

ipcc

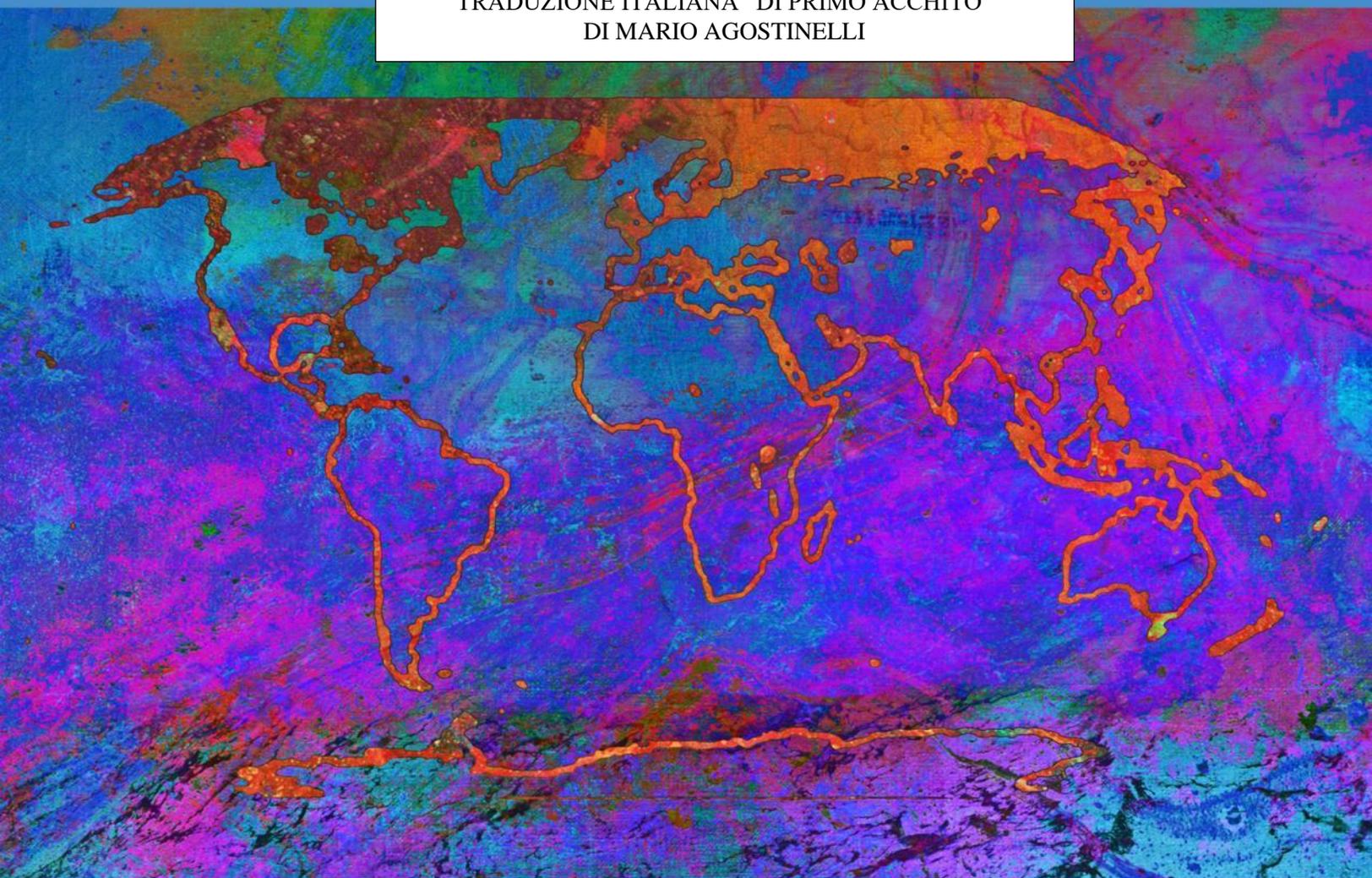
INTERGOVERNMENTAL PANEL ON climate change

Climate Change 2021

The Physical Science Basis

Summary for Policymakers

TRADUZIONE ITALIANA “DI PRIMO ACCHITO”
DI MARIO AGOSTINELLI



WGI

Working Group I contribution to the
Sixth Assessment Report of the
Intergovernmental Panel on Climate Change



Summary for Policymakers

Drafting Authors:

Richard P. Allan (United Kingdom), Paola A. Arias (Colombia), Sophie Berger (France/Belgium), Josep G. Canadell (Australia), Christophe Cassou (France), Deliang Chen (Sweden), Annalisa Cherchi (Italy), Sarah L. Connors (France/United Kingdom), Erika Coppola (Italy), Faye Abigail Cruz (Philippines), Aïda Diongue-Niang (Senegal), Francisco J. Doblado-Reyes (Spain), Hervé Douville (France), Fatima Driouech (Morocco), Tamsin L. Edwards (United Kingdom), François Engelbrecht (South Africa), Veronika Eyring (Germany), Erich Fischer (Switzerland), Gregory M. Flato (Canada), Piers Forster (United Kingdom), Baylor Fox-Kemper (United States of America), Jan S. Fuglestad (Norway), John C. Fyfe (Canada), Nathan P. Gillett (Canada), Melissa I. Gomis (France/Switzerland), Sergey K. Gulev (Russian Federation), José Manuel Gutiérrez (Spain), Rafiq Hamdi (Belgium), Jordan Harold (United Kingdom), Mathias Hauser (Switzerland), Ed Hawkins (United Kingdom), Helene T. Hewitt (United Kingdom), Tom Gabriel Johansen (Norway), Christopher Jones (United Kingdom), Richard G. Jones (United Kingdom), Darrell S. Kaufman (United States of America), Zbigniew Klimont (Austria/Poland), Robert E. Kopp (United States of America), Charles Koven (United States of America), Gerhard Krinner (France/Germany, France), June-Yi Lee (Republic of Korea), Irene Lorenzoni (United Kingdom/Italy), Jochem Marotzke (Germany), Valérie Masson-Delmotte (France), Thomas K. Maycock (United States of America), Malte Meinshausen (Australia/Germany), Pedro M.S. Monteiro (South Africa), Angela Morelli (Norway/Italy), Vaishali Naik (United States of America), Dirk Notz (Germany), Friederike Otto (United Kingdom/Germany), Matthew D. Palmer (United Kingdom), Izidine Pinto (South Africa/Mozambique), Anna Pirani (Italy), Gian-Kasper Plattner (Switzerland), Krishnan Raghavan (India), Roshanka Ranasinghe (The Netherlands/Sri Lanka, Australia), Joeri Rogelj (United Kingdom/Belgium), Maisa Rojas (Chile), Alex C. Ruane (United States of America), Jean-Baptiste Sallée (France), Bjørn H. Samset (Norway), Sonia I. Seneviratne (Switzerland), Jana Sillmann (Norway/Germany), Anna A. Sörensson (Argentina), Tannecia S. Stephenson (Jamaica), Trude Storelvmo (Norway), Sophie Szopa (France), Peter W. Thorne (Ireland/United Kingdom), Blair Trewin (Australia), Robert Vautard (France), Carolina Vera (Argentina), Noureddine Yassaa (Algeria), Sönke Zaehle (Germany), Panmao Zhai (China), Xuebin Zhang (Canada), Kirsten Zickfeld (Canada/Germany)

Contributing Authors:

Krishna M. AchutaRao (India), Bhupesh Adhikary (Nepal), Edvin Aldrian (Indonesia), Kyle Armour (United States of America), Govindasamy Bala (India/United States of America), Rondrotiana Barimalala (South Africa/Madagascar), Nicolas Bellouin (United Kingdom/France), William Collins (United Kingdom), William D. Collins (United States of America), Susanna Corti (Italy), Peter M. Cox (United Kingdom), Frank J. Dentener (EU/The Netherlands), Claudine Dereczynski (Brazil), Alejandro Di Luca (Australia, Canada/Argentina), Alessandro Dosio (Italy), Leah Goldfarb (France/United States of America), Irina V. Gorodetskaya (Portugal/Belgium, Russian Federation), Pandora Hope (Australia), Mark Howden (Australia), Akm Saiful Islam (Bangladesh), Yu Kosaka (Japan), James Kossin (United States of America), Svitlana Krakovska (Ukraine), Chao Li (China), Jian Li (China), Thorsten Mauritsen (Germany/Denmark), Sebastian Milinski (Germany), Seung-Ki Min (Republic of Korea), Thanh Ngo Duc (Vietnam), Andy Reisinger (New Zealand), Lucas Ruiz (Argentina), Shubha Sathyendranath (United Kingdom/Canada, Overseas Citizen of India), Aimée B. A. Slangen (The Netherlands), Chris Smith (United Kingdom), Izuru Takayabu (Japan), Muhammad Irfan Tariq (Pakistan), Anne-Marie Treguier (France), Bart van den Hurk (The Netherlands), Karina von Schuckmann (France/Germany), Cunde Xiao (China)

Date of Document: 7 August 2021 17:00 CEST

This Summary for Policymakers should be cited as:

IPCC, 2021: Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. In Press.

N.B. :La traduzione dall'originale e la riproduzione dei grafici ad opera di Mario Agostinelli, possono essere soggetti ad imperfezioni . L'originale si trova al sito https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_SPM.pdf

SOMMARIO e INDICE

Introduzione	4
A. Lo stato corrente del clima	5
B. Possibili futuri del clima	15
C. Informazioni climatiche per affrontare i rischi gli adattamenti regionali.....	31
D. Limitare i futuri cambiamenti climatici.....	36

Introduzione

Questo sommario per i responsabili delle politiche (SPM = Summary for Policymakers) presenta i risultati chiave del contributo del Gruppo di lavoro I (WGI) al sesto rapporto di valutazione (AR6) 1 dell'IPCC **sulla base delle scienze fisiche del cambiamento climatico**. Il rapporto si basa sul contributo del Gruppo di lavoro I del 2013 al quinto rapporto di valutazione (AR5) dell'IPCC e sui rapporti speciali IPCC 2018 – 2019² del ciclo AR6 e incorpora nuove prove successive della scienza del clima³.

Questo SPM fornisce un riassunto di alto livello della comprensione dello stato attuale del clima, compreso il modo in cui sta cambiando e il ruolo dell'influenza umana, lo stato delle conoscenze sui possibili futuri climatici, le informazioni climatiche rilevanti per regioni e settori e limitanti il cambiamento climatico indotto dall'uomo.

Sulla base della comprensione scientifica, i risultati chiave possono essere formulati come dichiarazioni di fatto o associati a un **livello di confidenza** valutato indicato utilizzando il linguaggio calibrato dell'IPCC⁴.

La base scientifica di ciascun risultato chiave si trova nelle sezioni dei capitoli del **Rapporto principale**, e nella sintesi integrata presentata nella **Sintesi Tecnica** (di seguito TS), ed è indicata tra parentesi graffe. **L'AR6 WGI Interactive Atlas** facilita l'esplorazione di questi risultati di sintesi chiave e supporta le informazioni sui cambiamenti climatici, attraverso le regioni di riferimento WGI⁵.

1 Decisione IPCC/XLVI-2.

2 I tre rapporti speciali sono: Riscaldamento globale di 1,5°C: un rapporto speciale dell'IPCC sugli impatti del riscaldamento globale di 1,5°C al di sopra dei livelli preindustriali e sui relativi percorsi globali di emissione di gas serra, nel contesto del rafforzamento della risposta globale alle minacce del cambiamento climatico, lo sviluppo sostenibile e gli sforzi per sradicare la povertà (SR1.5); Cambiamenti climatici e territorio: una relazione speciale dell'IPCC sui cambiamenti climatici, la desertificazione, il degrado del suolo, la gestione sostenibile del territorio, la sicurezza alimentare e i flussi di gas serra negli ecosistemi terrestri (SRCCL); Rapporto speciale IPCC sull'oceano e la criosfera in un clima che cambia (SROCC).

3 La valutazione riguarda la letteratura scientifica accettata per la pubblicazione entro il 31 gennaio 2021.

4 Ogni risultato è fondato su una valutazione delle prove e dell'accordo sottostanti. Un livello di confidenza viene espresso utilizzando cinque qualificatori: **molto basso, basso, medio, alto e molto alto** e scritti in corsivo, ad esempio, confidenza media. I seguenti termini sono stati utilizzati per indicare la probabilità valutata di un risultato o un risultato: praticamente certo probabilità 99-100%, molto probabilmente 90-100%, probabilmente 66-100%, su probabile quanto non 33-66%, improbabile 0-33%, molto improbabile 0-10%, eccezionalmente improbabile 0-1%. Quando appropriato, possono essere utilizzati anche termini aggiuntivi (estremamente probabile 95-100%, più probabile che no >50-100% ed estremamente improbabile 0-5%). La probabilità valutata è scritta in corsivo, ad esempio, *molto probabile*. Questo è coerente con AR5. In questo rapporto, se non diversamente specificato, vengono utilizzate parentesi quadre [da x a y] per fornire l'intervallo molto probabile valutato, o l'intervallo del 90%.

5 L'Atlante Interattivo è disponibile su <https://interactive-atlas.ipcc.ch>

A. Lo stato corrente del clima

Dall'AR5, i miglioramenti nelle stime e nelle informazioni basate sull'osservazione provenienti dagli archivi del paleoclima forniscono una visione completa di ogni componente del sistema climatico e dei suoi cambiamenti fino ad oggi. Nuove simulazioni di modelli climatici, nuove analisi e metodi che combinano più linee di prova portano a una migliore comprensione dell'influenza umana su una più ampia gamma di variabili climatiche, comprese le condizioni meteorologiche e gli estremi climatici. I periodi di tempo considerati in questa sezione dipendono dalla disponibilità di prodotti osservativi, archivi paleoclimatici e studi peer-reviewed.

A.1 È inequivocabile che l'influenza umana ha riscaldato l'atmosfera, l'oceano e la terra. Si sono verificati cambiamenti diffusi e rapidi nell'atmosfera, nell'oceano, nella criosfera e nella biosfera.

{2.2, 2.3, Riquadro 2.3, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6, 3.8, 5.2, 5.3, 6.4, 7.3, 8.3, 9.2, 9.3, 9.5, 9.6, Riquadro 9.1} **(Figura SPM.1, Figura SPM.2)**

A.1.1 Gli aumenti osservati nelle concentrazioni di gas serra ben miscelati (GHG) dal 1750 circa sono inequivocabilmente causati dalle attività umane. Dal 2011 (misure riportate in AR5), le concentrazioni hanno continuato a aumentare nell'atmosfera, raggiungendo medie annue **di 410 ppm per l'anidride carbonica (CO₂), 1866 ppb per il metano (CH₄), e 332 ppb per il protossido di azoto (N₂O)** nel 2019⁶. La terra e l'oceano hanno assorbito una proporzione quasi costante (globalmente circa il 56% all'anno) delle emissioni di CO₂ dalle attività umane negli ultimi sei decenni, con differenze regionali (alta confidenza)⁷. {2.2, 5.2, 7.3, TS.2.2, Riquadro TS.5}

A.1.2 **ciascuno degli ultimi quattro decenni** è stato successivamente più caldo rispetto a qualsiasi decennio che l'ha preceduta dal 1850. temperatura superficiale globale⁸ nei primi due decenni del 21° secolo (2001-2020) è stato di 0,99 [0,84 - 1,10] °C superiore a quella 1850-1900⁹. Temperatura superficiale globale era 1,09 [0,95-1,20] °C più elevato nel 2011 - il 2020 a 1850 - 1900, con aumenti più grandi per la terra (1,59 [1,34 a 1,83] °C) rispetto sull'oceano (0,88 [0,68-1,01] °C). L'aumento stimato della temperatura superficiale globale dal AR5 è dovuto **specialmente allo ulteriore riscaldamento dal 2003 - 2012** (0,19 [0,16-0,22] °C). Inoltre, i progressi metodologici e le nuove serie di dati hanno contribuito con circa 0,1°C alla stima aggiornata del riscaldamento in AR6¹⁰

⁶ Altre concentrazioni di GHG nel 2019 sono state: PFC (109 ppt CF₄ equivalenti); SF₆ (10 pp); NF₃ (2 pp); HFC (equivalente a HFC-134a di 237 ppt); altri gas del Protocollo di Montreal (principalmente CFC, HCFC, 1032 ppt CFC-12 equivalenti). Gli aumenti dal 2011 sono di 19 ppm per CO₂, 63 ppb per CH₄ e 8 ppb per N₂O.

⁷ La terra e l'oceano non sono pozzi sostanziali per altri GHG.

⁸ Il termine "temperatura superficiale globale" viene utilizzato in riferimento sia alla temperatura superficiale media globale che alla temperatura dell'aria superficiale globale in tutto questo SPM. Le variazioni di queste quantità sono valutate con un'elevata confidenza per differire al massimo del 10% l'una dall'altra, ma linee di evidenza contrastanti portano a una bassa fiducia nel segno di qualsiasi differenza nella tendenza a lungo termine. {Riquadro della sezione trasversale TS.1}

⁹ Il periodo 1850-1900 rappresenta il primo periodo di osservazioni sufficientemente complete a livello globale per stimare la temperatura superficiale globale e, coerentemente con AR5 e SR1.5, viene utilizzato come approssimazione per le condizioni preindustriali.

¹⁰ Dall'AR5, i progressi metodologici e i nuovi set di dati hanno fornito una rappresentazione spaziale più completa dei cambiamenti della temperatura superficiale, anche nell'Artico. Questi e altri miglioramenti hanno ulteriormente aumentato la stima del cambiamento della temperatura superficiale globale di circa 0,1 °C, ma questo aumento non rappresenta un ulteriore riscaldamento fisico dall'AR5.

A.1.3 L'intervallo probabile dell'aumento totale della temperatura superficiale globale causato dall'uomo dal **1850 – 1900 al 2010 – 2019**¹¹ è **compreso tra 0,8°C e 1,3°C, con una stima migliore di 1,07°C**. È probabile che i gas serra ben miscelati abbiano contribuito a un riscaldamento da 1,0°C a 2,0°C, altri conducenti umani (principalmente aerosol) abbiano contribuito a un raffreddamento da 0,0°C a 0,8°C, i fattori naturali hanno modificato la temperatura superficiale globale di – 0,1°C a 0,1°C e la variabilità interna lo ha modificato da – 0,2°C a 0,2°C. È molto probabile che i gas serra ben miscelati siano stati il principale motore¹² del riscaldamento troposferico dal 1979, ed estremamente probabile che l'esaurimento dell'ozono stratosferico causato dall'uomo sia stato il principale motore del raffreddamento della bassa stratosfera tra il 1979 e la metà degli anni '90. {3.3, 6.4, 7.3, Riquadro di sezione trasversale TS.1, TS.2.3} (Figura SPM.2)

A.1.4 Le precipitazioni medie globali sulla terra sono probabilmente aumentate dal 1950, con un tasso di aumento più rapido dagli anni '80 (confidenza media). È probabile che l'influenza umana abbia contribuito al modello dei cambiamenti osservati delle precipitazioni dalla metà del XX secolo, ed estremamente probabile che l'influenza umana abbia contribuito al modello dei cambiamenti osservati nella **salinità dell'oceano** vicino alla superficie. Le tracce delle tempeste alle medie latitudini si sono probabilmente spostate verso i poli in entrambi gli emisferi dagli anni '80, con una marcata stagionalità nelle tendenze (confidenza media). Per l'emisfero australe, molto probabilmente l'influenza umana ha contribuito allo spostamento verso i poli del getto extratropicale strettamente correlato nell'estate australe. {2.3, 3.3, 8.3, 9.2, TS.2.3, TS.2.4, Riquadro TS.6}

A.1.5 L'influenza umana è molto probabilmente il principale motore del **ritiro globale dei ghiacciai dagli anni '90 e della diminuzione dell'area del ghiaccio marino artico tra il 1979 – 1988 e il 2010 – 2019 (circa il 40% a settembre e circa il 10% a marzo)**. Non vi è stata alcuna tendenza significativa nell'area del ghiaccio marino antartico dal 1979 al 2020 a causa di tendenze opposte a livello regionale e di un'ampia variabilità interna. L'influenza umana molto probabilmente ha contribuito alla diminuzione del manto nevoso primaverile dell'emisfero settentrionale dal 1950. È molto probabile che l'influenza umana abbia contribuito allo scioglimento superficiale osservato della calotta glaciale della **Groenlandia negli ultimi due decenni**, ma ci sono solo prove limitate, con accordo medio, dell'influenza umana sulla perdita di massa della calotta glaciale antartica. {2.3, 3.4, 8.3, 9.3, 9.5, ST.2.5}

A.1.6 È virtualmente certo che **l'oceano superiore globale (0 – 700 m) si sia riscaldato dagli anni '70** ed è estremamente probabile che l'influenza umana sia la causa principale. È praticamente certo che le emissioni di CO₂ causate dall'uomo sono il principale motore dell'attuale **acidificazione globale della superficie dell'oceano aperto**. C'è un'alta fiducia che i livelli di ossigeno siano diminuiti in molte regioni oceaniche superiori dalla metà del XX secolo, e una fiducia media che l'influenza umana abbia contribuito a questo calo. {2.3, 3.5, 3.6, 5.3, 9.2, ST.2.4}

A.1.7 Il livello medio globale del mare è aumentato di **0,20 [da 0,15 a 0,25] m tra il 1901 e il 2018**. Il tasso medio di aumento del livello del mare è stato di 1,3 [da 0,6 a 2,1] mm anno⁻¹ tra il 1901 e il 1971, **aumentando a 1,9 [da 0,8 a 2,9] mm anno⁻¹ tra il 1971 e il 2006, e in ulteriore aumento a 3,7 [da 3,2 a 4,2] mm anno⁻¹ tra il 2006 e il 2018** (alta confidenza). L'influenza umana è stata molto probabilmente il principale motore di questi aumenti almeno dal 1971. {2.3, 3.5, 9.6, Riquadro incrociato 9.1, Riquadro TS.4}

A.1.8 I cambiamenti nella biosfera terrestre dal 1970 sono coerenti con il riscaldamento globale: **le zone climatiche si sono spostate ai poli in entrambi gli emisferi** e la stagione di crescita si è in media allungata fino a due giorni per decennio dagli anni '50 negli extratropici dell'emisfero settentrionale (alta fiducia). {2.3, ST.2.6}

11 La distinzione di periodo con A.1.2 nasce perché gli studi di attribuzione considerano questo periodo leggermente anteriore. Il riscaldamento osservato nel periodo 2010-2019 è di 1,06 [da 0,88 a 1,21] °C.

