

WKG III SPM: Sommaro per i Policymaker

Traduzione a cura di Toni Federico, Andrea Barbabella, Stefania Grillo,
e Flavia Li Chiavi (RES4MED)

rev. 15 giugno 2014

Titolo:	Sommaro per i Policymaker
Autori del testo	Ottmar Edenhofer (Germany), Ramón Pichs-Madruga (Cuba), Youba Sokona (Mali), Shardul Agrawala (France), Igor Alexeyevich Bashmakov (Russia), Gabriel Blanco (Argentina), John Broome (UK), Thomas Bruckner (Germany), Steffen Brunner (Germany), Mercedes Bustamante (Brazil), Leon Clarke (USA), Felix Creutzig (Germany), Shobhakar Dhakal (Nepal/Thailand), Navroz K. Dubash (India), Patrick Eickemeier (Germany), Ellie Farahani (Canada/Iran), Manfred Fischedick (Germany), Marc Fleurbaey (France), Reyer Gerlagh (Netherlands), Luis Gómez-Echeverri (Colombia/Austria), Shreekanth Gupta (India), Sujata Gupta (India/Philippines), Jochen Harnisch (Germany), Kejun Jiang (China), Susanne Kadner (Germany), Sivan Kartha (USA), Stephan Klasen (Germany), Charles Kolstad (USA), Volker Krey (Austria/Germany), Howard Kunreuther (USA), Oswaldo Lucon (Brazil), Omar Masera (México), Jan Minx (Germany), Yacob Mulugetta (UK/Ethiopia), Anthony Patt (USA), Nijavalli H. Ravindranath (India), Keywan Riahi (Austria), Joyashree Roy (India), Roberto Schaeffer (Brazil), Steffen Schlömer (Germany), Karen Seto (USA), Kristin Seyboth (USA), Ralph Sims (New Zealand), Jim Skea (UK), Pete Smith (UK), Eswaran Somanathan (India), Robert Stavins (USA), Christoph von Stechow (Germany), Thomas Sterner (Sweden), Taishi Sugiyama (Japan), Sangwon Suh (Republic of Korea/USA), Kevin Chika Urama (Nigeria/UK), Diana Ürge-Vorsatz (Hungary), David Victor (USA), Dadi Zhou (China), Ji Zou (China), Timm Zwickel (Germany)
Contributi	Giovanni Baiocchi (UK/Italy), Helena Chum (USA/Brazil), Jan Fuglestedt (Norway), Helmut Haberl (Austria), Edgar Hertwich (Norway/Austria), Elmar Kriegler (Germany), Joeri Rogelj (Switzerland/Belgium), H.-Holger Rogner (Austria/Germany), Michiel Schaeffer (Netherlands), Steve Smith (USA), Detlef van Vuuren (Netherlands), Ryan Wiser (USA)

Sommaro

SPM.1	Introduzione	3
SPM.2	Approcci alla mitigazione del cambiamento climatico	3
SPM.3	Trend negli stock e nei flussi dei gas serra e dei relativi determinanti	5
SPM.4	Percorsi e misure di mitigazione nel contesto dello sviluppo sostenibile	8
SPM.4.1	Percorsi di mitigazione a lungo termine	8
SPM.4.2	Strategie e misure di mitigazione settoriali ed intersettoriali	18
SPM.4.2.1	Strategie e misure di mitigazione intersettoriali.....	18
SPM.4.2.2	Fornitura di energia.....	21
SPM.4.2.3	Usi finali dell'energia.....	22
SPM.4.2.4	Agricoltura, Foreste ed Altri Usi del Territorio (AFOLU)	25
SPM.4.2.5	Insedimenti Umani, infrastrutture e pianificazione territoriale	26
SPM.5	Politiche ed assetti istituzionali per la mitigazione.....	27
SPM.5.1	Politiche nazionali e settoriali	27
SPM.5.2	Cooperazione internazionale	31

SPM.1 Introduzione

Il contributo del III Gruppo di lavoro al Quinto Rapporto di Valutazione dell'IPCC (AR5) valuta gli studi di letteratura sugli aspetti scientifici, tecnologici, ambientali, economici e sociali di mitigazione del cambiamento climatico. Esso si basa sul contributo del III Gruppo di Lavoro al Quarto Rapporto di valutazione dell'IPCC (AR4), sulla Relazione speciale sulle fonti energetiche rinnovabili e sulla mitigazione dei cambiamenti climatici (SRREN) e le relazioni precedenti, e incorpora le successive nuove scoperte e ricerche. La relazione valuta anche le opzioni di mitigazione a diversi livelli di *governance* e in diversi settori economici e le implicazioni sociali delle diverse politiche di mitigazione, ma non prescrive alcuna opzione particolare.

Questo Riepilogo per i Decisori Politici (SPM) segue la struttura del Rapporto del III Gruppo di lavoro. La narrazione è sostenuta da una serie di **conclusioni evidenziate** che, nel loro insieme, forniscono una sintesi concisa. La base per il SPM può essere trovata nelle sezioni dei capitoli del Rapporto generale e nel Sommario Tecnico (TS). I riferimenti a queste fonti sono indicati tra parentesi quadre.

Il grado di certezza dei risultati di questa valutazione, come nelle relazioni di tutti e tre i gruppi di lavoro, si basa su valutazioni di conoscenze scientifiche di base dei *team* degli esperti e si esprime come un livello qualitativo di confidenza (*da molto basso a molto elevato*) e, quando possibile, probabilisticamente con un rischio quantificato (*da straordinariamente improbabile a praticamente certo*). La confidenza nella validità di una conclusione si basa sul tipo, la quantità, la qualità e la coerenza delle prove (ad esempio dati, comprensione fisica, la teoria, i modelli, il giudizio esperto) e il grado di condivisione¹.

Le stime probabilistiche delle misure quantificate di incertezza in un fenomeno sono basate sull'analisi statistica di osservazioni o sui risultati dei modelli, o su entrambi, e su giudizi esperti². Se del caso, i risultati sono formulati come affermazioni di fatto senza utilizzare quantificatori di incertezza. All'interno dei paragrafi di questa sintesi, la confidenza, le prove e i gradi di condivisione proposti per una delle affermazioni in grassetto si applica alle dichiarazioni successive nello stesso comma, a meno che non siano date indicazioni diverse.

SPM.2 Approcci alla mitigazione del cambiamento climatico

La mitigazione è un intervento umano per ridurre le sorgenti o migliorare i pozzi di assorbimento dei gas serra. La mitigazione, insieme con l'adattamento al cambiamento climatico, contribuisce al raggiungimento dell'obiettivo enunciato nell'articolo 2 della Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (UNFCCC):

L'obiettivo ultimo della presente Convenzione e di qualsiasi relativo strumento giuridico che la Conferenza delle parti può adottare è quello di raggiungere, in conformità con le pertinenti disposizioni della Convenzione, la stabilizzazione delle concentrazioni di gas serra nell'atmosfera a un livello tale da impedire pericolose interferenze antropogeniche con il sistema climatico. Tale livello deve essere raggiunto entro un lasso di tempo sufficiente per permettere agli ecosistemi di adattarsi naturalmente ai cambiamenti climatici, al fine di garantire che la produzione alimentare non sia minacciata e lo sviluppo economico possa continuare ad un ritmo sostenibile.

¹ I seguenti termini di sintesi vengono utilizzati per descrivere le prove disponibili: *limitata, media o robusta*; e per la condivisione: *bassa, media o alta*. Il livello di confidenza è espresso utilizzando cinque quantificatori: *molto basso, basso, medio, alto e molto alto*, e in corsivo, ad esempio, *medio livello di confidenza*. Per una data prova e il relativo grado di accordo, possono essere assegnati diversi livelli di confidenza, ma livelli crescenti di evidenza e gradi di condivisione sono correlati con livelli crescenti di confidenza. Per maggiori dettagli, consultare la nota di orientamento per gli Autori guida del Quinto Rapporto di Valutazione dell'IPCC sul trattamento coerente delle incertezze.

² I seguenti termini sono stati utilizzati per indicare la valutazione della probabilità di un risultato: *praticamente certo*: probabilità 99-100%, *molto probabile* 90-100%, *probabile* 66-100%, *tanto probabile che non* 33-66%, *improbabile* 0-33%, *molto improbabile* 0-10%, *eccezionalmente improbabile* 0-1%. Termini aggiuntivi (*più probabile che non* - >50%, e *più improbabili che probabile* - <50%) possono anche essere utilizzati al momento opportuno. La probabilità è annotata in corsivo, ad esempio, *molto probabilmente*.

Le politiche climatiche possono essere guidate dalle scoperte della scienza, e adottare metodi formali di altre discipline [1.2, 2.4, 2.5, 3.1 Box].

Lo sviluppo sostenibile e l'equità forniscono una base di riferimento per valutare le politiche climatiche ed evidenziare la necessità di affrontare i rischi del cambiamento del clima³. Limitare gli effetti del cambiamento climatico è necessario per conseguire lo sviluppo sostenibile e l'equità, compresa l'eliminazione della povertà. Allo stesso tempo, alcuni sforzi di mitigazione potrebbero compromettere azioni svolte in nome del diritto di promuovere lo sviluppo sostenibile e di raggiungere l'eliminazione della povertà e l'equità. Di conseguenza, una valutazione globale delle politiche climatiche deve andare al di là dei fini delle sole politiche di mitigazione e adattamento per esaminare più in generale i percorsi dello sviluppo, insieme ai loro determinanti [4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.8].

Una mitigazione efficace non sarà raggiunta se ognuno porta avanti i propri interessi in maniera indipendente. Il cambiamento climatico ha le caratteristiche di un problema di azione collettiva su scala globale, perché la maggior parte dei gas serra (GHG) si accumulano nel tempo e si mescolano a livello globale, e le emissioni di chiunque (individuo, comunità, società, nazione) influiscono su tutti gli altri⁴. La cooperazione internazionale è quindi necessaria per ridurre efficacemente le emissioni di gas serra e per affrontare le altre questioni legate al cambiamento climatico [1.2.4, 2.6.4, 3.1, 4.2, 13.2, 13.3]. Inoltre, la ricerca e lo sviluppo a sostegno della mitigazione producono ricadute di nuova conoscenza. La cooperazione internazionale può svolgere un ruolo costruttivo nello sviluppo, nella diffusione e nel trasferimento delle conoscenze e delle tecnologie sostenibili [1.4.4, 3.11.6, 11.8, 13.9, 14.4.3].

Per la mitigazione e l'adattamento si pongono questioni di equità, giustizia e correttezza⁵. I contributi dei Paesi, presenti e previsti per il futuro, in fatto di adattamento e di accumulo di gas serra nell'atmosfera sono diversi, e i paesi devono affrontare anche sfide e circostanze diverse avendo capacità diverse di affrontare la mitigazione e l'adattamento. L'evidenza suggerisce che provvedimenti equi possono portare a una cooperazione più efficace [3.10, 4.2.2, 4.6.2].

Molte questioni delle politiche climatiche implicano giudizi di valore e considerazioni etiche. Queste questioni vanno dalla valutazione dello sforzo di mitigazione per evitare interferenze pericolose con il sistema climatico alle scelte tra politiche specifiche per la mitigazione o l'adattamento [3.1, 3.2]. Analisi sociali, economiche ed etiche possono essere utilizzate per informare i giudizi di valore e possono prendere in considerazione valori di vario genere, tra cui il benessere umano, i valori culturali e fattori non legati all'uomo [3.4, 3.10].

Tra gli altri metodi, la valutazione economica è comunemente utilizzata per prendere decisioni in materia di politica climatica. Strumenti pratici per la valutazione economica includono l'analisi costi-benefici, l'analisi costo-efficacia, l'analisi multi-criterio e la teoria dell'utilità attesa [2,5]. I limiti di questi strumenti sono ben noti e documentati [3,5]. Le teorie etiche basate su funzioni di benessere sociale implicano che devono essere applicati alle misure monetarie dei benefici e dei danni, pesi distributivi che tengano conto del diverso valore del denaro per persone diverse [3.6.1, Box TS.2]. Considerando che la ponderazione distributiva non è stata applicata spesso per confrontare gli effetti delle politiche climatiche contemporaneamente su persone diverse, è pratica standard usare il tasso di sconto, per tener conto degli effetti in tempi diversi [3.6.2].

La politica climatica si interseca con altri obiettivi sociali creando la possibilità di co-benefici o di effetti collaterali negativi. Queste interdipendenze, se ben gestite, possono rafforzare i presupposti dell'azione per il clima. La mitigazione e l'adattamento possono influenzare positivamente o negativamente il raggiungimento di altri obiettivi sociali, come quelli legati alla salute umana, alla sicurezza alimentare, alla biodiversità, alla qualità ambientale locale, all'accesso all'energia, ai mezzi di sussistenza e allo sviluppo equo e sostenibile; e viceversa, le politiche verso altri obiettivi sociali possono influenzare il raggiungimento degli

³ Vedi WGII AR5 SPM

⁴ Nelle scienze sociali il problema è noto come il dramma dei *global commons*. Poiché usato nelle scienze sociali, questo concetto non ha implicazioni specifiche con le obbligazioni legali o con i criteri di ripartizione degli sforzi di mitigazione

⁵ Cfr. FAQ 3.2 per chiarire questi concetti. La letteratura filosofica sulla giustizia e altra letteratura possono chiarire questi problemi [3.2, 3.3, 4.6.2]

obiettivi di mitigazione e adattamento [4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.8]. Queste influenze possono essere notevoli, anche se a volte difficili da quantificare, soprattutto in termini di benessere [3.6.3]. Questa prospettiva multi-obiettivo è importante anche perché aiuta a identificare le aree in cui il sostegno alle politiche che promuovono obiettivi molteplici potranno essere efficaci [1.2.1, 4.2, 4.8, 6.6.1].

La politica climatica può essere influenzata da considerazioni di una ampia e diversificata gamma di rischi e incertezze, alcune delle quali sono difficili da misurare, in particolare per gli eventi che sono di bassa probabilità, ma che hanno un impatto significativo quando si verificano. Già dall'AR4, la letteratura scientifica ha esaminato i rischi legati al cambiamento climatico, all'adattamento e alle strategie di mitigazione. Per stimare accuratamente i benefici di mitigazione occorre prendere in considerazione l'intera gamma dei possibili impatti del cambiamento climatico, compresi quelli con gravi conseguenze ma con una bassa probabilità di accadimento. I vantaggi della mitigazione possono altrimenti essere sottovalutati (*alto grado di confidenza*) [2.5, 2.6, 3.9 Box]. La scelta delle azioni di mitigazione è influenzata anche dalle incertezze su molte variabili socio-economiche, tra cui il tasso di crescita economica e l'evoluzione della tecnologia (*alto grado di confidenza*) [2.6, 6.3].

Il disegno delle politiche climatiche è influenzato dal modo in cui gli individui e le organizzazioni percepiscono i rischi e le incertezze e li prendono in considerazione. La gente spesso utilizza regole decisionali semplificate, come la preferenza per lo status quo. Gli individui e le organizzazioni differiscono nel loro grado di avversione al rischio e nella relativa importanza attribuita alle conseguenze di azioni specifiche a breve termine piuttosto che a lungo termine [2.4]. La progettazione politica può essere migliorata con l'aiuto di metodi formali, tenendo conto dei rischi e delle incertezze nei sistemi naturali, socio-economici e tecnologici, nonché dei processi decisionali, delle percezioni, dei valori e della ricchezza [2,5].

SPM.3 I trend negli stock e nei flussi dei gas serra e i relativi determinanti

Le emissioni totali di gas serra di origine antropica hanno continuato ad aumentare nel periodo 1970-2010 raggiungendo in assoluto i maggiori aumenti a scala decennale verso la fine di questo periodo (*alto grado di confidenza*). Nonostante un numero crescente di politiche di mitigazione dei cambiamenti climatici, le emissioni annuali di gas serra sono cresciute in media di 1,0 GtCO_{2eq} (2,2%) negli anni 2000-2010 rispetto alle 0,4 GtCO_{2eq} (1,3%) per anno nel 1970-2000 (Figura SPM.1)^{6,7}. Il totale delle emissioni di gas serra di origine antropica è il più alto nella storia umana dal 2000 al 2010 e ha raggiunto 49 (±4.5) GtCO_{2eq}/yr nel 2010. La crisi economica mondiale 2007/2008 ha ridotto solo temporaneamente le emissioni. [1.3, 5.2, 13.3, 15.2.2, Box TS.5, Figura 15.1].

Le emissioni di CO₂ da combustibili fossili e da processi industriali hanno contribuito per circa il 78% dell'aumento totale delle emissioni di gas serra tra il 1970 e il 2010, con un contributo percentuale simile per il periodo 2000-2010 (*alto grado di confidenza*). Le emissioni di CO₂ da combustibili fossili hanno raggiunto 32 (±2.7) GtCO₂/yr nel 2010, e sono ulteriormente cresciute di circa il 3% tra il 2010 e il 2011 e dell'1-2% tra 2011 e 2012. Delle 49 (±4.5) GtCO_{2eq}/yr di emissioni totali GHG antropogeniche nel 2010, la CO₂ rimane il contributo principale nella misura del 76% (38±3.8 GtCO_{2eq}/yr) delle emissioni totali GHG antropogeniche del 2010. Il 16% (7.8±1.6 GtCO_{2eq}/yr) viene dal metano (CH₄), il 6.2% (3.1±1.9 GtCO_{2eq}/yr) viene dall'ossido di azoto (N₂O), and il 2.0% (1.0±0.2 GtCO_{2eq}/yr) dai gas fluorurati (Figura SPM.1). Annualmente, dal 1970, circa il 25% delle emissioni GHG antropogeniche sono state in forma di gas non-CO₂⁸ [1.2, 5.2]

Circa la metà delle emissioni cumulative di CO₂ di origine antropica tra il 1750 e il 2010 si sono verificate negli ultimi 40 anni (*alto grado di confidenza*). Nel 1970, le emissioni cumulative di CO₂ dalla combustione di

⁶ In tutto il SPM, le emissioni di gas serra sono pesate dai *Global Warming Potential* con un orizzonte temporale di 100 anni (GWP100) come stabilito dal *Second Assessment Report* dell'IPCC. Tutte le metriche hanno limiti e incertezze nel valutare le conseguenze delle differenti emissioni [3.9.6, Box TS.5, Annesso II.2.9, WGI AR5 SPM]

⁷ In questo SPM, le incertezze nelle serie storiche dei dati delle emissioni GHG sono riportate usando intervalli di confidenza del 90%, salvo diversa indicazione. I livelli delle emissioni GHG sono arrotondati alla seconda cifra decimale in tutto il documento.

