

# Il monitoraggio e gli scenari futuri delle concentrazioni atmosferiche dei gas serra

Francesco Apadula<sup>(1)</sup>, Silvia Ferrarese<sup>(2)</sup>, Mario Gallarate<sup>(2)</sup>, Alessio Golzio<sup>(2)</sup>, Andrea Lanza<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Ricerca sul Sistema Energetico – RSE S.p.A., Via Raffaele Rubattino 54, 20134 Milano  
<sup>(2)</sup> Università degli Studi di Torino – Dipartimento di Fisica, Via Pietro Giuria 1, 10125 Torino

## Introduzione

È oltremoderamente evidente che la crescita continua e inarrestabile delle concentrazioni atmosferiche dei gas serra sia l'origine del cambiamento climatico in atto a cui sono anche connessi gli eventi meteorologici estremi in grado di generare forti impatti, ambientali e economici, sulla società e sulle infrastrutture. L'aumento delle concentrazioni dei gas serra in atmosfera è sostanzialmente da attribuire alle attività antropogeniche, tra queste, di particolare e preponderante importanza, vi sono le attività associate al sistema energetico che sono responsabili di circa l'80% delle emissioni di CO<sub>2</sub> del nostro Paese. A livello europeo i processi ascrivibili al comparto energetico rappresentano la fonte principale delle emissioni di gas climalteranti attestandosi al 78% delle emissioni totali nel 2015. Anche a livello mondiale l'energia prodotta dai combustibili fossili rappresenta la principale fonte di emissioni di gas serra poiché circa due terzi delle emissioni sono connesse ad essa. Tenere, pertanto, sotto seria e costante osservazione l'evoluzione delle concentrazioni dei gas serra rappresenta un obiettivo di particolare rilevanza sia per conoscere i possibili impatti futuri, sia per verificare se le azioni di contenimento intraprese dal nostro Paese e a livello internazionale stanno ottenendo un effetto rilevabile o meno sulla variazione della composizione dell'atmosfera.

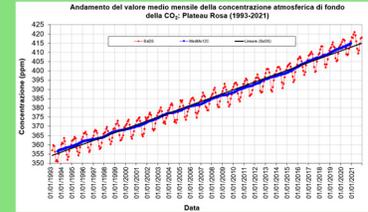
## La stazione di monitoraggio ICOS del Plateau Rosa

La stazione RSE di monitoraggio del Plateau Rosa (PRS), già inserita nel programma internazionale GAW (Global Atmosphere Watch), è classificata quale stazione ICOS di classe 2 garantendo la misura in piena continuità delle seguenti grandezze:

- concentrazione atmosferica dell'anidride carbonica (CO<sub>2</sub>) e del metano (CH<sub>4</sub>);
- temperatura, umidità relativa e pressione atmosferica nonché la velocità e la direzione del vento.

Lo strumento in uso è il PICARRO G2301 che si basa sulla tecnica di misura ottica «Cavity Ring-Down Spectroscopy» in grado di effettuare simultaneamente misure di CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e H<sub>2</sub>O. All'analizzatore sono collegati quattro standard di riferimento per la verifica della taratura prodotti dal CAL (Central Analytical Laboratory) e altri due standard di riferimento, denominati short-term target gas e long-term target gas per il controllo delle eventuali derive a breve (20 ore) e lungo termine (15 giorni circa).

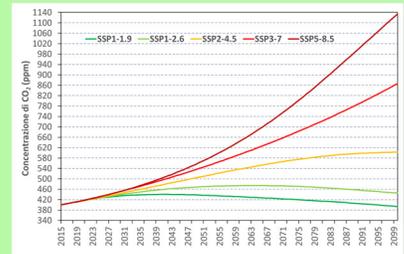
La stazione è ospitata nell'osservatorio della Testa Grigia del CNR (45.93°N, 7.71°E, 3480 m a.s.l.), al di sopra dello strato di rimescolamento atmosferico, distante dai grandi insediamenti umani, industriali e dalle grandi vie di comunicazione, e con quasi nulla attività vegetativa. Il trend di crescita medio è pari a 2.11 ppm/anno.



