



*Direzione Ambiente, Energia e Territorio
Settore Sviluppo sostenibile, biodiversità e aree naturali*

Linee Guida metodologiche e operative per la redazione dei PAESC in Regione Piemonte

(strategia di adattamento)

Luglio 2023

Documento redatto con il contributo tecnico scientifico di

AMBIENTEITALIA
we know green

Per contatti:

Elena Porro

Settore Sviluppo sostenibile, biodiversità e aree naturali della Regione Piemonte

elena.porro@regione.piemonte.it

SOMMARIO

1. INTRODUZIONE.....	4
2. ANALISI DI RISCHIO CLIMATICO.....	5
2.1 <i>Inquadramento territoriale.....</i>	<i>6</i>
2.2 <i>Inquadramento climatico.....</i>	<i>7</i>
2.3 <i>Individuare gli elementi di esposizione, pericolosità e vulnerabilità.....</i>	<i>11</i>
2.4 <i>Nota metodologica.....</i>	<i>24</i>
3. IDENTIFICARE LE OPZIONI DI ADATTAMENTO – SCHEDE AZIONE.....	26
4. IL PROCESSO DI PARTECIPAZIONE PER LA COSTRUZIONE DEL PIANO DI ADATTAMENTO: GLI STAKEHOLDER.....	30
5. BIBLIOGRAFIA.....	30

1. INTRODUZIONE

Obiettivo del documento è quello di fornire ai Comuni strumenti per la definizione di piani di adattamento e la realizzazione di efficaci misure di adattamento al cambiamento climatico. Il documento raccoglie informazioni quali/quantitative utili alla redazione di valutazioni di rischio e vulnerabilità alla base dei Piani d'Azione per l'Energia Sostenibile e il Clima (PAESC) lato adattamento. Il presente documento, infatti, intende fornire un quadro metodologico semplice e rigoroso come guida per costruire la sezione dedicata all'Adattamento del Piano di Azione del PAESC a partire dall'analisi di rischio climatico su un determinato territorio e come da questa analisi del rischio, derivare misure e azioni utili al suo contrasto.

Gli obiettivi di adattamento all'interno del Patto dei Sindaci per il Clima e l'Energia vengono aggiunti con il nuovo varo del 2015 con il quale ogni autorità locale firmataria si impegna a:

- > preparare, insieme all'inventario di base delle emissioni (IBE), una valutazione di rischio e di vulnerabilità (VRV) del proprio territorio al cambiamento climatico, analisi che rappresenta il punto di partenza per il Piano d'azione delle autorità locali e consente di identificare i settori coinvolti, le aree prioritarie di pericolo attuale e previsto, gli obiettivi di intervento raggiungibili, costituendo anche una base per identificare i costi di implementazione e altre implicazioni economiche (ritorno di investimenti, creazione di posti di lavoro, costi evitati) delle iniziative che dovrebbero essere intraprese;
- > presentare il Piano d'azione (PAESC o SECAP se si preferisce l'acronimo inglese), un documento politicamente approvato, che descriva la strategia a lungo termine e le misure ideate dall'autorità locale per raggiungere gli obiettivi integrati di mitigazione e adattamento. Tale Piano, oltre ad essere un documento tecnico, è anche uno strumento di comunicazione rivolto ai cittadini e alle parti interessate (stakeholder locali) in grado di mobilitare energie e risorse essenziali nell'attuazione delle azioni;
- > adattare le strutture amministrative comunali o della città, per garantire che tutti i dipartimenti competenti delle autorità locali siano coinvolti nel processo del PAESC;
- > presentare una relazione di attuazione dopo due anni dalla presentazione del PAESC, ai fini del monitoraggio dell'avanzamento del percorso indicato e della verifica dei progressi fatti (il limite è di quattro anni per il «rapporto completo», che includa un nuovo inventario delle emissioni oltre al «resoconto sulle azioni»).

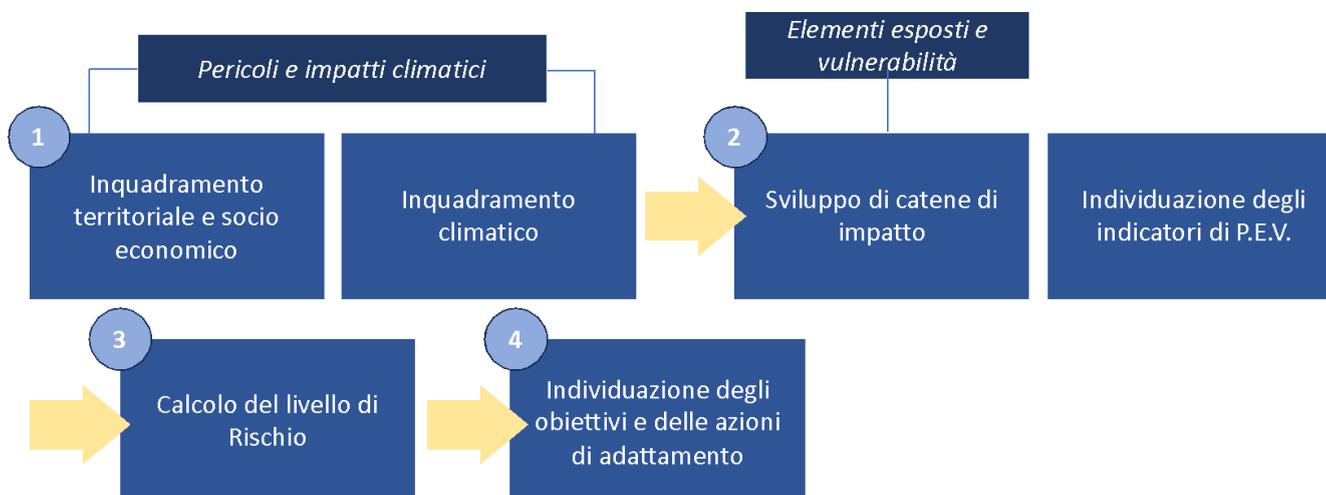
Nel presente documento vengono fornite alcune tabelle utili per supportare il processo di valutazione dei rischi che ciascuna amministrazione locale potrà svolgere sul proprio territorio, tenendo conto delle peculiarità di ciascun comune e aiutando ad individuare misure strategiche per la redazione del proprio PAESC.

Alcuni aspetti metodologici presenti in questo documento vengono riportati a partire dal Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (PNACC) in corso di approvazione e attualmente sotto procedura di Valutazione Ambientale Strategica.

In termini generali, si consiglia di elaborare i PAESC, e nello specifico i Piani di Adattamento ai cambiamenti climatici, in chiave sovracomunale per territori con caratteristiche omogenee. Tale approccio permette di aggregare alcuni aspetti dell'indagine relativa alla valutazione del rischio su un territorio più vasto, che ha probabilmente gli stessi elementi di pericolo, esposizione e vulnerabilità. L'aggregazione su base territoriale diventa anche occasione di collaborazione e confronto per affrontare i medesimi rischi climatici e individuare le strategie di adattamento più efficaci a scala sovracomunale.

Nella seguente figura, vengono illustrati i passaggi logici per la redazione di un PAESC, sezione adattamento, che include lo sviluppo di una valutazione di rischio e vulnerabilità.

Tali passaggi verranno approfonditi in seguito all'interno del presente documento.



2. ANALISI DI RISCHIO CLIMATICO

Un Piano d'azione di adattamento, per minimizzare in modo efficace gli impatti climatici ed ottimizzarne le opportunità, deve:

- prevedere una conoscenza approfondita delle caratteristiche climatiche, territoriali e socioeconomiche del contesto (vedi paragrafo 2.1 – Inquadramento territoriale);
- poter localizzare le aree maggiormente soggette agli impatti negativi derivanti dai cambiamenti climatici.

L'analisi del rischio è uno studio fondamentale per qualsiasi iter di adattamento ai cambiamenti climatici e soprattutto per un Piano d'Azione per l'Energia Sostenibile e il Clima, un documento strategico attraverso il quale i Comuni si impegnano a contribuire all'obiettivo generale della strategia di adattamento dell'Unione Europea elaborando una serie di obiettivi e azioni e/o integrando tali obiettivi nei pertinenti piani di cui dispongono. Una valutazione del rischio analizza i potenziali pericoli e valuta la vulnerabilità che potrebbe rappresentare una potenziale minaccia o un danno per le persone, i beni, i mezzi di sussistenza e l'ambiente da cui dipendono. Il concetto di rischio adottato dai Report dell'IPCC (Gruppo Intergovernativo di esperti sul cambiamento climatico), si basa su tre elementi fondamentali che interagiscono tra loro: la pericolosità, l'esposizione e la vulnerabilità secondo la seguente formula:

$$R_t = P \times E \times V$$

Il **pericolo (P)** viene definito come il potenziale verificarsi di un evento fisico naturale o di origine antropica o di un trend o di un impatto fisico che potrebbe causare perdita di vite umane, feriti, o altri impatti sulla salute, così come danni o perdite di proprietà, infrastrutture, mezzi di sussistenza, fornitura di servizi, ecosistemi, e risorse ambientali.

L'**esposizione (E)** si riferisce invece alla presenza di persone, mezzi di sussistenza, specie ed ecosistemi, funzioni ambientali, servizi, e risorse, infrastrutture, o beni economici, sociali, culturali in luoghi e contesti che potrebbero essere negativamente colpiti.

Infine, la **vulnerabilità (V)** viene definita come “la propensione o la predisposizione ad essere negativamente colpiti. La Vulnerabilità comprende una varietà di concetti ed elementi inclusa la sensibilità o la suscettibilità al danno e la mancanza di capacità di far fronte ed adattarsi”.

La *sensibilità* è il grado in cui un sistema o una specie è affetto, sia negativamente che positivamente, dalla variabilità o dai cambiamenti climatici.

La *capacità* nel contesto del rischio climatico corrisponde all’abilità delle società e delle comunità di prepararsi e rispondere agli impatti climatici attuali e futuri. Essa comprende:

- > la *capacità di fronteggiare*: l’abilità delle persone, delle istituzioni, delle organizzazioni e dei sistemi di indirizzare, gestire e superare condizioni avverse nel breve-medio periodo, utilizzando competenze, valori, credenze, risorse e opportunità disponibili (i.e. sistema di allerta precoce);
- > la *capacità di adattamento*: l’abilità dei sistemi, delle istituzioni, degli esseri umani e di altri organismi di adeguarsi al potenziale danno, trarre vantaggio dalle opportunità, o di rispondere alle conseguenze (i.e. conoscenza per introdurre nuovi metodi agricoli). Questa seconda tipologia di capacità è stata già definita ed utilizzata nell’ambito del framework IPCC del 2007 ed è quindi quella più ampiamente utilizzata fino ad oggi.

