



Climate Change 2007: I Principi Fisici di Base

Sintesi per i Decisori politici

Contributo del Gruppo di Lavoro I al Quarto Rapporto di Valutazione del Comitato Intergovernativo sul Cambiamento Climatico

Questa Sintesi per i Decisori politici è stata formalmente approvata durante la decima Sessione del Gruppo di Lavoro I dell' IPCC, Parigi, febbraio 2007.

Nota:

I testi, le tabelle e le figure incluse sono da considerarsi finali ma possono essere soggette al controllo e all'aggiustamento editoriale.

Autori:

Richard Alley, Terje Berntsen, Nathaniel L. Bindoff, Zhenlin Chen, Amnat Chidthaisong, Pierre Friedlingstein, Jonathan Gregory, Gabriele Hegerl, Martin Heimann, Bruce Hewitson, Brian Hoskins, Fortunat Joos, Jean Jouzel, Vladimir Kattsov, Ulrike Lohmann, Martin Manning, Taroh Matsuno, Mario Molina, Neville Nicholls, Jonathan Overpeck, Dahe Qin, Graciela Raga, Venkatachalam Ramaswamy, Jiawen Ren, Matilde Rusticucci, Susan Solomon, Richard Somerville, Thomas F. Stocker, Peter Stott, Ronald J. Stouffer, Penny Whetton, Richard A. Wood, David Wratt

Autori che hanno contribuito:

Julie Arblaster, Guy Brasseur, Jens Hesselbjerg Christensen, Kenneth Denman, David W. Fahey, Piers Forster, Eystein Jansen, Philip D. Jones, Reto Knutti, Hervé Le Treut, Peter Lemke, Gerald Meehl, Philip Mote, David Randall, Daíthí A. Stone, Kevin E. Trenberth, Jürgen Willebrand, Francis Zwiers

Important:

"As UN body the IPCC publishes reports only in the 6 UN official languages. This translation of the Summary for Policymakers of IPCC Report "Climate Change 2007 - The Physical Science Basis" is therefore not an official translation by the IPCC. It has been provided by the Italian Focal Point in the aim of reflecting in the most accurate way the language used in the IPCC original text."

INTRODUZIONE

Il contributo del Gruppo di Lavoro I al Quarto Rapporto di Valutazione dell'IPCC descrive i progressi raggiunti nella comprensione dell'apporto antropico e naturale al cambiamento climatico¹, dei cambiamenti climatici osservati, dei processi climatici e delle loro relazioni di causa-effetto (attribution), della valutazione (in proiezione) dei cambiamenti climatici futuri.

Il Rapporto è stato costruito basandosi sulle precedenti valutazioni fatte dall'IPCC e incorporando i nuovi risultati delle ricerche degli ultimi sei anni. I progressi scientifici fatti dopo il Terzo Rapporto di Valutazione (TAR), sono basati su un grande numero di dati più nuovi e più completi, analisi più sofisticate dei dati stessi, miglioramenti nella comprensione dei processi e la loro simulazione tramite modelli, e un'esplorazione più estesa dei gradi di incertezza.

I fondamenti per i paragrafi in grassetto di questa Sintesi per i Decisori politici possono essere trovate nelle sezioni dei capitoli indicate tra parentesi graffe.

CONTRIBUTI NATURALI E ANTROPICI AL CAMBIAMENTO CLIMATICO

I cambiamenti nell'atmosfera delle quantità di gas e aerosol a effetto serra, della radiazione solare e delle proprietà della superficie terrestre alterano il bilancio energetico del sistema climatico. Questi cambiamenti sono espressi in termini di forzante radiativo², che viene usato per valutare come i fattori antropici e naturali influenzino la tendenza al riscaldamento o al raffreddamento del clima globale.

Rispetto al Terzo Rapporto di Valutazione (TAR), nuove osservazioni e modelli che includono gas ad effetto serra, attività solare, proprietà della superficie terrestre e in parte l'effetto degli aerosol hanno portato a miglioramenti nella stima quantitativa del forzante radiativo.

Le concentrazioni globali in atmosfera del biossido di carbonio, del metano e dell'ossido di azoto sono notevolmente aumentate come risultato dell'attività umana dal 1750 e attualmente superano i valori pre-industriali, come dimostrato dall'analisi delle carote di ghiaccio che rappresentano molte migliaia di anni (vedi Figura SPM-1). L'incremento globale della concentrazione di biossido di carbonio è principalmente dovuto all'uso di combustibili fossili e ai cambiamenti nell'utilizzo dei suoli, mentre gli incrementi di metano e ossido di azoto sono principalmente dovuti all'agricoltura. {2.3, 6.4, 7.3}

- Il biossido di carbonio è il più importante gas ad effetto serra prodotto dell'attività umana (vedi Figura SPM-2). La concentrazione globale di biossido di carbonio è cresciuta da un valore pre-industriale di 280 ppm ad un valore di 379 ppm³ nel 2005. La concentrazione nell'atmosfera del biossido di carbonio nel 2005 supera notevolmente i valori massimi degli ultimi 650.000 anni (da 180 a 300 ppm) come determinato dall'analisi delle carote di ghiaccio. Il tasso annuo di crescita della concentrazione del biossido di carbonio negli ultimi dieci anni (media 1995 – 2005: 1.9 ppm per anno) è stato il più alto da quando sono iniziate le misure in continuo dell'atmosfera (media 1960-2005: 1,4 ppm per anno), nonostante ci sia una variabilità annua nel tasso di crescita.
- La fonte principale dell'incremento della concentrazione di biossido di carbonio nell'atmosfera a partire dal periodo pre-industriale è l'uso dei combustibili fossili e i cambiamenti dell'utilizzo dei terreni, anche se questi ultimi apportano un contributo minore ma pur sempre significativo. Le emissioni⁴ annue di biossido di carbonio sono cresciute da una media di 6.4 [da 6.0 a 6.8]⁵ GtC

¹ *Cambiamento Climatico*, per lo standard IPCC, si intende qualsiasi cambiamento del clima nel tempo, dovuto alla variabilità naturale o come risultato di attività umane. Questo significato differisce da quello usato nel Framework Convention on Climate Change, dove per cambiamento climatico si intende un cambiamento attribuito direttamente o indirettamente all'attività umana che alteri la composizione globale dell'atmosfera e che si aggiunga alla variabilità naturale osservata del clima per periodi di tempo comparabili.

² Il forzante radiativo è la misura dell'influenza che un fattore ha nell'alterare il bilancio di energia in entrate e in uscita nel sistema terra e atmosfera ed è un indice dell'importanza del fattore stesso come un potenziale meccanismo di cambiamento climatico. I forzanti positivi tendono a riscaldare la superficie mentre quelli negativi tengono a raffreddarla. In questo rapporto i valori dei forzanti radiativo sono relativi al 2005 rispetto alle condizioni pre-industriali stimate al 1750 e sono espressi in $W m^{-2}$. Vedi il Glossario e la Sezione 2.2 per ulteriori dettagli.

³ ppm (parti per milione) o ppb (parti per miliardo) è il rapporto fra il numero di molecole di gas ad effetto serra e il numero totale di molecole di aria secca. Per esempio: 300 ppm significa 300 molecole di gas a effetto per milione di molecole di aria secca.

⁴ Le emissioni di biossido di carbonio fossile includono tutte quelle provenienti dalla produzione, distribuzione e consumo di combustibile fossile e come risultato dalla produzione di cemento. Un' emissione di 1 GtC corrisponde a 3.67 GtCO₂.

⁵ In generale, il margine di incertezza sui risultati presentati in questa Sintesi per i Decisori politici, è del 90%, a meno che non venga dichiarato un differente valore, p.e., è stata stimata una probabilità del 5% che un valore possa essere sopra il range dato fra parentesi quadra e il 5% di probabilità che il

(23.5 [da 22.0 a 25.0] GtCO₂) per anno durante gli anni novanta, a 7.2 [da 6.9 a 7.5] GtC (26.4 [da 25.3 a 27.5] GtCO₂) per anno nel 2000–2005 (i dati del 2004 and 2005 sono stime temporanee). Le emissioni di biossido di carbonio, associate al il cambiamento dell'uso dei terreni, sono stimate in 1.6 [da 0.5 a 2.7] GtC (5.9 [da 1.8 a 9.9] GtCO₂) per anno dopo gli anni novanta, sebbene queste stime abbiamo un elevato grado di incertezza. {2.3, 7.3}

- La concentrazione globale del metano in atmosfera è cresciuta da un valore pre-industriale di circa 715 ppb a 1732 ppb nei primi anni novanta, ed ha raggiunto un valore di 1774 ppb nel 2005. La concentrazione atmosferica di metano del 2005 eccede abbondantemente il range naturale degli ultimi 650.000 anni (320 - 790 ppb) come determinato dall'analisi delle carote di ghiaccio. I tassi di crescita sono diminuiti a partire dai primi anni novanta, consistentemente con le emissioni totali (somma delle sorgenti antropogeniche e naturali) rimanendo quasi costanti durante questo periodo. E' molto probabile (*very likely*)⁶ che l'incremento osservato della concentrazione di metano sia dovuto alle attività antropogeniche, principalmente l'agricoltura e l'uso di combustibile fossile, ma contributi minori da differenti tipologie di sorgenti non sono ancor ben chiari. {2.3, 7.4}
- La concentrazione globale di protossido di azoto nell'atmosfera è cresciuta da un valore pre-industriale di circa 270 ppb a 319 ppb nel 2005. Il tasso di crescita è rimasto approssimativamente costante dal 1980. Più di un terzo di tutte le emissioni di ossido di azoto sono antropogeniche e principalmente dovute all'agricoltura. {2.3,7.4}

La comprensione dell'influenza antropogenica nel riscaldamento e nel raffreddamento è migliorata rispetto al Terzo Rapporto di Valutazione (TAR), portando con confidenza molto elevata (“*very high confidence*”)⁷ alla conclusione che l'effetto globale medio delle attività umane dal 1750 è stato una causa di riscaldamento, con un aumento del forzante radiativo di +1.6 [da +0.6 a +2.4] W m⁻². (vedi Figura SPM-2). {2.3. 6.5, 2.9}