## Shared Socioeconomic Pathways

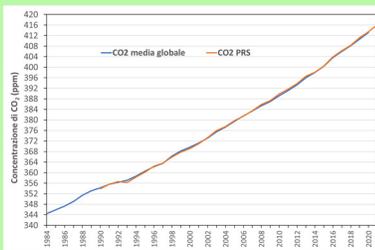
Il Quinto Rapporto di Valutazione dell'IPCC (2013 e 2014), ha utilizzato una serie di "Percorsi Rappresentativi di evoluzione delle Concentrazioni dei gas serra" ovvero gli RCP (Representative Concentration Pathways) per proporre le proiezioni climatiche del futuro sul nostro pianeta. Gli scenari RCP variano in base alle azioni che si suppone che tutti i Paesi possano compiere per limitare il cambiamento climatico, e vanno dallo scenario RCP-2.6, caratterizzato da una forte mitigazione e basse emissioni, allo scenario RCP-8.5, con nessuna mitigazione e alte emissioni. Il numero associato a ciascun scenario indica il "Forzante Radiativo", ovvero la quantità di energia aggiunta al sistema Terra dalle emissioni antropiche entro il 2100, calcolato in Wm<sup>-2</sup> e riferito all'epoca pre-industriale (anno 1765). Maggiore risulterà il forzante radiativo più le temperature aumenteranno e questo riscaldamento globale produrrà cambiamenti climatici che potranno manifestarsi in ulteriori eventi meteorologici estremi più frequenti, intensi e di maggiore durata.

Nel Sesto Rapporto di Valutazione dell'IPCC (2021) sono stati aggiunti altri scenari tra cui lo scenario SSP1-1.9, con forzante radiativo pari a 1.9 Wm<sup>-2</sup>, che prevede a fine secolo un riscaldamento globale inferiore a 1.5 °C, come diretto risultato auspicabile dell'adozione, da parte di tutti i Paesi, dell'obiettivo stipulato nel corso dell'Accordo di Parigi (dicembre 2015). Anche lo scenario SSP1-2.6 è in linea con l'obiettivo dell'Accordo di Parigi di mantenere i limiti del riscaldamento globale almeno sotto i 2 °C. La novità sostanziale, rispetto agli RCP, consiste nell'aver adottato dei percorsi di emissioni associati a un "percorso socioeconomico condiviso" (ovvero gli Shared Socioeconomic Pathway, SSP). Ognuno degli scenari SSP può essere abbinato a più percorsi di emissioni e creare molteplici quadri possibili. In particolare sono stati proposti cinque scenari: due relativamente ottimistici (SSP1-1.9 e SSP1-2.6), uno intermedio comunque rischioso (SSP2-4.5), uno che prospetta un futuro particolarmente pericoloso (SSP3-7.0) e uno considerato assolutamente catastrofico (SSP5-8.5).



## Confronto CO<sub>2</sub> PRS e globale

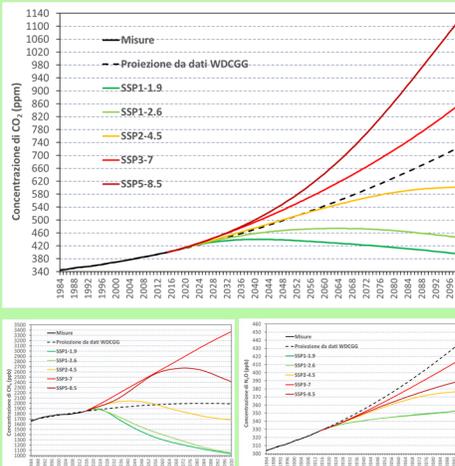
Il confronto tra le medie annuali di fondo ottenute nella stazione ICOS del Plateau Rosa (PRS) e i valori medi annuali prodotti dalla banca dati internazionale del World Data Centre for Greenhouse Gases (WDCGG) evidenzia che vi è una ottima confrontabilità tra le due serie storiche attestando che il PRS costituisce una stazione di monitoraggio rappresentativa dell'andamento delle concentrazioni di fondo della CO<sub>2</sub> a livello globale.