2.1 Inquadramento territoriale

Per poter avviare un’analisi del rischio è necessario condurre innanzitutto un’**indagine specifica del contesto territoriale** sia dal punto di vista ambientale che socioeconomico e climatico. Tale inquadramento permette di mettere in evidenza le criticità e gli aspetti di resilienza dell’area indagata in relazione alle minacce climatiche aiutando la definizione dei fattori di pericolo e vulnerabilità utili per le fasi successive.

Questo inquadramento deve consentire di individuare:

- quali caratteristiche morfologiche del territorio condizionano le sue risposte ai segnali climatici,
- quali sono i tratti distintivi che caratterizzano il territorio,
- quali sono le tipologie di rischi naturali (es. dissesto idrogeologico) e dove sono localizzati,
- come si caratterizza la copertura del suolo nelle diverse classi d’uso del suolo.

Potrà essere utile **caratterizzare** anche **il contesto socioeconomico e ambientale**, analizzando i dati relativi alla popolazione (mappe di concentrazione e trend), al sistema residenziale e al patrimonio edilizio, al sistema dei servizi alla persona (ospedali) e agli edifici scolastici, alle tipologie di imprese attive per attività economica, ecc. Queste informazioni, all’interno dell’inquadramento, si integrano con altre, utili alla definizione del piano di azione:

- quali strati informativi sono disponibili in merito alla caratterizzazione socioeconomico e ambientale per il livello locale?
- quali sono gli elementi che definiscono il territorio dal punto di vista ambientale?
- quali sono le “vocazioni” del territorio?
- quali indicatori è possibile definire per questa caratterizzazione?

RISORSE CONSULTABILI

- Confronto con esperti locali su temi di interesse per il Piano di Adattamento
- Fonti documentali di rilevanza locale o regionale
- Banca dati regionale – Geoportale Regione Piemonte, Geoportale Arpa Piemonte
- Banca dati nazionale – ISTAT, ISPRA, Ministero dell’Economia ed altre

Nel caratterizzare l’assetto socioeconomico e ambientale, oltre alla presenza/assenza di determinati elementi esposti, è opportuno che siano già definite in questa fase, per quanto possibile, quelle grandezze utili a valutare anche le vulnerabilità ai potenziali impatti. Definire la distribuzione per classi d’età di una popolazione consente di valutare, ad esempio, il suo grado di sensibilità alle ondate di calore. Una analisi di contesto sviluppata in tal modo può costituire un buon punto di partenza per la strutturazione di un set di indicatori socioeconomici di vulnerabilità.

La maggior parte dei dati necessari per tali analisi sono in genere già disponibili in atti di pianificazione a scala regionale o locale, oltre che derivabili dai sistemi statistici nazionali e locali.

2.2 Inquadramento climatico

La caratterizzazione climatica permette di descrivere i principali parametri climatici locali e la loro possibile evoluzione grazie all’utilizzo di scenari climatici futuri. In sinergia con l’inquadramento territoriale, l’analisi del clima e in particolare l’osservazione delle variazioni climatiche del passato recente e in corso e la stima di quelle future costituiscono il presupposto indispensabile alla valutazione degli impatti sul territorio e agli step successivi dell’analisi (che associa l’entità delle manifestazioni dei cambiamenti climatici al grado di esposizione e di vulnerabilità del territorio stesso).

Questo inquadramento permette di individuare, sulla base delle informazioni e dei dati disponibili:

- > quali sono i principali segnali climatici che influenzano il territorio, quali tendenze sono state osservate nell’ultimo decennio,
- > quali sono le tendenze e le variazioni future di tali segnali climatici nel tempo,
- > quali indicatori climatici sono utili per caratterizzare il clima locale,
- > quali sono gli impatti climatici rilevati sul territorio anche dal punto di vista socioeconomico (es. perdita di rese agricole, diffusione agenti patogeni, ecc).

Di seguito si riporta l’elenco di alcuni indicatori riportanti nel PNACC 2023, che possono essere utilizzati per caratterizzare il clima del territorio. Altri indicatori possono essere consultati sul sito dell’Expert Team on Climate Change Detection and Indices (ETCCDI)¹ della World Meteorological Organization (WMO) delle Nazioni Unite (UN), o sul [Portale sul Clima in Piemonte](#). Attraverso questi indicatori sarà possibile effettuare una prima analisi climatica speditiva per la caratterizzazione del profilo climatico locale del comune.

Tabella 1 - Elenco di indicatori estratti dal PNACC 2023. l’elenco riporta tutti gli indicatori utili ad una caratterizzazione del clima per la Regione Piemonte. Da questo elenco andranno selezionati gli indicatori utili e adatti a ciascuna realtà comunale o Unione di Comuni.

¹ http://etccdi.pacificclimate.org/list_27_indices.shtml

Acronimo, definizione indicatore climatico	Variabili fondamentali	Unità di misura dell'indicatore	Unità di misura variazione climatica (scenario)	Pericolo climatico/Proxy	Settore
Temperatura Media (TG): Media della temperatura media giornaliera.	T	°C	+ - °C	Aumento delle temperature	
WD: <i>Giorni caldi - secchi</i> - Numero di giorni con temperatura media giornaliera maggiore del 75° percentile della temperatura media giornaliera e con precipitazione giornaliera minore del 25° percentile della precipitazione giornaliera.	T - Prec	giorni	+ - giorni	Esempi di impatti attesi dei quali l'indicatore può rappresentare un proxy	Salute, agricoltura
WW: <i>Giorni caldi - piovosi</i> - Numero di giorni con temperatura media giornaliera maggiore del 75° percentile della temperatura media giornaliera e con precipitazione giornaliera maggiore del 75° percentile della precipitazione giornaliera.	T - Prec	giorni	+ - giorni		
HDDs: <i>Gradi giorni di riscaldamento</i> - Somma di 18°C meno la temperatura media giornaliera se la temperatura media giornaliera è minore di 15°C.	T	GG	GG o %	Impatti sulla domanda di energia per riscaldamento e raffreddamento	Energia
CDDs: <i>Gradi giorni di raffreddamento</i> - somma della temperatura media giornaliera meno 21°C se la temperatura media giornaliera è maggiore di 24°C.	T	GG	GG o %		
PRCPTOT: Precipitazione cumulata nei giorni piovosi (mm) - Cumulata (somma) della precipitazione per i giorni con precipitazione maggiore/uguale a 1 mm.	Prec	mm	%	Dissesto geo-idrologico	NOTA: si è ritenuto opportuno non assegnare al dissesto geo-idrologico un settore
R20: <i>Giorni di precipitazioni intense</i> - Numero di giorni con precipitazione superiore a 20 mm.	Prec	giorni	+ - giorni		
RX1DAY: Valore massimo della precipitazione giornaliera	Prec	mm	%		
SDII: Indice di intensità di precipitazione giornaliera - Precipitazione media giornaliera nei giorni di precipitazione maggiore o uguale a 1mm.	Prec	mm	%		
PR99prctile: 99° percentile della precipitazione giornaliera per i giorni con precipitazione maggiore/uguale a 1 mm.	Prec	mm	%		
CDD: <i>Giorni consecutivi secchi</i> - Numero massimo di giorni consecutivi con precipitazione giornaliera minore a 1 mm.	Prec	giorni	+ - giorni	Siccità	Produzioni agricole, Risorse idriche ed

Acronimo, definizione indicatore climatico	Variabili fondamentali	Unità di misura dell'indicatore	Unità di misura variazione climatica (scenario)	Pericolo climatico/Proxy	Settore
SPI3: Indice standardizzato di precipitazione per periodi di 3 mesi - Percentuale dell'occorrenza delle classi (severamente asciutto, estremamente asciutto) nell'indice SPI3 calcolato per un periodo di accumulo corto (3 mesi).	Prec	-	%	Siccità Tale indice fornisce indicazioni sugli impatti immediati, quali quelli relativi alla riduzione di umidità del suolo, del manto nevoso e della portata nei piccoli torrenti.	Ecosistemi terrestri
SPI6: Indice standardizzato di precipitazione per periodi di 6 mesi - Percentuale dell'occorrenza delle classi (severamente asciutto, estremamente asciutto) nell'indice SPI6 calcolato per un periodo di accumulo medio (6 mesi).	Prec	-	%	Siccità Tale indice fornisce indicazioni sulla riduzione delle portate fluviali e delle capacità negli invasi.	
SPI24: Indice standardizzato di precipitazione per periodi di 24 mesi - Percentuale dell'occorrenza delle classi (severamente asciutto, estremamente asciutto) nell'indice SPI24 calcolato per un periodo di accumulo lungo (24 mesi).	Prec	-	%	Siccità Tale indice fornisce indicazioni sulla ridotta ricarica degli invasi e sulla disponibilità di acqua nelle falde.	
SPI12: Indice standardizzato di precipitazione per periodi di 12 mesi - Percentuale dell'occorrenza delle classi (severamente asciutto, estremamente asciutto) nell'indice SPI12 calcolato per un periodo di accumulo medio (12 mesi).	Prec	-	%	Siccità Tale indice fornisce indicazioni sulla riduzione delle portate fluviali e delle capacità negli invasi.	
PET: Evapotraspirazione Potenziale (con metodo Thornwaite)	Tmin, Tmax, Tmean	mm	%	Siccità e desertificazione. Fornisce, nell'ambito della stima della risorsa idrica disponibile o potenziale, una valutazione della massima quantità di acqua che passerebbe in atmosfera, attraverso i processi di evaporazione e traspirazione, qualora la quantità di acqua nel terreno non costituisca un fattore limitante. *	
CSDI: <i>Indice di durata dei periodi di freddo</i> - Numero totale di giorni in cui la temperatura minima giornaliera è inferiore al 10° percentile* della temperatura minima giornaliera per almeno 6 giorni consecutivi.	T	giorni	+ - giorni	Ondate di freddo	Salute, Energia
FD: Giorni con gelo - Numero di giorni con temperatura minima giornaliera inferiore a 0°C.	T	giorni	+ - giorni		

