

RELAZIONE

**CONCERNENTE IL MONITORAGGIO DEI LIVELLI
DI OZONO STRATOSFERICO E DELLA RADIAZIONE
ULTRAVIOLETTA AL SUOLO
(Anni 2014 e 2015)**

(Articolo 13 della legge 28 dicembre 1993, n. 549)

Presentata dal Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare

(GALLETTI)

Comunicata alla Presidenza il 6 ottobre 2016

Relazione sull'attività di monitoraggio dei livelli di ozono stratosferico e della radiazione ultravioletta al suolo

(Articolo 13, della legge 28 dicembre 1993, n. 549, e s.m.i. concernente "*Misure a tutela dell'ozono stratosferico e dell'ambiente*").

Al fine di ottemperare all'obbligo previsto dall'articolo 13, comma 1, della Legge 28 dicembre 1993 n. 549 e s.m.i., nel 2014 è proseguito il monitoraggio dei livelli di ozono stratosferico e della radiazione ultravioletta (UV) al suolo.

Nel periodo Gennaio-Dicembre 2014, sono state effettuate le misurazioni dei profili di ozono mediante lanci di palloni sonda con sensori (22 lanci di cui 21 efficaci dal punto di vista della qualità dei dati), nonché misure continue della radiazione UV-A e UV-B al suolo.

Dall'analisi delle osservazioni del contenuto colonnare di ozono sono risultati evidenti i cicli stagionali con conseguente aumento del contenuto di ozono nel periodo primaverile e successiva diminuzione nel periodo autunnale. I livelli di ozono colonnare sono direttamente correlati alla quantità relativa di radiazione UV al suolo, quindi maggiore è la quantità di ozono e minore sarà la radiazione che raggiunge il suolo. Quantificazioni più dettagliate delle connessioni tra ozono e UV sono state fatte anche attraverso l'utilizzo di modelli del trasporto di radiazione nell'atmosfera. Dall'applicazione di tali modelli si è evidenziato ulteriormente il grado di anticorrelazione tra la densità colonnare dell'ozono e l'intensità della radiazione UV-B al suolo (a densità colonnari più alte corrispondono intensità UV-B più basse).

E' stato inoltre possibile effettuare l'analisi multi-annuale delle informazioni relative al monitoraggio del profilo verticale della colonna di ozono e della radiazione UV al suolo. Il principale risultato mostra una tendenza alla diminuzione dell'ozono stratosferico di circa 10 unità Dobson (DU) rispetto allo spessore medio dello strato stesso (pari a circa 300 DU).

I ricercatori stanno tentando di capire se questa tendenza alla diminuzione è da imputare ad eventi sporadici, ed apparentemente casuali, o se sia invece statisticamente correlata al cambiamento climatico globale.

Si riporta di seguito un dettaglio tecnico-scientifico delle attività svolte e l'analisi dei dati ottenuti dalle osservazioni condotte nell'anno 2014.

- **Attività osservative: misure routinarie di profili di ozono mediante palloni sonda e misure continue della radiazione UV-A e UV-B al suolo.**

L'attività principale (monitoraggio regolare del profilo verticale della densità di ozono) ha avuto un ritmo costante.

I lanci di palloni sonda con sensori effettuati nel periodo Gennaio – Dicembre 2014 sono stati 22 di cui 21 efficaci dal punto di vista della qualità dei dati.