⁸ In questo rapporto, i dati sui GHG non-CO₂, includendo i gas fluorurati, derivano dal database EDGAR (Annesso II.9), che copre le sostanze incluse nel Protocollo di Kyoto per il primo periodo di impegno.

combustibili fossili, dalla produzione di cemento e dal *gas flaring* a partire dal 1750 erano pari a 420 ± 35 GtCO₂; nel 2010 il totale cumulato si era triplicato a 1300 ± 110 GtCO₂ (Figura SPM.2). Le emissioni cumulative di CO₂ dalla silvicoltura e altri usi del suolo (FOLU)⁹ dal 1750 sono aumentate da 490 ± 180 GtCO₂ nel 1970 a 680 ± 300 GtCO₂ nel 2010 [5.2].

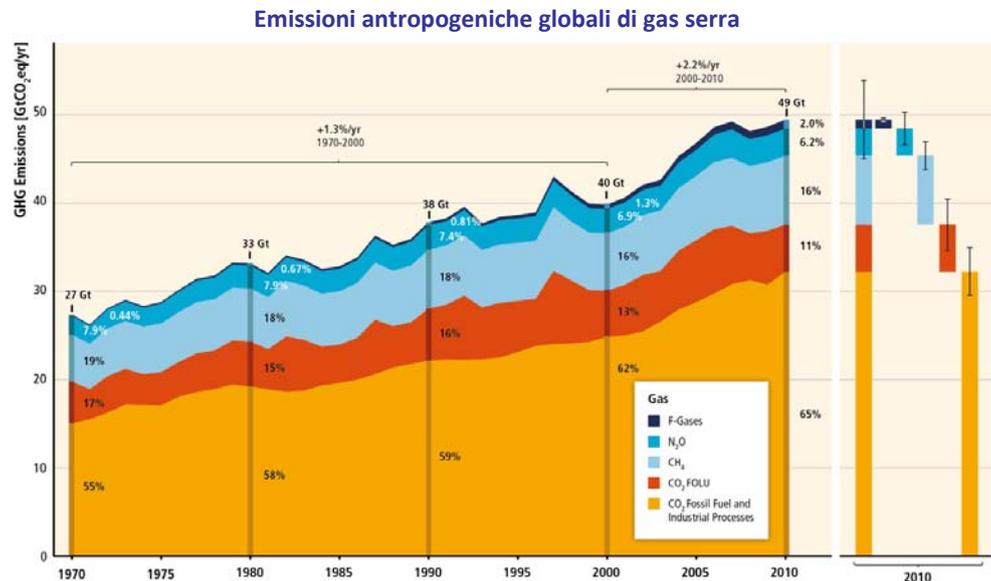


Figura SPM.1. Le emissioni totali annue di gas serra di origine antropica (GtCO₂eq/yr) per gruppi di gas 1970-2010: CO₂ dalla combustione di combustibili fossili e processi industriali; CO₂ dalle foreste e altri usi del suolo (FOLU); metano (CH₄); protossido di azoto (N₂O); gas fluorurati coperti dal Protocollo di Kyoto (F-gas). Sul lato destro della figura le emissioni di gas serra nel 2010 sono mostrate di nuovo scomposte nelle stesse componenti con i livelli di incertezze associati (intervallo di confidenza del 90%) indicati dalle barre di errore. Le incertezze sulle emissioni totali di gas serra di origine antropica sono derivate dalle stime dei gas singoli come descritto nel Capitolo 5 [5.2.3.6]. Le emissioni globali di CO₂ da combustibili fossili sono note con l'8% di incertezza (intervallo di confidenza del 90%). Le emissioni di CO₂ da FOLU sono affette da incertezza molto grande dell'ordine del $\pm 50\%$. L'incertezza per le emissioni globali di CH₄, N₂O e gli F-gas è stata stimata al 20%, 60% e 20%, rispettivamente. Il 2010 è stato l'anno più recente per il quale le statistiche di emissione su tutti i gas, nonché la valutazione delle incertezze, erano sostanzialmente complete al momento dei dati raccolti per questo Rapporto. Le emissioni vengono convertite in equivalenti CO₂ basate sui GWP100 dalla seconda Relazione di valutazione dell'IPCC. I dati sulle emissioni FOLU rappresentano le emissioni terrestri di CO₂ da incendi boschivi, gli incendi e il decadimento della torba che approssimano il flusso netto di CO₂ da FOLU come descritto nel capitolo 11 della presente Relazione. Il tasso di crescita media annua nell'arco di diversi periodi è evidenziato con le parentesi. [Figura 1.3, Figura TS.1]

Le emissioni annue di gas serra di origine antropica sono aumentate di 10 GtCO₂eq tra il 2000 e il 2010, aumento proveniente direttamente dai settori della produzione di energia (47%), dell'industria (30%), dei trasporti (11%) e dall'edilizia (3%) (livello medio di confidenza). La contabilizzazione delle emissioni indirette aumenta i contributi dell'edilizia e dei settori industriali (alto livello di confidenza). Dal 2000 le emissioni di gas serra sono aumentate in tutti i settori, ad eccezione dell'AFOLU. Delle 49(± 4.5) GtCO₂eq di emissioni nel 2010, il 35% (17 GtCO₂eq) delle emissioni di gas serra è stato rilasciato nel settore dell'approvvigionamento energetico, il 24% (12 GtCO₂eq di emissioni nette) in AFOLU, il 21% (10 GtCO₂eq) nell'industria, il 14% (7 GtCO₂eq) nel settore dei trasporti e del 6,4% (3,2 GtCO₂eq) nell'edilizia. Nel momento in cui le emissioni da produzione elettrica e termica sono attribuite agli usi finali di energia (cioè come emissioni indirette), le percentuali del settore industriale e dell'edilizia rispetto alle emissioni globali di gas serra risultano aumentate al 31% e 19%, rispettivamente (Figura SPM.2) [7.3, 8.2, 9.2, 10.3, 11.2].

A livello globale, la crescita dell'economia e della popolazione continuano ad essere i *driver* più importanti degli aumenti delle emissioni di CO₂ da combustibili fossili. Il contributo della crescita della popolazione tra 2000 e il 2010 è rimasto grosso modo identico ai precedenti tre decenni, mentre il contributo della

⁹ La forestazione ed altri usi del suolo (FOLU)—normalmente denominata LULUCF (*Land Use, Land-Use Change, and Forestry*)—è un sottoinsieme delle emissioni e degli assorbimenti GHG di agricoltura, forestazione e altri usi del suolo (AFOLU) determinati dagli usi diretti antropogenici del suolo, dai cambiamenti d'uso e dalla forestazione esclusi gli usi agricoli (vedi il Glossario WGIII AR5).

crescita economica è nettamente aumentato (*alto livello di confidenza*). Tra il 2000 e il 2010, entrambi i *driver* hanno dato luogo al superamento della riduzione delle emissioni dovute ai miglioramenti dell'intensità energetica (Figura SPM.3). Un maggiore uso del carbone rispetto ad altre fonti energetiche ha invertito la tendenza di lunga data alla progressiva decarbonizzazione dell'approvvigionamento energetico del mondo [1.3, 5.3, 7.2, 14.3, TS.2.2].

Emissioni globali di gas serra per settori economici

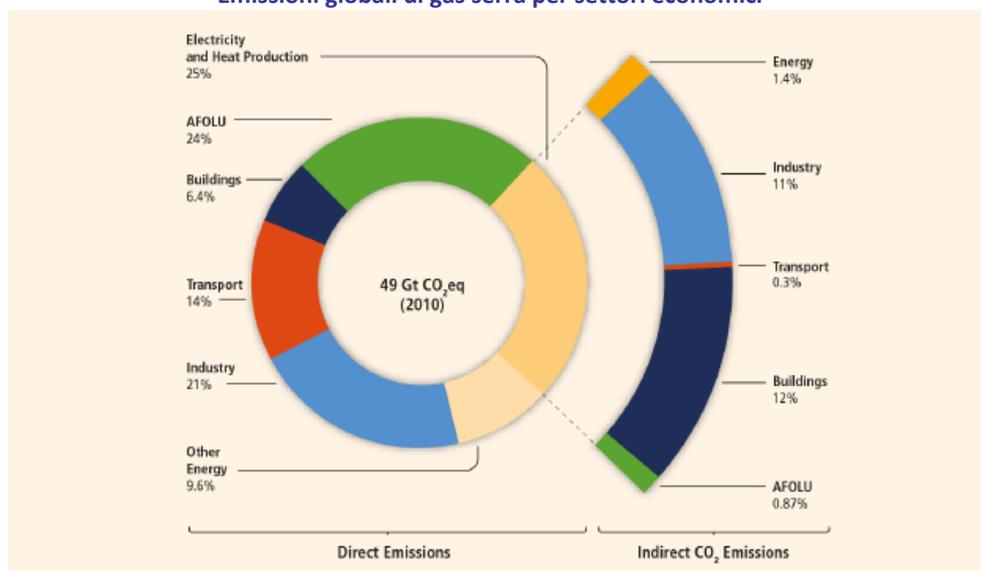


Figura SPM.2. Emissioni antropogeniche totali di gas serra ($\text{GtCO}_2\text{eq/yr}$) dei settori economici. Il cerchio interno mostra le quote delle emissioni dirette di gas serra (in % del totale delle emissioni di gas serra di origine antropica) dei cinque settori economici nel 2010. Le proiezioni a destra mostrano come le emissioni di CO_2 indirette (in % del totale delle emissioni di gas serra di origine antropica) dalla produzione di elettricità e di calore sono attribuite ai settori del consumo finale di energia. Altre energie si riferisce a tutte le fonti di emissioni di gas serra nel settore energetico diverse dalla produzione di elettricità e di calore, come definite nell'allegato II [A.II.9.1]. I dati sulle emissioni dell'agricoltura, della silvicoltura e altri usi del suolo (AFOLU) includono le emissioni terrestri di CO_2 da incendi boschivi, dagli incendi e dal decadimento della torba che approssima il flusso di CO_2 netto delle foreste e altri usi sottosettori del suolo (FOLU), come descritto nel capitolo 11 della presente Relazione. Le emissioni vengono convertite in CO_2 -equivalenti sulla base del GWP100 dalla seconda relazione di valutazione dell'IPCC. Le definizioni dei settori sono forniti in allegato II.9. [Figura 1.3a, Figura TS.3 a/b].

Scomposizione delle variazioni delle emissioni totali di CO_2 da combustibili fossili

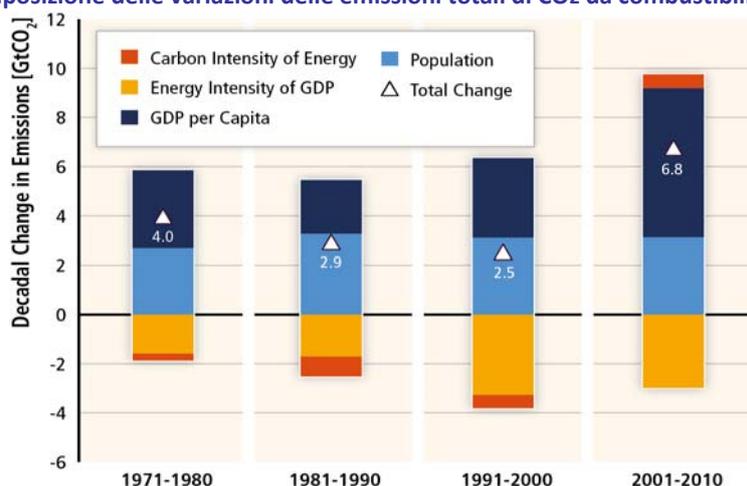


Figura SPM.3. Scomposizione della variazione decennale totale delle emissioni globali di CO_2 dovute alla combustione di combustibili fossili nei quattro fattori che le determinano; popolazione, reddito (PIL) pro capite, intensità energetica del PIL e intensità di carbonio dell'energia. I segmenti di barra mostrano i cambiamenti associati a ciascun fattore da solo, tenendo gli altri fattori fissi. Le variazioni decennali totali sono indicate da un triangolo. I cambiamenti sono misurati in gigatonnellate (Gt) di emissioni di CO_2 per decennio; il reddito è convertito in unità comuni utilizzando la parità di potere d'acquisto [Figura 1.7].

Senza sforzi addizionali per ridurre le emissioni di gas serra rispetto a quelle in atto oggi, la crescita delle emissioni è prevista continuare spinta dalla crescita della popolazione mondiale e delle attività economiche. Gli scenari di riferimento, quelli senza mitigazione addizionale, danno luogo ad aumenti della temperatura media globale superficiale nel 2100 di 3,7 - 4,8 °C rispetto ai livelli pre-industriali¹⁰ (valori mediani, la gamma è da 2.5 a 7.8 °C, compresa l'incertezza sul clima, vedere Tabella SPM.1)¹¹ (*alto livello di confidenza*). Gli scenari di emissione raccolti per questa valutazione rappresentano completamente il forzante radiativo tra cui quello dei gas serra, dell'ozono troposferico, degli aerosol e del cambiamento dell'albedo. Gli scenari di riferimento (scenari, senza ulteriori sforzi espliciti per limitare le emissioni) superano le 450 parti per milione (ppm) in CO_{2eq} entro il 2030 e raggiungono livelli di concentrazione di CO_{2eq} tra 750 e più di 1300 ppm CO_{2eq} entro il 2100. Queste sono le condizioni della gamma dei livelli di concentrazione in atmosfera tra i percorsi RCP 6.0 ed RCP 8.5 nel 2100¹². Per confronto, la concentrazione in CO₂ equivalente nel 2011 è stimata in 430 ppm (intervallo di incertezza 340–520 ppm)¹³ [6.3, Box TS.6; WGI AR5 Figure SPM.5, WGI 8.5, WGI 12.3].

SPM.4 Percorsi e misure di mitigazione nel contesto dello sviluppo sostenibile

SPM.4.1 Percorsi di mitigazione a lungo termine

Esistono molteplici scenari, con una gamma di opzioni tecnologiche e comportamentali, con diverse caratteristiche e implicazioni per lo sviluppo sostenibile, che sono coerenti con diversi livelli di mitigazione. Per questa valutazione, sono stati raccolti in un database circa 900 scenari di mitigazione a partire dai modelli integrati pubblicati¹⁴. Questa raccolta abbraccia livelli di concentrazione in atmosfera previsti nel 2100 da 430 ppm CO_{2eq} a oltre 720 ppm CO_{2eq}, paragonabili con i livelli del forzante radiativo al 2100 compresi tra RCP 2.6 e RCP 6.0. Sono stati valutati anche scenari al di fuori di questo intervallo con concentrazioni inferiori a 430 ppm CO_{2eq} nel 2100 (per una rendicontazione di questi scenari vedi sotto). Gli scenari di mitigazione coinvolgono una vasta gamma di traiettorie tecnologiche, socioeconomiche e istituzionali, ma permangono incertezze e limitazioni dei modelli e restano comunque possibili dinamiche che portano al di fuori di questo intervallo (Figura SPM.4, grafico superiore). [6.1, 6.2, 6.3, TS.3.1, Box TS.6]

Gli scenari di mitigazione in cui è probabile che la variazione di temperature causata da emissioni antropogeniche di GHG possa essere mantenuta al di sotto dei 2°C rispetto ai livelli pre-industriali sono caratterizzati da concentrazioni atmosferiche di circa 450 ppm CO_{2eq} al 2100 (*alto grado di confidenza*). Per gli scenari di mitigazione che raggiungono livelli di concentrazione di circa 500 ppm CO_{2eq} entro il 2100

¹⁰ Basata sul più lungo insieme di dati disponibile per la temperatura globale superficiale, la variazione osservata tra la media del periodo 1850-1900 e il periodo di riferimento dell'AR5 (1986–2005) è di 0.61°C (intervallo di confidenza 5–95%: 0.55 to 0.67°C) [WGI AR5 SPM.E], che è qui usata come un'approssimazione del cambiamento della temperatura media superficiale globale a partire dal periodo pre-industriale, definito come il periodo che precede il 1750.

¹¹ La incertezza climatica riflette i percentili dal 5° al 95° dei calcoli dei modelli climatici descritti nella Tabella SPM.1

¹² Ai fini di questa valutazione, sono stati raccolti pressappoco 300 scenari di riferimento (*baseline*) e 900 scenari di mitigazione mediante una *open call* destinata ai *team* di modellistica integrata in tutto il mondo. Questi scenari devono essere considerati aggiuntivi rispetto ai *Representative Concentration Pathways* (RCP, vedi Glossario WGIII AR5). Gli RCP sono identificati dal loro approssimato forzante radiativo totale al 2100 relativo al 1750: 2.6 Watt per metro quadro (Wm⁻²) per RCP2.6, 4.5 Wm⁻² per RCP4.5, 6.0 Wm⁻² per RCP6.0, e 8.5 Wm⁻² per RCP8.5. Gli scenari raccolti per questo Rapporto coprono un intervallo di concentrazioni al 2100 leggermente più ampio dei quattro RCP.

¹³ Questo si basa sulla verifica del forzante radiativo antropogenico totale per il 2011 relativo al 1750 in WGI, cioè 2.3 Wm⁻², intervallo di incertezza da 1.1 a 3.3 Wm⁻² [WGI AR5 Figura SPM.5, WGI 8.5, WGI 12.3].

¹⁴ Gli scenari a lungo termine valutati nel WGIII sono stati generati principalmente da modelli integrati su larga scala che proiettano molte caratteristiche chiave dei percorsi di mitigazione a metà secolo e oltre. Questi modelli collegano molti importanti sistemi umani (ad esempio, energia, agricoltura e uso del suolo, economia) con i processi fisici associati al cambiamento climatico (ad esempio, il ciclo del carbonio). I modelli approssimano soluzioni costo-efficienti che riducono al minimo i costi aggregati complessivi per il raggiungimento di obiettivi di mitigazione, a meno che non siano dichiaratamente gestiti con finalità diverse. Essi sono rappresentazioni semplificate e formalizzate dei processi reali con la loro elevata complessità, e gli scenari che essi producono si basano su previsioni incerte degli eventi e dei *driver* chiave su scale temporali spesso ultrasecolari. Le semplificazioni e le differenze delle ipotesi assunte sono i motivi per cui i risultati forniti dai vari modelli, o dalle versioni dello stesso modello, possono differire, e le proiezioni indicate da tutti i modelli possono risultare notevolmente diverse dalla realtà che si va manifestando [Box TS.7, 6.].