Acronimo, definizione indicatore climatico	Variabili fondamentali	Unità di misura dell'indicatore	Unità di misura variazione climatica (scenario)	Pericolo climatico/Proxy	Settore
WSDI: <i>Indice di durata dei periodi di caldo</i> - Numero totale di giorni in cui la temperatura massima giornaliera è superiore al 90° percentile* della temperatura massima giornaliera per almeno 6 giorni consecutivi.	T	giorni	+ - giorni	Ondate di caldo	Salute, Energia
FWI: <i>Indice di pericolo incendio</i> (basato su velocità massima del vento, umidità relativa, precipitazione cumulata, temperatura). Tale indice prevede il calcolo di 5 sottoindici: tre sottoindici primari (FFMC, DMC, DC) che rappresentano l'umidità del combustibile; due sottoindici intermedi (ISI, BUI) che rappresentano il tasso di dispersione ed il consumo del combustibile disponibile.	T - Prec - UR - V		%	Incendi	Foreste, Ecosistemi terrestri, Insediamenti
SCD: <i>Durata del manto nevoso</i> - Numero di giorni nella stagione nivale (dal primo novembre di un dato anno al 31 marzo dell'anno successivo) con quantità di neve superficiale giornaliera superiore a 300 mm.	Hn	giorni	+ - giorni	Diminuzione/assenza di precipitazione nevosa	Turismo invernale
Humidex5 (giorni): <i>Indice di disagio termico</i> - Misura del calore percepito che risulta dall'effetto combinato dell'umidità e della temperatura - Categoria 5: numero di giorni per anno nel quale l'indice humidex è maggiore di 45°C.	T - UR	giorni	+ - giorni	Disagio termico	Salute
SU95p: <i>Giorni estivi</i> - Numeri di giorni con temperatura massima giornaliera maggiore di 29.2°C. Tale indicatore è stato definito per il territorio italiano (PNACC 2018).	T	giorni	+ - giorni	Disagio termico	
TR (giorni): <i>Notti tropicali</i> - Numero di giorni con temperatura minima giornaliera superiore a 20°C.	T	giorni	+ - giorni	Disagio termico	

* L'evapotraspirazione potenziale è utilizzata per il calcolo di indici climatici come, ad esempio, l'“indice di aridità” (UNEP, United Nations Environment Programme) adottato come indice ufficiale nell'ambito della Convenzione delle Nazioni Unite per la lotta alla siccità e alla desertificazione, che sintetizza qualitativamente le caratteristiche climatiche del territorio. L'indice di aridità è definito come il rapporto tra la precipitazione annua e l'evapotraspirazione potenziale: $Ia = P / Etp$. L'evapotraspirazione potenziale è alla base dei modelli per la stima dell'evapotraspirazione reale.

RISORSE CONSULTABILI

	Tipologia di dato	Fonte dato
Scenari	Proiezioni climatiche regionali	Arpa Piemonte – il Portale sul Clima in Piemonte

<i>climatici</i>		“Analisi degli scenari di clima regionale 2011-2100”
	Proiezioni climatiche nazionali	Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici
<i>Serie storiche</i>	Tendenze serie climatiche regionali	Arpa Piemonte Il portale sul Clima in Piemonte “Analisi del Clima regionale del periodo 1981-2010”
	Serie storiche locali dalle stazioni meteo disponibili con una lunghezza della serie idonea e continua	Arpa Piemonte
	Indici di estremi di temperatura e precipitazione	Il portale sul Clima in Piemonte Gli indicatori del Clima ISPRA

Il risultato di questa primaria analisi territoriale e climatica permette, sulla base della letteratura tecnica e scientifica disponibile, di elencare gli impatti climatici registrati e previsti e i settori interessati da tali impatti.

2.3 Individuare gli elementi di esposizione, pericolosità e vulnerabilità

Per avviare una valutazione del rischio è bene considerare che i sistemi naturali e sociali sono influenzati da più di un rischio climatico. Pertanto, è necessario definire quale tipo di pericolo si sta analizzando, quali soggetti o elementi del territorio sono esposti a quel pericolo e quali sono le relative vulnerabilità. Per condurre delle valutazioni adeguate è possibile aiutarsi utilizzando delle catene di impatto. La catena di impatto è uno strumento analitico che permette di analizzare tutti i fattori che determinano un rischio. La struttura della catena d'impatto sviluppata secondo l'approccio IPCC AR5 si basa sulla comprensione del rischio e delle sue componenti (Figura 1).

Le catene di impatto aiutano a comprendere meglio, sistematizzare e dare la priorità ai fattori che determinano i rischi legati all'impatto climatico in un sistema specifico di interesse. Le catene di impatto possono favorire la discussione sulla domanda di adattamento già in una fase precoce e qualitativa di una valutazione del rischio. L'utilizzo di questi strumenti richiede una ampia conoscenza di numerose dinamiche ambientali, climatiche e socioeconomiche, per questo molte linee guida suggeriscono, per condurre questa parte di analisi, di adottare un approccio partecipativo organizzando workshop o tavoli di lavoro che coinvolgono esperti chiave con i quali confrontarsi. È importante, in generale, includere gli attori rilevanti sin dall'inizio del processo (vedi cap. 4 del presente documento). Questo garantisce trasparenza e la definizione di azioni condivise e quindi supportate dal territorio.

Per approfondire le diverse fasi per l'applicazione di una catena di impatto si vedano le Linee Guida per progettisti e professionisti di GIZ/EURAC 2018 - Climate Risk Assessment for Ecosystem-based Adaptation.

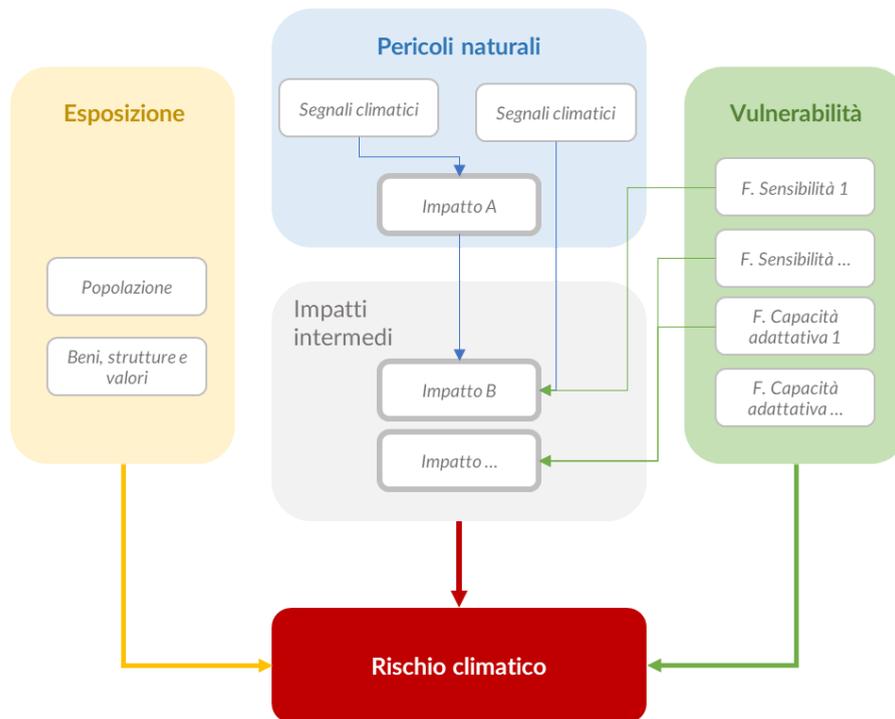


Figura 1 - Schema generale di catena di impatto [fonte: rielaborazione da GIZ/EURAC, 2014]

Di seguito, si propone la struttura concettuale di una catena di impatto e un esempio applicativo per il pericolo associato alle alluvioni in aree urbane, entrambe contenute nel documento “Metodologie per la definizione di strategie e piani locali di adattamento ai cambiamenti climatici” di CReIAMO PA.

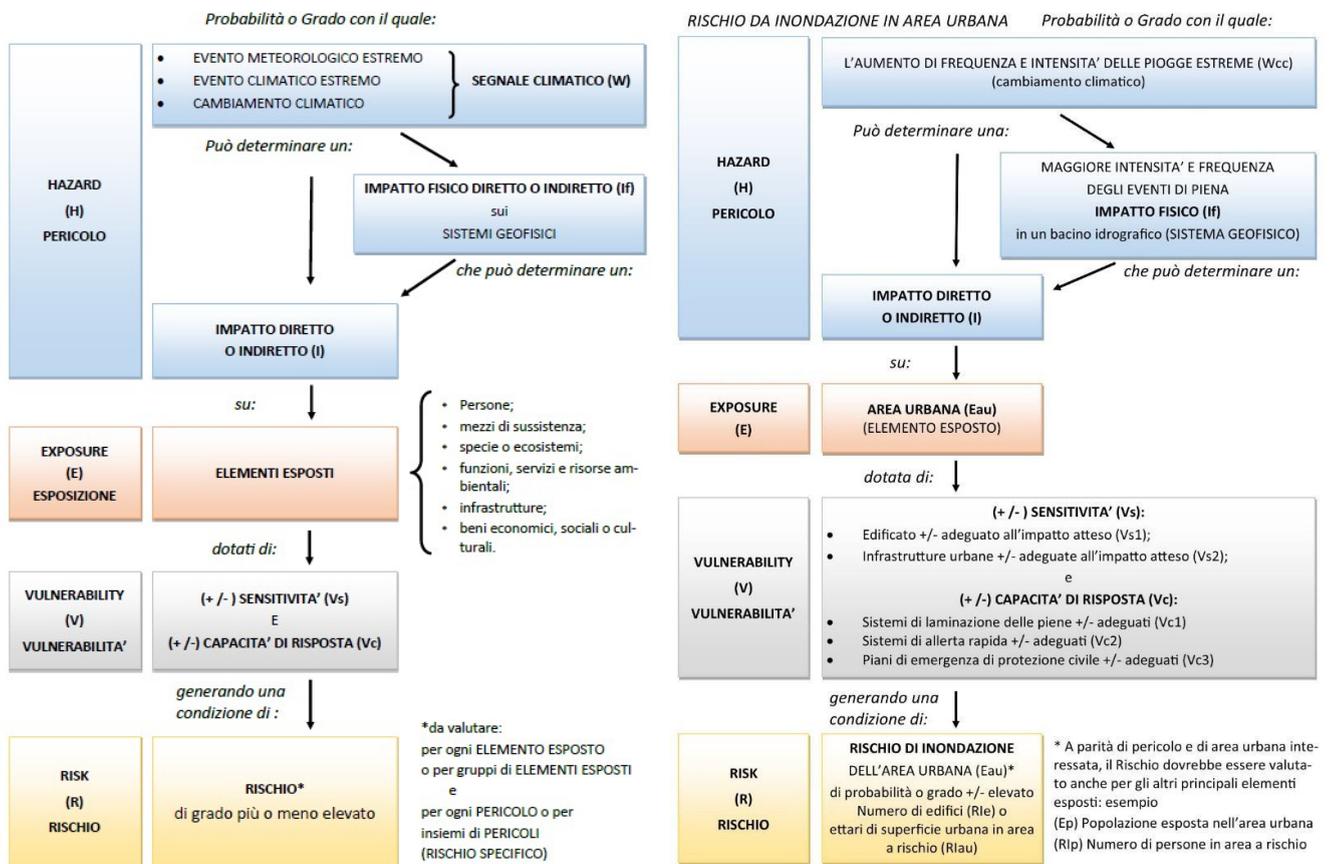


Figura SEQ Figura 1* ARABIC2 Struttura concettuale di una catena di impatto basata sulla definizione IPCC 2014/2019 ed esempio applicato in area urbana relativamente al pericolo alluvione (Fonte: CReIAMO PA).

