



Adattamento della Mobilità Urbana ai Cambiamenti Climatici

Executive summary

Il documento mira a sensibilizzare i decisori politici e a fornire agli urbanisti una panoramica di quello che sarà l'impatto dei cambiamenti climatici sulle città del Mediterraneo, con particolare attenzione ai temi legati alla mobilità. Finora l'attenzione al settore dei trasporti si è concentrata soprattutto sulla decarbonizzazione e sulla sostenibilità della mobilità. Anche se la mitigazione dei cambiamenti climatici è generalmente considerata la strategia prioritaria per prevenirne o almeno ridurne al minimo l'impatto, dobbiamo comunque essere consapevoli che i suoi effetti stanno già condizionando la nostra vita quotidiana. Pertanto, gli urbanisti dovrebbero essere consapevoli di questa evoluzione e includere misure di adattamento nei loro piani per la mobilità.

Inoltre, nei prossimi decenni le infrastrutture di trasporto saranno esposte a un numero crescente di nuove sfide derivanti dagli impatti climatici, che solo in parte sono già visibili. La pianificazione odierna per la costruzione di nuove infrastrutture e la gestione di quelle esistenti richiederà l'adozione di nuove condizioni e parametri ambientali, climatici e socio-economici rispetto a quelli utilizzati in passato.

Il presente documento di sintesi descrive i **principali impatti dei cambiamenti climatici sulla mobilità urbana** e suggerisce possibili soluzioni per ridurne al minimo gli effetti.

Il lavoro si basa su una revisione della letteratura esistente sull'argomento e sul feedback fornito da esperti in diversi settori: pianificazione della mobilità, pianificazione urbana, cambiamenti climatici, economia e salute ambientale. Sono stati intervistati alcuni esperti che, in una fase successiva, hanno partecipato a una serie di workshop organizzati dal progetto Urban Transports. È stata per loro un'opportunità per interagire, condividere le conoscenze ed esplorare da diversi punti di vista il tema della mobilità urbana che si sta adattando ai cambiamenti climatici.

Policy Brief #04
Ottobre 2022

Autori:

M. Slavich,
S. Zampese,
F. Tomasi,
F. Meo
(Area Science Park)

Collaboratori:

The Urban Transports
Community

Sintesi dei contenuti

Constesto: il Mediterraneo è un hot spot per i cambiamenti climatici.....	3
Impiego degli scenari climatici nella pianificazione dell'adattamento.....	4
In che modo il cambiamento climatico incide sugli ambienti urbani del Mediterraneo?....	7
Una regione che si sta riscaldando.....	8
L'effetto combinato di calore e umidità	9
Una regione che si sta inaridendo.....	11
Un mare che si innalza.....	12
Impatti dei cambiamenti climatici sulla mobilità urbana e misure di adattamento.....	14
Innalzamento del livello del mare	16
Inondazioni.....	20
Precipitazioni intense	23
Raffiche di vento estreme.....	26
Incendi boschivi	29
Ondate di calore.....	31
Bibliografia.....	35
Riferimenti esterni	35

Elenco degli esperti che hanno collaborato:

Andrea Bigano
 Margaretha Breil
 Carlo Federico dall'Omo
 Stavros Keppas
 David Moncholí i Badillo
 Rita Nogherotto
 Prisco Piscitelli
 Philippe Sohounou
 Florjan Xhelilaj

CMCC – Fondazione Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici
 CMCC – Fondazione Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici
 IUAV – Istituto Universitario Architettura Venezia
 Università Aristotele di Salonicco
 Esperto senior di trasporti, IDOM
 ICTP – Centro internazionale di fisica teorica
 SIMA – Società Italiana di Medicina Ambientale
 Resallience
 Istituto albanese dei trasporti

Contesto: il Mediterraneo è un hot spot per i cambiamenti climatici

I cambiamenti climatici coinvolgono la natura, la vita delle persone e le infrastrutture in tutto il mondo. Come ha dichiarato il Prof. Hans-Otto Poertner, Co-Presidente del Gruppo di Lavoro II del Gruppo intergovernativo di esperti sul cambiamento climatico (IPCC) *“Il cambiamento climatico è una minaccia per il benessere umano e la salute del pianeta. Ogni ulteriore ritardo nell’azione concertata a livello globale farà perdere quella breve finestra temporale – che si sta rapidamente chiudendo – per garantire un futuro vivibile”*.

Viviamo in un mondo più caldo di 1,1°C rispetto ai livelli preindustriali, in cui gli eventi meteorologici estremi come ondate di calore, la siccità e le inondazioni sono diventati più frequenti e stanno già superando le soglie di tolleranza di piante e animali. Allo stesso tempo, tali pericoli, compresi le tempeste e l’innalzamento del livello del mare, hanno un impatto sempre più negativo sulla salute, la vita delle persone, le abitazioni, le infrastrutture, l’energia e i sistemi di trasporto.

Le aree urbane densamente popolate sono molto esposte ai rischi del cambiamento climatico, ma sono anche una parte cruciale della soluzione se le strategie di adattamento sono ben pianificate.

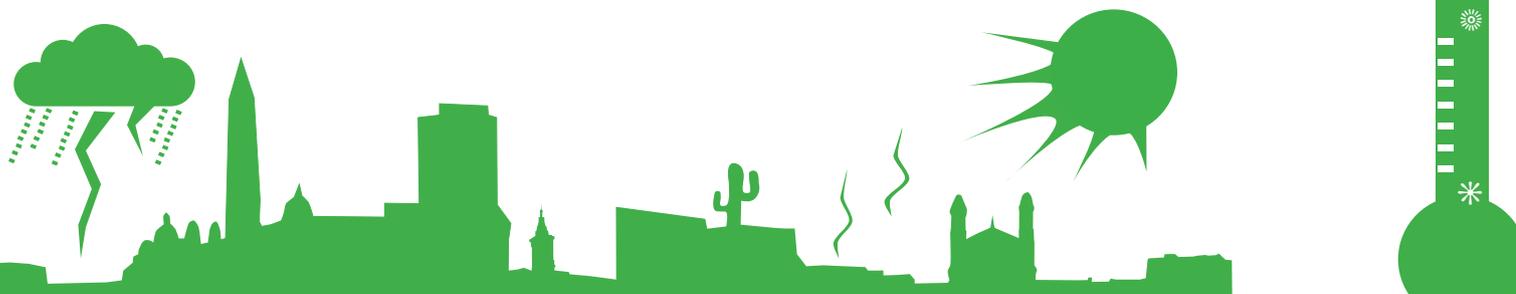
Sebbene il cambiamento climatico sia un problema globale, ci sono regioni colpite più di altre da questo fenomeno. Sia il “Primo Rapporto di Valutazione del Mediterraneo” ([MedECC - novembre 2020](#)) che il Sesto Rapporto di Valutazione dell’IPCC “Climate Change 2022: Impatti, adattamento e vulnerabilità” (IPCC - febbraio 2022) concordano sul fatto che l’area mediterranea è la regione più minacciata del continente europeo, in quanto si sta riscaldando il 20% più velocemente rispetto ad altre regioni. Già nel 2013 il Gruppo intergovernativo di esperti sul cambiamento climatico (IPCC) considerava la regione mediterranea “altamente vulnerabile ai cambiamenti climatici” a causa dell’influenza di molteplici fattori di stress. Nel suo ultimo rapporto (2022) l’IPCC definisce il bacino del Mediterraneo come un “hotspot del cambiamento climatico” a causa dell’elevata esposizione e vulnerabilità delle società umane e degli ecosistemi ai rischi associati al cambiamento climatico, tra cui l’innalzamento del livello del mare, le ondate di calore e il rischio di incendi.

Il Clima

La media delle condizioni meteorologiche di una particolare regione e di un determinato periodo di tempo, solitamente calcolata su 20-30 anni.

Vulnerabilità

La propensione o la predisposizione ad essere influenzati negativamente. La vulnerabilità comprende una serie di concetti ed elementi, tra cui la sensibilità o la suscettibilità ai danni e la mancanza di capacità di reagire e adattarsi.



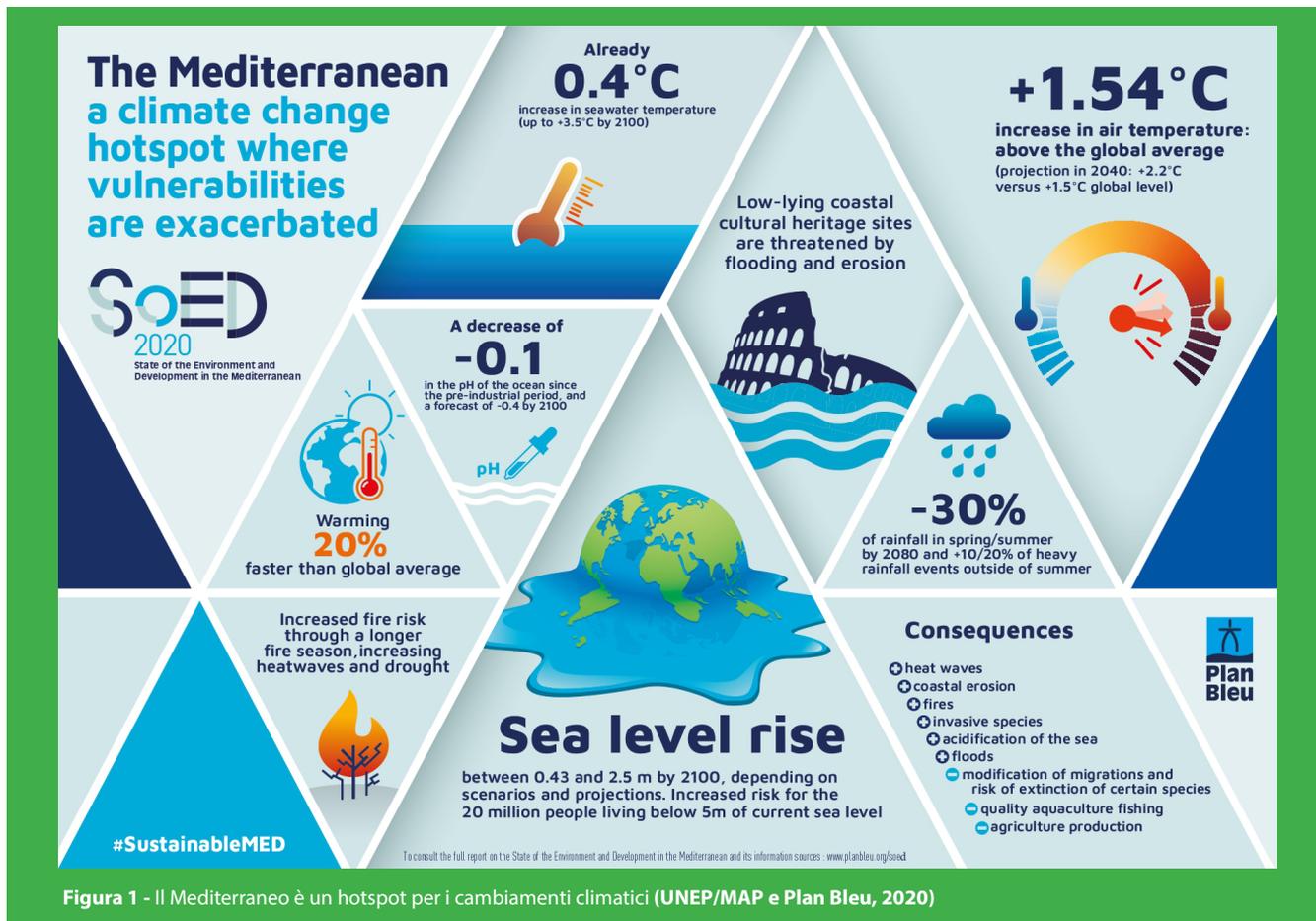


Figura 1 - Il Mediterraneo è un hotspot per i cambiamenti climatici (UNEP/MAP e Plan Bleu, 2020)

Impiego degli scenari climatici nella pianificazione dell'adattamento

Gli scenari socioeconomici e relativi alle emissioni sono utilizzati nella ricerca sul clima per descrivere come potrebbe evolvere il futuro in base a diverse variabili, tra cui i cambiamenti socioeconomici, la crescita della popolazione, i cambiamenti tecnologici, i modelli di utilizzo del suolo e le emissioni di gas serra e di inquinanti atmosferici.

L'IPCC ha utilizzato questi fattori per creare i **Percorsi di Concentrazione Rappresentativi (RCP)**, ossia una serie di quattro percorsi sviluppati per la comunità dei modellatori climatici come base per gli esperimenti di modellazione a breve e lungo termine e per le proiezioni delle future emissioni di gas serra, dell'inquinamento atmosferico e dell'uso del suolo. Gli RCP quantificano le future concentrazioni di gas serra e il forcing radiativo (energia aggiuntiva assorbita dal sistema Terra) dovuti all'aumento dell'inquinamento da cambiamento climatico. Infatti, il suffisso numerico rappresenta il forcing radiativo, espresso in W/m^2 , stimato al 2100 rispetto all'era preindustriale (1850 - 1900), per le diverse traiettorie. I quattro RCP sono i seguenti:

- Lo scenario RCP 2.6 mira a mantenere il riscaldamento globale al di sotto dell'innalzamento di 2°C rispetto alle temperature preindustriali. Implica l'adozione di forti politiche di mitigazione associate a una riduzione delle emissioni.
- L'RCP 4.5 rappresenta lo "scenario intermedio" in cui le emissioni di CO₂ aumenteranno fino al 2040, per poi diminuire grazie alle iniziative volte a controllare e ridurre le emissioni di gas serra.
- L'RCP 6.0 è uno "scenario di stabilizzazione" in cui il forcing radiativo totale viene stabilizzato poco dopo il 2100 applicando varie tecnologie e strategie per ridurre le emissioni di gas serra.
- L'RCP 8.5 è lo "scenario ad alte emissioni" che porterà ad un aumento della temperatura di circa $3,7 \pm 1,1^\circ C$ entro il 2100, rispetto alle temperature preindustriali. Le emissioni attuali continuano a crescere in modo costante senza efficaci politiche di mitigazione del cambiamento climatico.