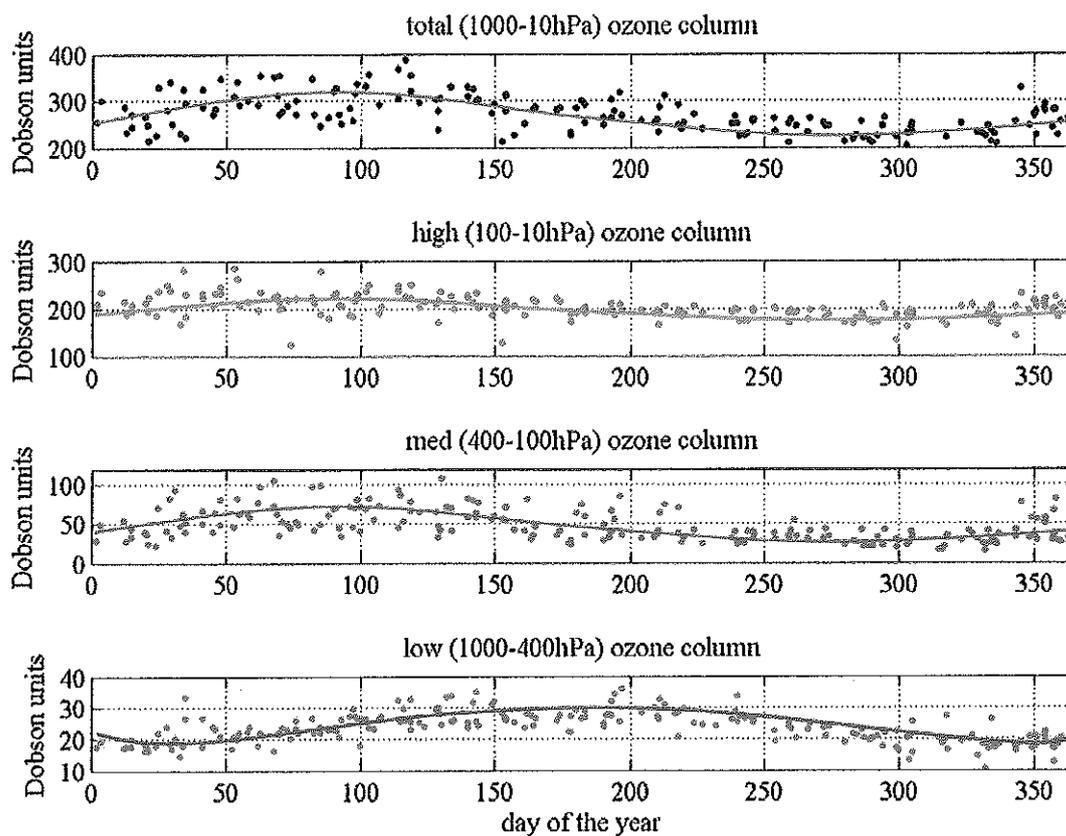


Figura 1. Le misure del contenuto colonnare di ozono sul sito dell'Osservatorio Atmosferico di CETEMPS. "total" si riferisce alla contenuto totale della colonna di ozono, senza correzioni, "high" è il contenuto di ozono nella stratosfera, "med" è il contenuto di ozono nella troposfera libera, infine "low" è rappresentativo del contenuto di ozono nello strato limite planetario.

Nella Figura 1 sono riportati gli andamenti delle osservazioni relative al contenuto colonnare di ozono. I cicli stagionali sono abbastanza evidenti: nel periodo primaverile c'è un aumento del contenuto di ozono nella parte alta della troposfera (*med*), e ciò è legato ad aumenti della temperatura co-localizzati, mentre il contenuto di ozono nello strato limite planetario (*low*) è direttamente correlato all'irradianza solare. Queste caratteristiche sono state evidenziate in record di osservazioni più ampi ed anche da altre osservazioni (con diverse tecniche) relative all'ozono nell'emisfero nord. Tale comportamento è consistente con uno scenario, nel quale le lamine di ozono e i massimi secondari di concentrazione di ozono appaiono in concomitanza di un'accresciuta intensità dell'attività ondosa planetaria e di rotture del vortice polare.

La variazione stagionale dell'ozono stratosferico (*high*) è comunque influenzata dall'efficacia delle reazioni chimiche del ciclo dell'ozono stesso. Il contenuto totale colonnare di ozono (*tot*) mostra gli andamenti tipici dell'ozono a quote alte poiché il contributo dell'ozono dello strato limite planetario è relativamente piccolo.