è considerata *più probabile che no* che il cambiamento della temperatura sia contenuto in meno di 2°C rispetto ai livelli pre-industriali, a meno che non si verifichi un temporaneo superamento (*overshoot*) della concentrazione oltre i 530 ppm CO_{2eq} prima del 2100, nel qual caso per tali scenari la possibilità di raggiungere l'obiettivo è *tanto probabile quanto no*¹⁵. Per gli scenari che prevedono il raggiungimento di concentrazioni di 530-650 ppm CO_{2eq} al 2100 è *più improbabile che probabile* mantenere la variazione della temperatura al di sotto 2°C rispetto ai livelli pre-industriali. Per gli scenari che prevedono il raggiungimento di concentrazioni attorno a 650 ppm CO_{2eq} entro il 2100 è ritenuto *improbabile* mantenere la variazione di temperatura al di sotto dei 2°C rispetto ai livelli pre-industriali. Gli scenari di mitigazione per i quali è considerato *più probabile che no* limitare l'aumento della temperatura al di sotto di 1,5°C rispetto ai livelli pre-industriali, sono caratterizzati da concentrazioni al 2100 inferiori a 430 ppm. In questi scenari la temperatura raggiunge il livello massimo nel secolo in corso e poi inizia a diminuire. Affermazioni circa le probabilità relative ad altri livelli di variazione della temperature possono essere fatte facendo riferimento alla Tabella SPM.1. [6.3, Box TS.6]

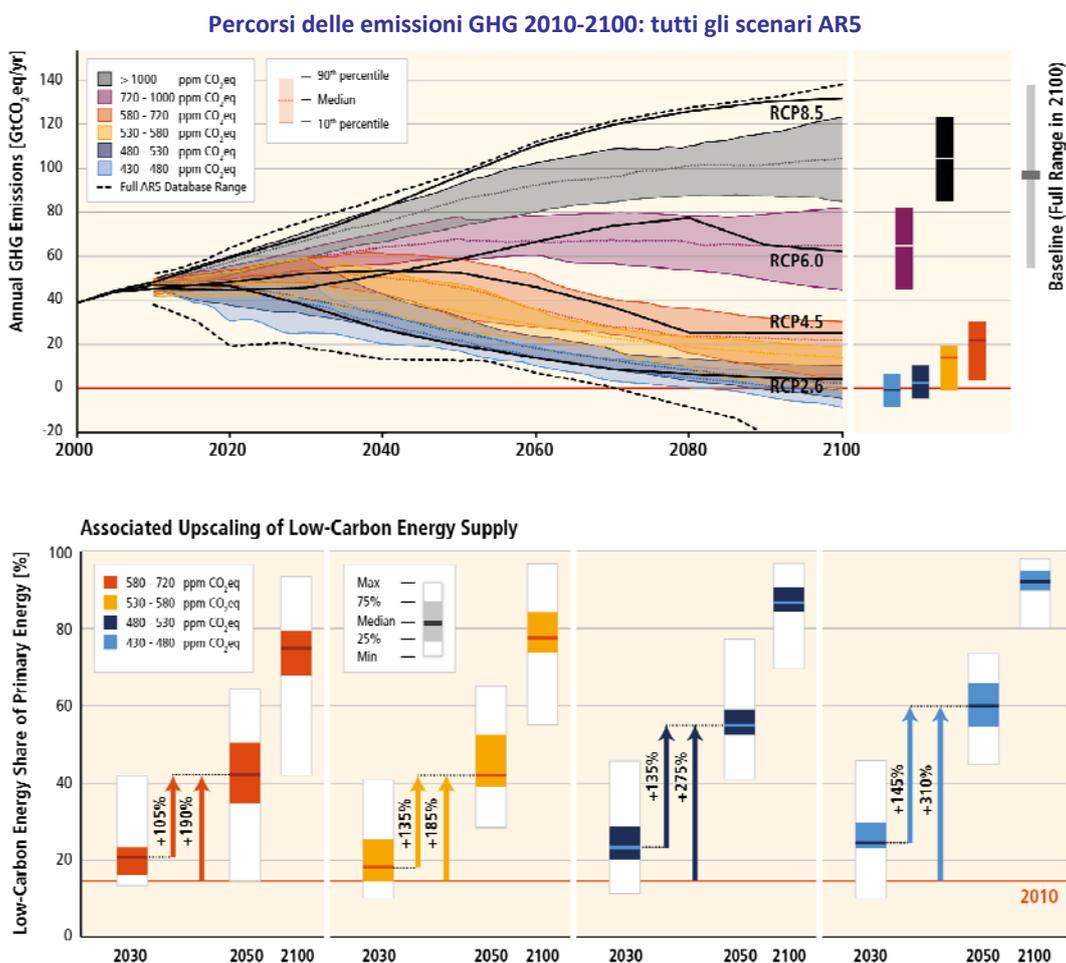


Figura SPM.4. Percorsi delle emissioni globali di gas serra (GtCO_{2eq}/anno) negli scenari tendenziali e di mitigazione per i diversi livelli di concentrazione a lungo termine (grafico superiore) e incrementi richiesti per le tecnologie energetiche a basse emissioni di carbonio (in % di energia primaria) negli scenari di mitigazione per il 2030, 2050 e 2100 rispetto ai livelli 2010 (grafico inferiore). Sia i grafici superiori che inferiori non includono gli scenari con limitate disponibilità tecnologiche e il grafico inferiore in aggiunta esclude gli scenari che prevedono andamenti esogeni per il prezzo del carbonio. [Figura 6.7, Figura 7.16]

¹⁵ Gli scenari di mitigazione, compresi quelli che al 2100 raggiungono concentrazioni pari o superiori ai 550 ppm CO_{2eq}, possono temporaneamente portare al superamento dei livelli atmosferici di concentrazione di CO_{2eq} prima di scendere successivamente a livelli più bassi. Tali superamenti delle concentrazioni conseguono ad una ridotta capacità di mitigazione a breve termine e causano la necessità di ulteriori più rapide e profonde riduzioni delle emissioni nel lungo periodo. Tali superamenti aumentano la probabilità di andare oltre qualsiasi *target* di stabilizzazione della temperatura. [6.3, Tabella SPM.1]

Tabella SPM.1: Principali caratteristiche degli scenari raccolti e analizzati per il WGIII AR5. Per tutti i parametri, viene riportato l'intervallo tra il 10° e il 90° percentile degli scenari^{1,2}. [Tabella 6.3]

CO ₂ eq Concentrations in 2100 (CO ₂ eq)	Subcategories	Relative position of the RCPs ⁵	Cumulative CO ₂ emission ³ (GtCO ₂)		Change in CO ₂ eq emissions compared to 2010 in (%) ⁴		Temperature change (relative to 1850–1900) ^{5,6}						
			2011–2050	2011–2100	2050	2100	2100 Temperature change (°C) ⁷	Likelihood of staying below temperature level over the 21 st century ⁸					
								1.5°C	2.0°C	3.0°C	4.0°C		
< 430	<i>Only a limited number of individual model studies have explored levels below 430 ppm CO₂eq</i>												
450 (430–480)	Total range ^{1,10}	RCP2.6	550–1300	630–1180	-72 to -41	-118 to -78	1.5–1.7 (1.0–2.8)	More unlikely than likely	Likely	Likely			
500 (480–530)	No overshoot of 530 ppm CO ₂ eq		860–1180	960–1430	-57 to -42	-107 to -73	1.7–1.9 (1.2–2.9)	Unlikely	More likely than not				
	Overshoot of 530 ppm CO ₂ eq		1130–1530	990–1550	-55 to -25	-114 to -90	1.8–2.0 (1.2–3.3)		About as likely as not				
550 (530–580)	No overshoot of 580 ppm CO ₂ eq		1070–1460	1240–2240	-47 to -19	-81 to -59	2.0–2.2 (1.4–3.6)		More unlikely than likely ¹²			Likely	
	Overshoot of 580 ppm CO ₂ eq		1420–1750	1170–2100	-16 to 7	-183 to -86	2.1–2.3 (1.4–3.6)						
(580–650)	Total range	RCP4.5	1260–1640	1870–2440	-38 to 24	-134 to -50	2.3–2.6 (1.5–4.2)		Unlikely			More likely than not	
(650–720)	Total range		1310–1750	2570–3340	-11 to 17	-54 to -21	2.6–2.9 (1.8–4.5)						
(720–1000)	Total range	RCP6.0	1570–1940	3620–4990	18 to 54	-7 to 72	3.1–3.7 (2.1–5.8)		Unlikely ¹¹			More unlikely than likely	
>1000	Total range	RCP8.5	1840–2310	5350–7010	52 to 95	74 to 178	4.1–4.8 (2.8–7.8)					Unlikely ¹¹	Unlikely

¹ L'intervallo complessivo per gli scenari 430–480 ppm CO₂eq corrisponde all'intervallo dal 10° al 90° percentile della sottocategoria di questi scenari mostrato in tabella 6.3.

² Gli scenari di riferimento (vedi SPM.3) sono raggruppati nelle categorie >1000 e 750–1000 ppm CO₂eq. L'ultima categoria include anche attività di mitigazione. Gli scenari di riferimento inclusi nella seconda categoria prevedono al 2100 il raggiungimento di temperature di 2,5–5,8°C superiori a quelle del periodo preindustriale. Insieme con la categoria degli scenari di riferimento >1000 ppm CO₂eq, si raggiunge un intervallo complessivo di temperature al 2100 di 2,5–7,8°C (mediana: 3,7–4,8°C) per gli scenari di riferimento di entrambe le categorie.

³ Come comparazione tra le stime delle emissioni cumulate di CO₂ presentate qui e quelle presentate nel WGI, una quantità pari a 515 [445 to 585] GtC (pari a 1890 [1630 to 2150] GtCO₂), è stata già emessa tra il 1870 e il 2011 [Sezione WGI 12.5]. Si noti che le emissioni cumulative sono riportate qui per diversi periodi temporali (2011–2050 e 2011–2100) mentre nel WGI le emissioni cumulate sono presentate come le emissioni totali compatibili con gli RCP (2012–2100) o compatibili per rimanere al di sotto un certo target per la temperature con determinati livelli di probabilità [WGI tabella SPM.3, WGI SPM.E.8].

⁴ Le emissioni globali al 2010 sono superiori del 31% rispetto al livello del 1990 (dato coerente con le stime sulle emissioni storiche di GHG presentate in questo rapporto). Le emissioni in CO₂eq includono il basket dei gas di Kyoto (CO₂, CH₄, N₂O e gli F-gas).

⁵ La valutazione del WGIII coinvolge un grande numero di scenari pubblicati nella letteratura scientifica e non è quindi limitata agli RCP. Al fine di valutare la concentrazione di gas serra e le implicazioni climatiche di questi scenari, è stato utilizzato il modello MAGICC in una modalità probabilistica (si veda Annesso II). Per una comparazione tra i risultati del modello MAGICC e quelli dei modelli utilizzati dal WGI, si veda la sezione WGI 12.4.1.2 e WGI 12.4.8 e 6.3.2.6. Le cause delle differenze con la tabella 2 del SPM del WGI comprendono le differenze nell'anno di riferimento (1986–2005 vs. 1850–1900 nel presente rapporto), differenze negli anni analizzati (2081–2100 vs 2100 nel presente rapporto), il *set-up* della simulazione (con CMIP5 guidato dalle concentrazioni rispetto al MAGICC guidato dalle emissioni nel presente Rapporto), e il più ampio *set* di scenari (RCP nel WGI, l'intero *set* di scenari del database WGIII AR5 nel presente Rapporto).

⁶ La variazione di temperatura è relativa all'anno 2100, che non è direttamente confrontabile con lo scenario di equilibrio del riscaldamento riportato nell'AR4 (Tabella 3.5, Capitolo3 WGIII). Per le stime della temperatura al 2100, la risposta al transiente climatico (TCR) è la più importante proprietà di sistema. L'intervallo di incertezza ipotizzato al 90° percentile del TCR per MAGICC è 1,2–2,6°C (mediana 1,8°C). Questo a fronte di un intervallo al 90° percentile del TCR compreso tra 1.2 e 2.4°C per CMIP5 (WGI 9.7) e un intervallo di 1–2,5°C considerato probabile da diverse linee di evidenza riportate nel rapporto IPCC AR5 WGI (Box 12.2 nel capitolo 12.5).

⁷ La variazione di temperature al 2100 deriva da una stima mediana dei calcoli MAGICC, che mostra la differenza tra le traiettorie delle emissioni degli scenari di ogni categoria. L'intervallo di variazione delle temperature in parentesi considera inoltre anche le incertezze connesse al sistema climatico e al ciclo del carbonio così come presentate dal modello MAGICC (si veda 6.3.2.6 per ulteriori dettagli). I dati sulle temperature comparati all'anno di riferimento 1850–1900 sono stati calcolati tenendo conto di tutte le proiezioni di riscaldamento per il periodo 1986–2005, aggiungendo 0.61°C per il periodo 1986–2005 in confronto al 1850–1900, basati su HadCRUT4 (si veda WGI Tabella SPM.2).

⁸ La valutazione riportata nella presente tabella è basata sulle probabilità calcolate per l'insieme degli scenari nel WGIII elaborate utilizzando MAGICC e la valutazione compiuta nel WGI dell'incertezza relativa alle proiezioni delle temperature non coperta dai modelli climatici. Le dichiarazioni sono pertanto coerenti con quelle del WGI, basate sull'attivazione del CMIP5 degli RCP e la valutazione delle incertezze. Pertanto la dichiarazione di probabilità riflette diverse linee di evidenza da entrambi i gruppi di lavoro, I e III. Questo metodo del WGI è stato inoltre applicato per gli scenari caratterizzati da livelli di concentrazione intermedi per i quali non è possibile far girare il CMIP5. I livelli di probabilità sono puramente indicativi (6.3), e ricalcano i termini utilizzati nel SPM del WGI per le proiezioni sulla temperatura: *probabile* 66–100%, *più probabile che non* >50–100%, *tanto probabile quanto no* 33–66%, e *improbabile* 0–33%. Inoltre è stato utilizzato il termine *più improbabile che probabile* 0 - <50%.

⁹ Le concentrazioni di CO_{2eq} includono il forzante radiativo di tutti i gas serra compresi i gas alogenati e l'ozono troposferico, l'aerosol e le variazioni nell'albedo (calcolati sulla base del forzante totale sulla base di un semplice modello climatico/ciclo di carbonio).

¹⁰ La gran parte degli scenari in questa categoria superano il limite di concentrazione di 480 ppm CO_{2eq}.

¹¹ Per gli scenari in questa categoria né le simulazioni CMIP5 (WGI AR5: Capitolo 12, Tabella 12.3) né le valutazioni su base MAGICC (6.3) si sono mantenute al di sotto dei rispettivi livelli di temperatura. Inoltre, è stato attribuito un giudizio "improbabile" che riflette le incertezze che potrebbero non essere rappresentate dagli attuali modelli climatici.

¹² Gli scenari della categoria 580–650 ppm CO_{2eq} comprendono sia scenari di superamento che gli scenari che non superano i livelli di concentrazione all'estremo alto della categoria (come RCP4.5). L'ultima tipologia di scenari, in genere, presenta una valutazione di probabilità corrispondente a *più improbabile che probabile* di superare il livello di temperature dei 2°C, mentre per le precedenti si valuta che sia *improbabile* superare questo livello.

Gli scenari nei quali si raggiunge una concentrazione in atmosfera di circa 450 ppm CO_{2eq} al 2100 (in linea con una *chance* probabile di mantenere la variazione di temperatura al di sotto dei 2°C rispetto ai livelli pre-industriali) prevedono sostanziali tagli alle emissioni di gas serra di origine antropica entro la metà del secolo, attraverso cambiamenti su larga scala dei sistemi energetici e potenzialmente dell'uso del suolo (*alto grado di confidenza*). Gli scenari nei quali si raggiungono queste concentrazioni entro il 2100 sono caratterizzati da minori emissioni totali di gas serra nel 2050 rispetto al 2010, dal 40% al 70% più basse a livello globale¹⁶ e da livelli di emissione vicini o sotto lo zero nel 2100. Negli scenari che prevedono di raggiungere i 500 ppm di CO_{2eq} entro il 2100, le emissioni globali al 2050 sono dal 25% al 55% inferiori a quelle del 2010. Negli scenari che prevedono di raggiungere i 550 ppm CO_{2eq} entro il 2100, le emissioni globali al 2050 sono dal 5% al 45% più basse di quelle del 2010 (Tabella SPM.1). A livello globale, gli scenari che prevedono di raggiungere i 450 ppm di CO_{2eq} sono anche caratterizzati da più rapidi progressi nell'efficienza energetica, da una triplicazione fino a quasi una quadruplicazione entro il 2050 della quota di fonti di energia a basse emissioni o a emissioni zero attraverso le fonti rinnovabili, l'energia nucleare e i combustibili fossili con cattura e stoccaggio dell'anidride carbonica (CCS), o bioenergia con CCS (BECCS) (Figura SPM.4, pannello inferiore). Questi scenari prevedono una vasta gamma di cambiamenti di uso del suolo, che riflettono diverse ipotesi circa la scala della produzione di bioenergia, della afforestazione e della riduzione della deforestazione. Tutte queste variazioni delle emissioni, dell'energia e dell'uso del suolo cambiano tra le diverse regioni¹⁷. Gli scenari che prevedono concentrazioni più alte includono cambiamenti simili, ma con tempi più lunghi. D'altra parte, scenari che prevedono il raggiungimento di concentrazioni inferiori richiedono cambiamenti con una tempistica più veloce [6.3, 7.11].

Gli scenari di mitigazione che non superano i 450 ppm circa di CO_{2eq} nel 2100 prevedono in genere il superamento temporaneo (*overshoot*) delle concentrazioni atmosferiche, così come fanno molti scenari nei quali si raggiungono circa 500 ppm a 550 ppm CO_{2eq}, sempre al 2100. A seconda del livello di superamento, questi scenari (scenari di *overshoot*) fanno tipicamente affidamento su una disponibilità e su una distribuzione diffusa del BECCS e di interventi di rimboschimento nella seconda metà del secolo. La disponibilità e l'importanza di questi e di altre forme di tecnologie e metodiche di rimozione della CO₂ (CDR) sono incerte e questi metodi sono, in varia misura, associati a nuove minacce e rischi (si veda la Sezione SPM 4.2) (*alto grado di confidenza*)¹⁸. Il ricorso alle CDR è prevalente anche in molti scenari che non prevedono *overshoot* per compensare le emissioni residue in settori in cui le misure di mitigazione sono più costose. Le evidenze in favore dei potenziali di sviluppo su larga scala di BECCS, di rimboschimento, e altre tecnologie e metodi di CDR sono limitate [2.6, 6.3, 6.9.1, Figura 6.7, 7.11, 11.13].