Il sesto rapporto di valutazione dell'IPCC (6AR) ha introdotto nuovi scenari. Essi combinano i percorsi di concentrazione rappresentativi (RCP) con i **percorsi socioeconomici condivisi (SSP)**, che prendono in considerazione ulteriori elementi umani come le proiezioni di crescita demografica ed economica e le tendenze tecnologiche e geopolitiche. Tutti questi fattori hanno un impatto sulle emissioni di gas serra e sulla capacità della società di ridurle e di adattarsi ai cambiamenti climatici. Nell'IPCC 6AR sono stati considerati cinque scenari:

- SSP1-1.9 e SSP1-2.6 sono scenari ottimistici che considerano l'impegno degli Accordi di Parigi per contenere il riscaldamento globale al di sotto dei 2°C;
- SSP2-4.5 è lo scenario più simile al modello storico di sviluppo socio-economico del mondo e quello verso cui ci stiamo muovendo considerando le attuali azioni climatiche adottate: potrebbe portare a un riscaldamento globale di circa 2,7°C entro la fine del secolo;
- SSP3-7.0 prevede un aumento costante delle emissioni che causerà un aumento di 3,6°C della temperatura globale entro il 2100;
- SSP5-8.5 considera un aumento dell'estrazione e dell'utilizzo dei combustibili fossili e uno stile di vita ad alta intensità energetica che porterà a un aumento della temperatura di 4,4°C.

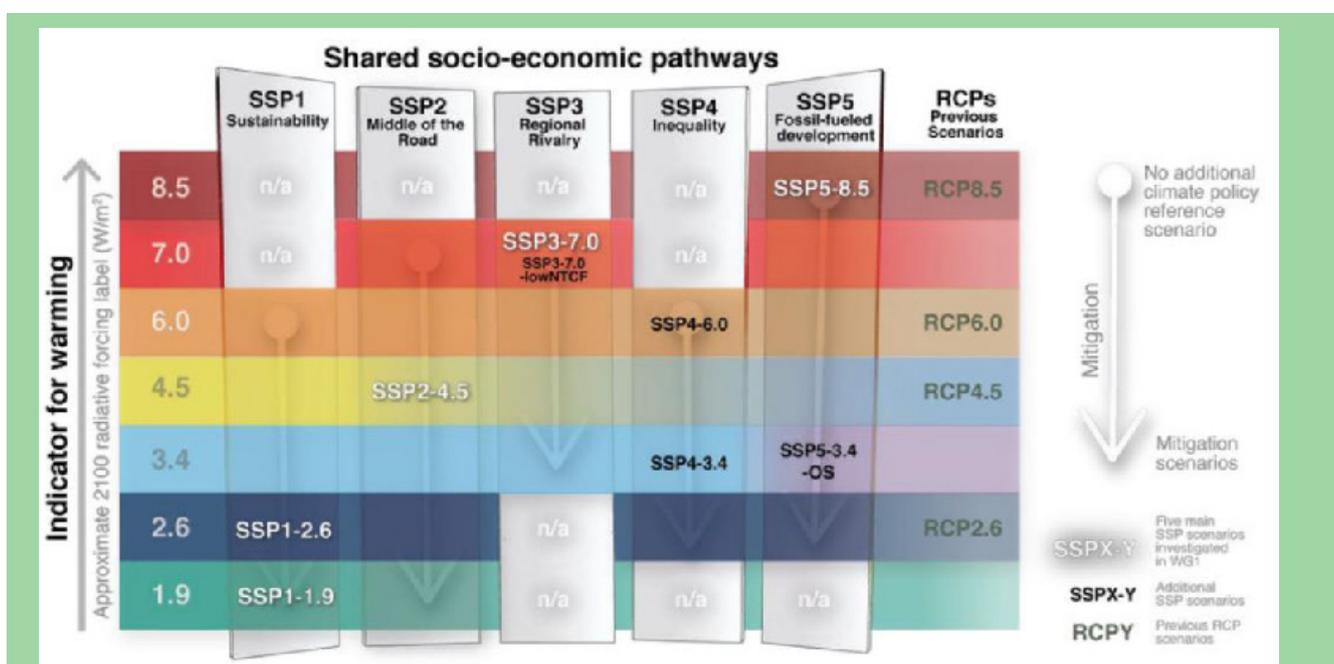


Figura 2 - Gli scenari SSP utilizzati nell'IPCC 6AR, la loro evoluzione indicativa della temperatura e la categorizzazione del forcing radiativo e i cinque percorsi socioeconomici condivisi (SSP) su cui si basano.

Fonte: IPCC (2021) Cross-Chapter Box 1.4, Figura 1.

I climatologi conducono i loro studi considerando fasce temporali di circa 20-30 anni per ridurre gli errori dovuti alla variabilità del clima e a diversi scenari in base ai diversi profili di emissioni di gas serra possibili. L'IPCC 6AR considera 3 fasce temporali future: a breve termine (2021 - 2040), a medio termine (2041 - 2060) e a lungo termine (2081 - 2100). I decisori politici e gli urbanisti, invece, nel redigere piani come il Piano d'Azione per l'Energia Sostenibile e il Clima (SECAP) e il Piano Urbano di Mobilità Sostenibile (SUMP), pianificano a breve termine (2030) e solo raramente a medio termine (2050). Finora i decisori politici e i pianificatori si sono concentrati solo sulle misure di mitigazione, concentrandosi sulla riduzione delle emissioni entro una certa scadenza. Tuttavia, **quando si pianificano le misure di adattamento, è necessario considerare il livello di riscaldamento globale che sarà raggiunto a una certa data.** L'anno 2030 corrisponde al periodo a breve termine e il 2050 al periodo a medio termine considerato dai climatologi. Per pianificare sulla base degli studi sul clima, si dovrebbero prendere in considerazione gli scenari più probabili (a parte la scadenza al 2030 e al 2050), considerando l'attuale profilo di emissioni di gas serra e quello previsto in base alle tendenze e alle azioni globali.

(a) Global surface temperature change relative to 1850–1900

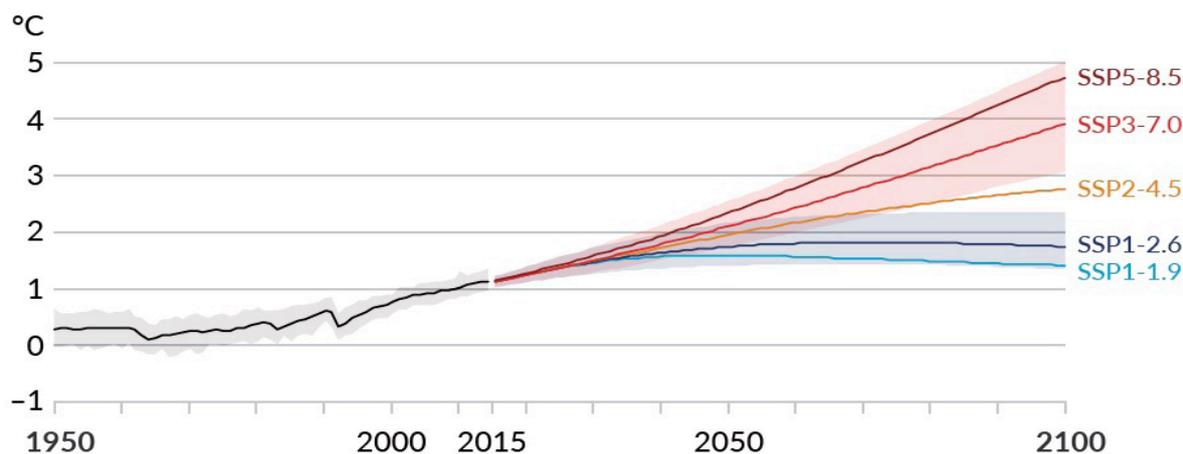


Figura 3 - Variazioni della temperatura superficiale globale rispetto al 1850-1900, in gradi Celsius, secondo i cinque scenari principali di emissioni utilizzati nella AR6. Fonte: IPCC (2021) Figura SPM.8a.

Scenario	A breve termine (2021-2040)		A medio termine (2041-2060)		A lungo termine (2081-2100)	
	Stima migliore	Intervallo molto probabile	Stima migliore	Intervallo molto probabile	Stima migliore	Intervallo molto probabile
SSP1-1.9	1,5°C	da 1,2°C a 1,7°C	1,6°C	da 1,2°C a 2,0°C	1,4°C	da 1,0°C a 1,8°C
SSP1-2.6	1,5°C	da 1,2°C a 1,8°C	1,7°C	da 1,3°C a 2,3°C	1,8°C	da 1,3°C a 2,4°C
SSP2-4.5	1,5°C	da 1,2°C a 1,8°C	2,0°C	da 1,6°C a 2,5°C	2,7°C	da 2,1°C a 3,5°C
SSP3-7.0	1,5°C	da 1,2°C a 1,8°C	2,1°C	da 1,7°C a 2,6°C	3,6°C	da 2,8°C a 4,6°C
SSP5-8.5	1,6°C	da 1,3°C a 1,9°C	2,4°C	da 1,9°C a 3,0°C	4,4°C	da 3,3°C a 5,7°C

Tabella 1 - L'AR6 ha valutato le proiezioni di riscaldamento per ciascuno dei cinque scenari principali di emissione a breve, medio e lungo termine. Fonte: IPCC (2021) Tabella SPM.1

Le proiezioni secondo i diversi scenari non differiscono molto per il breve termine, in quanto tutte indicano un aumento di 1,5°C rispetto al livello preindustriale. I decisori politici e gli urbanisti devono basarsi su questo aumento minimo della temperatura nel pianificare per il 2030.

Gli scenari divergono nel medio e lungo periodo. Ipotizzando che, come dichiarato da alcuni esperti, l'accordo di Parigi non possa essere rispettato (contenere il riscaldamento globale al di sotto dei +2°C entro il 2100), gli scenari SSP1-1.9 e SSP1-2.6 non dovrebbero essere considerati. D'altra parte, **SSP2-4.5**, il cosiddetto "scenario intermedio", in linea con il modello storico di sviluppo socio-economico del mondo fino ad oggi, **potrebbe essere il più probabile**. Pertanto, **si dovrebbe considerare un aumento della temperatura di +2,0°C** nella pianificazione a medio termine (2050) e di +2,7°C come tendenza a lungo termine o alla fine del secolo (2100). Poiché 2,7°C è molto vicino a +3,0°C, quest'ultimo valore potrebbe essere considerato per il lungo termine, poiché sono disponibili scenari di impatto dei cambiamenti climatici per questo valore di riscaldamento globale¹.

Quando si pianificano e progettano le nuove infrastrutture di trasporto, è necessario considerare il lungo termine perché, dato il loro tempo di utilizzo, dureranno più di 50 anni e dovranno affrontare gli impatti climatici della fine del secolo. Se si tengono in considerazione gli impatti futuri dei cambiamenti climatici, le nuove infrastrutture rimarranno funzionali e utilizzabili per lungo tempo, evitando la necessità di modificarle per futuri adattamenti.

¹ [Interattivo: The impacts of climate change at 1.5C, 2C and beyond | Carbon Brief](#)

In che modo il cambiamento climatico incide sugli ambienti urbani del Mediterraneo?

Le città sono vulnerabili agli impatti del cambiamento climatico e i rischi ad esso associati sono esacerbati da una continua e crescente crescita urbana e dall'artificializzazione degli ambienti urbani. Inondazioni, ondate di calore, forti precipitazioni, giornate di caldo estremo e siccità sono i pericoli maggiori che le città del Mediterraneo devono affrontare e i cambiamenti climatici sono destinati ad aumentare la gravità e la frequenza di tali minacce a causa delle particolari caratteristiche degli ambienti urbani.

I **principali fattori di cambiamento** includono:

- fattori legati al clima come la temperatura, le precipitazioni, la circolazione atmosferica, gli eventi estremi, l'innalzamento del livello del mare, la temperatura dell'acqua marina, la salinità e l'acidificazione;
- fattori non legati al clima, come l'aumento della popolazione, l'urbanizzazione, l'inquinamento, gli usi non sostenibili delle risorse naturali come terra, acqua, ecosistemi terrestri e marini e la diffusione di specie non indigene.

A causa delle tendenze globali e regionali dei fattori determinanti, gli impatti del cambiamento climatico si aggraveranno nei prossimi decenni, soprattutto se il riscaldamento globale supererà di 1,5-2°C il livello preindustriale.