- Il forzante radiativo combinato, dovuto all'aumento del biossido di carbonio, del metano e dell'ossido di azoto è di +2.30 W m⁻², e il suo tasso di crescita durante l'era industriale molto probabilmente non ha avuto precedenti da più di 10.000 anni. (vedi Figure SPM-1 and SPM-2). Il forzante radiativo, relativo al biossido di carbonio, è cresciuto del 20% dal 1995 al 2005, il maggior cambiamento di ogni decennio almeno negli ultimi 200 anni. {2.3, 6.4}
- Il contributo antropogenico agli aerosol (solfati, carbonio organico, nero fumo, nitrati e polveri) produce un effetto di raffreddamento, con un forzante radiativo totale diretto di -0.5 [da -0.9 a -0.1] W m⁻² e un forzante indiretto, dovuto all'effetto albedo delle nuvole, di -0.7 [da -1.8 a -0.3] W m⁻². Questi forzanti sono stati attualmente meglio compresi rispetto al TAR grazie ai miglioramenti nelle misurazioni in situ, da satellite e da terra e anche grazie ad una migliore comprensione dei modelli, ma rimangono ancora molte incertezze sui forzanti radiativi. Gli aerosol influenzano inoltre il tempo di vita delle nubi e le precipitazioni. {2.4, 2.9, 7.5}
- Contributi significativi, di tipo antropogenico, al forzante radiativo provengono anche da diverse altre sorgenti. I cambiamenti dell'ozono troposferico dovuto alle emissioni di composti chimici ozono-formanti (ossidi di azoto, monossido di carbonio e idrocarburi), contribuiscono per valori pari a +0.35 [da +0.25 a +0.65] W m⁻². Il forzante radiativo diretto prodotto dai cambiamenti nelle quantità di alocarburi⁸ è di +0.34 [da +0.31 a +0.37] W m⁻². I cambiamenti nell'albedo superficiale, causati dai cambiamenti della copertura del terreno e dai depositi di aerosol di nero fumo sulla neve, producono rispettivamente un forzante uguale a -0.2 [da -0.4 a 0.0] e +0.1 [da 0.0 a +0.2] W m⁻². Altri contributi minori di +/-0.1 W m⁻² sono mostrati nella Figura SPM-2. {2.3, 2.5, 7.2}
- I cambiamenti nell'irradianza solare dal 1750 sono considerati la causa di un forzante radiativo pari a +0.12 [da +0.06 a +0.30] W m⁻², che risulta essere meno della metà di quanto affermato nel TAR. {2.7}

valore sia sotto questo range. La migliore stima viene fornita ove possibile. Quantificare l'intervallo di incertezza non è sempre simmetrico rispetto alla miglior stima. Si noti che un numero di margine di incertezza nel TAR del Gruppo di Lavoro I corrispondeva a 2-sigma (95%), spesso usando il giudizio degli esperti (*expert judgement*).

⁶ In questa sintesi per i Decisori politici, i seguenti termini sono stati usati per indicare il grado di probabilità, usando un “*expert judgement*, di un evento o di un risultato: (Virtualmente certo) Virtually certain > 99% probabilità che avvenga, (Estremamente Probabile) Extremely likely > 95%, (Molto Probabile) Very likely > 90%, (Probabile) Likely > 66%, (Più probabile che non) More likely than not > 50%, (Improbabile) Unlikely < 33%, (Molto improbabile) Very unlikely < 10%, (Estremamente Improbabile) Extremely unlikely < 5%. (Vedi Box TS 1.1 per ulteriori dettagli).

⁷ In questa sintesi per i Decisori politici i seguenti livelli di confidenza sono stati usati per esprimere il giudizio degli esperti (“*expert judgment*”) sulla correttezza della affermazione seguente: (confidenza molto elevata) very high confidence almeno 9 su 10 possibilità di essere corretto; (elevata confidenza) high confidence circa 8 su 10 possibilità di essere corretto. (Vedi Box TS-1.1)

⁸ Il forzante radiativo da alocarburi è stato recentemente valutato nel dettaglio nel IPCC's Special Report on Safeguarding the Ozone Layer and the Global Climate System (2005).

OSSERVAZIONE DIRETTA DI CAMBIAMENTI CLIMATICI RECENTI

Dalla presentazione del TAR, sono state ottenuti notevoli progressi nella comprensione di come il clima cambi nello spazio e nel tempo, attraverso il miglioramento e l'incremento di numerosi dataset e analisi di dati, estendendo la copertura geografica, comprendendo più in dettaglio le incertezze, e avendo a disposizione una maggiore varietà di misurazioni. E' disponibile un numero sempre maggiore di osservazioni complete per i ghiacciai e la copertura nevosa a partire dagli anni sessanta, e per il livello del mare e la calotta glaciale relativamente allo scorso decennio. Tuttavia, la copertura dei dati rimane ancora limitata in alcune regioni.

Il riscaldamento del sistema climatico è inequivocabile, come è ora evidente dalle osservazioni dell'incremento delle temperature globali dell'aria e delle temperature degli oceani, dello scioglimento diffuso di neve e ghiaccio, e dell'innalzamento globale del livello del mare (Vedi Figura SPM-3). {3.2, 4.2, 5.5}

- Undici degli ultimi dodici anni (1995 -2006) sono stati indicati fra i più caldi mai registrati da quando si hanno misure globali della temperatura⁹ alla superficie (dal 1850). Il più recente trend lineare per 100 anni (1906-2005) è di 0,74 [da 0.56 a 0.92]°C quindi maggiore della corrispondente variazione disponibile per gli anni 1901-2000 riportato nel TAR pari a 0.6 [da 0.4 a 0.8]°C. Il trend di riscaldamento lineare per gli ultimi 50 anni (0.13 [da 0.10 a 0.16]°C per decennio) è quasi il doppio di quello per gli ultimi 100 anni. L'aumento totale della temperatura dal 1850 - 1899 al 2001 – 2005 è di 0.76 [da 0.57 a 0.95]°C. Gli effetti delle isole di calore urbane sono reali anche se a scala locale e hanno un' influenza trascurabile (meno dello 0.006°C per decennio sopra le terre e 0 sopra gli oceani). {3.2}
- Nuove analisi effettuate con palloni aerostatici e misure da satellite della bassa e media troposfera mostrano tassi di riscaldamento simili a quelli misurati per la temperatura della superficie e sono consistenti con le loro rispettive incertezze, correggendo una discrepanza notata nel TAR. {3.2, 3.4}
- La media del contenuto di vapore acqueo medio in atmosfera è aumentata almeno a partire dagli anni ottanta sia sulla terra ferma che sopra gli oceani così come nell'alta troposfera. L'incremento è generalmente correlato con la quantità di vapore acqueo extra che l'aria più calda può trattenere. {3.4}
- Le osservazioni fatte dal 1961 dimostrano che la temperatura media degli oceani globali è aumentata fino a profondità di almeno 3000m, e che l'oceano sta assorbendo più dell'80% del calore aggiunto al sistema climatico. Un tale riscaldamento provoca l'espansione dell'acqua marina contribuendo alla crescita del livello del mare. (Tabella SPM-0).{5.2, 5.5}

⁹ La media della temperature dell'aria alla superficie sopra la terra, e la superficie del mare.

Tabella SPM-0. Tassi di innalzamento del livello del mare osservati e contributi stimati di diverse cause. {5.5, Tabella 5.3}

Cause di innalzamento del livello del mare	Tasso di innalzamento del livello marino (m per secolo)	
	1961 – 2003	1993 – 2003
Espansione termica	0.042 ± 0.012	0.16 ± 0.05
Ghiaccio e calotte di ghiaccio	0.050 ± 0.018	0.077 ± 0.022
Calotte di ghiaccio in Groenlandia	0.05 ± 0.12	0.21 ± 0.07
Calotte di ghiaccio in Antartide	0.14 ± 0.41	0.21 ± 0.35
Somma dei contributi individuali all'innalzamento del livello del mare	0.11 ± 0.05	0.28 ± 0.07
Innalzamento totale osservato del livello del mare	0.18 ± 0.05 ^a	0.31 ± 0.07 ^a
Differenza (osservato meno la somma dei contributi climatici stimati)	0.07 ± 0.07	0.03 ± 0.10

Nota:

^a I dati antecedenti al 1993 provengono da mareografi e dopo il 1993 da dati di altimetria da satellite.

- I ghiacciai montani e la copertura nevosa sono mediamente diminuiti in entrambi gli emisferi. La vasta diminuzione dei ghiacciai e delle calotte di ghiaccio ha contribuito all'innalzamento del livello del mare (le calotte di ghiaccio non includono gli strati di ghiaccio della Groenlandia e dell'Antartide). (vedi Tabella SPM-0) {4.6, 4.7, 4.8, 5.5}
- I nuovi dati successivi al TAR mostrano ora come la perdita di quantità di ghiaccio in Groenlandia e in Antartide abbia molto probabilmente contribuito all'innalzamento del livello marino fra il 1993 e il 2003 (Tabella SPM-0). Il flusso di alcuni fiumi di ghiaccio in Groenlandia ed Antartide che trasportano ghiaccio dalle calotte glaciali verso il mare è aumentato. Il corrispondente aumento nella perdita di massa della calotta di ghiaccio ha spesso avuto come conseguenza l'assottigliamento, la riduzione o la perdita di banchisa di ghiaccio o il distacco di lingue glaciali galleggianti. Questa dinamica della riduzione del ghiaccio è sufficiente a spiegare la maggior parte delle perdite nette di massa in Antartide e approssimativamente la metà della perdita netta di massa in Groenlandia. La rimanente quantità di ghiaccio perso dalla Groenlandia può essere spiegata con la perdita dovuta allo scioglimento delle nevi che ha superato l'accumulo dovuto alle nevicate. {4.6, 4.8, 5.5}
- Il livello medio globale dei mari è cresciuto ad un tasso medio di 1.8 [da 1.3 a 2.3] mm per anno dal 1961 al 2003. Il tasso di crescita è stato più veloce durante il periodo 1993 - 2003, circa 3.1 [da 2.4 a 3.8] mm per anno. Non è chiaro se il più veloce tasso di crescita dal 1993 al 2003 corrisponda alla variabilità decennale o ad un incremento del trend a lungo termine. Esiste una "high confidence" che il tasso osservato dell'innalzamento del livello del mare sia cresciuto dal diciannovesimo al ventesimo secolo. La crescita totale per il XX secolo è stata stimata pari a 0.17 [da 0.12 a 0.22] m. {5.5}
- Per il 1993 - 2003, la somma dei contributi climatici è consistente, rimanendo entro i valori di incertezza, con l'innalzamento totale del livello del mare direttamente osservato (vedi Tabella SPM-0). Queste stime sono basate su migliori dati da satellite e su dati *in-situ* attualmente disponibili. Per il periodo 1961 - 2003, la stima della somma dei contributi climatici è minore dell'innalzamento del livello del mare osservato. Il TAR riportava una simile discrepanza nel periodo dal 1910 al 1990. {5.5}

Numerosi cambiamenti nel clima sono stati osservati alle scale continentali, regionali e di bacino oceanico. Questi includono cambiamenti nelle temperature e nei ghiacci nell'Artico, estesi cambiamenti nelle quantità di precipitazioni, nella salinità dell'oceano, nelle strutture dei venti e nelle tipologie di eventi estremi come siccità, precipitazioni eccezionali, ondate di calore e nell'intensità dei cicloni tropicali¹⁰. {3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6, 5.2}

¹⁰ I cicloni tropicali includono uragani e tifoni.