2.3.1 LA PERICOLOSITA'

Il fattore pericolosità si definisce sulla base degli impatti individuati nella fase precedente dell'analisi e dipende da dati e informazioni disponibili a scala locale rispetto al clima del territorio in oggetto. In alternativa, le informazioni a macroscale (anche a livello regionale) possono essere calibrate attraverso esempi osservati di impatti legati al clima all'interno del territorio. Il pericolo (P) viene definito come il potenziale verificarsi di un evento fisico naturale o di origine antropica o di una tendenza o di un impatto fisico che potrebbe causare perdita di vite umane, feriti, o altri impatti sulla salute, così come danni o perdite di proprietà, infrastrutture, mezzi di sussistenza, fornitura di servizi, ecosistemi, e risorse ambientali. Eventi fisici associati al clima o a trend o ai loro impatti fisici.

Le classificazioni esistenti per la pericolosità possono essere diverse tra loro e occasionalmente generare confusione. Per questo, riportiamo di seguito le principali, per proporre poi un sunto ragionato e facile da utilizzare anche per una analisi speditiva della pericolosità. Nelle prossime tabelle e nei prossimi paragrafi verranno riportate informazioni sulle classificazioni della pericolosità da fonti di letteratura europea (Regolamento delegato 2021/2139 e progetto europeo LIFE MASTER ADAPT) e nazionale (ISPRA e SNAC).

Tabella 2 – Nella tabella sottostante sono riportati tutti i pericoli riconosciuti dalla classificazione europea presenti nel territorio regionale o con tendenze osservate statisticamente significative e che pertanto andranno considerati per i Comuni della Regione. Fonte: APPENDICE A – Classificazione dei pericoli legati al clima² (modificato dall'autore).

	Temperature	Venti	Acque	Massa solida
Cronici	Cambiamento della temperatura (aria, acque dolci)		Cambiamento del regime e del tipo di precipitazioni (pioggia, grandine, neve/ghiaccio)	
	Stress termico		Variabilità idrologica o delle Precipitazioni	Degradazione del suolo
	Variabilità della temperatura			Erosione del suolo
	Scongelamento del permafrost			Soliflusso
Acuti	Ondata di calore		Siccità	Valanga
	Ondata di freddo/gelata	Tempesta (comprese quelle di neve,)	Forti precipitazioni (pioggia, grandine, neve/ghiaccio)	Frana
	Incendio di incolto	Tromba d'aria	Inondazione (fluviale, pluviale, di falda)	
			Collasso di laghi glaciali	

Il **Rapporto sugli indicatori di impatto dei cambiamenti climatici** prodotto dal Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente ([Edizione 2021, Report SNPA 21/2021](#)) mette a sistema e definisce una serie di indicatori di impatto climatico a livello nazionale e regionale considerando tutti i settori naturali (ecosistemi, biodiversità, suolo, e

²

https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:d84ec73c-c773-11eb-a925-01aa75ed71a1.0013.02/DOC_3&format=PDF

territorio, foreste, risorse idriche), di rilevanza sociale (salute) ed economica (energia, agricoltura, pesca etc.). Si consiglia in questa fase, dunque, di consultare questa fonte per considerare gli impatti presenti sul territorio soggetto all'analisi di rischio e i relativi indicatori. L'uso di indicatori quantitativi per descrivere gli impatti può aiutare ad una migliore comprensione del fenomeno e alla quantificazione del rischio associato.

Gli impatti potenziali per un territorio non saranno solo effetti fisici, ma anche economici e sociali. La Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (SNAC) elenca i principali impatti potenziali attesi in Italia:

- possibile peggioramento delle condizioni già esistenti di forte pressione sulle risorse idriche;
- possibili alterazioni del regime idro-geologico;
- possibile degrado del suolo e rischio più elevato di erosione e desertificazione del terreno;
- maggior rischio di incendi boschivi e siccità per le foreste italiane;
- maggior rischio di perdita di biodiversità e di ecosistemi naturali;
- potenziale riduzione della produttività agricola;
- possibili ripercussioni sulla salute umana, specialmente per i gruppi più vulnerabili della popolazione;
- potenziali danni per l'economia.

Come suggerito nelle Linee Guida di [MASTER ADAPT](#), rispetto ai pericoli selezionati, è possibile porsi le seguenti domande:

- Sono identificabili impatti derivanti da fenomeni climatici in relazione al territorio oggetto di studio nei decenni precedenti?
- Quali tipi di risorse o opportunità sono state influenzate come risultato di quegli impatti?
- Quali settori socioeconomici sono stati influenzati come risultato di quegli impatti?

PROPOSTA DI INDICATORI DI PERICOLOSITÀ PER I COMUNI PIEMONTESI

Per la finalità delle presenti linee guida, di seguito si riporta una tabella che propone alcuni degli impatti che derivano dalle riflessioni riportate nei paragrafi precedenti e le indicazioni relative alle fonti di reperibilità dei dati. Le fonti di riferimento possono essere le istituzioni territoriali, l'Agenzia regionale per la protezione dell'ambiente, le Università e i centri di ricerca, ecc; più la letteratura e le informazioni saranno riferibili alla scala territoriale di interesse, più accurata sarà la base di partenza su cui costruire le successive analisi. E' evidente che molti di questi indicatori potrebbero non essere di facile reperibilità, tuttavia, si ritiene utile riportarne una panoramica il più ampia possibile per lasciare alle capacità dei Comuni, di verificarne la disponibilità e di eventualmente valutarne l'acquisizione.

Tabella 3 - Elenco di indicatori di pericolosità utili alla caratterizzazione di questo fattore di rischio per i Comuni piemontesi.

Impatto	Possibile Indicatore di Pericolosità	Fonte dati
Ondata di calore	<ul style="list-style-type: none"> - Land Surface Temperature (LST) - Aree densamente urbanizzate - Superfici impermeabilizzate - Distribuzione del fenomeno di isola di calore 	<ul style="list-style-type: none"> - Copernicus - Corine Land cover - Dati ISPRA - Carta nazionale del consumo di suolo - WebGIS Arpa Piemonte

Impatto	Possibile Indicatore di Pericolosità	Fonte dati
Eccessi di mortalità	<ul style="list-style-type: none"> - Numero di decessi o ricoveri ospedalieri durante le ondate di calore osservate o riconducibili a eventi di temperatura estrema 	<ul style="list-style-type: none"> - Dati ASL
Incendi boschivi	<ul style="list-style-type: none"> - Incendi boschivi occorsi sul territorio, analisi storica se disponibile - Previsioni di pericolo Incendi boschivi 	<ul style="list-style-type: none"> - Servizi Online Regione Piemonte
Riduzione della quantità di risorsa idrica	<ul style="list-style-type: none"> - Variazione di portata dei corpi idrici (stazioni idrometriche della rete di monitoraggio) - Indice di anomalia delle portate (SRI) - Indice idrologico IARI 	<ul style="list-style-type: none"> - Geoportale Regione Piemonte - Monitoraggio della qualità delle acque in Piemonte (WebGis Arpa Piemonte)
Riduzione della qualità della risorsa idrica	<ul style="list-style-type: none"> - Indicatori ecologici e chimici sulle acque superficiali (es. Indice di Qualità morfologica (IQM)) - Indice LiMeco: integra alcuni elementi chimico-fisici considerati a sostegno delle comunità biologiche: ossigeno espresso come % di saturazione (scostamento rispetto al 100%), azoto ammoniacale, azoto nitrico e fosforo totale. 	<ul style="list-style-type: none"> - Monitoraggio della qualità delle acque in Piemonte (WebGis Arpa Piemonte)
Deperimento verde urbano	<ul style="list-style-type: none"> - Numero di schianti o deperimenti in ambito urbano in occasione di venti forti/tempeste o periodi siccitosi 	<ul style="list-style-type: none"> - Censimento del verde urbano
Variazione della richiesta energetica e Incremento della punta di domanda energetica estiva con rischio Blackout.	<ul style="list-style-type: none"> - Aumento dei CDD (Cooling Degree Days) - Consumi elettrici mensili estivi (maggio-settembre) per m² in edifici pubblici - Numero di blackout mesi estivi 	<ul style="list-style-type: none"> - Arpa Piemonte

Impatto	Possibile Indicatore di Pericolosità	Fonte dati
	(maggio-settembre) – Consumi elettrici totali mesi estivi (maggio-settembre) per abitazione – Consumi elettrici totali mesi estivi (maggio-settembre) per m ² commerciale	
Dissesto idrogeologico	– Aree a diversa pericolosità da alluvione – Aree a diversa pericolosità da frana	– IdroGEO, ISPRA – Geoportale Regione Piemonte – Piano di Gestione del Rischio Alluvioni – Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) – Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino del Po – Studi geologici a supporto degli strumenti urbanistici
Danni alle persone a causa di un evento meteo estremo	quantificazione del numero di morti o dispersi a causa di eventi estremi – analisi storica	– dati statistici comunali, Protezione Civile, comunicazione degli Uffici Tecnici comunali
Danni e disagi alla circolazione	quantificazioni dei danni provocati da eventi estremi – analisi storica	– dati statistici comunali, Protezione Civile, comunicazione degli Uffici Tecnici comunali
Danni strutturali diretti	quantificazioni dei danni provocati da eventi estremi – analisi storica	– dati statistici comunali, Protezione Civile, comunicazione degli Uffici Tecnici comunali

2.3.2 ESPOSIZIONE

L'esposizione (E) si riferisce alla presenza di persone, mezzi di sussistenza, specie ed ecosistemi, funzioni ambientali, servizi, risorse, infrastrutture, o beni economici, sociali, culturali in luoghi e contesti che potrebbero essere negativamente colpiti.

