”, nella sua accezione di regione geografica e più precisamente idrogeologica, si è limitato al massimo il riferimento alle numerosissime normative nazionali e regionali che regolano il funzionamento di queste infrastrutture critiche.

Il valore dell’acqua

https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000375751_ita

<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000375975>

United Nations World Water Assesment Programme of UNESCO

Transboundary water governance and climate change adaptation

<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000235678/PDF/235678eng.pdf.multi>

Nazioni Unite: Qualità dell’acqua

https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000375751_ita

<https://www.unwater.org/water-facts/water-quality-and-wastewater>

ACEA <https://www.gruppo.acea.it/storie/sostenibilita-territorio/obiettivo-6-agenda-2030>

Agenda 2030 Obiettivo 6: Garantire a tutti la disponibilità e la gestione sostenibile dell’acqua e delle strutture igienico sanitarie

<https://unric.org/it/obiettivo-6-garantire-a-tutti-la-disponibilita-e-la-gestione-sostenibile-dellacqua-e-delle-strutture-igienico-sanitarie/>

<https://www.larioreti.it/news-consumatore/agenda-2030-acqua-pulita/#>

Riutilizzo acque reflue

REGOLAMENTO (UE) 2020/741 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 25 maggio 2020 recante prescrizioni minime per il riutilizzo dell'acqua

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/ALL/?uri=CELEX%3A32020R0741>

C. Kirchhoff, G. Treuer, C. Mullin, P. Watson: Resilience of Wastewater and Drinking Water Systems, 2018

<https://circa.uconn.edu/wp-content/uploads/sites/1618/2018/05/Resilience-of-Wastewater-Drinking-Water-Systems.pdf>

Approcci metodologici

IPPC-Reports: AR6 Synthesis Report: Climate Change 2023

<https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-cycle/>

IPPC-Reports: Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change

<https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-3/>

IPPC -Reports: Climate Change 2013: The Physical Science Basis

<https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>

Quartieri G. L'approccio per sistemi ai cambiamenti climatici

<https://ilprogressonline.it/scienza/lapproccio-per-sistemi-ai-cambiamenti-climatici/>

European Commission - European State of the Climate 2022

<https://climate.copernicus.eu/esotc/2022>

Centro geofisico prealpino: le trombe d'aria e d'acqua

[https://www.astrogeo.va.it/dizionar/tromba.htm#:~:text=Le%20trombe%20d'aria%20o,o%20in%20caduta%20\(precipitazioni\).](https://www.astrogeo.va.it/dizionar/tromba.htm#:~:text=Le%20trombe%20d'aria%20o,o%20in%20caduta%20(precipitazioni).)

ISPRA, AGI : Progettazione degli Interventi di Mitigazione del Rischio da Frana, 2022

https://associazionegeotecnica.it/pubblicazioni/raccomandazioni_linee_guida/

ISPRA, Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente: RaStEM: uno strumento di supporto per la progettazione degli interventi di difesa del suolo, 2023

https://www.isprambiente.gov.it/files2023/pubblicazioni/manuali-e-linee-guida/master_finale_rev02_3_plg.pdf

UNI: Infrastrutture Critiche Sistema di gestione della resilienza – Requisiti UNI/PdR 6:2014

<https://store.uni.com/uni-pdr-10-6-2014>

9. ECOSISTEMA DI UNA INFRASTRUTTURA CRITICA (*Elenio Dursi*)

9.1 Definizione di infrastruttura critica (IC)

“Con il termine *infrastruttura critica* si intende un sistema, una risorsa, un processo, un insieme, la cui distruzione, interruzione o anche parziale o momentanea indisponibilità ha l'effetto di indebolire in maniera significativa l'efficienza e il funzionamento normale di un Paese, ma anche la sicurezza e il sistema economico-finanziario e sociale, compresi gli apparati della pubblica amministrazione centrale e locale”.⁹⁸ Questa definizione già ci potrebbe far capire che la difesa dell'IC deve essere intesa in tutto il suo ecosistema. Non solo nel suo perimetro.

Analizzando gli ultimi eventi avversi (meteorologicamente parlando) si notano alcuni segnali deboli su come l'ecosistema delle IC sia stato concepito senza tener conto del climate change. Questo perché, la maggior parte delle infrastrutture è progettata per avere una lunga vita utile. Molte delle infrastrutture attualmente in funzione nell'UE sono state progettate e costruite parecchi anni fa quando il climate change non era ancora all'ordine del giorno come lo è, prepotentemente, ora.

9.2 Climatologia; un parametro con cui (ri)confrontarsi

Da sempre l'uomo ha costruito in base al clima ed alle risorse a sua disposizione nel luogo ove intendeva realizzare il manufatto per poi cambiare la sua “postura di progettazione” distaccandosi dai fattori luogo e meteo grazie all'introduzione di nuovi materiali da costruzione come acciaio, vetro e cemento. Questo modus operandi, che è in essere da un centinaio di anni, ha fatto sì che si potessero costruire infrastrutture che mai si pensava potessero essere intaccate così pesantemente dal climate change.

Con le prime avvisaglie ed i ricorsivi eventi estremi, si è cercato di rivedere questa postura emanando delle linee guida che tenessero conto (di nuovo) del luogo e del clima dove queste infrastrutture risiedono o risiederanno. A tal proposito, la Commissione europea ha rilasciato, il 16 settembre 2021, gli orientamenti tecnici per gli investimenti in infrastrutture a prova di clima nel periodo di programmazione 2021 – 2027⁹⁹. Queste regole di condotta, introducono il concetto di “*resa a prova di clima delle infrastrutture*” cui un progetto di IC ne deve tenere conto. Così facendo, si valutano una serie di fattori che, ad un primo impatto, potrebbero non sembrare pertinenti al funzionamento della stessa IC ma che, a guardare meglio, sono parte integrante del processo atto ad anticipare gli effetti avversi dei cambiamenti climatici e adottare misure adeguate di mitigazione dei cambiamenti climatici e/o di adattamento ad essi per prevenire o ridurre al minimo i danni che questi cambiamenti possono causare all'intero ecosistema in cui si trova l'infrastruttura.