- La temperatura media dell'Artico è cresciuta quasi al doppio del tasso globale medio degli ultimi 100 anni. Le temperature artiche hanno una alta variabilità decennale, e un periodo di riscaldamento era stato registrato anche fra il 1925 e il 1945. {3.2}
- Fin dal 1978 i dati da satellite mostrano che l'estensione annuale media dei ghiacci artici si è ridotta del 2.7 [da 2.1 a 3.3]% per decennio, con un maggior decremento durante l'estate, del 7.4 [da 5.0 a 9.8]% per decennio. Questi valori sono in linea con quanto riportato nel TAR. {4.4}
- Nella zona artica, le temperature alla superficie dello strato di permafrost sono generalmente aumentate a partire dagli anni '80 (fino a 3°C). Dal 1900, l'area massima, stagionalmente coperta dal terreno ghiacciato, è diminuita di circa il 7% nell'emisfero Nord, con una diminuzione nel periodo primaverile pari al 15%. {4.7}
- Su molte grandi regioni sono stati osservati trend a lungo termine dal 1900 al 2005 delle quantità di precipitazioni.¹¹ Significativi incrementi nelle precipitazioni sono stati osservati nelle parti orientali del Nord e del Sud America, nell'Europa del Nord e in Asia settentrionale e centrale. Una diminuzione delle precipitazioni è stata osservata nel Sahel, nel Mediterraneo, nell'Africa Meridionale e in parte dell'Asia meridionale. Le precipitazioni hanno un alta variabilità spaziale e temporale, e i dati disponibili in alcune regioni sono limitati. I trend a lungo termine non sono stati osservati per altre grandi regioni sotto valutazione¹¹. {3.3, 3.9}
- La diminuzione di salinità negli oceani alle medie e alte latitudini insieme all'aumento della salinità negli oceani alle basse latitudini suggeriscono un cambiamento nella precipitazione e nell'evaporazione sopra gli oceani. {5.2}
- A partire dagli anni sessanta i venti occidentali alle medie latitudini si sono intensificati in entrambi gli emisferi. {3.5}
- Siccità più lunghe e di maggior intensità sono state osservate in aree sempre più estese a partire dagli anni settanta, particolarmente nelle zone tropicali e sub-tropicali. L'aumento di periodi secchi collegati alle alte temperature e alla diminuzione delle precipitazioni ha contribuito ai cambiamenti nelle siccità. I cambiamenti della temperatura alla superficie del mare, delle strutture dei venti e la diminuzione del manto nevoso e della copertura nevosa sono anch'essi collegati alle siccità. {3.3}
- La frequenza di eventi di abbondanti precipitazioni è aumentata sopra la maggior parte delle terre emerse, in linea con il riscaldamento e con l'osservazione di un aumento di vapore acqueo in atmosfera. {3.8, 3.9}
- Ampi cambiamenti delle temperature estreme sono stati osservati negli ultimi 50 anni. Giorni freddi, notti fredde e gelate sono diventati meno frequenti, mentre i giorni caldi, le notti calde e le ondate di calore sono diventate più frequenti (vedi Tabella SPM-1). {3.8}
- Ci sono osservazioni che mostrano, un aumento dell'attività dei cicloni tropicali forti nel Nord Atlantico a partire dal 1970, questa intensificazione è correlata con un aumento delle temperature marine tropicali. Ci sono inoltre indizi di aumentata attività dei cicloni tropicali intensi in altre regioni dove l'attenzione ai dati qualitativamente validi è maggiore. La variabilità multi-decennale e la relativa qualità delle misure dei cicloni tropicali, effettuate prima delle osservazioni da satellite del 1970, rendono più complicata la comprensione dei trend a lungo termine dell'attività dei cicloni tropicali. Non esiste un trend chiaro del numero di cicloni tropicali in un anno. {3.8}

Per alcune caratteristiche del clima non sono stati osservati cambiamenti. {3.2, 3.8, 4.4, 5.3}

- Il TAR riporta una diminuzione del range delle temperature diurne (DTR), ma i dati disponibili comprendevano solamente gli anni dal 1950 al 1993. Osservazioni aggiornate rivelano che il DTR non è variato dal 1979 al 2004 poiché sia le temperature diurne che notturne sono cresciute di circa lo stesso tasso. Questi trend sono molto variabili da una regione all'altra. {3.2}
- L'estensione del ghiaccio marino antartico continua a mostrare variabilità inter-annuale insieme a cambiamenti localizzati, ma non esistono trend medi statisticamente significativi. Questo è consistente con la mancanza di riscaldamento nelle temperature atmosferiche medie nella regione. {3.2, 4.4}
- Non ci sono prove sufficienti per determinare se esistono dei trend nella circolazione generale dell'oceano globale o per fenomeni su scale minori, come per i tornado, le grandinate, i fulmini e le tempeste di sabbia. {3.8, 5.3}

¹¹ Le regioni oggetto di valutazione sono quelle trattate nel Capitolo del TAR e nel Capitolo 11 di questo rapporto.

Tabella SPM-1. Trend recenti, valutazione dell'influenza umana sui trend, e proiezioni per eventi climatici estremi per i quali ci sia l'osservazione di un trend per il tardo XX secolo. {Tabelle 3.7, 3.8, 9.4, Sezioni 3.8, 5.5, 9.7, 11.2-11.9}

Fenomeno ^a e direzione del trend	Probabilità che il trend avvenga a fine del XX secolo (tipicamente dopo il 1960)	Probabilità di un contributo umano al trend ^b osservato	Probabilità di un trend futuro basato sulle proiezioni per il XI secolo usando gli scenari SRES
Giorni e notti più caldi e pochi freddi sopra la maggior parte delle terre emerse	<i>Molto probabile^c</i>	<i>Probabile^e</i>	<i>Virtualmente certo^e</i>
Giorni e notti più caldi con maggior frequenza sopra la maggior parte delle terre emerse	<i>Molto probabile^d</i>	<i>Probabile (notti)^e</i>	<i>Virtualmente certo^e</i>
Periodi caldi /ondate di calore La frequenza cresce sopra la maggior parte delle terre emerse	<i>Probabile</i>	<i>Più probabile che no^f</i>	<i>Molto probabile</i>
Eventi di intense precipitazioni. La frequenza (o proporzione della pioggia totale rispetto alla pioggia intensa) aumenta sopra la maggior parte delle terre emerse	<i>Probabile</i>	<i>Più probabile che no</i>	<i>Molto probabile</i>
Aumento delle aree interessate da siccità	<i>Probabile in molte regioni dagli anni settanta</i>	<i>Più probabile che no</i>	<i>Probabile</i>
Aumento dell'intensità dell'attività dei cicloni tropicali	<i>Probabile in molte regioni dagli anni settanta</i>	<i>Più probabile che no^f</i>	<i>Probabile</i>
Aumento dell'incidenza di eventi estremi di innalzamento del livello del mare (esclusi gli tsunami) ^g	<i>Probabile</i>	<i>Più probabile che no^{f,h}</i>	<i>Probabileⁱ</i>

Note:

(a) Vedi Tabella 3.6 per ulteriori dettagli riguardo le definizioni

(b) Vedi Tabella TS-4, Box TS-3.4 e Tabella 9.4

(c) Diminuzione della frequenza di giorni e notti fredde (il 10% più freddo)

(d) Aumento della frequenza di giorni e notti calde (il 10% più caldo)

(e) Riscaldamento in ogni anno dei giorni e delle notti più estremi

(f) La grandezza dei contributi antropogenici non è stata valutata. L'attribuzione per questi fenomeni è basata sul giudizio degli esperti ("expert judgment") piuttosto che su un formale studi di attribuzione.

(g) I massimi negli eventi di innalzamento del livello del mare dipendono dal livello medio del mare e dal sistema climatico regionale. Qui è definito come 1% dei valori orari del livello del mare osservato in una stazione per un dato periodo di riferimento più alti di tutti gli altri.

(h) I cambiamenti negli eventi estremi di acqua alta seguono strettamente i cambiamenti del livello marino medio. {5.5.2.6}. E' molto probabile che l'attività antropogenica contribuisca all'innalzamento del livello medio delle acque del mare. {9.5.2}

(i) In tutti gli scenari, la proiezione sul livello medio globale del mare al 2100 è più alto che nel periodo di riferimento (10.6). L'effetto dei cambiamenti nel sistema climatico regionale sui massimi del livello del mare non è stato valutato.

LA PROSPETTIVA PALEOCLIMATICA

Gli studi paleoclimatici usano degli indicatori sensibili ai cambiamenti climatici per cogliere i cambiamenti nel clima globale su scale di tempo che vanno da decine a milioni di anni. Questo tipo di misurazioni indirette (p.e. la larghezza degli anelli degli alberi) possono essere influenzate sia dalle temperature locali che da altri fattori come le precipitazioni, e spesso rappresentano una particolare stagione piuttosto che un lungo periodo di anni. Gli studi, effettuati dopo il TAR, hanno aumentato l'affidabilità di questo tipo di misure attraverso dati aggiuntivi che si sono rivelati coerenti pur venendo da diversi indicatori in diverse parti del mondo. In ogni caso, l'incertezza aumenta andando indietro nel tempo, a causa di una copertura spaziale limitata.

Le informazioni paleoclimatiche sono di supporto all'interpretazione che il riscaldamento dell'ultimo mezzo secolo sia inusuale almeno rispetto ai precedenti 1300 anni. L'ultima volta che le regioni polari furono significativamente più calde rispetto ad oggi per un lungo periodo (circa 125.000 anni fa), la riduzione di volume di ghiaccio polare aveva portato a un innalzamento del livello marino di 4-6 metri. {6.4, 6.6}

- La media delle temperature nell'emisfero Nord durante la seconda metà del XX secolo è stata *molto probabilmente* maggiore che durante ogni altro periodo di 50 anni degli ultimi 500 anni e *probabilmente* la più alta rispetto ai passati 1300 anni. Alcuni studi recenti indicano una maggiore variabilità nelle temperature dell'emisfero Nord rispetto a quella indicata nel TAR, in particolare trovando che periodi più freddi ci furono nel XII, XIV, XVII e nel XIX secolo. I periodi più caldi precedenti il XX secolo restano dentro l'intervallo di incertezza dato nel TAR. {6.6}
- La media globale del livello del mare nell'ultimo periodo interglaciale (circa 125.000 anni fa) era *probabilmente* di 4-6 m maggiore che durante il XX secolo, principalmente a causa del ritiro dei ghiacci polari. I dati provenienti dalle carote di ghiaccio indicano che la media delle temperature polari, a quel tempo, era tra i 3 e i 5°C più alta di quella attuale, a causa di alcune differenze nell'orbita della terra. La calotta di ghiaccio delle Groenlandia e i ghiacci presenti in Artico *probabilmente* contribuirono per non più di 4 m all'innalzamento del mare osservato. Altri contributi possono essere venuti dall'Antartide. {6.4}

COMPRENDERE E "ATTRIBUIRE" I CAMBIAMENTI CLIMATICI

Questa valutazione considera record più lunghi e più affidabili, un range di osservazioni più esteso e miglioramenti nelle simulazioni di molti aspetti del clima e della sua variabilità e si basa su studi effettuati dopo il TAR. Inoltre considera i risultati dei nuovi studi di "attribution", che hanno valutato se i cambiamenti climatici osservati siano quantitativamente consistenti con le risposte attese ai forzanti esterni e inconsistenti con spiegazioni alternative, plausibili dal punto di vista fisico.