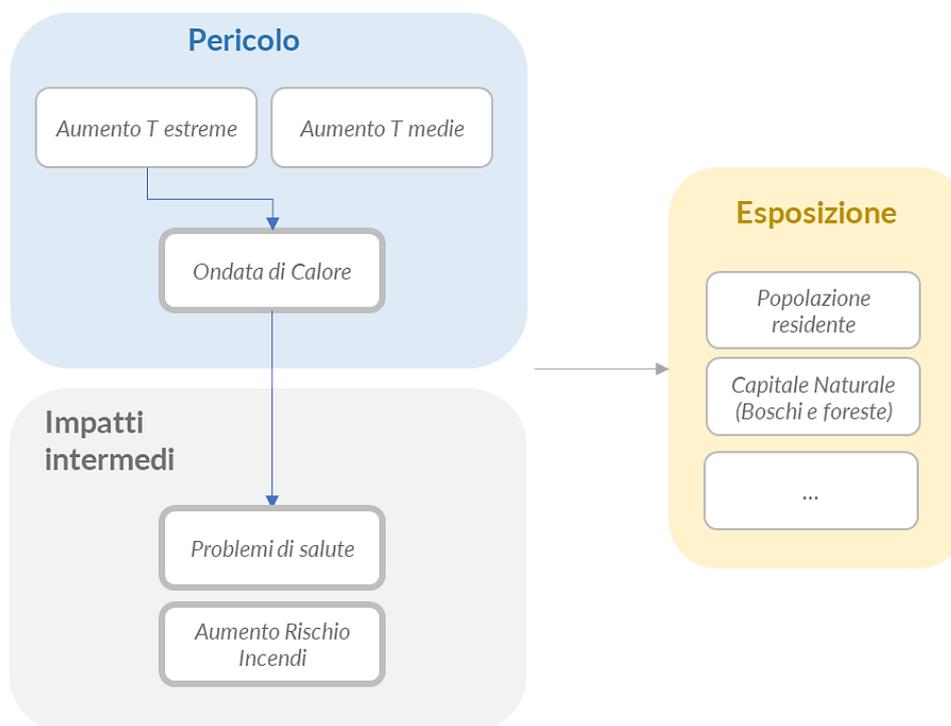
L'individuazione degli elementi esposti avviene considerando ciascun pericolo presente sul territorio. **Per ogni fattore di pericolosità, quali sono i soggetti/beni che ne subiscono l'impatto?** Tali elementi rappresentano l'oggetto che può subire l'impatto e il danno prodotto dal fattore di pericolo. Più dettagliata è la caratterizzazione degli elementi esposti, migliore sarà la valutazione del rischio associato. Per ciascun elemento esposto si procede individuando gli indicatori di esposizione e quindi la raccolta di dati e informazioni funzionali al popolamento degli stessi. L'inquadramento del contesto socioeconomico e ambientale suggerito all'inizio di ogni analisi può restituire in parte gli elementi esposti presenti sul territorio a partire dai quali stimare l'indice totale di esposizione.

Per procedere con l'analisi, è opportuno tener conto delle seguenti categorie di elementi esposti in relazione al contesto socioeconomico e ambientale analizzato:

- Popolazione residente;
- Strutture e Infrastrutture;
- Beni paesaggistici e culturali;
- Capitale Naturale (verde pubblico, aree naturali, acque superficiali e sotterranee);
- Beni materiali pubblici o privati

Inoltre, si consiglia di tenere conto dei settori proposti nel PNACC, presenti nell'ambito regionale:

- Criosfera e montagna
- Risorse idriche
- Desertificazione e degrado del territorio
- Dissesto geologico, idrologico e idraulico
- Biodiversità, ecosistemi e servizi ecosistemici terrestri, acque interne e di transizione
- Salute
- Foreste
- Agricoltura e produzione alimentare
- Acquacoltura
- Energia
- Turismo
- Insediamenti urbani
- Patrimonio culturale
- Trasporti e infrastrutture
- Industrie e infrastrutture pericolose



RISORSE CONSULTABILI

- Fonti documentali di rilevanza locale comunale
- Banca dati regionale
 - Sito web della Regione Piemonte (L'Amministrazione /Finanza, Programmazione e Statistica /Statistica): Popolazione e Aree geografiche e amministrative del Piemonte.
 - Servizi Online di Regione Piemonte - dati disponibili su PISTA-BDDE
 - Il portale [Dati Piemonte](#) raccoglie e pubblica dati da diverse fonti come la piattaforma **YUCCA Smart Data Platform**, Geoportale Piemonte e Geoportale Arpa Piemonte.
- Banca dati nazionale – ISTAT, ISPRA, Ministero dell'Economia ed altre

Sulla base delle risorse di dati e informazioni, è possibile popolare una tabella di elementi esposti al rischio che consenta di semplificare la raccolta e analisi dello stato del territorio comunale.

Tabella 4 - Elenco di indicatori di esposizione utili alla caratterizzazione di questo fattore per i Comuni piemontesi. Da questo elenco andranno selezionati gli indicatori utili e disponibili per ciascuna realtà comunale o Unione di Comuni.

Fattore esposto	Unità di misura	Fonte dati
Popolazione residente totale	n° - %	- ISTAT - anagrafe comunale (popolazione residente geo-referenziata)
Popolazione residente in aree a pericolosità idraulica o idrologica	n° - %	- PAI - PGRA
Presenza di strutture socio-sanitarie	n°	- Strutture Socio-Assistenziali e Ospedali - Base Dati Territoriale di Riferimento degli Enti (BDTRE) - Geoportale Regione Piemonte

Fattore esposto	Unità di misura	Fonte dati
Elementi infrastrutturali (strade, ferrovie, rete elettrica)	Km ²	- Grafo stradale - Base Dati Territoriale di Riferimento degli Enti (BDTRE) - Geoportale Regione Piemonte
Beni culturali materiali	n°	- Base Dati Territoriale di Riferimento degli Enti (BDTRE)- Geoportale Regione Piemonte
Attività produttive	n° - %	- ISTAT - Camera di Commercio
Numero di addetti (es. n addetti al settore delle costruzioni)	n° - %	- ISTAT - Camera di Commercio
Aree verdi in ambito urbano	Km ² - %	- Base Dati Territoriale di Riferimento degli Enti (BDTRE)- Geoportale Regione Piemonte
Aree protette e/o Siti Natura 2000	Km ² - %	- Land Cover Piemonte: Classificazione di uso e copertura del suolo - Geoportale Regione Piemonte
Acque superficiali (reticolo idrico, laghi, zone umide)	Km ² - %	- Land Cover Piemonte: Classificazione di uso e copertura del suolo - Geoportale Regione Piemonte - Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino del Po (PAI)
Territori boscati e ambienti semi-naturali	Km ² - %	- Land Cover Piemonte: Classificazione di uso e copertura del suolo - Geoportale Regione Piemonte
Aree agricole	Km ² - %	- Land Cover Piemonte: Classificazione di uso e copertura del suolo - Geoportale Regione Piemonte
Altri documenti utili		- Piano Territoriale Regionale (PTR) - Piano Paesaggistico Regionale (PPR) - Altri documenti utili: - Piano Monitoraggio del Consumo di Suolo in Piemonte; - Piano Regionale per il risanamento e la tutela della Qualità dell'Aria (P.R.Q.A.); - Corona Verde.

2.3.3 VULNERABILITA'

L'analisi della vulnerabilità è il passaggio più importante in una analisi del rischio climatico poiché è in questa fase che si devono comprendere e approfondire le caratteristiche che rendono l'elemento esposto più o meno suscettibile a subire gli effetti negativi o positivi del pericolo climatico le cui conseguenze dipendono da specifiche

debolezze socioeconomiche e istituzionali rilevanti per l'impatto in gioco. Questi elementi se correttamente compresi e analizzati permettono di pianificare obiettivi e azioni di adattamento più specifici ed efficaci.

Per ogni pericolo (impatto) individuato vengono definiti i settori/elementi vulnerabili e il loro livello di vulnerabilità ponderato dalla capacità di adattamento. Di seguito si riportano alcuni indicatori che possono caratterizzare la vulnerabilità degli elementi esposti, o in termini negativi (di sensibilità) o positivi (di resistenza e resilienza) alla luce dei dati più spesso disponibili. I fattori di vulnerabilità elencati sono stati raggruppati per settore o categoria in modo da rendere evidente il fattore esposto a cui far riferimento (salute umana, demografia, socioeconomica, infrastrutture e trasporti, acque ed ecosistemi).

Per il fattore esposto della popolazione, elenchiamo i seguenti elementi di vulnerabilità rispetto all'aumento delle temperature medie ed estreme e all'occorrenza di eventi di precipitazione estrema (impatti legati anche al rischio idrogeologico):

Tabella 5 - Elenco di indicatori di vulnerabilità utili alla caratterizzazione di questo fattore per i Comuni piemontesi. Da questo elenco andranno selezionati gli indicatori utili e disponibili per ciascuna realtà comunale o Unione di Comuni.