I livelli delle emissioni globali di gas serra nel 2020 stimati sulla base degli impegni di Cancùn non sono coerenti con le traiettorie di mitigazione costo-efficaci a lungo termine per le quali è almeno *probabile quanto no* la possibilità di limitare la variazione della temperatura a 2°C rispetto ai livelli pre-industriali (con concentrazioni di circa 450-500 ppm CO_{2eq} al 2100), ma non escludono la possibilità di raggiungere questo obiettivo (*alto grado di confidenza*). Per conseguire tale obiettivo saranno necessari nuovi e ulteriori tagli alle emissioni dopo il 2020. Gli impegni di Cancùn sono invece sicuramente coerenti con gli scenari costo-efficaci per i quali è *probabile* mantenere la variazione della temperatura al di sotto di 3°C rispetto ai livelli preindustriali [6.4, 13.13, figure TS.11, TS.13].

Ritardare gli sforzi di mitigazione, oltre a quelli messi in campo oggi con effetti fino al 2030, si stima

¹⁶ Questa gamma si differenzia dalla gamma prevista per una categoria simile di concentrazione nell'AR4 (dal 50% al 85% inferiore a quella del 2000 per la sola CO₂). Le ragioni di questa differenza risiedono nel fatto che nella presente relazione è stato valutato un numero notevolmente maggiore di scenari rispetto all'AR4 riguardo a tutti i gas serra. Inoltre, gran parte dei nuovi scenari includono tecnologie a emissioni nette negative (vedi sotto). Altri fattori includono il ricorso a livelli di concentrazione al 2100 invece di livelli di stabilizzazione e lo spostamento dell'anno di riferimento dal 2000 al 2010. Scenari con emissioni più elevate nel 2050 sono caratterizzati da un maggiore ricorso a alle tecnologie di rimozione della CO₂ (CDR) a partire dalla metà del secolo.

¹⁷ Ai livelli nazionali, il cambiamento è considerato più efficace quando riflette visioni e approcci nazionali e locali per conseguire lo sviluppo sostenibile a seconda delle circostanze e delle priorità nazionali [6.4, 11.8.4, WGII AR5 SPM].

¹⁸ Secondo WGI, i metodi di CDR presentano limitazioni di tipo biogeochimico e tecnologico al loro potenziale su scala globale. C'è un gap di conoscenza per poter quantificare quante emissioni di CO₂ potrebbero essere parzialmente compensate dal CDR sulla scala temporale di un secolo. Metodi di CDR possono avere effetti collaterali e conseguenze a lungo termine su scala globale. [WGI AR5 SPM.E.8].

che possa aumentare notevolmente la difficoltà di transizione verso livelli bassi di emissioni a lungo termine, restringendo allo stesso tempo il *range* di opzioni necessarie per contenere l'aumento della temperatura entro 2° C rispetto ai livelli pre-industriali (*alto grado di confidenza*). Gli scenari di mitigazione economicamente convenienti (costo-efficaci) che considerano perlomeno *tanto probabile quanto no* che l'aumento della temperatura si mantenga al di sotto di 2 °C rispetto ai livelli pre-industriali (concentrazioni al 2100 tra 450 e 500 ppm CO_{2eq}) sono tipicamente caratterizzati da emissioni annuali di GHG al 2030 comprese approssimativamente tra 30 GtCO_{2eq} e 50 GtCO_{2eq} (Figura SPM.5, grafico a sinistra). Gli scenari con emissioni annuali al 2030 superiori a 55 GtCO_{2eq} sono caratterizzati da più alti tassi di riduzione delle emissioni tra il 2030 ed il 2050 (Figura SPM.5, grafico centrale); un aumento molto più rapido delle energie a basso contenuto di carbonio durante questo periodo (Figura SPM.5, pannello a destra); una maggiore dipendenza dalle tecnologie CDR nel lungo periodo (Figura SPM.4, grafico in alto) e più alti impatti economici sia transitori che a lungo termine (Tabella SPM.2). A causa di queste sfide crescenti legate alla mitigazione, molti modelli con emissioni annuali di GHG al 2030 superiori a 55 GtCO_{2eq} non possono generare scenari con livelli di concentrazione atmosferica che rendono *tanto probabile quanto no* che l'aumento della temperatura si mantenga al di sotto dei 2 °C rispetto ai livelli pre-industriali [6.4, 7.11, Figure TS.11, TS.13].

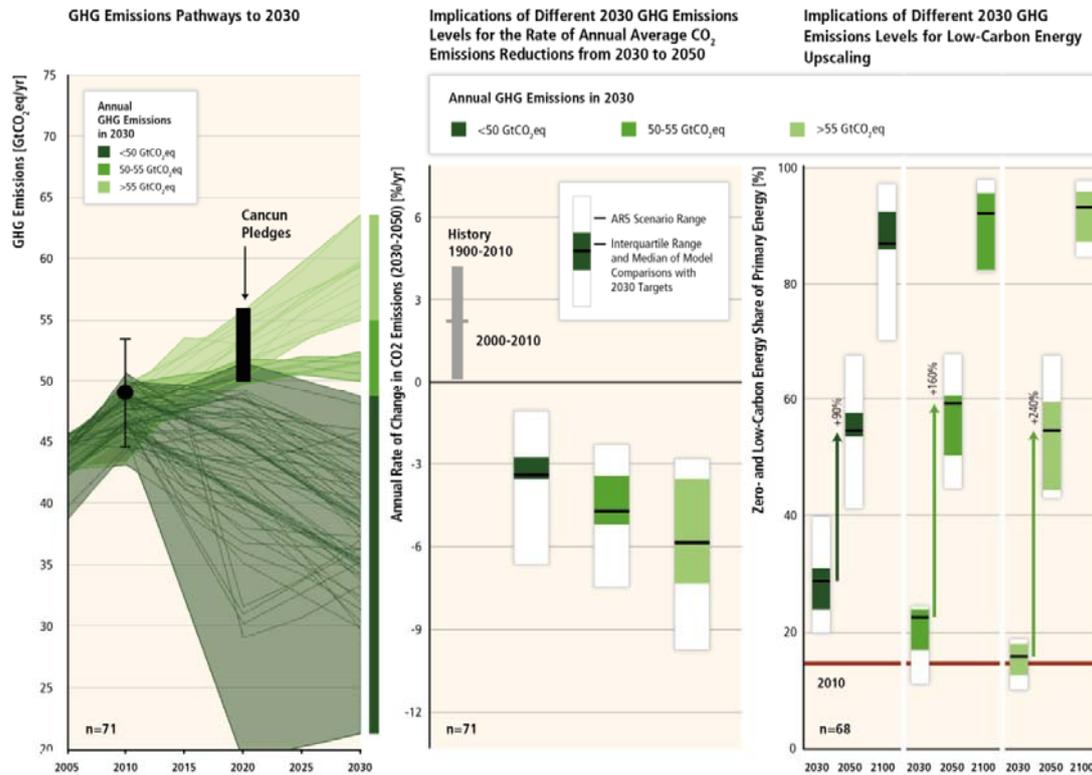


Figura SPM.5. Le implicazioni dei diversi livelli dei tassi di riduzione delle emissioni di CO₂ al 2030 e dell'aumento dell'energia a basse emissioni al 2030-2050 in scenari di mitigazione che raggiungono concentrazioni di circa 450-500 (430-530) ppm CO_{2eq} entro il 2100. Gli scenari sono raggruppati in base ai diversi livelli di emissioni previsti entro il 2030 (colorati in diverse tonalità di verde). Il grafico di sinistra mostra i percorsi di emissioni di gas serra (GtCO_{2eq}/yr) che portano a questi livelli al 2030. La barra nera indica l'intervallo di incertezza stimata sulle emissioni di gas serra implicate dagli impegni di Cancún. Il grafico centrale indica i tassi di riduzione delle emissioni di CO₂ medi annui per il periodo 2030-2050. Si confrontano la mediana e l'intervallo interquartile di tutti gli scenari di questi ultimi confronti tra modelli con espliciti obiettivi al 2030 presenti nel *database* degli scenari di WGIII AR5. I tassi annui di variazione delle emissioni storiche (sostenuti per un periodo di 20 anni) sono visualizzati in grigio. Le frecce nel grafico di destra mostrano l'entità della fornitura di energia a zero o a basse emissioni di carbonio in crescita nel 2030-2050 in relazione a diversi livelli di emissioni di gas serra al 2030. I sistemi di approvvigionamento energetico a emissioni zero o basse comprendono le energie rinnovabili, l'energia nucleare e le energie fossili con cattura e stoccaggio dell'anidride carbonica (CCS), o bioenergia con CCS (BECCS).

Nota: Vengono visualizzati solo gli scenari che applicano il portafoglio completo, senza impedimenti, delle tecnologie di mitigazione dei modelli sottostanti (ipotesi di *default* per la tecnologia). Sono esclusi gli scenari con grandi emissioni globali nette negative (>20 GtCO_{2eq}/yr), gli scenari con ipotesi di prezzo del carbonio esogeni e gli scenari con emissioni al 2010 significativamente al di fuori degli andamenti storici [Figura 6.32, 7.16].

Le stime dei costi economici aggregati della mitigazione variano sensibilmente e cambiano con la struttura del modello e con le assunzioni fatte, nonché con la specificazione degli scenari, inclusa la caratterizzazione delle tecnologie e la tempistica di mitigazione (alto grado di confidenza). Gli scenari in cui tutti i paesi del mondo iniziano le politiche di mitigazione immediatamente, c'è un solo prezzo del carbonio e tutte le tecnologie chiave sono disponibili, sono stati utilizzati come *benchmark* costo-efficienti per stimare i costi macroeconomici della mitigazione (Tabella SPM.2, in verde). Sotto queste ipotesi, gli scenari di mitigazione che raggiungono concentrazioni atmosferiche di circa 450 ppm CO_{2eq} entro il 2100 comportano riduzioni dei consumi globali – al netto dei benefici del rallentamento del cambiamento climatico, dei co-benefici e degli effetti collaterali negativi della mitigazione¹⁹ – tra l'1% e il 4% (mediana: 1,7%) nel 2030, tra 2% e 6% (mediana: 3,4%) nel 2050, e tra 3% e 11% (mediana: 4,8%) nel 2100 rispetto ai consumi degli scenari di riferimento che crescono ovunque tra il 300% e più del 900% per tutto il secolo. Questi numeri corrispondono ad una riduzione annua della crescita dei consumi, lungo tutto il secolo, tra 0,04 e 0,14 (mediana: 0,06) punti percentuali rispetto alla crescita dei consumi annua prevista dallo scenario di riferimento, compresa tra 1,6% e 3% all'anno. Le stime della fascia alta dell'intervallo dei costi provengono da modelli relativamente rigidi, che non consentono di ottenere l'ampia riduzione delle emissioni richiesta nel lungo termine per raggiungere questi obiettivi e/o includono assunzioni riguardo alle imperfezioni del mercato che potrebbero aumentare i costi. In caso di assenza o scarsa disponibilità di tecnologie, i costi di mitigazione aumentano notevolmente a seconda della tecnologia considerata (Tabella SPM.2, in arancione). Rimandare ulteriormente le misure aggiuntive di mitigazione aumenta i costi della mitigazione stessa sia nel medio che nel lungo periodo (Tabella SPM.2, in azzurro). Diversi modelli non restano entro i livelli di concentrazione atmosferica di circa 450 ppm di CO_{2eq} entro il 2100 se queste misure aggiuntive di mitigazione vengono ulteriormente rimandate o se la disponibilità di alcune tecnologie, come la bioenergia, la CCS, o una combinazione delle due (BECCS), risulterà essere limitata [6.3].

¹⁹ Gli effetti economici complessivi ai diversi livelli di temperatura dovrebbe includere i costi di mitigazione, i co-benefici di mitigazione, gli effetti collaterali negativi della mitigazione, i costi di adattamento e i danni climatici. I costi della mitigazione e le stime dei danni climatici per ogni determinato livello di temperatura non possono essere confrontati per valutare i costi e i benefici della mitigazione. Piuttosto, la considerazione dei costi e dei benefici economici della mitigazione dovrebbe includere la riduzione dei danni climatici in relazione alla ipotesi di non affrontare il cambiamento climatico.

Tabella SPM.2: I costi globali della mitigazione negli scenari costo-efficaci e gli aumenti stimati dei costi dovuti alla limitata disponibilità di tecnologie appropriate e di misure successive di mitigazione. Le stime dei costi mostrate in tabella non considerano i benefici della mitigazione dei cambiamenti climatici, dei co-benefici e degli effetti negativi della mitigazione. Le colonne verdi mostrano le riduzioni dei consumi negli anni 2030, 2050, and 2100 (verde) e la riduzione delle crescite dei consumi annuali (verde chiaro) nel corso del secolo negli scenari costo-efficaci relativi alla *baseline* senza politiche climatiche¹. Le colonne arancione mostrano l'incremento percentuale nei costi scontati² nell'arco del secolo, in relazione agli scenari costo-efficaci, in scenari in cui la tecnologia è obbligata a restare entro le disponibilità tecnologiche di *default*³. Le colonne blu mostrano l'aumento dei costi di mitigazione nei periodi 2030–2050 e 2050–2100, relativi agli scenari con azioni immediate di mitigazione, per effetto delle azioni aggiuntive di mitigazione al 2020 o al 2030⁴. Questi scenari con azioni ritardate di mitigazione sono raggruppate per livelli di emissione di più o di meno delle 55 GtCO₂eq al 2030 e due intervalli di concentrazione al 2100 (430–530 ppm CO₂eq e 530–650 CO₂eq). In tutte le cifre, la mediana del set di scenari è mostrata senza parentesi, l'intervallo tra il 16° e l'84° percentile del set di scenari è mostrato in parentesi, e il numero degli scenari del set è in parentesi quadre⁵. [Figure TS.12, TS.13, 6.21, 6.24, 6.25, Annex II.10].

	Consumption losses in cost-effective implementation scenarios				Increase in total discounted mitigation costs in scenarios with limited availability of technologies				Increase in mid - and long term mitigation costs due delayed additional mitigation up to 2030			
	[% reduction in consumption relative to baseline]			[percentage point reduction in annualized consumption growth rate]	[% increase in total discounted mitigation costs (2015–2100) relative to default technology assumptions]				[% increase in mitigation costs relative to immediate mitigation]			
2100 Concentration (ppm CO ₂ eq)	2030	2050	2100	2010-2100	No CCS	Nuclear phase out	Limited Solar / Wind	Limited Bio-energy	≤55 GtCO ₂ eq		>55 GtCO ₂ eq	
									2030–2050	2050–2100	2030–2050	2050–2100
450 (430–480)	1.7 (1.0–3.7) [N: 14]	3.4 (2.1–6.2)	4.8 (2.9–11.4)	0.06 (0.04–0.14)	138 (29–297) [N: 4]	7 (4–18) [N: 8]	6 (2–29) [N: 8]	64 (44–78) [N: 8]	28 (14–50) [N: 34]	15 (5–59)	44 (2–78) [N: 29]	37 (16–82)
500 (480–530)	1.7 (0.6–2.1) [N: 32]	2.7 (1.5–4.2)	4.7 (2.4–10.6)	0.06 (0.03–0.13)								
550 (530–580)	0.6 (0.2–1.3) [N: 46]	1.7 (1.2–3.3)	3.8 (1.2–7.3)	0.04 (0.01–0.09)	39 (18–78) [N: 11]	13 (2–23) [N: 10]	8 (5–15) [N: 10]	18 (4–66) [N: 12]	3 (–5–16) [N: 14]	4 (–4–11)	15 (3–32) [N: 10]	16 (5–24)
580–650	0.3 (0–0.9) [N: 16]	1.3 (0.5–2.0)	2.3 (1.2–4.4)	0.03 (0.01–0.05)								

Note:

¹ Gli scenari costo-efficaci presuppongono misure immediate di mitigazione in tutti i paesi e un prezzo unico del carbone, e non impongono limitazioni aggiuntive sulle tecnologie relative alle assunzioni di *default* dei modelli.

- ² Incremento percentuale del valore attuale netto delle riduzioni di consumo in percentuale del consumo di base (per gli scenari dei modelli generali di equilibrio) e costi di abbattimento in percentuale del PIL di riferimento/*baseline* (per gli scenari dei modelli di equilibrio parziale) per il periodo 2015-2100, al tasso di sconto dal 5 % annuo.
- ³ No CCS: la CCS non è inclusa in questi scenari. Eliminazione del nucleare: nessuna aggiunta di centrali nucleari al di là di quelle in costruzione ed esercizio degli impianti esistenti fino alla fine della loro vita. Vento e sole limitati: un massimo del 20% di produzione mondiale di elettricità da energia solare ed eolica in qualsiasi anno di questi scenari. Bioenergia limitata: una fornitura massima di 100 EJ/yr di bioenergia innovativa a livello globale (il contributo delle bioenergie innovative usate per il calore, l'elettricità, le combinazioni e l'industria è stato di circa 18 EJ/anno nel 2008 [11.13.5]).
- ⁴ Aumento percentuale dei costi di mitigazione non attualizzati per i periodi 2030-2050 e 2050-2100.
- ⁵ La gamma è determinata dagli scenari centrali che comprendono dal 16° all'84° percentile del set degli scenari. Sono inclusi solo scenari con un orizzonte temporale fino al 2100. Alcuni modelli che sono inclusi nella gamma dei costi per livelli di concentrazione oltre i 530 ppm di CO_{2eq} nel 2100 non potevano produrre scenari associati per livelli di concentrazione inferiori a 530 ppm CO_{2eq} nel 2100 con ipotesi sulle disponibilità limitate di tecnologie o sulla ritardata azione di mitigazione supplementare.

