

# LA VARIAZIONE DI CO<sub>2</sub> A LAMPEDUSA NEL LOCKDOWN

LA STAZIONE ENEA DI OSSERVAZIONI CLIMATICHE DI LAMPEDUSA È UN SITO DI MISURA DI FONDO, OSSIA NON INFLUENZATO DA SORGENTI ANTROPICHE LOCALI. IN CORRISPONDENZA DELLA DIMINUIZIONE DELLE EMISSIONI DEL 2020, IL TASSO DI CRESCITA ANNUALE DELLA CO<sub>2</sub> NON PRESENTA SIGNIFICATIVE RIDUZIONI RISPETTO AGLI ANNI PRECEDENTI.

**L**e politiche di contenimento della pandemia del virus Sars-cov-2 hanno profondamente influenzato le nostre abitudini portando a ridurre per alcuni mesi le emissioni antropiche dei gas a effetto serra in tutto il mondo. I numerosi studi di attribuzione del cambiamento climatico (si veda ad esempio Ipcc, 2013) mostrano che il riscaldamento globale in atto è legato al continuo aumento delle emissioni di gas serra di origine antropica iniziato con la rivoluzione industriale, e che solo la progressiva diminuzione delle emissioni potrà limitare l'attuale aumento della temperatura media del pianeta.

Il principale contributo delle attività umane alle emissioni dei gas serra è dovuto al rilascio di biossido di carbonio, anche denominato con una vecchia notazione anidride carbonica, CO<sub>2</sub>. Nonostante le emissioni annuali di CO<sub>2</sub> nel 2020 si siano ridotte rispetto al 2019 dell'8,9% a livello nazionale e del 5,4% a livello globale, l'aumento annuo della concentrazione atmosferica di CO<sub>2</sub> non ha subito variazioni evidenti rispetto al periodo precedente (Wmo, 2021), anzi il tasso di crescita della concentrazione atmosferica di CO<sub>2</sub>, sebbene sia stato lievemente inferiore a quello osservato dal 2018 al 2019, è stato superiore al tasso annuale medio di crescita nell'ultimo decennio.

La mancanza di un legame diretto e immediato tra la riduzione delle emissioni antropiche di gas serra nel 2020 e la sua concentrazione media in atmosfera è dovuta alla complessità del ciclo globale del carbonio. Le emissioni dovute alle attività umane attualmente sono circa 45 volte inferiori rispetto ai flussi naturali di carbonio tra atmosfera, oceano e biosfera. Tuttavia, la lunga vita media delle molecole di CO<sub>2</sub> in atmosfera produce un continuo accumulo rispetto all'età pre-industriale che, inoltre, rischia di squilibrare in maniera non del tutto prevedibile le complesse interazioni biogeochimiche



IMMAGINE: WWW.LAMPEDUSA.ENEA.IT

1



FOTO: WWW.LAMPEDUSA.ENEA.IT

2

che intervengono nel ciclo del carbonio e che sono spesso legate tra loro in maniera non lineare.

Il titolo dell'ultimo *Emission gap report* del Programma per l'ambiente delle Nazioni unite, *The Closing Window, Climate crisis calls for rapid transformation of societies* (Unep, 2022) è un chiaro richiamo alla necessità di agire al più presto se si vuole cercare di limitare l'aumento della temperatura media globale.

Nonostante nei siti direttamente influenzati dalle attività antropiche durante il periodo del *lockdown* si sia osservata una diminuzione delle concentrazioni di CO<sub>2</sub> indotta dalla riduzione delle emissioni antropiche (Papale et al., 2020), non si può dire lo stesso per le concentrazioni misurate