Per avere un quadro completo e quindi, per garantire una visione olistica del progetto anche sul lato della resa a prova di clima, oltre alle analisi del territorio e dell'ambiente in cui l'infrastruttura critica sorge/rà (sia essa un data center o una torre di trasmissione), si deve valutare la disponibilità e la accessibilità continua a fonti di approvvigionamento energetico anche negli scenari peggiori basandosi quindi su una buona conoscenza del clima e del territorio che ne è interessato. Per fare tutto ciò, si rende necessario il coinvolgimento di altre figure all'interno del team di progettazione. Figure con una competenza sulla mitigazione e l'adattamento ai cambiamenti climatici che effettueranno valutazioni per quanto concerne la resa a prova di clima (ovvero, cercare di rendere una infrastruttura resiliente al climate change).

Questo team allargato fa sì che, per forza di cose, il progetto dovrà essere pensato in modo olistico tenendo conto anche e soprattutto della catena di approvvigionamento in tutta la sua lunghezza

⁹⁸ https://it.wikipedia.org/wiki/Infrastrutture_critiche

⁹⁹ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/HTML/?uri=OJ%3AC%3A2021%3A373%3AFULL>

facendo un'analisi minuziosa su ogni suo anello in quanto, ogni anello identifica un punto di fault potenziale. Motivo per cui, l'intera catena/filiera deve essere verificata e validata sia sulla fornitura che sul fornitore per verificarne la resilienza anche dal punto di vista di resa alla prova del clima. Tenere conto di questi aspetti potenzialmente suscettibili ai cambiamenti climatici anche in un brevissimo lasso di tempo, deve essere per forza di cose farci aggiornare l'algoritmo dei vari fault che sono avvenuti negli anni passati relativi anche alle condizioni meteo ed ai flussi di energia che servono ad alimentare le apparecchiature. Si dovrà iniziare a pensare a piani di resilienza in maniera visionaria avendo ben chiaro che il focus è garantire la continuità aziendale a prescindere dal subire o meno attacchi, disastri naturali o altri eventi avversi.

9.3 Continuità in fase di emergenza

Prevedere con una certa precisione quando e con che intensità si possa verificare un evento climatico estremo è compito arduo. Questa naturale imprevedibilità del meteo, è resa ancora più di difficile interpretazione dal cambiamento climatico in atto.

Una delle difficoltà maggiori è data dalla mancanza di sufficienti dati storici sugli eventi estremi che si stanno verificando da qualche anno e che la loro osservazione non va indietro nei decenni.

Motivo per cui, le previsioni dei suddetti fenomeni sono ancora poco affidabili a differenza di quelle su eventi atmosferici "normali" più o meno ciclici che si osservano da decine di anni.

Questa situazione, anche se non ancora troppo gestibile sul piano temporale, ci dà però un solco da seguire. Questo solco indica che le infrastrutture devono essere ripensate per essere adattate e resilienti a questi eventi per far sì che si possa rivedere l'equazione accadimento – impatto ragionando da *bassa frequenza – alto impatto* e cercare di trasformare la corrispondenza in *alta frequenza – basso impatto*.

Per avere una buona resilienza climatica in una IC e del suo intero ecosistema, occorre quindi studiare un piano per la gestione delle emergenze dove si tenga conto anche di garantire la continuità operativa della infrastruttura stessa.

La definizione di questo piano parte individuando i processi più critici per l'intero ecosistema in cui si trova l'infrastruttura per arrivare ad elencare possibili scenari e/o soluzioni di rientro dell'emergenza. Per una IC progettata a fine anni 90 per restare in esercizio una decina di lustri, si potrebbe avere bisogno di aggiornamenti a questo piano e prevedere scenari alternativi se venisse impattata nella sua catena energetica da un evento alluvionale come quello che ha flagellato l'Emilia devastando ogni cosa ma non la IC in maniera diretta.

Una IC è pensata per esser dotata di ridondanza (meglio sarebbe avere questa ridondanza in siti molto lontani tra loro) ma su alcuni punti di fault come possono essere quello dell'approvvigionamento energetico e quello della connettività, magari bisognerebbe rivedere qualcosa uscendo dal perimetro di collocazione dell'infrastruttura ed elevarci, come ragionamento, all'intero ecosistema che la supporta.

Per il suo approvvigionamento elettrico, ci saranno di certo dei generatori diesel qualora la linea energetica principale collassasse o venisse interrotta per "n" motivi. Magari, con l'aggiunta di un contratto di fornitura garantita H24 tramite una cisterna.

Ma queste precauzioni potrebbero essere deficitarie ai giorni nostri. Un evento climatico avverso di una certa rilevanza può impattare certamente sulla catena di approvvigionamenti o su fornitori ben distanti anche diverse decine di km dall'IC. Una eventualità forse non prevista in tempi addietro quando non si aveva sentore che questi fenomeni potessero abbattersi con una certa ricorrenza e violenza su porzioni molto ampie di territorio.

Un evento alluvionale può portare allo sgancio di corrente elettrica. Può rendere i distributori di carburante inaccessibili per via delle strade allagate. I ponti potrebbero non essere agibili per il transito di veicoli pesanti e la viabilità alternativa non adatta al passaggio delle cisterne. I distributori potrebbero essere impossibilitati a stoccare (e quindi ad erogare) il carburante in quanto messi in

sicurezza tramite lo svuotamento controllato delle loro cisterne per evitare eventuali sversamenti nelle acque alluvionali.

Un buon piano di continuità in fase di emergenza deve far sì che tutti questi aspetti siano elencati con le cause/effetto, deve avere una visione completa di tutta la catena di approvvigionamento e di tutte le sue ramificazioni che possono venire impattate in maniera decisiva sulla continuità operativa. Fare questo in maniera puntuale e precisa, fa sì che si possano mettere in atto tutte le misure possibili atte ad adattare le IC a questi scenari possibili.