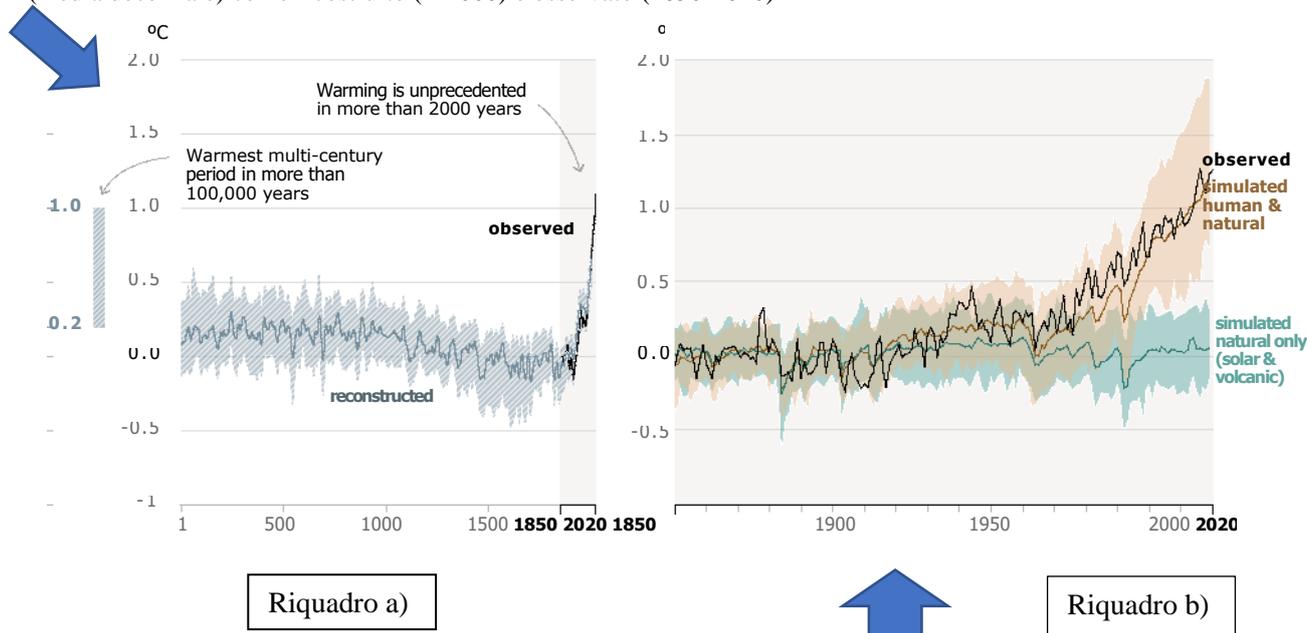
12 In tutto questo SPM, per "conducente principale" si intende responsabile di oltre il 50% del cambiamento.

L'influenza umana ha riscaldato il clima a un ritmo senza precedenti almeno negli ultimi 2000 anni

Cambiamenti nella temperatura superficiale globale rispetto al 1850-1900

a) Variazione della temperatura superficiale globale

(media decennale) come ricostruito (1-2000) e osservato (1850-2020)



b) Variazione della temperatura superficiale globale

(media decennale) Variazione della temperatura superficiale globale (media annuale) osservata e simulata utilizzando fattori umani e naturali e solo fattori naturali (entrambi 1850-2020)

Figura SPM.1: Storia del cambiamento globale di temperatura e cause del recente riscaldamento.

Riquadro a): Cambiamenti nella temperatura superficiale globale ricostruita da archivi paleoclimatici (linea grigia continua, 1-2000) e da osservazioni dirette (linea nera continua, 1850-2020), entrambi relativi al 1850-1900 e media decennale. La barra verticale a sinistra mostra la temperatura stimata (intervallo molto probabile) durante il periodo plurisecolare più caldo degli ultimi 100.000 anni, **avvenuto circa 6500 anni fa durante l'attuale periodo interglaciale (Olocene)**. L'ultimo interglaciale, circa 125.000 anni fa, è il prossimo candidato più recente per un periodo di temperatura più elevata. Questi periodi caldi passati sono stati causati da variazioni orbitali lente (multimillennali). L'ombreggiatura grigia con linee diagonali bianche mostra gli intervalli molto probabili per le ricostruzioni di temperatura.

Riquadro b): variazioni della temperatura superficiale globale negli ultimi 170 anni (linea nera) rispetto al periodo 1850–1900 e media annua, rispetto alle simulazioni del modello climatico CMIP6 (vedi riquadro SPM.1) della risposta della temperatura a fattori sia umani che naturali (marrone), e ai soli driver naturali (attività solare e vulcanica, verde). Le linee colorate in tinta unita mostrano la media multi-modello e le sfumature colorate mostrano la gamma molto probabile di simulazioni. (vedi Figura SPM.2 per i contributi valutati al riscaldamento). {2.3.1, 3.3, Riquadro di sezione trasversale 2.3, Riquadro di sezione trasversale TS.1, Figura 1a, TS.2.2}

Il riscaldamento osservato è determinato dalle emissioni delle attività umane, con il riscaldamento dei gas serra parzialmente mascherato dal raffreddamento dell'aerosol

Riscaldamento osservato

Contributi al riscaldamento basati su due differenti approcci

a) riscaldamento osservato 2010-2019 rispetto a 1850-1900

b) Contributi aggregati al riscaldamento 2010-2029 rispetto al 1850-1900 sulla base di studi di attribuzione

c) Contributi al riscaldamento 2010-2019 rispetto al 1850 -1900 stimati sulla base di studi del forzante radiativo

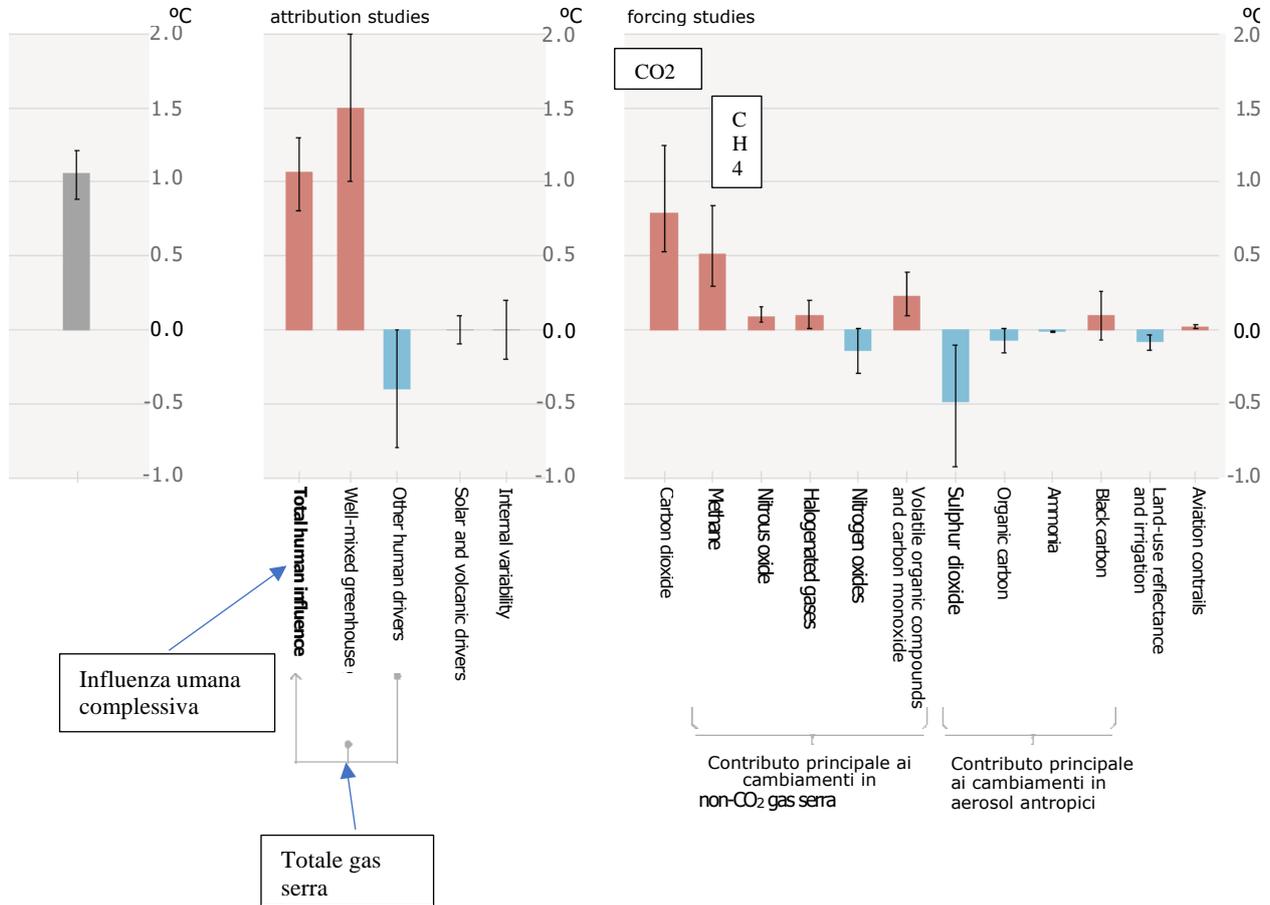


Figura SPM.2: Contributi valutati al riscaldamento osservato nel 2010–2019 rispetto al 1850–900.

Riquadro a): riscaldamento globale osservato (aumento della temperatura superficiale globale) e suo intervallo molto probabile {3.3.1, Riquadro incrociato 2.3}.

Pannello b): Evidenza da studi di attribuzione, che sintetizzano informazioni da modelli climatici e osservazioni. Il pannello mostra il cambiamento di temperatura attribuito all'influenza umana totale, i cambiamenti nelle concentrazioni di gas serra ben miscelate, altri fattori umani dovuti agli aerosol, l'ozono e il cambiamento dell'uso del suolo (riflettenza dell'uso del suolo), i fattori solari e vulcanici e la variabilità del clima interno. I “baffi” mostrano intervalli probabili {3.3.1}.

Panel c): Evidenza dalla valutazione del forzante radiativo e della sensibilità climatica. Il pannello mostra le variazioni di temperatura dei singoli componenti dell'influenza umana, comprese le emissioni di gas serra [da notare il **peso del metano!**], aerosol e loro precursori; cambiamenti nell'uso del suolo (riflettenza dell'uso del suolo e irrigazione); e scie di aviazione. I “baffi” mostrano intervalli molto probabili. Le stime tengono conto sia delle emissioni dirette nell'atmosfera sia del loro effetto, se del caso, su altri fattori climatici. Per gli aerosol vengono considerati sia gli effetti diretti (attraverso le radiazioni) che quelli indiretti (attraverso le interazioni con le nuvole).{6.4.2, 7.3}

A.2 La portata dei recenti cambiamenti nel sistema climatico nel suo insieme e lo stato attuale di molti aspetti del sistema climatico sono senza precedenti per molti secoli e per molti migliaia di anni. {Riquadro dei capitoli 2.1, 2.2, 2.3, 5.1} (Figura SPM.1)

A.2.1 Nel 2019, le concentrazioni atmosferiche di CO₂ sono state superiori a qualsiasi momento in almeno 2 milioni di anni (alta confidenza) e le concentrazioni di CH₄ e N₂O sono state superiori a qualsiasi momento da almeno 800.000 anni (fiducia molto alta). **Dal 1750, gli aumenti delle concentrazioni di CO₂ (47%) e CH₄ (156%) superano di gran lunga, e gli aumenti di N₂O (23%): sono simili ai cambiamenti naturali plurimillenni tra i periodi glaciali e interglaciali almeno negli ultimi 800.000 anni** (confidenza molto alta). {2.2, 5.1, ST.2.2}

A.2.2 La temperatura superficiale globale è aumentata più rapidamente dal 1970 rispetto a qualsiasi altro periodo di 50 anni almeno negli ultimi 2000 anni (confidenza alta). Le temperature durante l'ultimo decennio (2011 – 2020) superano quelle del più recente periodo caldo plurisecolare, circa 6500 anni fa¹³ [da 0,2°C a 1°C rispetto a 1850 – 1900] (confidenza media). **Prima di questo, il prossimo più recente periodo di riscaldamento era circa 125.000 anni fa**, quando la temperatura multi-secolo [0,5 ° C a 1,5 ° C rispetto al 1850 - 1900] si sovrappone alle osservazioni del più recente decennio (media fiducia). {Riquadro dei capitoli 2.1, 2.3, Riquadro della sezione trasversale TS.1} (Figure SPM.1)

A.2.3 Nel 2011 - 2020, la media annua di diminuzione della zona del ghiaccio marino artico ha raggiunto il suo livello più alto, almeno dal 1850 (alta fiducia). L'area del ghiaccio marino artico a fine estate era più piccola che mai negli ultimi 1000 anni (confidenza media). **La natura globale del ritiro dei ghiacciai, con quasi tutti i ghiacciai del mondo che si ritirano in modo sincrono, dagli anni '50 non ha precedenti almeno negli ultimi 2000 anni** (confidenza media). {2.3, ST.2.5}

A.2.4 Il livello medio globale del mare è aumentato più rapidamente dal 1900 rispetto a qualsiasi altro secolo precedente almeno negli ultimi 3000 anni (confidenza alta). L'oceano globale si è riscaldato più velocemente nell'ultimo secolo rispetto alla fine dell'ultima transizione deglaciale (circa 11.000 anni fa) (confidenza media). Un aumento a lungo termine del pH dell'oceano aperto in superficie si è verificato negli ultimi 50 milioni di anni (alta confidenza), e il **pH dell'oceano aperto** in superficie non risulta bassa come negli ultimi decenni ed è insolito negli ultimi 2 milioni di anni (confidenza media). {2.3, TS.2.4, riquadro TS.4}

¹³ Come indicato nella sezione B.1, anche nello scenario di emissioni molto basse SSP1-1.9, le temperature sono valutate per rimanere elevate al di sopra di quelle del decennio più recente almeno fino al 2100 e quindi più calde rispetto al periodo su scala secolare di 6500 anni fa.

A.3 Il cambiamento climatico indotto dall'uomo sta già influenzando molti eventi meteorologici e climatici estremi in ogni regione del mondo. L'evidenza dei cambiamenti osservati in eventi estremi come ondate di calore, forti precipitazioni, siccità e cicloni tropicali e, in particolare, la loro attribuzione all'influenza umana, si è rafforzata dall'AR5.

{2.3, 3.3, 8.2, 8.3, 8.4, 8.5, 8.6, Riquadro 8.1, Riquadro 8.2, Riquadro 9.2, 10.6, 11.2, 11.3, 11.4, 11.6, 11.7, 11.8, 11.9, 12.3} (Figura SPM.3)

A.3.1 È praticamente certo che gli estremi di caldo (comprese le ondate di calore) sono diventati più frequenti e più intensi nella maggior parte delle regioni terrestri a partire dagli anni '50, mentre gli estremi di freddo (comprese le ondate di freddo) sono diventati meno frequenti e meno gravi, con un'elevata fiducia per l'uomo. Il cambiamento climatico indotto è il principale motore¹⁴ di questi cambiamenti. Alcuni recenti estremi di caldo osservati nell'ultimo decennio sarebbero stati estremamente improbabili senza l'influenza umana sul sistema climatico. Le ondate di calore marine sono circa raddoppiate in frequenza dagli anni '80 (alta confidenza) e l'influenza umana ha molto probabilmente contribuito alla maggior parte di esse almeno dal 2006. {Riquadro 9.2, 11.2, 11.3, 11.9, TS.2.4, TS.2.6, Riquadro TS.10} (Figura SPM.3)

A.3.2 La frequenza e l'intensità degli eventi di precipitazioni intense sono aumentate dagli anni '50 sulla maggior parte delle aree terrestri per le quali i dati osservativi sono sufficienti per l'analisi delle tendenze (alta confidenza) e il cambiamento climatico indotto dall'uomo è probabilmente il principale fattore trainante. Il cambiamento climatico indotto dall'uomo ha contribuito **all'aumento della siccità agricola ed ecologica**¹⁵ in alcune regioni a causa dell'aumento dell'evapotraspirazione del suolo¹⁶ (confidenza media). {8.2, 8.3, 11.4, 11.6, 11.9, TS.2.6, Box TS.10} (Figura SPM.3)

A.3.3 Le diminuzioni delle precipitazioni monsoniche terrestri globali¹⁷ dagli anni '50 agli anni '80 sono in parte attribuite alle emissioni di aerosol dell'emisfero settentrionale causate dall'uomo, ma da allora gli aumenti sono dovuti all'aumento delle concentrazioni di GHG e alla variabilità interna decennale o pluridecennale (confidenza media). Nell'Asia meridionale, nell'Asia orientale e nell'Africa occidentale l'aumento delle precipitazioni monsoniche dovuto al riscaldamento dovuto alle emissioni di gas serra è stato contrastato dalla diminuzione delle precipitazioni monsoniche dovuta al raffreddamento delle emissioni di aerosol provocate dall'uomo nel corso del XX secolo (alta confidenza). L'aumento delle precipitazioni monsoniche dell'Africa occidentale dagli anni '80 è in parte dovuto alla crescente influenza dei GHG e alla riduzione dell'effetto di raffreddamento delle emissioni di aerosol provocate dall'uomo in Europa e Nord America (confidenza media). {2.3, 3.3, 8.2, 8.3, 8.4, 8.5, 8.6, Casella 8.1, Casella 8.2, 10.6, Casella TS.13}

14 In tutto questo SPM, per "conducente principale" si intende responsabile di oltre il 50% del cambiamento.

15 Siccità agricola ed ecologica (a seconda del bioma interessato): un periodo con anormale deficit di umidità del suolo, che risulta dalla mancanza combinata di precipitazioni ed eccessiva evapotraspirazione, e durante la stagione di crescita incide sulla produzione delle colture o sulla funzione dell'ecosistema in generale. I cambiamenti osservati nella siccità meteorologica (deficit di precipitazioni) e nella siccità idrologica (deficit di deflusso) sono distinti da quelli delle siccità agricole ed ecologiche e sono affrontati nel materiale AR6 sottostante (Capitolo 11).

16 I processi combinati attraverso i quali l'acqua viene trasferita all'atmosfera da acque libere e superfici ghiacciate, suolo nudo e vegetazione che costituiscono la superficie terrestre.

