

Articolo successivo >

Tipo Editoriale: [In Scatola](#)Tipo di articolo: [Articolo di ricerca](#)

Significativo raffreddamento dell'Antartide occidentale negli ultimi due decenni guidato dalla forzatura tropicale del Pacifico

Pdf by:
<https://www.pro-memoria.info>

Xueying Zhang, Yetang Wang, Shugui Hou, e Petra Heil

Pubblicazione online: 26 giugno 2023

Pubblicazione di stampa: 01 giu 2023

DOI: <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-22-0153.1>

Pagine: E1154–E1165

[Storia dell'articolo](#)[© Ottieni autorizzazioni](#)

Astratto

Durante la seconda metà del ventesimo secolo, la calotta glaciale dell'Antartica occidentale (WAIS) ha subito un riscaldamento significativo a più del doppio della media globale ed è quindi considerata una delle regioni più rapidamente in rapida riscaldamento della Terra. Tuttavia, negli anni '90 è stata osservata un'inversione di questa tendenza, con conseguente raffreddamento regionale. In particolare, durante il 1999-2000, la temperatura media annuale dell'aria superficiale osservata era diminuita a un tasso statisticamente significativo, con il raffreddamento più forte nella primavera australe. Il raffreddamento a molla è correlato significativamente con le seconde modalità principali (EOF2) derivate dall'analisi empirica della funzione ortogonale (EOF) sulla pressione del livello del mare sull'Antartide durante il 1999-2000, associata alla fase negativa dell'oscillazione interdecadale del Pacifico con una media di raffreddamento delle anomalie della temperatura del mare della superficie del Pacifico tropicale centrale e orientale (SST). L'EOF2 si traduce in venti freddi meridionali rafforzati sul WAIS continentale attraverso le condizioni cicloniche sulla regione del Mare di Amundsen e un'altezza di blocco nel Passaggio di Drake e nella penisola antartica settentrionale, causando la tendenza di raffreddamento WAIS.

© 2023 American Meteorological Society. Questo articolo pubblicato è concesso in licenza secondo i termini della licenza di riutilizzo AMS predefinita. Per informazioni sul riutilizzo di questo contenuto e informazioni generali sul copyright, consultare la politica sul copyright di AMS (www.ametsoc.org/PUBSReuseLicenses).

Parole chiave: **Antartide**; **Circolazione atmosferica**; **Calotte di ghiaccio**; **Teleconnessioni**

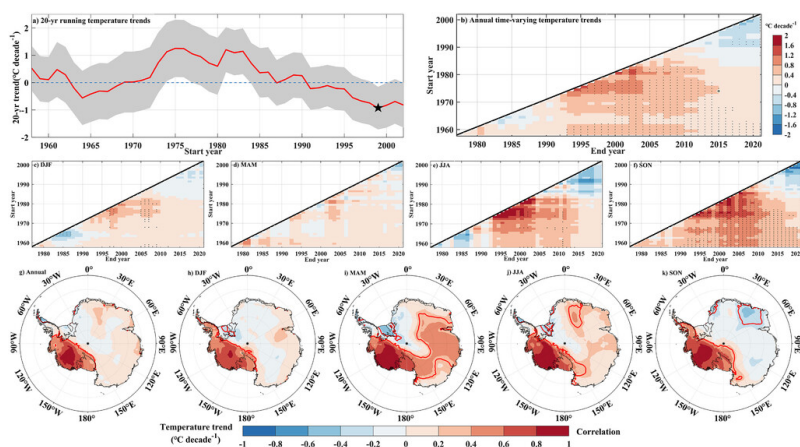
Come uno dei nove elementi di ribaltamento del sistema terrestre (Schellhuber 2009; Lenton 2021), la calotta glaciale dell'Antartica occidentale (WAIS) sta perdendo massa a un ritmo accelerato, con un contributo cumulativo all'innalzamento globale del livello del mare di $6,9 \pm 0,6$ mm dalla fine degli anni '70 (Rignot et al. 2019). Il cambiamento climatico regionale può esercitare un impatto considerevole sulla dinamica del ghiaccio glaciale (ad esempio, la mediazione di fusione basale tramite il trasporto di Ekman) (Kimura et al. 2017) e sul bilancio della massa della calotta glaciale (ad esempio, accumulo da precipitazioni e deriva della neve; scioglimento superficiale attraverso il riscaldamento della temperatura dell'aria), sollevando preoccupazione per gli effetti del flusso. Dal 1958, il WAIS ha subito un riscaldamento significativo (Steig et al. 2009) con un tasso di riscaldamento di oltre il doppio della media globale per la seconda metà del ventesimo secolo. Quindi, il WAIS è una delle regioni più rapidamente riscaldanti della Terra (Bromwich et al. 2013, 2014). Tuttavia, all'inizio del ventunesimo secolo, il riscaldamento sulla penisola antartica si trasferisce alle tendenze di raffreddamento (Turner et al. 2016). Jones et al. (2019) hanno riportato il raffreddamento stagionale e annuale durante il 1998-2016 sulla stazione di Byrd. Clem et al. (2020) hanno dimostrato che il riscaldamento del Polo Sud dal 1989 al 2018 è accompagnato dal raffreddamento nella penisola antartica e nell'Antartide occidentale.

Molta attenzione è stata prestata al contributo dell'El Niño-Oscillazione meridionale (ENSO) ai cambiamenti climatici antartici. Studi recenti hanno dimostrato che la forzatura del Pacifico tropicale centrale tra gli anni '50 e gli anni 2000 è stata in gran parte responsabile del rapido riscaldamento invernale nell'Antartide occidentale attraverso le teleconnessioni atmosferiche attraverso un'onda atmosferica di Rossby (Ding et al. 2011; Nicolas e Bromwich 2014). L'aumento delle temperature superficiali del mare (SST) nel Pacifico tropicale occidentale provoca le anomalie cicloniche nel Mare di Weddell, che causano il riscaldamento al Polo Sud e il raffreddamento nella penisola antartica (Clem et al. 2019, 2020). Il modello di SST nell'Oceano Pacifico tropicale è cambiato, con anomalie SST negative nel Pacifico tropicale orientale equatoriale dalla fine del XX secolo, come dimostrato dalla fase negativa dell'oscillazione interdecadale del Pacifico (IPO). A causa dei modelli spaziali simili delle anomalie SST a ENSO, l'IPO è anche considerata come la variabilità decadenale simile a ENSO. Così, in una certa misura, l'IPO si presenta come residuo di eventi ENSO in gran parte indipendenti (Newman et al. 2016; Power et al. 2021). Le sue modifiche o la transizione di fase hanno dimostrato di modulare la teleconnessione ENSO su scala interannuale (Dong et al. 2018). Esiste ancora una domanda sul raffreddamento sull'Antartide occidentale è principalmente attribuibile a quali processi e meccanismi e da quali aree.