9.4 Cambiamenti climatici e IC: tessere di un puzzle

Il cambiamento climatico deve portare i progettisti di infrastrutture a ragionare in maniera differente rispetto quanto si faceva un ventennio fa.

Questa mutevolezza meteorologica tende ad essere un fenomeno climatico che pare accelerare (di certo non si fermerà) dove il fattore tempo ha assunto una posizione determinante. Abbiamo una serie di dati meteo/climatici e osservazioni da satelliti artificiali in continuo aggiornamento, nonché dati sulle conseguenze di un evento estremo relativi a dei fault nelle catene di approvvigionamento e molto altro per poter già da ora capire che impatto avrà il clima sulla IC.

Questi elementi sono tessere di un puzzle. A noi il compito di unirle (velocemente) per avere una visione nitida su cosa potrebbe accaderci non Se ma Quando.

A supporto delle organizzazioni di ogni tipo, si può prendere visione del questionario per la selezione di fornitori ICT in generale e di prodotti e servizi in particolare, al fine di permettere di verificare agevolmente il loro grado di sicurezza delle informazioni/sicurezza ICT/cybersecurity e, attraverso le risposte, dare dimostrazione dei requisiti applicabili in conformità alle best practice di settore e in linea con la strategia dell'organizzazione.

Il questionario si articola in 47 domande, che mirano a verificare i principali requisiti previsti da ISO/IEC 27001 (Sistema di Gestione per la Sicurezza delle Informazioni) e FNCS (Framework Nazionale di Cyber Security) in termini di Servizi ICT e prodotti ICT (i.e. software e hardware).

Il questionario può essere scaricato da

<https://clusit.it/blog/questionario-per-la-sicurezza-dei-fornitori/> e liberamente utilizzato nel rispetto dei limiti posti dalla licenza Creative Commons CC BY-SA 4.0 (v. <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.it>).

10. INTERDIPENDENZA DIRETTA TRA LE DIVERSE INFRASTRUTTURE E INDIRETTA TRA LE STESSE COME CONSEGUENZA DEGLI IMPATTI CONSEGUENTI AGLI EVENTI RICONDUCEBILI ALLE MINACCE CLIMATICHE (Sandro Bologna)

10.1 Premessa

Per capire gli impatti a cascata degli eventi riconducibili alle minacce climatiche sui sistemi di infrastrutture interconnesse, è necessario identificare le interdipendenze tra le diverse infrastrutture. Ai fini del presente Rapporto, facendo riferimento alla Direttiva (UE) 2022/2557 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 14 dicembre 2022 relativa alla resilienza dei soggetti critici, che abroga la direttiva 2008/114/CE del Consiglio, i Settori considerati sono **energia elettrica, approvvigionamento idrico, trattamento delle acque reflue, telecomunicazioni, servizi alla salute.**

10.2 Breve storia della Modellistica delle Interdipendenze tra IC

La modellistica delle interdipendenze tra le diverse infrastrutture si sviluppa a partire dai primi anni duemila. Di rilevanza storica è il lavoro *“Identifying, Understanding, and Analyzing Critical Infrastructure Interdependencies”*¹⁰⁰ by Steven M. Rinaldi, M. Rinaldi, James P. Peerenboom, and Terrence K. Kelly, dal quale è tratta la Figura 10.1.

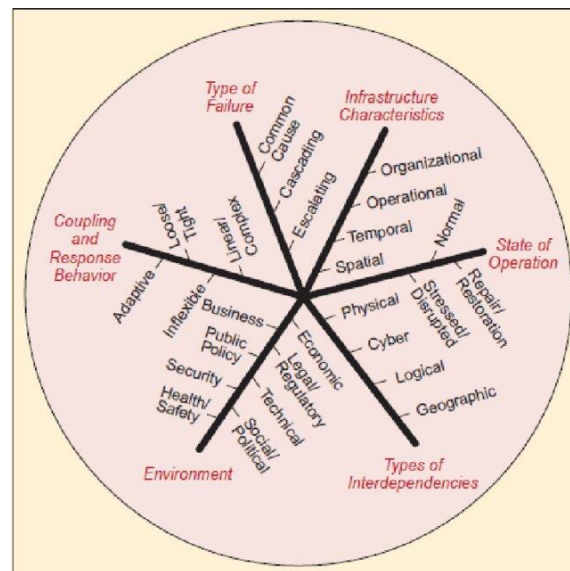


Figura 10.1 - Interdipendenza tra IC (da Rinaldi et al., 2001).

Il grado in cui le infrastrutture sono accoppiate, o collegate, influenza fortemente le loro caratteristiche operative. Alcuni collegamenti sono deboli e quindi relativamente flessibili, mentre altri sono forti, lasciando poca o nessuna flessibilità per la risposta del sistema a condizioni mutevoli o guasti che possono esacerbare problemi o passare da un'infrastruttura all'altra. Questi collegamenti

¹⁰⁰ *Identifying, Understanding, and Analyzing Critical Infrastructure Interdependencies*, Rinaldi et al., 2001, <https://ieeexplore.ieee.org/document/969131>

possono essere fisici, informatici, correlati alla posizione geografica, o di natura logica. Le interdipendenze e le risultanti topologie dell'infrastruttura possono creare sottili interazioni e meccanismi di feedback che spesso portano a comportamenti involontari e conseguenze impreviste durante le interruzioni del buon funzionamento di una infrastruttura.

Il Modello si è evoluto con i lavori del Department of Homeland Security (DHS) americano, che nel 2009 ha pubblicato il “*Critical Infrastructure Protection Plan*” e a seguire tanti altri Rapporti, tra i quali “*Multi-Hazard, Multi-Infrastructure, Economic Scenario Analysis*”¹⁰¹ by Mark A. Ehlen, Vanessa N. Vargas, Agosto 2012, dal quale è tratta la Figura 10.2.