presso la stazione di osservazioni climatiche Enea di Lampedusa ([www.lampedusa.enea.it](http://www.lampedusa.enea.it)) che dal 1992 contribuisce al *World data centre for greenhouse gases* (Wdgg, <https://gaw.kishou.go.jp>), un database internazionale afferente al programma *Global atmosphere watch* (Gaw) dell'Organizzazione meteorologica mondiale (Wmo). Questa differenza dipende dal fatto che la stazione Enea rappresenta un sito di fondo, ovvero un sito di misura non direttamente influenzato da sorgenti antropiche locali, le cui misure forniscono risultati geograficamente e spazialmente rappresentativi di una vasta regione, in questo caso il Mediterraneo centrale. È proprio grazie a questo tipo di stazioni distribuite in tutto il mondo

che si può valutare l'aumento globale della concentrazione atmosferica della CO<sub>2</sub>, che è il principale responsabile dell'aumento dell'intrappolamento della radiazione infrarossa in atmosfera, il così detto effetto serra, e del conseguentemente aumento della temperatura media globale. L'aumento della concentrazione di CO<sub>2</sub> così come osservato presso la stazione di Lampedusa dal 1992 è mostrato nella *figura 1*, che evidenzia come in 30 anni si sia passati da valori di circa 355 a 415 ppm (parti per milione), il che corrisponde a un aumento annuo medio di 2 ppm. È bene far presente che l'aumento annuale varia nel tempo ed è del tutto analogo a quello osservato a livello mondiale, a dimostrazione che Lampedusa, oltre che rappresentare direttamente il Mediterraneo centrale, rispecchia in pieno il comportamento osservato a livello planetario. L'evoluzione temporale della CO<sub>2</sub> misurata a Lampedusa presenta caratteristiche generali che sono comuni a tutte le stazioni di fondo anche se caratterizzate da tempistiche e ampiezze diverse. Tra queste vi sono:

- un trend di crescita che riflette l'aumento del contenuto di CO<sub>2</sub> in atmosfera
- un ciclo annuale, che presenta un massimo all'inizio della primavera e un minimo estivo, imputabile principalmente ai processi di fotosintesi della vegetazione
- la presenza di fluttuazioni a breve termine dovute alla variabilità delle masse d'aria che raggiungono il punto di misura.

La *figura 2* mostra l'evoluzione della concentrazione media oraria di CO<sub>2</sub> nei mesi di marzo, aprile e maggio, per gli anni che vanno dal 2014 al 2020. Come aspettato, si osserva un aumento della concentrazione di anno in anno anche se caratterizzato da un'elevata variabilità temporale. Osservando l'andamento della CO<sub>2</sub> nei diversi anni, si nota che esistono pochi periodi che presentino una variabilità inferiore a quella osservata nell'aprile 2020. Questo periodo è stato quindi studiato in dettaglio per verificare se la diminuzione osservata nella metà del mese fosse dovuta alla riduzione delle emissioni antropiche legate alle restrizioni imposte dal *lockdown*.

1 Immagine satellitare dell'isola di Lampedusa; in evidenza la posizione della stazione Enea lungo la costa nord-orientale, vicino al faro di Capo Grecale.  
2 Stazione di osservazioni climatiche Enea "Roberto Sarao" a Lampedusa.

FIG. 1  
EVOLUZIONE CO<sub>2</sub>

L'evoluzione della concentrazione atmosferica di CO<sub>2</sub> misurata a Lampedusa (in nero). La linea rossa simula l'evoluzione annuale mediante un fit non lineare.