Dati e metodi

In questo studio, abbiamo utilizzato i dati mensili sulla temperatura atmosferica superficiale media (SAT; misurata a 2 m dal suolo) alla stazione di Byrd di Bromwich et al. (2013, 2014), che è l'unica stazione WAIS con record completi di temperatura a lungo termine dal 1958 al 2021. Le loro medie annuali e stagionali mostrano correlazioni elevate e significative ($r > 0,8$, $p < 0,05$) con i campi di temperatura ERA5 sulla maggior parte del WAIS (Fig. 1g-k), che rivela il robusto rappresentante per il WAIS centrale, e questo è confermato anche da Bromwich et al. (2013,2014). Abbiamo utilizzato i campi ERA5 medi mensili, tra cui la pressione del livello del mare (SLP), le altezze geopotenziali di 850 hPa (Z850) e il vento di 850 hPa. I dati SST medi sono derivati dalla NOAA Extended Reconstructed Sea Surface Temperature (SST) V5 (ERSSTv.5). I dati mensili sulla concentrazione media di ghiaccio marino (SIC) provengono dal NOAA/NSIDC Climate Data Record of Passive Microwave Sea Ice Concentration, versione 4. Le variazioni dell'IPO sono state quantificate dall'indice tripolo non filtrato di NOAA ERSSTv.5. Usiamo l'indice basato sulla stazione della Southern Annular Mode (SAM) di Marshall (2003). Data la disponibilità dei campi

oceanici e atmosferici medi mensili, la nostra analisi si concentra sull'intervallo 1979-2018. La regressione lineare standard dei minimi quadrati, l'analisi della correlazione e la congruenza lineare vengono applicate per esplorare i cambiamenti SAT, le tendenze della circolazione atmosferica regionale e i loro collegamenti con la variabilità climatica tropicale. La significatività statistica è stata valutata tramite il test t dello Student. Abbiamo applicato la funzione ortogonale empirica (EOF) per esaminare la variabilità annuale e stagionale della pressione del livello del mare (SLP) da 40° a 90°S, per identificare le principali modalità di cambiamenti SLP. L'analisi EOF è una tecnica statistica multivariata che massimizza la varianza, che supporta l'ipotesi che i cambiamenti regionali della circolazione atmosferica siano correlati alla variabilità SST nel Pacifico tropicale. Per catturare le modalità di variazione accoppiate dominanti tra la SST tropicale del Pacifico e la variabilità climatica su scala regionale, le potenziali connessioni tra l'emisfero australe Z850 (60°-90°S) e la variabilità della SST sono state determinate mediante l'analisi della massima covarianza (MCA).



🔗 Visualizza a grandezza naturale

Fig. 1.

(a)–(f) La temperatura dell'aria superficiale (SAT) cambia alla stazione di Byrd durante il 1958–2021. (a) Esecuzione di tendenze SAT di 20 anni ($^{\circ}\text{C}$ decennio $^{-1}$) all'inizio del periodo di tendenza, con l'intervallo di confidenza $p < 0,05$ ombreggiato in grigio. Il raffreddamento significativo più forte dal 1999 al 2018 è etichettato da pentagramma. (b)–(f) Le tendenze medie SAT annuali e stagionali variabili nel tempo, con $p < 0,05$ indicato da punteggiatura: (b) annuale, (c) dicembre-febbraio (DJF), (d) marzo-maggio (MAM), (e) giugno-agosto (JJA) e (f) settembre-novembre (SON). (g)–(k) La correlazione della media annuale e stagionale SAT con ERA5 durante il 1979–2021, regione con $p < 0,05$ delineata da linee rosse: (g) annuale, (h) DJF, (i) MAM, (j) JJA, (k) SON. In (b)–(f), l'asse y è l'anno di inizio della tendenza e l'asse x è l'anno di fine della tendenza; l'asse $x = y$ è esattamente la tendenza di 20 anni e i periodi superiori a 20 anni sono nella metà in basso a destra.

Citazione: Bollettino dell'American Meteorological Society 104, 6; [10.1175/BAMS-D-22-0153.1](https://doi.org/10.1175/BAMS-D-22-0153.1)

📄 Scarica la figura

📄 Scarica la figura come diapositiva di PowerPoint

Risultati

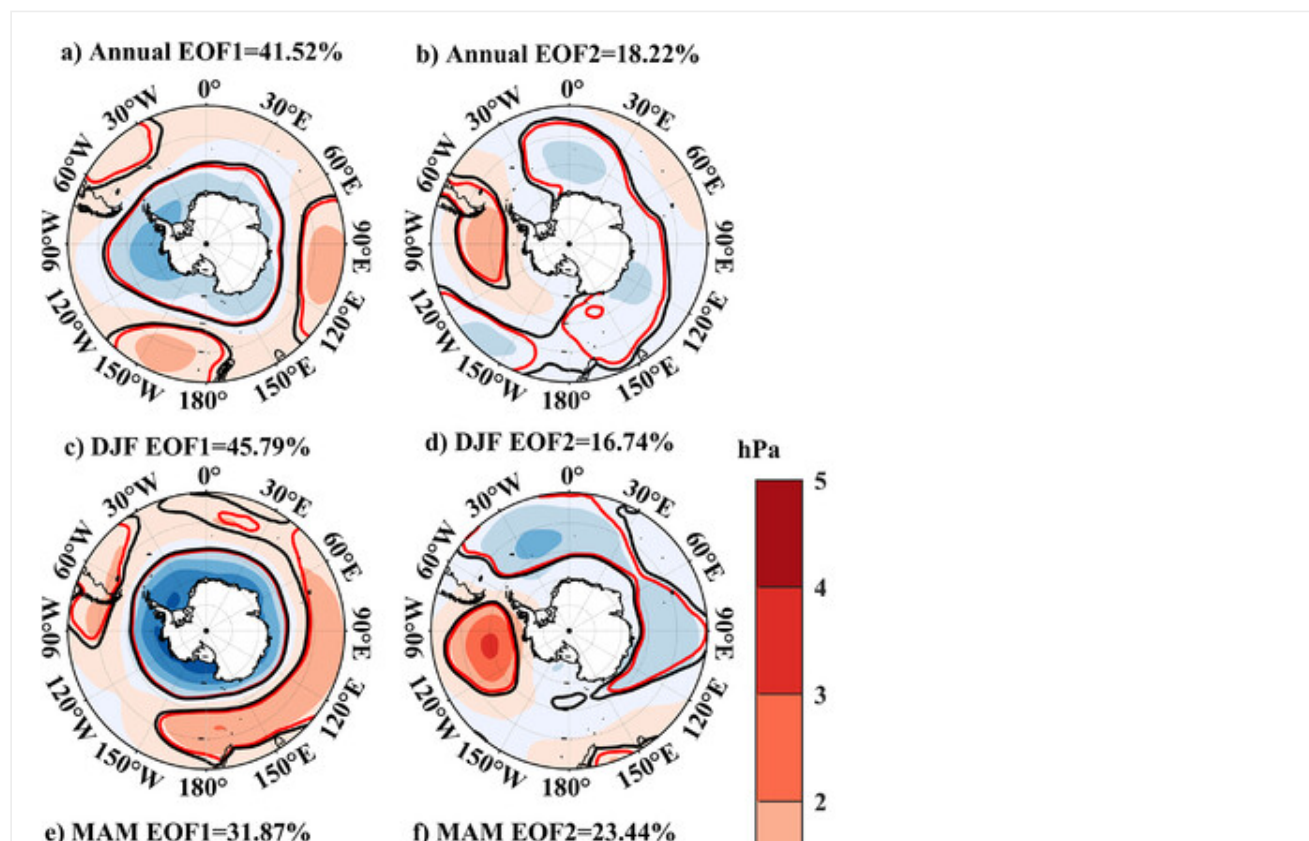
Recenti tendenze di raffreddamento sul WAIS.