17 Il monzone globale è definito come l'area in cui l'intervallo annuale (estate locale meno inverno locale) delle precipitazioni è maggiore di 2,5 mm giorno⁻¹. Le precipitazioni monsoniche terrestri globali si riferiscono alle precipitazioni medie sulle aree terrestri all'interno del monzone globale

A.3.4 È probabile che la proporzione globale del verificarsi di **grandi cicloni tropicali** (Categoria 3 – 5) **sia aumentata negli ultimi quattro decenni e che la latitudine in cui i cicloni tropicali nel Pacifico settentrionale occidentale raggiungono il loro picco di intensità si sia spostata verso nord**; questi cambiamenti non possono essere spiegati dalla sola variabilità interna (confidenza media). C'è poca fiducia nelle tendenze a lungo termine (da più decenni a centenarie) nella frequenza dei cicloni tropicali di tutte le categorie. Gli studi sull'attribuzione degli eventi e la comprensione fisica indicano che il cambiamento climatico indotto dall'uomo aumenta le forti precipitazioni associate ai cicloni tropicali (alta confidenza), ma le limitazioni dei dati inibiscono una chiara individuazione delle tendenze passate su scala globale. {8.2, 11.7, Riquadro TS.10}

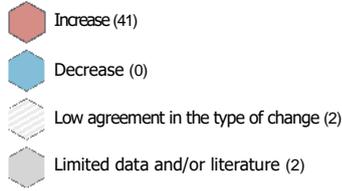
A.3.5 L'influenza umana ha probabilmente aumentato la possibilità di eventi estremi composti ¹⁸ dagli anni '50. **Ciò include aumenti della frequenza di ondate di calore e siccità simultanee su scala globale** (alta confidenza); tempo di incendio in alcune regioni di tutti i continenti abitati (confidenza media); e inondazioni composte in alcune località (confidenza media). {11.6, 11.7, 11.8, 12.3, 12.4, TS.2.6, Tabella TS.5, Riquadro TS.10}

18 Gli eventi estremi composti sono la combinazione di più fattori trainanti e/o pericoli che contribuiscono al rischio sociale o ambientale. Esempi sono ondate di calore e siccità concomitanti, inondazioni composte (ad es., un'ondata di tempesta in combinazione con precipitazioni estreme e/o flusso del fiume), condizioni meteorologiche di incendio composto (ad es. una combinazione di condizioni calde, secche e ventose) o estremi simultanei a posizioni diverse.

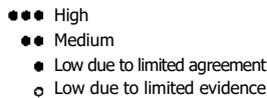
Il cambiamento climatico sta già colpendo ogni regione abitata in tutto il mondo con l'influenza umana che contribuisce a molti cambiamenti osservati nel tempo e negli estremi climatici

Tipo di cambiamento

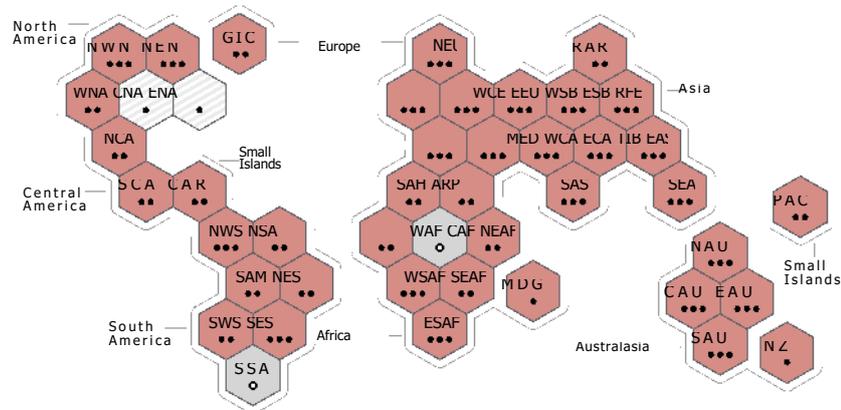
osservato negli estremi di caldo



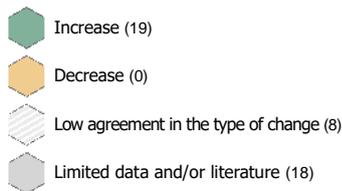
Confidence in human contribution to the observed change



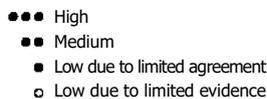
a) Sintesi della valutazione del cambiamento osservato negli estremi caldi e fiducia nel contributo umano ai cambiamenti osservati nelle regioni del mondo



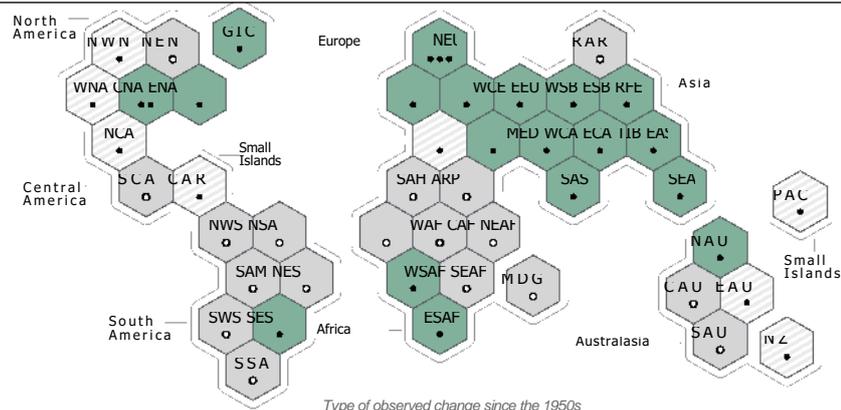
Tipo di cambiamento osservato nelle precipitazioni



Confidence in human contribution to the observed change

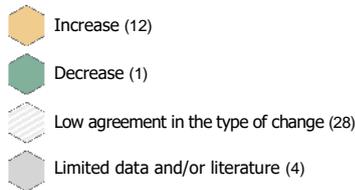


b) indici basati su quantità di precipitazioni di un giorno o di cinque giorni

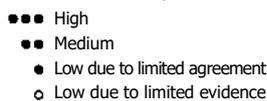


Type of observed change since the 1950s

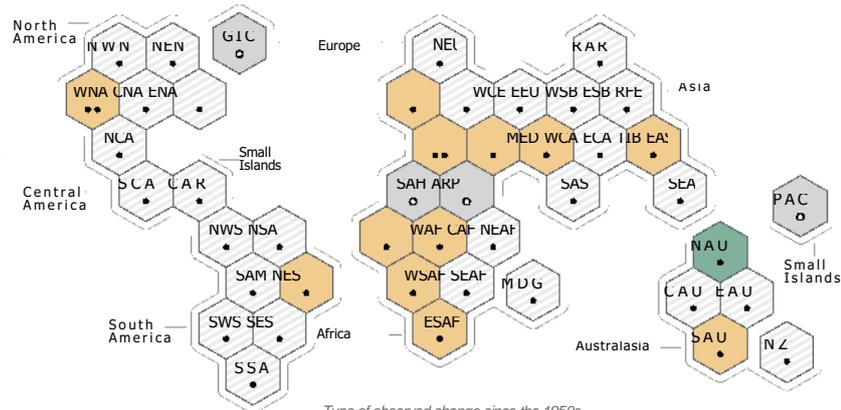
Tipo di cambiamento osservato nella siccità agricola ed ecologica



Confidence in human contribution to the observed change



c) Sintesi della valutazione del cambiamento osservato nella siccità agricola ed ecologica e fiducia nel contributo umano ai cambiamenti osservati nelle regioni del mondo



Type of observed change since the 1950s

Ogni esagono corrisponde a una delle regioni di riferimento IPCC AR6 WGI



Aree di riferimento IPCC AR6 WGI: **North America:** NWN (Nordamerica nordoccidentale), NEN (Nordamerica nordorientale), WNA (Nordamerica occidentale), CNA (Nordamerica centrale), ENA (Nordamerica orientale), America centrale: NCA (Nord America Centrale), SCA (Sud America Centrale), CAR (Carabi), Sud America: NWS (Nord-Ovest Sud America), NSA (Nord Sud America), NES (Nord-Est Sud America), SAM (Sud Monzone americano), SWS (Sud-Ovest del Sudamerica), SES (Sud-Est del Sudamerica), SSA (Sudamerica del Sud), Europa: GIC (Groenlandia/Islanda), NEU (Nord Europa), WCE (Ovest e Centro Europa), EEU (Europa orientale), MED (Mediterraneo), Africa: MED (Mediterraneo), SAH (Sahara), WAF (Africa occidentale), CAF (Africa centrale), NEAF (Africa nordorientale), SEAF (Africa sudorientale), WSAF (Africa meridionale occidentale), ESAF (Africa meridionale orientale), MDG (Madagascar), Asia: RAR (Artico russo), WSB (Siberia occidentale), ESB (Siberia orientale), RFE (Estremo Oriente russo), WCA (Ovest t Asia centrale), ECA (Asia centrale orientale), TIB (altopiano tibetano), EAS (Asia orientale), ARP (penisola arabica), SAS (Asia meridionale), SEA (Asia sudorientale), Australasia: NAU (Australia settentrionale), CAU (Australia Centrale), EAU (Australia Orientale), SAU (Australia Meridionale), NZ

Figura SPM.3: Sintesi dei cambiamenti regionali osservati e attribuibili valutati.

Le regioni abitate IPCC AR6 WGI sono visualizzate come **esagoni con dimensioni identiche nella loro posizione geografica approssimativa** (vedi legenda per gli acronimi regionali). Tutte le valutazioni sono effettuate per ciascuna regione nel suo insieme e **per gli anni '50 ad oggi**. Le valutazioni effettuate su scale temporali diverse o su scale spaziali più locali potrebbero differire da quanto mostrato in figura. I colori in ogni pannello rappresentano i quattro risultati della valutazione sui cambiamenti osservati. Gli esagoni a strisce bianche e grigio chiaro sono usati dove c'è un basso accordo sul tipo di cambiamento per la regione nel suo insieme, e gli esagoni grigi sono usati quando ci sono dati e/o letteratura limitati che impediscono una valutazione della regione nel suo insieme. **Altri colori indicano una fiducia almeno media nel cambiamento osservato**. Il livello di confidenza per l'influenza umana su questi cambiamenti osservati si basa sulla valutazione della letteratura sul rilevamento e sull'attribuzione delle tendenze e sull'attribuzione degli eventi ed è indicato dal numero di punti: tre punti per alta confidenza, due punti per confidenza media e un punto per bassa fiducia (riempito: accordo limitato; vuoto: evidenza limitata).

Riquadro a) Per gli estremi caldi, l'evidenza è principalmente tratta dai cambiamenti nelle metriche basate sulle temperature massime giornaliere; vengono inoltre utilizzati studi regionali che utilizzano altri indici (durata, frequenza e intensità dell'ondata di calore). **Gli esagoni rossi indicano le regioni in cui c'è almeno una confidenza media in un aumento osservato degli estremi caldi**.

Riquadro b) Per le precipitazioni intense, l'evidenza è per lo più tratta dai cambiamenti negli indici basati su quantità di precipitazioni di un giorno o di cinque giorni utilizzando studi globali e regionali. **Gli esagoni verdi indicano le regioni in cui c'è almeno una fiducia media in un aumento osservato delle precipitazioni intense**.

Pannello c) Le siccità agricole ed ecologiche sono valutate sulla base delle variazioni osservate e simulate **dell'umidità totale** del suolo della colonna, integrate da prove sulle variazioni dell'umidità superficiale del suolo, **del bilancio idrico** (precipitazioni meno evapotraspirazione) e degli indici guidati dalle precipitazioni e dalla domanda di evaporazione atmosferica. **Gli esagoni gialli indicano le regioni dove c'è almeno una fiducia media in un aumento osservato** di questo tipo di siccità e gli esagoni verdi indicano le regioni dove c'è una fiducia almeno media in una diminuzione osservata della siccità agricola ed ecologica.

Per tutte le regioni, la tabella TS.5 mostra una gamma più ampia di cambiamenti osservati oltre a quelli mostrati in questa figura. Si noti che SSA è l'unica regione che non mostra i cambiamenti osservati nelle metriche mostrate in questa figura, ma è influenzata dagli aumenti osservati della temperatura media, dalla diminuzione del gelo e dall'aumento delle ondate di calore marine. {11.9, Tabella TS.5, Riquadro TS.10, Figura 1, Atlante 1.3.3, Figura Atlante.2}

A.4 Miglioramento della conoscenza dei processi climatici, delle evidenze paleoclimatiche e della risposta del sistema climatico all'aumento del forzante radiativo fornisce una migliore stima dell'equilibrio e della sensibilità climatica di 3°C con un range più ristretto rispetto ad AR5. {2.2, 7.3, 7.4, 7.5, Riquadro 7.2, Riquadro incrociato 9.1, 9.4, 9.5, 9.6}

A.4.1 Il forzante radiativo causato dall'uomo di 2,72 [1,96-3,48] W/m² nel 2019 rispetto al 1750 ha riscaldato il sistema climatico. Questo riscaldamento è dovuto principalmente all'aumento delle concentrazioni di gas serra, in parte ridotto dal raffreddamento dovuto all'aumento delle concentrazioni di aerosol. Il forzante radiativo è aumentato di 0,43 W/ m² (19%) rispetto all'AR5, di cui 0,34 W/ m² è dovuto all'aumento delle concentrazioni di GHG dal 2011. Il resto è dovuto a una migliore comprensione scientifica e ai cambiamenti nella valutazione di forzatura dell'aerosol, che includono diminuzioni di concentrazione e miglioramento nel suo calcolo (alta confidenza).

{2.2, 7.3, TS.2.2, TS.3.1}

A.4.2 Il forcing radiativo positivo netto causato dall'uomo provoca un accumulo di energia aggiuntiva (riscaldamento) nel sistema climatico, in parte ridotto dall'aumento della perdita di energia nello spazio in risposta al riscaldamento della superficie. Il tasso medio di riscaldamento del sistema climatico osservato è aumentato da 0,50 [0,32 a 0,69] W/ m² per il periodo 1971–2006, a 0,79 [0,52–1,06] W/ m² per il periodo 2006–2018 (alta confidenza). **Il riscaldamento degli oceani ha rappresentato il 91% del riscaldamento nel sistema climatico**, con il riscaldamento del suolo, la perdita di ghiaccio e il riscaldamento atmosferico che rappresentano rispettivamente circa il 5%, 3% e 1% (alta confidenza). {7.2, Riquadro 7.2, TS.3.1}

A.4.3 Il riscaldamento del sistema climatico ha causato l'innalzamento medio globale del livello del mare attraverso la perdita di ghiaccio sulla terraferma e l'espansione termica dovuta al riscaldamento degli oceani. L'espansione termica ha spiegato il 50% dell'innalzamento del livello del mare durante il 1971–2018, mentre la perdita di ghiaccio dai ghiacciai ha contribuito per il 22%, le calotte glaciali il 20% e i cambiamenti nell'accumulo di acqua nel suolo dell'8%. **Il tasso di perdita della calotta glaciale è aumentato di un fattore quattro tra il 1992-1999 e il 2010-2019.** Insieme, la calotta glaciale e la perdita di massa dei ghiacciai sono stati i principali responsabili dell'innalzamento medio globale del livello del mare nel periodo 2006–2018. (alta confidenza). {Riquadro incrociato 9.1, 9.4, 9.5, 9.6}

A.4.4 La sensibilità climatica all'equilibrio è una grandezza importante utilizzata per stimare come il clima risponde al forzante radiativo. Sulla base di molteplici linee di evidenza²¹, l'intervallo molto probabile di sensibilità climatica all'equilibrio è compreso tra 2°C (confidenza alta) e 5°C (confidenza media). La migliore stima valutata da AR6 è 3°C con un intervallo probabile da 2,5°C a 4°C (alta confidenza), rispetto a 1,5°C–4,5°C in AR5, che non ha fornito una stima migliore {7.4, 7.5, ST.3.2}

19 aumento cumulativo di energia di 282 [177–387] ZJ nel periodo 1971–2006 (1 ZJ = 1021 J).

20 aumento cumulativo di energia di 152 [da 100 a 205] ZJ nel periodo 2006–2018.

21 Comprensione dei processi climatici, della documentazione strumentale, dei paleoclimi e dei vincoli emergenti basati su modelli (vedi glossario).

B. Possibili futuri climatici

*Una serie di cinque nuovi scenari illustrativi di emissioni è considerata coerentemente in questo rapporto per esplorare la risposta del clima a una gamma più ampia di gas serra (GHG), uso del suolo e futuro degli inquinanti atmosferici rispetto a quanto valutato in AR5. Questo insieme di scenari guida le proiezioni del modello climatico dei cambiamenti nel sistema climatico. Queste proiezioni spiegano l'attività solare e la forzatura di fondo dei vulcani. I risultati oltre il 21 ° secolo sono previste per il **breve termine (2021 - 2040), a medio termine (2041 - 2060) e lungo termine (2081 - 2100) rispetto al 1850 - 1900, salvo diversa indicazione.***

Riquadro SPM.1: Scenari, modelli climatici e proiezioni

Riquadro SPM.1.1: questo rapporto valuta la risposta climatica a cinque scenari illustrativi che coprono la gamma di possibili sviluppi futuri dei fattori antropici del cambiamento climatico presenti in letteratura. Iniziano nel 2015 e includono scenari ²² con emissioni di GHG elevate e molto elevate (SSP3-7.0 e SSP5-8.5) ed emissioni di CO₂ che raddoppiano all'incirca rispetto ai livelli attuali rispettivamente entro il 2100 e 2050, scenari con emissioni di GHG intermedie (SSP2-4.5) ed emissioni di CO₂ che si mantengono sui livelli attuali fino alla metà del secolo, e scenari con emissioni di GHG molto basse e basse e emissioni di CO₂ che scendono a zero intorno o dopo il 2050, seguite da livelli variabili di emissioni nette negative di CO₂ ²³ (SSP1-1.9 e SSP1-2.6) come illustrato nella Figura SPM.4. Le emissioni variano tra gli scenari a seconda delle condizioni socio-economiche, ipotesi, livelli di mitigazione del cambiamento climatico e, per aerosol e precursori dell'ozono non metano, controlli dell'inquinamento atmosferico. Ipotesi alternative possono comportare emissioni e risposte climatiche simili, ma le ipotesi socio-economiche e la fattibilità o probabilità di scenari individuali non fanno parte della valutazione. {TS.1.3, 1.6, Riquadro tra capitoli 1.4} (Figura SPM.4)

Riquadro SPM.1.2: questo rapporto valuta i risultati dei modelli climatici che partecipano al progetto di intercomparazione dei modelli accoppiati Fase 6 (CMIP6) del Programma mondiale di ricerca sul clima. Questi modelli includono una nuova e migliore rappresentazione dei processi fisici, chimici e biologici, nonché una risoluzione più elevata, rispetto ai modelli climatici considerati nei precedenti rapporti di valutazione dell'IPCC. Ciò ha migliorato la simulazione del recente stato medio della maggior parte degli indicatori su larga scala del cambiamento climatico e di molti altri aspetti del sistema climatico. Permangono alcune differenze rispetto alle osservazioni, ad esempio nei modelli regionali delle precipitazioni. Le simulazioni storiche CMIP6 valutate in questo rapporto hanno un cambiamento medio globale della temperatura superficiale entro 0,2 ° C delle osservazioni durante la maggior parte del periodo storico e il riscaldamento osservato rientra nell'intervallo molto probabile dell'insieme CMIP6. Tuttavia, alcuni modelli CMIP6 simulano un riscaldamento che è al di sopra o al di sotto dell'intervallo stimato molto probabile del riscaldamento osservato.

{1.5, Riquadro dei capitoli 2.2, 3.3, 3.8, TS.1.2, Riquadro delle sezioni TS.1} (Figura SPM.1 b, Figura SPM.2)

Riquadro SPM.1.3: I modelli CMIP6 considerati in questo rapporto hanno una gamma più ampia di sensibilità climatica rispetto ai modelli CMIP5 e l'AR6 ha valutato un intervallo molto probabile, che si basa su più linee di evidenza. Questi modelli CMIP6 mostrano anche una sensibilità climatica media più elevata rispetto a CMIP5 e la migliore stima valutata da AR6. I valori di sensibilità climatica più elevati di CMIP6 rispetto a CMIP5 possono essere ricondotti a un feedback di nuvola amplificante che è maggiore in CMIP6 di circa il 20%. {Casella 7.1, 7.3, 7.4, 7.5, ST.3.2}

Riquadro SPM.1.4: Per la prima volta in un rapporto IPCC, i cambiamenti futuri valutati nella temperatura superficiale globale, nel riscaldamento degli oceani e nel livello del mare sono costruiti combinando proiezioni multi-modello con vincoli osservativi basati sul riscaldamento simulato del passato, nonché la valutazione AR6 della sensibilità climatica. Per altre quantità, non esistono ancora metodi così robusti per vincolare le proiezioni. Tuttavia, si tratta di una proiezione robusta.

²² In questo rapporto, i cinque scenari illustrativi sono indicati come SSPx-y, dove "SSPx" si riferisce allo Shared Socio-economic Pathway o "SSP" che descrive le tendenze socio-economiche alla base dello scenario, e "y" si riferisce al livello approssimativo di forzante radiativo (in W/m²) risultante dallo scenario nell'anno 2100. Un confronto dettagliato con gli scenari utilizzati nei precedenti rapporti IPCC è fornito nella Sezione TS1.3 e 1.6 e 4.6. Gli SSP che sono alla base degli scenari di forzatura specifici utilizzati per guidare i modelli climatici non sono valutati dal WGI. Piuttosto, l'etichettatura SSPx-y garantisce la tracciabilità alla letteratura sottostante in cui vengono utilizzati percorsi di forzatura specifici come input per i modelli climatici. L'IPCC è neutrale rispetto alle ipotesi alla base delle SSP, che non coprono tutti i possibili scenari. Si possono considerare o sviluppare scenari alternativi.