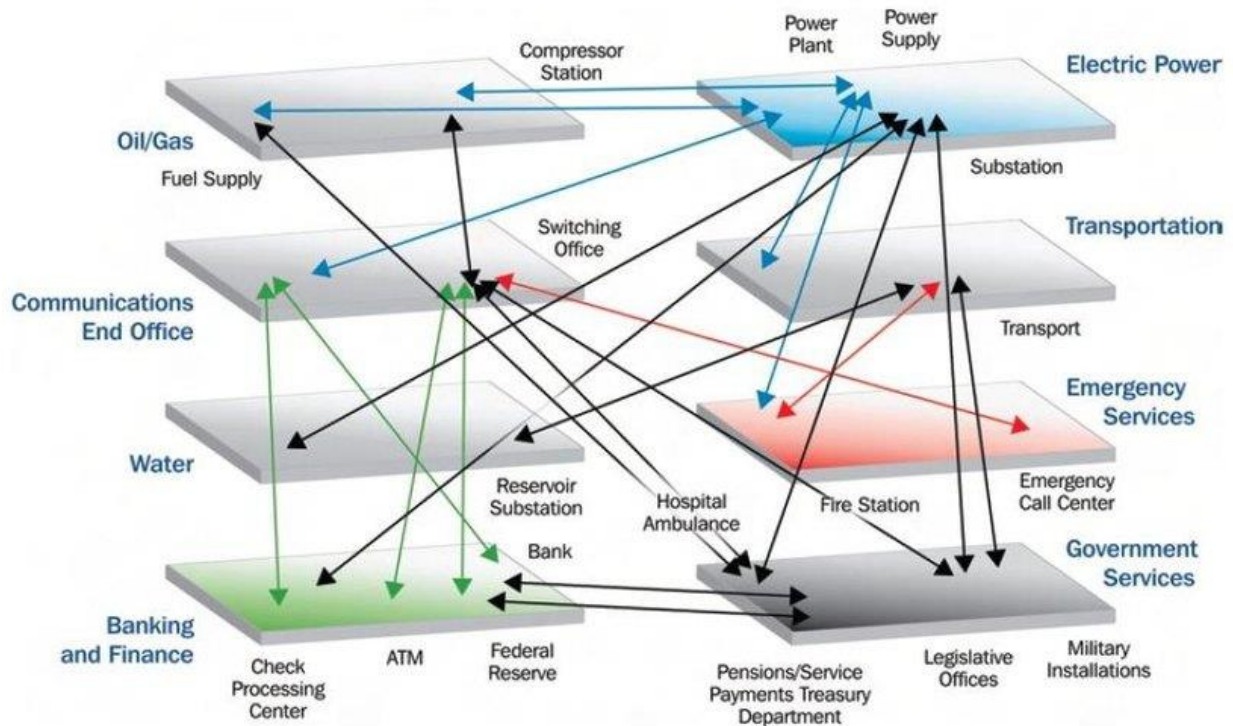


Figura10.2 - Interdipendenze tra IC
(fonte: Mark A. Ehlen et al., 2012)

Più recentemente, le interdipendenze tra le IC per i diversi Settori sono state rappresentate nel Rapporto C40 Cities¹⁰² usando una info-grafica visivamente molto esplicativa, da cui la Figura 10.3.

¹⁰¹ *Multi-Hazard, Multi-Infrastructure, Economic Scenario Analysis*, Ehlen et al. 2012, https://www.researchgate.net/publication/257560357_Multi-hazard_multi-infrastructure_economic_scenario_analysis

¹⁰² *C40 Cities Infrastructure Interdependencies + Climate Risks Report*, AECOM, 2017, https://www.c40knowledgehub.org/s/article/C40-Infrastructure-Interdependencies-and-Climate-Risks-report?language=en_US