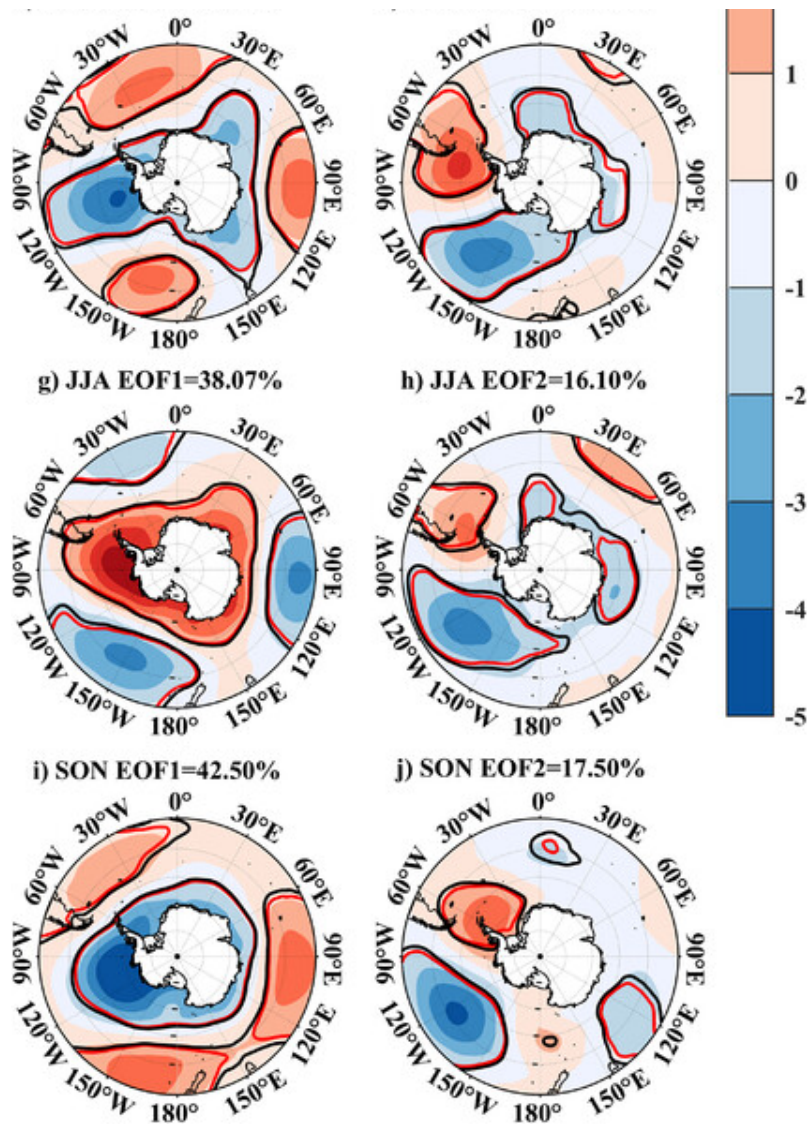
La serie temporale di 20 anni in esecuzione (Fig. 1a) e le tendenze time-variant (Fig. 1b) del SAT medio annuale alla

stazione di Byrd mostrano un raffreddamento sostenibile dai primi anni '90 in poi. In particolare, l'epoca dal 1999 al 2018 ha registrato la più grande diminuzione della finestra di scatola di 20 anni della media annuale SAT, ad un tasso di $-0,93^{\circ}\text{C decade}^{-1}$ ($p < 0,05$). Anche la media stagionale SAT è diminuita per lo stesso intervallo di tempo (1999-2018) (Fig. 1c-f). Il raffreddamento primaverile è stato più forte a circa il doppio della tendenza media annuale ($-1,84^{\circ}\text{C decennio}^{-1}$), e l'inverno si è classificato secondo più forte ($-1,19^{\circ}\text{C decennio}^{-1}$), con il raffreddamento molto debole in autunno ed estate. Tuttavia, per le quattro stagioni, solo il raffreddamento a finestra della scatola primaverile di 20 anni è stato statisticamente significativo al livello di confidenza di $p < 0,05$. Queste tendenze di raffreddamento derivate dalle nostre misurazioni in situ sono coerenti con quelle determinate dai prodotti di temperatura superficiale della terra MODIS e da ERA5 (Fig. ES1 e ES2 nel materiale supplementare online). Nonostante le diverse grandezze di raffreddamento tra i database, condividono un raffreddamento comune in inverno, primavera e media annuale in tutta la regione centrata sul settore WAIS Marie Byrd Land.

La circolazione atmosferica e il ghiaccio marino cambiano sull'Antartide e dintorni.

L'analisi EOF viene utilizzata per identificare le principali modalità di variabilità media annuale e stagionale SLP durante il 1999-2018 (Fig. 2). Analizziamo solo i modelli spaziali e le serie temporali (PC) delle prime due modalità EOF (EOF1 e EOF2) e i relativi stati di circolazione su larga scala. L'EOF1 spiega circa il 31%-46% della varianza della media annuale e stagionale SLP e rappresenta le anomalie di circolazione atmosferica che assomigliano al modello SAM. In particolare, le anomalie di circolazione vicino al basso mare di Amundsen (ASL) sono la caratteristica più importante della circolazione atmosferica dell'EOF1 per l'SLP annuale e primaverile. Studi precedenti evidenziano l'effetto di raffreddamento associato alla polarità positiva SAM per l'Antartide occidentale, specialmente nell'estate e nell'autunno australi (Marshall 2007; Nicolas e Bromwich 2014; Marshall e Thompson 2016; Jones et al. 2019; Fogt e Marshall 2020). Tuttavia, non vi sono correlazioni significative tra l'indice SAM osservato da Marshall (2003) e SAT in estate durante il 1999-2018 (Fig. ES3). Inoltre, le deboli correlazioni negative mostrano il contributo limitato di SAM al raffreddamento dell'Antartide occidentale della temperatura dell'aria autunnale. Nonostante la correlazione significativamente negativa dei SAT invernali con SAM, non si è verificata alcuna polarità positiva SAM marcata in inverno.





[Visualizza a grandezza naturale](#)

Fig. 2.

Principali modalità di SLP annuale e stagionale. Analisi EOF associata alle prime due modalità EOF per il 1999-2018 sull'SLP. L'ampiezza di ciascun EOF viene regredita su SLP per indicare la variabilità di SLP associata alla componente principale. La percentuale mostrata al centro superiore di ogni sottotrama elenca la quantità di varianza associata a cui ciascun EOF. Le linee nere e rosse delineano le aree significative ai livelli di confidenza di $p < 0,1$ e $p < 0,05$, rispettivamente.

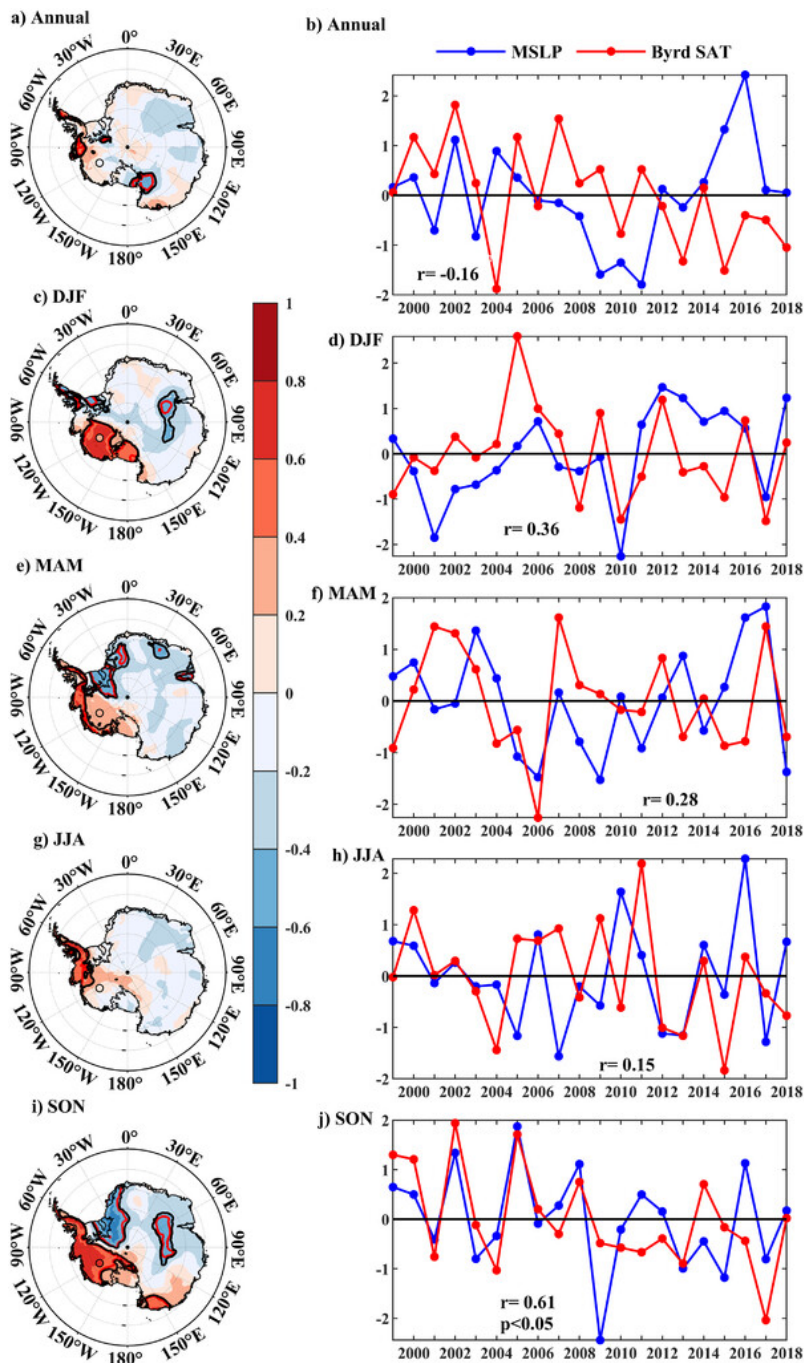
Citazione: Bollettino dell'American Meteorological Society 104, 6; [10.1175/BAMS-D-22-0153.1](https://doi.org/10.1175/BAMS-D-22-0153.1)