²³ Le emissioni nette negative di CO₂ vengono raggiunte quando le rimozioni antropiche di CO₂ superano le emissioni antropiche. {Glossario}

Figura SPM.4: Future emissioni antropogeniche di fattori chiave del cambiamento climatico e contributi al riscaldamento da parte di gruppi di fattori per i cinque scenari illustrativi utilizzati in questo rapporto. (v. pagina precedente e commenti di seguito) [*SMP 16 di 41*]

I cinque scenari (v. figura soprastante) sono SSP1-1.9, SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3-7.0 e SSP5-8.5.

Panel a) Emissioni antropogeniche annuali (causate dall'uomo) nel periodo 2015-2100. Sono mostrate le traiettorie delle emissioni per l'anidride carbonica (CO₂) da tutti i settori (GtCO₂/yr) (grafico a sinistra) e per un sottoinsieme di tre fattori chiave non CO₂ considerati negli scenari: metano (CH₄, MtCH₄/yr, grafico in alto a destra), protossido di azoto (N₂O, MtN₂O/anno, grafico in mezzo a destra) e anidride solforosa (SO₂, MtSO₂/anno, grafico in basso a destra, che contribuiscono agli aerosol antropogenici nel riquadro b).

Pannello b) I contributi al riscaldamento per gruppi di fattori antropici e per scenario sono mostrati come variazione della temperatura superficiale globale (°C) nel 2081-2100 rispetto al 1850-1900, con l'indicazione del riscaldamento osservato fino ad oggi. Barre e baffi rappresentano rispettivamente i valori medi e l'intervallo molto probabile. All'interno di ogni diagramma a barre dello scenario, le barre rappresentano il riscaldamento globale totale (°C; barra totale) (vedere la tabella SPM.1) e i contributi al riscaldamento (°C) derivanti dalle variazioni di CO₂ (bar CO₂), dai gas serra diversi dalla CO₂ (non -Bar CO₂ GHGs; comprendente gas serra e ozono ben miscelati) e raffreddamento netto da altri driver antropogenici (aerosol e barra di utilizzo del suolo; aerosol antropogenici, cambiamenti nella riflettanza dovuti a cambiamenti nell'uso del suolo e dell'irrigazione e scie di condensazione dall'aviazione; cfr. Figura SPM.2, pannello c, per i contributi al riscaldamento ad oggi per i singoli composti). La migliore stima per il riscaldamento osservato nel 2010-2019 rispetto al 1850-1900 (vedi Figura SPM.2, pannello a) è indicata nella colonna più scura della barra totale. I contributi al riscaldamento nel pannello b sono calcolati come spiegato nella tabella SPM.1 per la barra totale. Per le altre barre il contributo per gruppi di composti è calcolato con un emulatore climatico fisico della temperatura superficiale globale che si basa su valutazioni di sensibilità climatica e forzante radiativo. {Riquadro incrociato 1.4, 4.6, Figura 4.35, 6.7, Figura 6.18, 6.22 e 6.24, Riquadro incrociato 7.1, 7.3, Figura 7.7, Riquadro TS.7, Figure TS.4 e TS.15}

B.1 La temperatura superficiale globale continuerà ad aumentare almeno fino alla metà del secolo in tutti gli scenari di emissione considerati. Il riscaldamento globale di 1,5°C e 2°C sarà superato nel corso del XXI secolo, a meno che nei prossimi decenni non si verifichino profonde riduzioni delle emissioni di CO₂ e di altri gas serra. {2.3, Riquadro incrociato 2.3, Riquadro incrociato 2.4, 4.3, 4.4, 4.5} (Figura SPM.1, Figura SPM.4, Figura SPM.8, Tabella SPM.1, Riquadro SPM.1)

B.1.1 Rispetto al periodo 1850-1900, è molto probabile che **la temperatura superficiale globale** media nel periodo 2081-2100 **sia superiore di 1,0°C a 1,8°C nello scenario di emissioni di gas a effetto serra molto basso considerato (SSP1-1,9), da 2,1°C a 3,5°C nello scenario intermedio (SSP2-4,5) e da 3,3°C a 5,7°C nello scenario con emissioni di gas serra molto elevate (SSP5-8,5)**²⁴. L'ultima volta che la temperatura superficiale globale è stata mantenuta pari o superiore a 2,5°C in più rispetto al 1850-1900 è stata oltre 3 milioni di anni fa (confidenza media). {2.3, Riquadro 2.4, 4.3, 4.5, Riquadro TS.2, Riquadro TS.4, Riquadro TS.1} (Tabella SPM.1)

Tabella SPM.1 (v. sotto): Variazioni della temperatura superficiale globale, valutate sulla base di più linee di evidenza, **per periodi di 20 anni selezionati e per i cinque scenari di emissioni illustrativi considerati.** Le differenze di temperatura relative alla temperatura superficiale globale media del periodo 1850-1900 sono riportate in °C. Ciò include la valutazione rivista del riscaldamento storico osservato per il periodo di riferimento AR5 1986-2005, che in AR6 è superiore di 0,08 [-0,01 a 0,12] °C rispetto a AR5 (vedi nota 10). Le variazioni relative al recente periodo di riferimento 1995-2014 possono essere calcolate approssimativamente **sottraendo 0,85°C**, la migliore stima del riscaldamento osservato dal 1850-1900 al 1995-2014. {Riquadro 2.3, 4.3, 4.4, Riquadro TS.1}

²⁴ Le variazioni della temperatura superficiale globale sono riportate come medie di 20 anni, salvo diversa indicazione.

Scenario	Prossimo, 2021–2040		Medio-termine, 2041–2060		Lungo termine, 2081–2100	
	Stima migliore (°C)	range assai probabile (°C)	Stima migliore (°C)	range assai probabile (°C)	Stima migliore (°C)	range assai probabile (°C)
SSP1-1.9	1.5	1.2 to 1.7	1.6	1.2 to 2.0	1.4	1.0 to 1.8
SSP1-2.6	1.5	1.2 to 1.8	1.7	1.3 to 2.2	1.8	1.3 to 2.4
SSP2-4.5	1.5	1.2 to 1.8	2.0	1.6 to 2.5	2.7	2.1 to 3.5
SSP3-7.0	1.5	1.2 to 1.8	2.1	1.7 to 2.6	3.6	2.8 to 4.6
SSP5-8.5	1.6	1.3 to 1.9	2.4	1.9 to 3.0	4.4	3.3 to 5.7

B.1.2 Sulla base della valutazione di più linee di evidenza, il riscaldamento globale di 2°C, relativo al periodo 1850–1900, sarebbe superato **durante il XXI secolo** negli scenari di emissioni di gas serra elevate e molto elevate considerati in questo rapporto (SSP3-7.0 e SSP5-8.5, rispettivamente). Il riscaldamento globale di 2°C verrebbe molto probabilmente superato nello scenario intermedio (SSP2-4.5). Negli scenari con emissioni di gas serra molto basse e basse, è estremamente improbabile che il riscaldamento globale di 2°C venga superato (SSP1-1.9) o improbabile che venga superato (SSP1-2.6)²⁵. È molto probabile che si verifichi il superamento del livello di riscaldamento globale di 2°C **nel periodo di medio termine (2041-2060) nello scenario di emissioni molto elevate** di GHG (SSP5-8.5), probabile che si verifichi nello scenario di elevate emissioni di GHG (SSP3-7.0), ed è più probabile che non si verifichi nello scenario delle emissioni intermedie di gas a effetto serra (SSP2-4.5) 26. (4.3, Riquadro della sezione trasversale TS.1) (Tabella SPM.1, Figura SPM.4, Riquadro SPM.1)

B.1.3 Il riscaldamento globale di 1,5°C relativo al periodo 1850-1900 sarebbe superato durante il XXI secolo negli scenari intermedi, alti e molto alti considerati in questo rapporto (SSP2-4.5, SSP3-7.0 e SSP5-8.5, rispettivamente). Secondo i cinque scenari illustrativi, nel breve termine (2021-2040), è molto probabile che il livello di riscaldamento globale di 1,5°C venga superato nello scenario con emissioni di gas serra molto elevate (SSP5-8,5), probabilmente superato nel periodo intermedio e scenari ad alte emissioni di GHG (SSP2-4.5 e SSP3-7.0), è **più probabile che non vengano superati nello scenario a basse emissioni di GHG (SSP1-2.6) e è più probabile che non vengano raggiunti nello scenario a bassissime emissioni di GHG (SSP1- 1.9)** 27. Inoltre, per lo scenario di emissioni di gas serra molto basse (SSP1-1.9), è molto probabile che la temperatura superficiale globale scenda al di sotto di 1,5°C verso la fine del XXI secolo, con un superamento temporaneo di non più di 0,1 °C sopra 1,5°C di riscaldamento globale. (4.3, Riquadro della sezione trasversale TS.1) (Tabella SPM.1, Figura SPM.4)

25 SSP1-1.9 e SSP1-2.6 sono scenari che si aprono nel 2015 e hanno emissioni di gas serra molto basse e bassi e di emissioni di CO₂ calo a zero netto intorno o dopo il 2050, seguite da livelli di CO₂ negativa netta variando 2 emissioni.

26 L'attraversamento è qui definito come il fatto che la variazione della temperatura superficiale globale valutata, mediata su un periodo di 20 anni, superi un particolare livello di riscaldamento globale.

27 La valutazione AR6 di quando un dato livello di riscaldamento globale viene superato per la prima volta beneficia della considerazione degli scenari illustrativi, delle molteplici linee di evidenza che entrano nella valutazione della futura risposta della temperatura superficiale globale al forzante radiativo e della migliore stima del riscaldamento storico. La valutazione AR6 non è quindi direttamente paragonabile all'SR1.5 SPM, che ha riferito di aver raggiunto probabilmente il riscaldamento globale di 1,5°C tra il 2030 e il 2052, da una semplice estrapolazione lineare dei tassi di riscaldamento del recente passato. Quando si considerano scenari simili a SSP1-1.9 invece dell'extrapolazione lineare, la stima SR1.5 di quando si raggiungono 1,5°C globali

B.1.4 La temperatura superficiale globale in ogni singolo anno può variare al di sopra o al di sotto della tendenza a lungo termine indotta dall'uomo, a causa della sostanziale variabilità naturale²⁸. Il verificarsi di singoli anni con variazione della temperatura superficiale globale al di sopra di un certo livello, ad esempio 1,5°C o 2°C, rispetto al 1850-1900 non implica che questo livello di riscaldamento globale sia stato raggiunto²⁹. {Riquadro 2.3, 4.3, 4.4, Riquadro 4.1, Riquadro TS.1} (Tabella SPM.1, [Figura SPM.1](#), [Figura SPM.8](#))

B.2 Molti cambiamenti nel sistema climatico diventano più grandi in relazione diretta all'aumento del riscaldamento globale. Includono l'aumento della frequenza e dell'intensità delle temperature estreme, le ondate di calore marine e le forti precipitazioni, la siccità agricola ed ecologica in alcune regioni e la proporzione di cicloni tropicali intensi, nonché la riduzione del ghiaccio marino artico, del manto nevoso e del permafrost. {4.3, 4.5, 4.6, 7.4, 8.2, 8.4, Box 8.2, 9.3, 9.5, Box 9.2, 11.1, 11.2, 11.3, 11.4, 11.6, 11.7, 11.9, Cross-capitolo Box 11.1, 12.4, 12.5, Cross-capitolo Riquadro 12.1, Atlas.4, Atlas.5, Atlas.6, Atlas.7, Atlas.8, Atlas.9, Atlas.10, Atlas.11} ([Figura SPM.5](#), [Figura SPM.6](#), [Figura SPM.8](#))

B.2.1 È praticamente certo che la superficie terrestre continuerà a riscaldarsi più della superficie oceanica (probabilmente da 1,4 a 1,7 volte di più). **È praticamente certo che l'Artico continuerà a riscaldarsi più della temperatura superficiale globale, con un'elevata confidenza superiore al doppio del tasso di riscaldamento globale.** {2.3, 4.3, 4.5, 4.6, 7.4, 11.1, 11.3, 11.9, 12.4, 12.5, Riquadro dei capitoli 12.1, Atlas.4, Atlas.5, Atlas.6, Atlas.7, Atlas.8, Atlas.9, Atlas.10, Atlas.11, Box di sezione trasversale TS.1, TS.2.6} ([Figura SPM.5](#))

B.2.2 Con ogni ulteriore incremento del riscaldamento globale, i cambiamenti negli estremi continuano a diventare più grandi. Ad esempio, ogni 0,5°C in più di riscaldamento globale provoca aumenti chiaramente percepibili dell'intensità e della frequenza degli estremi di caldo, comprese le ondate di calore (molto probabili) e le forti precipitazioni (alta confidenza), nonché siccità agricola ed ecologica³⁰ in alcune regioni (alta confidenza). Cambiamenti percettibili nell'intensità e nella frequenza delle siccità meteorologiche, con più regioni che mostrano sia aumenti che diminuzioni, si osservano in alcune regioni per ogni 0,5°C in più di riscaldamento globale (confidenza media). L'aumento della frequenza e dell'intensità delle siccità idrologiche diventa maggiore con l'aumento del riscaldamento globale in alcune regioni (confidenza media). Ci sarà un aumento del verificarsi di alcuni eventi estremi senza precedenti nel record osservativo con un ulteriore riscaldamento globale, anche a 1,5°C di riscaldamento globale. Le variazioni percentuali previste nella frequenza sono maggiori per gli eventi più rari (alta confidenza). {8.2, 11.2, 11.3, 11.4, 11.6, 11.9, Riquadro tra capitoli 11.1, Riquadro tra capitoli 12.1, TS.2.6} ([Figura SPM.5](#), [Figura SPM.6](#))

Quando il riscaldamento viene superato per la prima volta è vicino alla migliore stima qui riportata.

28 La variabilità naturale si riferisce alle fluttuazioni climatiche che si verificano senza alcuna influenza umana, ovvero la variabilità interna combinata con la risposta a fattori naturali esterni come eruzioni vulcaniche, cambiamenti nell'attività solare e, su scale temporali più lunghe, effetti orbitali e tettonica a zolle.

29 La variabilità interna in ogni singolo anno è stimata in $\pm 0,25^\circ\text{C}$ (intervallo 5-95%, alta confidenza).

30 I cambiamenti previsti nella siccità agricola ed ecologica sono valutati principalmente in base all'umidità totale del suolo della colonna. Vedere la nota 15 per la definizione e la relazione con le precipitazioni e l'evapotraspirazione.

B.2.3 Si prevede che alcune regioni di **media latitudine e semi-aride, e la regione dei monsoni sudamericani**, vedranno il più alto **aumento della temperatura** dei giorni più caldi, da circa 1,5 a 2 volte il tasso di riscaldamento globale (alta confidenza). Si prevede che **l'Artico** sperimenterà il più alto aumento della temperatura dei giorni più freddi, a circa 3 volte il tasso di riscaldamento globale (alta confidenza). Con l'ulteriore riscaldamento globale, la **frequenza delle ondate di calore marine continuerà ad aumentare** (confidenza alta), in particolare nell'oceano tropicale e nell'Artico (confidenza media). {Riquadro 9.2, 11.1, 11.3, 11.9, Riquadro incrociato 11.1, Riquadro incrociato 12.1, 12.4, TS.2.4, TS.2.6} ([Figura SPM.6](#))

B.2.4 È molto probabile che gli eventi di **precipitazioni intense** si intensificheranno e diventeranno più frequenti nella maggior parte delle regioni con un ulteriore riscaldamento globale. Su scala globale, si prevede che gli **eventi di precipitazioni giornaliere estreme si intensificheranno di circa il 7% per ogni 1°C di riscaldamento globale** (alta confidenza). Si prevede che la proporzione di cicloni tropicali intensi (categorie 4-5) e le velocità di picco del vento dei cicloni tropicali più intensi aumenteranno su scala globale con l'aumento del riscaldamento globale (alta confidenza). {8.2, 11.4, 11.7, 11.9, Riquadro tra capitoli 11.1, Riquadro TS.6, TS.4.3.1} ([Figura SPM.5](#), [Figura SPM.6](#))

B.2.5 Si prevede che un ulteriore riscaldamento amplificherà ulteriormente lo **scongelo del permafrost e la perdita di manto nevoso stagionale, di ghiaccio terrestre e di ghiaccio marino artico** (alta confidenza). È probabile che l'Artico sarà praticamente privo di ghiaccio marino il 31 settembre almeno una volta prima del 2050 nei cinque scenari illustrativi considerati in questo rapporto, con eventi più frequenti per livelli di riscaldamento più elevati. C'è poca fiducia nella prevista diminuzione del ghiaccio marino antartico. {4.3, 4.5, 7.4, 8.2, 8.4, Riquadro 8.2, 9.3, 9.5, 12.4, Riquadro tra capitoli 12.1, Atlante.5, Atlante.6, Atlante.8, Atlante.9, Atlante.11, TS.2.5} ([Figura SPM.8](#))

31 superficie di ghiaccio marino media mensile inferiore a 1 milione di km² che è circa il 15% della superficie di ghiaccio marino media di settembre osservata nel 1979-1988

Con ogni incremento del riscaldamento globale, i cambiamenti aumentano nella temperatura media regionale, nelle precipitazioni e nell'umidità del suolo.

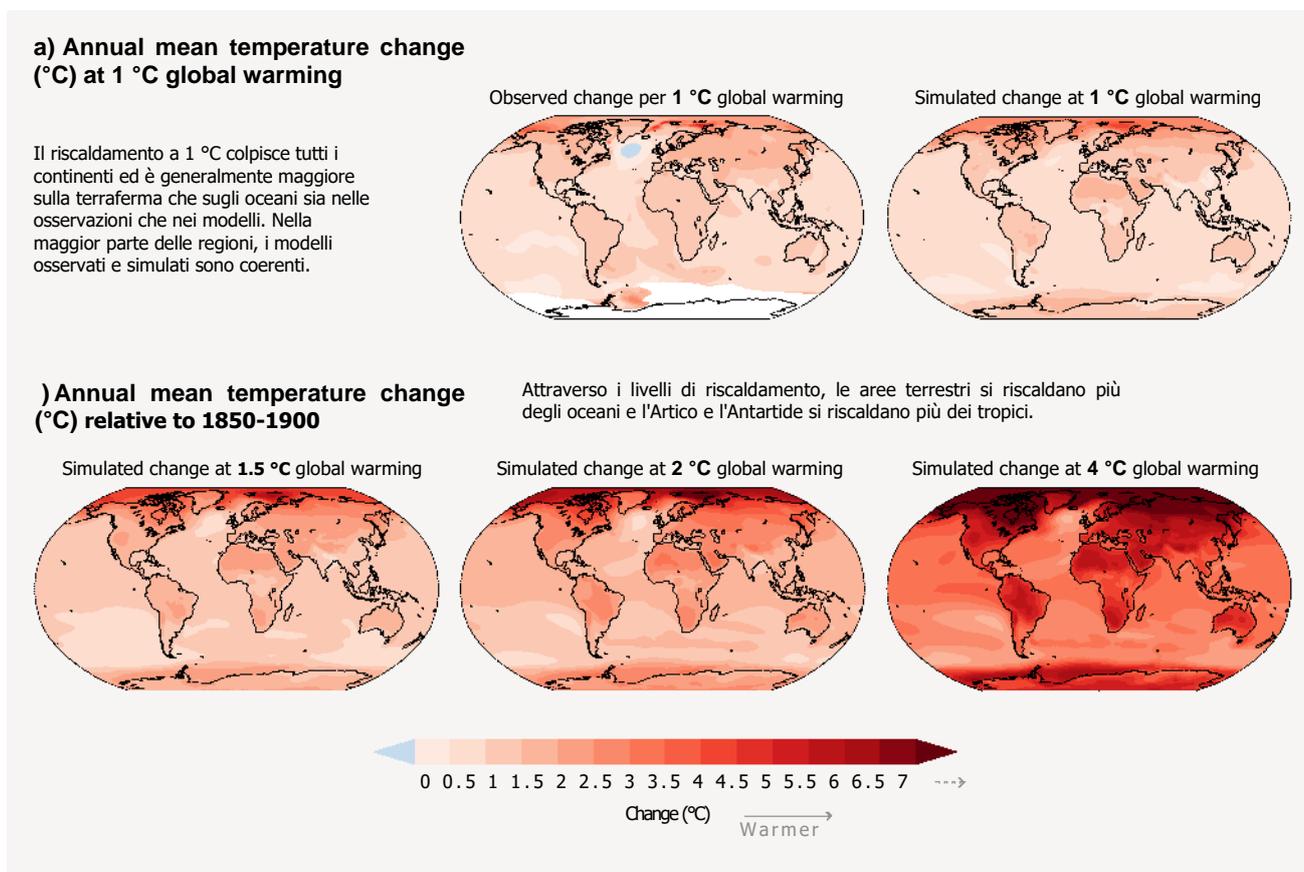


Figura SPM.5: Variazioni della temperatura superficiale media annuale, delle precipitazioni e dell'umidità del suolo.