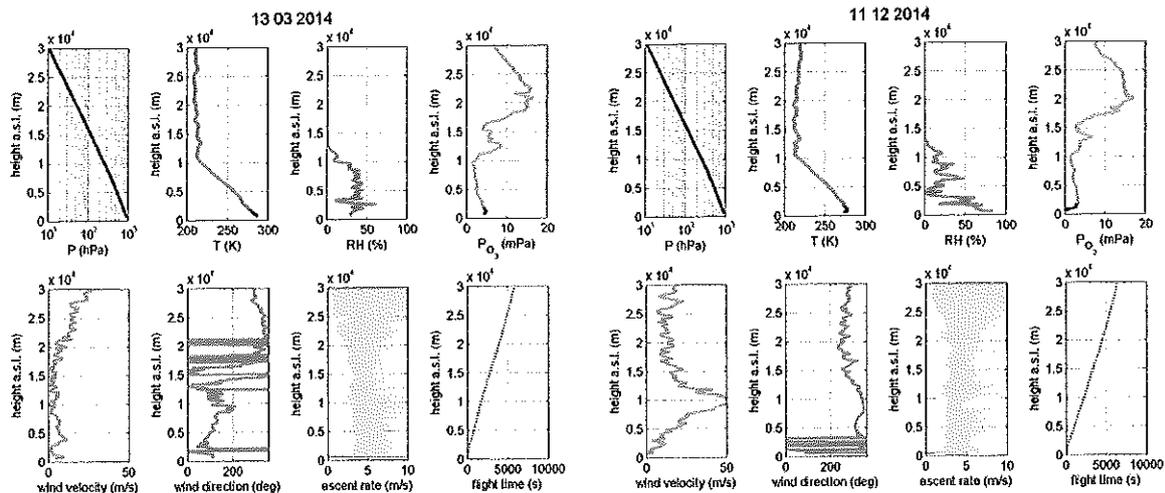


Figura 2. Due diversi ozono-sondaggi sul sito dell'Osservatorio Atmosferico di CETEMPS. Il sondaggio primaverile (13 Marzo 2014) mostra un contenuto di ozono stratosferico maggiore rispetto all'ozono-sondaggio invernale (11 Dicembre 2014).

In Figura 2 sono riportati tutti i dati ricavabili da un ozono-sondaggio, in particolare sono mostrati un sondaggio primaverile e uno invernale; si deve notare che la concomitanza delle osservazioni di vento, temperatura e umidità relativa è di aiuto per la classificazione dell'osservazione della concentrazione di ozono. Ad esempio, il massimo secondario nella concentrazione di ozono presente a circa 12 km di quota nel profilo del 13/03/2014 è direttamente legato all'assenza dei venti occidentali a getto al confine tra troposfera e stratosfera.