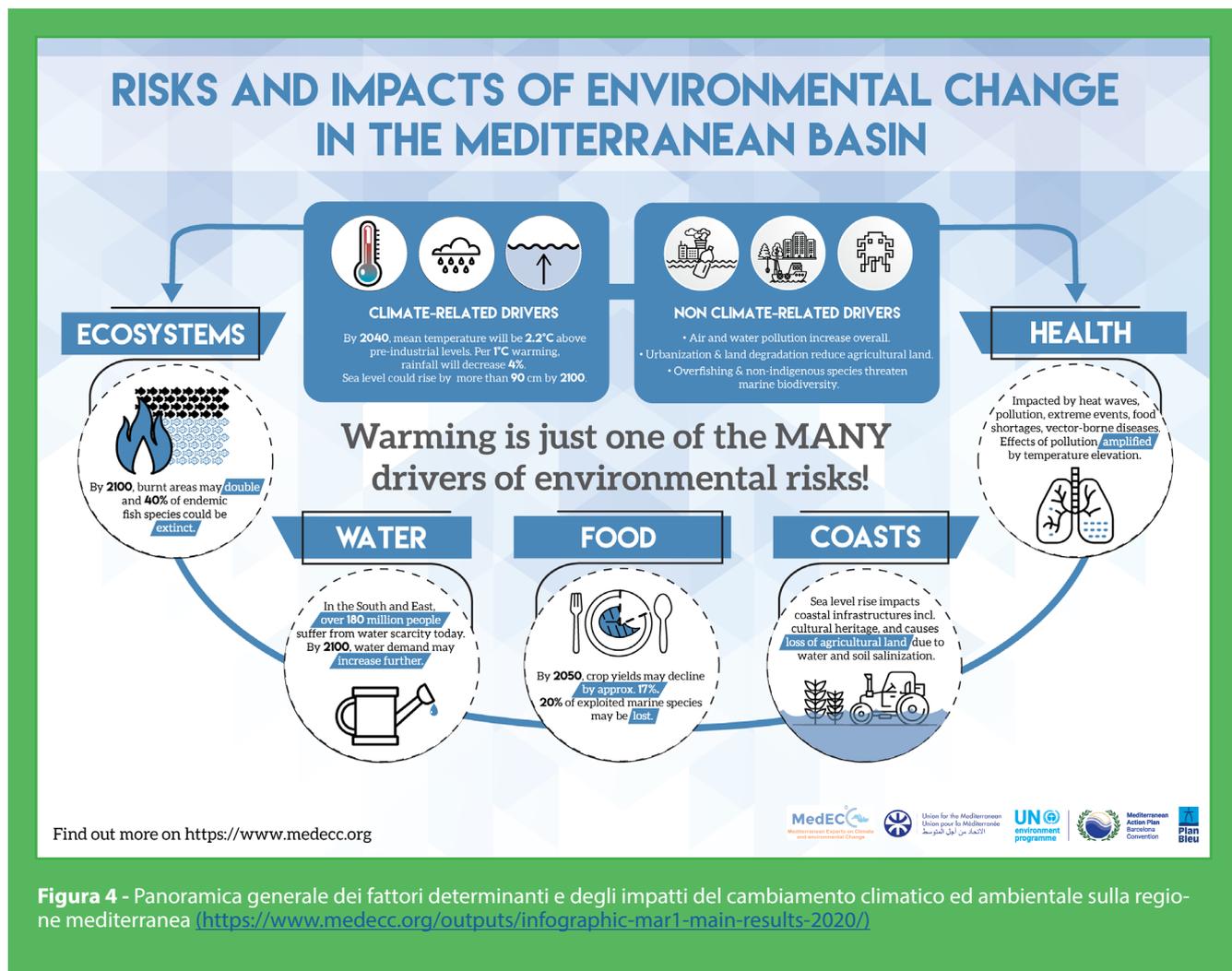


Figura 4 - Panoramica generale dei fattori determinanti e degli impatti del cambiamento climatico ed ambientale sulla regione mediterranea (<https://www.medecc.org/outputs/infographic-mar1-main-results-2020/>)

Una regione che si sta riscaldando

A causa delle emissioni antropogeniche di gas serra, la regione mediterranea si è riscaldata e continuerà a farlo più velocemente della maggior parte delle aree del mondo. La temperatura superficiale **è già oggi più alta di 1,5°C rispetto all'epoca preindustriale** (FIG 5) e si prevede che aumenterà fino al 2100 di altri 3,8-6,5°C nello scenario peggiore (RCP8.5) e da 0,5 a 2,0°C secondo lo scenario ottimistico, ma improbabile (RCP2.6) (MedECC, 2020).

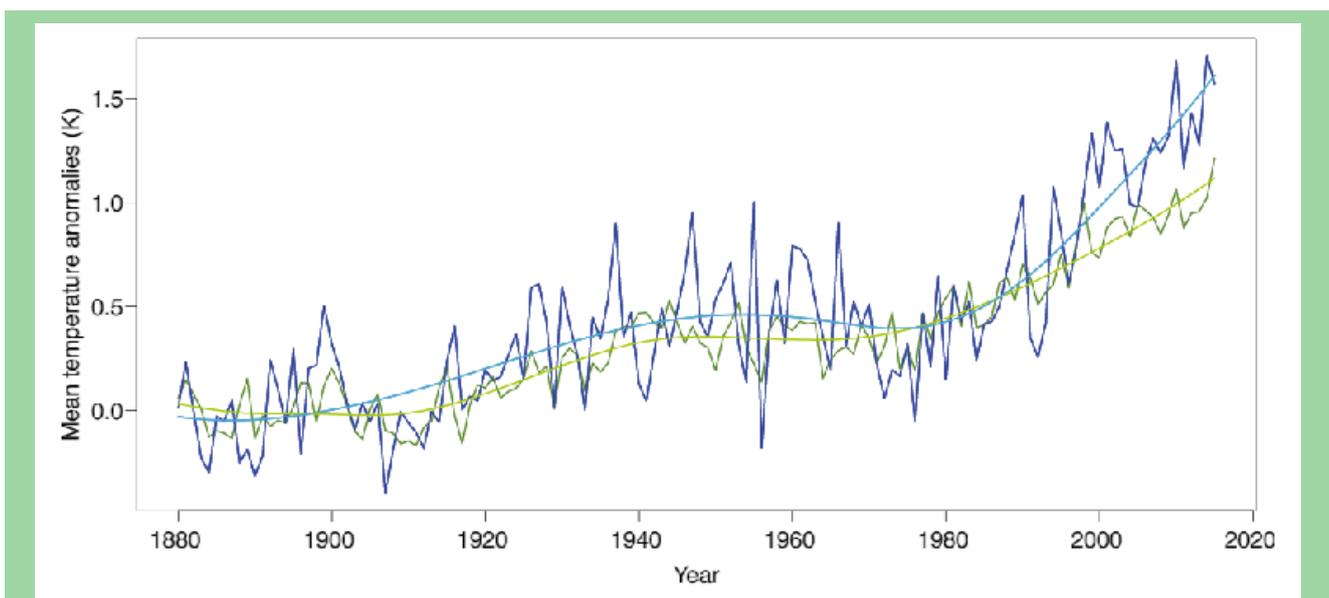


Figura 5 - Riscaldamento storico dell'atmosfera a livello globale e nel bacino del Mediterraneo. Le anomalie della temperatura media annua dell'aria sono indicate rispetto al periodo 1880-1899, con il bacino del Mediterraneo (blu) e il globo (verde) presentati con (curve chiare) e senza (curve scure) livellazione. **Fonte:** Dati di Berkeley Earth citati in Cramer et al, 2018.

Dall'inizio dell'era industriale, la temperatura media annua del bacino del Mediterraneo è aumentata costantemente nel corso degli anni, così come le temperature estreme, le ondate di calore e le notti tropicali, che sono aumentate in intensità, numero e durata negli ultimi decenni, in particolare in estate, e si prevede che continueranno ad aumentare (IPCC, 2022).

Notte tropicale

Una notte la cui temperatura media minima è superiore a 20°C.

Ondata di calore

Un periodo persistente di tempo eccessivamente e insolitamente caldo.

Anche la **temperatura superficiale del mare** nel Mediterraneo si è già riscaldata di circa 0,4°C ogni decennio nel periodo tra il 1985 e il 2006 e si prevede che entro il 2100 raggiungerà tra + 1,8°C e + 3,5°C rispetto al periodo 1961 - 1990. Le ondate di calore marine sono diventate più lunghe e più intense e si prevede che entrambi i parametri continueranno ad aumentare in futuro (IPCC 2022).

L'aumento del calore nell'atmosfera dovuto al riscaldamento globale provoca eventi meteorologici estremi più frequenti e gravi, come cicloni o Medicane, tempeste di vento e grandinate.



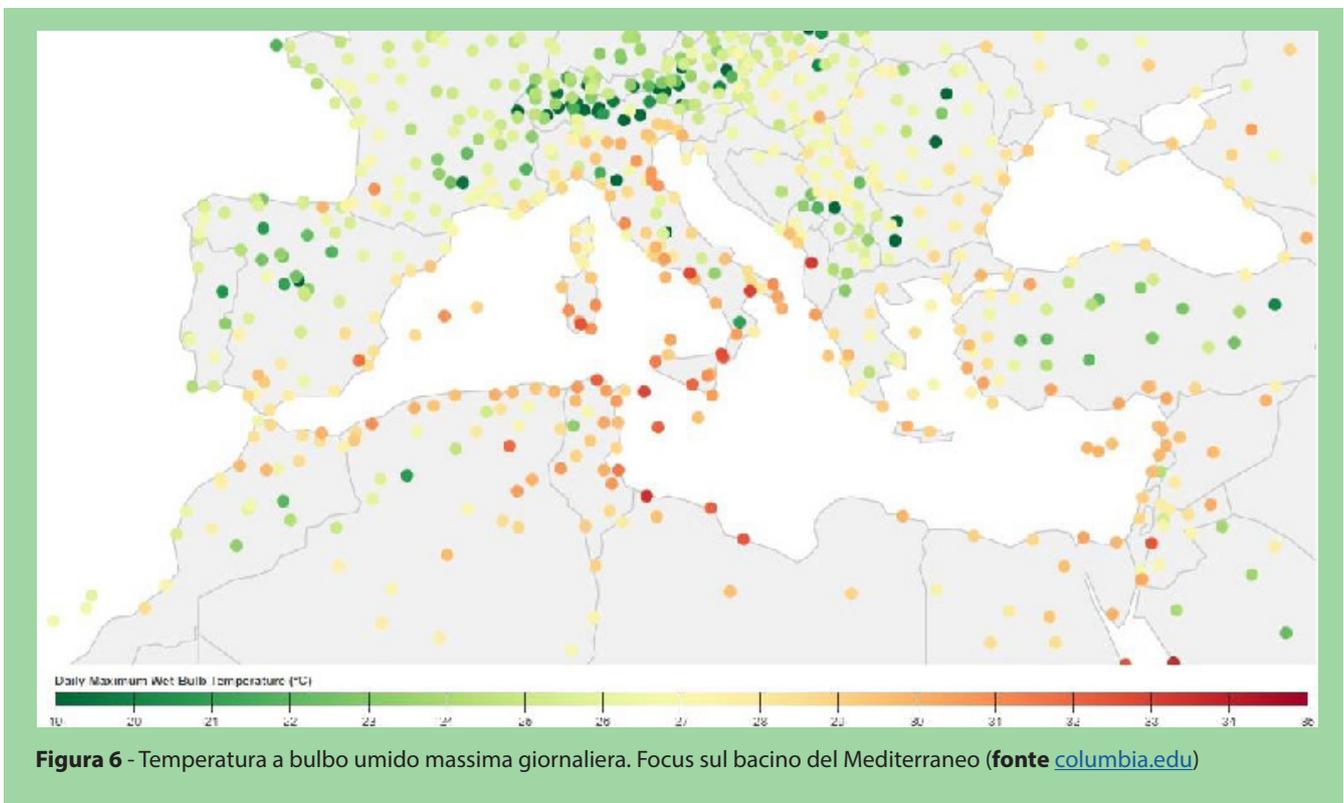
Medicane (Mediterranean hurricane)

Il termine è la contrazione dei termini inglesi corrispondenti a "uragano mediterraneo".

L'effetto combinato di calore e umidità

Il corpo umano regola la propria temperatura eliminando il calore in eccesso attraverso la sudorazione. Quando l'umidità relativa aumenta, la sudorazione non è più efficace perché l'aria è già satura e non è più in grado di ricevere ulteriore acqua sotto forma di vapore. In queste condizioni estreme di calore e umidità, il corpo, anche a riposo, non riesce a raffreddarsi e questo causa diversi problemi di salute e può persino portare alla morte in alcune ore. La temperatura di bulbo umido viene utilizzata per misurare la combinazione di temperatura e umidità dell'aria. Quando la temperatura di bulbo umido raggiunge i 32°C una persona non è più in grado di svolgere attività all'aperto e 35°C è considerato il limite teorico di sopravvivenza (equivalente a un indice di calore di 70°C).

