

Introduzione e obiettivo:

L'effetto serra è un fenomeno naturale di regolazione della temperatura della Terra. È garantito dalla presenza in atmosfera di *gas serra* capaci di accumulare una parte dell'energia termica proveniente dal Sole (es. la CO_2 è responsabile per ~15% dell'effetto serra naturale¹). Le variazioni di concentrazione dei gas serra in atmosfera sono regolate da un delicato equilibrio di cicli naturali. Un'adeguata concentrazione di gas serra in atmosfera garantisce una temperatura ottimale per la presenza e lo sviluppo della vita sulla Terra. Lo studio della variazione della composizione atmosferica in relazione al clima attuale e del passato (paleo-clima) è fondamentale per capire come le attività umane possano destabilizzare l'equilibrio naturale del *Sistema Terra* e predire come il clima potrebbe evolvere nel futuro. Questo studio diviene urgente dal momento che le emissioni legate all'attività umana, come quelle dovute all'uso di combustibili fossili (petrolio, carbone e gas naturale), sono in costante aumento². Obiettivo del presente esperimento è mostrare l'effetto serra causato dalla presenza della CO_2 , utilizzando una *camera climatica*. Per l'esperimento abbiamo utilizzato sensori, controllori e materiale a *basso costo* in modo che la camera climatica possa essere replicata facilmente. Abbiamo deciso di utilizzare software *Open Source* ([Python](#) e [R](#)) per il controllo, l'acquisizione e la visualizzazione dei dati. La descrizione completa del materiale hardware e software è interamente disponibile all'indirizzo <https://github.com/developerISP/ClimateAcquarium>.

Descrizione dell'esperienza:

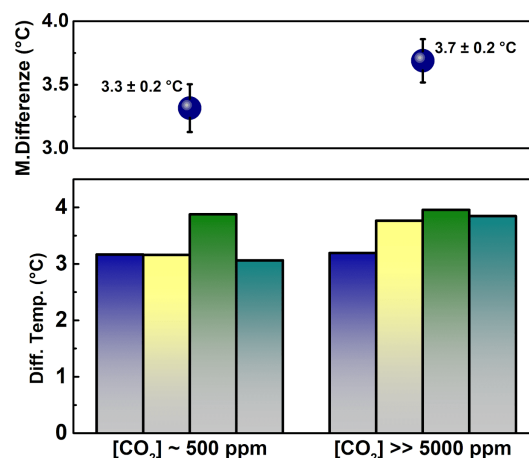
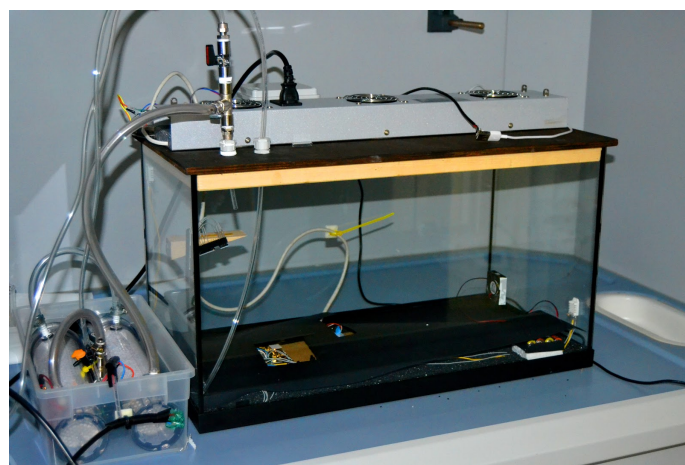
I sensori installati nella camera climatica misurano temperatura (T , $^{\circ}\text{C}$), umidità relativa (RH , %), pressione (P , hPa) e concentrazione di anidride carbonica (CO_2 , ppm). Per simulare la radiazione solare abbiamo utilizzato una lampada LED che copre lo spettro elettromagnetico del visibile (dal rosso ~800 nm al violetto ~380 nm). Per garantire il ricircolo dell'aria all'interno della camera abbiamo installato una piccola ventola ed infine è stato installato un sistema di immissione (e uscita) del gas attraverso il quale è possibile modificare la concentrazione di CO_2 all'interno della camera. Abbiamo coperto il fondo della camera climatica con del cartoncino nero per simulare il comportamento della superficie terrestre che si comporta idealmente come un corpo nero: un oggetto che assorbe la radiazione nel visibile (più "fredda") ed emette radiazione infrarossa (più "calda"). In laboratorio abbiamo utilizzato un sistema di controllo dell'umidità assoluta all'interno della camera, un'accortezza necessaria dal momento che il vapor d'acqua ha un forte effetto serra (~2.3 volte superiore all'anidride carbonica¹), capace di mascherare l'effetto serra operato dalla CO_2 . Tuttavia il vapore acqueo, rispetto agli altri gas ad effetto serra (CO_2 , N_2O , CH_4 , ecc.) non è considerato un gas di origine antropica bensì naturale e il suo tempo di residenza medio in atmosfera è di ~9 giorni. I gas serra legati all'attività antropica hanno invece un tempo di permanenza in atmosfera che oscilla dai 5 a >50.000 anni³. Ogni prova di laboratorio viene effettuata sotto cappa in ambiente controllato. In una prima fase vengono registrate le *condizioni iniziali* del sistema all'equilibrio (temperatura, umidità assoluta e concentrazione di CO_2), in una seconda fase della durata di 30 minuti viene accesa la lampada e monitorato l'*innalzamento della temperatura* e la variazione degli altri parametri. La terza e ultima fase comincia con lo spegnimento della lampada e termina con il ritorno della camera alle condizioni iniziali o ad una nuova condizione di equilibrio. L'esperimento viene replicato diverse volte variando la concentrazione di CO_2 per ottenere una statistica (media e incertezza) del fenomeno.

Risultati e conclusione:

La figura a fianco riassume i risultati ottenuti durante le giornate del 25-26 settembre 2019 nei laboratori del CNR presso il Campus Scientifico dell'Università Ca' Foscari di Venezia. Il grafico in alto mostra il riscaldamento medio dell'atmosfera dentro la camera per le sessioni di misura *senza immissione di CO_2* (concentrazione ~500 ppm) e con *immissione di CO_2* (concentrazione >>5000 ppm). Nel grafico in basso vengono mostrate la differenze di temperatura per ciascuna sessione di misura (stesso colore) da cui sono state calcolate le medie. È possibile concludere che il riscaldamento del sistema in eccesso di CO_2 è significativamente maggiore.

Ringraziamenti:

Si ringraziano per il fondamentale contributo nell'ideazione, la progettazione, l'organizzazione, la comunicazione e il supporto tecnico Silvia Santato, Emilio Antonioli, Margherita Ferrari, Bianca Nardon, Garance Boullenger e Francesca Pietropaolo. Tra il personale dell'Università Ca' Foscari si ringraziano in particolare Caterina Doria, Renato Dalla Venezia, Federica Ferrarin ed inoltre il Prof. Carlo Barbante e la Prof. Barbara Stenni. Tra il personale del CNR-ISP si ringraziano in particolare Giuliano Dreossi, Fabrizio de Blasi, Jacopo Gabrieli e Leonardo Langone. Un ringraziamento speciale a Roberto Epis e al personale del CIS per il fondamentale lavoro di falegnameria svolto.



¹Kiehl, J. T., & Trenberth, K. E. (1997). Earth's annual global mean energy budget. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 78(2), 197-208.

²<https://ourworldindata.org/fossil-fuels>

³<https://archive.ipcc.ch/ipccreports/tar/wg1/016.htm>