Soltanto un numero limitato di studi ha esplorato scenari che *più probabilmente che no* riportano l'aumento della temperatura al di sotto di 1,5 °C rispetto ai livelli pre-industriali entro il 2100; questi scenari portano le concentrazioni atmosferiche sotto la soglia dei 430 ppm CO_{2eq} entro il 2100 (*alto grado di confidenza*). La valutazione di questi obiettivi è attualmente resa difficile dall'assenza di studi multi-modello che esplorino i suddetti scenari. I pochi studi consistenti con questi obiettivi generano scenari che prevedono (1) che vengano attuate immediatamente le azioni di mitigazione; (2) che ci sia un rapido miglioramento dell'intero portafoglio di tecnologie di mitigazione e (3) si percorra una traiettoria a bassa domanda di energia²⁰ [6.3, 7.11].

Gli scenari di mitigazione che prevedono il raggiungimento di 450 o 500 ppm CO_{2eq} entro il 2100 mostrano una riduzione dei costi per ottenere risultati riguardo alla qualità dell'aria e alla sicurezza energetica, con significativi co-benefici per salute umana, gli impatti eco-sistemici, l'adeguatezza delle risorse e la resilienza del sistema energetico; questi scenari non quantificano altri co-benefici o effetti collaterali negativi (*grado di confidenza medio*). Questi scenari di mitigazione mostrano miglioramenti in termini di adeguatezza delle risorse per soddisfare la domanda energetica nazionale nonché la resilienza del sistema di approvvigionamento energetico, con il risultato che i sistemi energetici sono meno vulnerabili alla volatilità dei prezzi e all'interruzione delle forniture. I benefici derivanti dai ridotti impatti sulla salute umana e sugli ecosistemi, associati ad importanti tagli alle emissioni di inquinanti atmosferici (Figura SPM.6), sono particolarmente alti laddove i controlli attualmente previsti dalla legge e quelli pianificati sono più deboli. Esiste una vasta gamma di co-benefici e di effetti collaterali negativi legati ad obiettivi aggiuntivi oltre alla qualità dell'aria e alla sicurezza energetica. Nel complesso, il potenziale dei co-benefici legati alle azioni sugli usi finali di energia supera il potenziale degli effetti collaterali negativi, mentre l'evidenza suggerisce che questo potrebbe non essere il caso per l'approvvigionamento energetico e per le misure AFOLU [WGIII 4.8, 5.7, 6.3.6, 6.6, 7.9, 8.7, 9.7, 10.8, 11.7, 11.13.6, 12.8, Figura TS.14, Tabella 6.7, Tabelle TS.3–TS.7; WGII 11.9].

Co-Benefits of Mitigation for Air Quality

Impact of Stringent Climate Policy on Air Pollutant Emissions
(Global, 2005-2050)

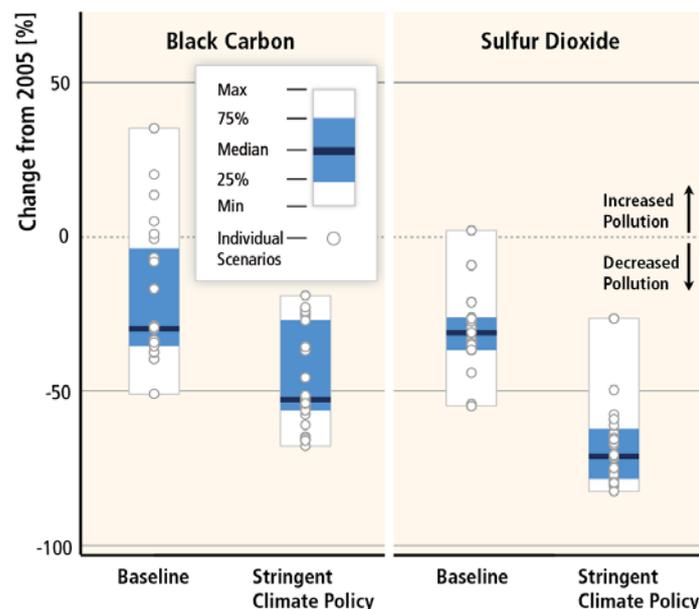


Figura SPM.6. Livelli di emissione di inquinanti atmosferici per il *black carbon* (BC) e l'anidride solforosa (SO₂) nel 2050 rispetto al 2005 (0 = livelli del 2005). Gli scenari di riferimento, senza ulteriori impegni per ridurre le emissioni di gas serra rispetto a quelli attualmente in atto, vengono confrontati con gli scenari e con le politiche di mitigazione rigorose, che sono coerenti con il raggiungimento dei livelli di concentrazione in atmosfera tra 430 e 530 ppm CO_{2eq} entro il 2100 [Figura 6.33].

²⁰ In questi scenari, le emissioni cumulative di CO₂ variano tra 655 e 815 GtCO₂ per il periodo 2011-2050 e tra i 90 e i 350 GtCO₂ per il periodo 2011-2100. Le emissioni globali di CO_{2eq} rispetto al 2010 sono inferiori del 70-95% al 2050 e del 110-120% al 2100.

Esiste una vasta gamma di possibili effetti collaterali negativi, nonché di co-benefici e di ricadute della politica climatica che non sono stati ben quantificati (*alto grado di confidenza*). Se questi effetti collaterali si materializzeranno o meno, e in che misura, dipenderà dalle circostanze e dal luogo, dalla scala, dalla portata e dalla rapidità di attuazione. Importanti esempi di ciò includono la conservazione della biodiversità, la disponibilità di acqua, la sicurezza alimentare, la distribuzione del reddito, l'efficienza del sistema fiscale, l'offerta di lavoro e l'occupazione, l'espansione urbana e la sostenibilità della crescita dei paesi in via di sviluppo [Box TS.11].

Gli sforzi di mitigazione e i costi associati variano da un paese all'altro negli scenari di mitigazione. La distribuzione dei costi tra i paesi può essere diversa dalla distribuzione delle azioni stesse (*alto grado di confidenza*). Negli scenari economicamente convenienti a livello mondiale, la maggior parte degli sforzi di mitigazione avviene nei paesi che hanno emissioni più alte negli scenari di riferimento. Alcuni studi che esplorano particolari contesti di sforzi condivisi, sotto l'ipotesi di un mercato globale del carbonio, hanno stimato notevoli flussi finanziari mondiali connessi alla mitigazione negli scenari che portano al 2100 alle concentrazioni atmosferiche di circa 450 fino a 500 ppm CO₂eq [Box 3.5, 4.6, 6.3.6, Tabella 6.4, Figura 6.9, Figura 6.27, Figura 6.28, Figura 6.29, 13.4.2.4].

Le politiche di mitigazione potrebbero svalutare il valore degli stock dei combustibili fossili e ridurre i vantaggi per gli esportatori di combustibili fossili, ma esistono differenze tra le regioni e i combustibili (*alto grado di confidenza*). La maggior parte degli scenari di mitigazione sono associati, per i maggiori esportatori, ad entrate ridotte per il commercio di carbone e petrolio (*alto grado di confidenza*). L'effetto della mitigazione sui proventi dell'esportazione di gas naturale è più incerto e alcuni studi mostrano i possibili benefici sui proventi stessi nel medio periodo fino al 2050 circa (*grado di confidenza medio*). La disponibilità della CCS potrebbe ridurre l'effetto negativo della mitigazione sul valore economico dell'uso dei combustibili fossili (*grado di confidenza medio*) [6.3.6, 6.6, 14.4.2].

SPM.4.2 Strategie e misure di mitigazione settoriali ed intersettoriali

SPM.4.2.1 Strategie e misure di mitigazione intersettoriali

Lo scenario di riferimento (*baseline*) prevede la crescita delle emissioni di GHG in tutti i settori, ad eccezione del settore AFOLU²¹ (*alto grado di evidenza, media condivisione*). Le emissioni del settore energetico continueranno a rappresentare la fonte maggiore di emissioni di GHG, a causa dei significativi aumenti delle emissioni indirette del consumo di elettricità del settore dell'industria e dell'edilizia. Nello scenario base, mentre le emissioni GHG diverse dalla CO₂ del settore AFOLU aumenteranno, le emissioni di CO₂ del settore declineranno nel tempo, e alcuni scenari prevedono che il settore diventi un assorbitore netto verso la fine del secolo (Figura SPM.7)²² [6.3.1.4, 6.8, Figura TS.15].

Lo sviluppo delle infrastrutture con un lungo ciclo di vita che impegnano le società in attività ad alta intensità di carbonio comportano alti costi di cambiamento, a conferma dell'importanza di agire tempestivamente per raggiungere obiettivi ambiziosi di mitigazione. (*alto grado di evidenza, alta condivisione*). Questo rischio di blocco è determinato dalla durata dell'infrastruttura, dalla differenza in termini di emissioni associate rispetto alle alternative e dall'entità dei costi di investimento. Di conseguenza, le risorse immobilizzate, collegate alla pianificazione delle infrastrutture, sono le più difficili da ridimensionare. I materiali, i prodotti e le infrastrutture con un lungo ciclo di vita e bassi livelli di emissioni possono facilitare la transizione verso percorsi a basse emissioni, mentre contribuiscono anche alla riduzione delle emissioni attraverso un minore impiego di materiali [5.6.3, 6.3.6.4, 9.4, 10.4, 12.3, 12.4].

Esistono forti interdipendenze negli scenari di mitigazione tra la tempistica con cui vengono introdotte le misure di mitigazione nel settore della generazione di energia e del consumo finale e gli sviluppi nel

²¹ Le emissioni nette di CO₂ AFOLU includono le emissioni e le rimozioni di CO₂ dal settore AFOLU, includendo il terreno a forestazione e, in alcune valutazioni, gli assorbimenti di CO₂ nei suoli agricoli.

²² La maggioranza degli *Earth System Model* validati in WGI AR5 prevedono un assorbimento continuativo di carbonio in tutti gli RCP fino al 2100, ma alcuni modelli simulano una perdita di carbonio dovuto all'effetto combinato del cambiamento climatico e del cambiamento di uso del suolo [WGI AR5 SPM.E.7, WGI 6.4].

settore AFOLU (*alto grado di confidenza*). La distribuzione degli sforzi di mitigazione tra i settori è fortemente influenzata dalla disponibilità e dalle *performance* del BECCS e dalla forestazione su larga scala. (Figura SPM.7). In particolare, questo legame si nota nello scenario che prevede una concentrazione di CO_{2eq} di circa 450 ppm entro il 2100. Le strategie di mitigazione sistemiche ed intersettoriali, ben progettate, offrono una maggiore efficienza economica nel taglio delle emissioni rispetto alla focalizzazione su singoli settori e tecnologie. Tradotto per il sistema energetico, significa ridurre l'intensità carbonica della generazione di energia, accelerare il passaggio verso vettori energetici a basse emissioni (compresa la produzione di elettricità *low carbon*) e la riduzione della domanda di energia nel settore dei consumi finali, evitando di compromettere lo sviluppo (Figura SPM.8). [6.3.5, 6.4, 6.8, 7.11, Tavola TS.2].

Gli scenari di mitigazione che raggiungono l'obiettivo delle 450 ppm di CO_{2eq} entro il 2100 mostrano cambiamenti su larga scala nel settore della fornitura di energia (*alto livello di evidenza, alta condivisione*). In questi scenari, le emissioni globali di CO₂ derivanti dalla produzione di energia declineranno nei prossimi dieci anni, e conseguiranno una riduzione del 90% o più rispetto ai livelli del 2010, tra il 2040 ed il 2070. Successivamente, le emissioni in molti scenari di questo tipo tenderanno a zero [6.3.4, 6.8, 7.1, 7.11].

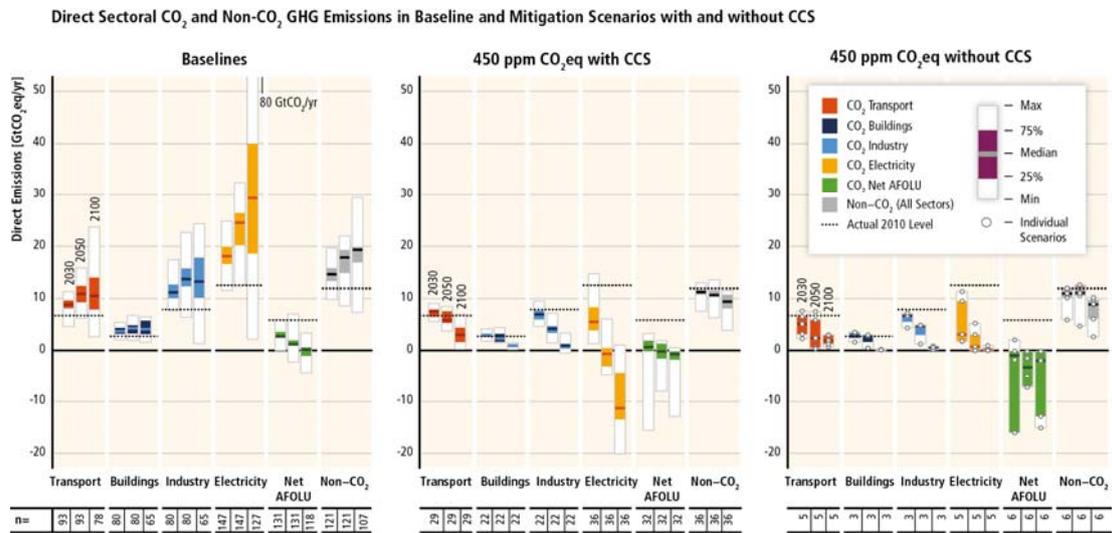


Figura SPM.7. Emissioni dirette di CO₂ totali, per settore e totali, per i GHG diversi dalla CO₂ (Gas di Kyoto) tra i settori nello scenario di mitigazione *baseline* (a sinistra) e gli scenari di mitigazione che raggiungono circa 450 (430–480) ppm di CO_{2eq} con la CCS (fascia centrale) e senza la CCS (parte di destra). I numeri in basso ai grafici si riferiscono al numero di scenari compresi nell'intervallo che si differenziano tra i settori e le tempistiche, per differenti soluzioni settoriali e orizzonti temporali dei modelli. Molti modelli non possono raggiungere la concentrazione di 450 ppm di CO_{2eq} entro il 2100 in assenza di CCS, come risulta dal minor numero di scenari riportati nella colonna di destra. [Figure 6.34 e 6.35].

I miglioramenti nell'efficienza e i cambiamenti nei comportamenti finalizzati a ridurre la domanda di energia rispetto allo scenario di base senza compromettere lo sviluppo, sono le strategie di mitigazione chiave negli scenari che raggiungono livelli di concentrazione atmosferica di CO_{2eq} di circa 450 o 500 ppm entro il 2100 (*alto grado di evidenza, alta condivisione*). Le riduzioni nel breve termine della domanda di energia sono un efficace *driver* di efficienza economica nelle strategie di mitigazione, offrono maggiore flessibilità per ridurre l'intensità carbonica della fornitura di energia, proteggono dai rischi associati al lato dell'offerta, evitano il blocco delle risorse in infrastrutture ad alta intensità di carbonio e comportano notevoli co-benefici. Studi integrati e settoriali offrono stime simili per la riduzione della domanda di energia nei settori trasporti, edilizia e industria per il 2030 e il 2050 (Figura SPM.8) [6.3.4, 6.6, 6.8, 7.11, 8.9, 9.8, 10.10].

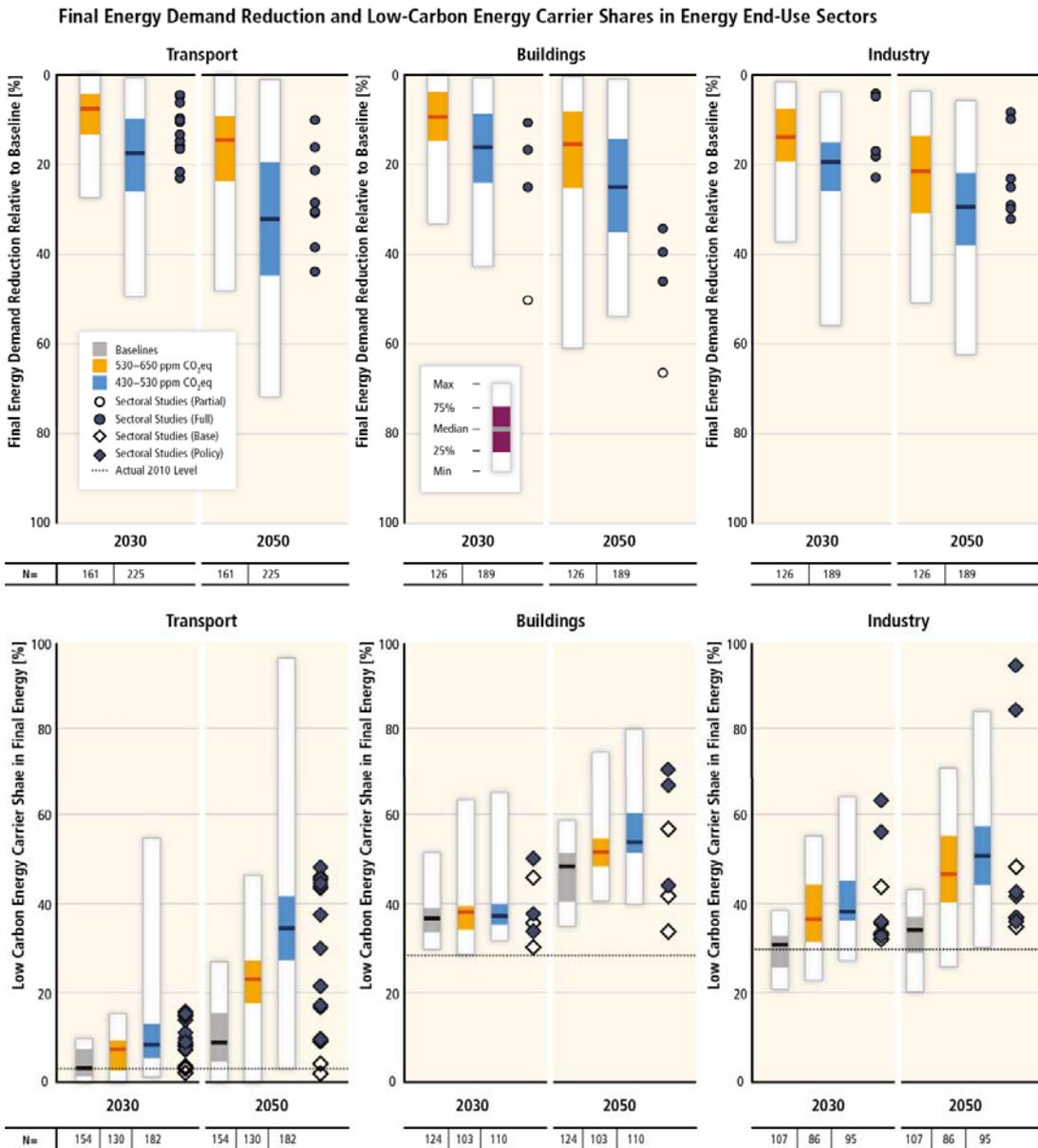


Figura SPM.8. Riduzione della domanda finale di energia collegata allo scenario *baseline* (parte superiore) e percentuali di vettori energetici *low carbon* nel consumo finale (parte inferiore) nei settori trasporti, edilizia e industria al 2030 e al 2050 in scenari con due diverse categorie di concentrazione di CO₂e rispetto agli studi settoriali valutati nei capitoli 8 e 10. Le riduzioni della domanda riportate da questi scenari non compromettono lo sviluppo. I vettori energetici *low carbon* includono l'elettricità, l'idrogeno, e i biocarburanti nei trasporti, l'elettricità negli edifici, l'elettricità, il calore, l'idrogeno e le bioenergie nell'industria. I numeri in fondo ai grafici riportano il numero di scenari considerati negli intervalli nei quali sussistono le differenze tra i settori e nelle tempistiche, a causa di diverse soluzioni settoriali e dei diversi orizzonti temporali dei modelli. [Figure 6.37 e 6.38]

I comportamenti, lo stile di vita e la cultura hanno un'influenza considerevole sul consumo di energia e sulle emissioni associate, ed in alcuni settori presentano un alto potenziale di mitigazione, soprattutto se accompagnati da cambiamenti strutturali e tecnologici²³ (*medio livello di evidenza, media condivisione*). Le emissioni possono essere notevolmente ridotte attraverso cambiamenti nelle modalità di consumo (ad esempio attraverso le scelte per la mobilità, il consumo di energia nel residenziale, la scelta di prodotti con

²³ I cambi strutturali si riferiscono alle trasformazioni sistemiche dove alcune componenti sono o cambiate o potenzialmente sostituite da altre componenti (vedi il Glossario WGIII AR5).

un ciclo di vita più lungo), i cambiamenti nell'alimentazione e la riduzione dello spreco di cibo. Una serie di opzioni che prevedono incentivi monetari e non, così come la diffusione delle informazioni, può accelerare il cambiamento dei comportamenti [6.8, 7.9, 8.3.5, 8.9, 9.2, 9.3, 9.10, Box 10.2, 10.4, 11.4, 12.4, 12.6, 12.7, 15.3, 15.5, Tavola TS.2].