Confronto tra le medie annuali di fondo ottenute al Plateau Rosa e quelle globali prodotte dal WDCGG.

## Confronto misure con SSP

Utilizzando i dati annuali globali (disponibili dal 1984 al 2020) si sono estrapolati, mediante una funzione quadratica, i valori medi sino a fine secolo (anno 2100) confrontandoli con gli scenari SSP le cui serie temporali partono dall'anno 2015.



I dati estrapolati dalle misure della CO<sub>2</sub> risultano, almeno sino a metà secolo, molto simili all'andamento mostrato dallo scenario SSP2-4.5. Dal 2050 le due curve si differenziano significativamente, mostrando a fine secolo valori di concentrazione alquanto diversi: 731.9 ppm per i valori estrapolati dalle misure e 602.8 ppm per lo scenario SSP2-4.5.

Per il CH<sub>4</sub>, in modo meno evidente, si verifica una situazione analoga con valori estrapolati a fine secolo maggiori di quelli dello scenario SSP2-4.5. Per l'N<sub>2</sub>O si evince, invece, che i valori estrapolati risultano sempre maggiori anche del peggiore scenario SSP5-8.5. Applicando formule approssimate per il calcolo del forzante radiativo dei tre gas serra analizzati si ottiene che a fine secolo, secondo gli andamenti delle misure estrapolate, un forzante radiativo di circa 6 W/m<sup>2</sup>. È quindi possibile che se l'attuale trend delle concentrazioni dovesse rimanere quello estrapolato, il riscaldamento del pianeta risulterebbe maggiore delle proiezioni climatiche ottenute sulla base dello scenario SSP2-4.5 stimando un aumento nel ventennio 2081-2100 della temperatura di oltre 2.7 °C, con una incertezza prevista tra 2.1 e 3.5 °C, ma inferiore a quanto previsto dallo scenario SSP3-7 che stima un aumento, per il medesimo ventennio, pari a circa 3.6 °C, con una incertezza prevista tra 2.8 e 4.6 °C. Considerando come scenario di riferimento il SSP2-4.5 il forzante radiativo di gran lunga prevalente è quello relativo alla CO<sub>2</sub> pari all'89% con il CH<sub>4</sub> pari al 6% e l'N<sub>2</sub>O al 5%.

## Bibliografia

IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the IPCC, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.  
Artes, P. A. et al., 2021: Technical Summary. In Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the IPCC, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 33-144. doi:10.1017/978109157896.002.  
IPCC, 2001: Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report, Cambridge: Cambridge University Press, 2001.  
Apadula, F. et al., 2019: Thirty Years of Atmospheric CO<sub>2</sub> Observations at the Plateau Rosa Station, Italy. Atmosphere, 10, 418. https://doi.org/10.3390/atmos10070418

## Ringraziamenti

Questo lavoro è stato finanziato dal Fondo di Ricerca per il Sistema nell'ambito dell'Accordo di Programma tra RSE S.p.A. ed il Ministero dello Sviluppo Economico - Direzione generale per il mercato elettrico, le rinnovabili e l'efficienza energetica, il nucleare - in ottemperanza del DM, 16 aprile 2018".

## Conclusioni

Le reti di misura dei gas serra, consentono un monitoraggio continuo e di elevata qualità e confrontabilità che, nel corso degli anni, permette di tenere sotto osservazione e di tracciare gli andamenti dei gas serra confrontandoli con quelli previsti dagli scenari SSP.

Le misure realizzate in stazioni *baseline*, qual è quella del Plateau Rosa, sono rappresentative dell'andamento globale e possono concorrere anche a valutare, quale tra gli scenari utilizzati ai fini delle proiezioni climatiche sia maggiormente affidabile.