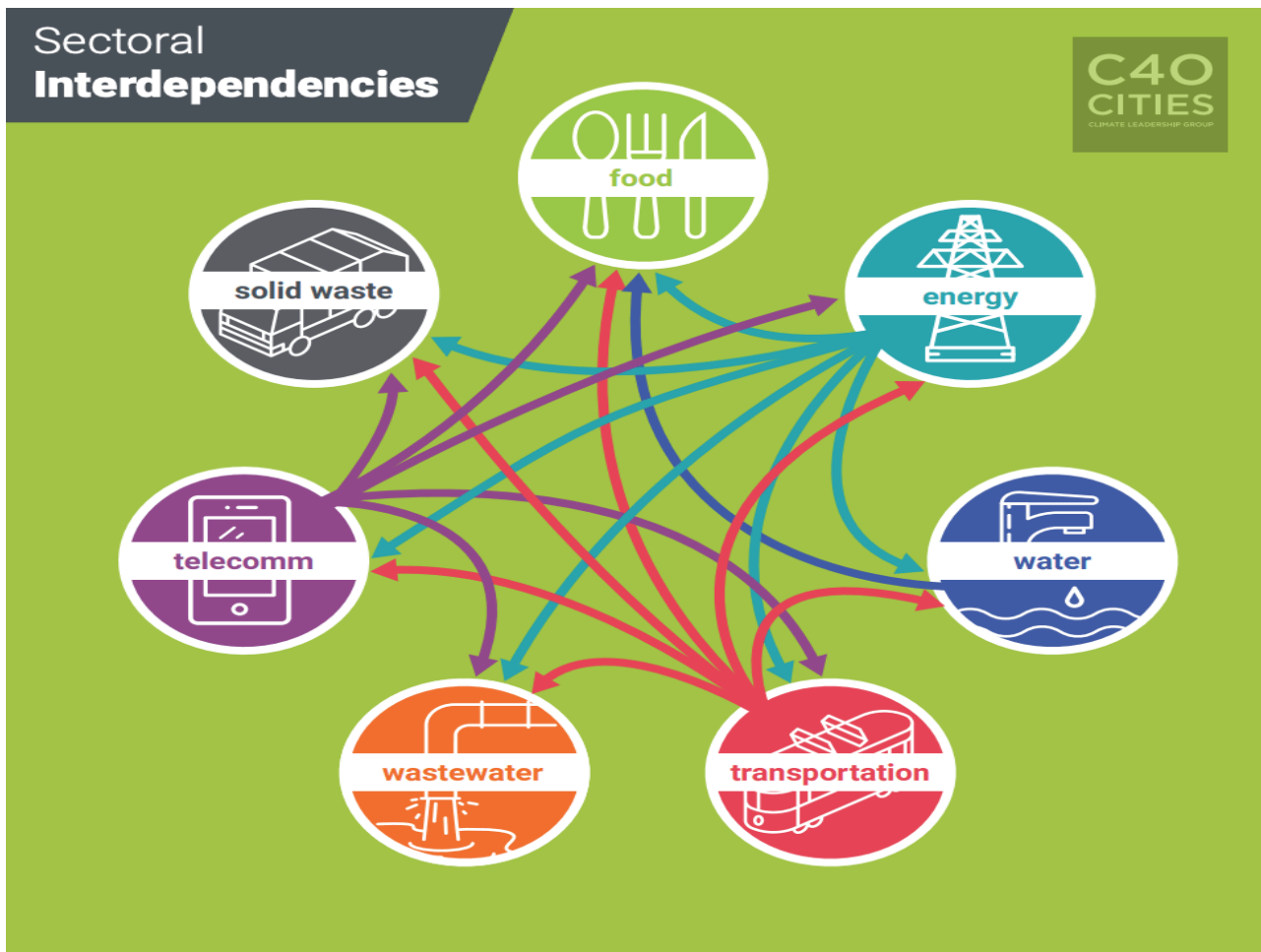


Figura10.3 - Interdipendenza tra le IC dei diversi Settori
(dal Rapporto C40 Cities)

Una ulteriore complicazione nasce dal fatto che negli ultimi anni, come ampiamente trattato nei precedenti capitoli, le Minacce, e conseguentemente i possibili Impatti, sono riconducibili prevalentemente dai cambiamenti climatici, Figura 10.4.

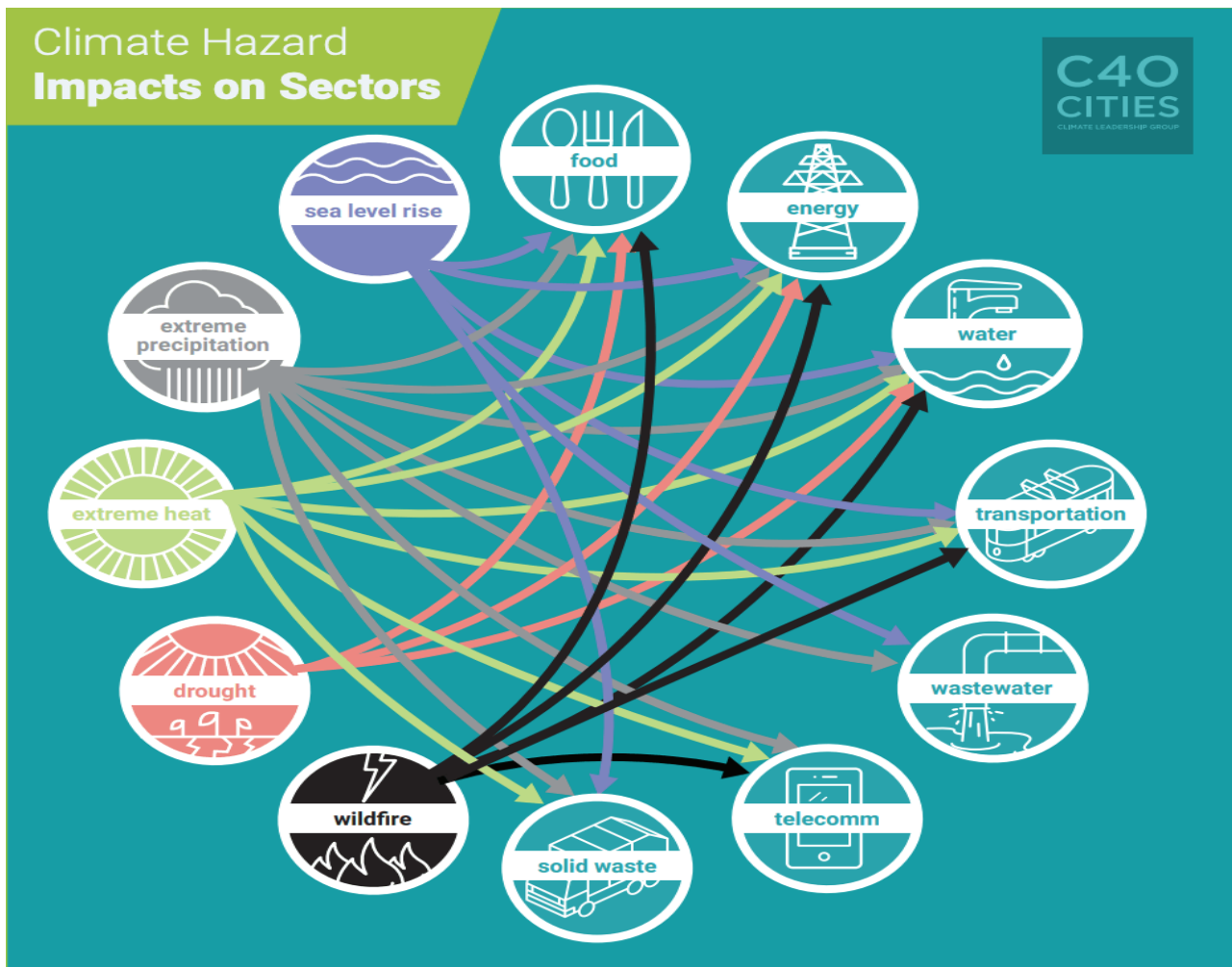


Figura 10.4 - Impatto delle Minacce Climatiche sulle IC dei diversi settori
(dal Rapporto C40 Cities)

Questo richiede di valutare per ogni singola IC quali sono i possibili Impatti delle singole Minacce attribuibili ai Cambiamenti Climatici (Tabella 4.1, Cap. 4), e successivamente le ripercussioni su tutte le altre IC, Figura 10.5.