Un recente studio (Raymond et al. 2020) ha registrato eventi di calore e umidità estremi in tutto il mondo e ha rilevato che in alcune aree stanno aumentando per frequenza e intensità, anche se per ora sono limitati nel tempo (alcune ore). Come mostra la figura 6, simili condizioni meteorologiche potrebbero diventare un problema anche in alcune parti della regione mediterranea e, in effetti, nel bacino del Mediterraneo sono già state registrate alte temperature a bulbo umido massime giornaliere superiori a 32°C.



L'equazione di Clausius-Clapeyron della termodinamica afferma che per ogni aumento di 1 grado della temperatura c'è un aumento del 7% del contenuto d'acqua nell'atmosfera. Pertanto, queste condizioni di calore e umidità estreme saranno un rischio sempre più frequente nella regione mediterranea. Inoltre, l'aumento della temperatura del mare e delle ondate di calore marine, e il conseguente aumento dell'evaporazione dell'acqua marina e dell'umidità dell'aria, insieme all'effetto isola di calore urbana, **aunderanno il numero di notti tropicali nelle città costiere.**

Effetto isola di calore urban (UHI)

La temperatura in un'area urbana è solitamente più alta rispetto alle aree circostanti non urbanizzate, a causa della modifica della superficie del terreno e della concentrazione di attività umane. I materiali da costruzione accumulano calore durante il giorno grazie alla radiazione solare e lo rilasciano di notte, quando il fenomeno diventa più evidente. L'effetto principale è l'aumento della temperatura minima.

Le grandi aree di parcheggio contribuiscono all'aumento della temperatura, causando una significativa modifica del microclima. Inoltre, anche il calore di scarto prodotto dalle automobili, dagli impianti di condizionamento e da altre attività umane contribuisce all'effetto UHI. La scarsità di alberi negli ambienti urbani aumenta anche l'UHI a causa della mancanza di ombreggiamento delle superfici artificiali e del raffreddamento evaporativo che gli alberi possono fornire attraverso l'evapotraspirazione. Anche i venti possono contribuire a ridurre questo effetto, ma nelle città un'adeguata ventilazione naturale è spesso impedita da edifici alti e dalla disposizione dei blocchi di edifici. Inoltre, gli edifici alti contribuiscono all'effetto UHI, fornendo molte superfici che riflettono e assorbono la radiazione solare, aumentando così l'efficienza del riscaldamento. Questi impatti causati dagli edifici sono chiamati **effetto canyon urbano**.

Nonostante questa tendenza all'aumento della temperatura media, eventi climatici estremi come ondate di freddo, neve, ghiaccio e bufere di neve sono ancora possibili con una frequenza molto bassa, ma con un'intensità maggiore. Le città devono quindi essere preparate ad affrontare una gamma più ampia di impatti climatici.

Principali impatti sull'ambiente urbano

I cambiamenti nelle temperature, nella frequenza e nell'intensità degli eventi meteorologici estremi hanno effetti su:

■ Sistema elettrico (produzione e distribuzione di energia)

Durante le ondate di calore il consumo di energia elettrica aumenta a causa dell'uso dell'aria condizionata (gli aumenti maggiori sono previsti per Italia, Spagna e Francia), causando interruzioni di corrente per l'eccessiva richiesta di elettricità. Il calore riduce anche l'efficienza dei pannelli solari. Inoltre, sale la temperatura nelle sottostazioni elettriche e danneggia i cavi, aumentando ulteriormente la possibilità di interruzioni del servizio.

D'altra parte, eventi meteorologici estremi, come grandinate, cicloni o trombe d'aria, possono danneggiare gli impianti di produzione di energia (ad esempio, pannelli solari o turbine eoliche) o colpire le infrastrutture di distribuzione dell'elettricità causando interruzioni del servizio.

■ Salute umana

Secondo le proiezioni, la morbilità e la mortalità legate al caldo aumenteranno in modo sostanziale in tutti i Paesi del Mediterraneo, in tutti gli scenari climatici. Gli effetti principali sono legati a eventi meteorologici estremi, cambiamenti nella distribuzione di malattie sensibili al clima e cambiamenti nelle condizioni ambientali e sociali. Si prevede che gli impatti saranno maggiori nelle aree urbane dove si concentrano le persone e dove le isole di calore urbane portano a temperature più elevate all'interno delle città (Yang et al. 2016). Le alte temperature hanno infatti un impatto diretto sulla salute umana, causando problemi respiratori e cardiovascolari, arresti cardiaci ("infarti") e ictus, ma possono anche favorire la proliferazione di specie di insetti portatori di malattie (come la zanzara tigre, ad esempio). Le notti tropicali causano stanchezza e di conseguenza abbassano la produttività delle persone. Possono causare problemi fisiologici alle persone vulnerabili, poiché le alte temperature notturne sono un importante fattore di stress da calore.

■ Turismo

Da un lato, durante l'estate i turisti potrebbero preferire destinazioni con temperature più miti rispetto a

quelle che si registrano nei Paesi mediterranei, contribuendo a spostare le stagioni turistiche verso mesi che attualmente non sono attrattivi per il turismo costiero.

Una regione che si sta inaridendo

Il Mediterraneo si distingue per l'entità e l'importanza del calo delle precipitazioni invernali

Un riscaldamento globale di 2°C sarà probabilmente accompagnato da una riduzione delle precipitazioni estive di circa il 10-15% nella Francia meridionale, nella Spagna nord-occidentale e nei Balcani e fino al 30% in Turchia. Per ogni grado di riscaldamento globale, le precipitazioni medie diminuiranno probabilmente di circa il 4% in gran parte della regione (SoED, 2020). Le proiezioni climatiche future indicano uno spostamento predominante verso un regime di precipitazioni basato su una maggiore variabilità interannuale, una più forte intensità e estremi maggiori, nonché una diminuzione della frequenza delle precipitazioni e periodi di siccità più lunghi (MedECC, 2020).

L'aumento delle temperature, che innesca una forte evaporazione dell'acqua da tutte le superfici umide (come il mare, i fiumi, la terraferma, ecc.), associato alla diminuzione delle precipitazioni, **porta a siccità che, secondo le proiezioni, diventeranno più intense, più frequenti e più lunghe** in scenari di emissioni moderate, e ancora di più in scenari di emissioni gravi (IPCC, 2022).

L'effetto accoppiato di riscaldamento e siccità dovrebbe portare a un aumento generale dell'aridità e alla conseguente desertificazione di molti ecosistemi terrestri del Mediterraneo.

Principali impatti sull'ambiente urbano

■ Scarsità d'acqua

La risorsa "acqua" è, e sarà, la più critica nell'area mediterranea, come purtroppo è emerso dalla grave siccità registrata alla fine del 2021 e per gran parte del 2022. A causa dei soli cambiamenti climatici, la disponibilità di acqua dolce potrebbe diminuire dal 2 al 15% per un riscaldamento di 2°C (tra le maggiori diminuzioni al mondo) e il numero di giorni con risorse idriche insufficienti aumenterà in tutti gli scenari di riscaldamento globale (MedECC, 2020), colpendo fino al 54% della popolazione del Mediterraneo. La regione dovrà quindi far fronte a una maggiore richiesta di acqua da parte di tutti i settori (irrigazione, produzione di energia, uso domestico e industriale), a fronte di una minore disponibilità di risorse di acqua dolce.

■ Energia

Durante l'estate, i periodi di caldo e siccità possono **ridurre la produzione di energia elettrica**, sia da parte delle centrali idroelettriche per via della scarsità d'acqua, sia da parte delle centrali termiche per via del loro grande fabbisogno di acqua di raffreddamento.

■ Verde urbano

La vegetazione, in particolare gli alberi, può non riprendersi dopo periodi prolungati di siccità, compromettendo i servizi ecosistemici forniti dalle infrastrutture verdi, ad esempio l'ombreggiamento e il raffrescamento prodotto attraverso l'evapotraspirazione. L'aumento delle ondate di calore, la siccità e il cambiamento delle pratiche di utilizzo del suolo hanno portato a un aumento del rischio di incendi, a stagioni degli incendi più lunghe e a incendi più frequenti, più grandi e più gravi. Questo fenomeno può avere impatti devastanti sulle aree verdi e negli ultimi decenni ha causato record di aree bruciate in alcuni Paesi del Mediterraneo.

■ Anche il turismo potrebbe risentirne

In montagna, ad esempio, diverse stazioni sciistiche potrebbero chiudere le loro attività a causa della mancanza di neve e di costi insostenibili per l'innevamento artificiale.

Un livello del mare che si innalza

In linea con le tendenze mondiali causate dal riscaldamento e dalla perdita di ghiaccio glaciale, il livello del mare nel Mediterraneo è salito. A causa soprattutto dei processi globali, tra cui l'espansione termica dell'acqua marina e l'accelerazione dello scioglimento delle calotte glaciali in Groenlandia e Antartide, si prevede che il livello del mare aumenterà più di quanto stimato in precedenza.

Negli anni scorsi, il livello del Mar Mediterraneo è aumentato fino a 2,8 mm all'anno, in linea con la tendenza globale del livello del mare. Entro la fine del XXI secolo (2080-2099) l'innalzamento previsto del livello medio del mare nel bacino del Mediterraneo rispetto al clima attuale (1980-1999) è stimato rispettivamente in 37 cm, 45 cm, 62 cm e 90 cm negli scenari RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5 e di emissione di gas serra elevata (Somot et al. 2016; Jordà et al. 2020). È chiaro che il **livello del mare aumenterà nei prossimi secoli anche se le concentrazioni di gas serra si stabilizzeranno**.

L'innalzamento del livello del mare inonderà alcune parti delle aree urbane costiere a bassa quota e aumenterà le zone esposte alle inondazioni costiere dovute all'alta marea o alle mareggiate e all'erosione costiera.

Principali impatti sull'ambiente urbano

■ Popolazione

Circa 150 milioni di persone (un terzo della popolazione del Mediterraneo) vivono attualmente vicino al mare, un numero destinato a crescere nei prossimi decenni. Quest'area sta già affrontando minacce importanti come le **inondazioni e l'erosione costiera** dovute all'innalzamento del livello del mare, agli eventi estremi, alla penetrazione di acqua marina nelle falde acquifere costiere e al degrado degli habitat. Mentre l'erosione costiera e la salinizzazione colpiscono in particolare la produzione agricola e la fornitura di acqua pubblica nelle città, l'inondazione (dovuta all'innalzamento accelerato del livello del mare) **danneggia le costruzioni**.

■ Patrimonio

Molti siti storici sono infatti situati sulle coste e sono attualmente a rischio di inondazione, con conseguenti danni sia strutturali che dal punto di vista dell'attrattività turistica.

■ Economia

Le industrie costiere e le loro infrastrutture di supporto, comprese quelle di trasporto (porti, strade, ferrovie, aeroporti), quelle elettriche ed idriche, per lo smaltimento delle acque piovane e le fognature, saranno anch'esse colpite da inondazioni temporanee o permanenti.

■ Turismo

Molte **destinazioni turistiche sono minacciate** dall'effetto combinato dell'erosione e dell'innalzamento del mare. Inoltre, la potenziale perdita di patrimonio culturale nelle città costiere potrebbe ridurre l'attrattività di alcune destinazioni turistiche del Mediterraneo.

Variazione prevista dei fattori di impatto climatico nella regione mediterranea

La tabella n. 2 contiene l'elenco dei principali fattori di impatto climatico nell'area mediterranea associati a un'elevata possibilità di **aumento (celle blu)** o **diminuzione (celle gialle)**, corrispondente approssimativamente a livelli di riscaldamento globale compresi tra 2°C e 2,4°C.

Fattori di impatto climatico correlati	
Costieri e oceanici	Acidità dell'oceano
	Ondate di calore marine
	<i>Erosione costiera Lungo le coste sabbiose e in assenza di ulteriori pozzi/sorgenti di sedimenti o di qualsiasi barriera fisica all'arretramento del litorale</i>
	Inondazione costiera
	Livello del mare relativo
Neve e ghiaccio	Ghiaccio lacustre, fluviale e marino
	Permafrost
	Neve, ghiacciaio e calotta glaciale
Vento	Velocità media del vento
Clima umido e secco	Condizioni meteo favorevoli agli incendi
	Siccità agricola ed ecologica
	Siccità idrologica
	Aridità
	Precipitazioni medie
Caldo e freddo	Gelo
	Ondata di freddo
	Caldo estremo
	Temperatura media dell'aria
Altro	CO ₂ atmosferica a livello del suolo

Tabella 2 - Fattori di impatto climatico con alta probabilità di aumento o diminuzione (adattata dalla tabella 12.7 del Capitolo 12 del rapporto WG I, IPCC 2021)

Impatti dei cambiamenti climatici sulla mobilità urbana e misure di adattamento

Essendo responsabile di una quota significativa di emissioni di inquinanti atmosferici, il settore dei trasporti influenza fortemente il cambiamento climatico, ma allo stesso tempo ne è anche influenzato. Gli eventi meteorologici estremi, alcuni dei quali stanno aumentando in intensità e frequenza, così come i cambiamenti più lenti ma inesorabili (ad esempio, l'innalzamento del livello del mare) possono infatti provocare danni alle infrastrutture di trasporto, che di conseguenza hanno un impatto sul sistema economico e sociale delle città.

Comprendere e stimare l'impatto dei rischi climatici sul sistema di trasporto urbano è essenziale per identificare e implementare misure di adattamento efficaci.