La maggior parte degli aumenti nella media delle temperature globali dalla metà del XX secolo, è *molto probabilmente* dovuta all'aumento osservato della concentrazione di gas ad effetto serra causato dall'attività umana¹². Questo è un risultato nuovo rispetto alle conclusioni del TAR, per il quale "la maggior parte del riscaldamento osservato negli ultimi 50 anni è *probabilmente* dovuto all'aumento osservato della concentrazione di gas ad effetto serra". Ora evidenti influenze dell'attività umana si estendono anche ad altri aspetti del clima, includendo il riscaldamento degli oceani, l'aumento delle temperature media sui continenti, le temperature massime e le strutture dei venti. (Vedi Figura SPM-4 e Tabella SPM-1). {9.4, 9.5}

- E' *probabile* che il solo incremento di concentrazione dei gas ad effetto serra possa aver causato un riscaldamento maggiore di quello osservato a causa del fatto che l'attività vulcanica e gli aerosol antropogenici hanno compensato parte del riscaldamento che avrebbe dovuto essere in atto. {2.9, 7.5, 9.4}

¹² Le considerazioni sulle rimanenti incertezze sono basate sulle metodologie attuali.

- La diffusione geografica del riscaldamento osservato per l'atmosfera e gli oceani, insieme alla perdita di masse di ghiaccio, porta alla conclusione che è *estremamente improbabile* che il cambiamento climatico globale degli ultimi 50 anni possa essere spiegato senza forzanti esterni, ed è molto probabile che non sia causato solo da cause naturali conosciute. {4.8, 5.2, 9.4, 9.5, 9.7}
- Il riscaldamento del sistema climatico è stato individuato tramite i cambiamenti delle temperature alla superficie e in atmosfera, delle temperature delle prime centinaia di metri dell'oceano e tramite i contributi all'innalzamento del livello del mare. Studi di "attribution" hanno stabilito il contributo antropogenico a tutti questi cambiamenti. L'osservazione della strutture del riscaldamento della troposfera e del raffreddamento della stratosfera è *molto probabilmente* dovuto all'influenza combinata dell'aumento del gas ad effetto serra e della diminuzione dell'ozono nella stratosfera. {3.2, 3.4, 9.4, 9.5}
- E' *probabile* che sopra ogni continente, ad eccezione dell'Antartide, ci sia stato un significativo riscaldamento durante gli ultimi 50 anni dovuto all'attività umana (vedi Figura SPM-4). Le strutture osservate del riscaldamento, che includono un maggior riscaldamento sopra le terre emerse rispetto agli oceani, e la loro modificazione nel tempo, sono simulate solo attraverso modelli che includono il forzante antropogenico. La capacità dei modelli climatici accoppiati di simulare l'evoluzione delle temperature osservate su ognuno dei sei continenti fornisce prove più evidenti dell'influenza umana sul clima rispetto a quanto fornito nel TAR. {3.2, 9.4}
- Rimangono ancora alcune difficoltà nel simulare in modo affidabile e nell'attribuire i cambiamenti delle temperature osservate a scale più piccole. Su queste scale, la variabilità naturale del clima è relativamente maggiore rendendo così più difficile distinguere i cambiamenti presumibilmente dovuti ai forzanti esterni. Le incertezze sui forzanti locali e sui feedback rendono inoltre difficile la stima del contributo dell'aumento dei gas ad effetto serra nelle variazioni osservate delle temperature alla piccole scale spaziali. {8.3, 9.4}
- Il forzante antropogenico ha *probabilmente* contribuito al cambiamento delle strutture dei venti¹³, influenzando le traiettorie delle tempeste extra-tropicali e la struttura delle temperature in entrambi gli emisferi. Tuttavia, i cambiamenti osservati nella circolazione dell'emisfero settentrionale sono maggiori rispetto a quelli simulati utilizzando i forzanti del XX secolo. {3.5, 3.6, 9.5, 10.3}
- I massimi di temperatura dei giorni caldi e i minimi di temperatura dei giorni freddi sono *probabilmente* aumentati a causa del forzante antropogenico. E' *più probabile che no* che il forzante antropogenico abbia incrementato il rischio di ondate di calore. (vedi Tabella SPM-1). {9.4}

L'analisi dei modelli climatici vincolati dalle osservazioni permette, per la prima volta, una valutazione del probabile range di sensibilità del clima e fornisce maggiori certezze nella comprensione di come il sistema clima risponda al forzante radiativo. {6.6, 8.6, 9.6. Box 10.2}

- La sensibilità dell'equilibrio del clima è una misura della risposta del sistema clima ad un costante forzante radiativo. Non è una proiezione, ma è definita come il riscaldamento globale medio alla superficie che segue un raddoppiamento della concentrazione di biossido di carbonio. *Probabilmente* varia fra un intervallo di 2 a 4.5°C dove la stima migliore è di circa 3°C, ed è *molto improbabile* che sia minore di 1.5°C. Valori sostanzialmente più alti di 4.5°C non possono essere esclusi, ma la corrispondenza fra modelli e osservazioni non è così buona per tali valori. I cambiamenti del vapore acqueo rappresentano il maggior feedback che influisce sulla sensibilità del clima e ora sono stati meglio compresi rispetto al TAR. Relativamente ai feedback delle nuvole ci sono ancora notevoli gradi di incertezza. {8.6, 9.6, Box 10.2}
- E' *molto improbabile* che i cambiamenti climatici avvenuti almeno nei sette secoli precedenti al 1950 siano dovuti alla variabilità generata del sistema climatico stesso. Una significativa frazione della variabilità delle temperature inter-decennali ricostruite per l'emisfero Nord per questi secoli è molto probabilmente attribuibile alle eruzioni vulcaniche e alle variazioni dell'irradianza solare, è inoltre probabile che il forzante antropogenico abbia contribuito, in questi record, solo per il riscaldamento climatico presente nella prima parte del XX secolo. {2.7, 2.8, 6.6, 9.3}

¹³ In particolare, i Modi ad Anello dell'emisfero Nord e Sud e i relativi cambiamenti nell'Oscillazione del Nord Atlantico.

PROIEZIONI SUI FUTURI CAMBIAMENTI DEL CLIMA

Un notevole miglioramento, nella valutazione delle proiezioni dei cambiamenti climatici, rispetto al TAR, è il grande numero di simulazioni disponibili, proveniente da una ampia gamma di modelli. Presi insieme alle ulteriori informazioni provenienti dalle osservazioni, i modelli forniscono basi quantitative per la stima della probabilità di molti aspetti dei cambiamenti climatici futuri. Le simulazioni dei modelli coprono un intervallo di possibili scenari futuri, includendo le emissioni teoriche e le concentrazioni stimate. Queste simulazioni comprendono gli scenari di riferimento SRES^{14,15} per il periodo 2000–2100 ed esperimenti fatti con modelli che includono gas ad effetto serra e concentrazioni di aerosol mantenute costanti dopo l'anno 2000 o 2100.

Nei prossimi 20 anni, gli scenari di emissione SRES mostrano delle proiezioni di un riscaldamento di circa 0.2°C per decennio. Anche se le concentrazioni di tutti i gas ad effetto serra e di tutti gli aerosol fosse mantenuta costante allo stesso livello dell'anno 2000, sarebbe da attendersi un ulteriore incremento di circa 0.1°C per decennio. {10.3,10.7}

- Fin dal primo rapporto dell'IPCC del 1990, le valutazioni delle proiezioni suggerivano che le temperature medie globali stessero crescendo fra 0.15 e 0.3°C per decennio nel periodo 1990 - 2005. Ora ciò può essere messo a confronto con i valori osservati di circa 0.2°C per decennio, rafforzando la fiducia nelle proiezioni su breve periodo. {1.2, 3.2}
- Gli esperimenti tramite i modelli mostrano che, se anche tutte le cause dei forzanti radiativi fossero tenute costanti, ai livelli dei valori per l'anno 2000, sarebbe possibile un ulteriore trend di riscaldamento nei prossimi due decenni di circa 0.1°C per decennio, causato principalmente dalla lenta risposta degli oceani. Se le emissioni risultassero dentro il range degli scenari SRES ci si aspetterebbe un aumento del riscaldamento di circa il doppio (0.2° per decennio). La miglior stima delle proiezioni proveniente dai modelli indica che il riscaldamento medio decennale per il 2030 sopra ogni continente abitato è invariato per tutti i diversi scenari ed è *molto probabile* che sia di almeno due volte maggiore del suo corrispondente per la variabilità naturale stimato tramite modelli durante il XX secolo. {9.4, 10.3, 10.5, 11.2–11.7, Figura TS-29}

Continuare a immettere gas ad effetto serra al tasso attuale o superiore, causerebbe un ulteriore riscaldamento e provocherebbe molti cambiamenti nel sistema climatico globale durante il XXI secolo, questi cambiamenti potrebbero *molto probabilmente* essere molto maggiori rispetto a quelli osservati durante il XX secolo. {10.3}

- I passi avanti fatti nella modellistica dei cambiamenti climatici permettono ora di fare stime migliori e di valutare *probabilisticamente* gli intervalli di incertezza da associare alle proiezioni del riscaldamento nei vari scenari di emissione. In questo rapporto i risultati provenienti dai diversi scenari di emissione sono forniti esplicitamente in modo da evitare di perdere informazioni politicamente rilevanti. Le proiezioni del riscaldamento globale medio alla superficie per la fine del XXI secolo (2090–2099) relative agli anni 1980–1999 sono mostrate nella Tabella SPM-2. Questi risultati illustrano le differenze fra gli scenari di emissione SRES più alti e più bassi e le incertezze sulle proiezioni di riscaldamento associate a questi scenari. {10.5}
- In questa valutazione, vedi Tabella SPM-2, sono fornite le migliori stime e i range più probabili della media del riscaldamento dell'aria alla superficie per i sei scenari SRES di riferimento. Per esempio la migliore stima per lo scenario basso (B1) è di 1.8°C (l'intervallo di probabilità è fra 1.1°C e 2.9°C), e la stima migliore per lo scenario alto (A1FI) è di 4,0°C (l'intervallo di probabilità è fra 2.4°C e 6.4°C). Sebbene queste proiezioni siano generalmente consistenti con quanto citato nel TAR (da 1.4 a 5.8°C), non sono direttamente confrontabili (Vedi Figura A). Il rapporto AR4 è più avanzato poiché fornisce la migliore stima e una valutazione dell'intervallo di probabilità per ogni scenario di riferimento. La nuova valutazione degli intervalli di probabilità si basa oggi su un maggior numero di modelli climatici di crescente complessità e realismo, e su nuove informazioni relative ai feedback del ciclo del carbonio e vincoli sulla risposta del clima provenienti dalle osservazioni.