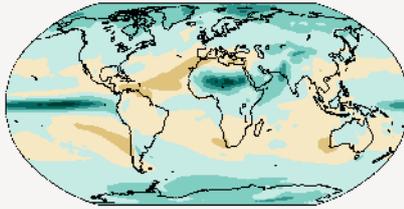
Riquadro a) Confronto della variazione media annuale della temperatura superficiale osservata e simulata. La mappa a sinistra mostra i cambiamenti osservati nella temperatura superficiale media annuale nel periodo 1850–2020 per °C di riscaldamento globale (°C). Le variazioni della temperatura superficiale media annuale osservata a livello locale (cioè, punto della griglia) sono linearmente regredite rispetto alla temperatura superficiale globale nel periodo 1850-2020. I dati sulla temperatura osservata provengono da Berkeley Earth, il set di dati con la più ampia copertura e la più alta risoluzione orizzontale. La regressione lineare viene applicata a tutti gli anni per i quali sono disponibili dati nel punto della griglia corrispondente. Il metodo di regressione è stato utilizzato per prendere in considerazione le serie temporali osservative complete e quindi ridurre il ruolo della variabilità interna a livello del punto della griglia. Il bianco indica le aree in cui la copertura temporale era di 100 anni o meno e quindi troppo breve per calcolare una regressione lineare affidabile. La mappa di destra si basa su simulazioni di modelli e mostra la variazione delle temperature medie simulate annuali multi-modello a un livello di riscaldamento globale di 1°C (variazione media della temperatura superficiale globale di 20 anni rispetto al 1850-1900). I triangoli a ciascuna estremità della barra dei colori indicano valori fuori limite, ovvero valori al di sopra o al di sotto dei limiti indicati.

Pannello b) Variazione media annuale simulata della temperatura (°C), pannello c) variazione delle precipitazioni (%) e pannello d) variazione totale dell'umidità del suolo della colonna (deviazione standard della variabilità interannuale) a livelli di riscaldamento globale di 1,5°C, 2°C e 4°C (20 anni di variazione media della temperatura superficiale globale rispetto al 1850-1900). I cambiamenti simulati corrispondono al cambiamento medio multi-modello CMIP6 (cambiamento mediano per l'umidità del suolo) al corrispondente livello di riscaldamento globale, ovvero lo stesso metodo della mappa di destra nel riquadro a).

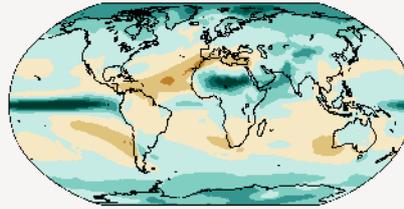
c) Annual mean precipitation change (%) relative to 1850-1900

Si prevede che le precipitazioni aumenteranno sulle alte latitudini, nel Pacifico equatoriale e in parti delle regioni monsoniche, ma diminuiranno su parti delle regioni subtropicali e in aree limitate dei tropici.

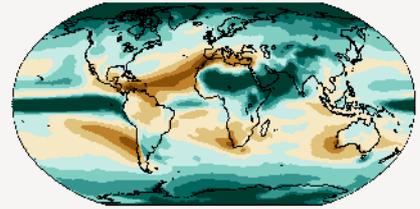
Simulated change at 1.5 °C global warming



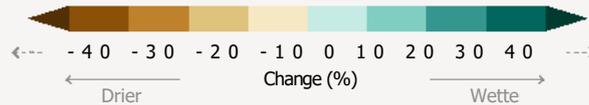
Simulated change at 2 °C global warming



Simulated change at 4 °C global warming



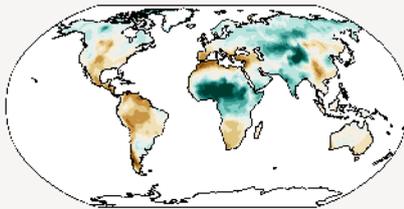
Cambiamenti assoluti relativamente piccoli possono apparire come grandi variazioni % in regioni con



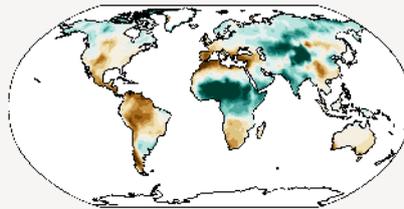
d) Variazione media annuale dell'umidità del suolo nella colonna

Attraverso i livelli di riscaldamento, i cambiamenti nell'umidità del suolo seguono in gran parte i cambiamenti nelle precipitazioni, ma mostrano anche alcune differenze dovute all'influenza dell'evapotraspirazione.

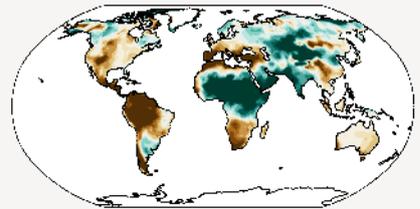
Simulated change at 1.5 °C global warming



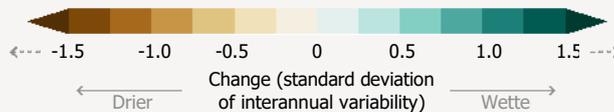
Simulated change at 2 °C global warming



Simulated change at 4 °C global warming



Cambiamenti assoluti relativamente piccoli possono apparire grandi se espressi in unità di deviazione standard in regioni aride con poca variabilità



Nel riquadro c), variazioni percentuali positive elevate nelle regioni aride possono corrispondere a piccole variazioni assolute. **Nel riquadro d)**, l'unità è la deviazione standard della variabilità interannuale dell'umidità del suolo durante il periodo 1850-1900. La deviazione standard è una metrica ampiamente utilizzata nella caratterizzazione della gravità della siccità. Una riduzione prevista dell'umidità media del suolo di una deviazione standard corrisponde alle condizioni di umidità del suolo tipiche dei periodi di siccità verificatisi circa una volta ogni sei anni nel periodo 1850-1900. Nel riquadro d), grandi cambiamenti nelle regioni aride con poca variabilità interannuale nelle condizioni di base possono corrispondere a piccoli cambiamenti assoluti. I triangoli a ciascuna estremità delle barre di colore indicano valori fuori limite, ovvero valori al di sopra o al di sotto dei limiti indicati. Viene calcolata la media dei risultati di tutti i modelli che raggiungono il livello di riscaldamento corrispondente in uno qualsiasi dei cinque scenari illustrativi (SSP1-1.9, SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3-7.0 e SSP5-8.5). Le mappe della temperatura media annuale e delle variazioni delle precipitazioni a un livello di riscaldamento globale di 3°C sono disponibili nella Figura 4.31 e nella Figura 4.32 nella Sezione 4.6.

Le mappe corrispondenti dei pannelli b), c) ed) inclusi i tratteggi per indicare il livello di accordo del modello a livello di cella di griglia si trovano rispettivamente nelle Figure 4.31, 4.32 e 11.19; come evidenziato in CC-box Atlas.1, il tratteggio a livello di cella di griglia non è informativo per scale spaziali più grandi (ad esempio, su regioni di riferimento AR6) dove i segnali aggregati sono meno influenzati dalla variabilità su piccola scala che porta ad un aumento della robustezza.

{TS.1.3.2, Figura TS.3, Figura TS.5, Figura 1.14, 4.6.1, Riquadro incrociato 11.1, Riquadro incrociato Atlas.1}

I cambiamenti previsti negli estremi sono più frequenti in frequenza ogni ulteriore incremento del riscaldamento globale

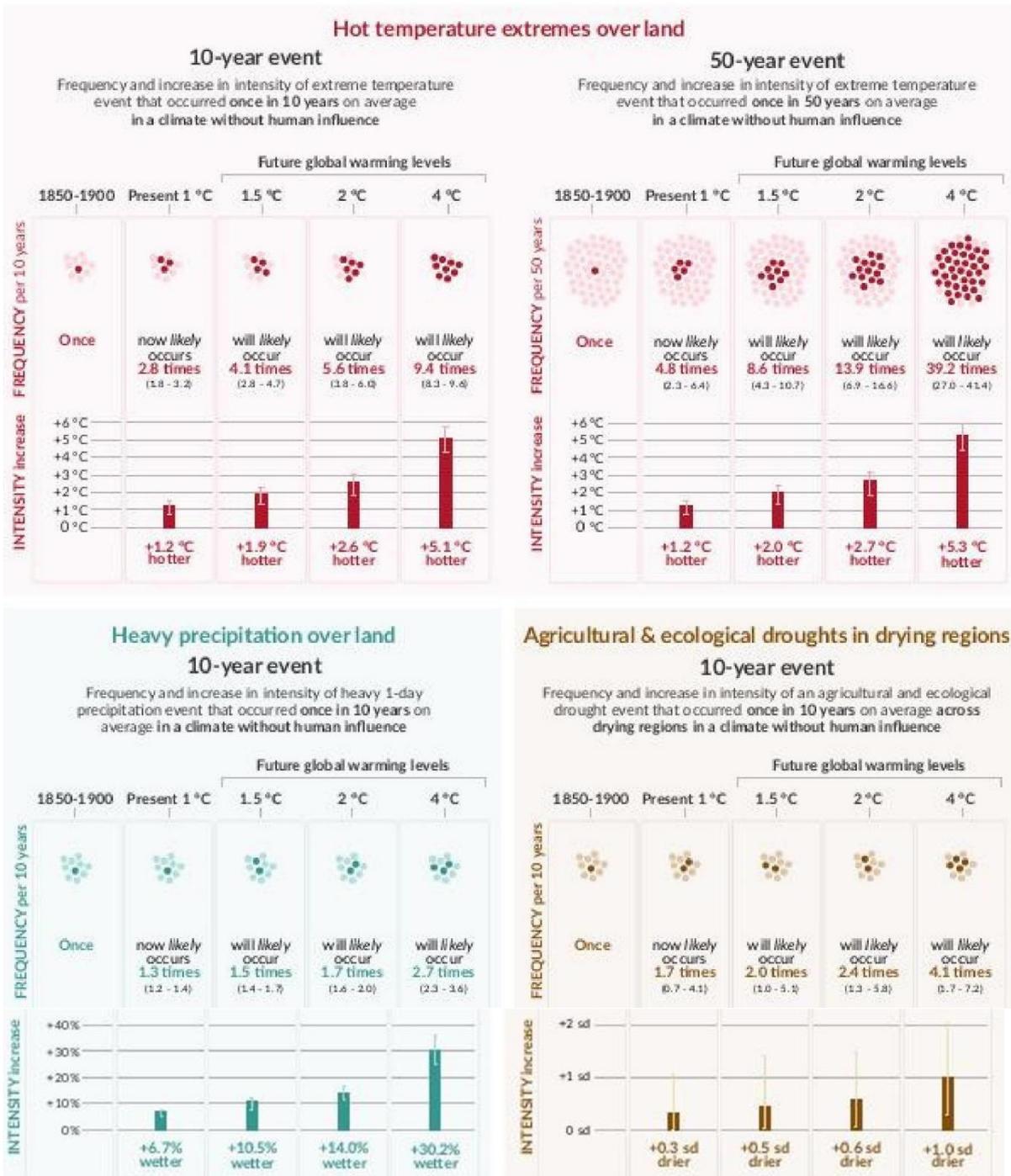


Figura SPM.6: Cambiamenti previsti nell'intensità e nella frequenza di temperature estreme calde sulla terra, precipitazioni estreme sulla terra e siccità agricole ed ecologiche nelle regioni aride.

Cambiamenti previsti sono esposti a livelli di riscaldamento globale di 1 ° C, 1,5 ° C, 2 ° C e 4 ° C e sono relativi al 1850 - 1900 9 rappresenta un clima senza influenza umana. La figura mostra le frequenze e gli aumenti di intensità di eventi estremi di 10 o 50 anni dal periodo di base (1850-1900) a diversi livelli di riscaldamento globale.

Le temperature estreme calde sono definite come le temperature massime giornaliere sulla terra che sono state superate in media una volta ogni decennio (evento di 10 anni) o una volta ogni 50 anni (evento di 50 anni) durante il periodo di riferimento 1850-1900. Gli eventi di precipitazioni estreme sono definiti come la quantità giornaliera di precipitazioni sulla terra che è stata superata in media una volta ogni decennio durante il periodo di riferimento 1850-1900. **Gli eventi di siccità agricola ed ecologica** sono definiti come la media annuale dell'umidità totale del suolo della colonna al di sotto del 10° percentile del periodo di base 1850-1900. Questi estremi sono definiti sulla scala del riquadro della griglia del modello. Per le temperature estreme e le precipitazioni estreme, vengono mostrati i risultati per la terra globale. Per la siccità agricola ed ecologica, i risultati vengono mostrati solo per le regioni di essiccazione, che corrispondono alle regioni AR6 in cui vi è una fiducia almeno media in un previsto aumento della siccità agricola/ecologica al livello di riscaldamento di 2°C rispetto al 1850-1900 periodo di riferimento nel CMIP6. Queste regioni includono W. Nord-America, C. Nord-America, N. Centro-America, S. Centro-America, Caraibi, N. Sud-America, NE Sud-America, Sud-America-Monsone, SO Sud-America, Sud America meridionale, Europa occidentale e centrale, Mediterraneo, Africa meridionale occidentale, Africa meridionale orientale, Madagascar, Australia orientale, Australia meridionale (I Caraibi non sono inclusi nel calcolo della cifra a causa della numero troppo piccolo di celle della griglia terrestre piena). Le regioni non siccitose non mostrano un aumento o una diminuzione complessivi della gravità della siccità. Le proiezioni dei cambiamenti nella siccità agricola ed ecologica nell'insieme multi-modello CMIP5 differiscono da quelle nel CMIP6 in alcune regioni, inclusa parte dell'Africa e dell'Asia. Le valutazioni sui cambiamenti previsti nelle siccità meteorologiche e idrologiche sono fornite nel capitolo 11. {11.6, 11.9}.

Nella sezione 'frequenza', ogni anno è rappresentato da un punto. I punti scuri indicano gli anni in cui viene superata la soglia estrema, mentre i punti chiari sono gli anni in cui la soglia non viene superata. I valori corrispondono alle mediane (in grassetto) e al loro rispettivo intervallo 5-95% basato sull'insieme multi-modello delle simulazioni di CMIP6 in diversi scenari SSP. Per coerenza, il numero di punti scuri si basa sulla mediana arrotondata. **Nella sezione "intensità", le mediane e il loro intervallo 5-95%**, anch'essi basati sull'insieme multi-modello delle simulazioni di CMIP6, vengono visualizzate rispettivamente come barre scure e chiare. **I cambiamenti nell'intensità delle temperature estreme e delle precipitazioni estreme sono espressi come gradi Celsius e percentuale. Per quanto riguarda la siccità agricola ed ecologica, le variazioni di intensità sono espresse come frazioni della deviazione standard dell'umidità annuale del suolo.** {11.1, 11.3, 11.4, 11.6, Figura 11.12, Figura 11.15, Figura 11.6, Figura 11.7, Figura 11.18}

B.3 Si prevede che il continuo riscaldamento globale intensificherà ulteriormente il ciclo globale dell'acqua, inclusa la sua variabilità, le precipitazioni monsoniche globali e la gravità degli eventi umidi e secchi. {4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 8.2, 8.3, 8.4, 8.5, Box 8.2, 11.4, 11.6, 11.9, 12.4, Atlas.3} (Figura SPM.5, Figura SPM.6)

B 3.1. Vi sono prove rafforzate dall'AR5 che il ciclo globale dell'acqua continuerà ad intensificarsi con l'aumento delle temperature globali (alta confidenza), con le precipitazioni e i flussi di acqua superficiale previsti per diventare più variabili nella maggior parte delle regioni terrestri all'interno delle stagioni (alta confidenza) e da anno per anno (confidenza media). Si prevede che la precipitazione media annua globale del suolo aumenterà dello 0 – 5% nello scenario con emissioni di GHG molto basse (SSP1-1.9), dell'1,5-8% per lo scenario delle emissioni di GHG intermedie (SSP2-4.5) e dell'1 – 13% nello scenario delle emissioni di GHG molto elevate (SSP5-8.5) entro il 2081 – 2100 rispetto al 1995-2014 (range probabili). Si prevede che le precipitazioni aumenteranno alle alte latitudini, nel Pacifico equatoriale e in parti delle regioni monsoniche, ma diminuiranno su parti delle regioni subtropicali e limitate aree tropicali in SSP2-4.5, SSP3-7.0 e SSP5-8.5 (molto probabile). Si prevede che la porzione di territorio globale che registra aumenti o diminuzioni rilevabili nelle precipitazioni medie stagionali aumenterà (confidenza media). C'è un'elevata fiducia in un inizio anticipato dello scioglimento delle nevi primaverili, con flussi di picco più elevati a scapito dei flussi estivi nelle regioni dominate dalla neve a livello globale. {4.3, 4.5, 4.6, 8.2, 8.4, Atlas.3, TS.2.6, Box TS.6, TS.4.3} (Figura SPM.5)

B.3.2 Un clima più caldo intensificherà gli eventi e le stagioni meteorologiche e climatiche molto umide e molto secche, con implicazioni per inondazioni o siccità (alta confidenza), ma la posizione e la frequenza di questi eventi dipendono dai cambiamenti previsti nella circolazione atmosferica regionale, compresi i monsoni e tracce di tempesta di media latitudine. È molto probabile che la variabilità delle precipitazioni correlata a El Niño – Oscillazione del sud sia amplificata entro la seconda metà del 21° secolo negli scenari SSP2-4.5, SSP3-7.0 e SSP5-8.5. {4.3, 4.5, 4.6, 8.2, 8.4, 8.5, 11.4, 11.6, 11.9, 12.4, TS.2.6, TS.4.2, Box TS.6} (Figura SPM.5, Figura SPM.6)

B3.3 Si prevede che le precipitazioni monsoniche aumenteranno nel medio-lungo termine su scala globale, in particolare nell'Asia meridionale e sudorientale, nell'Asia orientale e nell'Africa occidentale, ad eccezione dell'estremo ovest del Sahel (alta confidenza). Si prevede che la stagione dei monsoni avrà un inizio ritardato sul Nord e Sud America e sull'Africa occidentale (confidenza alta) e un ritiro ritardato sull'Africa occidentale (confidenza media).

B3.4 Un previsto spostamento verso sud e un'intensificazione delle tracce di tempesta estiva alle medie latitudini dell'emisfero australe e delle precipitazioni associate è probabile a lungo termine in scenari di elevate emissioni di gas serra (SSP3-7.0, SSP5-8.5), ma nel breve termine l'effetto di il recupero dell'ozono stratosferico contrasta questi cambiamenti (alta confidenza). C'è una fiducia media in un continuo spostamento verso i poli delle tempeste e delle loro precipitazioni nel Pacifico settentrionale, mentre c'è poca fiducia nei cambiamenti previsti nelle tracce delle tempeste del Nord Atlantico. {TS.4.2, 4.4, 4.5, 8.4, ST.2.3}

B.4 In scenari con emissioni di CO₂ crescenti, i pozzi di assorbimento del carbonio oceanici e terrestri sono proiettati ad essere meno efficace nel rallentare l'accumulo di CO₂ nell'atmosfera. {4.3, 5.2, 5.4, 5.5, 5.6} (Figura SPM.7).

B.4.1 Mentre si prevede che i pozzi di assorbimento naturali del carbonio terrestri e oceanici assorbano , in termini assoluti, una quantità progressivamente maggiore di CO₂ in scenari di emissioni di CO₂ maggiori rispetto a scenari di emissioni di CO₂ inferiori , diventano meno efficaci, ovvero la proporzione di emissioni prelevate da terra e degli oceani diminuiscono con l'aumentare di CO₂ cumulativo e emissioni. Si prevede che ciò comporti una percentuale più elevata di CO₂ emessa rimanente nell'atmosfera (alta confidenza). {5.2, 5.4, Box TS.5} (Figura SPM.7)

B.4.2 Sulla base delle proiezioni del modello, nello scenario intermedio che stabilizza le concentrazioni atmosferiche di CO₂ in questo secolo (SSP2-4.5), si prevede che i tassi di CO₂ assorbiti dalla terra e dagli oceani diminuiranno nella seconda metà del 21° secolo (alta confidenza). Negli scenari di emissioni di gas serra molto basse e basse (SSP1-1.9, SSP1-2.6), in cui le concentrazioni di CO₂ raggiungono il picco e diminuiscono durante il 21° secolo, la terra e gli oceani iniziano ad assorbire meno carbonio in risposta alla diminuzione delle concentrazioni atmosferiche di CO₂ (alta confidenza) e trasformarsi in una fonte netta debole entro il 2100 sotto SSP1-1.9 (confidenza media). È molto improbabile che il pozzo globale combinato di terra e oceano si trasformi in una fonte entro il 2100 in scenari senza emissioni nette negative 32 (SSP2-4.5, SSP3-7.0, SSP5-8.5). {4.3, 5.4, 5.5, 5.6, Riquadro TS.5, TS.3.3}

B.4.3 L'entità dei feedback tra il cambiamento climatico e il ciclo del carbonio diventa più ampia ma anche più incerta in scenari con elevate emissioni di CO₂ (confidenza molto alta). Tuttavia, le proiezioni dei modelli climatici mostrano che le incertezze nelle concentrazioni di CO₂ atmosferica entro il 2100 sono dominate dalle differenze tra gli scenari di emissione (alta confidenza). Ulteriori risposte dell'ecosistema al riscaldamento non ancora completamente incluse nei modelli climatici, come i flussi di CO₂ e CH₄ dalle zone umide, il disgelo del permafrost e gli incendi, aumenterebbero ulteriormente le concentrazioni di questi gas nell'atmosfera (alta confidenza). {5.4, Riquadro TS.5, TS.3.2}

³² Questi aggiustamenti previsti dei pozzi di carbonio alla stabilizzazione o al declino della CO₂ atmosferica sono presi in considerazione nei calcoli dei bilanci di carbonio rimanenti.