[Scarica la figura](#)

[Scarica la figura come diapositiva di PowerPoint](#)

EOF2 cattura circa il 16%-24% della variabilità dell'SLP annuale e stagionale. In media annuale, EOF2 è costituito dai cicloni anomali vicino al Mare di Weddell e agli oceani Indiano meridionale e Pacifico, e dall'anticiclone vicino al Passaggio di Drake. Summer EOF2 è composto principalmente da un sistema SLP elevato sui mari di Bellingshausen e Amundsen e da un sistema SLP basso sul Mare di Weddell e sull'Oceano Indiano meridionale, che corrispondono alle condizioni di circolazione che promuovono il raffreddamento della penisola antartica (Randel e Wu 1999; Turner

et al. 2016; Jones et al. 2019). In autunno, il modello spaziale EOF2 mostra una struttura a dipolo tra il Passaggio di Drake (anomalie ad alta pressione) e il Ross Sea (anomalie a bassa pressione). In inverno e primavera, i modelli EOF2 mostrano significative anomalie negative di SLP si muovono verso ovest verso il Mare di Amundsen, il che è indicativo di una classica risposta stazionaria dell'onda di Rossby alla forzatura SST tropicale (MacLennan e Lenaerts 2021). Troviamo una correlazione statisticamente significativa e positiva tra le serie temporali della componente principale EOF2 (PC2) in primavera con la corrispondente temperatura dell'aria dell'Antartide occidentale ($r = 0,61$, $p < 0,05$, Fig. 3). A settembre-novembre (SON), l'EOF2 consiste in anomalie SLP significativamente negative sul mare di Amundsen orientale (MacLennan e Lenaerts 2021) e un alto di blocco nel passaggio di Drake e nella penisola antartica settentrionale, che assomiglia alla modalità Pacifico-Sudamericana 1 (PAS1), relativa alle anomalie SST sull'Oceano Pacifico tropicale. Le condizioni cicloniche nel Mare di Amundsen da un sistema a bassa pressione e anticiclone nel Passaggio di Drake e nella penisola antartica settentrionale da un sistema ad alta pressione promuovono la prevalenza di vento freddo e secco del sud-ovest sul WAIS continentale (Fig. 4), causando la tendenza al calo della temperatura. In estate, la tendenza positiva della concentrazione di ghiaccio marino (SIC) per il periodo 1999-2018 (Fig. 4) sul Mare di Weddell amplifica gli effetti delle condizioni cicloniche sul raffreddamento sulla penisola antartica (Turner et al. 2016). SIC nel Mare di Amundsen ha mostrato un aumento significativo durante JJA e SON (Fig. 4) a causa del flusso d'aria offshore lungo le coste WAIS causato dai venti del Mare di Weddell, che a sua volta aiuta a migliorare gli effetti di raffreddamento su questa regione.



🔗 Visualizza a grandezza naturale

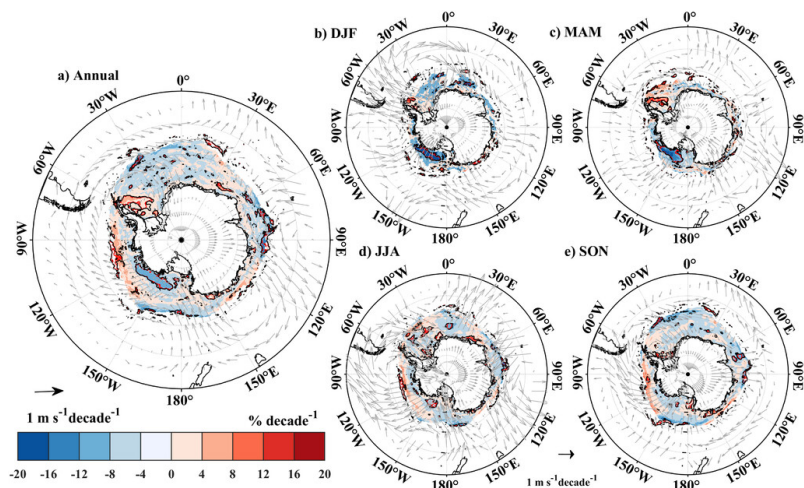
Fig. 3.

(a sinistra) Correlazioni tra le serie temporali della seconda modalità di funzione ortogonale empirica (PC2) con ERA5 SAT (pannello) e Byrd SAT (cerchio). (a destra) Le serie temporali del PC2 e del Byrd SAT. Le linee nere e rosse delineano le aree significative ai livelli di confidenza di $p < 0,1$ e $p < 0,05$, rispettivamente.

Citazione: Bollettino dell'American Meteorological Society 104, 6; [10.1175/BAMS-D-22-0153.1](https://doi.org/10.1175/BAMS-D-22-0153.1)

📄 Scarica la figura

📄 Scarica la figura come diapositiva di PowerPoint



🗂 Visualizza a grandezza naturale

Fig. 4.

Tendenze medie annuali e stagionali nelle condizioni oceaniche e atmosferiche dal 1999 al 2018, compresi SIC e 850 hPa di vento. Le linee nere e rosse delineano le aree significative ai livelli di confidenza di $p < 0,1$ e $p < 0,05$, rispettivamente.

Citazione: Bollettino dell'American Meteorological Society 104, 6; [10.1175/BAMS-D-22-0153.1](https://doi.org/10.1175/BAMS-D-22-0153.1)

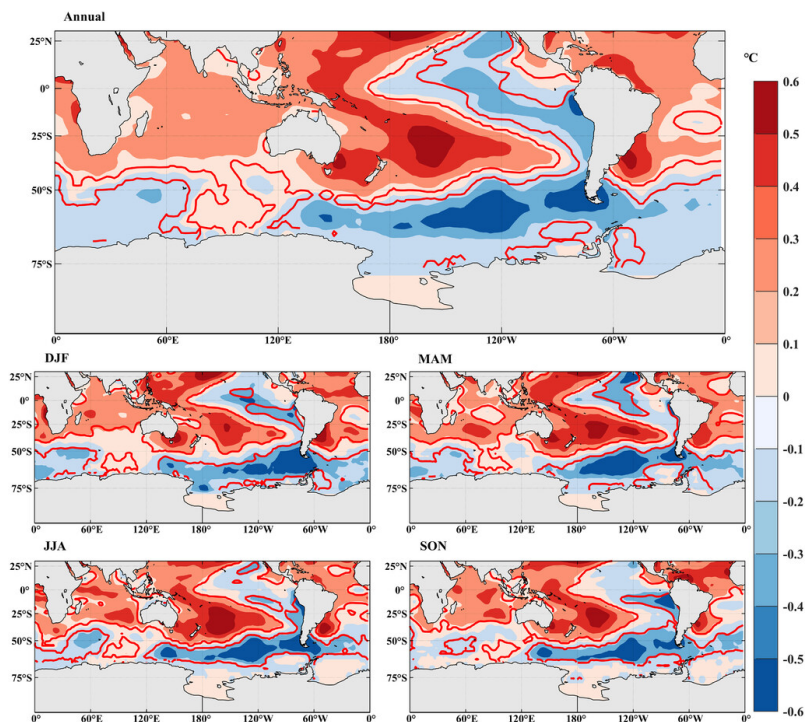
📄 Scarica la figura

📄 Scarica la figura come diapositiva di PowerPoint

Teleconnessione tropicale con variabilità della circolazione atmosferica antartica.