Sono state prese in considerazione due grandi categorie di rischi climatici:

- 1) **Tendenze a lungo termine**, come l'innalzamento del livello del mare;
- 2) **Eventi estremi**, come inondazioni, forti precipitazioni, raffiche di vento estreme, ondate di calore e incendi boschivi.

Da un lato, **l'innalzamento del livello del mare è un fenomeno lento e inesorabile** al quale le città costiere devono adattarsi mettendo in campo misure a lungo termine.

Gli **eventi meteorologici estremi**, invece, causano **disagi alle infrastrutture e ai servizi del sistema di trasporto (sia critici che non)** e generano **situazioni di emergenza e necessità di evacuazione**. Le interruzioni sono di solito temporanee, limitate alla durata dell'evento meteorologico estremo, e possono essere più lunghe solo se le infrastrutture di mobilità sono state danneggiate. L'impatto sui comportamenti legati alla mobilità è occasionale e di norma limitato alla durata dell'evento meteorologico estremo. Non è necessario modificare le abitudini o i modelli di mobilità, poiché questi eventi sono rari e limitati nel tempo.

Per ognuno di questi rischi climatici è stata preparata una scheda informativa basata sulla letteratura relativa alle ricerche sull'impatto e sull'adattamento e sui contributi raccolti nell'ambito della serie di webinar del progetto Urban Transports. Le schede comprendono una breve introduzione al fenomeno, la tendenza prevista per il futuro, gli impatti sulla mobilità urbana e le possibili misure di adattamento che devono, dovrebbero o possono essere adottate a livello europeo, nazionale e locale. La sezione "Fattori di impatto climatico correlati" evidenzia altri eventi meteorologici estremi che possono indurre o causare quello a cui si riferisce la scheda o la cui concomitanza può esacerbare gli impatti.

Le misure di adattamento si concentrano su infrastrutture (ad esempio, strade, ferrovie, stazioni, ecc.), servizi (ad esempio, piani di emergenza, sistemi informativi in tempo reale, ecc.) e comportamenti e possono essere generalmente suddivise in pianificazione, adeguamento e gestione. La maggior parte delle soluzioni consiste in misure di prevenzione dell'impatto prodotto dagli eventi meteorologici estremi e sono applicabili a diversi livelli, da quello locale a quello europeo.

Adattare significa:

- attuare azioni per mantenere, gestire, rafforzare e proteggere le infrastrutture dai danni del clima, pianificando non tenendo in considerazione le condizioni passate ma le tendenze future ed applicando le innovazioni tecnologiche;
- ristrutturare o trasferire vecchie infrastrutture che potrebbero essere gravemente danneggiate in caso di impatti climatici;
- adottare "soluzioni basate sulla natura" (NbS)² per ridurre la vulnerabilità delle aree urbane e delle infrastrutture di trasporto;

² Le soluzioni basate sulla natura, ovvero Nature-based Solutions (NbS) sono definite dalla Commissione europea come soluzioni alle sfide della società ispirate e sostenute dalla natura, che sono efficaci dal punto di vista dei costi, forniscono contemporaneamente benefici ambientali, sociali ed economici e aiutano ad aumentare la resilienza. Per maggiori informazioni vedere <https://www.eea.europa.eu/publications/nature-based-solutions-in-europe>, relazione AEA n° 1/2021

- migliorare i sistemi di informazione sul traffico in tempo reale e i sistemi di allerta precoce; investire in dispositivi di pianificazione degli spostamenti come strumenti che aiutino il settore dei trasporti a reagire prontamente agli eventi climatici estremi;
- promuovere una struttura di trasporto urbano flessibile e multimodale che dia la possibilità di trovare facilmente un'altra opzione di trasporto nel caso in cui una di esse diventi inutilizzabile;
- considerare e pianificare, insieme alle autorità regionali e statali, il trasferimento delle infrastrutture e il ripristino dei luoghi colpiti dai cambiamenti climatici.

MESSAGGI CHIAVE PER I DECISORI POLITICI

- ⚠ Il primo passo per le città è **condurre una valutazione approfondita della vulnerabilità per comprendere i rischi climatici, sia attuali che nel lungo periodo.**
- ⚠ Il secondo passo consiste nell'**integrare il rischio climatico nella pianificazione urbana.**
- ⚠ Sulla base della valutazione del rischio, **occorre identificare, classificare in ordine di priorità e quindi attuare diverse opzioni di adattamento.**
- ⚠ **I sistemi di sensibilizzazione e di allerta precoce** sono molto efficaci ed efficienti in termini di costi in relazione alla maggior parte dei rischi climatici.
- ⚠ I decisori tendono a investire in proposte che generano ritorni a breve termine, mentre i **ritorni economici** degli investimenti compiuti per adattare la città ai cambiamenti climatici **sono visibili solo nel lungo termine** o non sono visibili affatto, poiché sono destinati a evitare i danni potenziali.
- ⚠ La mancanza di risorse finanziarie e la scarsa capacità di pianificazione sono spesso le cause che limitano un'efficace implementazione di soluzioni per affrontare le conseguenze dei cambiamenti climatici sulle infrastrutture di trasporto.
- ⚠ Le misure per le **infrastrutture verdi** sono efficaci per affrontare le alte temperature e le inondazioni nelle città. Tuttavia, è necessario considerare anche il fabbisogno idrico legato all'attuazione di queste opzioni.
- ⚠ **Le misure di adattamento vanno di pari passo con quelle di mitigazione.** In altre parole, incoraggiare l'uso di modalità di trasporto a basse emissioni di carbonio per ridurre la produzione di gas climalteranti (ad esempio, tram elettrici, percorsi ciclabili e pedonali migliorati, autobus elettrici, ecc.), mantenendo l'infrastruttura di trasporto resiliente al cambiamento climatico.

Innalzamento del livello del mare

Il 37% delle coste del Mediterraneo si trova ad una quota inferiore ai 10 m sul livello del mare e in quest'area vivono 42 milioni di persone. Pochi centimetri di innalzamento possono portare all'inondazione di molti chilometri quadrati di aree costiere

Fatti relativi all'innalzamento del livello del mare

- L'innalzamento del mare interesserà soprattutto le zone costiere pianeggianti con un'altitudine molto vicina al livello del mare
- L'innalzamento del livello del mare è lento e non è facilmente percepibile dalla popolazione
- L'impatto sulle aree urbane è duplice: a) oggi e nel medio termine l'aumento del livello del mare rende le aree costiere più vulnerabili alle inondazioni in caso di alta marea o di mareggiate e tali eventi aumenteranno di frequenza nei prossimi anni; b) nel lungo termine porterà all'allagamento di alcune aree che si troveranno costantemente sotto al livello del mare o in caso di alta marea
- Molte città e attività economiche del Mediterraneo sono state costruite in riva al mare. Diverse destinazioni turistiche sono situate su spiagge sabbiose quasi al livello del mare e potrebbero essere altamente vulnerabili
- Non solo le infrastrutture sotterranee sono a rischio di allagamento, ma anche diverse infrastrutture di trasporto di superficie costruite in prossimità del mare, come strade, ferrovie, porti e persino aeroporti (ad esempio, Venezia, Nizza, Cagliari, Barcellona, Brindisi e diverse isole greche)

Tendenze future

Si prevede un ulteriore innalzamento del livello del Mar Mediterraneo, che probabilmente raggiungerà 0,15-0,33 metri nel 2050, a seconda dello scenario.

Nel peggiore dei casi, anche senza considerare il possibile scioglimento dell'Antartide, si arriverà fino a 1 metro di innalzamento, aumentando il rischio di inondazioni ed erosione costiera.

Fattori di impatto climatico correlati

■ Inondazione costiera



Impatti sulla Mobilità Urbana

	Utenti	Veicoli	Infrastruttura	Operatività
Trasporto pubblico			●●●	●●
Mobilità attiva	●		●●●	●
Trasporto privato			●●●	●

● Basso ●● Medio ●●● Alto

Gli impatti significativi dell'innalzamento del livello del mare sulla mobilità urbana **riguardano le infrastrutture** (soprattutto quelle esistenti), poiché l'innalzamento del livello del mare è un cambiamento a lungo termine e le infrastrutture sono durature ma di norma è difficile adattarle a cambiamenti non considerati in fase di progettazione. Qualsiasi danno che abbia un forte impatto sull'infrastruttura avrà necessariamente un pesante impatto sull'operatività dei servizi di trasporto pubblico attivi su tale infrastruttura e, in ultima analisi, sugli utenti che si affidano a tale servizio.

- **Allagamento delle infrastrutture sotterranee:** queste infrastrutture (ad esempio, parcheggi sotterranei, stazioni e reti della metropolitana) sono spesso impermeabili, ma in questo caso l'acqua si riverserà dall'ingresso.
- **Allagamento delle infrastrutture di superficie:** rischio di inondazione e di danni alle infrastrutture stradali e ferroviarie; i danni alla rete elettrica possono interrompere le linee tranviarie, le fermate e i depositi; le strutture portuali potrebbero diventare inutilizzabili.
- **Corrosione delle infrastrutture:** le infrastrutture esistenti, originariamente non direttamente a contatto con l'ambiente salino, non sono state progettate per resistere. Pertanto, i danni da corrosione saranno significativi e potranno mettere in pericolo queste costruzioni e ridurre la vita utile.

Possibili Misure di Adattamento

A livello locale

SI DEVE

⚠ Mappare e valutare la vulnerabilità delle aree costiere

Quando il rischio di inondazioni marine aumenta e le aree costiere diventano altamente vulnerabili, si deve decidere se abbandonare o proteggere ogni area minacciata, compresi edifici e infrastrutture. Tale decisione deve prendere in considerazione i seguenti elementi, elaborando e confrontando diversi scenari:

- il valore economico dell'area e il costo necessario per la sua protezione;
- il valore culturale dell'area in termini di patrimonio culturale e identità sociale;
- la sua importanza per la rete di trasporto.

⚠ Costruire barriere per proteggere le aree costiere da inondazioni occasionali o permanenti

Barriere come dighe o frangiflutti sommersi possono proteggere le aree costiere e le infrastrutture per la mobilità da inondazioni occasionali dovute a eventi meteorologici estremi (ad esempio, alta marea, mareggiate, ecc.), dall'aumento dell'erosione costiera dovuto ai cambiamenti climatici e dalle inondazioni permanenti causate dall'innalzamento del livello del mare.

⚠ Pianificare con una prospettiva di lungo termine

La pianificazione territoriale e la costruzione di nuove infrastrutture di trasporto (nuove linee metropolitane, aeroporti, ecc.) devono tenere conto dell'innalzamento del livello del mare previsto per la fine del secolo secondo lo scenario più probabile.

SI DOVREBBE

► **Proteggere le infrastrutture dalle inondazioni occasionali**

Nelle aree ad alto rischio di inondazioni occasionali, potrebbero essere attuate le seguenti misure:

- installare e mantenere pompaggi di emergenza per l'evacuazione dell'acqua dai sistemi di trasporto sotterranei e dalle gallerie
- elevare il livello dell'ingresso
- promuovere l'uso di barriere mobili per bloccare l'ingresso in caso di inondazione
- installare griglie di ventilazione a un'altezza maggiore
- eseguire una manutenzione frequente delle infrastrutture di drenaggio e dei sistemi di pompaggio.

Nel caso delle infrastrutture di trasporto urbano, la responsabilità spetta, in base al quadro normativo locale, alla città, all'autorità regionale o addirittura allo Stato.

► **Istituire un adeguato servizio di previsioni meteo, un sistema di allerta precoce integrato e piani d'emergenza**

Le soluzioni di protezione contro le inondazioni occasionali dovrebbero essere accompagnate da un adeguato servizio di previsione meteorologica, da un sistema di allerta precoce e dall'adozione di piani di emergenza.

SIPUÒ

► **Cogliere l'opportunità di rendere multifunzionali le barriere di protezione**

Laddove è necessaria la costruzione di barriere, dighe o frangiflutti sommersi, queste barriere potrebbero essere utilizzate anche per la produzione di energia dalle maree o dal vento o come percorsi pedonali e ciclabili.

► **Cogliere l'opportunità di sfruttare le soluzioni basate sulla natura (Nbs)**

Le dune di sabbia sono una soluzione naturale che può prevenire l'inondazione costiera a causa dell'innalzamento del livello del mare. Tuttavia, richiedono molto spazio e tempo per crescere a livelli tali da fornire una protezione efficace. Altre misure, come le zone umide costiere e le misure di attenuazione delle onde come le barriere sottomarine e, in una certa misura, i campi di posidonia lungo la costa, possono ridurre le onde e le mareggiate, diminuendo l'erosione ma non l'inondazione costiera dovuta all'innalzamento del livello del mare.

A livello nazionale e locale

SI DEVE

⚠ **Adottare adeguati accorgimenti progettuali e rivedere le norme tecniche per le costruzioni**

Se un'area è considerata a rischio di inondazione marina, le nuove infrastrutture per la mobilità pianificate devono essere progettate con un livello di ingresso più alto, con materiali resistenti all'acqua marina e dotate di pompe e sistemi di drenaggio adeguati.

⚠ **Sensibilizzare l'opinione pubblica, i decisori politici e gli urbanisti sul rischio**

È inoltre necessario sensibilizzare l'opinione pubblica sui rischi specifici legati all'innalzamento del livello del mare. Ciò aumenterà l'accettazione della normativa e delle infrastrutture necessarie a proteggere dall'innalzamento del livello del mare e dalle inondazioni. Tuttavia, una campagna di sensibilizzazione più mirata dovrebbe rivolgersi anche agli urbanisti e ai decisori politici.