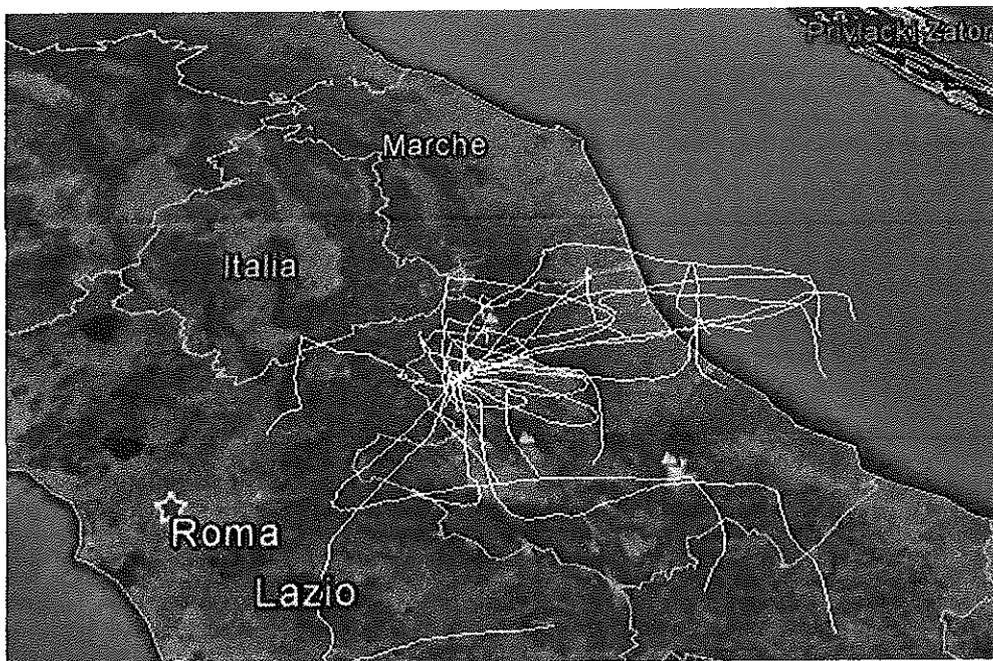


Figura 3. Le linee rappresentano le traiettorie degli ozono-sondaggi effettuati nel 2014. Si noti che i sensori rimangono in funzione durante l'ascesa e la discesa (frenata) del pallone.

I voli dei sensori su pallone meteorologico riportati in Figura 3 mostrano che c'è una tendenza ad essere trasportati in direzione Est. Assumendo che una misura locale del contenuto di ozono stratosferico è rappresentativa di un'area geografica di dimensioni dell'ordine delle centinaia di chilometri, si può affermare che il sito dell'Osservatorio Atmosferico di CETEMPS è efficace per

monitorare il livello di ozono stratosferico su tutto il centro Italia, ovvero nel volume di un cilindro di diametro pari a circa 500 km, alto circa 30 km e centrato su L'Aquila.

I due pirometri (*Yankee Environmental Systems*) per la misura della radiazione solare nelle bande UV-A e UV-B sono rimasti operativi in modo continuativo grazie ad alcuni interventi sull'hardware e sul software di interfaccia tra i sensori e i dispositivi di immagazzinamento dati. Dai dati rilevati è evidente come il contenuto colonnare di ozono ed il rapporto tra le irradianze UV-B e UV-A sono, in prima approssimazione, anti-correlati, ovvero dove persistono valori elevati di ozono colonnare la quantità relativa di radiazione UV che raggiunge il suolo è minore.