Total cumulative CO₂ emissions taken up by land and oceans (colours) and remaining in the atmosphere under the five illustrative scenarios from 1850 to 2100



Per scenari con Emissioni di CO₂... cumulativi più alte

la quantità di emissioni di CO₂ preso dai pozzi di carbonio da terra e oceano è più grande, ma più dell'emesso Le emissioni di CO₂ rimangono nell'atmosfera...

nel senso che la proporzione delle emissioni di CO₂ assorbite da pozzi di carbonio terrestri e oceanici dall'atmosfera è più piccolo negli scenari con maggiori emissioni di CO₂.

Figura SPM.7: Emissioni cumulative di CO₂ antropogeniche assorbite dai pozzi terrestri e oceanici entro il 2100 sotto i cinque scenari illustrativi.

La percentuale di emissioni di CO₂ assorbita dai pozzi di assorbimento del carbonio terrestri e oceanici è minore in scenari con emissioni cumulative di CO₂ più elevate

Le emissioni cumulative di anidride carbonica (CO₂) antropogeniche (causate dall'uomo) assorbite dai pozzi terrestri e oceanici nell'ambito dei cinque scenari illustrativi (SSP1-1.9, SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3-7.0 e SSP5-8.5) sono simulate dal 1850 al 2100 dai modelli climatici CMIP6 nelle simulazioni basate sulla concentrazione. I pozzi di carbonio terrestri e oceanici rispondono alle emissioni passate, presenti e future, pertanto qui vengono presentati i pozzi cumulativi dal 1850 al 2100. Durante il periodo storico (1850-2019) il pozzo terrestre e oceanico osservato ha assorbito 1430 GtCO₂ (59% delle emissioni).

Il grafico a barre illustra la quantità prevista di emissioni antropogeniche cumulative di CO₂ (GtCO₂) tra il 1850 e il 2100 rimaste nell'atmosfera (parte grigia) e assorbite dalla terra e dall'oceano (parte colorata) nell'anno 2100. Il grafico a ciambella illustra la proporzione delle emissioni antropogeniche cumulative di CO₂ assorbite dai pozzi terrestri e oceanici e rimaste nell'atmosfera nell'anno 2100. I valori in % indicano la proporzione delle emissioni antropogeniche cumulative di CO₂ assorbite dai pozzi terrestri e oceanici combinati in l'anno 2100. Le emissioni complessive di carbonio di origine antropica sono calcolate sommando le emissioni globali nette di uso del suolo dal database dello scenario CMIP6 alle altre emissioni settoriali calcolate dai modelli climatici con concentrazioni di CO₂ prescritte 33. L'assorbimento di CO₂ terrestre e oceanico dal 1850 è calcolato dalla produttività netta del bioma sulla terra, corretta per le perdite di CO₂ dovute al cambiamento di uso del suolo aggiungendo le emissioni del cambiamento di uso del suolo e il flusso netto di CO₂ oceanico. {Riquadro TS.5, Riquadro TS.5, Figura 1, 5.2.1, Tabella 5.1, 5.4.5, Figura 5.25}

33 Le altre emissioni settoriali sono calcolate come il residuo dell'assorbimento netto di CO₂ terrestre e oceanico e le variazioni di concentrazione di CO₂ atmosferica prescritte nelle simulazioni CMIP6. Queste emissioni calcolate sono emissioni nette e non separano le emissioni antropogeniche lorde dalle rimozioni, che sono incluse implicitamente.

B.5 Molti cambiamenti dovuti alle emissioni di gas serra passate e future sono irreversibili da secoli a millenni, in particolare i cambiamenti nell'oceano, nelle calotte glaciali e nel livello globale del mare. {Riquadro incrociato 2.4, 2.3, 4.3, 4.5, 4.7, 5.3, 9.2, 9.4, 9.5, 9.6, Riquadro 9.4} (Figura SPM.8)

B.5.1 Le emissioni di gas a effetto serra passate dal 1750 hanno impegnato l'oceano globale nel riscaldamento futuro (alta confidenza). Sul resto del 21° secolo, probabilmente il riscaldamento dell'oceano varia da 2 - 4 (SSP1-2.6) a 4 - 8 volte (SSP5-8.5) del 1971 - il cambiamento 2018. Sulla base di molteplici linee di prova, la stratificazione degli oceani superiori (praticamente certa), l'acidificazione degli oceani (praticamente certa) e la deossigenazione degli oceani (alta confidenza) continueranno ad aumentare nel 21° secolo, a tassi dipendenti dalle emissioni future. I cambiamenti sono irreversibili su scale temporali dal centenario al millennio della temperatura globale dell'oceano (confidenza molto alta), dell'acidificazione degli oceani profondi (confidenza molto alta) e della deossigenazione (confidenza media). {4.3, 4.5, 4.7, 5.3, 9.2, TS.2.4} (Figura SPM.8)

B.5.2 I ghiacciai montani e polari sono impegnati a continuare a sciogliersi per decenni o secoli (confidenza molto alta). La perdita di carbonio del permafrost a seguito del disgelo del permafrost è irreversibile in tempi centenari (alta confidenza). La continua perdita di ghiaccio nel 21° secolo è praticamente certa per la calotta glaciale della Groenlandia e probabilmente per la calotta glaciale antartica. C'è un'elevata fiducia che la perdita totale di ghiaccio dalla calotta glaciale della Groenlandia aumenterà con le emissioni cumulative. Esistono prove limitate di risultati a bassa probabilità e ad alto impatto (derivanti da processi di instabilità della calotta glaciale caratterizzati da profonda incertezza e in alcuni casi che coinvolgono punti critici) che aumenterebbero fortemente la perdita di ghiaccio dalla calotta antartica per secoli in scenari di elevate emissioni di gas serra 34. {4.3, 4.7, 5.4, 9.4, 9.5, Riquadro 9.4, Riquadro TS.1, TS.2.5}

B.5.3 È praticamente certo che il livello medio globale del mare continuerà ad aumentare nel 21° secolo. Rispetto al periodo 1995-2014, il probabile aumento del livello medio globale del mare entro il 2100 è di 0,28-0,55 m nello scenario con emissioni di gas serra molto basse (SSP1-1.9), 0,32-0,62 m con lo scenario con emissioni di gas serra ridotte (SSP1-2.6), 0,44 -0,76 m nello scenario delle emissioni di GHG intermedie (SSP2-4.5) e 0,63-1,01 m nello scenario delle emissioni di GHG molto elevate (SSP5-8.5), e entro il 2150 è di 0,37-0,86 m nello scenario molto basso (SSP1-1.9), 0,46 - 0,99 m sotto il basso scenario (SSP1-2.6), 0,66-1,33 m nello scenario intermedio (SSP2-4.5), e 0,98-1,88 m nello scenario molto alto (SSP5-8.5) (media fiducia) 35. Innalzamento del livello medio del mare globale al di sopra del probabile gamma - si avvicina 2 m nel 2100 e 5 m entro il 2150 nell'ambito di un altissimo scenario di emissioni di gas serra (SSP5-8.5) (scarsa fiducia) - non può essere esclusa a causa di profonda incertezza nei processi di calotta di ghiaccio. {4.3, 9.6, Riquadro 9.4, Riquadro TS.4} (Figura SPM.8)

B.5.4 A lungo termine, il livello del mare è destinato ad aumentare da secoli a millenni a causa del continuo riscaldamento degli oceani profondi e dello scioglimento della calotta glaciale, e rimarrà elevato per migliaia di anni (alta confidenza). Nei prossimi 2000 anni, il livello medio globale del mare aumenterà di circa 2-3 m se il riscaldamento è limitato a 1,5°C, da 2 a 6 m se limitato a 2°C e da 19 a 22 m con 5°C di riscaldamento, e continuerà ad aumentare nei millenni successivi (bassa confidenza). Le proiezioni di aumento livello medio del mare globale multi-millennaria sono coerenti con i livelli ricostruiti durante i periodi di caldo clima del passato: probabilmente 5 - 10 m più alto rispetto ad oggi circa 125.000 anni fa, quando le temperature globali erano molto probabile 0.5 °C - 1,5 °C superiore a 1850 - 1900; e molto probabilmente 5 - 25 m più in alto circa 3 milioni di anni fa, quando le temperature globali erano più alte di 2,5°C - 4°C (confidenza media). {2.3, Riquadro incrociato 2.4, 9.6, Riquadro TS.2, Riquadro TS.4, Riquadro TS.9}

34 Gli esiti a bassa probabilità e ad alto impatto sono quelli la cui probabilità di accadimento è bassa o non ben nota (come nel contesto di profonda incertezza) ma i cui potenziali impatti sulla società e sugli ecosistemi potrebbero essere elevati. Un punto di svolta è una soglia critica oltre la quale un sistema si riorganizza, spesso in modo brusco e/o irreversibile. {Riquadro trasversali 1.3, 1.4, 4.7}

35 Per confrontare il periodo di riferimento 1986-2005 utilizzato in AR5 e SROCC, aggiungere 0,03 m alle stime dell'innalzamento medio globale del livello del mare. Per confrontare il periodo di riferimento 1900 utilizzato nella Figura SPM.8, aggiungere 0,16 m.

Le attività umane influiscono su tutti i principali componenti del sistema climatico: alcuni rispondono nel corso di decenni e altri nel corso dei secoli

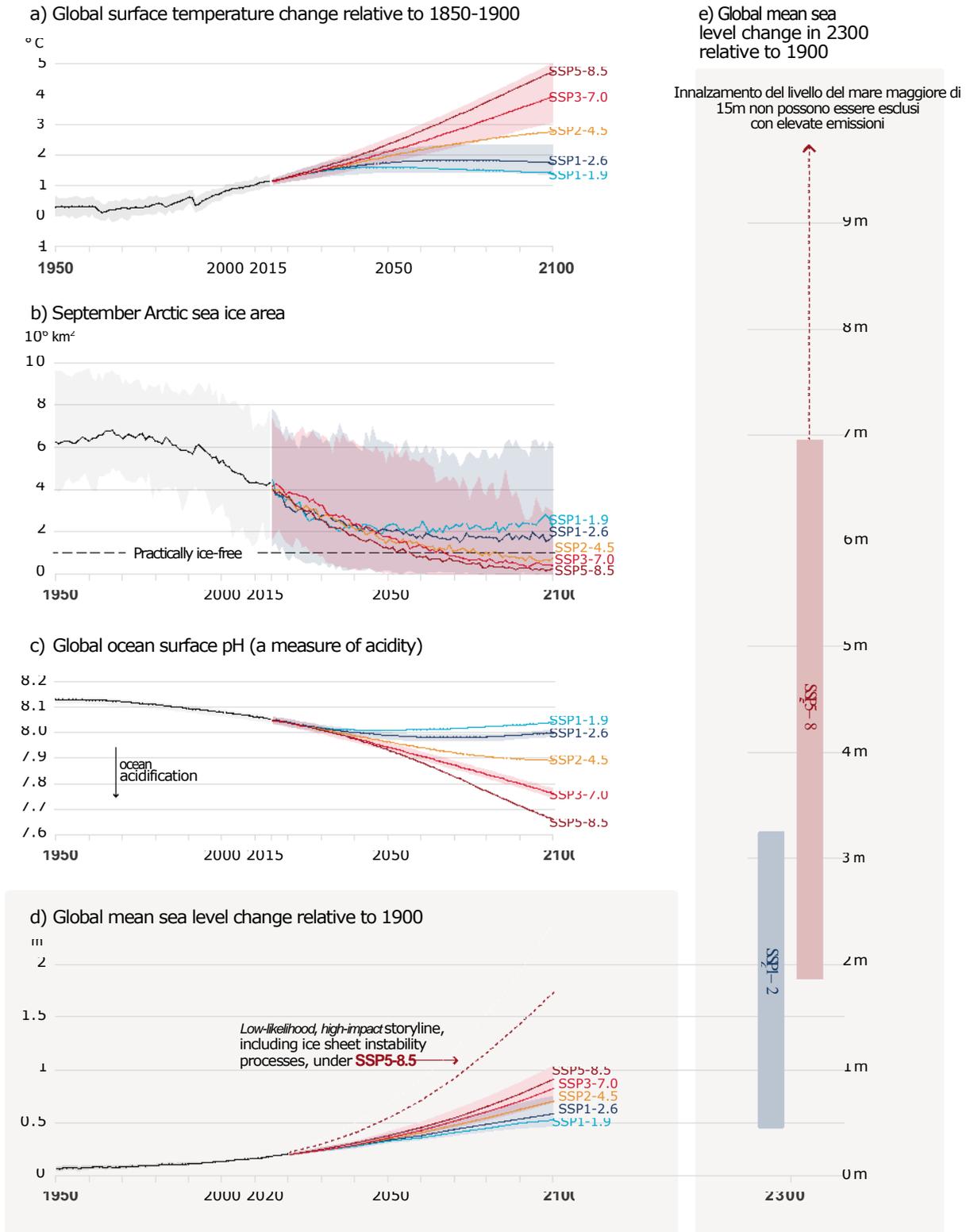


Figura SPM.8: Indicatori selezionati del cambiamento climatico globale nei cinque scenari illustrativi utilizzati in questo rapporto.

Le proiezioni per ciascuno dei cinque scenari sono mostrate a colori. Le sfumature rappresentano gli intervalli di incertezza: di seguito vengono forniti maggiori dettagli per ciascun pannello. Le curve nere rappresentano le simulazioni storiche (pannelli a, b, c) o le osservazioni (pannello d). I valori storici sono inclusi in tutti i grafici per fornire un contesto per le future modifiche previste.

Riquadro a) Variazioni della temperatura superficiale globale in °C rispetto al periodo 1850-1900. Questi cambiamenti sono stati ottenuti combinando le simulazioni del modello CMIP6 con i vincoli osservativi basati sul riscaldamento simulato del passato, nonché una valutazione aggiornata della sensibilità climatica di equilibrio (vedi Box SPM.1). Le variazioni relative al periodo 1850-1900 basate su periodi di media di 20 anni sono calcolate aggiungendo 0,85°C (l'aumento della temperatura superficiale globale osservato dal 1850-1900 al 1995-2014) alle variazioni simulate relative al periodo 1995-2014. Sono mostrati intervalli molto probabili per SSP1-2.6 e SSP3-7.0.

Panel b) Area di ghiaccio marino artico di settembre in 106 km² basata su simulazioni del modello CMIP6. Sono mostrati intervalli molto probabili per SSP1-2.6 e SSP3-7.0. Si prevede che l'Artico sarà praticamente privo di ghiaccio verso la metà del secolo in scenari di emissioni di gas serra medie e alte.

Pannello c) pH globale della superficie oceanica (una misura dell'acidità) basato su simulazioni del modello CMIP6. Sono mostrati intervalli molto probabili per SSP1-2.6 e SSP3-7.0.

Riquadro d) Variazione del livello del mare medio globale in metri rispetto al 1900. Vengono osservati i cambiamenti storici (dai mareografi prima del 1992 e dagli altimetri dopo) e i cambiamenti futuri sono valutati coerentemente con i vincoli osservativi basati sull'emulazione di CMIP, calotta glaciale e modelli di ghiacciai. Gli intervalli probabili sono mostrati per SSP1-2.6 e SSP3-7.0. Vengono valutati solo gli intervalli probabili per i cambiamenti del livello del mare a causa delle difficoltà nella stima della distribuzione di processi profondamente incerti. La curva tratteggiata indica il potenziale impatto di questi processi profondamente incerti. Mostra l'83° percentile delle proiezioni SSP5-8.5 che includono processi di calotta glaciale a bassa probabilità e ad alto impatto che non possono essere esclusi; a causa della scarsa fiducia nelle proiezioni di questi processi, questa curva non fa parte di un probabile range. I cambiamenti relativi al 1900 sono calcolati aggiungendo 0,158 m (aumento del livello medio globale del mare osservato dal 1900 al 1995-2014) ai cambiamenti simulati e osservati relativi al 1995-2014.

Riquadro e): variazione del livello medio globale del mare a 2300 in metri rispetto a 1900. Solo SSP1-2.6 e SSP5-8.5 sono proiettati a 2300, poiché le simulazioni che si estendono oltre il 2100 per gli altri scenari sono troppo poche per risultati robusti. Gli intervalli dal 17° all'83° percentile sono ombreggiati. La freccia tratteggiata illustra l'83° percentile delle proiezioni SSP5-8.5 che includono processi di calotta glaciale a bassa probabilità e ad alto impatto che non possono essere esclusi.

I pannelli b) e c) si basano su singole simulazioni di ciascun modello e includono quindi una componente di variabilità interna. I pannelli a), d) ed e) si basano su medie a lungo termine e quindi i contributi della variabilità interna sono piccoli. {Figura TS.8, Figura TS.11, Riquadro TS.4 Figura 1, Riquadro TS.4 Figura 1, 4.3, 9.6, Figura 4.2, Figura 4.8, Figura 4.11, Figura 9.27}

C. Informazioni sul clima per la valutazione del rischio e l'adattamento regionale

Le informazioni sul clima fisico riguardano il modo in cui il sistema climatico risponde all'interazione tra influenza umana, fattori naturali e variabilità interna. La conoscenza della risposta climatica e della gamma di possibili risultati, compresi i risultati a bassa probabilità e ad alto impatto, informa i servizi climatici: la valutazione dei rischi legati al clima e la pianificazione dell'adattamento. Le informazioni sul clima fisico su scala globale, regionale e locale sono sviluppate da più linee di evidenza, inclusi prodotti osservativi, risultati di modelli climatici e diagnostica su misura.

C.1 I fattori naturali e la variabilità interna modulano i cambiamenti causati dall'uomo, specialmente su scala regionale e nel breve termine, con scarsi effetti sul riscaldamento globale centenario. Queste modulazioni sono importanti da considerare nella pianificazione dell'intera gamma di possibili cambiamenti.{1.4, 2.2, 3.3, Riquadro trasversale 3.1, 4.4, 4.6, Riquadro 4.1, 4.4, Riquadro 7.2, 8.3, 8.5, 9.2, 10.3, 10.4, 10.6, 11.3, 12.5, Atlas.4, Atlas. 5, Atlas.8, Atlas.9, Atlas.10, Riquadro trasversali Atlas.2, Atlas.11}

C.1.1 Il record storico della temperatura superficiale globale evidenzia che la variabilità decennale ha potenziato e mascherato i cambiamenti a lungo termine sottostanti causati dall'uomo, e questa variabilità continuerà nel futuro (confidenza molto alta). Ad esempio, la variabilità decadale interna e variazioni nei driver solari e vulcanici parzialmente mascherati del riscaldamento globale causato dall'uomo superficie nel corso del 1998 - 2012, con le firme regionali e stagionali pronunciate (alta confidenza). Tuttavia, il riscaldamento del sistema climatico è continuato durante questo periodo, come si riflette sia nel continuo riscaldamento dell'oceano globale (confidenza molto alta) sia nel continuo aumento di temperature estreme sulla terraferma (confidenza media). {1.4, 3.3, Riquadro 3.1, 4.4, Riquadro 7.2, 9.2, 11.3, Riquadro TS.1} (**Figura SPM.1**)

C.1.2 I cambiamenti previsti causati dall'uomo nel clima medio e nei fattori di impatto climatico (CID) 36, compresi gli estremi, saranno amplificati o attenuati dalla variabilità interna 37 (alta confidenza). Potrebbe verificarsi un raffreddamento a breve termine in qualsiasi luogo particolare rispetto al clima attuale e sarebbe coerente con l'aumento della temperatura superficiale globale dovuto all'influenza umana (alta confidenza). {1.4, 4.4, 4.6, 10.4, 11.3, 12.5, Atlas.5, Atlas.10, Atlas.11, TS.4.2}

C.1.3 La variabilità interna è stata in gran parte responsabile dell'amplificazione e dell'attenuazione delle variazioni medie delle precipitazioni osservate da un decennio a più decennali causate dall'uomo in molte regioni terrestri (alta confidenza). A scala globale e regionale, i cambiamenti a breve termine dei monsoni saranno dominati dagli effetti della variabilità interna (confidenza media). Oltre all'influenza della variabilità interna, i cambiamenti previsti a breve termine nelle precipitazioni su scala globale e regionale sono incerti a causa dell'incertezza del modello e dell'incertezza nelle forzanti degli aerosol naturali e antropici (confidenza media). {1.4, 4.4, 8.3, 8.5, 10.3, 10.4, 10.5, 10.6, Atlas.4, Atlas.8, Atlas.9, Atlas.10, Riquadro tra capitoli Atlas.2, Atlas.11, TS.4.2, Riquadro TS.6, casella TS.13}

36 I fattori di impatto climatico (CID) sono condizioni fisiche del sistema climatico (ad es. mezzi, eventi, estremi) che influenzano un elemento della società o degli ecosistemi. A seconda della tolleranza del sistema, i CID e le loro modifiche possono essere dannosi, benefici, neutri o una combinazione di ciascuno tra gli elementi e le regioni del sistema interagenti. I tipi di CID includono caldo e freddo, umido e secco, vento, neve e ghiaccio, mare aperto e costiero.

