

SCHEDA 8

STATO DELL'ARTE DELLE CONOSCENZE SUI NESSI CAUSALI TRA MANIFESTAZIONI DELL'EMERGENZA CLIMATICA E IMPATTI SULLA CONDIZIONE UMANA

SOMMARIO: La stabilità climatica come determinante fondamentale della salute; - Caratteristiche prevalenti degli studi elaborati sui nessi causali; - Esistenza di «rischi diretti» tra manifestazioni dell'emergenza climatica e salute umana e di «esposizione cronica» della condizione umana alle concentrazioni crescenti di gas serra; - Le conferme dall'AR6 2022 dell'IPCC.

(Tutti i documenti sono linkabili)

LA STABILITÀ CLIMATICA COME DETERMINANTE FONDAMENTALE DELLA SALUTE

La relazione tra manifestazioni dell'emergenza climatica e impatti sulla condizione umana è stata abbondantemente studiata, con una prima ricognizione mondiale, a livello scientifico, nel 2006 (McMichael, Woodruff, Hales, *Climate change and human health: present and future risks*, in *The Lancet*, 367, 2006, 859-869).

Le relative acquisizioni sono state ufficializzate dall'IPCC, in particolare a partire dall'AR5 (Woodward, Campbell-Lendrum, Chadee, Honda *et al.*, *Human health. Impacts, adaptation, and co-benefits*, in *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge, 709-754) e considerare poi in tutti gli *Special Report* della stessa organizzazione, che offrono evidenze in materia (<https://www.ipcc.ch/reports/>), sino all'AR6 del 2021 sullo stato delle conoscenze scientifiche.

In particolare, l'AR5 dell'IPCC aveva già rilevato, al 2013, l'alta probabilità di aumento della temperatura di oltre i 2°C entro fine secolo, indirizzando l'instabilità climatica verso scenari peggiorativi irreversibili. Infatti, nel "Sommario destinato ai politici" (*Summary for Policymakers*) del *Report*, sono già elencate le c.d. "RFC", ossia le "Reason For Concern" (motivi di preoccupazione):

- rischio di morte, lesioni, malattie o distruzione dei mezzi di sostentamento nelle zone costiere basse e nei piccoli Stati insulari in via di sviluppo e in altre isole minori, a causa di mareggiate, inondazioni costiere e innalzamento del livello del mare [RFC 1-5];
- rischio di gravi problemi di salute e di distruzione dei mezzi di sostentamento per le grandi popolazioni urbane a causa di inondazioni interne in alcune regioni [RFC 2 e 3];
- rischi sistematici dovuti a eventi meteorologici estremi che portano alla rottura di reti infrastrutturali e servizi critici come elettricità, approvvigionamento idrico e servizi sanitari e di emergenza [RFC 2-4];
- rischio di mortalità e infettività durante i periodi di caldo estremo, in particolare per le popolazioni urbane vulnerabili e per coloro che lavorano all'aperto in aree urbane o rurali. [RFC 2 e 3];
- rischio di insicurezza alimentare a causa della siccità, alle inondazioni e alla variabilità delle precipitazioni, in particolare per le popolazioni più povere nei contesti urbani e rurali [RFC 2-4];
- rischio di perdita dei beni e delle attività rurali a causa dell'accesso insufficiente all'acqua potabile e all'irrigazione [RFC 2 e 3];
- rischio di perdita degli ecosistemi marini e costieri, della biodiversità e dei beni, funzioni e servizi che l'ecosistema fornisce, in particolare per le comunità di pescatori dei tropici e dell'Artico [RFC 1, 2 e 4];
- rischio di perdita degli ecosistemi terrestri e delle acque interne [RFC 1, 3 e 4].

Sono altresì effettuati aggiornamenti periodici delle rilevazioni delle attribuzioni degli eventi estremi al cambiamento climatico antropogenico: per esempio, lo *Special Report Explaining Extreme Events of 2020 from a Climate Perspective*, pubblicato sul *Bulletin of the American Meteorological Society (BAMS)*, ha registrato il rafforzamento del consenso scientifico sull'aumento delle manifestazioni dell'emergenza climatica sostenendo che l'influenza umana stia inesorabilmente creando un nuovo clima.