¹⁴ SRES si riferisce all'IPCC Special Report on Emission Scenarios (2000). La famiglia degli scenari e gli scenari di riferimento, che non includono ulteriori iniziative sul clima, sono sintetizzate in una box alla fine della Sintesi per i Decisori politici. Approssimativamente le concentrazioni equivalenti di CO₂ corrispondenti al forzante radiativo calcolato dovuto ai gas ad effetto serra antropogenici e agli aerosol nel 2100 (vedi pagina 823 del TAR) per gli scenari SRES B1, A1T, B2, A1B, A2 e A1FI di riferimento sono rispettivamente circa 600, 700, 800, 850, 1250 e 1550 ppm.

¹⁵ Gli scenari B1, A1B, e A2 sono stati oggetto di una comparazione multi-modelli e molti dei risultati delle comparazione sono valutati in questo rapporto.

- Il riscaldamento tende a ridurre l'assorbimento di biossido di carbonio atmosferico della terra e del mare, aumentando la frazione di emissioni antropogeniche che rimangono nell'atmosfera. Nel caso dello scenario A2, per esempio, il feedback del ciclo del carbonio sul clima aumenta il corrispondente riscaldamento globale medio per il 2100 di più di 1°C. Gli intervalli superiori valutati per le proiezioni di temperatura sono maggiori di quelli del TAR (vedi Tabella SPM-2); questo è dovuto al fatto che la più ampia tipologia e il maggior numero di modelli ora disponibili suggeriscono un feedback del ciclo del carbonio sul clima più marcato. {7.3, 10.5}

Tabella SPM-2. Proiezioni globali medie del riscaldamento alla superficie e dell'innalzamento del livello del mare per il XXI secolo per i differenti modelli. Le proiezioni del livello del mare non includono le incertezze nel feedback del ciclo del carbonio, poiché mancano delle basi scientifiche pubblicate in letteratura. {10.5, 10.6, Tabella 10.7}

Caso	Variazione di Temperatura (°C al 2090-2099 relative al 1980-1999) ^a		Innalzamento del Livello del Mare (m al 2090-2099 relative al 1980-1999)
	Miglior stima	Intervallo di probabilità	
Concentrazioni costanti per l'anno 2000 ^c	0.6	0.3 – 0.9	N/A
Scenario B1	1.8	1.1 – 2.9	0.18 - 0.38
Scenario A1T	2.4	1.4 – 3.8	0.20 - 0.45
Scenario B2	2.4	1.4 – 3.8	0.20 - 0.43
Scenario A1B	2.8	1.7 – 4.4	0.21 - 0.48
Scenario A2	3.4	2.0 – 5.4	0.23 - 0.51
Scenario A1FI	4.0	2.4 – 6.4	0.26 - 0.59

Note:

^a Queste stime provengono dalla valutazione di una gerarchia di modelli che comprendono un modello climatico base, parecchi modelli intermedi e un gran numero di modelli di circolazione generale Oceano-Atmosfera.

^c La composizione costante per l'anno 2000 proviene da modelli di circolazione generale Oceano-Atmosfera.

- Le proiezioni, basate sui modelli, relative all'innalzamento medio globale del livello del mare per la fine del XXI secolo (2090-2099) sono mostrate in Tabella SPM-2. Per ogni scenario il punto centrale dell'intervallo nella Tabella SPM-2 è dentro il 10% della media dei modelli del TAR per il periodo 2090-2099. L'intervallo è più stretto di quello del TAR a causa di migliori informazioni circa le incertezze nelle proiezioni dei contributi.¹⁶ {10.6}
- I modelli attuali non includono le incertezze del feedback fra clima e ciclo del carbonio come in parte gli effetti dei cambiamenti nel flusso delle calotte di ghiaccio, a causa della mancanza in letteratura di informazioni di base. Le proiezioni includono un contributo causato dall'aumento del flusso di ghiaccio dalla Groenlandia e dall'Antartide al tasso osservato fra il 1993 e il 2003, ma questi tassi di flusso potrebbero aumentare o diminuire in futuro. Per esempio, se questo contributo dovesse crescere linearmente con il cambiamento della temperatura media globale, gli intervalli superiori dell'innalzamento del livello del mare per gli scenari SRES, mostrati in tabella SPM-2, aumenterebbero da 0.1 m a 0.2 m. Non si possono escludere valori maggiori, ma la comprensione di questi effetti è troppo limitata per valutare la loro probabilità, o fornire una miglior stima o un limite massimo per l'innalzamento del livello del mare. {10.6}
- L'aumento della concentrazione di biossido di carbonio in atmosfera ha portato ad un aumento dell'acidificazione degli oceani. Le proiezioni, basate sugli scenari SRES, indicano una riduzione media del pH¹⁷ alla superficie degli oceani fra 0.14 e 0.35 unità per il XXI secolo, aggiungendosi ad una riduzione di 0.1 unità dovuta al periodo pre-industriale. {5.4, Box 7.3, 10.4}

C'è attualmente maggiore certezza sulla distribuzione futura (in proiezione) del riscaldamento e di altre caratteristiche a scala regionale, compresi i cambiamenti nella struttura dei venti, le precipitazioni e alcuni aspetti delle temperature estreme e del ghiaccio. {8.2, 8.3, 8.4, 8.5, 9.4, 9.5, 10.3, 11.1}

- Le proiezioni del riscaldamento nel XXI secolo mostrano schemi geografici, indipendenti dagli scenari, simili a quelli osservati per diversi decenni precedenti. Ci si aspetta che il riscaldamento sia maggiore sopra le terre alle più alte latitudini del nord, e minimo sopra l'oceano meridionale e

¹⁶ Le proiezioni del TAR erano state fatte per il 2100, mentre le proiezioni in questo rapporto sono state fatte per il 2090-2099. Il TAR avrebbe dovuto avere intervalli simili a quelli nella Tabella SPM-2 se avesse trattato le incertezze nella stessa maniera.

¹⁷ La diminuzione nel pH corrisponde ad un incremento dell'acidità di una soluzione. Si veda il Glossario per ulteriori dettagli.

- l'oceano del Nord Atlantico. (Vedi Figura SPM-5). {10.3}
- Le proiezioni indicano una diminuzione della copertura nevosa. Ci sarà un ampliamento nella profondità di disgelo nella maggior parte delle zone di permafrost. {10.3, 10.6}
- Il ghiaccio marino è previsto in riduzione in tutti gli scenari SRES, sia nelle zone artiche che antartiche. In alcune proiezioni, il ghiaccio marino artico sparirà quasi completamente durante la tarda estate a partire dalla fine del XXI secolo. {10.3}
- È *molto probabile* che eventi di massimi di caldo, ondate di calore e abbondanti precipitazioni continueranno con una frequenza maggiore. {10.3}
- Basandosi su un vasto numero di modelli, è probabile che i cicloni tropicali (tifone e uragani) si intensificheranno in futuro, con punte della velocità del vento in aumento e precipitazioni sempre più intense, associate ad un continuo incremento delle temperature alla superficie marine dei tropici. Si hanno meno certezze sulle proiezioni che riguardano la diminuzione globale del numero di cicloni tropicali. L'apparente aumento della proporzione di cicloni tropicali molto intensi a partire dal 1970 in alcune regioni è molto maggiore di quanto simulato con i modelli attuali per lo stesso periodo. {9.5, 10.3, 3.8}
- Le proiezioni mostrano come le traiettorie dei cicloni extra-tropicali si spostino verso nord, con un conseguente cambiamento delle strutture dei venti, delle precipitazioni e delle temperature, confermando uno schema generale del trend osservato durante l'ultimo mezzo secolo. {3.6, 10.3}
- Rispetto al TAR, c'è stato un miglioramento della comprensione delle proiezioni delle strutture di precipitazione. Aumenti nelle quantità di precipitazione sono molto probabili alle alte latitudini, mentre delle diminuzioni sono probabili nelle maggior parte delle regioni subtropicali (fino a circa il 20% per lo scenario A1B nel 2100, vedi Figura SPM-6), confermando gli schemi osservati dei trend recenti. {3.3, 8.3, 9.5, 10.3, 11.2 - 11.9}
- Basandosi sulle simulazioni delle correnti oceaniche, è *molto probabile* che la circolazione generale (MOC) dell'oceano Atlantico rallenterà durante il XXI secolo. La media del rallentamento calcolata con più modelli è del 25% per il 2100 (in un intervallo da 0 al 50%) , per lo scenario di emissione A1B. Però le proiezioni della temperatura oceaniche nella regione atlantica indicano un aumento dovuto al maggior riscaldamento associato con l'aumento dei gas serra. E' molto probabile che la MOC subirà un cambiamento molto forte durante il XXI secolo. Cambiamenti a lungo termine nella MOC non possono essere quantificati con sicurezza. {10.3, 10.7}

Anche se le concentrazioni di gas ad effetto serra si stabilizzassero, il riscaldamento antropogenico e l'innalzamento del livello del mare continuerebbero per centinaia di anni a causa delle scale di tempo associate ai processi climatici e ai feedback. {10.4, 10.5, 10.7}