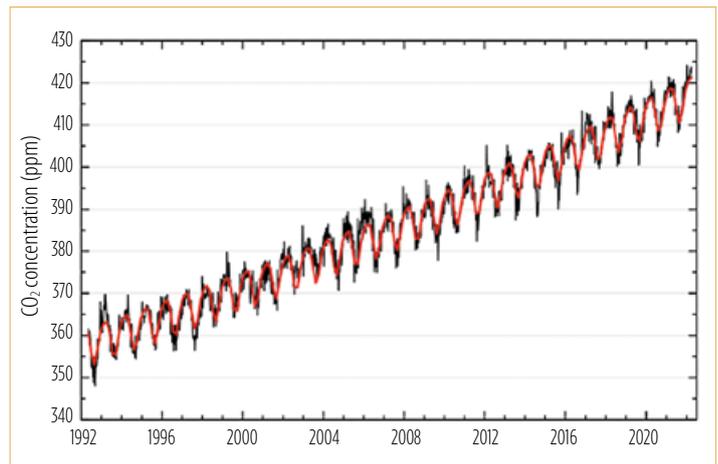


FIG. 2  
ANDAMENTO CO<sub>2</sub>

L'andamento primaverile della concentrazione di CO<sub>2</sub> dal 2014 al 2020 è rappresentato da linee di colori diversi. Nella primavera del 2018 le misure hanno subito un'interruzione per problemi allo strumento.

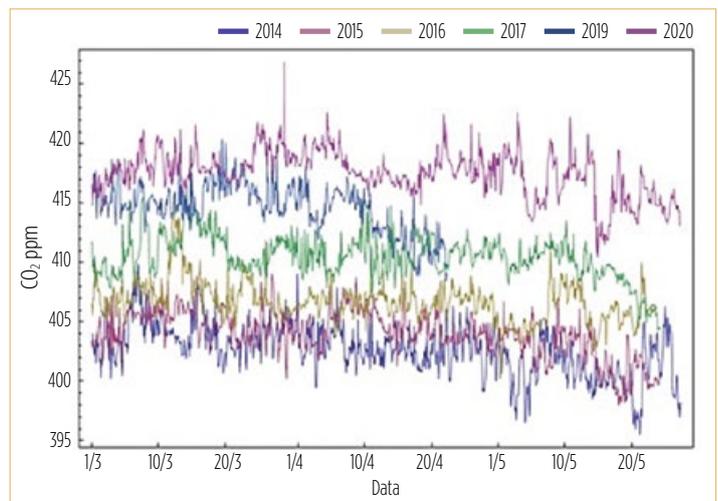
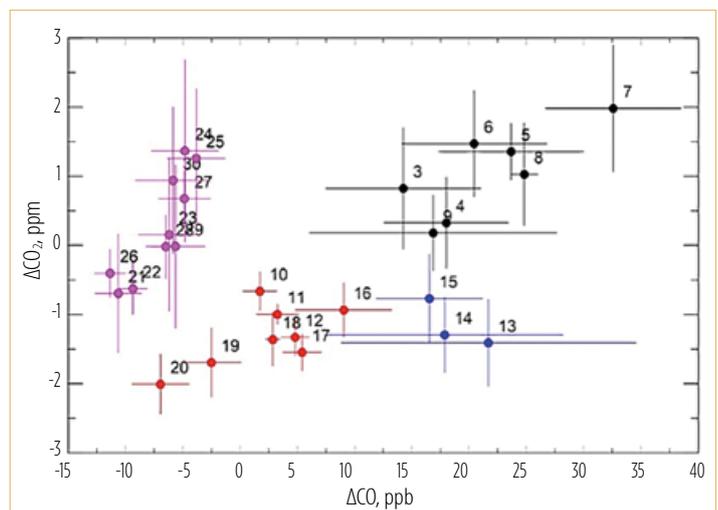


FIG. 3  
DIFFERENZE CO<sub>2</sub> E CO

Distribuzione della differenza tra il valore medio giornaliero e il valore del fit della concentrazione di CO<sub>2</sub> e di CO per i dati di Lampedusa. Le barre di errore rappresentano la deviazione standard della media giornaliera, indice della variabilità delle misure. I numeri rappresentano i giorni di aprile.



Per evidenziare l'impatto che il percorso della massa d'aria ha sulla variabilità della CO<sub>2</sub> atmosferica si mostra il legame tra l'anomalia del valore medio giornaliero della CO<sub>2</sub> (differenza tra l'andamento della curva nera e della curva rossa di *figura 1*) e del monossido di carbonio, CO (*figura 3*). Il CO viene prodotto principalmente da processi di combustione di composti organici, siano essi di origine naturale, come per gli incendi o di origine

antropica, come per il traffico veicolare o la produzione industriale. L'aumento della concentrazione di CO in genere è associato a una massa d'aria maggiormente influenzata da attività antropiche.