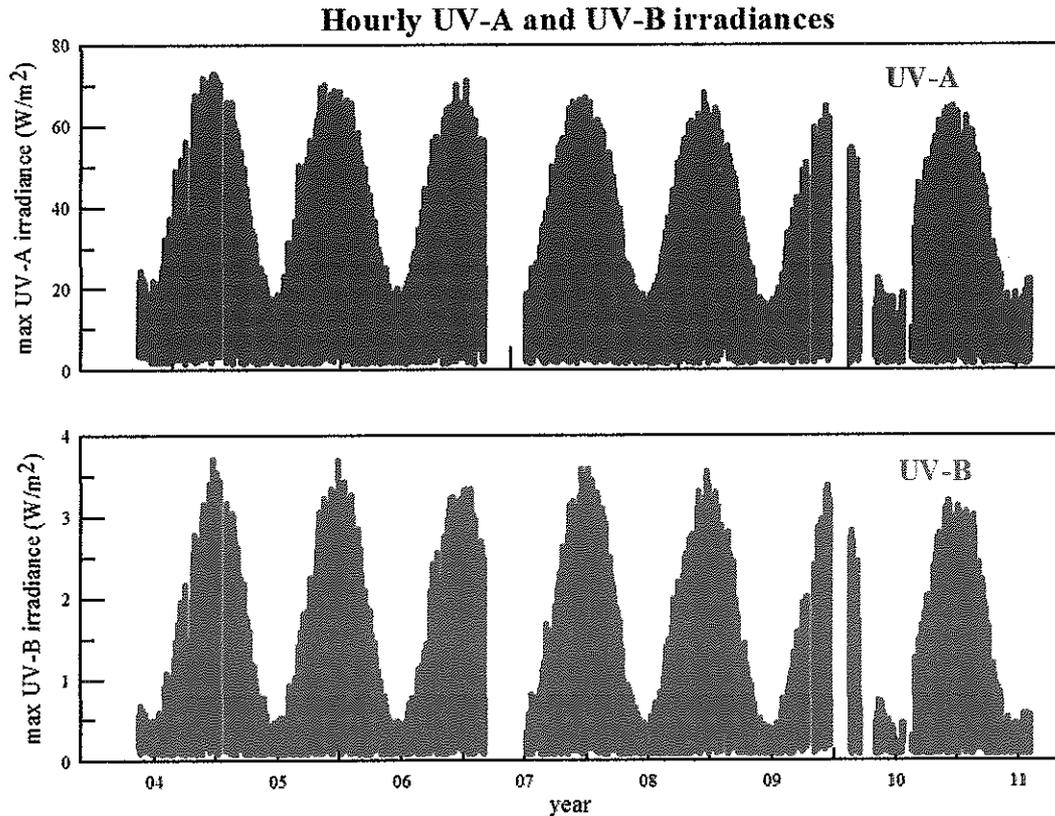


Figura 4. I valori locali di irradianza UV-A e UV-B al suolo, i dati sono le medie orarie fino a Febbraio 2011 a partire da Novembre 2003.

In Figura 4 sono riportate le serie storiche delle medie orarie delle irradianze al suolo della radiazione ultravioletta UV-A (400-315nm) e UV-B (315-280nm). Si nota il marcato andamento stagionale (massimo vicino al Solstizio d'Estate e minimo vicino al Solstizio d'Inverno). La mancanza di dati in alcuni periodi è dovuta a motivi tecnici e/o al malfunzionamento dei sensori.

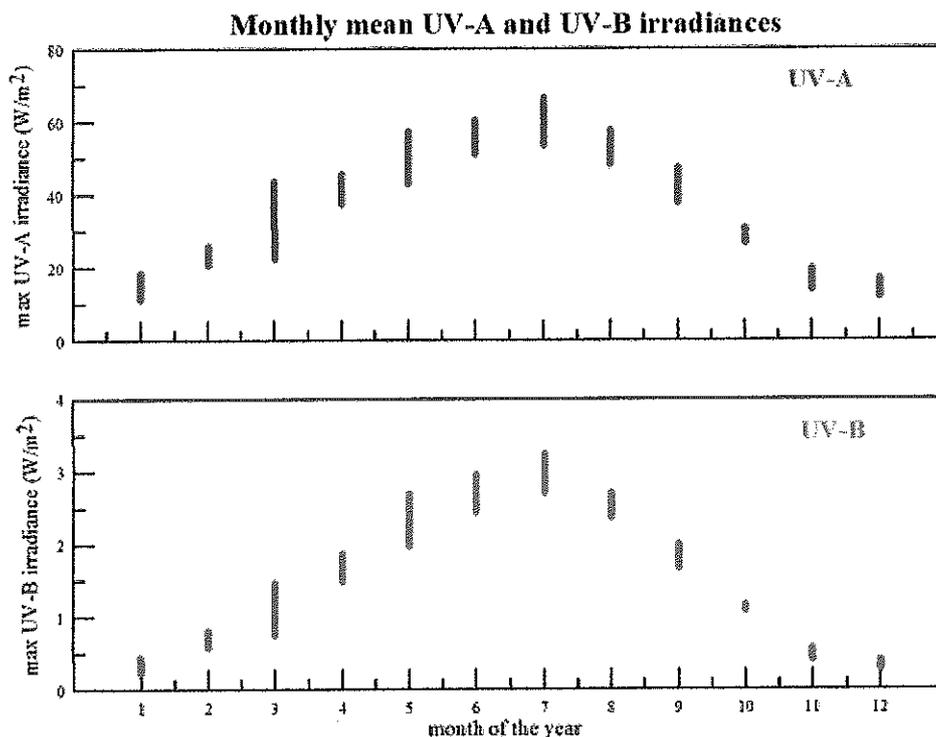


Figura 5. Le medie mensili dei massimi giornalieri dell'irradianza locale al suolo