- Mentre il sistema climatico si scalda, l'accoppiamento clima-ciclo del carbonio aggiungerà biossido di carbonio nell'atmosfera, ma la grandezza di questo effetto è ancora incerta. Ciò aumenta l'incertezza nella traiettoria delle emissioni di biossido di carbonio necessarie per raggiungere un livello particolare di stabilità nella concentrazione del biossido di carbonio atmosferico. Basandosi sull'attuale livello di comprensione del feedback del ciclo di carbonio sul clima, gli studi ottenuti tramite modelli suggeriscono che per stabilizzare il biossido di carbonio a 450 ppm, le emissioni totali per il XXI secolo dovrebbero essere ridotte da una media di circa 670 [da 630 a 710] GtC a circa 490 [375 - 600] GtC. Ugualmente, per avere un livello di stabilità di 1000 ppm, questo feedback potrebbe richiedere che le emissioni totali siano ridotte da una media di circa 1415 [da 1340 a 1490] GtC a circa 1100 [980 - 1250] GtC. {7.3, 10.4}
- Se il forzante radiativo fosse stabilizzato nel 2100 ai livelli B1 o A1B¹¹, ci sarebbe un ulteriore incremento della temperatura media globale di circa 0.5°C, principalmente dal 2200. {10.7}
- Se il forzante radiativo fosse stabilizzato nel 2100 al livello A1B¹¹, l'espansione termica da sola potrebbe portare ad un innalzamento del livello del mare di 0.3 - 0.8 m dal 2300 (relativamente al periodo 1980–1999). L'espansione termica continuerebbe per molti secoli, a causa del tempo richiesto per trasportare il calore nelle profondità degli oceani. {10.7}
- La riduzione della calotte di ghiaccio della Groenlandia continuerà e contribuirà alla crescita del livello dal mare dopo il 2100. I modelli attuali suggeriscono che le perdite di masse di ghiaccio aumentano con la temperatura più rapidamente di quanto le masse di ghiaccio guadagnano dalle precipitazioni e che il bilancio di massa alla superficie diventa negativo nel caso di un riscaldamento medio globale superiore da 1.9 a 4.6°C (relativamente ai valori pre-industriali). Se un bilancio di massa negativo alla superficie fosse mantenuto per millenni, questo porterebbe virtualmente alla completa eliminazione delle calotte di ghiaccio delle Groenlandia e come risultato si avrebbe un aumento del livello del mare di circa 7 m. Le corrispondenti temperature future in Groenlandia sono comparabili con quelle ipotizzate per l'ultimo periodo interglaciale, 125.000 anni fa, quando, secondo dati paleoclimatici, ci fu una riduzione dell'estensione dei ghiacci polari e un innalzamento del livello dal mare di 4-6 m. {6.4, 10.7}

- La dinamica dei processi relativa ai flussi di ghiaccio non è stata ancora inserita nei modelli, ma recenti osservazioni suggeriscono che potrebbe aumentare la vulnerabilità delle calotte di ghiaccio al riscaldamento, facendo anche aumentare l'innalzamento del livello del mare. La comprensione di questi processi è limitata e non c'è accordo sulla loro portata. {4.6, 10.7}
- Gli studi dei modelli sulle correnti globali affermano che le calotte di ghiaccio antartiche rimarranno troppo fredde per permettere un ampio scioglimento superficiale e aumenteranno la loro massa a causa di un incremento nelle nevicate. Comunque, c'è la possibilità di avere una perdita di massa netta se meccanismi di scarico dinamico cominciano a dominare il bilancio di massa delle calotte. {10.7}
- I contributi passati e futuri delle emissioni di biossido di carbonio antropogenico continueranno a riscaldare e a far salire il livello del mare per almeno un millennio, a causa delle scale temporali che sono richieste per rimuovere i gas dall'atmosfera. {7.3, 10.3}

Gli Scenari di Emissione dell'IPCC Special Report on Emission Scenarios (SRES)¹⁸

A1. La famiglia di scenari A1 descrive un futuro con una crescita economica molto rapida, la popolazione globale avrà un massimo a metà secolo per poi declinare, e vedrà una rapida introduzione di nuove e più efficienti tecnologie. I temi dominanti sono le convergenze regionali, il *capacity building* e l'aumento delle interazioni culturali e sociali, con una sostanziale diminuzione delle differenze regionali di reddito pro-capite. La famiglia di scenari A1 si sviluppa in tre gruppi che descrivono direzioni alternative nei cambiamenti tecnologici del sistema energetico.

I tre gruppi si distinguono dalla loro enfasi tecnologica: fossile intensivo (**A1FI**), risorse di energia non fossile (**A1T**) o un bilancio di tutte le risorse (**A1B**) (dove bilancio è definito come la non eccessiva dipendenza da un solo tipo di risorsa energetica, presumendo che un simile tasso di miglioramento sia applicabile a tutte le scorte energetiche e alle tecnologie finali).

A2. La famiglia di scenari A2 descrive un mondo molto eterogeneo. Il tema dominante è l'auto-sufficienza e la preservazione delle identità locali. La natalità fra le regioni converge molto lentamente, e di conseguenza si ha un continuo aumento di popolazione. Lo sviluppo economico è essenzialmente orientato su base regionale e la crescita economica pro capite e i cambiamenti tecnologici sono molto frammentati e più lenti rispetto alle altre narrative.

B1. La famiglia di scenari B1 descrive un mondo convergente con la stessa popolazione globale, che, come per la trama A1, avrà un massimo a metà secolo per poi declinare, ma con un rapido cambio nella struttura economica verso un'economia di informazione e servizi, con una riduzione dell'intensità dei materiali e l'introduzione di tecnologie per le risorse efficienti e pulite. Viene data molta importanza alle soluzioni globali per l'economia, alla sostenibilità sociale ed ambientale, includendo un miglioramento dell'equità, ma senza ulteriori iniziative climatiche.

B2. La famiglia di scenari B2 descrive un mondo in cui l'enfasi è sulle soluzioni locali per la sostenibilità economica, sociale e ambientale. E' un mondo in cui la popolazione globale cresce continuamente, con un tasso minore dell'A2, dove lo sviluppo economico ha livelli intermedi e i cambiamenti tecnologici sono meno rapidi e più diversificati rispetto alle trame di B1 e A1. Si focalizza sui livelli locali e regionali, anche se lo scenario è orientato verso la protezione ambientale e l'equità sociale.

Per ognuno dei sei gruppi di scenari **A1B, A1FI, A1T, A2, B1 e B2** è stato scelto uno scenario illustrativo. Tutti dovrebbero essere considerati allo stesso livello.

Gli scenari SRES non includono ulteriori iniziative climatiche, il che significa che nessuno scenario include gli effetti dell'implementazione della Convenzione Quadro delle Nazioni Unite per i Cambiamenti Climatici o degli obiettivi di emissione del Protocollo di Kyoto.

¹⁸ Gli scenari di emissione non sono compresi in questo Rapporto del Gruppo di Lavoro I dell'IPCC. Questa box riassume gli scenari SRES presi dal TAR e soggetti ad una approvazione, linea per linea da parte del Panel.

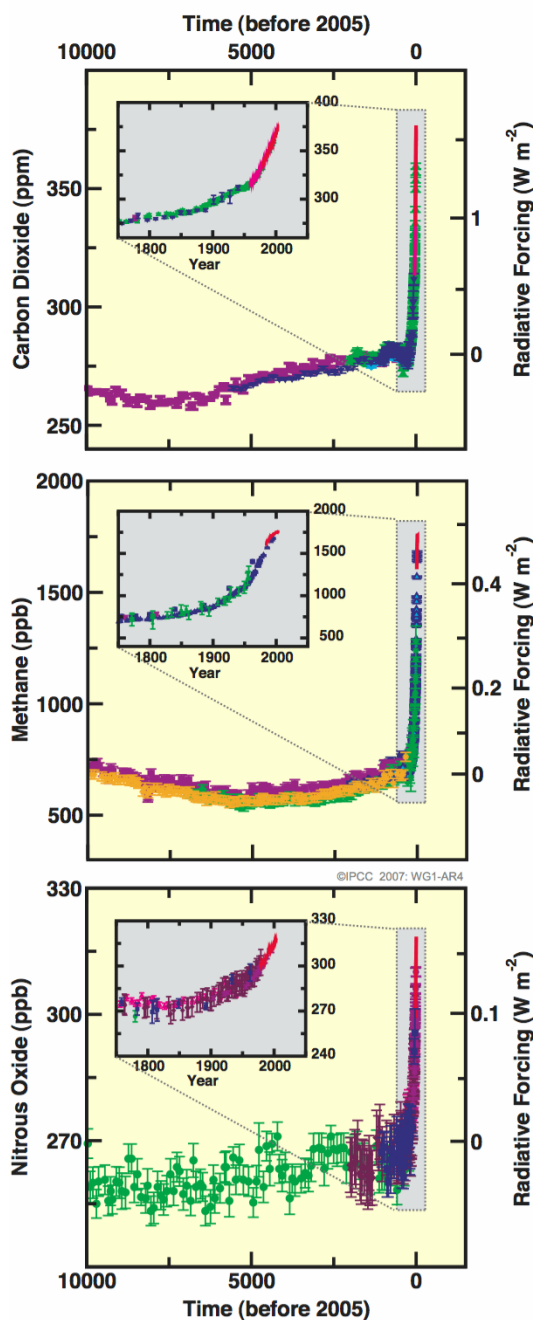
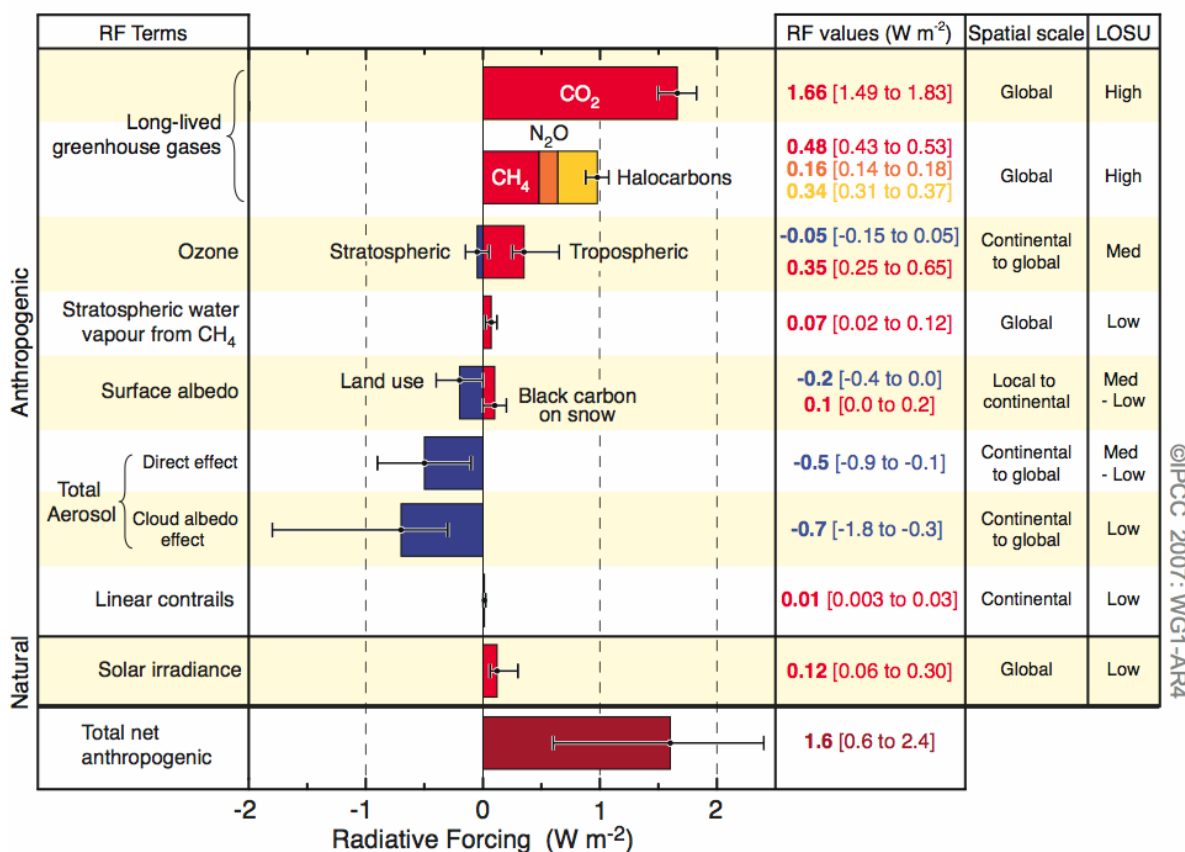
Changes in Greenhouse Gases
from ice-Core and Modern Data