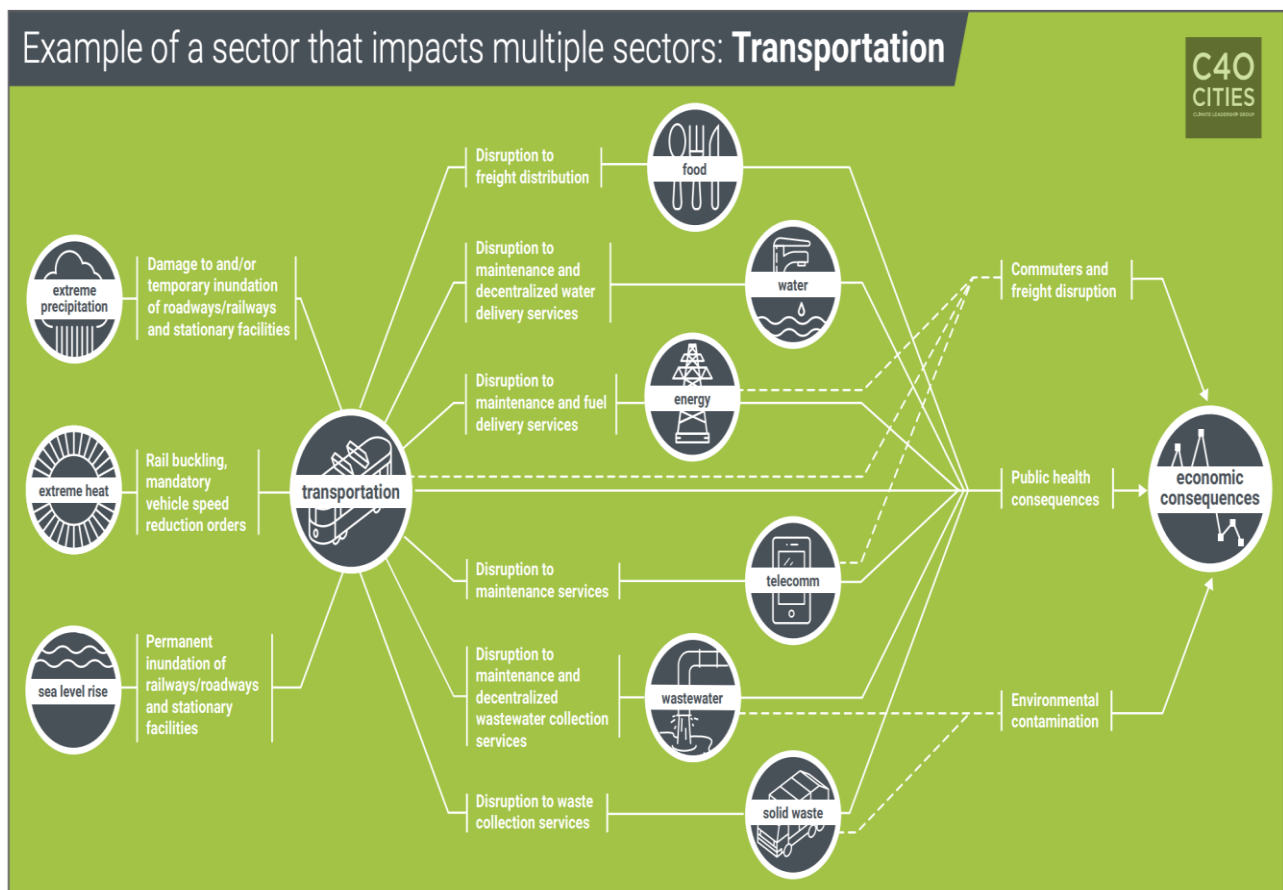


Figura 10.5 - Possibile rappresentazione dell'Impatto di alcune Minacce Climatiche sulla IC Trasporti e a cascata su altre IC
(dal Rapporto C40 Cities)

10.3 Breve linea guida per una valutazione del rischio che dedichi la dovuta attenzione al tema delle interdipendenze.

La considerazione delle interdipendenze nella valutazione del rischio merita un'attenzione particolare.

Aggiornare la valutazione del rischio in modo tale da includere azioni di mitigazione e adattamento alle Minacce riconducibili ai Cambiamenti Climatici, una volta identificate, e garantire che i nuovi rischi che ne potrebbero derivare si riflettano nei Piani di Resilienza per la configurazione di rete IC in fase di analisi diventa fondamentale. Per ogni dettaglio consultare la pubblicazione “*How to manage infrastructure interdependencies and cascading risk*”¹⁰³ 2022. La pubblicazione elenca le seguenti azioni:

Capire e mappare le connessioni, le dipendenze e le interdipendenze tra organizzazioni, risorse e operazioni. Registrare quali collegamenti sono critici e la direzione dei guasti: ad esempio, la gestione dei rifiuti solidi potrebbe dipendere da un sistema energetico funzionante, ma non viceversa, a meno che la città non utilizzi i propri rifiuti per produrre una parte significativa della propria energia. Capire quali punti di errore potrebbero portare a conseguenze a cascata.