Oggi, la stabilità climatica è indicata come il determinante fondamentale della salute umana (Maibacha, Millerb, Armstrongc, El Omranid *et al.*, *Health professionals, the Paris agreement, and the fierce urgency of now*, in *The Journal of Climate Change and Health*, 1, 2021, 100002).

CARATTERISTICHE PREVALENTI DEGLI STUDI ELABORATI SUI NESSI CAUSALI

La ricerca originariamente si è concentrata sulle manifestazioni istantanee, come appunto stress termico ed eventi meteorologici estremi, anche ai fini delle previsioni di aumento di questi eventi.

Si è poi costantemente allargata a tutti i campi di causazione del cambiamento climatico, analizzandone le manifestazioni di processo e quelle anche di interconnessione con altre esposizioni di rischio per la condizione umana, come, per esempio, presenti e futuri rendimenti alimentari regionali, con connessi impatti sul diritto al cibo e la sicurezza alimentare (si v. la *Glasgow Food and Climate Declaration* del 2021) e le dimensioni sociali, demografiche ed economiche dei contesti territoriali (McMichael, Woodruff, Hales, *Climate change and human health: present and future risks*, in *The Lancet*, 367, 2006, 367, 859-869).

Tutti gli studi scientifici sono stati e sono prevalentemente di carattere metodologico, ossia di elaborazione di metodi di rilevazione dei nessi causali, al fine appunto di maturare approcci di osservazione delle manifestazioni e degli impatti dell'emergenza climatica sulla condizione umana a diversi livelli di temperatura (Arnell, Lowe, Challiron, Osborn, *Global and regional impacts of climate change at different levels of global temperature increase*, in *Climatic Change*, 155, 2019, 377-391), applicabili in qualsiasi contesto e per qualsiasi scala territoriale di riferimento, allo scopo di poterne prevedere l'evoluzione sia qualitativa che quantitativa, cui aggiungere poi le osservazioni specifiche di contesto, come i determinanti della salute o le condizioni di vulnerabilità e fragilità territoriali o personali, per elaborare altresì analisi degli effetti cumulativi (Ballester, Robine, Herrmann, Rodó *et al.*, *Long-Term projections and acclimatization scenarios of temperature-related mortality in Europe*, in *Nature Communication*, 2, 2011, 358; Vicedo-Cabrera, Sera, Guo, Chung *et al.*, *A multi-country analysis on potential adaptive mechanisms to cold and heat in a changing climate*, in *Environment International*, 111, 2018, 239-246; Liu, Ma, *Climate change and health: more research on adaptation is needed*, in *The Lancet Planet. Health*, 3, 2019, e281-e282).

Il disegno più flessibile e diffuso per studiare gli impatti dell'emergenza climatica è quello delle serie temporali (Bhaskaran, Gasparrini, Hajat, Smeeth *et al.*, *Time series regression studies in environmental epidemiology*, in *International Journal of Epidemiology*, 42, 2013, 1187-1195).

Esso si basa generalmente su serie giornaliere per stimare le conseguenze, appunto giorno per giorno, delle esposizioni di interesse.

A questo disegno si aggiungono, più recentemente, approcci su serie temporali annuali (Goggins, Yang, Hokama, Law *et al.*, *Using annual data to estimate the public health impact of extreme temperatures*, in *American Journal of Epidemiology*, 182, 2015, 80-87) e su combinazioni tra serie temporali ed effetti cumulativi, evoluzione del rischio, effetti sub-giornalieri (Gasparrini, *The case time series design*, in *Epidemiology*, 32, 2021, 829-837), combinazioni di dati di diversa provenienza con proiezioni di medio o lungo termine (Masselot, Chebana, Ouarda, Bélanger *et al.*, *Data-Enhancement strategies in weather-related health studies*, in *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19, 2022, 906).