SI DOVREBBE

► **Istituire un quadro normativo per l'attuazione di soluzioni basate sulla natura (NbS)**

Creare un quadro normativo per imporre o raccomandare l'implementazione di soluzioni basate sulla natura (NbS) per la pianificazione e la costruzione di infrastrutture.

A livello europeo e nazionale

SI DOVREBBE

► **Rendere obbligatoria la valutazione dell'innalzamento del livello del mare in fase di pianificazione**

Poiché la consapevolezza dei decisori politici e degli urbanisti non è sempre adeguata, si raccomanda di rendere obbligatoria la valutazione dei rischi di innalzamento del livello del mare, per tutti i piani regionali e locali che definiscono l'uso delle aree costiere, attraverso una direttiva UE ad hoc.

La legislazione nazionale dovrebbe essere conforme a tali requisiti dell'UE e i governi nazionali dovrebbero applicare questi principi nella pianificazione di nuove infrastrutture di trasporto.

Innalzamento del livello del mare

Inondazioni

Oltre alla siccità, le inondazioni sono e rimarranno probabilmente i rischi meteorologici più pericolosi per i Paesi del Mediterraneo

Fatti relativi alle inondazioni

Le inondazioni sono rischi legati al tempo atmosferico, classificati nella categoria “eventi meteorologici estremi”, il cui andamento potrebbe essere influenzato in modo significativo dai cambiamenti climatici. Esistono diversi tipi di inondazioni a seconda della causa che le genera.

- **ALLUVIONE PLUVIALE:** si verifica quando un evento pluviale estremo crea un’alluvione indipendentemente dalla presenza nelle vicinanze di un fiume, un lago, ecc. Può accadere in qualsiasi contesto, urbano o rurale
- **ESONDAZIONE:** provocata da forti precipitazioni, dallo scioglimento delle nevi nelle zone a monte o da influenze legate alle maree. Si verifica quando il volume del deflusso fluviale supera le capacità di deflusso locali a causa di piogge intense
- **INONDAZIONE COSTIERA:** Livelli del mare estremi possono verificarsi durante le tempeste, in combinazione con le alte maree, che provocano inondazioni costiere in assenza di una protezione costiera sufficiente

Le **alluvioni lampo** disastrose sono molto più frequenti soprattutto nella parte occidentale del Mediterraneo, un’area molto più esposta a eventi di forte impatto e di elevata magnitudo, a causa del clima locale, incline a precipitazioni brevi e intense.

Le inondazioni possono verificarsi perché i sistemi di drenaggio urbano, gli argini o le dighe non sono più adeguatamente progettati per affrontare “bombe d’acqua” improvvise e potenti, la cui portata è stata amplificata dai cambiamenti climatici.

Tendenze future

Le proiezioni attuali, probabilmente a causa dei limiti delle serie di dati disponibili e di alcuni segnali complessi che si sovrappongono, non indicano un cambiamento nei modelli di alluvioni estreme nella regione mediterranea legato ai cambiamenti climatici. Tuttavia, è probabile che la vulnerabilità alle alluvioni aumenti a causa della crescita della popolazione e dello sviluppo urbano nelle aree a rischio di alluvione nei prossimi anni. La siccità aggrava l’impatto delle inondazioni, poiché riduce la capacità del suolo di assorbire l’acqua, rendendolo impermeabile, aumentando il deflusso e, quindi, la probabilità di inondazioni. Inoltre, la quantità totale di precipitazioni sarà approssimativamente la stessa. Tuttavia, il fenomeno si concentrerà nell’arco di pochi giorni, aumentando la possibilità di allagamento di spazi pubblici, edifici e infrastrutture di trasporto.

Fattori di impatto climatico correlati

- Precipitazioni intense
- Aumento del livello del mare



Impatti sulla Mobilità Urbana

	Utenti	Veicoli	Infrastruttura	Operatività
Trasporto pubblico	●●●	●●●	●●●	●●●
Mobilità attiva	●●●	●●	●●	●●●
Trasporto privato	●●	●●●	●●●	●●●

● Basso ●● Medio ●●● Alto

Le alluvioni hanno un forte impatto su tutti gli aspetti della mobilità e delle modalità urbane.

■ Circolazione e sicurezza

Le inondazioni di minore entità possono causare interruzioni e congestioni del traffico e aumentare gli incidenti legati alle condizioni meteorologiche. Le inondazioni più significative, invece, con livelli d'acqua elevati e/o forti flussi, possono trascinare via i veicoli e minacciare gravemente la vita delle persone.

■ Infrastrutture sotterranee inutilizzabili

Durante e dopo un'alluvione, le infrastrutture sotterranee, come le reti della metropolitana, i sottopassaggi stradali e i parcheggi, sono inutilizzabili perché sommerse, con conseguenze anche sui servizi di trasporto pubblico.

■ Riduzione o impedimento della fruibilità delle infrastrutture di mobilità

L'allagamento di un'area provoca interruzioni delle reti di trasporto, con conseguenti interruzioni del servizio di trasporto pubblico. Durante le alluvioni improvvise o le esondazioni, è possibile l'erosione delle infrastrutture di trasporto, con conseguenti interruzioni a lungo termine e costi elevati per la ricostruzione.

Per quanto riguarda il trasporto fluviale, le inondazioni potrebbero causare interruzioni del servizio per motivi di sicurezza, danni ai moli e una minore navigabilità dei corsi d'acqua a causa di un maggior accumulo di detriti. Potrebbero essere necessari dragaggi più frequenti, con costi di manutenzione superiori³.

■ Accessibilità ridotta alle infrastrutture di mobilità

Durante e subito dopo un'alluvione, l'accesso alle infrastrutture di mobilità, e di conseguenza ai servizi di trasporto pubblico, potrebbe essere ridotto a causa dell'allagamento di un'area (ad esempio, una fermata di una linea di trasporto pubblico o una stazione o le linee della metropolitana).

■ Maggior deterioramento delle infrastrutture

Le alluvioni possono aumentare il deterioramento delle infrastrutture (ad esempio, l'erosione della superficie stradale o del sottofondo stradale che può ridurre la stabilità della strada), richiedendo una manutenzione più frequente e di conseguenza costi più elevati. Le esondazioni aumentano anche l'erosione, che può accelerare la rimozione dei sedimenti in prossimità dei ponti, minacciando la stabilità di queste infrastrutture. Occorre anche prevedere il rischio di crollo di un ponte per via del materiale trasportato durante l'alluvione che può bloccarsi e formare una diga quando l'acqua scorre, aumentando l'azione dell'acqua sulla struttura del ponte.

³ Ibidem

Soluzioni/Possibili Misure di Adattamento

A livello locale

SI DEVE

⚠ Mappare e valutare la vulnerabilità alle inondazioni delle infrastrutture di mobilità urbana

Il rischio di allagamento delle aree deve essere valutato, considerando il possibile tipo di alluvione (pluviale, fluviale o costiera) e la topografia. La vulnerabilità della mobilità urbana deve essere mappata in base alla presenza di infrastrutture di mobilità a rischio di allagamento in aree ad alto rischio di alluvione.

⚠ Adottare misure di protezione per le infrastrutture di mobilità urbana esistenti a rischio di alluvione

Le misure di protezione attiva o passiva devono essere adottate localmente per proteggere le infrastrutture di mobilità vulnerabili alle inondazioni.

- Misure di protezione attiva: manutenzione delle aree alluvionali con pulizia della vegetazione; sistema di allarme efficace; sistema di pompaggio
- Misure di protezione passiva: barriere fisiche; ingresso rialzato alle strutture sotterranee; sistemi di drenaggio

Delocalizzare e/o eliminare le infrastrutture che peggiorano gli effetti derivanti dall'alterazione del clima o che ne sono gravemente colpite.

⚠ Pianificare e progettare nuove infrastrutture di mobilità urbana tenendo conto del rischio di alluvione

Nella pianificazione di nuove infrastrutture per la mobilità urbana, evitare le aree ad alto rischio di inondazione nel lungo periodo e adottare caratteristiche progettuali specifiche per proteggere le infrastrutture.

SI PUÒ

▶ **Informare e educare**

Migliorare le previsioni meteorologiche, sviluppare e attuare piani di gestione delle emergenze e sistemi di allerta precoce. Organizzare eventi di formazione per le comunità per aumentare le conoscenze e la consapevolezza su come comportarsi e reagire durante un'alluvione.

A livello nazionale

SI DOVREBBE

▶ **Adottare misure di protezione per le infrastrutture di mobilità urbana esistenti a rischio di alluvione**

A livello nazionale, la valutazione della vulnerabilità alle alluvioni delle infrastrutture di mobilità urbana dovrebbe diventare obbligatoria e costituire il punto di partenza per lo sviluppo di un piano locale per l'attuazione graduale di misure di protezione per le infrastrutture di mobilità altamente vulnerabili alle alluvioni.

Delocalizzare e/o eliminare le infrastrutture che peggiorano gli effetti derivanti dall'alterazione del clima o che ne sono gravemente colpite.

▶ **Pianificare e progettare nuove infrastrutture di mobilità urbana tenendo conto del rischio di alluvione**

A livello nazionale dovrebbero essere emanate linee guida, norme tecniche o leggi per l'edilizia per rendere obbligatorio questo approccio.

A livello europeo e nazionale

SI PUÒ

► **Informare e educare**

Si possono pubblicare linee guida educative e promuovere campagne sull'evacuazione di emergenza.



Precipitazioni intense

Gli eventi estremi di precipitazione sono uno dei rischi naturali più frequenti e di maggiore impatto negativo, in quanto possono portare a frane e alluvioni (pluviali, fluviali e improvvise).

Fatti relativi a precipitazioni intense

- Negli ultimi anni gli eventi di precipitazione intensa sono aumentati sempre più nell'Europa meridionale, soprattutto nella regione mediterranea, e sono altamente correlati alla temperatura superficiale del Mar Mediterraneo.
- Questi episodi occasionali si verificano soprattutto durante la stagione autunnale e possono provocare più di 200 mm di pioggia in meno di 24 ore, producendo devastanti alluvioni lampo con perdite sociali ed economiche molto elevate.

Le **grandinate** sono incluse nella categoria delle precipitazioni intense.

Tendenze future

Secondo le proiezioni, le precipitazioni intense diminuiranno di frequenza ma diventeranno più abbondanti in tutte le stagioni, ad eccezione dell'estate.

Le proiezioni future mostrano un aumento della probabilità di eventi dannosi soprattutto nella parte orientale della regione mediterranea spagnola (si veda anche il capitolo sulle inondazioni).

Fattori di impatto climatico correlati

- **Alluvione (alluvione pluviale)**



Precipitazioni intense

Impatti sulla Mobilità Urbana

	Utenti	Veicoli	Infrastruttura	Operatività
Trasporto pubblico	●●●	●●●	●●●	●●
Mobilità attiva	●●●	●●	●●	●●●
Trasporto privato	●●	●●●	●●●	●●

● Basso ●● Medio ●●● Alto

Impatti sulle infrastrutture

■ Danni alle infrastrutture di mobilità

Le forti precipitazioni possono causare l'instabilità idrogeologica dei pendii, soprattutto dopo un periodo di siccità, aumentando il rischio di frane con potenziali danni alle infrastrutture di trasporto (ad esempio, strade e ferrovie).

■ Deterioramento del manto stradale

Le forti precipitazioni aumentano l'erosione delle strade, con conseguente riduzione della sicurezza stradale e aumento dei costi di manutenzione.

Impatti sui veicoli

■ Inutilizzabilità dei veicoli a causa dei danni

In caso di grandinate estreme, i veicoli possono subire gravi danni (ad esempio, rottura dei finestrini), rendendoli inutilizzabili anche molto tempo dopo l'evento meteorologico estremo.

Impatti sugli utenti

■ Congestione del traffico automobilistico privato

Le forti precipitazioni scoraggiano la mobilità attiva e l'uso del trasporto pubblico, con conseguente aumento del numero di auto e della congestione del traffico sulla rete stradale.

■ Disagio e sicurezza

Le forti precipitazioni influiscono sul comfort delle persone durante gli spostamenti e aumentano il rischio di incidenti per via di maggiore congestione del traffico automobilistico, ridotta visibilità e strade scivolose. Inoltre, la capacità di andare a piedi e di utilizzare mezzi di trasporto non motorizzati è ridotta e le persone possono subire lesioni dirette in caso di forti grandinate.

Impatti sul servizio

■ Ritardi nel servizio di trasporto pubblico

Le forti precipitazioni potrebbero causare ritardi nel servizio di trasporto pubblico, a causa della maggiore congestione del traffico sulla rete stradale e della riduzione della velocità per motivi di sicurezza.



Possibili Misure di Adattamento

A livello locale

SI DEVE

⚠ **Mantenere efficiente il sistema di drenaggio**

Controllare regolarmente l'efficienza degli scarichi. È necessario pulire i tombini e le caditoie stradali dal fogliame e dai rifiuti accumulati ai bordi della carreggiata per evitare allagamenti e ridurre al minimo i disagi. Aumentare la capacità di pompaggio per evacuare l'acqua dalle gallerie, considerando anche l'impiego di pompe mobili in caso di forti piogge.