37 I principali fenomeni di variabilità interna includono El Niño–Oscillazione meridionale, la variabilità Pacific Decadal e la variabilità Atlantic Multi-decadal attraverso la loro influenza regionale.

C.1.4 Sulla base del paleoclima e delle prove storiche, è probabile che si sia verificata almeno una grande eruzione vulcanica esplosiva durante il 21° secolo 38 . Una tale eruzione ridurrebbe la temperatura superficiale globale e le precipitazioni, specialmente sulla terraferma, da uno a tre anni, altererebbe la circolazione monsonica globale, modificherebbe le precipitazioni estreme e cambierebbe molti CID (confidenza media). Se si verificasse una tale eruzione, ciò maschererebbe quindi temporaneamente e parzialmente il cambiamento climatico causato dall'uomo.{4.4, Riquadro incrociato 4.1, 2.2, 8.5, TS.2.1}

C.2 Con l'ulteriore riscaldamento globale, si prevede che ogni regione sperimenterà sempre più cambiamenti simultanei e multipli nei fattori di impatto climatico. I cambiamenti in diversi fattori di impatto climatico sarebbero più diffusi a 2°C rispetto a 1,5°C del riscaldamento globale e ancora più diffusi e/o pronunciati per livelli di riscaldamento più elevati. {8.2, 9.3, 9.5, 9.6, Riquadro 10.3, Riquadro 11.3, Riquadro 11.4, 11.3, 11.4, 11.5, 11.6, 11.7, 11.9, 12.2, 12.3, 12.4, 12.5, Atlas.4, Atlas.5, Atlas.6, Atlas.7, Atlas.8, Atlas.9, Atlas.10, Atlas.11, Riquadro dei capitoli 11.1, Riquadro dei capitoli 12.1} (Tabella SPM.1, Figura SPM.9)

C.2.1 Si prevede che tutte le regioni 39 sperimenteranno ulteriori aumenti dei fattori di impatto del clima caldo (CID) e diminuzioni dei CID freddi (alta confidenza). Ulteriori diminuzioni sono previste per permafrost, neve, ghiacciai e calotte glaciali, laghi e ghiaccio marino artico (confidenza da media ad alta) 40 . Questi cambiamenti sarebbero maggiori a 2°C di riscaldamento globale o superiori a quelli a 1,5°C (alta confidenza). Ad esempio, si prevede che le soglie di calore estremo rilevanti per l'agricoltura e la salute vengano superate più frequentemente a livelli di riscaldamento globale più elevati (confidenza alta).{9.3, 9.5, 11.3, 11.9, 12.3, 12.4, 12.5, Atlas.4, Atlas.5, Atlas.6, Atlas.7, Atlas.8, Atlas.9, Atlas.10, Atlas.11, TS.4.3 , Riquadro dei capitoli 11.1, Riquadro dei capitoli 12.1} (Tabella SPM.1, Figura SPM.9)

C.2.2 A 1,5°C si prevede che il riscaldamento globale, le forti precipitazioni e le inondazioni associate si intensificheranno e saranno più frequenti nella maggior parte delle regioni dell'Africa e dell'Asia (confidenza alta), Nord America (confidenza medio - alta) 40 ed Europa (confidenza media) . Inoltre , più frequenti e / o gravi siccità agricoli ed ecologici sono proiettati in poche regioni in tutti i continenti tranne l'Asia rispetto al 1850 - 1900 (media di confidenza); anche in alcune regioni si prevede un aumento della siccità meteorologica (confidenza media) . Si prevede che un piccolo numero di regioni sperimenterà aumenti o diminuzioni delle precipitazioni medie (confidenza media).{ 11.4, 11.5, 11.6, 11.9, Atlas.4, Atlas.5, Atlas.7, Atlas.8, Atlas.9, Atlas.10, Atlas.11, TS.4.3 } (Tabella SPM.1)

38 Sulla base di ricostruzioni di 2500 anni, le eruzioni più negative di -1 W m^{-2} si verificano in media due volte al secolo.

39 Regioni qui si riferiscono alle regioni di riferimento AR6 WGI utilizzate in questo Rapporto per riassumere le informazioni nelle regioni subcontinentali e oceaniche. Le variazioni sono confrontate con le medie degli ultimi 20-40 anni, salvo diversamente specificato. {1.4, 12.4, Atlante.1, Atlante interattivo}.

40 Il livello specifico di confidenza o probabilità dipende dalla regione considerata. I dettagli possono essere trovati nella Sintesi Tecnica e nella Relazione sottostante.

C.2.3 Con un riscaldamento globale di 2°C e oltre, il livello di fiducia e l'entità della variazione dei periodi di siccità e delle precipitazioni abbondanti e medie aumentano rispetto a quelli a 1,5°C. Si prevede che le forti precipitazioni e gli eventi di inondazione associati diventeranno più intensi e frequenti nelle isole del Pacifico e in molte regioni del Nord America e dell'Europa (confidenza da media ad alta) 40. Questi cambiamenti si riscontrano anche in alcune regioni dell'Australia e dell'America centrale e meridionale (confidenza media). Si prevede che diverse regioni dell'Africa, del Sud America e dell'Europa sperimenteranno un aumento della frequenza e/o della gravità delle siccità agricole ed ecologiche con un grado di confidenza medio - alto 40; aumenti sono previsti anche in Australia, Centro e Nord America e Caraibi con fiducia media. Si prevede che anche un piccolo numero di regioni in Africa, Australia, Europa e Nord America sarà interessato da aumenti della siccità idrologica e diverse regioni saranno interessate da aumenti o diminuzioni della siccità meteorologica con più regioni che mostrano un aumento (confidenza media). Si prevede che le precipitazioni medie aumenteranno in tutte le regioni polari, dell'Europa settentrionale e del Nord America settentrionale, nella maggior parte delle regioni asiatiche e in due regioni del Sud America (alta confidenza). {11.4, 11.6, 11.9, 12.4, 12.5, Atlas.5, Atlas.7, Atlas.8, Atlas.9, Atlas.11, TS.4.3, Riquadro tra capitoli 11.1, Riquadro tra capitoli 12.1} (Tabella SPM.1, **Figura SPM.5, Figura SPM.6, Figura SPM.9**)

C.2.4 Si prevede che più CID in più regioni cambieranno a 2°C e oltre rispetto al riscaldamento globale di 1,5°C (alta confidenza). I cambiamenti specifici per regione includono l'intensificazione dei cicloni tropicali e/o delle tempeste extratropicali (confidenza media), l'aumento delle inondazioni fluviali (confidenza medio - alta) 40, la riduzione delle precipitazioni medie e l'aumento dell'aridità (confidenza medio - alta) 40 e l'aumento della tempo di incendio (confidenza da media ad alta) 40. C'è poca fiducia nella maggior parte delle regioni nei potenziali cambiamenti futuri in altri CID, come grandine, tempeste di ghiaccio, forti tempeste, tempeste di polvere, forti neviccate e frane. {11.7, 11.9, 12.4, 12.5, Atlas.4, Atlas.6, Atlas.7, Atlas.8, Atlas.10, TS.4.3.1, TS.4.3.2, TS.5, Cross-Chapter Box, 11.1, Riquadro dei capitoli 12.1} (**Tabella SPM.1, Figura SPM.9**)

C.2.5 E' molto probabile che per praticamente certo 40 che salgono regionale relativo livello medio del mare continuerà per tutto il 21° secolo, tranne che in alcune regioni con notevoli tassi di terreno sollevamento geologico. Circa i due terzi della costa globale ha un aumento del livello del mare relativo regionale previsto entro il ±20% dell'aumento medio globale (confidenza media). A causa dell'innalzamento relativo del livello del mare, si prevede che entro il 2100 gli eventi estremi del livello del mare che si sono verificati una volta al secolo nel recente passato si verificheranno almeno una volta all'anno in più della metà di tutti i mareografi (alta confidenza). L'innalzamento relativo del livello del mare contribuisce all'aumento della frequenza e della gravità delle inondazioni costiere nelle aree pianeggianti e all'erosione costiera lungo la maggior parte delle coste sabbiose (alta confidenza). {9.6, 12.4, 12.5, Riquadro TS.4, TS.4.3, Riquadro incrociato 12.1} (**Figura SPM.9**)

C.2.6 Le città intensificano il riscaldamento indotto dall'uomo a livello locale e l'ulteriore urbanizzazione insieme a temperature estreme più frequenti aumenterà la gravità delle ondate di calore (confidenza molto alta). L'urbanizzazione aumenta anche le precipitazioni medie e intense sopra e/o sottovento delle città (confidenza media) e la conseguente intensità di deflusso (confidenza alta). Nelle città costiere, la combinazione di eventi estremi del livello del mare più frequenti (dovuti all'innalzamento del livello del mare e alle mareggiate) ed eventi estremi di pioggia/fluxo dei fiumi renderà più probabili le inondazioni (alta confidenza). {8.2, Riquadro 10.3, 11.3, 12.4, Riquadro TS.14}

C.2.7 Si prevede che molte regioni sperimenteranno un aumento della probabilità di eventi composti con un riscaldamento globale più elevato (alta confidenza). In particolare, è probabile che le ondate di calore e la siccità concomitanti diventino più frequenti. Gli estremi simultanei in più località diventano più frequenti, anche nelle aree di produzione agricola, a 2°C e oltre rispetto al riscaldamento globale di 1,5°C (alta confidenza). {11.8, Riquadro 11.3, Riquadro 11.4, 12.3, 12.4, TS.4.3, Riquadro incrociato 12.1} (**Tabella SPM1**)

Si prevede che molteplici fattori di impatto climatico cambieranno in tutte le regioni del mondo

I fattori di impatto climatico (CID) sono condizioni fisiche del sistema climatico (ad es. mezzi, eventi, estremi) che influenzano un elemento della società o degli ecosistemi. A seconda della tolleranza del sistema, i CID e le loro modifiche possono essere dannosi, benefici, neutri o una combinazione di ciascuno tra gli elementi e le regioni del sistema interagenti. I CID sono raggruppati in sette tipologie, riepilogate sotto le icone in figura. Si prevede che tutte le regioni sperimenteranno cambiamenti in almeno 5 CID. Si prevede che quasi tutti (96%) subiranno cambiamenti in almeno 10 CID e metà in almeno 15 CID. Per molti CID c'è un'ampia variazione geografica in cui cambiano e quindi si prevede che ogni regione sperimenterà una serie specifica di cambiamenti CID. Ogni barra nel grafico rappresenta un insieme geografico specifico di modifiche che possono essere esplorate nell'Atlante interattivo WGI



interactive-atlas.ipcc.ch

Numero di regioni terrestri e costiere (a) e regioni oceaniche aperte (b) in cui si prevede che ciascun fattore di impatto climatico (CID) aumenti o diminuisca con un grado di confidenza elevato (ombra scura) o con confidenza media (ombra chiara)



BAR CHART LEGEND

- Regions with **high confidence increase**
- Regions with **medium confidence increase**
- Regions with **high confidence decrease**
- Regions with **medium confidence decrease**

LIGHTER-SHADED 'ENVELOPE' LEGEND

L'altezza della "busta" più chiara dietro ogni barra rappresenta il numero massimo di regioni per le quali ogni CID è rilevante. L'involuppo è simmetrico rispetto all'asse x e mostra il numero massimo possibile di regioni rilevanti per l'aumento (parte superiore) o la diminuzione (parte inferiore) del CID.

ASSESSED FUTURE CHANGES

I cambiamenti si riferiscono a un periodo di 20-30 anni centrato intorno al 2050 e/o coerente con il riscaldamento globale di 2°C rispetto a un periodo simile tra il 1960-2014 o il 1850-1900.

Figura SPM.9: Sintesi del numero di regioni di riferimento AR6 WGI in cui si prevede che i fattori di impatto climatico cambieranno.

Vengono mostrati un totale di 35 fattori di impatto climatico (CID) raggruppati in sette tipi: caldo e freddo, umido e secco, vento, neve e ghiaccio, costiero, oceano aperto e altro. Per ogni CID, la barra nel grafico sottostante mostra il numero di regioni di riferimento AR6 WGI in cui si prevede che cambi. I colori rappresentano la direzione del cambiamento e il livello di fiducia nel cambiamento: il viola indica un aumento mentre il marrone indica una diminuzione; le tonalità più scure e più chiare si riferiscono rispettivamente a confidenza alta e media. I colori di sfondo più chiari rappresentano il numero massimo di regioni per le quali ogni CID è ampiamente rilevante.

Il pannello a) mostra i 30 CID relativi alle **regioni terrestri e costiere mentre il pannello b)** mostra i 5 CID relativi alle **regioni oceaniche aperte**. Le ondate di calore marine e l'acidità degli oceani sono valutate per le regioni oceaniche costiere nel riquadro a) e per le regioni oceaniche aperte nel riquadro b). Le modifiche si riferiscono a un 20 - periodo di 30 anni centrato intorno al 2050 e / o coerenti con 2 ° C il riscaldamento globale rispetto ad un analogo periodo entro 1960-2014, ad eccezione di siccità idrologica e la siccità agricola ed ecologica che viene confrontato con 1850-1900. Le definizioni delle regioni sono fornite in Atlas.1 e nell'Atlante interattivo (vedi *interactive-atlas.ipcc.ch*).

{Tabella TS.5, Figura TS.22, Figura TS.25, 11.9, 12.2, 12.4, Atlas.1} **(Tabella SPM.1)**

C.3 Gli esiti a bassa probabilità, come il crollo della calotta glaciale, i bruschi cambiamenti della circolazione oceanica, alcuni eventi estremi composti e un riscaldamento sostanzialmente maggiore della gamma molto probabile stimata di riscaldamento futuro non possono essere esclusi e fanno parte della valutazione del rischio. {1.4, Riquadro 1.3, Riquadro 4.1, 4.3, 4.4, 4.8, 8.6, 9.2, Riquadro 9.4, Riquadro 11.2, 11.8, Riquadro 12.1} (Tabella SPM.1)

C.3.1 Se il riscaldamento globale supera l' intervallo molto probabile valutato per un dato scenario di emissioni di GHG, inclusi scenari di basse emissioni di GHG, anche i cambiamenti globali e regionali in molti aspetti del sistema climatico, come le precipitazioni regionali e altri CID, supererebbero il loro valore valutato intervalli molto probabili (alta confidenza). Tali esiti di riscaldamento elevato a bassa probabilità sono associati a impatti potenzialmente molto grandi, come ondate di calore più intense e più frequenti e forti precipitazioni, e alti rischi per i sistemi umani ed ecologici, in particolare per gli scenari con elevate emissioni di gas serra. {Riquadro 1.3, 4.3, 4.4, 4.8, Riquadro 9.4, Riquadro 11.2, Riquadro 12.1, TS.1.4, Riquadro TS.3, Riquadro TS.4} **(Tabella SPM.1)**

C.3.2 Risultati a bassa probabilità e ad alto impatto 34 potrebbero verificarsi su scala globale e regionale anche per il riscaldamento globale entro l' intervallo molto probabile per un dato scenario di emissioni di gas a effetto serra. La probabilità di risultati a bassa probabilità e ad alto impatto aumenta con livelli di riscaldamento globale più elevati (alta confidenza). Non si possono escludere risposte improvvise e punti critici del sistema climatico, come il forte aumento dello scioglimento della calotta glaciale antartica e il deperimento delle foreste (alta confidenza). {1.4, 4.3, 4.4, 4.8, 5.4, 8.6, Riquadro 9.4, Riquadro incrociato 12.1, TS.1.4, TS.2.5, Riquadro TS.3, Riquadro TS.4, Riquadro TS.9 } **(Tabella SPM.1)**

C.3.3 Se il riscaldamento globale aumenta, alcuni eventi estremi composti 18 con bassa probabilità nel clima passato e presente diventeranno più frequenti e vi sarà una maggiore probabilità che eventi con intensità, durata e/o estensione spaziale maggiori senza precedenti nella documentazione osservativa si verificherà (alta confidenza). {11.8, Riquadro 11.2, Riquadro incrociato 12.1, Riquadro TS.3, Riquadro TS.9}

C.3.4 È molto probabile che l'inversione della circolazione meridionale atlantica si indebolisca nel corso del 21° secolo per tutti gli scenari di emissione. Sebbene vi sia un'elevata fiducia nel declino del 21° secolo, vi è solo una scarsa fiducia nell'entità della tendenza. C'è una media fiducia che non ci sarà un brusco crollo prima del 2100. Se un tale crollo dovesse verificarsi, molto probabilmente causerebbe bruschi cambiamenti nei modelli meteorologici regionali e nel ciclo dell'acqua, come uno spostamento verso sud nella fascia delle piogge tropicali, indebolendo dei monsoni africani e asiatici e il rafforzamento dei monsoni dell'emisfero meridionale e l'essiccazione in Europa. {4.3, 8.6, 9.2, TS2.4, Riquadro TS.3}

C.3.5 Eventi naturali imprevedibili e rari non correlati all'influenza umana sul clima possono portare a risultati a bassa probabilità e ad alto impatto. Ad esempio, in passato si è verificata una sequenza di grandi eruzioni vulcaniche esplosive nell'arco di decenni, che ha causato sostanziali perturbazioni climatiche globali e regionali per diversi decenni. Tali eventi non possono essere esclusi in futuro, ma per la loro intrinseca imprevedibilità non sono inclusi nel quadro illustrativo degli scenari cui si fa riferimento nella presente Relazione. {2.2, Riquadro incrociato 4.1, Riquadro TS.3} (**Riquadro SPM.1**)

D. Limitare i futuri cambiamenti climatici

Dall'AR5, le stime dei bilanci di carbonio rimanenti sono state migliorate da una nuova metodologia presentata per la prima volta in SR1.5, prove aggiornate e l'integrazione dei risultati da più linee di prova. Una gamma completa di possibili futuri controlli dell'inquinamento atmosferico negli scenari viene utilizzata per valutare in modo coerente gli effetti di varie ipotesi sulle proiezioni del clima e dell'inquinamento atmosferico. Un nuovo sviluppo è la capacità di accertare quando le risposte climatiche alle riduzioni delle emissioni diventerebbero distinguibili al di sopra della variabilità climatica naturale, compresa la variabilità interna e le risposte ai fattori naturali.

D.1 Dal punto di vista scienza fisica, limitare il riscaldamento globale indotto ad un livello specifico richiede limitativo CO₂ cumulativo 2 emissioni, raggiungendo almeno netto a zero CO₂ emissioni, insieme con forti riduzioni di altri gas serra. Riduzioni forti, rapide e durature delle emissioni di CH₄ limiterebbero anche l'effetto di riscaldamento derivante dalla diminuzione dell'inquinamento da aerosol e migliorerebbero la qualità dell'aria. [3.3, 4.6, 5.1, 5.2, 5.4, 5.5, 5.6, Riquadro 5.2, Riquadro tra capitoli 5.1, 6.7, 7.6, 9.6] (Figura SPM.10, Tabella SPM.2)

D.1.1 Questo Rapporto riafferma con grande sicurezza la scoperta dell'AR5 secondo cui esiste una relazione quasi lineare tra le emissioni cumulative di CO₂ antropogeniche e il riscaldamento globale che provocano. Si stima che ogni 1000 GtCO₂ di emissioni cumulative di CO₂ provochi probabilmente un aumento da 0,27°C a 0,63°C della temperatura superficiale globale con una stima migliore di 0,45°C⁴¹. Questa è una gamma più ristretta rispetto a AR5 e SR1.5. Questa quantità è indicata come risposta climatica transitoria alle emissioni cumulative di CO₂ (TCRE). Questa relazione implica che raggiungere lo zero netto⁴² emissioni antropogeniche di CO₂ è un requisito per stabilizzare l'aumento della temperatura globale indotto dall'uomo a qualsiasi livello, ma che limitare l'aumento della temperatura globale a un livello specifico implicherebbe la limitazione delle emissioni cumulative di CO₂ entro un budget di carbonio⁴³. {5.4, 5.5, TS.1.3, TS.3.3, Riquadro TS.5} (**Figura SPM.10**)

⁴¹ In letteratura vengono utilizzate unità di °C per 1000 PgC e l'AR6 riporta l'intervallo probabile del TCRE compreso tra 1,0°C e 2,3°C per 1000 PgC nel rapporto sottostante, con una stima migliore di 1,65°C.

⁴² Condizione in cui le emissioni antropiche di biossido di carbonio (CO₂) sono bilanciate dalle rimozioni antropiche di CO₂ in un determinato periodo.