Anche questi studi più recenti rinforzano le evidenze già emerse sui nessi considerati secondo i disegni tradizionali. In questa prospettiva, risultano ormai note e documentate le seguenti evidenze.

a) L'esistenza delle manifestazioni dannose prodotte dall'emergenza climatica è ormai pacifica e oggetto di costante aggiornamento (AA.VV., *Special Issue: Climate Change Effects on Natural Disasters and Hazards*, in *Climate*, 2022). Per tale motivo, l'UNFCCC ha avviato uno specifico progetto di informazione pubblica sulle incidenze dell'emergenza climatica sulla condizione umana, significativamente intitolato *Health*, che ha accompagnato, nella COP26 del 2021, la *Global Conference on Health and Climate Change*.

b) Tali manifestazioni consistono nei seguenti **eventi**:

- **incendi** (Xu, Pei Yu, Abramson, Johnston *et al.*, *Special Report: Wildfires, Global Climate Change, and Human Health*, in *The New England Journal of Medicine*, 383, 2020, 2173-2181; Report UNEP *Frontiers 2022*; Hertelendya, Howard, de Almeida, Charlesworth *et al.*, *Wildfires: A conflagration of climate-related impacts to health and health systems. Recommendations from 4 continents on how to manage climate-related planetary disasters*, in *The Journal of Climate Change and Health*, 4, 2021, 100054);

- **inondazioni, esondazioni e alluvioni** (Vanasse, Cohen, Courteau, Bergeron *et al.*, *Association between floods and acute cardiovascular diseases: a population-based cohort study using a geographic information system approach*, in *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 13, 2016, 168; Merz, Blöschl, Vorogushyn *et al.*, *Causes, impacts and patterns of disastrous river floods*, in *Nature Reviews Earth & Environment*, 2, 2021, 592-609);

- **neviccate, grandinate e pioggia gelata** (Modarres, Ouarda, Vanasse, Orzanco, *Modeling Climate Effects on Hip Fracture Rate by the Multivariate GARCH Model in Montreal Region, Canada*, in *International Journal of Biometeorology*, 58, 2014, 921-930);

- **ondate di calore estremo** (Belanger, Abdous, Valois, Gosselin, *et al.*, *A multilevel analysis to explain self-reported adverse health effects and adaptation to urban heat*, in *BMC Public Health*, 16, 2016, 1-11; Li, Gu, Bi, Yang, *et al.*, *Heat waves and morbidity: current knowledge and further direction. A comprehensive literature review*, in *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 12, 2015, 5256-5283; Wang, Guo, FitzGerald, Aitken *et al.*, *The impacts of heatwaves on mortality differ with different study periods: a multi-city time series investigation*, in *PLoS ONE*, 10, 2015, e0134233; Guo, Gasparrini, Li, Sera *et al.*, *Quantifying excess deaths related to heatwaves under climate change scenarios: a multicountry time series modelling study*, in *PLoS Med*, 15, 2018, e1002629);

- **ondate di freddo** (Keatinge, *Winter mortality and its causes*, in *International Journal Circumpolar Health*, 61, 2002, 292-299; Kinney, Schwartz, Pascal, Petkova *et al.*, *Winter season mortality: will climate warming bring benefits?*, in *Environmental Research Letters*, 10, 2015, 064016; Ebi, *Greater understanding is needed of whether warmer and shorter winters associated with Climate Change could reduce winter mortality*, in *Environmental Research Letters*, 10, 2015, 111002);

- **precipitazioni estreme** (Fowler, Lenderink, Prein, *et al.*, *Anthropogenic intensification of short-duration rainfall extremes*, in *Nature Reviews Earth & Environment*, 2, 2021, 107-122);

- **stress termico** (Ncongwane, Botai, Sivakumar, Botai, *A literature review of the impacts of heat stress on human health across Africa*, in *Sustainability*, 13, 2021, 5312);

- **umidità** (Barreca, Shimshack, *Absolute Humidity, Temperature, and Influenza Mortality in 30 Years of County-Level Evidence from the United States*, in *American Journal of Epidemiology*, 176, 2012, 114-122; Davis, Dougherty, McArthur, Huang, *Dry air is associated with influenza and pneumonia mortality in Auckland, New Zealand*, in *Influenza Other Respir. Viruses*, 10, 2016, 310-