Lavori precedenti hanno dimostrato che la forzatura dell'ENSO dal Pacifico tropicale influenza il clima WAIS forzando cambiamenti interannuali nella posizione e nell'intensità dell'ASL (Clem et al. 2017; Deb et al. 2018). La circolazione atmosferica cambia sul Mare di Amundsen, causando il riscaldamento invernale WAIS dagli anni '50 agli anni 2000, che è strettamente correlato all'aumento della SST nell'Oceano Pacifico tropicale centrale (Ding et al. 2011). Tuttavia, dalla fine degli anni '90, la SST nel Pacifico tropicale varia. Per il periodo 1999-2018, la SST annuale e stagionale nel Pacifico tropicale occidentale ha superato quelle del 1979-97, mentre la SST nel Pacifico centrale e orientale era inferiore e le differenze sono significative ($p < 0,05$) (Fig. 5). Le grandi differenze regionali della SST nel Pacifico tropicale indicano la significativa fase negativa dell'IPO (Fig. 6), e quindi un jet frontale polare relativamente forte (PFJ), come precedentemente riportato da Trenberth et al. (2014). Ciò porta a una discesa anomala generata sul Pacifico tropicale centrale a orientale e a un'ascesa anomala nel Pacifico tropicale occidentale, con il rafforzamento della circolazione Walker (Clem e Fogt 2015). Le anomalie SSST negative nel Pacifico tropicale centrale e i corrispondenti cambiamenti di convezione e vorticità di alto livello innescano i treni a onde Rossby quasi stazionari. Questi ultimi sono simili a quelli osservati durante un evento La Niña, che si propagano dai tropici lungo una traiettoria great-circle attraverso il Pacifico meridionale (Clem and Fogt 2015; Turner et al. 2016) alle alte latitudini. La risposta dell'attività anomala dell'onda di Rossby è modulata dai cambiamenti ovestriali e dalla circolazione zonale media, che portano ad anomalie regionali della circolazione atmosferica sulla regione polare meridionale (Li et al. 2021). L'IPO è una variabilità decennale simile a ENSO su entrambi i lati del bacino tropicale del Pacifico. L'indice IPO e l'indice Niño-3.4 mostrano una variabilità interannuale molto simile (Fig. 6). È di vitale importanza trovare un metodo per separare i segnali di IPO da ENSO. Perché l'IPO si presenta come residuo di eventi ENSO in gran parte indipendenti, associati alla modulazione a bassa frequenza di ENSO (Newman et al. 2016; Power

et al. 2021), una valida alternativa per determinare i segnali separati è rimuovere la covariabilità con Niño-3.4 SST dall'indice IPO per mezzo di un approccio di regressione lineare (Clem et al. 2020; Fig. 6). Rispetto all'indice IPO grezzo, l'indice residuo IPO può rappresentare meglio la fase dell'IPO come presentata dall'indice IPO filtrato passa-basso, che utilizza il filtro Chebyshev con un periodo di taglio di 13 anni e un ordine di filtro di 6 (Henley et al. 2015; Fig. 6). Per esplorare l'effetto dell'IPO sulla variabilità della circolazione atmosferica su e intorno all'Antartide, in primo luogo, la nostra strategia è calcolare la congruenza lineare dell'IPO con SLP. I campi SLP vengono regrediti sull'indice residuo IPO, quindi il coefficiente di regressione di ciascuna cella della griglia viene moltiplicato per la tendenza osservata nell'indice residuo IPO (Fig. 7). In secondo luogo, impieghiamo l'analisi della massima covarianza (MCA) delle medie stagionali di SST tropicale e Z850 per il periodo 1999-2000 (Fig. ES3 e ES4). In terzo luogo, le serie temporali SLP PC2 sono regrediti linearmente dalle modifiche SST (Fig. 8).



🔗 Visualizza a grandezza naturale

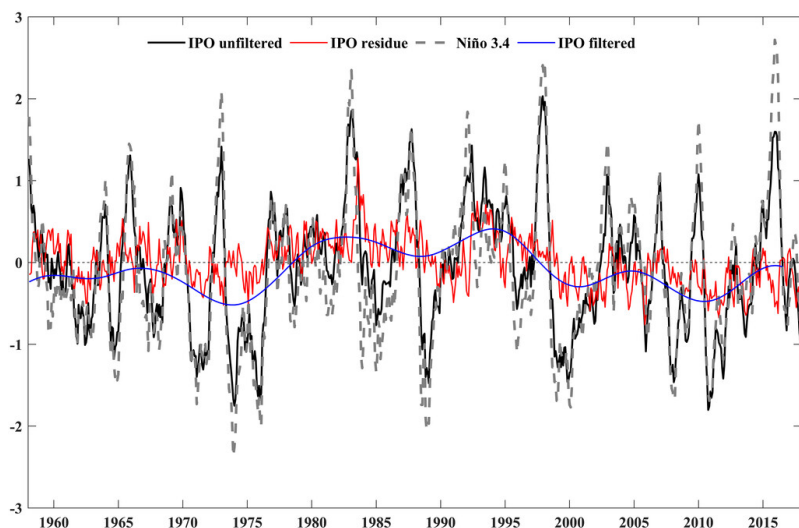
Fig. 5.

Differenza nella media SST tra 1999-2018 e 1979-98. I contorni rossi delineano aree di differenze che sono statisticamente significative al livello di confidenza $p < 0,05$.

Citazione: Bollettino dell'American Meteorological Society 104, 6; [10.1175/BAMS-D-22-0153.1](https://doi.org/10.1175/BAMS-D-22-0153.1)

📄 Scarica la figura

📄 Scarica la figura come diapositiva di PowerPoint



 [Visualizza a grandezza naturale](#)

Fig. 6.

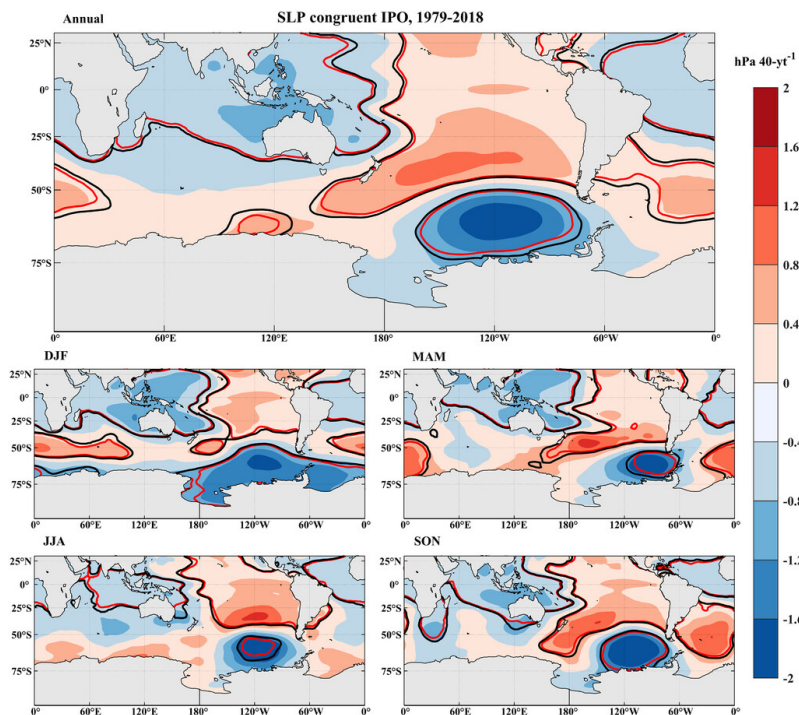
L'indice medio mensile IPO non filtrato, l'indice filtrato IPO, l'indice residuo IPO e l'indice Niño-3.4.