POPOLAZIONE	Indicatore di Vulnerabilità	Fonte dati	Pericolo
Sensibilità	- Popolazione sopra i 65 anni di età rispetto al numero totale di popolazione residente	- Anagrafe comunale, ISTAT	- Temperature elevate, ondate di calore - Eventi estremi di precipitazione (es. alluvioni)
	- Popolazione sotto i 7 anni di età rispetto al numero totale di popolazione residente	- Anagrafe comunale, ISTAT	- Temperature elevate, ondate di calore - Eventi estremi di precipitazione (es. alluvioni)
	- Persone con disabilità	- Agenzia Sanitaria Locale (ASL)	- Eventi estremi di precipitazione - Temperature elevate, ondate di calore
	- Quota di popolazione con presenza di malattie croniche rispetto alla popolazione totale	- Agenzia Sanitaria Locale (ASL) - Articolo: Ellena et al, 2022	- Temperature elevate, ondate di calore -
	- Percentuale di soggetti con malattie ischemiche, vasculopatie, insufficienza cardiaca, diabete e in generale clima sensibili con almeno un ricovero ospedaliero nel periodo	- Agenzia Sanitaria Locale (ASL) - Articolo: Ellena et al, 2022	- Temperature elevate, ondate di calore

POPOLAZIONE	Indicatore di Vulnerabilità	Fonte dati	Pericolo
	considerato		
	- Quota di popolazione residente in aree esposte a scenari di rischio idraulico e idrogeologico nella classe elevata (pericolo alluvione)	- PGRA	- Eventi estremi di precipitazione
	- Stato di vulnerabilità sociale e materiale ³	- ISTAT	- Eventi estremi di precipitazione - Temperature elevate
Capacità di adattamento – resilienza	- la distribuzione di spazi climatizzati o dotati di aria condizionata, sia pubblici, sia privati, in funzione di rifugio in caso di eventi di ondata di calore o temperature particolarmente alte	- CENED	- Temperature elevate, ondate di calore
	- Percentuale di aree verdi fruibili come elemento di resilienza all'aumento delle temperature	- Elaborazioni su base Dati comunali - Geoportale Regione Piemonte	- Temperature elevate, ondate di calore
	- Prossimità a strutture raffrescate (distanza dagli edifici residenziali)	- Elaborazioni su base Dati comunali - Geoportale Regione Piemonte	- Temperature elevate, ondate di calore
	- Prossimità a strutture sociosanitarie	- Elaborazioni su base Dati comunali - Geoportale Regione Piemonte	- Temperature elevate, ondate di calore

Per l'**ambiente antropizzato** inteso in senso più esteso (ambiente urbano, strutture e infrastrutture, beni culturali) gli indicatori valutano quelle caratteristiche che lo rendono più o meno vulnerabile agli impatti legati agli eventi meteorologici estremi (venti forti, tempeste, piogge intense) e legati all'aumento delle temperature estreme e del fenomeno dell'isola di calore.

- l'indice di consumo del suolo
- percentuale di suolo impermeabilizzato

³ <https://www.istat.it/it/files/2020/12/Le-misure-della-vulnerabilita.pdf>
https://ottomilacensus.istat.it/fileadmin/download/Indice_di_vulnerabilit%C3%A0_sociale_e_materiale.pdf

- la vetustà delle strutture e infrastrutture (es. edifici e strade in cattivo stato)
- la prevalenza di aree verdi, con funzione di regolazione del clima e ombreggiatura

Tabella 6 - Elenco di indicatori di vulnerabilità relativi all'ambito "antropizzato" utili alla caratterizzazione di questo fattore per i Comuni piemontesi. Da questo elenco andranno selezionati gli indicatori utili e disponibili per ciascuna realtà comunale o Unione di Comuni.

AMBIENTE ANTROPIZZATO	Indicatore di Vulnerabilità	Fonte dati	Pericolo
Sensibilità	- Indice di consumo di suolo	- ISPRA	- Temperature elevate, ondate di calore
	- Percentuale di suolo impermeabilizzato	- Copernicus - Geoportale Regione Piemonte	- Temperature elevate, ondate di calore
	- Vetustà delle infrastrutture	- Elaborazione su base dati comunale	- Temperature elevate - Eventi estremi di precipitazione
Capacità di adattamento - resilienza	- Percentuale di aree verdi e aree de impermeabilizzate	- Geoportale Regione Piemonte	- Temperature elevate - Eventi estremi di precipitazione
	- Frequenza di manutenzione delle strutture e infrastrutture e dei beni culturali	- Dati comunali, Protezione Civile, comunicazione degli Uffici Tecnici comunali	- Temperature elevate - Eventi estremi di precipitazione

Per l'elemento esposto relativo al "**capitale naturale**" si possono individuare i seguenti elementi di vulnerabilità rispetto agli impatti legati all'aumento delle temperature, ai periodi di siccità e agli eventi meteo estremi. In questo ambito vengono inclusi i seguenti elementi esposti: **il verde urbano, boschi e foreste, acque superficiali e sotterranee.**

- la presenza di vincoli di tutela, salvaguardia e protezione, quali aree protette (parchi, ZPS, ZSC, SIC, ecc.) e vincolo idrogeologico
- specie con bassa tolleranza allo stress idrico e termico
- stato fisiologico e sanitario delle specie vegetali, soprattutto in ambito urbano
- prelievi idrici corsi d'acqua
- stato di naturalizzazione dell'alveo dei fiumi (Piano di Tutela delle Acque (PTA))
- distanza delle aree verdi a elementi antropici (zone abitate, infrastrutture)

Tabella 7- Elenco di indicatori di vulnerabilità relativi all'ambito "Capitale naturale" utili alla caratterizzazione di questo fattore per i Comuni piemontesi. Da questo elenco andranno selezionati gli indicatori utili e disponibili per ciascuna realtà comunale o Unione di Comuni.

CAPITALE NATURALE	Indicatore di Vulnerabilità	Fonte dati	Pericolo
Sensibilità	- Presenza di Aree protette	- Geoportale Regione Piemonte	- Incendio - Temperature elevate
	- Stato fisiologico – sanitario delle specie vegetali	- Censimento del verde	- Temperature elevate - Periodi siccitosi
	- Stato di naturalizzazione dell'alveo	- IQM Indice di qualità morfologica - Geoportale Regione Piemonte	- Temperature elevate - Precipitazioni estreme
	- Pressioni sui corpi idrici prelievi irrigui e acquedottistici - Corpi idrici con carichi inquinanti eccessivi - Presenza di scarichi di acque reflue industriali non recapitanti in pubblica fognatura	- Indice di Alterazione del Regime Idrologico - Piano di tutela delle acque - Database WISE Water Framework Directive Database	- Temperature elevate, periodi siccitosi
	- Distanza tra aree boscate e elementi antropici (zone abitate, infrastrutture)	- Elaborazioni su base dati comunali e del Geoportale Regione Piemonte	- Incendio
Capacità di adattamento – resilienza	- Sistema di monitoraggio e manutenzione del verde urbano	- Uffici Tecnici del Comune o dei Parchi	- Siccità - Eventi estremi di precipitazione
	- Sistema di monitoraggio e manutenzione del verde naturale	- Uffici Tecnici del Comune o dei Parchi	- Incendio - Siccità - Eventi estremi di precipitazione
	- Sistema di manutenzione e monitoraggio dei corpi idrici	- Uffici Tecnici del Comune o dei Parchi - Autorità di Bacino	- Siccità - Eventi estremi di precipitazione

Di seguito si riporta un esempio generico estratto dal PNACC

Tabella 8 - Esempio di individuazione di una serie di opzioni di adattamento in relazione all'analisi del rischio per l'impatto "Inondazione" nel settore "Insediamenti Urbani"; Fonte: Allegato II "Metodologie per la definizione di strategie e piani locali di adattamento", PNACC.

Valutazione del rischio	Sorgente di pericolo	Piogge estreme
	Impatto	Inondazione
	Elementi esposti	Edifici e infrastrutture urbane; popolazione
	Vulnerabilità degli elementi esposti	Sensitività: infrastrutture non adeguate
		Capacità di risposta: sistemi di protezione civile non adeguati
Rischio	Danni alle strutture e alle persone	
Individuazione obiettivi e opzioni	Obiettivi	Ridurre i danni legati alle inondazioni causate dalle piogge estreme
	Opzioni	Delocalizzazione strutture e popolazione (agisce sull' <i>elemento esposto</i>)
		Adeguamenti strutturali e impiantistici (agisce sulla <i>sensitività</i> attraverso il potenziamento della resilienza)
		Sviluppo di sistemi di <i>early warning</i> (agisce sulla <i>capacità di risposta</i>)
		Redazione piani di emergenza (agisce sulla <i>capacità di risposta</i>)

2.4 Nota metodologica

Valutare la vulnerabilità legata ai cambiamenti climatici richiede l'analisi di una ricca e ampia varietà di dati, attraverso la revisione della letteratura e la consultazione con il gruppo di lavoro costituito da esperti (esperti accademici, della pubblica amministrazione, del settore privato, ecc). In generale, gli indicatori dovrebbero essere selezionati in base alla loro solidità analitica, misurabilità, pertinenza e copertura.

Spesso, alcuni fattori che potrebbero essere determinanti nel definire lo stato di vulnerabilità, non sono rappresentabili rispetto ai dati a disposizione (es. dati sulla salute della popolazione, sul capitale naturale e lo stato fisiologico – sanitario, ecc) pertanto, nel caso non fosse possibile ricorrere a indicatori di proxy è consigliato inserire quale azione di adattamento l'acquisizione di ulteriori strati informativi che potrebbero migliorare significativamente i risultati dell'analisi di rischio (per esempio: mappe dell'età, dello stato fitosanitario e/o dell'idoneità climatica della vegetazione, in relazione alle vulnerabilità del verde urbano e dei soprasuoli forestali; in accordo con l'ATS locale, dati sulla vulnerabilità della popolazione in termini di malattie clima-sensibili). Alternativamente, in assenza dei dati idonei al popolamento degli indicatori, è fondamentale fare affidamento alla letteratura scientifica per supportare le relazioni tra i fattori del rischio e individuare degli obiettivi di adattamento coerenti con essi.

Le Linee Guida del JRC e del GIZ and EURAC Research consigliano di aggregare gli indicatori dei tre fattori che compongono il rischio tramite una media aritmetica pesata, secondo la seguente formula. I pesi che vengono attribuiti a ciascun indicatore e fattore rappresentano i diversi livelli di influenza sul rischio considerato. Indicatori con un peso maggiore hanno influenza maggiore nel definire il rischio totale.

$$\text{Risk} = \frac{(\text{Hazard} * w_H) + (\text{Vulnerability} * w_V) + (\text{Exposure} * w_E)}{w_H + w_V + w_E}$$

Per poter procedere con il calcolo del rischio climatico totale, tutti gli indicatori individuati per singola categoria nelle fasi precedenti dell'analisi vanno popolati con dati reperibili e successivamente normalizzati e aggregati per ottenere i tre Indici di Esposizione, Vulnerabilità e Pericolosità secondo le rispettive formule di calcolo. Per maggiori dettagli rimandiamo alle Linee Guida di MASTER ADAPT (par 3.1.3).