SPM.4.2.2 Fornitura di energia

Nello scenario base valutato in AR5, le emissioni dirette di CO₂ associate alla fornitura di energia raddoppieranno o triplicheranno entro il 2050, rispetto al livello di 14.4 GtCO₂/anno registrato nel 2010, in assenza di significativi miglioramenti dell'intensità energetica in grado di incidere maggiormente rispetto alle misure finora messe in atto (medio grado di evidenza, media condivisione). Negli ultimi dieci anni, il maggior contributo alla crescita delle emissioni è stato causato dalla crescita della domanda di energia e dall'aumento della percentuale di generazione elettrica da carbone nel mix energetico. La sola disponibilità di altri combustibili fossili non sarà sufficiente a limitare la concentrazione di CO_{2eq} a livelli di 450 ppm, 550 ppm, o 650 ppm [6.3.4, 7.2, 7.3, Figure 6.15, SPM.2, SPM.7].

Decarbonizzare la generazione di elettricità (ovvero, ridurre l'intensità carbonica) è una azione chiave delle strategie di mitigazione costo-efficienti per raggiungere la stabilizzazione a bassi livelli (430–530 ppm di CO_{2eq}); nella maggior parte degli scenari basati su modelli integrati, la decarbonizzazione avviene più rapidamente nella generazione di elettricità rispetto ai settori industriale, edilizia e trasporti (medio livello di evidenza, alta condivisione) (Figura SPM.7). Nella maggior parte degli scenari in cui si riescono a stabilizzare bassi livelli di emissioni, la percentuale di generazione di energia *low carbon* (incluse le energie rinnovabili, il nucleare e la CCS) aumenta rispetto alla percentuale attuale del 30% fino ad oltre 80% entro il 2050, e la generazione da combustibili fossili senza CCS viene quasi interamente azzerata entro il 2100 [6.8, 7.11, Figure 7.14, TS.18, SPM.7].

Fin dalla stesura dell'AR4, molte tecnologie rinnovabili hanno registrato sostanziali riduzioni dei costi e miglioramenti delle performance, ed un numero crescente di tecnologie rinnovabili sta raggiungendo un livello di maturità tecnologica che consente la loro scalabilità ad ampio raggio (alto livello di evidenza, alta condivisione). Rispetto alla sola generazione di elettricità, le rinnovabili hanno rappresentato oltre il 50% della nuova capacità installata a livello globale nel 2012, grazie al crescente ruolo dell'eolico, dell'idroelettrico e del solare. Molte tecnologie rinnovabili continuano comunque ad aver bisogno di supporti diretti e/o indiretti, se si vuole ottenere un significativo aumento della loro quota di mercato; le politiche di supporto alle tecnologie rinnovabili hanno avuto successo nel guidare il recente sviluppo delle fonti rinnovabili. Le criticità per l'integrazione delle energie rinnovabili e i costi associati variano in base alla tecnologia energetica rinnovabile considerata, le specificità regionali e le caratteristiche delle altre parti del sistema energetico (medio livello di evidenza, media condivisione) [7.5.3, 7.6.1, 7.8.2, 7.12, Tavola 7.1].

L'energia nucleare è una fonte baseload matura di energia a bassa intensità di carbonio, ma la sua quota di generazione nel mix globale è in diminuzione dal 1993. L'energia nucleare potrebbe dare un crescente apporto alla fornitura di energia low carbon, ma sussiste una serie di ostacoli e di rischi (alto livello di evidenza, alta condivisione). Le criticità afferiscono ai rischi operativi e alle criticità associate, ai rischi per l'estrazione dell'uranio, l'irrisolta questione delle scorie, il rischio di proliferazione di armi nucleari, e l'opposizione dell'opinione pubblica (alto livello di evidenza, alta condivisione). Sono stati studiati nuovi cicli del combustibile e nuove tecnologie dei reattori che rispondono ad alcune di queste criticità, e ci sono progressi nella ricerca e sviluppo per rispondere alle sfide per la sicurezza dello stoccaggio delle scorie [7.5.4, 7.8, 7.9, 7.12, Figura TS.19].

Le emissioni GHG della generazione di energia possono essere significativamente ridotte sostituendo gli impianti a carbone esistenti con cicli combinati moderni ed altamente efficienti a gas, o combinando la generazione di calore e di elettricità, a patto che il gas naturale sia disponibile e le emissioni associate al processo di estrazione siano basse o vengano mitigate (alto livello di evidenza, alta condivisione). Negli scenari di mitigazione che raggiungono una concentrazione di CO_{2eq} di circa 450 ppm di CO_{2eq} al 2100, la generazione da gas naturale senza CCS funge da tecnologia ponte, con una diffusione che cresce per poi diminuire al di sotto dei livelli attuali entro il 2050 e declinare ulteriormente nella seconda metà del secolo (alto livello di evidenza, alta condivisione) [7.5.1, 7.8,

7.9, 7.11, 7.12].

Le tecnologie per la cattura e lo stoccaggio della CO₂ (CCS) potrebbero ridurre le emissioni GHG degli impianti di generazione fossile (*medio livello di evidenza, media condivisione*). Mentre tutti i componenti dei sistemi integrati della CCS vengono oggi utilizzati nell'estrazione dei combustibili fossili e nell'industria della raffinazione, la CCS non è ancora stata applicata su larga scala. Gli impianti con la CCS potrebbero divenire commerciali se venissero incentivati attraverso strumenti regolatori e/o se diventassero competitivi rispetto agli impianti della stessa tipologia privi di CCS, ad esempio se i costi addizionali operativi e di investimento venissero compensati da un prezzo del carbonio sufficientemente alto (o da supporti finanziari diretti). Per assicurare uno sviluppo futuro su larga scala della CCS, è necessario definire accuratamente le regole per le responsabilità nel breve e nel lungo termine dello stoccaggio, tanto quanto gli incentivi economici. Le barriere allo sviluppo su larga scala delle tecnologie CCS includono le criticità legate alla sicurezza operativa e all'integrità a lungo termine dello stoccaggio della CO₂, ed ai rischi collegati al trasporto. Esiste, comunque, una corposa letteratura su come assicurare l'integrità della CO₂, sulle potenziali conseguenze della pressione generata tra le formazioni geologiche a causa dello stoccaggio della CO₂ (ad esempio, la correlazione con gli eventi sismici) e sugli impatti potenziali per la salute e l'ambiente causati da fughe della CO₂ (*basso livello di evidenza, media condivisione*) [7.5.5, 7.8, 7.9, 7.11, 7.12, 11.13].

La combinazione di CCS e bioenergie (BECCS) offre la prospettiva di una fornitura di energia su larga scala con emissioni nette negative che gioca un importante ruolo in molti scenari di stabilizzazione a basse concentrazioni, sebbene comporti criticità e rischi (*basso livello di evidenza, media condivisione*). Le criticità e i rischi includono quelli associati alla disponibilità di risorse per la generazione da biomasse su larga scala, così come i rischi associati alla stessa tecnologia CCS. [7.5.5, 7.9, 11.13]

SPM.4.2.3 Usi finali dell'energia

Trasporti

Il settore trasporti nel 2010 ha rappresentato il 27% del consumo finale di energia, pari a 6.7 Gt di emissioni dirette di CO₂, e lo scenario di riferimento prevede che approssimativamente le emissioni di CO₂ raddoppieranno entro il 2050 (*medio livello di evidenza, media condivisione*). L'aumento delle emissioni di CO₂ causato dalla crescita del numero di passeggeri e del trasporto merci a livello globale, potrebbe in parte annullare le misure future di mitigazione, tra cui i miglioramenti dell'intensità carbonica dei carburanti e dell'efficienza, lo sviluppo di infrastrutture, i cambiamenti nei comportamenti d'uso e l'implementazione di politiche di ampio raggio (*alto grado di confidenza*). Una riduzione globale delle emissioni totali di CO₂ dei trasporti del 15–40%, rispetto alla crescita dello scenario *baseline*, potrebbe essere raggiunta nel 2050 (*medio livello di evidenza, media condivisione*) [Figure TS.15, 6.8, 8.1, 8.2, 8.9, 8.10].

Le misure di mitigazione tecniche e comportamentali, declinate per tutte le modalità di trasporto ed unite ad investimenti in nuove infrastrutture e nella riprogettazione urbana, hanno il potenziale di ridurre la domanda finale di energia di circa il 40% rispetto allo scenario *baseline* nel 2050, e il potenziale di mitigazione valutato risulta essere maggiore dei risultati riportati in AR4 (*alto livello di evidenza, media condivisione*). I miglioramenti previsti nell'efficienza energetica e nelle *performance* dei veicoli è compreso tra il 30 e il 50% nel 2030 rispetto al 2010, in base alla modalità di trasporto ed alla tipologia di veicolo (*medio livello di evidenza, media condivisione*). Uno sviluppo urbano integrato, uno sviluppo orientato al cambiamento e alla transizione, configurazioni urbane più compatte che favoriscono lo sviluppo della mobilità pedonale e ciclabile, hanno il potenziale di innescare il trasferimento modale, e lo stesso obiettivo verrà raggiunto, a lungo termine, attraverso la riqualificazione urbana e gli investimenti in nuove infrastrutture, tra cui i sistemi ferroviari ad alta velocità che riducono la domanda di trasporto aereo di corto raggio (*medio livello di evidenza, media condivisione*). Queste misure di mitigazione sono complesse da implementare, presentano risultati incerti, e potrebbero ridurre le emissioni di GHG del settore trasporti del 20–50% nel 2050 rispetto allo scenario *baseline* (*basso livello di evidenza, bassa condivisione*) [8.2, 8.3, 8.4, 8.5, 8.6, 8.7, 8.8, 8.9, 12.4, 12.5, Figura SPM.8 parte superiore].

Le strategie per ridurre l'intensità carbonica dei carburanti e il tasso di riduzione dell'intensità carbonica, sono limitati da criticità legate allo stoccaggio dell'energia e alla relativamente bassa densità energetica dei carburanti a bassa intensità di carbonio (medio grado di confidenza). Studi integrati e settoriali concordano ampiamente sul fatto che le opportunità per il passaggio ai carburanti a bassa intensità di carbonio nel breve periodo esistono e sono destinate a crescere nel tempo. La domanda di metano è aumentata nei settori dei veicoli su strada e dei natanti. L'elettricità prodotta da fonti a basso tenore di carbonio ha il potenziale a breve termine per sostenere il trasporto elettrico su rotaia, e nel breve-medio termine alimenterà gli autobus elettrici, i veicoli stradali leggeri e a due ruote. Produrre combustibili a idrogeno da fonti a basso tenore di carbonio è un'opzione a più lungo termine. I biocombustibili liquidi e gassosi disponibili in commercio forniscono già uno strumento di mitigazione che offre benefici multipli, e che verrà rafforzato dagli sviluppi della tecnologia. Ridurre le emissioni di particolato del trasporto (tra cui il nerofumo - *black carbon*), di ozono ed aerosol precursori troposferici (compresi gli NOx) comporta nel breve termine benefici multipli in termini di salute umana e di mitigazione (*medio livello di evidenza, media condivisione*) [8.2, 8.3, 11.13, Figura TS.20, parte destra].

L'efficacia economica delle differenti misure di riduzione del carbonio varia notevolmente in base al tipo di veicolo ed alla modalità di trasporto (alto livello di evidenza). I costi *levelized* del carbonio possono essere molto bassi o negativi per molte misure comportamentali a breve termine e per i miglioramenti di efficienza energetica per i veicoli stradali leggeri e pesanti e per i natanti. Nel 2030, per alcuni veicoli elettrici, aerei e treni ad alta velocità i costi livellati potrebbero essere superiori a 100 USD/tCO₂ evitata (*basso livello di evidenza, media condivisione*) [8.6, 8.8, 8.9, Figura TS.21, TS.22].

Le differenze regionali influenzano la scelta delle opzioni di mitigazione del settore trasporti (alto livello di confidenza). Le barriere istituzionali, legali, finanziarie e culturali limitano l'adozione delle tecnologie *low carbon* e i cambiamenti comportamentali. Le infrastrutture esistenti possono limitare le opzioni per il trasferimento modale e favorire un maggiore ricorso a tecnologie avanzate per i veicoli stradali; il rallentamento della crescita della domanda di veicoli leggeri è già evidente in alcuni paesi OECD. In tutte le economie, in particolare in quelle con forte crescita dell'urbanizzazione, gli investimenti nel trasporto pubblico e in infrastrutture *low-carbon* può evitare il blocco in favore delle attività ad alta intensità di carbonio. Dare priorità alle infrastrutture per i pedoni ed integrare i servizi non motorizzati con quelli di trasporto sono leve capaci di creare co-benefici economici e sociali in tutte le regioni (*medio livello di evidenza, media condivisione*) [8.4, 8.8, 8.9, 14.3, Tavola 8.3].

Le strategie di mitigazione, se associate a politiche non climatiche a tutti i livelli di governo, contribuiscono al disaccoppiamento delle emissioni di carbonio dei trasporti dalla crescita economica in tutte le regioni (medio livello di confidenza). Queste strategie aiutano a ridurre la domanda di trasporto, incentivano il settore del trasporto merci a ridurre l'intensità carbonica della logistica e favoriscono i trasferimenti modali, tanto quanto offrono benefici multipli tra cui il miglioramento dell'accesso e della mobilità, migliori condizioni di salute e sicurezza, maggiore sicurezza energetica e risparmi di tempo e di costi (*medio livello di evidenza, alta condivisione*) [8.7, 8.10].

Edilizia

Nel 2010 l'edilizia²⁴ ha rappresentato il 32% del consumo finale di energia, generando 8.8 Gt di emissioni dirette e indirette di CO₂. Lo scenario *baseline* di riferimento prevede che la domanda di energia del settore approssimativamente raddoppierà, e le emissioni di CO₂ associate aumenteranno del 50–150% entro la metà del secolo (medio livello di evidenza, media condivisione). La crescita della domanda di energia è spinta dal miglioramento del livello di benessere, dal cambiamento degli stili di vita, dalla possibilità di accedere a servizi energetici moderni, da abitazioni adeguate e dall'urbanizzazione. Esistono significativi rischi di blocco associati ai lunghi cicli di vita degli edifici e delle infrastrutture associate, ed i rischi sono di particolare importanza nelle regioni con alti tassi di urbanizzazione (*alto livello di evidenza, alta condivisione*) [9.4, Figura TS.15].

I recenti sviluppi delle politiche, del *know-how* e delle tecnologie offrono l'opportunità di stabilizzare o

²⁴ Il settore edilizio copre i settori residenziale, commerciale, pubblico e dei servizi; le emissioni delle fasi di costruzione sono assegnate all'industria.

ridurre il consumo di energia degli edifici entro la metà del secolo (*alto livello di evidenza, alta condivisione*). L'adozione di standard energetici molto elevati nelle nuove costruzioni è una leva cruciale che ha accresciuto la propria importanza dal tempo dell'AR4. Gli interventi di *retrofit* costituiscono un elemento chiave della strategia di mitigazione nei paesi con un parco edilizio già formato, consentendo di raggiungere riduzioni del 50-90% nell'uso di energia per il raffreddamento e il riscaldamento degli edifici. I recenti miglioramenti nei costi e nelle *performance* rende la costruzione di nuovi edifici a basse emissioni e la riqualificazione dell'esistente un'opzione economicamente conveniente, in certi casi presenta persino costi negativi (vantaggi) [9.3].