FIGURA SPM-1. Concentrazioni in atmosfera del biossido di carbonio, metano e protossido di azoto degli ultimi 10,000 anni (pannelli grandi) e dal 1750 (pannelli piccoli). Le misure provengono da carote di ghiaccio (simboli con colori differenti per studi diversi) e campioni atmosferici (linee rosse). I corrispondenti forzanti radiativi sono mostrati sull'asse destro dei pannelli grandi. {Figura 6.4}

Radiative Forcing Components



©IPCC 2007: WG1-AR4

FIGURA SPM-2. Stime e intervalli della media globale del flusso radiativo (RF) nel 2005 per il biossido di carbonio antropogenico, (CO₂), il metano (CH₄), protossido di azoto e altri importanti agenti e meccanismi, insieme con la tipica estensione geografica (scala spaziale) del forzante ed il livello di comprensione scientifica valutato (LOSU). Sono inoltre mostrati il forzante radiativo antropogenico netto ed il suo intervallo.

Questi richiedono la stima asimmetrica della somme delle intercettanze. Fattori addizionali di forzante non sono considerati avendo un LOSU molto basso. Gli aerosol dei vulcani contribuiscono al forzante naturale ma non sono inclusi in questa figura a causa della loro natura episodica. Gli intervalli della condensazione del vapore acqueo causata dagli aerei non includono altri possibili effetti dovuti all'aviazione civile. {2.9, Figure 2.20}

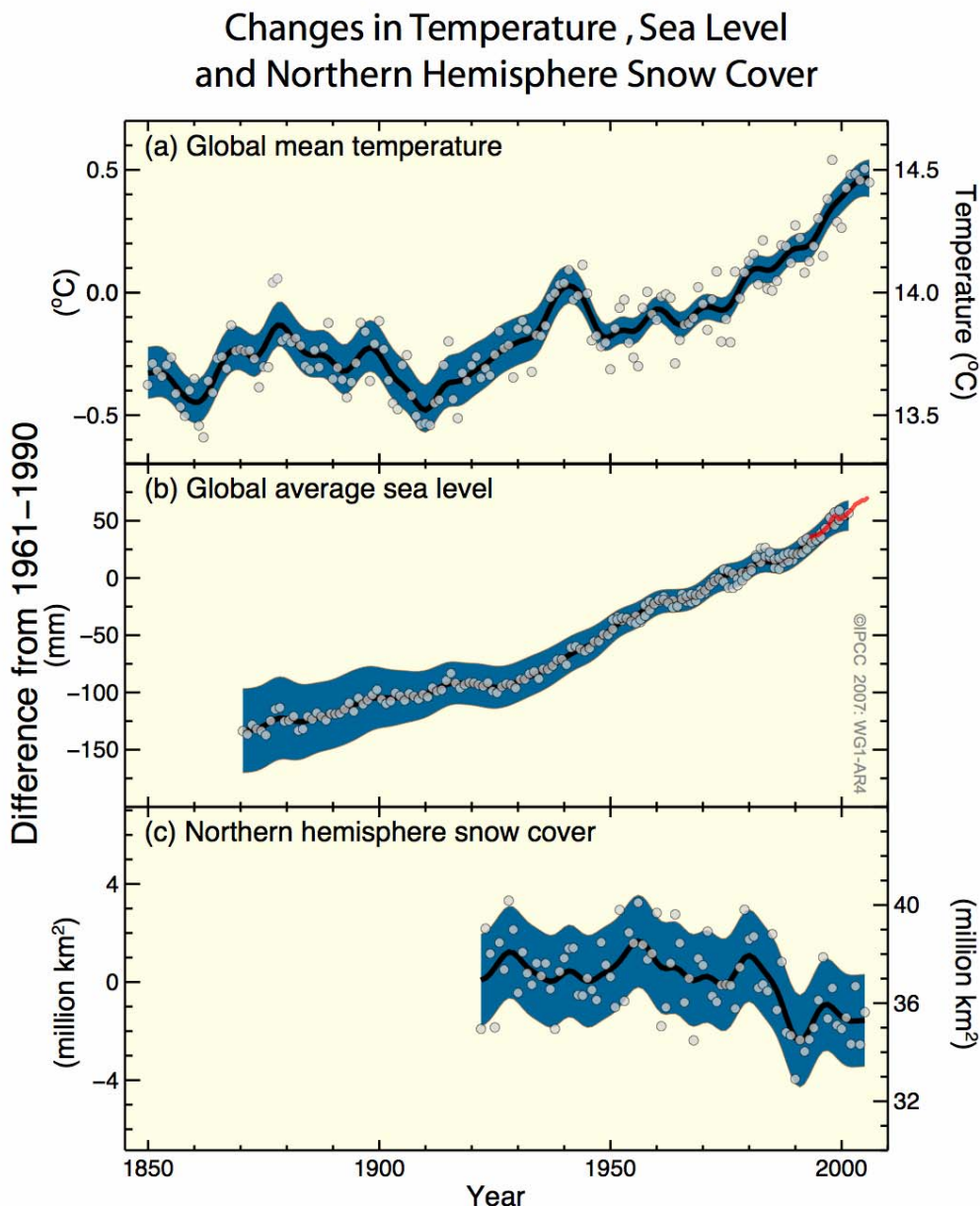


FIGURA SPM-3. Cambiamenti osservati in a) temperatura globale media alla superficie; (b) innalzamento globale medio del livello dal mare da mareografi (blu) e da dati da satellite (blu) e (c) copertura nevosa per l'emisfero Nord fra Marzo e Aprile. Tutti i cambiamenti sono relativi alle corrispondenti medie per il periodo 1961-1990. Le curve rappresentano i valori medi decennali mentre i cerchi bianchi sono i valori annuali. L'area ombreggiata è l'intervallo di incertezza ricavata da un'analisi dettagliata delle incertezze conosciute (a e b) e dalle serie temporali (c). {FAQ 3.1, Figura 1, Figura 4.2 and Figura 5.13}

Global and Continental Temperature Change

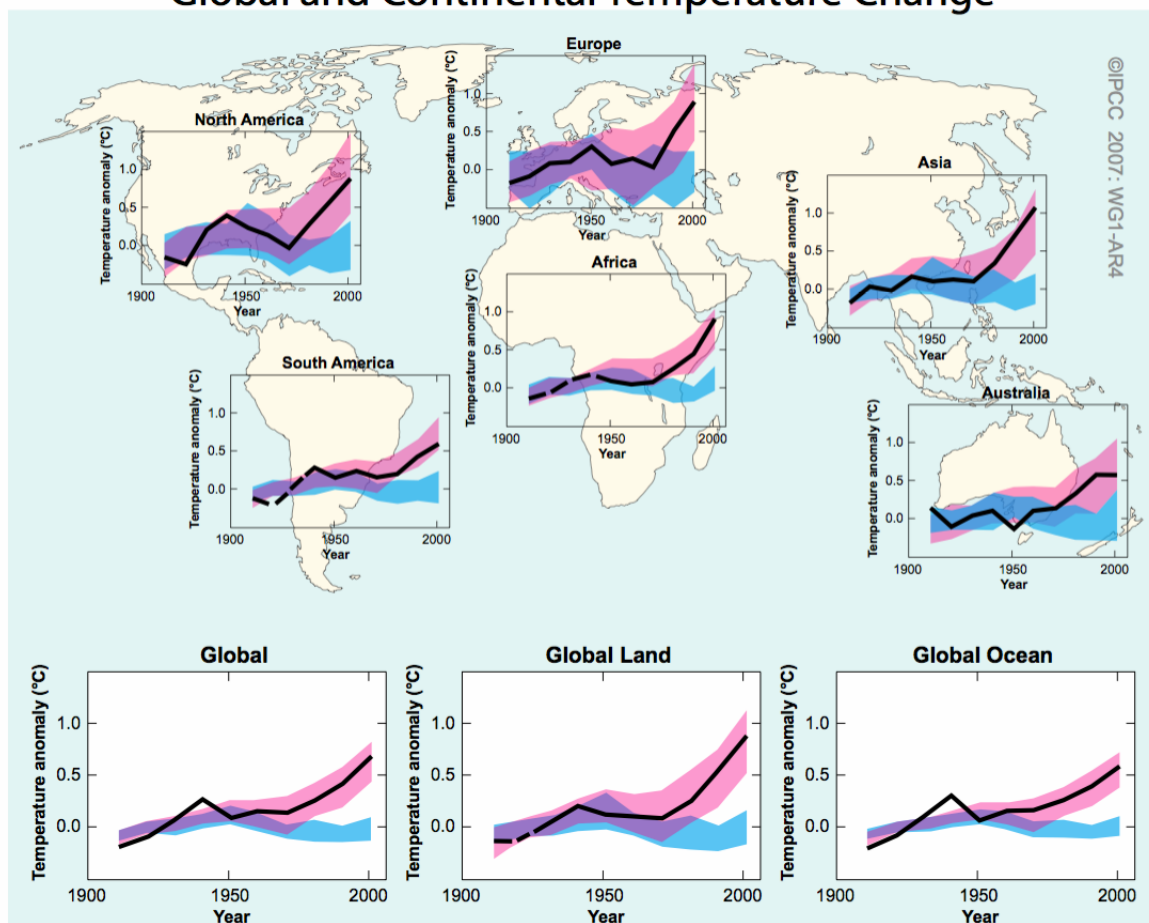


FIGURA SPM-4. Il confronto fra i cambiamenti della temperatura alla superficie osservati su scale continentale e globale risultanti dalle simulazioni effettuate con i modelli climatici usando forzanti naturali e antropogenici. Le medie decennali delle osservazioni sono mostrate per il periodo 1906–2005 (linea nera), si riferiscono al centro del decennio e sono relative alla corrispondente media per il 1901–1950. Le linee sono tratteggiate dove la copertura spaziale è minore del 50%. La colorazione blu mostra l'intervallo dal 5 al 95% per 19 simulazioni di 5 modelli climatici usando solo i forzanti naturali dovuti all'attività solare e ai vulcani. La colorazione rossa mostra l'intervallo dal 5 al 95% per 58 simulazioni di 14 modelli climatici usando forzanti sia naturali che antropogenico. {FAQ 9.2, Figura 1}