⁴³ Il termine carbon budget si riferisce alla quantità massima di emissioni globali nette cumulate di CO₂ di origine antropica che porterebbe a limitare il riscaldamento globale a un dato livello con una data probabilità, tenendo conto dell'effetto di altri fattori climatici antropici forzanti. Questo è indicato come budget totale del carbonio quando espresso a partire dal periodo preindustriale e come budget residuo del carbonio quando espresso da una data specificata di recente (vedi glossario). Storico CO₂ cumulativo 2 emissioni determinano in larga misura il riscaldamento fino ad oggi, mentre le emissioni future causano futuro riscaldamento supplementare. Il bilancio di carbonio rimanente indica quanta CO₂ potrebbe ancora essere emessa mantenendo il riscaldamento al di sotto di un livello di temperatura specifico.

Ogni tonnellata di emissioni di CO₂ aumenta il riscaldamento globale

Emissioni cumulative di CO₂ tra il 1850 e il 2019 Emissioni cumulative di CO₂ tra il 2020 e il 2050

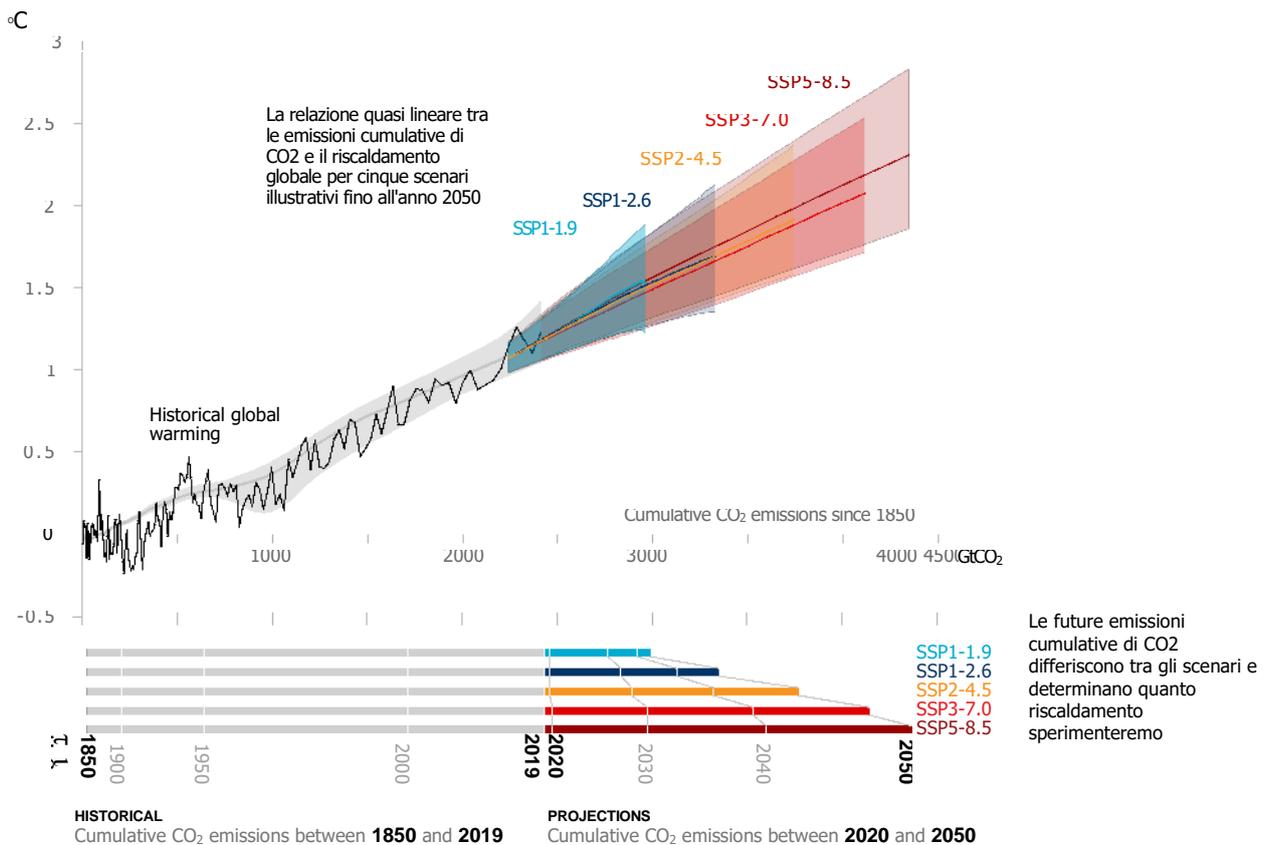


Figura SPM.10: Relazione quasi lineare tra le emissioni cumulative di CO₂ e l'aumento della temperatura superficiale globale.

Riquadro in alto: i dati storici (sottile linea nera) mostrano l'aumento della temperatura superficiale globale osservato in °C dal 1850 al 1900 in funzione delle emissioni cumulative storiche di biossido di carbonio (CO₂) in GtCO₂ dal 1850 al 2019. La gamma di grigi con il suo centro La linea mostra una stima corrispondente del riscaldamento superficiale causato dall'uomo storico (vedi Figura SPM.2). Le aree colorate mostrano l'intervallo molto probabile valutato delle proiezioni della temperatura superficiale globale e le linee centrali colorate spesse mostrano la stima mediana in funzione delle emissioni cumulative di CO₂ dal 2020 fino all'anno 2050 per l'insieme di scenari illustrativi (SSP1-1.9, SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3-7.0 e SSP5-8.5, vedere la Figura SPM.4). Le proiezioni utilizzano le emissioni cumulative di CO₂ di ogni rispettivo scenario e il riscaldamento globale previsto include il contributo di tutte le forze antropiche. La relazione è illustrata nel dominio delle emissioni cumulative di CO₂ per le quali vi è un'elevata confidenza che la risposta climatica transitoria alle emissioni cumulative di CO₂ (TCRE) rimanga costante e per il periodo di tempo dal 1850 al 2050 durante il quale rimangono le emissioni globali di CO₂ netta positiva sotto tutti gli scenari illustrativi in quanto v'è una limitata evidenza sostegno della domanda quantitativa di TCRE stimare evoluzione temperatura sotto CO netta negativa 2 emissioni.

Riquadro inferiore: cumulative di CO₂ in GtCO₂ storiche e previste per i rispettivi scenari [fig. TS 18, Fig. 5.31, sez. 5.5]

D.1.2 Nel periodo 1850 – 2019 è stato emesso un totale di 2390 ± 240 (intervallo probabile) GtCO₂ di CO₂ di origine antropica . Bilanci del carbonio rimanenti sono stati stimati per diversi limiti di temperatura a livello globale e vari livelli di probabilità, in base al valore stimato di TCRE e la sua incertezza, le stime del riscaldamento storica, le variazioni in proiettata riscaldamento da-co₂ emissioni, una valutazione del sistema climatico, quali le emissioni dallo scongelamento del permafrost e dal cambiamento della temperatura superficiale globale dopo che le emissioni globali di CO₂ antropogeniche raggiungono lo zero netto. {5.1, 5.5, Riquadro 5.2, TS.3.3} (**Tabella SPM.2**)

Tabella SPM.2: Stime delle emissioni storiche di CO₂ e restanti budget di carbonio.

I restanti budget di carbonio stimati sono calcolati dall'inizio del 2020 e si estendono fino al raggiungimento di emissioni nette globali di CO₂ . Si riferiscono alle emissioni di CO₂ , tenendo conto dell'effetto sul riscaldamento globale delle emissioni non di CO₂ . Il riscaldamento globale in questa tabella si riferisce all'aumento della temperatura superficiale globale indotto dall'uomo, che esclude l'impatto della variabilità naturale sulle temperature globali nei singoli anni. { Tabella TS.3, Tabella 3.1, Tabella 5.1, Tabella 5.7, Tabella 5.8, 5.5.1, 5.5.2, Riquadro 5.2 }

Global warming between 1850–1900 and 2010–2019 (°C)		Historical cumulative CO ₂ emissions from 1850 to 2019 (GtCO ₂)				
1.07 (0.8–1.3; <i>likely</i> range)		2390 (± 240; <i>likely</i> range)				

Approximate global warming relative to 1850–1900 until temperature limit (°C)* ⁽¹⁾	Additional global warming relative to 2010–2019 until temperature limit (°C)	Estimated remaining carbon budgets from the beginning of 2020 (GtCO ₂)					Variations in reductions in non-CO ₂ emissions* ⁽³⁾
		<i>Likelihood of limiting global warming to temperature limit*⁽²⁾</i>					
		17%	33%	50%	67%	83%	
1.5	0.43	900	650	500	400	300	Higher or lower reductions in accompanying non-CO ₂ emissions can increase or decrease the values on the left by 220 GtCO ₂ or more
1.7	0.63	1450	1050	850	700	550	
2.0	0.93	2300	1700	1350	1150	900	

*⁽¹⁾ I valori ad ogni incremento di 0,1°C di riscaldamento sono disponibili nelle Tabelle TS.3 e 5.8.

*⁽²⁾ Questa probabilità si basa sull'incertezza nella risposta climatica transitoria alle emissioni cumulative di CO₂ (TCRE) e ai feedback aggiuntivi del sistema Terra e fornisce la probabilità che il riscaldamento globale non superi i livelli di temperatura forniti nelle due colonne di sinistra. Le incertezze relative al riscaldamento storico (±550 GtCO₂) e alla forzatura e alla risposta non legate alla CO₂ (±220 GtCO₂) sono parzialmente affrontate dall'incertezza valutata in TCRE, ma le incertezze nelle emissioni recenti dal 2015 (±20 GtCO₂) e la risposta climatica dopo il raggiungimento di zero emissioni nette di CO₂ (±420 GtCO₂) sono separati.

*⁽³⁾ Le restanti stime del bilancio del carbonio considerano il riscaldamento da fattori non legati alla CO₂ come implicito negli scenari valutati nella RS1.5. Il contributo del gruppo di lavoro III del AR6 valuterà la mitigazione dei non-CO₂ emissioni.

D.1.3 Diversi fattori che determinano le stime del bilancio del carbonio rimanente sono stati rivalutati e gli aggiornamenti a questi fattori dalla RS1.5 sono piccoli. Se corrette per le emissioni rispetto ai rapporti precedenti, le stime dei bilanci di carbonio rimanenti sono quindi di entità simile rispetto a SR1.5 ma maggiori rispetto a AR5 a causa di miglioramenti metodologici 44. {5.5, Riquadro 5.2, TS.3.3} (**Tabella SPM.2**)

D.1.4 La rimozione antropogenica della CO₂ (CDR) ha il potenziale per rimuovere la CO₂ dall'atmosfera e immagazzinarla durevolmente in serbatoi (alta confidenza). Il CDR mira a compensare le emissioni residue per raggiungere zero emissioni nette di CO₂ o zero GHG o, se implementato su una scala in cui le rimozioni antropogeniche superano le emissioni antropogeniche, per abbassare la temperatura superficiale. I metodi CDR possono avere effetti potenzialmente ad ampio raggio sui cicli biogeochimici e sul clima, che possono indebolire o rafforzare il potenziale di questi metodi per rimuovere la CO₂ e ridurre il riscaldamento, e possono anche influenzare la disponibilità e la qualità dell'acqua, la produzione alimentare e la biodiversità 45 (alta fiducia). {5.6, Riquadro dei capitoli 5.1, TS.3.3}

D.1.5 La rimozione antropogenica di CO₂ (CDR) che porta a emissioni nette negative globali ridurrebbe la concentrazione di CO₂ atmosferica e invertirebbe l'acidificazione degli oceani di superficie (alta confidenza). Le rimozioni e le emissioni antropiche di CO₂ sono parzialmente compensate rispettivamente dal rilascio e dall'assorbimento di CO₂ da o verso i bacini di carbonio terrestri e oceanici (confidenza molto alta). Il CDR abbasserebbe la CO₂ atmosferica di una quantità approssimativamente uguale all'aumento di un'emissione antropica della stessa grandezza (alta confidenza). La diminuzione di CO₂ atmosferica da rimozioni di CO₂ di origine antropica potrebbe essere fino al 10% inferiore all'aumento di CO₂ atmosferica da una pari quantità di emissioni di CO₂, a seconda della quantità totale di CDR (confidenza media). {5.3, 5.6, ST.3.3}

D.1.6 Se le emissioni globali nette negative di CO₂ dovessero essere raggiunte e sostenute, l'aumento globale della temperatura superficiale indotto dalla CO₂ verrebbe gradualmente invertito, ma altri cambiamenti climatici continuerebbero nella direzione attuale per decenni o millenni (alta confidenza). Ad esempio, ci vorrebbero diversi secoli o millenni prima che il livello medio globale del mare invertisse la rotta anche in presenza di grandi emissioni nette negative di CO₂ (alta confidenza). {4.6, 9.6, ST.3.3}

D.1.7 Nei cinque scenari illustrativi, cambiamenti simultanei nelle emissioni di CH₄, aerosol e precursori dell'ozono, che contribuiscono anche all'inquinamento atmosferico, portano a un riscaldamento globale netto della superficie a breve e lungo termine (alta confidenza). A lungo termine, questo riscaldamento netto è inferiore negli scenari che assumono controlli dell'inquinamento atmosferico combinati con riduzioni delle emissioni di CH₄ forti e sostenute (alta confidenza). Negli scenari di emissioni di gas serra basse e molto basse, le riduzioni ipotizzate delle emissioni di aerosol antropogeniche portano a un riscaldamento netto, mentre le riduzioni delle emissioni di CH₄ e di altri precursori dell'ozono portano a un raffreddamento netto. A causa della breve durata sia del CH₄ che degli aerosol, questi effetti climatici si compensano parzialmente a vicenda e la riduzione delle emissioni di CH₄ contribuisce anche a migliorare la qualità dell'aria riducendo l'ozono superficiale globale (alta confidenza). {6.7, Riquadro TS.7} (**Figura SPM.2, Riquadro SPM.1**)

44 Rispetto ad AR5, e tenendo conto delle emissioni a partire da AR5, le stime in AR6 sono di circa 300-350 GtCO₂ maggiori per il restante budget di carbonio coerente con la limitazione del riscaldamento a 1,5°C; per 2°C, la differenza è di circa 400-500 GtCO₂.

45 I potenziali effetti negativi e positivi del CDR per la biodiversità, l'acqua e la produzione alimentare sono specifici dei metodi e spesso dipendono fortemente dal contesto locale, dalla gestione, dall'uso precedente del suolo e dalle dimensioni. I gruppi di lavoro II e III dell'IPCC valutano il potenziale CDR e gli effetti ecologici e socioeconomici dei metodi CDR nei loro contributi AR6.

D.1.8 Raggiungere emissioni globali nette di CO₂ è un requisito per stabilizzare l'aumento della temperatura superficiale globale indotto dalla CO₂, con emissioni antropogeniche di CO₂ bilanciate dalle rimozioni antropogeniche di CO₂. Questo è diverso dal raggiungimento di emissioni GHG nette pari a zero, in cui le emissioni di GHG antropogeniche ponderate metriche equivalgono alle rimozioni di GHG antropogeniche metriche ponderate. Per un dato percorso di emissione di GHG, i percorsi dei singoli gas a effetto serra determinano la risposta climatica risultante⁴⁶, mentre la scelta della metrica delle emissioni⁴⁷ utilizzata per calcolare le emissioni aggregate e le rimozioni di diversi GHG influenza il momento in cui i gas a effetto serra aggregati sono calcolati per essere zero netto. Si prevede che i percorsi di emissione che raggiungono e sostengono le emissioni nette di GHG pari a zero definiti dal potenziale di riscaldamento globale di 100 anni provocheranno un calo della temperatura superficiale dopo un picco precedente (alta confidenza). {4.6, 7.6, Riquadro 7.3, ST.3.3}

D.2 Scenari con emissioni di GHG molto basse o molto basse (SSP1-1.9 e SSP1-2.6) portano nel giro di anni a effetti percepibili sulle concentrazioni di gas serra e aerosol e sulla qualità dell'aria, rispetto a scenari con emissioni di GHG alte e molto alte (SSP3-7.0 o SSP5-8.5). In questi scenari contrastanti, le differenze visibili nelle tendenze della temperatura superficiale globale inizierebbero a emergere dalla variabilità naturale entro circa 20 anni e su periodi di tempo più lunghi per molti altri fattori di impatto climatico (alta confidenza). {4.6, Riquadro incrociato 6.1, 6.6, 6.7, 9.6, Riquadro incrociato 11.1, 11.2, 11.4, 11.5, 11.6, 12.4, 12.5} (Figura SPM.8, Figura SPM.10)

D.2.1 Le riduzioni delle emissioni nel 2020 associate a misure per ridurre la diffusione di COVID-19 hanno portato a effetti temporanei ma rilevabili sull'inquinamento atmosferico (alta confidenza) e un piccolo aumento temporaneo associato del forcing radiativo totale, principalmente a causa della riduzione del raffreddamento causati da aerosol derivanti da attività umane (confidenza media). Le risposte climatiche globali e regionali a questa forzatura temporanea, tuttavia, non sono rilevabili al di sopra della variabilità naturale (alta confidenza). Le concentrazioni atmosferiche di CO₂ hanno continuato ad aumentare nel 2020, senza alcuna diminuzione rilevabile nel tasso di crescita di CO₂ osservato (confidenza media)⁴⁸. {Riquadro incrociato 6.1, TS.3.3}

D.2.2 La riduzione delle emissioni di gas a effetto serra porta anche a miglioramenti della qualità dell'aria. Tuttavia, nel breve termine⁴⁹, anche in scenari con forte riduzione dei GHG, come negli scenari a bassa e bassissima emissione di GHG (SSP1-2.6 e SSP1-1.9), questi miglioramenti non sono sufficienti in molte regioni inquinate per raggiungere la qualità dell'aria linee guida specificate dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (alta confidenza). Gli scenari con riduzioni mirate delle emissioni di inquinanti atmosferici portano a miglioramenti più rapidi della qualità dell'aria nel giro di anni rispetto alle riduzioni delle sole emissioni di GHG, ma dal 2040 sono previsti ulteriori miglioramenti in scenari che combinano gli sforzi per ridurre gli inquinanti atmosferici e le emissioni di GHG con il entità del beneficio variabile tra le regioni (alta confidenza). {6.6, 6.7, Riquadro TS.7}.

⁴⁶ Termine generico che indica come il sistema climatico risponde a un forzante radiativo (vedi Glossario).

⁴⁷ La scelta della metrica delle emissioni dipende dagli scopi per i quali i gas o gli agenti forzanti vengono confrontati. Questo rapporto contiene valori metrici di emissione aggiornati e valuta nuovi approcci all'aggregazione dei gas.

⁴⁸ Per altri GHG, la letteratura disponibile al momento della valutazione era insufficiente per valutare i cambiamenti rilevabili nel loro tasso di crescita atmosferica durante il 2020.

⁴⁹ A breve termine: (2021-2040)

D.2.3 Scenari con emissioni di GHG molto basse o molto basse (SSP1-1.9 e SSP1-2.6) avrebbero effetti rapidi e duraturi per limitare i cambiamenti climatici causati dall'uomo, rispetto a scenari con emissioni di GHG alte o molto alte (SSP3-7.0 o SSP5-8.5), ma le prime risposte del sistema climatico possono essere mascherate dalla variabilità naturale. Per la temperatura superficiale globale, è probabile che emergano differenze nelle tendenze a 20 anni nel breve termine in uno scenario di emissioni di GHG molto basse (SSP1-1.9), rispetto a uno scenario di emissioni di GHG alte o molto alte (SSP3-7.0 o SSP5-8.5). La risposta di molte altre variabili climatiche emergerebbe dalla variabilità naturale in momenti diversi più tardi nel 21° secolo (alta confidenza). (4.6, Riquadro della sezione trasversale TS.1) **(Figura SPM.8, Figura SPM.10)**

D.2.4 Scenari con emissioni di GHG molto basse e molto basse (SSP1-1.9 e SSP1-2.6) porterebbero a cambiamenti sostanzialmente minori in una gamma di CID 36 oltre il 2040 rispetto a scenari con emissioni di GHG alte e molto alte (SSP3-7.0 e SSP5-8.5). Entro la fine del secolo, scenari con emissioni di gas serra molto basse e molto basse limiterebbero fortemente il cambiamento di diversi CID, come l'aumento della frequenza di eventi a livello del mare estremo, forti precipitazioni e inondazioni pluviali e il superamento di pericolose soglie di calore, limitando nel contempo il numero di regioni in cui si verificano tali superamenti, rispetto a scenari di emissioni di gas serra più elevate (alta confidenza). I cambiamenti sarebbero anche minori in scenari con emissioni molto basse rispetto a basse emissioni, nonché per scenari intermedi (SSP2-4.5) rispetto a scenari con emissioni elevate o molto elevate (alta confidenza). (9.6, Riquadro incrociato 11.1, 11.2, 11.3, 11.4, 11.5, 11.6, 11.9, 12.4, 12.5, TS.4.3)