¹⁰³ *How to manage infrastructure interdependencies and cascading risks*

https://www.c40knowledgehub.org/s/article/How-to-address-infrastructure-interdependencies-when-adapting-to-climate-change?language=en_US

Sviluppare un quadro dettagliato dei rischi a cascata a cui saranno esposte le infrastrutture interdipendenti. Prendere in considerazione l'utilizzo di una serie di scenari di rischio climatico come strumento per identificare questi rischi a cascata. Raccogliere tutte le informazioni sugli impatti degli eventi estremi passati e sui rischi climatici futuri previsti e sugli eventi meteorologici estremi.

Identificare i rischi comuni tra le organizzazioni, le sovrapposizioni o le responsabilità comuni per la gestione del rischio e le eventuali lacune nell'affrontare tali rischi. Facilitando lo sviluppo di una comprensione comune e condivisa dei rischi collettivi legati al cambiamento climatico, le amministrazioni delle città possono stabilire le basi per la cooperazione e il coordinamento tra le diverse organizzazioni che le caratterizzano. Un approccio comune per gestire l'incertezza del fallimento dei sistemi infrastrutturali di fronte ai pericoli del cambiamento climatico è stato quello di cercare di caratterizzare il comportamento causa-effetto delle interdipendenze. Esempi storici di fallimenti dovuti a interdipendenze mostrano che il verificarsi e l'estensione di cascate di fallimenti da un sistema infrastrutturale a un altro è imprevedibile perché i sistemi mostrano principi essenziali di complessità, vale a dire non linearità, dipendenza dal percorso e dal tipo di emergenza. Pertanto, al fine di prepararsi meglio per un futuro incerto che includa il cambiamento climatico, i gestori dovrebbero considerare la complessità dei fenomeni di caduta a cascata dei servizi e implementare strategie aggiuntive appropriate per il complesso dominio del quadro. Uno strumento che potrà aiutare nel processo decisionale è *Cynefin: un framework per aiutare il processo decisionale negli ambienti complessi*¹⁰⁴

In definitiva, se la complessità del comportamento dovuto alla caduta a cascata dei servizi conseguenti alle diverse interdipendenze viene trascurata e non vengono incluse strategie aggiuntive, la sorpresa dei fallimenti a cascata emergenti continuerà a mettere a dura prova le istituzioni che gestiscono i sistemi infrastrutturali e i clienti che fruiscono dei servizi. Per un introduzione più dettagliata si rimanda a *Infrastructure Interdependency Failures from Extreme Weather Events as a Complex Process*¹⁰⁵.

In genere, una valutazione del rischio derivante dal cambiamento climatico dovrebbe considerare diversi scenari: (i) cosa potrebbe andare storto (ii) la probabilità che vada storto e (iii) le conseguenze se dovesse andare storto, al fine di fornire informazioni sulla gestione dei rischi modificando lo stato del sistema per ridurre la vulnerabilità, migliorare la resilienza e ridurre i potenziali impatti climatici, per una introduzione più dettagliata ci si può riferire a *Handling Interdependencies in Climate Change Risk Assessment*¹⁰⁶. Le valutazioni del rischio climatico in genere si concentrano su singoli settori. Tuttavia, la molteplicità delle variabili climatiche, la scala spaziale e temporale su cui si manifestano e i loro numerosi punti di interazione con i sistemi umani e fisici porta inevitabilmente a una gamma di interazioni complesse. Ad esempio, il cambiamento climatico può ridurre le precipitazioni e aumentare le temperature, fattori che influenzano la disponibilità e la qualità dell'acqua. L'estensione dell'analisi degli impatti riconosce ulteriormente le interazioni tra diversi settori: la ridotta disponibilità di acqua per il raffreddamento influenzerà la capacità delle centrali elettriche di generare

¹⁰⁴ *Cynefin: un framework per aiutare il processo decisionale negli ambienti complessi*, 2018, <https://projectmanagementeuropa.com/cynefin-un-framework-per-aiutare-il-processo-decisionale-negli-ambienti-complessi/>

¹⁰⁵ *Infrastructure Interdependency Failures from Extreme Weather Events as a Complex Process*, 2020, <https://www.frontiersin.org/journals/water/articles/10.3389/frwa.2020.00021/full>

¹⁰⁶ *Handling Interdependencies in Climate Change Risk Assessment*, 2015, <https://www.mdpi.com/2225-1154/3/4/1079>

elettricità. Pertanto, il cambiamento climatico ha il potenziale per creare nuove interdipendenze e per amplificare le interdipendenze esistenti.

Il cambiamento climatico quindi non solo modifica direttamente i rischi per i singoli settori, ma altera anche la natura e l'entità di questi rischi attraverso le interdipendenze che emergono dalle dinamiche di sistemi complessi su larga scala e altamente interconnessi. Una valutazione del rischio che non affronti tali interconnessioni e la possibile perdita o creazione di interconnessioni potrebbe portare a un calcolo errato dei rischi.

11. CONCLUSIONI

Questo Rapporto tratta il tema dei rischi fisici derivanti dai cambiamenti climatici. Il rischio fisico è legato alle proprietà della infrastruttura fisica del complesso di tecnologie che vanno a formare i moderni sistemi Cyber-Fisici. Nel Rapporto, valutiamo gli impatti, su un numero limitato di infrastrutture, derivanti da eventi “acuti”, che sono eventi una tantum come inondazioni o uragani, nonché da eventi “cronici”, che sono cambiamenti a lungo termine nei parametri climatici come la temperatura. Trattiamo l’impatto dei cambiamenti climatici, “acuti” e “cronici” in base alla esperienza degli autori, con riferimento ai sistemi fisici che compongono l’infrastruttura di riferimento. A tal fine è fondamentale la conoscenza della natura fisica dei componenti infrastrutturali che potrebbero essere distrutti o interrotti nel loro funzionamento da specifiche minacce derivanti dai cambiamenti climatici, con conseguente decadimento dei servizi che forniscono le infrastrutture, o un aumento del costo di tali servizi. Ad esempio, i sistemi energetici potrebbero diventare meno produttivi in condizioni di siccità derivante dall’incremento delle temperature. Una serie di rischi tra cui il calore, il vento e le inondazioni possono interrompere i servizi infrastrutturali. Questo a sua volta può avere un effetto a catena su altri settori che dipendono da queste infrastrutture.