Citazione: Bollettino dell'American Meteorological Society 104, 6; [10.1175/BAMS-D-22-0153.1](https://doi.org/10.1175/BAMS-D-22-0153.1)

 [Scarica la figura](#)

 [Scarica la figura come diapositiva di PowerPoint](#)

La diminuzione dell'SLP sul mare di Amundsen è linearmente congruente con la tendenza negativa dell'IPO (Fig. 7), in accordo con gli studi precedenti (Turner et al. 2016; Clem et al. 2020) che la fase negativa dell'IPO dalla fine degli anni '90 in poi contribuisce a gran parte delle anomalie negative di SLP nella regione ASL e nel Mare di Weddell. I risultati MCA sono costituiti da coppie di modalità spaziali e serie temporali corrispondenti, che rappresentano le strutture tropicali SST e Z850 (Fig. ES3 e ES4). Per i due campi analizzati qui, la modalità SST tropicale può essere fisicamente interpretata come forzatura e la modalità Z850 come risposta. Le coppie principali di modelli MCA indicano quindi quei modelli di anomalie SST tropicali che influenzano più fortemente la circolazione extratropicale dell'emisfero australe. Il segnale SST più forte è un raffreddamento nel Pacifico centrale e orientale, che poi dà alle tendenze negative dello Z850 nella regione ASL, in particolare, in SON durante il 1999-2000. Inoltre, le regressioni di SST sulle serie temporali PC2 mostrano che la circolazione atmosferica SON spiegata da EOF2 è fortemente associata alle anomalie SST correlate all'IPO (Fig. 8). La fase negativa dell'IPO provoca anomalie cicloniche nella regione ASL orientale (Fig. 2 e 8) attraverso la trasmissione dei treni a onde Rossby. Questa teleconnessione all'alta latitudine del Pacifico meridionale aumenta il gradiente di pressione e migliora il flusso meridionale lungo il fianco verso ovest del ciclone (Fig. 4), diminuendo i SAT sul WAIS centrale continentale. Nella primavera australe, quando l'IPO negativa è più intensa, la corrente a getto subtropicale è più forte ed è centrata dove può agire come una guida d'onda (Li et al. 2021).



Visualizza a grandezza naturale

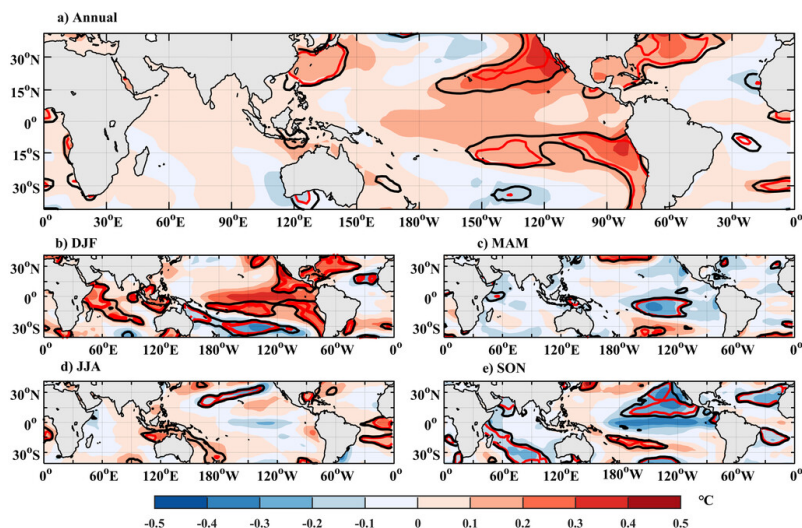
Fig. 7.

Tendenze dell'SLP annuale e stagionale linearmente congruenti con l'indice residuo IPO negativo nel 1979-2018. I contorni neri e rossi delineano le aree di correlazioni, tendenze e differenze, significative rispettivamente ai livelli di confidenza di $p < 0,1$ e $p < 0,05$.

Citazione: Bollettino dell'American Meteorological Society 104, 6; [10.1175/BAMS-D-22-0153.1](https://doi.org/10.1175/BAMS-D-22-0153.1)

Scarica la figura

Scarica la figura come diapositiva di PowerPoint



🔗 Visualizza a grandezza naturale

Fig. 8.

La temperatura della superficie del mare è regredita alla serie temporale della seconda modalità di funzione ortogonale empirica (PC2) di SLP annuale e stagionale dal 1999 al 2018. Le linee nere e rosse delineano le aree con tendenze significative rispettivamente a $p < 0,1$ e $p < 0,05$ intervallo di confidenza.

Citazione: Bollettino dell'American Meteorological Society 104, 6; [10.1175/BAMS-D-22-0153.1](https://doi.org/10.1175/BAMS-D-22-0153.1)

📄 Scarica la figura

📄 Scarica la figura come diapositiva di PowerPoint

Discussione e conclusioni

L'assenza del riscaldamento dell'Antartide occidentale all'inizio del ventunesimo secolo ricorda l'evento del rallentamento medio globale del SAT (in pausa di riscaldamento globale), con la fase negativa dell'IPO che è una delle principali possibili cause comuni. La pausa del riscaldamento globale si è conclusa durante i primi anni 2010 e il riscaldamento si è riaccelerato associato allo spostamento dell'oscillazione decadenziale del Pacifico (DOP) dalla fase negativa alla fase positiva, all'aumento dell'oscillazione nord atlantica (NAO) e alla fase positiva dell'oscillazione multidecadale atlantica (AMO) (Zhang et al. 2019). Tuttavia, il raffreddamento sul WAIS è apparso ancora nei primi anni 2010, suggerendo che il clima dell'Antartico occidentale è più sensibile alla forzatura tropicale del Pacifico, rispetto a DOP, NAO e AMO. Uno studio recente (Li et al. 2021) ha anche riferito che un modello di teleconnessione può essere stabilito dagli oceani atlantico tropicale e indiano, guidando i treni a onde Rossby attraverso percorsi diretti e indiretti e influenzando il cambiamento SAT del WAIS, ma l'effetto è relativamente debole.

In conclusione, il WAIS ha sperimentato una significativa tendenza di raffreddamento, specialmente in primavera, negli ultimi 20 anni (1999-2018), che è una risposta alle interazioni accoppiate di ghiaccio marino, oceano e atmosfera. Qui abbiamo attribuito il significativo raffreddamento primaverile osservato alle forti anomalie cicloniche nel Mare di Amundsen e alle condizioni anticicloniche nel Passaggio di Drake e nella penisola antartica presentate da EOF2, legate all'IPO negativa, e all'aumento del SIC nel Mare di Amundsen anche guidato dalla forzatura tropicale. Mentre è previsto l'effetto di raffreddamento del SAM positivo sull'Antartide occidentale (Marshall 2007; Marshall e Thompson 2016; Fogt e Marshall 2020), non ha avuto un ruolo nel recente raffreddamento. Ciò sottolinea

L'importanza della variabilità della circolazione atmosferica regionale associata alle anomalie SST tropicali del Pacifico per guidare la temperatura dell'aria WAIS centrale. Non c'è un solido accordo sulla variabilità della SST del Pacifico tropicale in futuro da parte dei diversi modelli climatici globali atmosferici (AGCM) (Lee et al. 2021). Tuttavia, Cai et al. (2022) mostrano un robusto aumento del cambiamento previsto nella variabilità SST correlata a ENSO in tutti gli scenari di emissione quando applicato su una finestra temporale di un secolo, la variabilità IPO non è stata completamente esplorata per le proiezioni future. Pertanto, questo conferma che l'oscillazione del clima tropicale del Pacifico è ancora un'importante fonte di incertezza nella temperatura dell'aria dell'Antartide occidentale ottenuta dalle proiezioni future.