313; Armstrong, Sera, Vicedo-Cabrera, Abrutzky *et al.*, *The role of humidity in associations of high temperature with mortality: a multiauthor, multicity study*, in *Environmental Health Perspectives*, 127, 2019, 097007; Schwartz, Samet, Patz, *Hospital admissions for heart disease: the effects of temperature and humidity*, in *Epidemiology*, 15, 2004, 755-761; Barreca, *Climate change, humidity, and mortality in the United States*, in *Journal of Environmental Econ. Management*, 63, 2012, 19-34);

c) Ma si presentano anche nei seguenti **processi degenerativi o accelerativi** (Germanwatch, *Slow-onset Processes and Resulting Loss and Damage. An introduction*, 2021):

- **acidificazione dei mari** (Falkenberg, Bellerby, Connell, Fleming, *Ocean Acidification and Human Health*, in *International Journal of Environmental Research and Human Health*, 17, 2020, 4563);

- **correnti e forza dei venti** (Wang, Zhu, *Amplified or exaggerated changes in perceived temperature extremes under global warming*, in *Climate Dynamics*, 54, 2020, 117-127.);

- **deforestazione** (Garg, *Ecosystems and human health*, in *Journal of Environmental Economics and Management*, 98, 2019, 102271);

- **degradazione o riduzione delle idriche e malattie idrotrasmesse** (Levy, Woster, Goldstein, Carlton, *Untangling the impacts of climate change on waterborne diseases: a systematic review of relationships between diarrheal diseases and temperature, rainfall, flooding, and drought*, in *50 Environmental Science & Technology*, 10, 2016, 4905-4922);

- **erosione delle barriere coralline** (Harvard T.H. Chan, *The connection between coral reefs and human health*, 2019);

- **innalzamento dei livelli dei mari** (Dvorak, Solo-Gabriele, Galletti, Benzecry, *et al.*, *Possible impacts of sea level rise on disease transmission and potential adaptation strategies, a review*, in *Journal of Environmental Management*, 217, 2018, 951-968; Bamber, Oppenheimer, Kopp, Aspinall *et al.*, *Ice sheet contributions to future sea-level rise from structured expert judgment*, in *116 PNAS*, 23, 2019 11195-11200);

- **inquinamento** (Analitis, de Donato, Scortichini, Lanki *et al.*, *Synergistic effects of ambient temperature and air pollution on health in Europe: results from the PHASE Project*, in *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15, 2018, 1856; Reis, Drouet, Tavoni, *Internalising health-economic impacts of air pollution into climate policy: a global modelling study*, in *The Lancet Planetary Health*, 2, 2022, e40-e48; Wine, Osornio Vargas, Campbell, Hosseini *et al.*, *Cold climate impact on air-pollution-related health outcomes: a scoping review*, in *International Journal of Environmental Research & Public Health*, 19, 2022, 1473);

- **invasione di specie aliene, estinzione di specie autoctone e diffusione duratura di pollini allergenici** (Mazza, Tricarico, *Invasive Species and Human Health*, Wallingford, 2018; Demain, *Climate change and the impact on respiratory and allergic disease*, in *Curr. Allergy Asthma Rep.*, 18, 2018, 22; Shi-Zou, Jalaludin, Antó, Hess *et al.*, *Climate change, air pollution, and allergic respiratory diseases: a call to action for health professionals*, in *133 Chinese Medical Journal*, 13, 2020, 1552-1560);

- **perdita dei servizi ecosistemici** (Chiabai, Quiroga, Martinez-Juarez, Higgins *et al.*, *The nexus between climate change, ecosystem services and human health: Towards a conceptual framework*, in *Science of Total Environment*, 653, 2018, 1191-1204);

- **perdita di aree agricole fertili** (Davay, Selvey, *Relationship between Land Use/Land-Use Change and Human Health in Australia: A Scoping Study*, in *Journal of Environmental Research and Public Health*, 23, 2020, 1-27; IPBES, *Assessment Report on Land Degradation and Restoration*, 2018);