- > **Indice globale di Esposizione**= $(E_1 * w_1 + E_2 * w_2 + \dots + E_n * w_n) / (w_1 + w_2 + \dots + w_n)$
- > **Indice globale di Vulnerabilità**= $(V_1 * w_1 + V_2 * w_2 + \dots + V_n * w_n) / (w_1 + w_2 + \dots + w_n)$

In alternativa a questo metodo proposto, di tipo quantitativo, è possibile procedere anche con una valutazione qualitativa di screening della vulnerabilità e dei rischi, il cui livello dipende dall'esperto o dal gruppo di esperti che effettua la valutazione. Le autorità locali possono scegliere la metodologia di valutazione del rischio più idonea in base alle risorse umane e finanziarie disponibili, il livello di coinvolgimento di esperti e parti interessate, la disponibilità di dati e le conoscenze a disposizione. L'autorità può scegliere, laddove la valutazione qualitativa ha individuato un livello alto di rischio, di effettuare un'analisi di maggior dettaglio.

Nel **Risk Supplement to the Vulnerability Sourcebook** (GIZ e EURAC, 2017) è presente un modulo che spiega come aggregare le componenti del rischio in un unico indicatore di rischio climatico in modo non aritmetico. Un approccio comune nelle valutazioni del rischio consiste nel combinare i fattori di rischio con l'aiuto di una matrice di valutazione. In una valutazione probabilistica del rischio, i due aspetti probabilità e conseguenze sono solitamente combinati in questo modo. Il vantaggio generale di un approccio a matrice rispetto a un approccio aritmetico è un maggiore controllo sul risultato di aggregazione. Lo svantaggio è che può essere applicato solo per valori categorici (è comune trovare cinque classi) e che è necessario concordare l'esatta configurazione della matrice. Per il concetto di rischio IPCC AR5, una matrice deve combinare i tre componenti di rischio (pericolo, vulnerabilità ed esposizione). In questo caso, il rischio viene valutato combinando il grado di ciascun pericolo (asse y), con vulnerabilità (asse x inferiore) e esposizione (asse x superiore) con una classe di rischio (da 1 = molto basso a 5 = molto alto). Si veda la seguente matrice estratta dal documento citato.

Figure 16: Example of an evaluation matrix for combining the three components of risk

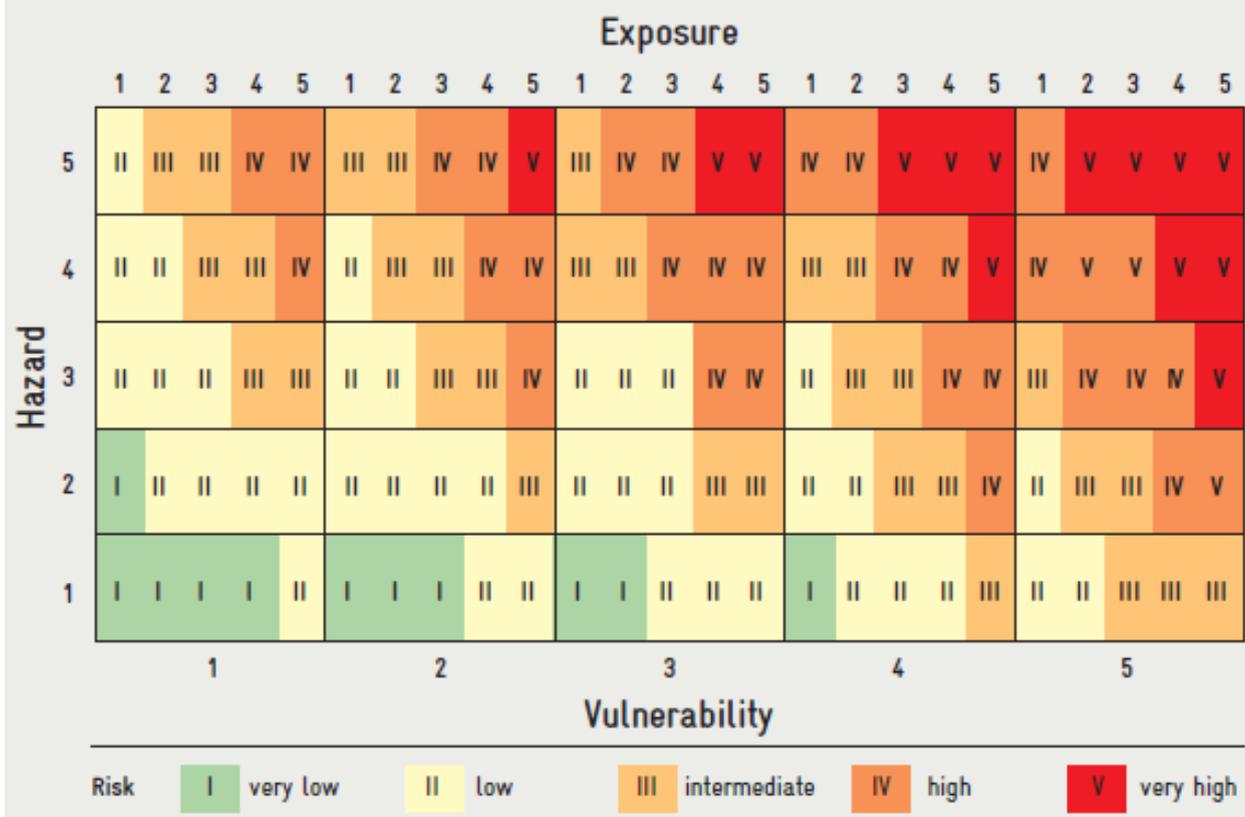


Figura 3 Fonte: GIZ and EURAC, 2017

PESATURA INDICATORI

Il processo di ponderazione degli indicatori normalizzati consiste nell’attribuire dei pesi come indicazione dell’influenza del fenomeno rispetto all’analisi e avviene sulla base di una ricerca di informazioni da letteratura scientifica o sulla base del giudizio di un gruppo di esperti. Per attribuire i pesi a ciascun indicatore normalizzato ci sono diverse procedure statistiche, tuttavia, uno dei metodi proposti dalle linee guida di MASTER ADAPT è lo strumento statistico AHP (Analytic Hierarchy Process) che permette di trasporre opinioni soggettive, attribuite tramite comparazioni a coppie, in relazioni numeriche misurabili. Per approfondimenti sull’utilizzo di questo metodo, si rimanda alle rispettive Linee Guida.

3. IDENTIFICARE LE OPZIONI DI ADATTAMENTO – SCHEDE AZIONE

Adattamento significa anticipare gli effetti avversi dei cambiamenti climatici e adottare misure adeguate a prevenire o ridurre al minimo i danni che possono causare oppure sfruttare le opportunità che possono presentarsi (PNACC 2023). Le azioni di adattamento vengono selezionate sulla base degli obiettivi individuati a seguito della Valutazione di Rischio e Vulnerabilità e considerati importanti ai fini dell’adattamento al cambiamento climatico. Data l’ampia varietà dei rischi e delle opportunità, le opzioni di adattamento possono essere definite attraverso la revisione della letteratura, delle banche dati e della conoscenza di esperti locali. Il coinvolgimento degli esperti e delle parti

interessate è utile ai fini dell'adattamento ed è altamente consigliato anche nella prioritizzazione degli obiettivi e delle azioni di adattamento disponibili.

In questo paragrafo verrà fornito un elenco non esaustivo delle azioni potenziali applicate o inserite in strumenti di pianificazione o programmazione di livello locale e sub-regionale principalmente in località italiane del Nord Italia basata su una ricerca di letteratura e di politiche/strategie di adattamento al clima.

Anche sul sito di Climate Adapt è presente una lista di possibili azioni suddivise per impatto climatico e settore di intervento, [consultabili al seguente link: https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/knowledge/tools/adaptation-support-tool/step-3-1](https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/knowledge/tools/adaptation-support-tool/step-3-1). Il sito fornisce anche una lista di buone pratiche di adattamento implementate in Europa che possono fornire miglioramenti e spunti innovativi da considerare per adattarsi in modo efficace.

Le opzioni di adattamento possono riguardare i seguenti ambiti o settori:

- La pianificazione strategica (es. piani di sviluppo territoriale e strategie di rigenerazione urbana)
- Gestione delle acque (es. riqualificazione dei bacini)
- Edilizia e ristrutturazione (es. programmi di edilizia popolare)
- Salute della popolazione
- Servizi di emergenza (es. sistemi di allerta, piani di risposta agli eventi estremi)
- Servizi sociali (protezione dei gruppi vulnerabili)
- Capitale naturale (es. incremento delle aree verdi, protezione della natura)
- Trasporti (es. nuove infrastrutture)
- Energia (es. investimenti in energie rinnovabili o reti di approvvigionamento)
- Strategie di mitigazione dei cambiamenti climatici
- Turismo
- Strategie economiche regionali

Di seguito si riporta una versione modificata della tabella contenuta nel Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (PNACC, 2023, par 4.4) che contiene le 361 azioni di adattamento identificate nel Piano e categorizzate in 5 macrocategorie: informazione, processi organizzativi e partecipativi, governance, adeguamento e miglioramento di impianti e infrastrutture, soluzioni basate sui servizi ecosistemici, ecosistemi fluviali, costieri e marini, riqualificazione del costruito. Difatti, le 361 sono state filtrate secondo il contesto regionale rispetto al quadro nazionale e ad esse sono state suggerite e specificate altrettante azioni generali che possono essere tenute in considerazione nella redazione di un PAESC di un comune appartenente alla Regione Piemonte. Allegato a questo documento si riporta la tabella originale del PNACC contenente tutte le 361 azioni.