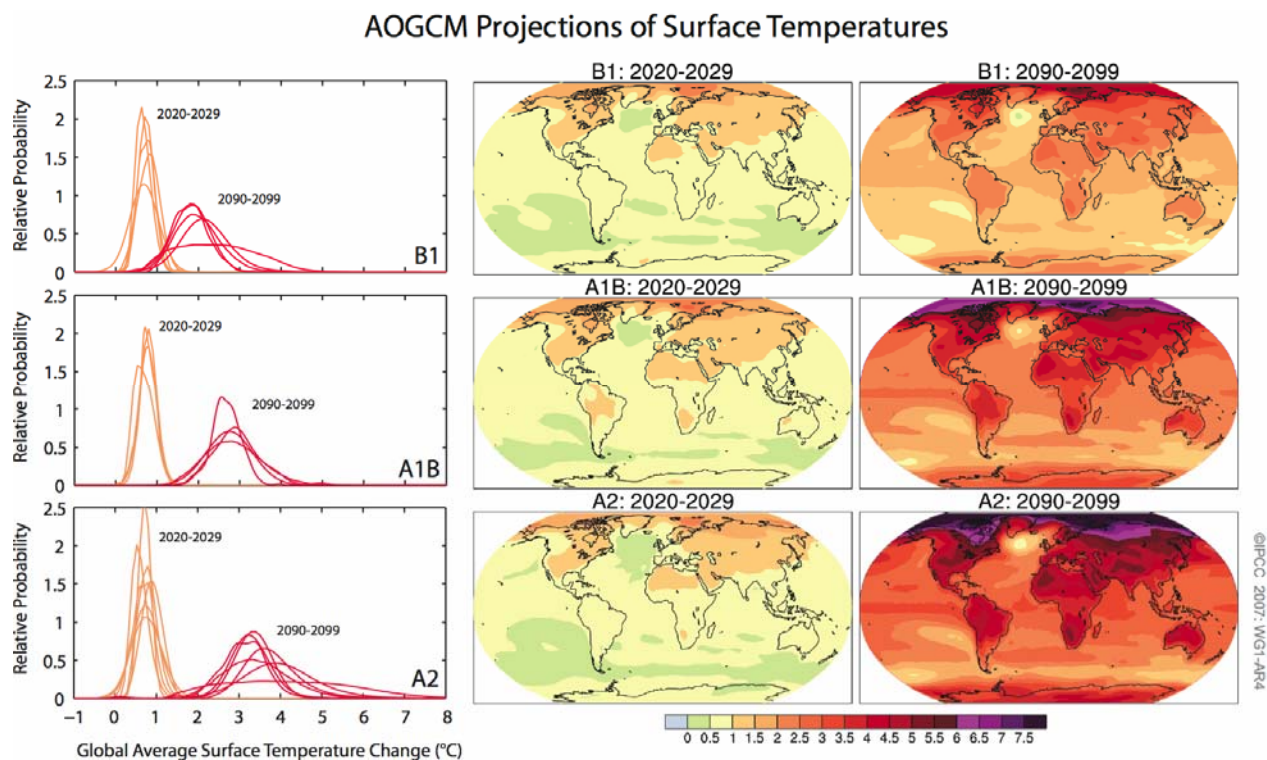


FIGURA SPM-5. Proiezioni dei cambiamenti delle temperature alla superficie per l'inizio e la fine del XXI secolo relative al periodo 1980-1999. I pannelli centrali e quelli di destra mostrano le proiezioni provenienti dalla media di più modelli di circolazione generale Oceano-Atmosfera per i diversi scenari SRES B1 (in alto), A1B (al centro) e A2 (in basso) mediati su un periodo di dieci anni dal 2020 al 2029 (centro) e dal 1090 al 2099 (destra). I pannelli di sinistra mostrano le corrispondenti incertezze come le probabilità relative di un riscaldamento medio globale stimato da diversi modelli di circolazione generale Oceano-Atmosfera e modelli intermedi per lo stesso periodo. Alcuni studi forniscono risultati solo per un sottoinsieme degli scenari SRES, o per varie versioni dei modelli. Perciò la differenza nel numero di curve, mostrata nel pannello di sinistra, è dovuta solamente ai diversi risultati disponibili. {Figura 10.8 and 10.28}

Projected Patterns of Precipitation Changes

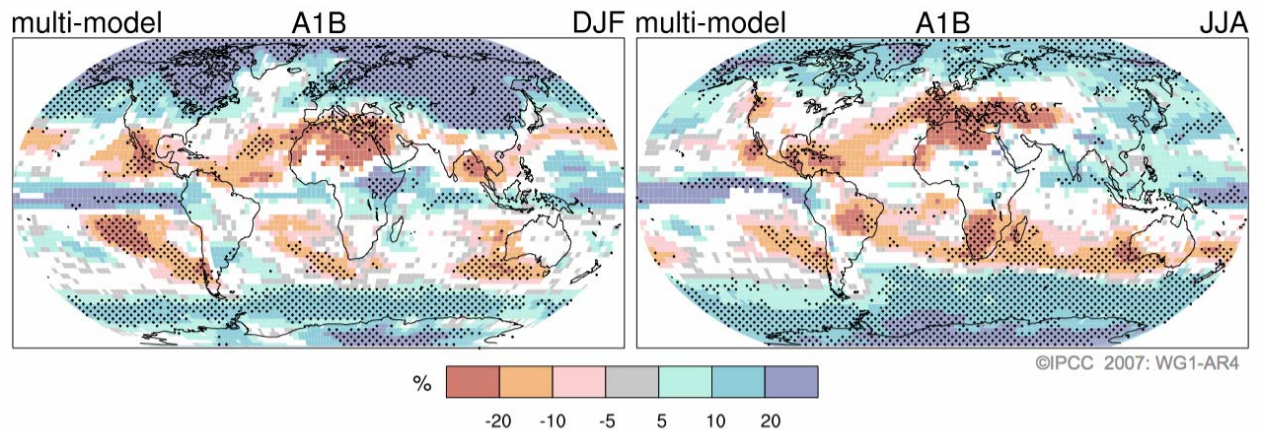


FIGURA SPM-6. Cambiamenti nelle precipitazioni (in percentuale) per il periodo 2090-2099, relativi al periodo 1980-1999. I valori sono la media di più modelli basati sullo scenario SRES A1B da Dicembre a Febbraio (sinistra) e da Giugno ad Agosto (destra). Le aree bianche indicano dove meno del 66% dei modelli concordano nel segno del cambiamento, le aree tratteggiate indicano dove più del 90% dei modelli concordano sul segno del cambiamento. {Figura 10.9}

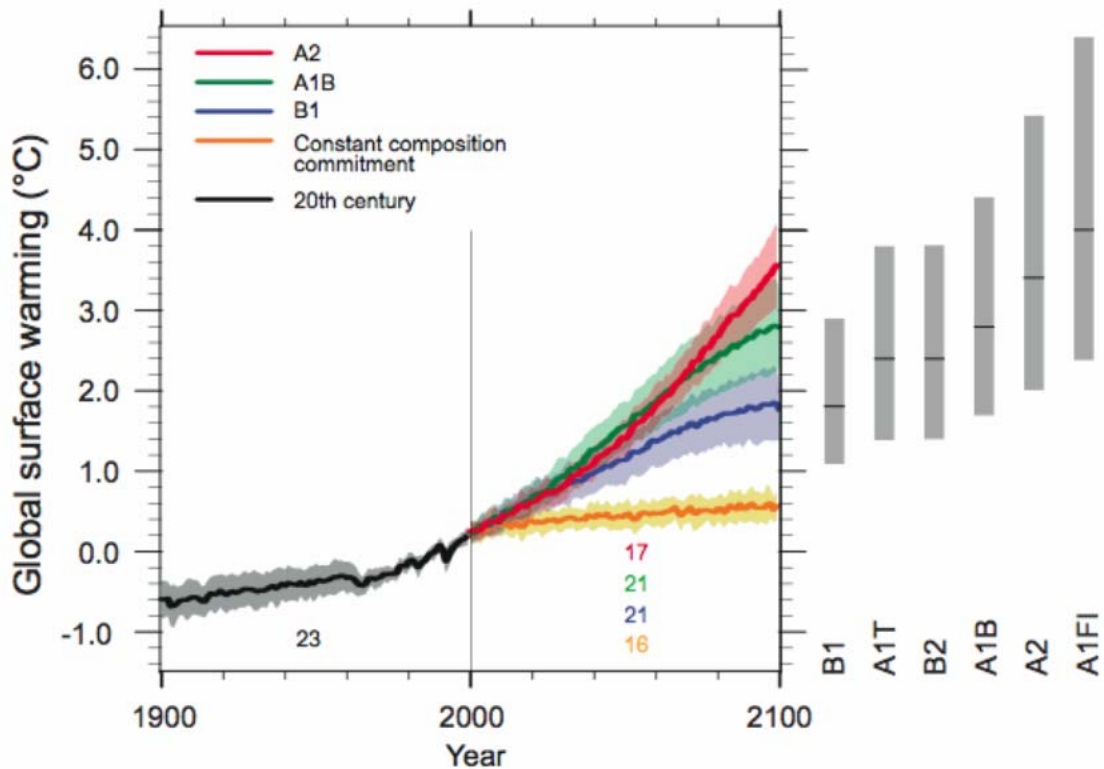


Figure SPM-7. Le linee spesse sono le medie globali di più modelli del riscaldamento delle superficie (rispetto al periodo 1980-1999) per gli scenari A2, A1B e B1, mostrati come la continuazione delle simulazioni del XX secolo. Le aree ombreggiate indicano l'intervallo di più o meno una deviazione standard delle medie annuali di ogni modello. Il numero della simulazione dei modelli di circolazione generale Oceano-Atmosfera per un preciso periodo di tempo è indicato dal numero colorato nella parte bassa del pannello. La linea arancione indica l'esperimento dove le concentrazioni sono mantenute costanti ai valori dell'anno 2000. Le barre grigie a destra indicano la miglior stima (linea solida all'interno di ciascuna barra) e l'intervallo di probabilità valutato per i sei scenari di riferimento SRES. La valutazione della stima migliore e l'intervallo di probabilità nelle barre grigie includono sia i modelli di circolazione generale Oceano-Atmosfera della parte sinistra della figura, sia il risultato proveniente da una gerarchia di modelli indipendenti e vincoli osservativi. (Fig. 10.4 e 10.29)