La *figura 3* presenta la distribuzione delle anomalie di CO<sub>2</sub> e di CO (si veda l'analisi di dettaglio presente nel report pubblicato sul sito del progetto Pulvirus, Anello et al. 2022, [www.pulvirus.it/index.php/documentazione-obiettivo-4](http://www.pulvirus.it/index.php/documentazione-obiettivo-4)),

denominate rispettivamente  $\Delta\text{CO}_2$  e  $\Delta\text{CO}$ . Le misure si possono raggruppare in quattro periodi nel mese di aprile, evidenziati in figura da colori diversi, caratterizzati da aumenti e diminuzioni di  $\Delta\text{CO}_2$  e  $\Delta\text{CO}$  avvenuti sia in maniera concorde sia opposta. Per interpretare questa variabilità delle anomalie giornaliere si è valutata la storia delle masse d'aria, calcolata con l'utilizzo di retro-traiettorie ottenute dal *Hybrid single-particle lagrangian integrated trajectory model* (Hysplit; Stein et al., 2015), in modo da individuare quali regioni abbiano influenzato le masse d'aria prima di arrivare a Lampedusa. La figura 4 mostra un esempio delle retro-traiettorie che rappresentano il percorso effettuato dalla massa d'aria prima di arrivare a Lampedusa; in questo caso si mostrano con linee di diversi colori (rossa, blu e verde) le traiettorie compiute dalle masse d'aria che giungono alle quote di 50, 200 e 400 m.

Dal confronto congiunto tra l'anomalia giornaliera di  $\text{CO}_2$  e  $\text{CO}$  mostrata in figura 3 e l'andamento delle retro-traiettorie si evidenziano quattro distinti periodi nel mese di aprile 2020.

I dettagli di questa analisi sono riportati nel report di questa attività presente sul sito del progetto Pulviris ([www.pulviris.it/index.php/documentazione-obiettivo-4](http://www.pulviris.it/index.php/documentazione-obiettivo-4)), ma i risultati possono essere così riassunti:

- in un sito di fondo come Lampedusa la variabilità della concentrazione della  $\text{CO}_2$  è prevalentemente influenzata da sorgenti non locali
- i valori maggiori di  $\Delta\text{CO}_2$  e  $\Delta\text{CO}$  osservati durante l'aprile del 2022 sono legati ad aria di origine balcanica, dove erano presenti incendi di biomassa
- i valori minori di  $\Delta\text{CO}_2$  e  $\Delta\text{CO}$  avvengono in corrispondenza a masse d'aria caratterizzate da traiettorie fortemente discendenti e quindi non direttamente influenzate da emissioni antropiche nei giorni precedenti l'arrivo a Lampedusa.

In conclusione l'analisi ha evidenziato come nell'aprile 2020 presso la stazione di fondo di Lampedusa non sia stato possibile rilevare un impatto diretto della riduzione delle emissioni antropiche di  $\text{CO}_2$  legate alle politiche di contenimento della pandemia del virus Sars-cov-2, a causa della dinamica delle masse d'aria, della variabilità intrinseca del fenomeno e della relativamente piccola entità delle riduzioni che si sono verificate.