La cultura, gli stili di vita e i comportamenti influenzano significativamente il consumo di energia degli edifici (*basso livello di evidenza, alta condivisione*). È stato dimostrato che è possibile raggiungere una riduzione da tre a cinque volte nel consumo di energia attraverso la fornitura di sistemi energetici innovativi agli edifici. Nei paesi sviluppati, gli scenari indicano che lo stile di vita e i cambiamenti comportamentali potrebbero ridurre la domanda di energia fino al 20% nel breve termine, e fino al 50% rispetto ai livelli attuali entro la metà del secolo. Nei paesi in via di sviluppo, integrare gli stili di vita tradizionali con pratiche di progetto e costruzione, faciliterebbe la fornitura di servizi energetici di alto livello con minori consumi di energia rispetto allo scenario *baseline*. [9.3]

La maggior parte delle strategie di mitigazione per il settore edilizio comportano benefici multipli e considerevoli, in aggiunta ai risparmi sui costi energetici (*alto livello di evidenza, alta condivisione*). I benefici riguardano miglioramenti della sicurezza energetica, delle condizioni di salute (ad esempio attraverso l'utilizzo di forni a biomasse), delle *performance* ambientali, della produttività dei luoghi di lavoro, la riduzione della scarsità energetica e benefici per l'occupazione. Gli studi che hanno monetizzato questi benefici multipli riscontrano che le ricadute positive spesso superano i risparmi sui costi energetici, e probabilmente anche i benefici climatici (*medio livello di evidenza, media condivisione*) [9.6, 9.7, 3.6.3].

Le forti barriere, tra cui la spartizione degli incentivi (ad esempio tra i costruttori che sostengono i costi delle tecnologie innovative e gli affittuari che beneficiano dei risparmi conseguiti), i mercati frammentati e l'accesso inadeguato alle informazioni ed ai finanziamenti, ostacolano l'assorbimento nel mercato delle opportunità economicamente efficaci. Le barriere possono essere superate attraverso interventi politici che affrontano tutte le fasi del ciclo di vita delle costruzioni e degli elettrodomestici (*alto livello di evidenza, alta condivisione*) [9.8, 9.10, 16, Box 3.10].

Lo sviluppo di un portafoglio di politiche per l'efficienza energetica e la loro implementazione ha compiuto notevoli passi in avanti rispetto al precedente AR4. Le regole per l'edilizia e gli standard applicativi, se ben progettati ed implementati, hanno rappresentato uno degli strumenti più efficaci dal punto di vista economico e ambientale per ridurre le emissioni (*alto livello di evidenza, alta condivisione*). In alcuni paesi sviluppati queste misure hanno contribuito a stabilizzare o a ridurre il fabbisogno totale dell'edilizia. Il rafforzamento sostanziale di queste regole, l'estensione della loro adozione ad altri ordinamenti e a più tipologie di edilizia ed al comparto degli elettrodomestici, saranno fattori chiave nel raggiungimento di obiettivi climatici ambiziosi [9.10, 2.6.5.3].

Industria

Nel 2010, il settore dell'industria ha rappresentato il 28% dei consumi finali di energia, a fronte di 13 Gt di emissioni di CO₂, comprese le emissioni dirette e indirette e le emissioni di processo. Nello scenario *baseline* valutato in AR5, le emissioni del settore aumenteranno del 50–150% entro il 2050, a meno di una significativa accelerazione dei miglioramenti di efficienza energetica (*medio livello di evidenza, media condivisione*). Le emissioni del settore industria hanno rappresentato nel 2010 oltre il 30% delle emissioni globali di GHG, e attualmente sono superiori alla somma delle emissioni dei settori edilizia e trasporti [SPM.3, Figura SPM.7, 10.3].

L'intensità energetica del settore industriale potrebbe essere direttamente ridotta di circa il 25% rispetto al livello attuale attraverso la riqualificazione su larga scala, la sostituzione e la diffusione delle migliori tecnologie disponibili, in particolare nei paesi in cui non sono ancora in uso, e nei settori non energetici ad alta intensità (*alto grado di evidenza, alta condivisione*). Riduzioni aggiuntive dell'intensità energetica di circa il 20% potrebbero essere realizzate attraverso l'innovazione (*basso livello di evidenza, media*

condivisione). Le barriere all'implementazione dell'efficienza energetica sono legate in ampia misura ai costi iniziali di investimento ed alla mancanza di informazioni. I programmi informativi sono gli strumenti più efficaci per promuovere l'efficienza energetica, seguiti dagli strumenti economici, dalle normative e dalle iniziative volontarie [10.7, 10.9, 10.11].

I miglioramenti nell'efficienza delle emissioni di GHG e nell'efficienza nell'uso dei materiali, nel riciclo e nel riutilizzo dei prodotti e dei materiali e una riduzione globale della domanda dei prodotti (ad esempio attraverso un loro uso più duraturo) e della domanda di servizi, in aggiunta all'efficienza energetica, contribuiscono a ridurre le emissioni GHG al di sotto del livello *baseline* di riferimento nel settore industriale (medio livello di evidenza, alta condivisione). Molte opzioni di riduzione delle emissioni sono economicamente convenienti ed efficaci e comportano benefici (una migliore conformità ambientale, benefici per la salute, ecc.). Nel lungo termine, il passaggio a fonti di elettricità a basso tenore di carbonio, nuovi processi industriali, innovazioni radicali di prodotto (ad esempio, alternative al cemento), o la CCS (ad esempio, per attenuare le emissioni di processo) potrebbero contribuire a significative riduzioni delle emissioni di gas serra. La mancanza di politiche e di esperienza nei materiali e nei prodotti legati ai servizi di efficienza energetica costituiscono i principali ostacoli [10.4, 10.7, 10.8, 10.11].

Le emissioni di CO₂ coprono la maggior parte delle emissioni GHG del settore industriale, ma esistono importanti opportunità di mitigazione anche per i gas diversi dalla CO₂ (alto livello di evidenza, alta condivisione). CH₄, N₂O e i gas fluorurati emessi dall'industria hanno contato per 0.9 Gt di CO₂eq nel 2010. Le maggiori opportunità di mitigazione includono la riduzione delle emissioni degli idrofluorocarburi attraverso l'ottimizzazione dei processi, il recupero, il riciclaggio e la sostituzione del refrigerante, anche se continuano a sussistere delle barriere [Tavole 10.2, 10.7].

Gli approcci sistemici e le attività condivise tra i settori e le industrie riducono il consumo di materia e di energia e quindi le emissioni di GHG (alto livello di evidenza, alta condivisione). L'applicazione di tecnologie (ad esempio, i motori ad alta efficienza) e di misure trasversali (ad esempio la riduzione delle perdite di aria o di vapore) sia nelle grandi industrie ad alta intensità energetica che nelle piccole e medie imprese, può migliorare le prestazioni dei processi e l'efficienza degli impianti. La cooperazione tra le imprese (ad esempio, nei parchi industriali) e tra i settori include la condivisione delle infrastrutture, delle informazioni e l'utilizzo dei reflui termici [10.4, 10.5].

Le opzioni importanti per la mitigazione nella gestione dei rifiuti corrispondono alla riduzione dei rifiuti, seguita dal riutilizzo, riciclaggio e recupero di energia (alto livello di evidenza, alta condivisione). I rifiuti e le acque reflue nel 2010 hanno emesso 1,5 GtCO₂eq nel 2010. Poiché la quota di materiale riciclato o riutilizzato è ancora bassa (ad esempio, a livello globale, viene riciclato circa il 20% dei rifiuti solidi urbani), le tecnologie di trattamento dei rifiuti e il recupero energetico per ridurre la domanda di combustibili fossili può portare a notevoli riduzioni delle emissioni provocate dall'attività di smaltimento dei rifiuti [10.4, 10.14].

SPM.4.2.4 Agricoltura, Foreste ed Altri Usi del Territorio (AFOLU)

Il settore AFOLU rappresenta circa un quarto (~10–12GtCO₂eq/anno) delle emissioni antropogeniche di GHG, principalmente a causa della deforestazione, delle emissioni del suolo agricolo, della gestione dei nutrienti e dell'allevamento (medio livello di evidenza, alta condivisione). Stime più recenti indicano un calo nel settore AFOLU dei flussi di CO₂, in gran parte dovuto alla diminuzione dei tassi di deforestazione e ad un maggiore rimboschimento. Tuttavia, l'incertezza della serie storica delle emissioni del settore AFOLU è maggiore rispetto agli altri settori, ed esistono ulteriori incertezze legate alla previsione delle emissioni del settore AFOLU nello scenario *baseline*. Tuttavia, in futuro, le emissioni annue di CO₂ del settore AFOLU diminuiranno e le emissioni nette saranno potenzialmente meno della metà del livello del 2010 entro il 2050, e vi è la possibilità che il settore AFOLU diventi un assorbitore netto di CO₂ entro la fine del secolo (*medio livello di evidenza, alta condivisione*) [6.3.1.4, 11.2, Figure 6.5, SPM.7].

Il settore AFOLU ha un ruolo centrale per la sicurezza alimentare e lo sviluppo sostenibile. Le opzioni di mitigazione più redditizie nel settore forestale sono il rimboschimento, la gestione sostenibile delle foreste e la riduzione della deforestazione, con grandi differenze di importanza relativa tra le regioni. In agricoltura, le opzioni di mitigazione più convenienti sono la gestione terreni coltivati, la gestione dei

pascoli e il ripristino dei terreni organici (*medio livello di evidenza, alta condivisione*). Il potenziale economico delle misure di mitigazione dal lato dell'offerta è stimato in 7,2-11 GtCO_{2eq}/anno²⁵ nel 2030 per gli sforzi di mitigazione coerenti con prezzi²⁶ del carbonio fino a 100 USD/tCO_{2eq}, circa un terzo dei quali può essere raggiunto ad un prezzo <20 USD/tCO_{2eq} (*medio livello di evidenza, media condivisione*). Esistono delle potenziali barriere all'implementazione delle misure di mitigazione disponibili [11.7, 11.8]. Le misure dal lato della domanda, i cambiamenti nell'alimentazione e la riduzione delle perdite nella catena di fornitura del cibo hanno un potenziale incerto ma significativo di riduzione delle emissioni derivanti dalla produzione di cibo (*medio livello di evidenza, media condivisione*). Le stime variano da circa 0.76 a 8.6 Gt di CO_{2eq}/anno al 2050 (*basso livello di evidenza, media condivisione*) [11.4, 11.6, Figura 11.14].

Le politiche relative alle pratiche agricole e alla conservazione e gestione delle foreste sono più efficaci se coinvolgono sia la mitigazione che l'adattamento. Alcune opzioni di mitigazione nel settore AFOLU (come le riserve di carbonio del suolo e quelle forestali) possono essere vulnerabili al cambiamento climatico (*medio livello di evidenza, alta condivisione*). Se implementate in modo sostenibile, le attività per ridurre le emissioni da deforestazione e degrado delle foreste (REDD+²⁷ è un esempio progettato per essere sostenibile) sono opzioni politiche economiche per mitigare il cambiamento climatico, con potenziali co-benefici economici, sociali, ambientali e di adattamento (ad esempio, la conservazione della biodiversità e delle risorse idriche e la riduzione dell'erosione del suolo) (*basso livello di evidenza, alta condivisione*) [11.3.2, 11.10].

La bioenergia può svolgere un ruolo fondamentale per la mitigazione, ma esistono aspetti da considerare, tra cui la sostenibilità delle pratiche e l'efficienza dei sistemi bioenergetici (*alto livello di evidenza, media condivisione*) [11.4.4, Box 11.5, 11.13.6, 11.13.7]. Gli ostacoli alla diffusione su larga scala delle bioenergie riguardano criticità circa le emissioni di gas a effetto serra provenienti dalla terra, riguardo alla sicurezza alimentare, alle risorse idriche, alla conservazione della biodiversità ed ai mezzi di sussistenza. Rimane irrisolto il dibattito scientifico riguardo l'impatto globale del clima legato agli effetti della competizione nell'uso del suolo degli specifici percorsi bioenergetici (*elevato livello di evidenza, alta condivisione*) [11.4.4, 11.13]. Le tecnologie bioenergetiche sono molteplici e abbracciano una vasta gamma di opzioni e percorsi tecnologici. L'esperienza suggerisce che le opzioni con basse emissioni del ciclo di vita (tra cui, canna da zucchero, Miscanthus, specie arboree a crescita rapida e uso sostenibile dei residui di biomassa), alcune già disponibili, sono in grado di ridurre le emissioni di gas a effetto serra; i risultati dipendono dalla specificità dei siti e prevedono sistemi efficienti che integrano sistemi a biomassa a bioenergia, *governance* e gestione sostenibile del territorio. In alcune regioni, le opzioni specifiche di bioenergia, tra cui il miglioramento delle caldaie, il biogas su piccola scala e la produzione di bioenergia, potrebbero ridurre le emissioni di gas a effetto serra e migliorare le condizioni di vita e di salute in un contesto di sviluppo sostenibile (*medio livello di evidenza, media condivisione*) [11.13].

SPM.4.2.5 Insediamenti Umani, infrastrutture e pianificazione territoriale

L'urbanizzazione è un trend globale che si associa all'aumento dei redditi, e più alti redditi nelle aree urbane sono correlati ad un maggior consumo di energia e a maggiori emissioni GHG (*medio livello di evidenza, alta condivisione*). Dal 2011, oltre il 52% della popolazione globale vive nelle città. Nel 2006, le aree urbane hanno rappresentato il 67–76% del consumo di energia e il 71–76% delle emissioni di CO₂ collegate al consumo di energia. Entro il 2050, la popolazione nelle aree urbane raggiungerà 5.6–7.1 miliardi, ovvero il 64–69% della popolazione globale. Le città che fanno parte dei Paesi non Annesso I generalmente presentano livelli più elevati di consumo di energia rispetto alla media nazionale, mentre le città dei Paesi Annesso I hanno un livello di consumo pro capite più basso rispetto alla media nazionale (*medio livello di evidenza, media condivisione*) [12.2, 12.3].

I prossimi due decenni sono una finestra di opportunità per la mitigazione nelle aree urbane, dato che

²⁵ Intervallo totale di tutti gli studi: 0.49–11 GtCO_{2eq}/anno

²⁶ In molti modelli utilizzati per valutare i costi economici della mitigazione, il prezzo del carbonio viene spesso usato come *proxy* rappresentativo del grado di impegno nelle politiche di mitigazione (vedi Glossario WGIII AR5).

²⁷ vedi Glossario WGIII AR5.

gran parte delle aree urbane a livello globale si svilupperà durante questo periodo (*basso livello di evidenza, alta condivisione*). Tenendo conto della diminuzione della densità di popolazione urbana, della continua crescita economica e demografica, si determinerà l'espansione della copertura del suolo urbano del 56-310% tra il 2000 e il 2030 [12.2, 12.3, 12.4, 12.8].

Le opzioni di mitigazione nelle aree urbane variano in base ai percorsi di urbanizzazione e dovrebbero essere più efficaci se gli strumenti politici vengono introdotti attraverso pacchetti integrati di provvedimenti (*alto livello di evidenza, alta condivisione*). Le infrastrutture e l'architettura urbana sono fortemente interdipendenti con gli usi del suolo già stabiliti, le scelte nei trasporti, le politiche abitative e i comportamenti. Le strategie efficaci di mitigazione coinvolgono i pacchetti integrati di politiche che si rafforzano reciprocamente, compreso la integrazione tra aree ad alta densità abitativa con alti livelli di occupazione, l'integrazione degli usi del territorio, il miglioramento dell'accessibilità, gli investimenti nel trasporto pubblico ed altre misure di gestione della domanda [8.4, 12.3, 12.4, 12.5, 12.6].

Le maggiori opportunità di mitigazione relative agli insediamenti umani afferiscono all'urbanizzazione delle aree dove l'architettura urbana e le infrastrutture non sono già stabilite, sebbene spesso sussistano limiti nelle capacità di governance e nelle tecniche finanziarie ed istituzionali (*alto livello di evidenza, alta condivisione*). La maggior parte della crescita urbana è prevista nelle città medie e piccole dei paesi in via di sviluppo. La fattibilità degli strumenti di pianificazione territoriale per la mitigazione dei cambiamenti climatici è fortemente dipendente dalle capacità finanziarie e di *governance* delle città [12.6, 12.7].

Migliaia di città hanno intrapreso piani di azione climatica, ma il loro impatto complessivo sulle emissioni urbane è incerto (*alto livello di evidenza, alta condivisione*). La valutazione sistematica della loro attuazione, in relazione agli obiettivi di riduzione raggiunti o alle riduzioni delle emissioni, è stata scarsa. Gli attuali piani di azione climatica si concentrano in gran parte sull'efficienza energetica. Pochi piani di azione climatica considerano le strategie di pianificazione territoriale e le misure intersettoriali al fine di ridurre la proliferazione (*sprawl*) e promuovere uno sviluppo orientato alla transizione²⁸ [12.6, 12.7, 12.9].

Il successo dell'attuazione delle strategie di mitigazione dei cambiamenti climatici su scala urbana offre benefici multipli (*alto livello di evidenza, alta condivisione*). Le aree urbane di tutto il mondo continuano a lottare per combattere molte sfide, fra cui garantire l'accesso all'energia limitando l'inquinamento dell'aria e dell'acqua, e mantenere le opportunità di lavoro e la competitività. Le azioni di mitigazione su scala urbana dipendono spesso dalla capacità di correlare gli sforzi di mitigazione dei cambiamenti climatici ai co-benefici locali (*alto livello di evidenza, alta condivisione*) [12.5, 12.6, 12.7, 12.8].

SPM.5 Politiche ed assetti istituzionali per la mitigazione

SPM.5.1 Politiche nazionali e settoriali

Riduzioni sostanziali delle emissioni richiederebbero grandi cambiamenti nei modelli di investimento. Scenari di mitigazione in cui le politiche stabilizzano le concentrazioni atmosferiche (senza *overshoot*) nell'intervallo 430-530 ppm CO_{2eq} entro il 2100 portano a sostanziali cambiamenti nei flussi degli investimenti annuali nel periodo 2010-2029 rispetto agli scenari di riferimento (Figura SPM.9). Nel corso dei prossimi due decenni (2010-2029), l'investimento annuale in tecnologie dei combustibili fossili convenzionali connesse al settore della fornitura di energia elettrica dovrebbe diminuire di circa 30 miliardi di dollari (2-166) (mediana: -20% rispetto al 2010), mentre gli investimenti annuali nella fornitura di energia elettrica a basso tenore di carbonio (cioè fonti rinnovabili, produzione di energia nucleare e di energia elettrica con CCS) è necessario che aumentino di circa 147 miliardi di dollari (31-360) (mediana: +100% Rispetto al 2010) (*limitata evidenza, condivisione media*). Per confronto, l'investimento totale annuo globale nel sistema energetico è attualmente di circa 1200 miliardi di dollari. Inoltre, gli investimenti annuali incrementali per l'efficienza energetica nei trasporti, nell'edilizia e nell'industria si prevede che aumentino di circa 336 miliardi di dollari (1-641) (*limitata evidenza, condivisione media*), compreso in gran parte dei casi

²⁸ Vedi il Glossario WG III AR5

l'ammodernamento degli impianti esistenti [13.11, 16.2.2].