Macrocategorie	Categorie	Principali tipi di azione	
Informazione Comunicazione Processi partecipativi e educativi	Monitoraggio, dati, modelli	Le azioni di questa categoria hanno lo scopo di incrementare e migliorare il sistema di monitoraggio, di previsione e di allertamento dei rischi naturali – climatici.	
		Azioni PNACC correlate: - Indicatori climatici, fisici, chimici, biologici - Indicatori performance del sistema	Altre Azioni a scala comunale: - Installazione di sensori e/o stazioni meteorologiche per il monitoraggio del clima e dei sistemi

Macrocategorie	Categorie	Principali tipi di azione	
		<ul style="list-style-type: none"> e delle misure - Banche dati e portali informativi - Sistemi di previsione e di allerta precoce 	<ul style="list-style-type: none"> di allerta - Creazioni di nuove banche dati (patrimonio culturale, popolazione fragile, ecc.) - Creazione di un hub o osservatorio per la messa a sistema dei diversi servizi che si occupano della gestione delle opere di mitigazione e del monitoraggio
	Divulgazione, percezione, consapevolezza e formazione	Azioni PNACC correlate: <ul style="list-style-type: none"> - Innovazione gestionale - Rischio, resilienza e vulnerabilità - Cambiamento climatico, impatti e soluzioni - Coordinamento intersettoriale, tavoli, comitati e reti 	Altre Azioni a scala comunale: <ul style="list-style-type: none"> - Eventi di co-progettazione delle attività con soggetti chiave - Eventi di formazione e comunicazione su specifiche tematiche (rischio, salute pubblica, azioni del PAESC, ecc) con istituti scolastici ed enti di formazione.
Governance	Adeguamento regolatore	Azioni PNACC correlate: <ul style="list-style-type: none"> - Prevenzione rischio sanitario - Regolamenti temporanei - Regolamenti edilizi - Parametri di sicurezza 	Altre Azioni a scala comunale: <ul style="list-style-type: none"> - Mappatura delle aree riqualificabili e maggiormente vulnerabili - Campagne di comunicazione per la prevenzione del rischio sanitario - Istituzione di parchi locali con vari livelli di protezione
	Piani e Strategie	Azioni PNACC correlate: <ul style="list-style-type: none"> - Pianificazione urbanistica e territoriale - Piani di emergenza ed evacuazione - Strategie e piani di adattamento ai cambiamenti climatici - Piani di mobilità e di traffico urbano - Infrastrutture di trasporto - Gestione della siccità - Rischio incendi - Gestione aree protette 	Altre Azioni a scala comunale: <ul style="list-style-type: none"> - Contratti di Fiume - Integrazione del regolamento sull'invarianza idraulica - Integrazione delle tematiche sull'adattamento nel Piano del Verde urbano (es. gestione isole di calore con opere a verde) - Piano anticaldo estivo/Piano di emergenza caldo - Redazione di un Piano Aria e Clima
	Strumenti economici e finanziari	Azioni PNACC correlate: <ul style="list-style-type: none"> - Assicurazioni e altri strumenti del trasferimento di rischio - Incentivi economici e finanziari - Piano di investimenti - Compensazioni 	Altre Azioni a scala comunale: <ul style="list-style-type: none"> - Piano di investimenti: Piano triennale delle Opere - Riduzione degli oneri di urbanizzazione
	Indirizzo	Azioni PNACC correlate: <ul style="list-style-type: none"> - Sperimentazione e progetti pilota - Buone pratiche - Linee guida 	Altre Azioni a scala comunale: <ul style="list-style-type: none"> - Selezione e valorizzazione di buone pratiche locali
Adeguamento e di miglioramento di infrastrutture	Impianti, materiali e tecnologie	Azioni PNACC correlate: <ul style="list-style-type: none"> - Mezzi e macchinari - Materiali e tecnologie//Processi - Sistemi di raffreddamento - Generazione di energia elettrica - Stoccaggio della risorsa idrica 	Altre Azioni a scala comunale: <ul style="list-style-type: none"> - Adottare Criteri Ambientali Minimi (CAM) più stringenti - Creare gruppi di acquisto sovracomunale - Sviluppo di Comunità Energetiche Rinnovabili (CER)
	Sistemi di difesa, reti, stoccaggio, distribuzione e trasmissione	Azioni PNACC correlate: <ul style="list-style-type: none"> - Conversione dei sistemi d'irrigazione - Costruzione di opere di difesa strutturale - Sistemi di accumulo e laminazione - Manutenzione, miglioramento e interconnessione delle reti 	Altre Azioni a scala comunale: <ul style="list-style-type: none"> - Misure di recupero e gestione sostenibile dell'acqua piovana - Sistemi di accumulo e laminazione a scala sovracomunale (Unione di Comuni)

Macrocategorie	Categorie	Principali tipi di azione	
		<ul style="list-style-type: none"> - Interramento delle reti - Manutenzione e miglioramento delle reti di scolo e irrigue - Stoccaggio dell'energia 	
Soluzioni basate sui servizi ecosistemici	Soluzioni integrate	Aumento della connettività territoriale (infrastrutture verdi)	
	Ecosistemi forestali e agro-forestali	Azioni PNACC correlate: <ul style="list-style-type: none"> - Gestione selvicolturale per la tutela e conservazione della biodiversità e per la prevenzione e riduzione dei Rischi - Impianto e mantenimento di sistemi agroforestali - Lotta biologica per la prevenzione e contrasto delle fitopatie - Restauro e ripristino delle foreste danneggiate dalle calamità - Riforestazione, imboschimenti e rimboschimenti - Selezione dei genotipi e delle varietà genetiche adatte 	Altre Azioni a scala comunale: <ul style="list-style-type: none"> - Formazione e sensibilizzazione su pratiche agricole innovative per contrastare gli impatti climatici e Agricoltura 4.0 - Gestione multifunzionale delle risorse idriche e naturalistiche presenti sul territorio (es. zone umide fruibili) - Incremento delle foreste di protezione in aree soggette al rischio dissesto idro-geologico
	Ecosistemi fluviali	Azioni PNACC correlate: <ul style="list-style-type: none"> - Riqualificazione fluviale - Ripristino e gestione delle zone umide - Fasce tampone e barriere vegetate 	Altre Azioni a scala comunale: <ul style="list-style-type: none"> - Creazione di nuovi habitat e connessioni ecologiche - Interventi di riduzione del rischio esondazione
	Riqualificazione del costruito	Azioni PNACC correlate: <ul style="list-style-type: none"> - Edilizia residenziale - Sistemi di drenaggio stradali - Verde urbano 	Altre Azioni a scala comunale: <ul style="list-style-type: none"> - Tetti e pareti verdi su edifici pubblici - Sustainable Drainage System (SuDS) - Miglior manutenzione e gestione del verde urbano - Georeferenziazione delle alberature - Depavimentazione urbana

Nelle schede azioni si dovrebbe fornire: una breve descrizione, l'obiettivo specifico, i settori interessati dall'azione stessa, i tempi di attuazione previsti, l'indicatore utile a valutare l'efficacia dell'azione e altri indicatori di risultato, gli uffici comunali competenti ed il personale/ente di riferimento, gli eventuali gruppi di stakeholder coinvolti e alcune indicazioni sugli aspetti economici-finanziari dell'azione. In generale, particolare attenzione dovrà essere posta sulle soluzioni basate sulla natura, come soluzioni multifunzionali che possono fornire numerosi benefici (sociali, economici) oltre a migliorare il livello di resilienza del territorio, gli esempi applicativi in Europa sono molteplici.

Di seguito si riporta l'esempio di una scheda d'azione tipo:

TITOLO AZIONE		
...		
Categoria azione - Settore	Rischi climatici	Macro-obiettivo
In quale settore interviene	A cui l'azione fa riferimento	Obiettivo generale dell'azione
DESCRIZIONE AZIONE		
...		
Indicatori di risultato e di	Indicatori relativi a target SDG	Indicatori di governance

monitoraggio		
Caratterizzazione temporale	Previsione della durata dell'azione (inizio-fine)	
ASPETTI DI GOVERNANCE		
Ufficio comunale responsabile	-	
Altri soggetti coinvolti	-	
Piani e Programmi di riferimento	-	
	-	

4. IL PROCESSO DI PARTECIPAZIONE PER LA COSTRUZIONE DEL PIANO DI ADATTAMENTO: GLI STAKEHOLDER

Per la natura trasversale del tema, le collaborazioni locali con i soggetti interessati e la volontà di apprendere l'uno dall'altro sono degli importanti presupposti per un processo di adattamento di successo. Fin da subito, si raccomanda di condurre un'analisi degli stakeholder e procedere con la creazione di gruppi composti da soggetti interessati ed esperti in diversi settori, per poter attivare un processo condiviso ed efficace per la definizione di un Piano di adattamento. Lo scopo del processo di coinvolgimento e condivisione è quello di:

- > fornire conoscenze utili in merito al territorio e alla sua relazione con gli impatti osservati; fare in modo che tutti i principali impatti significativi per il territorio siano stati individuati e, quindi, selezionati aumentando così la conoscenza del territorio e le relative dinamiche;
- > confrontarsi e validare gli indicatori di pericolosità, esposizione e soprattutto vulnerabilità;
- > assegnare i corrispettivi pesi ai diversi indicatori;

Si tratta di conoscenze transdisciplinari, che coprono i temi dell'economia locale, della demografia e società, delle risorse ambientali e della struttura industriale del territorio, oltre che della sua conformazione geografica e fisica. Pertanto, è importante una validazione condivisa del metodo e delle informazioni.

5. BIBLIOGRAFIA

- JRC 2020: Guidebook 'How to develop a Sustainable Energy and Climate Action Plan (SECAP)'
- GIZ and EURAC 2017: Risk Supplement to the Vulnerability Sourcebook. Guidance on how to apply the Vulnerability Sourcebook's approach with the new IPCC AR5 concept of climate risk. Bonn: GIZ.
- GIZ and EURAC 2018: Linee Guida per progettisti e professionisti di GIZ/EURAC 2018 - Climate Risk Assessment for Ecosystem-based Adaptation: <https://webassets.eurac.edu/31538/1629982531-climate-risk-assessment-for-ecosystem-based-adaptation-2018.pdf>

- MASTER ADAPT: Linee Guida, principi e procedure standardizzate per l'analisi climatica e la valutazione della vulnerabilità a livello regionale.
- Ellena et al, 2022; "Micro-scale UHI risk assessment on the heat-health nexus within cities by looking at socio-economic factors and built environment characteristics: The Turin case study. (Italy)". <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2023.101514>
- PNACC, Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici, 2023.
- The Adaptation Support Tool - Climate-ADAPT.
- RESIN, 2018. IVAVIA - "Realization and implementation of method and tools for impact and vulnerability analysis of Vital Infrastructure and built-up Areas".
- https://climate-adapt.eea.europa.eu/it/knowledge/tools/urban-ast/step-2-check/index_html?set_language=it
- <https://adriadapt.eu/it/strumento-di-supporto-alla-pianificazione-integrata-delladattamento/valutare-la-vulnerabilita/>