A cura dell'obiettivo 4.1 del progetto Pulviris

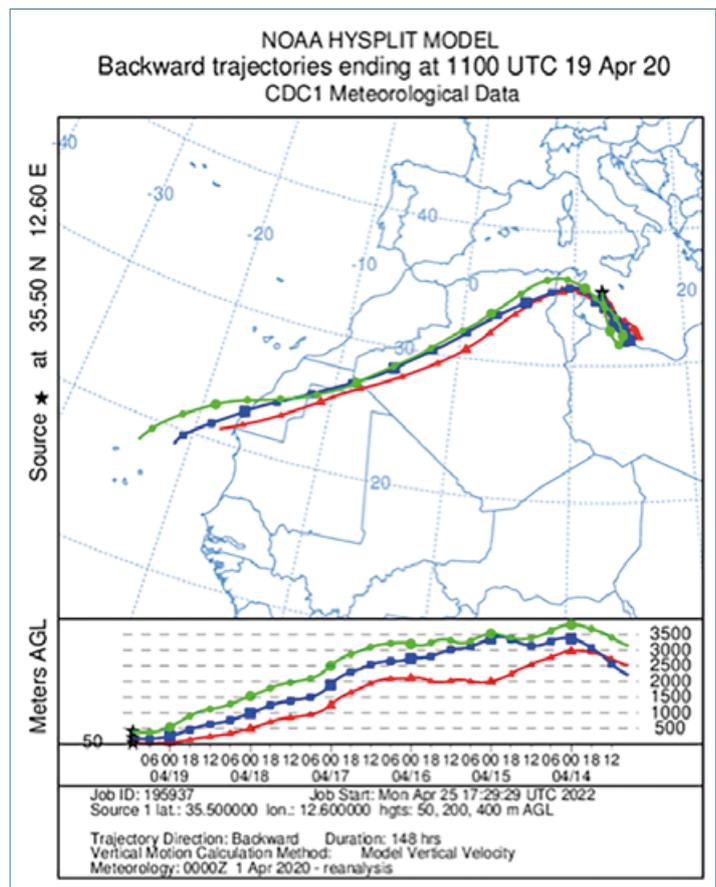


FIG. 4 MODELLO HYSPLIT

Retro-traiettorie di 7 giorni con arrivo a Lampedusa il 19 aprile 2020 alle quote di 50, 200 e 400 m. ottenute dal modello Hysplit.

### GRUPPO DI LAVORO OBIETTIVO 4.1 PULVIRUS

Task 4.1 - Valutazione dell'impatto della riduzione delle emissioni sulla composizione atmosferica e sulle concentrazioni ambientali di gas serra

Enea: Fabrizio Anello, Marianna Conte, Lorenzo De Silvestri, Tatiana Di Iorio, Alcide di Sarra, Daniela Meloni, Francesco Monteleone, Giandomenico Pace, Salvatore Piacentino, Damiano Sferlazzo

Ispira: Riccardo De Lauretis, Ernesto Taurino

Arpa Sicilia: Anna Abita, Lucia Basiricò

### RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Anello F., Cinelli G., Conte M., Di Iorio T., di Sarra A., Meloni D., Monteleone F., Pace G., Piacentino S., Sferlazzo D.M., 2022, *Analisi della serie temporale delle misure di  $\text{CO}_2$  e  $\text{CO}$  della Stazione di osservazioni climatiche di Lampedusa*, 30 giugno 2022, [www.pulviris.it/wp-content/uploads/2022/08/Report-4.1-Analisi-della-serie-temporale-delle-misure-di-CO2-e-CO\\_Lampedusa.pdf](http://www.pulviris.it/wp-content/uploads/2022/08/Report-4.1-Analisi-della-serie-temporale-delle-misure-di-CO2-e-CO_Lampedusa.pdf)

Ippc, 2013, *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex, and P.M. Midgley (eds.)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.

Stein A.F., Draxler R.R., Rolph G.D., Stunder B.J.B., Cohen M.D., Ngan F., 2015, "Noaa's Hysplit atmospheric transport and dispersion modeling system", *Bull. Am. Meteor. Soc.*, 96, 2059-2077, <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-14-00110.1>.

United Nations Environment Programme (Unep), 2022, *Emissions Gap Report 2022: The Closing Window — Climate crisis calls for rapid transformation of societies*, Nairobi, [www.unep.org/emissions-gap-report-2022](http://www.unep.org/emissions-gap-report-2022).

Wmo, 2021, *Greenhouse Gas Bulletin, No.17: The State of Greenhouse Gases in the Atmosphere Based on Global Observations through 2020*, 25 ottobre 2021, <https://library.wmo.int>