Non esiste una formulazione largamente condivisa di come debbano essere strutturati i finanziamenti per il clima, ma sono disponibili le stime dei flussi finanziari connessi alla mitigazione dei cambiamenti climatici e all'adattamento. Le analisi pubblicate di tutti i flussi annuali correnti il cui effetto atteso è quello di ridurre le emissioni nette di gas serra e/o di migliorare la resilienza ai cambiamenti climatici e alla variabilità climatica, li calcolano a livello globale da 343 a 385 US Mld\$ l'anno (*grado medio di confidenza*) [Box TS.14]. La maggior parte di questo denaro va alla mitigazione. Al di là di questo, i finanziamenti pubblici per il clima che complessivamente vanno ai paesi in via di sviluppo sono stimati essere compresi tra 35-49 MlnUS\$/anno nel 2011 e 2012 (*grado di confidenza medio*). Le stime di finanza climatica internazionale privata che va verso i paesi in via di sviluppo variano da 10 a 72 MlnUS\$/anno compresi gli investimenti diretti esteri come capitale netto e prestiti nell'intervallo 10-37 MlnUS\$/anno per il periodo 2008-2011 (*grado di confidenza medio*) [16.2.2].

C'è stato un notevole aumento dei piani e delle strategie di mitigazione nazionali e sub-nazionali dopo l'AR4. Nel 2012, il 67% delle emissioni globali di gas serra è stato assoggettato alla legislazione o inserito nelle strategie nazionali contro il 45% nel 2007. Tuttavia, non si è ancora verificata una sostanziale tendenza alla deviazione delle emissioni globali dagli andamenti del passato [Figura 1.3c]. Questi piani e strategie sono nelle loro prime fasi di sviluppo e di attuazione in molti paesi, il che rende difficile valutarne l'impatto complessivo sulle emissioni globali future (*media evidenza, alta condivisione*) [14.3.4, 14.3.5, 15.1, 15.2].

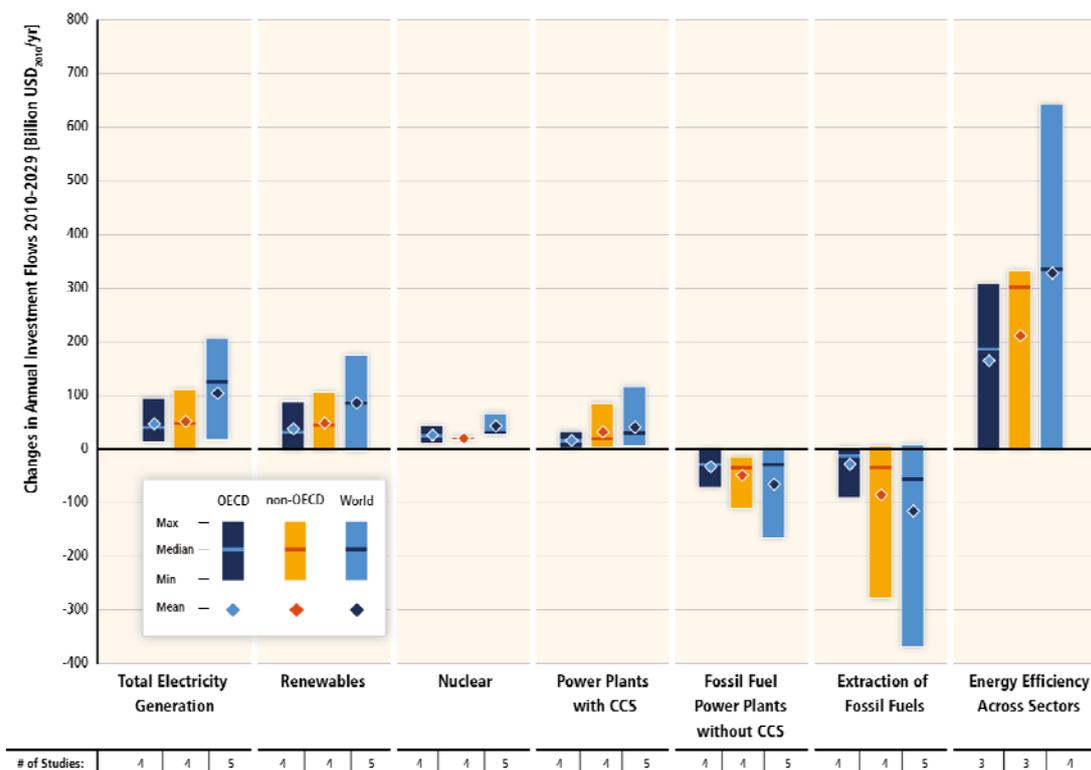


Figura SPM.9. Variazione dei flussi annuali degli investimenti rispetto al livello medio di base nel corso dei prossimi due decenni (2010-2029) per gli scenari di mitigazione che stabilizzano le concentrazioni all'interno della gamma di circa 430-530 ppm CO_{2eq} entro il 2100. I cambiamenti degli investimenti sono stimati a partire da un numero limitato di studi su modelli e di confronti tra modelli. La produzione di energia elettrica totale (colonna di sinistra) è la somma delle energie rinnovabili, del nucleare, delle centrali con CCS e delle centrali a combustibili fossili senza CCS. Le barre verticali indicano l'intervallo stimato tra minimo e massimo; la barra orizzontale indica la mediana. La vicinanza a questo valore mediano non implica una maggiore probabilità a causa del diverso grado di aggregazione dei risultati del modello, del basso numero di studi disponibili e delle diverse ipotesi dei diversi studi considerati. I numeri nella fila inferiore indicano il numero totale di studi in letteratura utilizzato per la valutazione. Questo sottolinea che le esigenze di investimento sono ancora un settore di ricerca in evoluzione che relativamente pochi studi hanno finora esaminato [Figura 16.3].

Le politiche settoriali sono più diffuse delle politiche a livello di una intera economia (*media evidenza, alta condivisione*). Sebbene la maggior parte degli studi di economia suggeriscano che per l'obiettivo della mitigazione le politiche a livello generale sono più convenienti rispetto alle politiche settoriali, dopo l'AR4 un numero crescente di studi ha dimostrato che le barriere amministrative e politiche possono rendere le misure a livello centrale più difficili da pianificare ed attuare rispetto alle politiche settoriali. Queste ultime possono essere più adatte per affrontare gli ostacoli o le carenze del mercato specifiche per alcuni settori, e possono essere inglobate in pacchetti di politiche complementari [6.3.6.5, 8.10, 9.10, 10.10, 15.2, 15.5, 15.8, 15.9].

Gli approcci normativi e le azioni di informazione sono ampiamente utilizzati e spesso sono efficaci per l'ambiente (*media evidenza, alta condivisione*). Esempi di approcci normativi includono gli standard di efficienza energetica; esempi di programmi di informazione comprendono programmi di etichettatura che possono aiutare i consumatori a prendere decisioni più informate. Mentre tali approcci hanno determinato spesso un beneficio sociale netto, la letteratura scientifica è divisa sulla misura in cui tali politiche possono costituire un beneficio nei conti delle imprese e delle famiglie [Box 3.10, 15.5.5, 15.5.6]. C'è una condivisione generale sull'esistenza dell'effetto *rebound*, per cui una maggiore efficienza può portare a prezzi dell'energia più bassi ed a maggiori consumi, ma c'è poco accordo in letteratura sulla entità del fenomeno [3.9.5, 5.7.2, 14.4.2, 15.5.4].

Dall'AR4 in poi, i sistemi *cap and trade* per i gas ad effetto serra sono stati adottati in un certo numero di paesi e regioni. La loro efficacia ambientale è stata limitata a causa di *cap* (tetti) inadeguati o *cap* che non hanno dato prova di essere vincolanti (*evidenza limitata, alta condivisione*). Queste situazioni dipendono da fattori quali la crisi finanziaria ed economica che ha ridotto la domanda di energia, dalle nuove fonti di energia, dalle interazioni con le altre politiche e dall'incertezza delle norme. In linea di principio, un sistema di *cap and trade* può ottenere la mitigazione in un modo economicamente efficace; la sua attuazione dipende dalle circostanze nazionali. Anche se i programmi iniziali erano basati quasi esclusivamente sul *grandfathering* (l'assegnazione gratuita dei permessi), ora è sempre più applicata l'asta dei permessi. Se le quote sono messe all'asta, i ricavi possono essere utilizzati per affrontare altri investimenti con un elevato rendimento sociale, e/o ridurre i carichi fiscali e del debito [14.4.2, 15.5.3].

In alcuni paesi, le politiche fiscali specificatamente mirati a ridurre le emissioni di GHG – un insieme di tecnologia e di altre politiche - hanno contribuito a indebolire il legame tra le emissioni di gas serra e il PIL (*alto grado di confidenza*). In un ampio gruppo di paesi, le imposte sui carburanti (anche se non necessariamente progettate per lo scopo di mitigazione) hanno effetti che sono simili alle *carbon tax* settoriali [Tabella 15.2]. La riduzione della domanda di carburanti da trasporto determinata da un aumento di prezzo dell'1% è tra 0,6% e 0,8% nel lungo periodo, anche se la risposta di breve periodo è molto minore [15.5.2]. In alcuni paesi i ricavi sono utilizzati per ridurre altre imposte e/o per trasferimenti ai gruppi sociali a basso reddito. Questo dato illustra il principio generale che le politiche di mitigazione che aumentano le entrate del governo hanno in genere costi sociali più bassi rispetto alle politiche che non lo fanno. Mentre si era all'inizio ipotizzato che le tasse sul carburante nel settore dei trasporti sono regressive per la crescita, è stata prodotta una serie di altri studi dopo l'AR4 che hanno dimostrato che esse sono favorevoli per lo sviluppo, in particolare nei paesi in via di sviluppo (*evidenza media, media condivisione*) [3.6.3, 14.4.2, 15.5.2].

La riduzione dei sussidi per le attività *carbon intensive* in vari settori può ottenere una riduzione delle emissioni, a seconda del contesto sociale ed economico (*alta confidenza*). Mentre i sussidi possono influenzare le emissioni in molti settori, la maggior parte della letteratura recente si è concentrata sulle sovvenzioni ai combustibili fossili. Dopo l'AR4 un piccolo ma crescente nucleo di letteratura, basata su modelli economici, ha previsto che la completa rimozione dei sussidi ai combustibili fossili in tutti i paesi potrebbe portare a riduzioni delle emissioni globali totali entro la metà del secolo (*evidenza media, media condivisione*) [7.12, 13.13, 14.3.2, 15.5.2]. Gli studi variano nella metodologia, il tipo e la definizione delle sovvenzioni e il lasso di tempo considerato per l'eliminazione dei sussidi. In particolare, gli studi valutano gli impatti della completa rimozione di tutti i sussidi ai combustibili fossili, senza cercare di valutare quali sussidi sono inutili e inefficienti, tenendo conto delle circostanze nazionali. Anche se le barriere economiche e politiche sono notevoli, alcuni paesi hanno riformato i loro sistemi fiscali e di bilancio per ridurre le sovvenzioni ai combustibili fossili. Per ridurre i possibili effetti negativi sui gruppi sociali a basso reddito che spesso spendono una gran parte del loro reddito per i servizi energetici, molti governi hanno utilizzato i

trasferimenti di denaro forfettari o altri meccanismi di protezione dei più poveri [15.5.2].

Le interazioni fra due o più politiche di mitigazione possono essere sinergiche o, viceversa, possono non avere effetto additivo sulla riduzione delle emissioni (*evidenza media, alta condivisione*). Per esempio, una *carbon tax* può avere un effetto ambientale additivo sulle politiche come le sovvenzioni per la produzione energetica rinnovabile. Al contrario, se un sistema *cap and trade* ha un tetto vincolante (sufficientemente severo per influenzare le decisioni relative alle emissioni), poi altre politiche come le sovvenzioni alle rinnovabili possono non avere alcun ulteriore impatto sulla riduzione delle emissioni entro il periodo di tempo nel quale si applica il tetto (anche se possono influenzare i costi ed eventualmente la fattibilità di obiettivi futuri più stringenti) (*evidenza media, alta condivisione*). In entrambi i casi, possono essere necessarie ulteriori misure per affrontare i fallimenti del mercato connessi all'innovazione e alla tecnologia di diffusione [15.7].

Alcune politiche di mitigazione possono aumentare i prezzi per alcuni servizi energetici e potrebbero ostacolare la capacità delle società di favorire l'accesso ai servizi energetici moderni alle popolazioni meno abbienti (*scarso grado di confidenza*). Questi potenziali effetti collaterali negativi possono essere evitati con l'adozione di politiche complementari (*grado medio di confidenza*). In particolare, circa 1,3 miliardi di persone nel mondo non hanno accesso all'elettricità e circa 3 miliardi sono dipendenti dai combustibili solidi tradizionali per cucinare e riscaldarsi con gravi effetti negativi sulla salute, sugli ecosistemi e sullo sviluppo. Fornire l'accesso ai servizi energetici moderni è un importante obiettivo di sviluppo sostenibile. I costi di realizzazione di un accesso quasi universale all'energia elettrica e combustibili puliti per la cottura e il riscaldamento sono previsti essere tra 72 e 95 Mld di US\$ all'anno fino al 2030 con effetti minimi sulle emissioni di gas serra (*evidenza limitata, alta condivisione*). Una transizione lontana dall'uso tradizionale delle biomasse²⁹ e una combustione più efficiente dei combustibili solidi possono ridurre le emissioni inquinanti, come l'anidride solforosa (SO₂), gli ossidi di azoto (NO_x), il monossido di carbonio (CO) e il nerofumo (*Black Carbon*), e quindi produrre grandi benefici per la salute (*alto livello di confidenza*) [4.3, 6.6, 7.9, 9.3, 9.7, 11.13.6, 16.8].

Le politiche favorevoli allo sviluppo tecnologico integrano le altre politiche di mitigazione (*alto livello di confidenza*). Queste politiche includono le tecnologie abilitanti (ad esempio il finanziamento pubblico della R&D) e il sostegno della domanda (ad esempio i programmi di appalti governativi). Tali politiche concernono i fallimenti del mercato connessi all'innovazione e alla tecnologia di diffusione [3.11, 15.6]. Questo tipo di politiche di sostegno hanno promosso una sostanziale innovazione e la diffusione delle nuove tecnologie, ma il rapporto costo - efficacia di tali politiche è spesso difficile da valutare [2.6.5, 7.12, 9.10]. Tuttavia, i dati delle valutazioni dei programmi possono fornire evidenze empiriche sulla efficacia relativa delle differenti opzioni e possono aiutare l'elaborazione delle politiche [15.6.5].

In molti paesi, il settore privato svolge un ruolo centrale nei processi che portano alla mitigazione delle emissioni. All'interno di opportuni contesti abilitanti, il settore privato, insieme con il settore pubblico, può svolgere un ruolo importante nel finanziamento della mitigazione (*evidenza media, alta condivisione*). La quota di finanziamento totale della mitigazione a livello mondiale da parte del settore privato, al netto della qualità dei dati, è stimata mediamente tra due terzi e tre quarti (2010-2012) (*evidenza limitata, condivisione media*). In molti paesi, gli interventi di finanza pubblica da parte dei governi e delle banche di sviluppo nazionali e internazionali incoraggiano gli investimenti sul clima da parte del settore privato [16.2.1] e forniscono supporto finanziario nei casi in cui gli investimenti del settore privato sono limitati. La qualità abilitante del contesto di un paese comprende l'efficacia delle sue istituzioni, le norme e le linee guida indirizzate al settore privato, la garanzia dei diritti di proprietà, la credibilità delle politiche e altri fattori che hanno un impatto sostanziale nell'orientare le imprese private ad investire in nuove tecnologie e infrastrutture [16.3]. Strumenti politici dedicati come, ad esempio, le assicurazioni sui crediti, i contratti di acquisto dell'energia e le tariffe *feed-in*, i finanziamenti agevolati e gli sconti, costituiscono un incentivo per gli investimenti riducendo i rischi per i soggetti privati [16.4].

²⁹ Vedi il Glossario WGIII AR5

SPM.5.2 Cooperazione internazionale

La Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (UNFCCC) è il principale forum multilaterale incentrato su come affrontare i cambiamenti climatici, con una partecipazione praticamente universale. Altre istituzioni organizzate a diversi livelli di *governance* hanno portato a diversificare la cooperazione internazionale sui cambiamenti climatici [13.3.1, 13.4.1.4, 13.5].

Gli accordi di cooperazione internazionale sul cambiamento climatico esistenti e quelli proposti variano nel grado di focalizzazione, di centralizzazione e di coordinamento. Essi comprendono: accordi multilaterali, politiche nazionali armonizzate e politiche nazionali decentrate ma coordinate, così come politiche regionali e coordinate regionalmente [Figura TS.37, 13.4, 13.13.2, 14.4].

Il Protocollo di Kyoto offre insegnamenti sul modo di conseguire l'obiettivo ultimo della UNFCCC, con particolare riguardo alla partecipazione, all'attuazione, ai meccanismi di flessibilità e all'efficacia ambientale (*media evidenza, bassa condivisione*) [5.2, 13.7.2, 13.13.1.1, 13.13.1.2, 14.3.7.1, Tabella TS.9].

Le attività svolte nell'ambito dell'UNFCCC dal 2007 hanno portato ad un numero crescente di istituzioni e di altri accordi di cooperazione internazionale sui cambiamenti climatici [13.5.1.1, 13.13.1.3, 16.2.1.1].

La connessione tra le politiche climatiche regionali, sub-nazionali e nazionali aumentano i potenziali di mitigazione dei cambiamenti climatici e i benefici dell'adattamento (*media evidenza, media condivisione*). I collegamenti possono essere stabiliti tra le politiche nazionali, tra vari strumenti e attraverso la cooperazione regionale [13.3.1, 13.5.1.3, 13.5.3, 14.5].

Diverse iniziative regionali alle scale nazionali e globali sono o in fase di sviluppo o attuate, ma il loro impatto sulla mitigazione globale è stato fino ad oggi limitato (*medio grado di confidenza*). Molte politiche climatiche possono essere più efficaci se attuate in diverse regioni geografiche [Tabella TS.9, 13.13, 14.4, 14.5].