Qualche informazione in più si ricava dalla Figura 5, in cui sono riportate le medie mensili dei massimi giornalieri dell'irradianza locale al suolo di UV-A e UV-B. Risulta interessante notare che all'inizio della primavera (mese di Marzo) la variabilità appare più ampia, e ciò è probabilmente dovuto a particolari episodi come ad esempio all'intrusione di aria stratosferica nell'alta troposfera con conseguente arricchimento o impoverimento del contenuto di ozono colonnare.

Un'analisi delle correlazioni esistenti tra le osservazioni locali della colonna di ozono mediante palloni sonda e le osservazioni al suolo di UV può essere fatto in modo molto semplice. Tuttavia, una quantificazione più dettagliata delle connessioni tra ozono e UV deve prevedere anche l'utilizzo di modelli del trasporto di radiazione nell'atmosfera.

In fase preliminare è stato utilizzato un modello di trasferimento radiativo per la simulazione della radiazione UV a partire dai dati da satellite di ozono (O_3), di biossido di zolfo (SO_2) e di biossido di azoto (NO_2). Il modello, sviluppato al *National Center for Atmospheric Research (NCAR)* di Boulder, USA, e modificato per l'utilizzo nel sito dell'Aquila, determina la radiazione che arriva sulla superficie terrestre dalla soluzione delle equazioni del trasferimento radiativo includendo tutti i processi di singolo e multiplo *scattering* presenti in atmosfera. Il modello oltre a riprodurre con buona accuratezza i valori dell'irradianza UV-A e UV-B, riproduce bene anche l'andamento diurno di tali quantità. A questi primi risultati seguirà un lavoro che prevede l'utilizzo dei dati del modello e le misure dirette del profilo di ozono con il sistema di ozono-sondaggio, concentrandosi, in particolare, sullo studio dell'effetto della colonna di ozono. Un primo sforzo è stato fatto cercando una correlazione tra la misura della densità colonnare di ozono e la misura dell'irradianza giornaliera corrispondente. Si è evidenziato così un grado di anticorrelazione tra densità colonnare dell'ozono e intensità di radiazione UV-B al suolo (a densità colonnari più alte corrispondono intensità UV-B più basse).

Sebbene questa prima analisi comparativa delle misure di ozono e di radiazione UV-B mostri evidentemente ciò che ci si aspetta (meno ozono stratosferico implica più radiazione UV-B al suolo), un approccio più rigoroso è necessario per la reale quantificazione della relazione causa-effetto, in particolare il confronto ozono-UV assistito da un modello fisico può aiutare a valutare il

ruolo di altre specie chimiche, degli aerosols ed anche dell'intrinseca variabilità della radiazione solare.

- **Analisi dati: profili verticali di ozono, ozono colonnare e trends, ozono colonnare e UV.**

I dati di ozono registrati nel 2014 contribuiscono, insieme alle osservazioni degli ultimi anni, ad una prima indagine delle peculiarità climatologiche del profilo verticale della densità di ozono e alla verifica della presenza di eventuali trends nel contenuto di ozono in differenti regioni dell'atmosfera. Combinando i trends per i diversi livelli atmosferici si valuta un andamento temporale sulla colonna totale di ozono di circa **-12(±10) Dobson Unit** per decade, evidentemente affetto da una grande indeterminazione.

Quindi, sia dall'analisi dei profili di ozono, che dallo studio del contenuto di ozono colonnare si può asserire che non è possibile fissare in maniera oggettiva ed univoca un carattere all'andamento decennale dell'ozono stratosferico.