I GCM della fase 6 del Coupled Model Intercomparison Project (CMIP6) sono uno strumento importante per fare le proiezioni dei futuri cambiamenti climatici sull'Antartide. Tuttavia, 28 CMIP6 multimodel ensemble mean in storicamente non cattura la significativa tendenza di raffreddamento del WAIS all'inizio del ventunesimo secolo, ma la significativa tendenza al riscaldamento al Polo Sud riportata da Clem et al. (2020) (Fig. ES6, Tabella ES1), che implica notevoli incertezze nelle future proiezioni di temperatura dei modelli CMIP6 sul WAIS. È facile capire che, nonostante l'affidabilità relativamente elevata dei modelli per i cambiamenti di temperatura su scala globale, le loro rappresentazioni delle transizioni climatologiche interdecadali sull'Antartide sono generalmente meno accurate, probabilmente a causa della loro risoluzione grossolana e della scarsità di schemi fisici speciali polari. Pertanto, per le migliori proiezioni dei futuri cambiamenti di temperatura antartica, i GCM non possono ignorare l'influenza dell'oscillazione interdecadale e devono incorporare più meccanismi fisici.

Ringraziamenti.

Questo lavoro è stato sostenuto dal National Key Research and Development Program of China (2020YFA0608202), dalla National Natural Science Foundation of China (41971081 e 41830644), dal Strategic Priority Research Program dell'Accademia cinese delle scienze (XDA19070103), dal Project for Outstanding Youth Innovation Team nelle università della provincia di Shandong (2019KJH011), dal programma antartico australiano nell'ambito dei progetti AAS187, 4007, 5032 e 4506 e dallo Shanghai Frontiers Science Center of Polar Science (SCOPS). PH è stato sostenuto da sovvenzioni del governo australiano come parte del programma Antarctic Science Collaboration Initiative (ASCI000002; Australian Antarctic Program Partnership) e dell'International Space Science Institute (Svizzera) Project 405. Ringraziamo i fornitori di dati disponibili al pubblico utilizzati in questo studio, tra cui ECMWF, NOAA, NSIDC e BAS (vedi sotto).

Dichiarazione di disponibilità dei dati.

I dati SAT medi mensili per Byrd Station sono disponibili su https://polarmet.osu.edu/datasets/Byrd_recon/. I dati ERA5 sono forniti dal Centro europeo per le previsioni meteorologiche a medio termine (ECMWF) ([https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/cerca?type=set di dati](https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/cerca?type=set%20di%20dati)). Gli indici IPO possono essere liberamente disponibili all'indirizzo (<https://psl.noaa.gov/data/timeseries/IPOTPI/>). I dati SST medi sono ottenuti dalla NOAA (<https://psl.noaa.gov/data/gridded/data.noaa.ersst.v5.html>). I dati SIC sono disponibili presso il National Snow and Ice Data Center (NSIDC) (<https://nsidc.org/data/G02202/versions/4>). I dati dell'indice SAM provengono dal British Antarctic Survey (<http://www.nerc-bas.ac.uk/icd/gjma/sam.html>).

Riferimenti

Bromwich, D. H., J. P. Nicolas, A. J. Monaghan, M. A. Lazzara, L. M. Keller, G. A. Weidner e A. B. Wilson, 2013: L'Antartide centro-occidentale tra le regioni più in rapido riscaldamento della Terra. *Nat. Geosci.*, **6**, 139–145, <https://doi.org/10.1038/ngeo1671>.

[Cerca Google Scholar](#) | [Esporta citazione](#)

Pdf by:
<https://www.pro-memoria.info>

Bromwich, D. H., J. P. Nicolas, A. J. Monaghan, M. A. Lazzara, L. M. Keller, G. A. Weidner e A. B. Wilson, 2014: Correzione: Rettifica: Antartide centro-occidentale tra le regioni più in rapido riscaldamento della Terra. *Nat. Geosci.*, **7**, 76, <https://doi.org/10.1038/ngeo2016>.

[Cerca Google Scholar](#) | [Esporta citazione](#)

Cai, W., B. Ng, G. Wang, A. Santoso, L. Wu e K. Yang, 2022: aumento della variabilità della temperatura superficiale del mare ENSO in quattro scenari di emissione IPCC. *Nat. Cambiamenti climatici*, **12**, 228-231, <https://doi.org/10.1038/s41558-022-01282-z>.

[Cerca Google Scholar](#) | [Esporta citazione](#)

Clem, K. R. e R. L. Fogt, 2015: cambia la circolazione del Pacifico meridionale e la loro connessione con i tropici e il riscaldamento antartico regionale nella primavera australe, 1979-2012. *J. Geophys. Res. Atmos.*, **120**, 2773–2792, <https://doi.org/10.1002/2014JD022940>.

[Cerca Google Scholar](#) | [Esporta citazione](#)

Clem, K. R., J. A. Renwick e J. McGregor, 2017: Forzatura su larga scala del basso Mare di Amundsen e la sua influenza sul ghiaccio marino e sulla temperatura dell'Antartide occidentale. *J. Clima*, **30**, 8405–8424, <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-16-0891.1>.

[Cerca Google Scholar](#) | [Esporta citazione](#)

Clem, K. R., B. R. Lintner, A. J. Broccoli e J. R. Miller, 2019: Ruolo della zona di convergenza del Pacifico meridionale nella variabilità decennale del clima dell'Antartide occidentale. *Geophys. Res. Lett.*, **46**, 6900–6909, <https://doi.org/10.1029/2019GL082108>.

[Cerca Google Scholar](#) | [Esporta citazione](#)

Clem, K. R., R. L. Fogt, J. Turner, B. R. Lintner, G. J. Marshall, J. R. Miller e J. A. Renwick, 2020: Riscaldamento record al Polo Sud negli ultimi tre decenni. *Nat. Cambiamento climatico*, **10**, 762–770, <https://doi.org/10.1038/s41558-020-0815-z>.

[Cerca Google Scholar](#) | [Esporta citazione](#)

Deb, P., A. Orr, D. H. Bromwich, J. P. Nicolas, J. Turner e J. S. Hosking, 2018: i driver estivi della variabilità atmosferica che influenzano l'assottigliamento della piattaforma di ghiaccio nell'insentuo del mare di Amundsen, Antartide occidentale. *Geophys. Res. Lett.*, **45**, 4124–4133, <https://doi.org/10.1029/2018GL077092>.

[Cerca Google Scholar](#) | [Esporta citazione](#)

Ding, Q., E. J. Steig, D. S. Battisti e M. Küttel, 2011: Riscaldamento invernale nell'Antartide occidentale causato dal riscaldamento del Pacifico tropicale centrale. *Nat. Geosci.*, **4**, 398–403, <https://doi.org/10.1038/ngeo1129>.

[Cerca Google Scholar](#) | [Esporta citazione](#)

Dong, B., A. Dai, M. Vuille e O. E. Timm, 2018: Modulazione asimmetrica delle teleconnessioni ENSO mediante l'oscillazione interdecadale del Pacifico. *J. Clima*, **31**, 7337–7361, <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-17-0663.1>.

[Cerca Google Scholar](#) | [Esporta citazione](#)

Fogt, R. L., e G. J. Marshall, 2020: la modalità anulare meridionale: variabilità, tendenze e impatti climatici in tutto l'emisfero australe. *Wiley Interdiscip. Rev.: Cambiamenti climatici*, 11, e652, <https://doi.org/10.1002/wcc.652>.