- **perdita di biodiversità** (CBD, *The importance of biodiversity to human health*, 2010; Cardinale, Duffy, Gonzalez *et al.*, *Biodiversity loss and its impact on humanity*, in *Nature*, 486, 2012, 59-67, OMS, *Biodiversity and Health*, 2015);
- **permafrost in degradazione** (Miner, D'Andrilli, Mackelprang, Edwards *et al.*, *Emergent biogeochemical risks from Arctic permafrost degradation*, in *Nature Climate Change*, 11, 2021, 809-819).
- **riduzione dell'acqua potabile** (Columbia University, *State of Planet: How Climate Change Impacts Our Water*, 2019; Mekonnen, Hoekstra, *Four billion people facing severe water scarcity*, in *Science Advances*, 2, 2016, 1-6);
- **riduzione delle foreste pluviali** (Robbins, *How forest loss is leading to a rise in human disease*, in *Yale Environment 360*, 2016);
- **riscaldamento delle temperature del mare** (Tanaka, Van Houtan, *The recent normalization of historical marine heat extremes*, in *PLOS Climate*, 2, 2022, e0000007);
- **scioglimento e fusione dei ghiacciai** (Pope, *Melting ice opens doors for wider spread of contaminants, diseases*, in *Yale Climate Connections*, 2020);
- **sequestro di carbonio** (Fang, Yu, Lyu, Hu *et al.*, *Climate change, human impacts, and carbon sequestration in China*, in *PNAS*, 16, 2018, 4015-4020);
- **sfasamenti stagionali** (Kim, Lee, Fong, Bell, *Alternative adjustment for seasonality and long-term time-trend in time-series analysis for long-term environmental exposures and disease counts*, in *BMC Medical Research Methodology*, 21, 2021, 1833).
- **siccità e desertificazione** (Speiser, *Combating Drought and Desertification to Preserve Human Health*, in *Advancing Earth and Space Science*, 2019; Naumann, Alfieri, Wyser, Mentaschi *et al.*, *Global changes in drought conditions under different levels of warming*, in *Geophysical Research Letters*, 45, 2017, 3285-3296; Zhao, Dai, *CMIP6 Model-projected Hydroclimatic and Drought Changes and Their Causes in the 21st Century*, in *Journal of Climate*, 2021, 1-58);
- **zoonosi** (Gupta, Rouse, Sarangi, *Did climate change influence the emergence, transmission, and expression of the COVID-19 pandemic?*, in *Frontiers in Medicine*, 8, 2021, 769208), con **malattie idrotrasmesse e accelerazione delle trasmissioni di infezioni malattie trasmissibili clima-sensibili** quali quelle trasmesse da insetti vettori (emergenti e riemergenti), tossinfezioni alimentari e malattie trasmesse con l'acqua o per peggioramento della qualità dell'aria e dei fattori di sicurezza alimentare (McDermott, *News Feature: Climate change hastens disease spread across the globe*, in *PNAS*, 119, 2022, e2200481119; WHO, *Global vector control response 2017–2030*, 2017).

ESISTENZA DI «RISCHI DIRETTI» TRA MANIFESTAZIONI DELL'EMERGENZA CLIMATICA E SALUTE UMANA E DI «ESPOSIZIONE CRONICA» DELLA CONDIZIONE UMANA ALLE CONCENTRAZIONI CRESCENTI DI GAS SERRA

La conclusione di questo articolato percorso di ricerche può essere rappresentata dallo studio di Jacobson, Kler, Hernke, Braun *et al.*, *Direct human health risks of increased atmospheric carbon dioxide*, in *Nature Sustainability*, 2, 2019, 691-701, con cui si osserva che prove crescenti confermano che gli aumenti di CO₂ comportano «rischi diretti» per la salute umana, determinando una condizione di «esposizione cronica» sia all'aperto che all'interno degli spazi di vita (abitazioni e ambienti di lavoro, svago, commercio ecc...).

Il monitoraggio dei «rischi diretti» è stato effettuato recentemente dal Chatham House (*Climate change risk assessment 2021*).



LE CONFERME DALL'AR6 2022 DELL'IPCC

Il nuovo Rapporto AR6 Wg2 2022 dell'IPCC, *Impacts, Adaptation and Vulnerability*, conferma l'esistenza e il moltiplicarsi delle manifestazioni dell'emergenza climatica e dei «rischi diretti» in tutte le regioni del pianeta Terra.