⚠ **Migliorare il sistema di drenaggio delle acque piovane ("soluzioni grigie")**

Attuare il principio "Keep the rain where it falls" (mantenere la pioggia dove cade) dotando il sistema di drenaggio esistente di depositi per le acque piovane, sia grigi che naturali (ad esempio, aree nelle parti a quota più bassa dei parchi urbani, zone umide, ecc.), per trattenere l'acqua in eccesso e farla defluire gradualmente dopo un evento di pioggia estremo. In base ai livelli di precipitazione locali, considerare il rafforzamento del sistema di drenaggio esistente con la costruzione di un sistema separato per le acque piovane.

⚠ **Realizzare un sistema di drenaggio urbano sostenibile (SUDS)**

Dato l'aumento dell'entità delle precipitazioni intense, è necessario sfruttare la capacità di ritenzione idrica delle infrastrutture verdi urbane (ad esempio, i "rain garden") abbinate a efficienti infrastrutture grigie tradizionali (ad esempio, i sistemi di drenaggio).

⚠ **Mappare e valutare la vulnerabilità alle alluvioni pluviali delle infrastrutture di mobilità urbana**

La vulnerabilità alle alluvioni pluviali delle infrastrutture di mobilità urbana deve essere valutata e mappata per pianificare e dare priorità alle azioni di adattamento.

⚠ **Istituire un adeguato servizio di previsioni meteorologiche, un sistema di allerta precoce e un piano di emergenza.**

Un'adeguata capacità di previsione meteorologica unita a un sistema di allerta precoce consente di attivare piani di emergenza per ridurre i disagi e i potenziali danni.

SI DOVREBBE

▶ **Informare e educare**

A livello regionale, i centri di formazione per la gestione delle emergenze dovrebbero essere rafforzati o istituiti, se non già presenti, offrendo formazione su come comportarsi in caso di tempesta sia ai cittadini (pendolari) che ai lavoratori del settore della mobilità.

SIPUÒ

▶ **Prevedere pensiline e percorsi coperti per la mobilità attiva**

Gli eventi di precipitazione intensa possono verificarsi inaspettatamente e possono essere molto abbondanti. Nello spazio pubblico si potrebbero prevedere dei ripari per gli utenti della mobilità attiva e per gli operatori della bike economy (ad esempio, i rider). Inoltre, i percorsi coperti, come i portici o le strade alberate, potrebbero promuovere la mobilità attiva incoraggiando un maggior numero di persone a camminare anche nelle giornate di maltempo.

A livello nazionale

SI DEVE

⚠ **Aggiornare le norme tecniche di progettazione del sistema di drenaggio**

A livello nazionale, le norme tecniche di progettazione dei sistemi di drenaggio devono essere aggiornate, in particolare le serie di tempi di ritorno, per poter far fronte all'aumento della portata e della frequenza degli eventi pluviali.



Precipitazioni intense

Raffiche di vento estreme

Un fenomeno che provoca regolarmente ingenti danni economici in tutta Europa.

Fatti relativi a raffiche di vento estreme

- Le raffiche di vento estreme colpiscono le città danneggiando i sistemi di trasporto, le infrastrutture energetiche, la vegetazione, le proprietà private e la salute umana.
- Le regioni costiere sono particolarmente colpite dalle trombe d'aria, data la concentrazione di ambienti urbani in queste aree. Ciò aumenta in generale l'esposizione delle città europee ai rischi provocati dai forti venti.
- Le strutture costruite nelle città, come gli edifici alti, alterano il flusso del vento e possono creare gallerie del vento in cui la velocità è molto elevata, con conseguente aumento del rischio di danni.
- Le trombe d'aria e i cicloni più intensi spesso producono eventi meteorologici ad alto impatto, come mareggiate, frane e inondazioni, e possono anche contribuire alla rapida propagazione degli incendi.

Tendenze future

Due fattori meritano attenzione nel contesto del cambiamento globale: a) la frequenza dei venti forti e b) la loro intensità misurata in termini di velocità del vento.

Si prevede un aumento della frequenza degli eventi di Bora invernale, mentre la frequenza degli eventi di Scirocco dovrebbe diminuire. Al contrario, la velocità media del vento, durante gli eventi di Bora e Scirocco, dovrebbe diminuire, ad eccezione della Bora nell'Adriatico settentrionale.

Fattori di impatto climatico correlati ■ Precipitazioni intense ■ Incendi boschivi
■ Inondazione costiera



Impatti sulla Mobilità Urbana

	Utenti	Veicoli	Infrastruttura	Operatività
Trasporto pubblico	●●●	●●●	●●●	●●●
Mobilità attiva	●●●	●●	●	●●●
Trasporto privato	—	●●●	●●	●●

● Basso ●● Medio ●●● Alto

- **Interruzione dei servizi di trasporto pubblico e disagi alla circolazione:** le trombe d'aria possono danneggiare le infrastrutture stradali e ferroviarie, causando interruzioni del servizio e disagi alla circolazione se i venti fanno cadere alberi o trasportano altri detriti sui binari ferroviari. Le forti raffiche di vento possono anche causare il ribaltamento dei camion, con conseguenze sul traffico cittadino. Ciò può comportare un maggiore consumo di carburante in caso di deviazione del percorso, con un aumento dei costi esterni negativi legati all'inquinamento.
- **Danni ai sistemi di elettrificazione della città:** i danni alle apparecchiature elettriche e le interruzioni di corrente possono mettere fuori servizio le fermate dei tram, i tram stessi e le loro strutture di deposito.
- Infrastrutture come **ponti e viadotti possono essere danneggiate** dalla pressione del vento e dalla caduta di detriti. L'elevata velocità del vento può comportare la chiusura al traffico di ponti e viadotti per alcuni tipi di veicoli, come gli autocarri pesanti.
- Gli eventi ventosi possono causare **difficoltà di navigazione e interruzioni del servizio:** la difficoltà di ormeggio delle navi e l'impossibilità di azionare le gru possono causare congestione nei porti e nelle zone limitrofe e ritardi nelle spedizioni; il vento forte può anche limitare la navigazione di traghetti, navi da crociera o altre imbarcazioni turistiche, creando disagi sia ai cittadini (ad esempio, i pendolari) che ai turisti.
- Impedire la mobilità attiva: camminare e andare in bicicletta diventa più faticoso e pericoloso a causa del rischio di caduta o di essere colpiti da detriti volanti.

Possibili Misure di Adattamento

A livello locale

SI DOVREBBE

► Migliorare le misure soft

Si dovrebbe cercare di migliorare l'accuratezza delle previsioni meteorologiche e dei sistemi di allerta precoce, rafforzando la risposta alle emergenze. In questo modo si otterrebbe una migliore preparazione e potenzialmente un minor numero di danni.

► Curare il verde urbano e adattarlo agli eventi atmosferici

Gli alberi urbani devono essere controllati regolarmente e le parti malate o morte pericolose devono essere rimosse.

La vegetazione vulnerabile, come le conifere ad alto fusto in prossimità di edifici e altri beni, deve essere sostituita con specie più resistenti al vento (ad esempio, latifoglie). In questo modo si potrebbero evitare danni alle persone o agli edifici e alle infrastrutture causati dalla caduta di rami o di interi alberi.

Raffiche di vento estreme

SI DOVREBBE

► **Costruire frangivento strategici e ripari**

Le infrastrutture di mobilità colpite negativamente da forti venti dovrebbero essere protette con frangivento che ne consentano l'uso anche durante le tempeste di vento. I frangivento possono essere strutture artificiali o realizzate con la vegetazione.

Dovrebbero essere costruiti ripari per offrire protezione in caso di vento estremo agli utenti della mobilità attiva durante i loro spostamenti e agli utenti del trasporto pubblico durante l'attesa.

A livello regionale e nazionale

SI DEVE

⚠ **Adattare le norme di progettazione tecnica delle infrastrutture**

Occorre valutare se le attuali norme di progettazione sono adeguate per opere in grado di resistere a tempeste di vento più frequenti e intense. In caso contrario, le norme tecniche di progettazione delle nuove infrastrutture di mobilità, come ponti, cavalcavia, stazioni, edifici, ecc. devono essere adattate all'aumento previsto della velocità del vento.

SIPUÒ

► **Proteggere l'infrastruttura elettrica**

Lo spostamento dell'infrastruttura elettrica nel sottosuolo può evitare interruzioni prolungate dell'alimentazione che possono provocare disservizi e interruzioni del servizio se la mobilità urbana è prevalentemente alimentata a energia elettrica (ad esempio, tram, linee metropolitane, infrastrutture di ricarica dei veicoli).

Raffiche di vento





Incendi boschivi

Fatti relativi a incendi boschivi

- La loro causa predominante è da ricercarsi nell'attività umana e i dati suggeriscono anche che circa il 60% degli incendi causati dall'uomo in Europa è intenzionale.
- Sebbene la scintilla possa avere origine dall'attività umana, il clima e le condizioni meteorologiche influenzano fortemente l'insorgere e la propagazione di un incendio boschivo. La siccità e le ondate di calore possono indurre un calo dell'attività della vegetazione e una forte diffusione degli incendi, mentre l'elevata velocità del vento può modificare il regime e le caratteristiche degli incendi, favorendone la propagazione.
- Spagna, Portogallo e Turchia sono i Paesi con il più alto pericolo attuale e previsto associato agli incendi. Anche la Grecia, parti dell'Italia centrale e meridionale (comprese le isole di Sicilia e Sardegna), la Francia mediterranea e la regione costiera dei Balcani mostrano una crescente vulnerabilità a questo pericolo.
- Gli incendi boschivi sono pericoli che causano una fonte significativa di emissioni di gas serra.

Tendenze future

Si prevede che il cambiamento climatico aumenti il rischio di incendi nella regione, a causa dell'aumento degli episodi di siccità e della riduzione dell'umidità del suolo.

Nonostante l'aumento del rischio, gli incendi boschivi sono generalmente in diminuzione nella parte europea del bacino, grazie agli sforzi per migliorare l'estinzione degli incendi, la gestione del rischio di incendio e la prevenzione.

Fattori di impatto climatico correlati

- Raffiche di vento



Incendi boschivi

Impatti sulla Mobilità Urbana

	Utenti	Veicoli	Infrastruttura	Operatività
Trasporto pubblico	●●●	●●●	●●●	●●●
Mobilità attiva	●●●	●●●	●	●●●
Trasporto privato	●●	●●●	●●	●●●

● Basso ●● Medio ●●● Alto

- Possibili **interruzioni temporanee o di lungo termine dei sistemi di trasporto** per motivi di sicurezza, visibilità ridotta o danni.
- **Riduzione** della percorribilità a piedi e di altre **modalità di mobilità attiva** a causa del fumo. L'aumento degli inquinanti atmosferici (ad esempio, PM, diossina, ecc.) ha un impatto negativo sulla salute cardiovascolare e polmonare e aumenta il rischio di cancro.

Possibili Misure di Adattamento

A livello locale, regionale e nazionale

SI DEVE

⚠ Pianificare gli sviluppi urbani e della mobilità tenendo conto del rischio di incendio

Evitare nuovi sviluppi nelle aree urbane e infrastrutture per la mobilità nelle zone ad alto rischio di incendio. Creare un'area tagliafuoco tra le aree naturali e quelle urbane o le infrastrutture per la mobilità e attuare modifiche al suolo e alla vegetazione per aumentare la resilienza agli incendi.

⚠ Piano di gestione degli incendi e delle emergenze

Gestire le aree naturali che circondano l'ambiente costruito e le infrastrutture di mobilità, controllando la quantità di "combustibile" (cioè erba, manto di foglie, ramoscelli, corteccia e altra vegetazione viva che può bruciare) nella boscaglia per prevenire lo scoppio di incendi boschivi. Per quanto riguarda la gestione delle emergenze, sviluppare piani di evacuazione per evitare perdite di vite umane.

SI DOVREBBE

▶ Rendere ridondante il sistema di mobilità

Considerare un'ampia gamma di opzioni di mobilità per creare ridondanza e fornire opzioni di transito alternative temporanee per evitare possibili interruzioni del sistema di trasporto durante un incendio boschivo.

A livello nazionale ed europeo

SI DOVREBBE

▶ Investire nella comunicazione

Poiché la maggior parte degli incendi boschivi ha inizio a causa dell'attività umana, la sensibilizzazione è una misura cruciale per promuovere comportamenti responsabili nella prevenzione degli incendi (riducendone così il rischio) e una risposta adeguata durante le emergenze.





Ondate di calore

*“Questa potrebbe essere l'estate più fresca della vostra vita. Abitatevi al pensiero”
giugno 2022*

Fatti relativi a ondate di calore

- Le ondate di calore sono periodi prolungati (più di tre giorni) di caldo anomalo.
- Un'ondata di calore non ha valori assoluti di temperatura di riferimento; si verifica quando le temperature massime giornaliere in un'area specifica sono superiori all'andamento climatico standard del passato, con temperature medie estive in aumento; anche i valori soglia che definiscono le ondate di calore mostrano una tendenza all'aumento.
- Le ondate di calore esacerbano l'effetto dell'isola di calore urbana (UHI), amplificando le temperature negli spazi chiusi e determinando un peggioramento della qualità dell'aria a causa della creazione di ozono che ha un impatto negativo sulla salute umana.