Il Rapporto cerca di elencare qualitativamente gli effetti delle singole minacce climatiche sulle IC di riferimento, tralasciando gli effetti a catena degli impatti fisici diretti del cambiamento climatico data la complessità dei sistemi socioeconomici. Il tema degli effetti a catena è stato trattato soltanto in termini generici. Altro tema trattato in termini generici è quello dei parametri di progettazione delle IC. Con un clima che cambia, ciò che oggi costituisce un evento “acuto” o “cronico” potrebbe avere caratteristiche diverse nel tempo, e conseguentemente saranno necessari diversi parametri di progettazione e/o rivedere l’intera progettazione della IC.

Il Rapporto costituisce il primo tentativo di AIIC di affrontare il tema della Resilienza delle IC ai cambiamenti climatici. Come illustrato nel Cap. 1, la caratteristica distintiva della resilienza climatica è costituita dal fatto che l’infrastruttura deve essere pianificata, progettata, costruita e operata in modo da anticipare e adattarsi al cambiamento delle condizioni climatiche. La soluzione ideale richiede di resistere, rispondere e riprendersi rapidamente dalle interruzioni causate dalle condizioni climatiche, ma questo è un requisito difficile da raggiungere data l’incertezza del futuro climatico e socio – economico. Garantire la resilienza climatica è un processo continuo per tutta la vita della Infrastruttura.

AUTORI

(in ordine alfabetico)



Silvano Bari

Laureato in Scienze Statistiche e Demografiche e Master in Diritto dell'Informatica, già Responsabile Security and Privacy di Alitalia – Linee Aeree Italiane. Oggi è docente di “Valutazione del Rischio” presso l'Università “Campus Bio-medico di Roma” e vicepresidente di AIIC (Associazione Italiana Esperti in Infrastrutture Critiche). E' certificato CISM.



Glauco Bertocchi

Laurea in Fisica all'Università “Roma Sapienza”. Più di 40 anni di esperienza in IT e nella sicurezza acquisita all'interno di università e istituzioni nazionali. Attivo nella ricerca in ambito protezione e resilienza delle Infrastrutture critiche. Coordina un gruppo sviluppo e ricerca di ISACA Roma per l'applicazione di metodi quantitativi nell'analisi dei rischi di tipo cyber e non solo. Vicepresidente del capitolo ISACA Roma, componente del CD di AIIC.



Sandro Bologna

Laureato in Fisica presso l'Università “Roma Sapienza”. La principale attività di ricerca riguarda le Infrastrutture Critiche Resilienti ai Disastri di diversa natura, con particolare attenzione alla modellazione, simulazione e analisi di vulnerabilità e interdipendenze, nonché l'utilizzo di diverse tecnologie al fine di aumentarne la sicurezza. Recentemente ha iniziato a lavorare sul tema degli Indici di Sviluppo Sostenibile con riferimento agli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile dell'Agenda 2030.



Luigi Carrozzi

(CGEIT, CRISC, Auditor L.A. ISMS, ISMS Senior Manager, Privacy Officer) Laurea in Scienze Statistiche, ha oltre 35 anni di esperienza in ICT Governance, Risk Management e Compliance presso primarie organizzazioni private e pubbliche



Gianluca Cipriani

Laureato in Relazioni Internazionali all'Università degli Studi “Roma Tre” e Master in Protezione Strategica del Sistema Paese alla SIOI di Roma. Attualmente lavora come Senior Consultant presso Hermes Bay SrL su Enterprise Risk Management, Cyber Security e Cyber Governance.



Elenio Dursi

Project manager in ambito networking e sicurezza delle reti presso la holding capogruppo dove gestisce il SOC per le realtà a lei associate. Si occupa di progettazione, problem solving, manutenzione ed implementazione di tutto ciò che riguarda la parte dei sistemi informativi di una azienda.



Luisa Franchina

Cofondatore di AIIC, ne è attualmente Presidente. È stata Direttore Generale della Segreteria per le Infrastrutture Critiche (Presidenza del Consiglio dei Ministri 2010-2013). Ha pubblicato numerosi articoli e libri sulla sicurezza e sulla protezione delle infrastrutture critiche.



Andrea Agostino Fumagalli

Laureato in “Giurisprudenza” presso l’Università degli Studi di Milano con tesi in Informatica Giuridica Avanzata, ha maturato diverse esperienze lavorative nell’ambito legale e di compliance, occupandosi di sicurezza delle informazioni. Attualmente svolge attività di consulenza in materia di cybersecurity.



Leo Poggi

Laureato in Ingegneria, è professore a contratto di Valutazione del Rischio presso l’Università Campus Bio-medico di Roma. E’ stato Responsabile del Servizio di Prevenzione e Protezione del Policlinico Universitario Campus Bio-medico di Roma.



Alberto Stefanini

Laureato in Ingegneria Elettronica, esperienza professionale costituita in centri di ricerca e società del sistema elettrico italiano e presso il Centro Comune di Ricerca della Comunità Europea, occupandosi di cyber security e di classificazione delle scorie nucleari. Dal 2008 ha dato forma e lavorato a diversi progetti di collaborazione internazionali nell'ambito di vari schemi di finanziamento.



Alberto Trabalesi

In servizio presso l’Aeronautica Militare Italiana dal 1958 al 1995, ha lasciato il servizio attivo con il grado di Generale di Brigata Aerea. Sino al 2013 ha servito come esperto presso la Presidenza del Consiglio dei Ministri. Laureato in Matematica, Ingegneria elettronica e Scienze Aeronautiche. Attualmente è parte attiva in ricerche sulla protezione delle IC e sulle tematiche spaziali.