[Cerca Google Scholar](#) | [Esporta citazione](#)

Henley, B. J., J. Gergis, D. J. Karoly, S. Potenza, J. Kennedy e C. K. Folland, 2015: Un indice tripolo per l'oscillazione interdecadale del Pacifico. *Climate Dyn.*, **45**, 3077–3090, <https://doi.org/10.1007/s00382-015-25255-1>.

[Cerca Google Scholar](#) | [Esporta citazione](#)

Jones, M. E., D. H. Bromwich, J. P. Nicolas, J. Carrasco, E. Plavcová, X. Zou e S. H. Wang, 2019: Sessant'anni di riscaldamento diffuso nelle medie e alte latitudini meridionali (1957-2016). *J. Clima*, **20**, 6875-6898, <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-18-0565.1>.

[Cerca Google Scholar](#) | [Esporta citazione](#)

Kimura, S., e coautori, 2017: Controlli oceanografici sulla variabilità della fusione basale della piattaforma di ghiaccio e della circolazione dell'acqua di fusione glaciale nell'Amundsen Sea Embayment, Antartide. *J. Geophys. Res. Oceans*, **122**, 10 131–10 155, <https://doi.org/10.1002/2017JC012926>.

[Cerca Google Scholar](#) | [Esporta citazione](#)

Lee, J. Y., e Coauthors, 2021: Clima globale futuro: proiezioni basate su scenari e informazioni a breve termine. *Cambiamenti climatici 2021: la base della scienza fisica*, V. Masson-Delmotte et al., Eds., Cambridge University Press, 1–195.

[Cerca Google Scholar](#) | [Esporta citazione](#)

Lenton, T. M., 2021: Punti di svolta nel sistema climatico. *Meteo*, **76**, 325–326, <https://doi.org/10.1002/wea.4058>.

[Cerca Google Scholar](#) | [Esporta citazione](#)

Li, X. e coautori, 2021: impatti della teleconnessione tropicale sui cambiamenti climatici antartici. *Nat. Rev. Earth Environ.*, **2**, 680–698, <https://doi.org/10.1038/s43017-021-00204-5>.

[Cerca Google Scholar](#) | [Esporta citazione](#)

Maclennan, M. L., e Lenaerts, J. T. M., 2021: fattori atmosferici su larga scala di nevicata sul ghiacciaio Thwaites, Antartide. *Geophys. Res. Lett.*, **48**, e2021GL093644, <https://doi.org/10.1029/2021GL093644>.

[Cerca Google Scholar](#) | [Esporta citazione](#)

Marshall, G. J., 2003: Tendenze nella modalità anulare meridionale da osservazioni e rianalisi. *J. Clima*, **16**, 4134–4143, [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(2003\)016<4134:TITSAM>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(2003)016<4134:TITSAM>2.0.CO;2).

[Cerca Google Scholar](#) | [Esporta citazione](#)

Marshall, G. J., 2007: Relazioni stagionali di mezzo secolo tra la modalità anulare meridionale e le temperature antartiche. *Int. J. Climatol.*, **27**, 373–383, <https://doi.org/10.1002/joc.1407>.

[Cerca Google Scholar](#) | [Esporta citazione](#)

Marshall, G. J. e D. W. J. Thompson, 2016: Le firme di modelli su larga scala di variabilità atmosferica nelle temperature superficiali antartiche. *J. Geophys. Res. Atmos.*, **121**, 3276–3289, <https://doi.org/10.1002/2015JD024665>.

[Cerca Google Scholar](#) | [Esporta citazione](#)

Newman, M., e Coauthors, 2016: L'oscillazione decennale del Pacifico, rivisitata. *J. Clima*, **29**, 4399–4427, <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-15-0508.1>.

[Cerca Google Scholar](#) | [Esporta citazione](#)

Nicolas, J. P. e D. H. Bromwich, 2014: Nuova ricostruzione delle temperature antartiche vicine alla superficie: tendenze multidecadali e affidabilità delle rianalisi globali. *J. Clima*, **27**, 8070–8093, <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-13-00733.1>.

[Cerca Google Scholar](#) | [Esporta citazione](#)

Power, S., e Coauthors, 2021: Variabilità climatica decennale nel Pacifico tropicale: caratteristiche, cause, prevedibilità e prospettive. *Scienza*, **374**, eaay9165, <https://doi.org/10.1126/science.aay9165>.

[Cerca Google Scholar](#) | [Esporta citazione](#)

Randel, W. J., e F. Wu, 1999: Raffreddamento delle stratosfere polari artiche e antartiche a causa dell'esaurimento dell'ozono. *J. Clima*, **12**, 1467–1479, [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(1999\)012<1467:COTAAA>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(1999)012<1467:COTAAA>2.0.CO;2).

[Cerca Google Scholar](#) | [Esporta citazione](#)

Rignot, E., J. Mouginot, B. Scheuchl e M. Morlighem, 2019: Quattro decenni di bilancio di massa della calotta glaciale antartica dal 1979 al 2017. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **116**, 1095–1103, <https://doi.org/10.1073/pnas.1812883116>.

[Cerca Google Scholar](#) | [Esporta citazione](#)

Schellnhuber, H. J., 2009: Elementi di ribaltamento nel sistema terrestre. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **106**, 20 561–20 563, <https://doi.org/10.1073/pnas.0911106106>.

[Cerca Google Scholar](#) | [Esporta citazione](#)

Steig, E. J., D. P. Schneider, S. D. Rutherford, M. E. Mann, J. C. Comiso e D. T. Shindell, 2009: Riscaldamento della superficie della calotta glaciale antartica dall'Anno geofisico internazionale del 1957. *Nature*, **457**, 459–462, <https://doi.org/10.1038/nature07669>.

[Cerca Google Scholar](#) | [Esporta citazione](#)

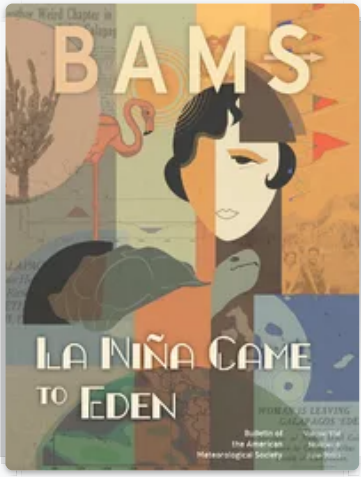
Trenberth, K. E., J. T. Fasullo, G. Branstator e A. S. Phillips, 2014: Aspetti stagionali della recente pausa nel riscaldamento superficiale. *Nat. Cambiamenti climatici*, **4**, 911–916, <https://doi.org/10.1038/nclimate2341>.

[Cerca Google Scholar](#) | [Esporta citazione](#)

Turner, J., H. Lu, I. Bianco, J. C. King, T. Phillips, J. S. Hosking e P. Deb, 2016: Assenza di riscaldamento del 21° secolo nella penisola antartica coerente con la variabilità naturale. *Natura*, **535**, 411–415, <https://doi.org/10.1038/nature18645>.

Zhang, C., S. Li, F. Luo e Z. Huang, 2019: La pausa del riscaldamento globale è svanita: un'analisi delle temperature globali dell'aria di superficie 2014-2016. *Int. J. Climatol.*, 39, 4853–4868, <https://doi.org/10.1002/joc.6114>.

Pdf by:
<https://www.pro-memoria.info>



Bollettino dell'American Meteorological Society

☰ Volume 104: Numero 6

- ▼ Titoli
- ▼ Riferimenti
- ▼ Figure
- ▼ Citato Da
- ▼ Metriche
- ▼ Contenuto correlato

azioni AMS

Partecipa con AMS

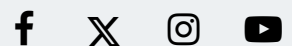
Siti affiliati

Seguici

Profilo online AMS

Publiccare
Vantaggi della pubblicazione con AMS
Informazioni sull'autore

Casa AMS
Blog in prima pagina
Vivere sul blog del mondo reale
Fascia meteorologica AMS



Contattaci