Tendenze future

Si prevede che le ondate di calore aumenteranno di intensità e durata entro la fine del secolo.

Le temperature raggiunte durante le ondate di calore eccezionalmente intense osservate all'inizio del secolo potrebbero diventare le normali temperature estive entro la fine di questo periodo.

Fattori di impatto climatico correlati

■ Incendi boschivi



Ondate di calore

Impatti sulla Mobilità Urbana

	Utenti	Veicoli	Infrastruttura	Operatività
Trasporto pubblico	●●●	●●	●●●	●●●
Mobilità attiva	●●●	●●●	●●	
Trasporto privato	●	●●	●●	

● Basso ●● Medio ●●● Alto

Gli impatti delle ondate di calore riguardano quasi tutti gli aspetti della mobilità urbana, spesso interconnessi, con conseguenze negative dirette sui costi delle infrastrutture e dei veicoli e sui comportamenti di mobilità degli utenti e del personale del trasporto pubblico.

■ Danni alle infrastrutture stradali e ferroviarie

A causa delle ondate di calore, le alte temperature danneggiano i materiali delle infrastrutture, come l'asfalto delle strade, l'acciaio delle ferrovie, e colpiscono anche i giunti di dilatazione dei ponti, alterando le proprietà fisiche dei materiali utilizzati nella costruzione delle infrastrutture di trasporto. I rischi potenziali per le strade includono la deformazione del manto, la fusione dell'asfalto o la formazione di solchi, con conseguenti condizioni stradali non sicure e rallentamento del sistema di trasporto.

L'eccezionale espansione termica dovuta alle ondate di calore si verifica anche sui binari ferroviari, producendo flessioni e deformazioni della rotaia (i cosiddetti "sun kink") che contribuiscono all'instabilità e ai deragliamenti. Le alte temperature possono minacciare anche la rete metropolitana e i treni, se non adeguatamente ventilati.

■ Aumento del deterioramento dei veicoli per il trasporto privato e pubblico

L'asfalto danneggiato e l'alta temperatura sulle superfici stradali possono accelerare il processo di deterioramento e consumo, accentuando le condizioni di viaggio non sicure e comportando costi più elevati sia per la riparazione dell'infrastruttura che per la manutenzione dei veicoli pubblici e privati.

Inoltre, il calore può essere dannoso per i motori, soprattutto quelli diesel, provocando il surriscaldamento e il deterioramento di altre apparecchiature.

■ Persone (passeggeri e operatori dei servizi di trasporto pubblico, lavoratori delle infrastrutture e utenti della mobilità attiva)

Le alte temperature raggiunte durante le ondate di calore riducono inoltre il comfort termico e la qualità dell'aria interna, un fattore che spesso rappresenta una sfida per i passeggeri e i conducenti già in condizioni normali, a causa degli spazi chiusi, della scarsa qualità dell'aria interna, del calore generato dai motori dei treni, dei finestrini non schermati e della densità dei corpi umani. Inoltre, lo stress da calore subito dai passeggeri in attesa nelle stazioni di transito non protette, soprattutto nelle ore di punta, può essere grave.

Inoltre, il personale addetto alla manutenzione e alla costruzione dell'infrastruttura può essere sottoposto a un intenso affaticamento quando lavora per molte ore in condizioni climatiche calde, soprattutto quando si verifica un'ondata di calore.

Le persone che camminano o vanno in bicicletta possono avvertire un intenso stress da calore e riportare problemi di salute. Potrebbero decidere di passare al trasporto pubblico o, nel peggiore dei casi, di evitare di viaggiare se non possono permettersi un veicolo privato.

Possibili Misure di Adattamento

A livello locale

SI DEVE

⚠️ **Adottare una progettazione sensibile al clima per le fermate del trasporto pubblico**

Piantare alberi o fornire altri ripari e posti a sedere per le persone vulnerabili alle fermate dei mezzi pubblici. Se l'umidità relativa non è elevata, installate nelle aree di attesa sistemi di nebulizzazione da attivare in caso di ondate di calore. Mantenere ventilate e fresche le stazioni e le gallerie di transito sotterranee.

⚠️ **Proteggere le persone**

Creare zone d'ombra sui principali percorsi pedonali e ciclabili e aree di sosta con sedili, ombreggiatura e fontane d'acqua per le persone vulnerabili.

Gestire i turni di lavoro degli addetti alla manutenzione per evitare l'esposizione al caldo estremo.

SI DOVREBBE

▶ **Sviluppare e applicare una progettazione sensibile al clima per i veicoli del trasporto pubblico**

Utilizzare sistemi di ventilazione a basso consumo energetico su autobus e treni della metropolitana, dipingere gli autobus di bianco e applicare vetri oscurati per schermare dal sole. Installare anche termometri all'interno di autobus e treni per consentire agli autisti di monitorare la temperatura.

Predisporre percorsi alternativi agli autobus per ridurre l'esposizione dei passeggeri al calore (le modifiche operative spesso costano meno degli interventi sulle infrastrutture) fornire servizi di trasporto a chiamata per le persone vulnerabili (soprattutto al di fuori del centro città, dove la frequenza dei servizi di trasporto pubblico è minore).

▶ **Adattare le aree urbane**

Evitare il surriscaldamento aumentando il numero di aree verdi e modificando l'albedo scegliendo colori chiari per marciapiedi ed edifici.

Ridurre le emissioni urbane di particolato passando a sistemi di riscaldamento meno impattanti.

Applicare sistemi di allarme sui binari per rilevare le deformazioni delle rotaie.

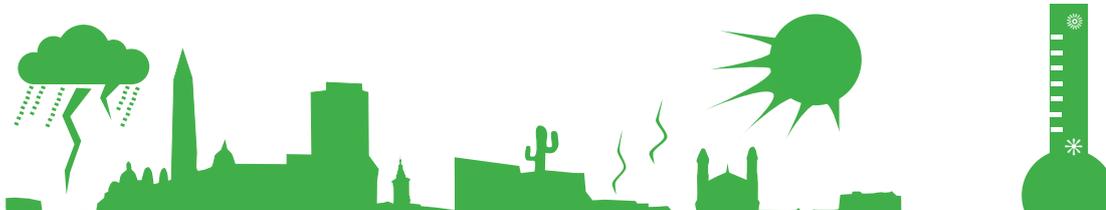
Migliorare la costruzione delle strade con materiali di pavimentazione più durevoli (leganti per asfalto resistenti al calore e asfalto più resistente alle ormaie) e migliorare la progettazione dei giunti di dilatazione dei ponti affinché resistano alle alte temperature.

Stabilire limiti di velocità e di peso dei veicoli sui tratti di infrastruttura stradale a rischio durante le ondate di calore.

SI PUÒ

▶ **Educare le persone**

Lanciare una campagna di sensibilizzazione sui pericoli delle temperature estreme e fornire raccomandazioni preziose per gli utenti della mobilità attiva e del trasporto pubblico (ad esempio, rimanere idratati, usare cappellini, scegliere abiti leggeri e ariosi, viaggiare quando fa più fresco, evitare viaggi inutili, evitare o ridurre il consumo di zucchero e sale che possono aggravare la sete, ecc.)



A livello regionale e nazionale

SI DEVE

⚠ Sostenere le autorità locali

Sostenere le autorità locali nella co-pianificazione delle aree verdi e costruite, attuando strategie di progettazione urbana a favore della ventilazione naturale nelle strade.

SI DOVREBBE

▶ **Creare nuove normative per le stazioni del trasporto pubblico**

Progettare nuove norme tecniche per le stazioni del trasporto pubblico per evitare il calore estremo al loro interno, applicando soluzioni ad alta efficienza energetica.

▶ **Proteggere le persone**

I percorsi ciclabili extraurbani dovrebbero essere ombreggiati e dovrebbero essere disponibili aree di sosta con fontane d'acqua.

A livello europeo

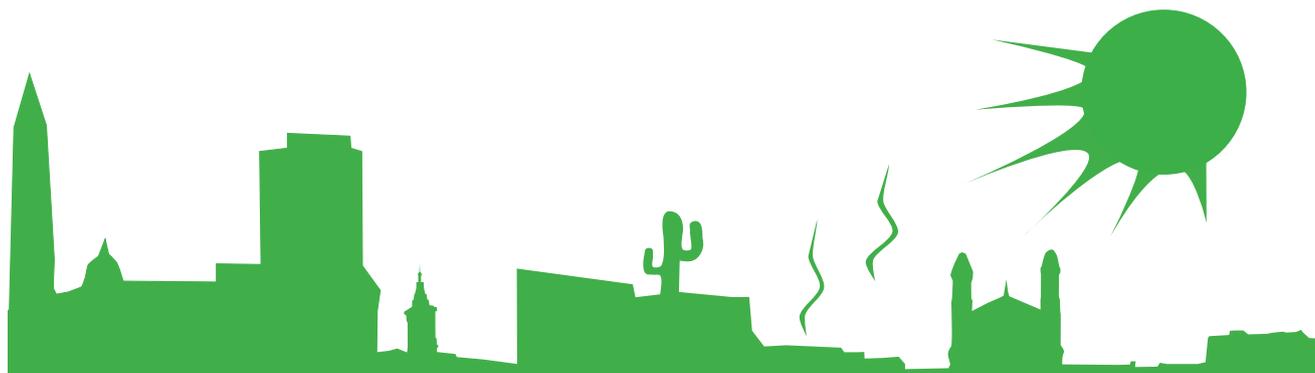
SI DOVREBBE

▶ **Creare nuove normative per i veicoli**

Dovrebbero essere fissate nuove normative per i veicoli, al fine di ridurre il calore disperso che contribuisce al surriscaldamento delle aree urbane e a potenziare gli effetti delle isole di calore urbane.

Anche per i veicoli del trasporto pubblico si dovrebbero stabilire nuove normative per garantire un adeguato comfort ai passeggeri anche in caso di caldo estremo, grazie a colori chiari, finestrini ombreggiati, ventilazione e sistemi di raffreddamento.

Ondate di calore



Bibliografia

- [IPCC, Climate Change 2021: Le basi fisico-scientifiche. Contributo del Gruppo di Lavoro I al Sesto Rapporto di Valutazione dell'IPCC, 2021.](#)
- [MedECC, Climate and Environmental Change in the Mediterranean Basin. Current Situation and Risks for the Future. First Mediterranean Assessment Report, 2020.](#)
- [UNEP/MAP and Plan Bleu, State of the Environment and Development in the Mediterranean, 2020.](#)
- [P. Bertoldi, Guidebook 'How to develop a Sustainable Energy and Climate Action Plan \(SECAP\). Part 2 - Baseline Emission Inventory \(BEI\) and Risk and Vulnerability Assessment \(RVA\), 2018.](#)
- [D. Black, N. Pyatt, Adapting Urban Transport to Climate Change. Module 5f. Sustainable Transport: A Sourcebook for Policy-makers in Developing Cities. 2nd Edition, 2021.](#)
- [MIMS, Cambiamenti climatici, infrastrutture e mobilità. Soluzioni e strategie per gli investimenti infrastrutturali in un contesto di adattamento ai cambiamenti climatici e di mitigazione delle emissioni di gas-serra. Rapporto della "Commissione cambiamenti climatici, infrastrutture e mobilità sostenibili", 2022.](#)
- [POLIS, and Rupprecht Consult - Forschung & Beratung GmbH, Topic Guide: Planning for more resilient and robust urban mobility, 2021.](#)
- [UNEP, Beating the Heat: A Sustainable Cooling Handbook for Cities, 2021.](#)
- [Raymond C., Matthews T., Horton R.M. The emergence of heat and humidity too severe for human tolerance. Science Advances, 2020.](#)
- [W. Cramer, J. Guiot, M. Fader, J. Garrabou, J-P. Gattuso, A. Iglesias, M.A. Lange, P. Lionello, M.C. Llasat, S. Paz, J. Peñuelas, M. Snoussi, A. Toreti, M.N. Tsimplis, & E. Xoplaki, Climate change and interconnected risks to sustainable development in the Mediterranean, 2018.](#)
- [S. Somot, L. Houpert, F. Sevault et al., Characterizing, modelling and understanding the climate variability of the deep water formation in the North-Western Mediterranean Sea, 2018.](#)
- [G. Jordà, D. Gomis, F. Adloff, Vulnerability of marginal seas to sea-level rise: The case of the Mediterranean Sea, 2020.](#)
- [P. Bertoldi, Guidebook 'How to develop a Sustainable Energy and Climate Action Plan \(SECAP\)'. Part 3 - Policies, key actions, good practices for mitigation and adaptation to climate change and Financing SECAP\(s\), 2018.](#)
- [EEA, Nature-based solutions in Europe: policy, knowledge and practice for climate change adaptation and disaster risk reduction. Report No 01/2021.](#)

Riferimenti esterni

- [IPCC WGI Interactive Atlas](#)
- [The impacts of climate change at 1.5C, 2C and beyond | Carbon Brief](#)



Interreg
Mediterranean



URBAN
TRANSPORTS



Crediti:

illustrazioni di Elena Chiesa
Disposizione del Policy Brief #4
a cura UNIMED - Unione delle Università del
Mediterraneo

Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0
International (CC BY-NC-SA 4.0)



Project co-financed by the European
Regional Development Fund
<https://urban-transport.interreg-med.eu>