La possibilità di accedere al database delle osservazioni di O₃ da Aura/OMI (<http://aura.gsfc.nasa.gov/instruments/omi.html>) ha consentito di disporre dei valori della colonna di ozono co-locata con la stazione di osservazione di CETEMPS. L'idea è usare i dati Aura/OMI per una ulteriore analisi dei trends decennali del contenuto di ozono colonnare.

Dalla descrizione dell'analisi dei dati Aura/OMI relativi agli anni passati è stato ricavato l'andamento stagionale medio, in funzione del giorno dell'anno (DOY), per un periodo tra Agosto 2004 e Dicembre 2014:

$$\text{seasonal_DUO}_3 \approx 40 X \sin(2\pi(\text{DOY}-10)/366)+322 \text{ [Dobson Unit]}.$$

in cui:

seasonal_DUO₃: rappresenta il valore dell'andamento stagionale medio dell'ozono;

DOY: indica il giorno dell'anno considerato;

il valore **322 DU** esprime il contenuto medio dell'ozono colonnare relativo ad una localizzazione geografica compresa in un raggio di circa 500km dal sito CETEMPS;

il valore **40 DU** rappresenta una stima della variazione stagionale della colonna di ozono.

I risultati mostrano che esiste una piccola tendenza alla diminuzione (dell'ordine di 1DU/decade), ma questo dato è ampiamente dentro le fluttuazioni determinate sia dagli errori strumentali che dalla semplificata parametrizzazione dell'andamento stagionale della colonna di ozono.

Quindi, sia dall'analisi dei profili di ozono, che dallo studio del contenuto di ozono colonnare si può asserire che non è possibile fissare in maniera oggettiva e univoca un carattere all'andamento decennale dell'ozono stratosferico.

Ulteriori dettagli sono disponibili nella "Rendicontazione Tecnico-Scientifica relativa alla Convenzione con il CETEMPS" (allegato nota prot. 7460/CLE del 7.10.2015).

Relazione sull'attività di monitoraggio dei livelli di ozono stratosferico e della radiazione ultravioletta al suolo

(Articolo 13, della legge 28 dicembre 1993, n. 549, "Misure a tutela dell'ozono stratosferico e dell'ambiente" così come modificata dalla legge 16 giugno 1997, n.179).

Al fine di ottemperare all'obbligo previsto dall'articolo 13, comma 1, della Legge 28 dicembre 1993 n. 549 e s.m.i., nel 2015 è proseguito il monitoraggio dei livelli di ozono stratosferico e della radiazione ultravioletta (UV) al suolo.

Nel periodo Gennaio-Dicembre 2015, sono state effettuate le misurazioni dei profili di ozono mediante lanci di palloni sonda con sensori (24 lanci), nonché misure continue della radiazione UV-A e UV-B al suolo. Dei 24 lanci effettuati, solo 18 hanno superato i "criteri di qualità del dato sperimentale", cioè l'altezza massima del pallone superiore ai 25 km sul livello del mare (s.l.m.) e gli errori sulla misura di temperatura (T), pressione (P) e pressione parziale di ozono (PO₃) inferiori al 30% a tutte le quote.

Dall'analisi delle osservazioni del contenuto colonnare di ozono sono risultati evidenti i cicli stagionali con conseguente aumento del contenuto di ozono nel periodo primaverile e successiva diminuzione nel periodo autunnale. I livelli di ozono colonnare sono direttamente correlati alla quantità relativa di radiazione UV al suolo, quindi maggiore è la quantità di ozono e minore sarà la radiazione che raggiunge il suolo. Quantificazioni più dettagliate delle connessioni tra ozono e UV sono state fatte anche attraverso l'utilizzo di modelli del trasporto di radiazione nell'atmosfera. Dall'applicazione di tali modelli si è evidenziato ulteriormente il grado di anticorrelazione tra la densità colonnare dell'ozono e l'intensità della radiazione UV-B al suolo (a densità colonnari più alte corrispondono intensità UV-B più basse).

E' stato inoltre possibile effettuare l'analisi multi-annuale delle informazioni relative al monitoraggio del profilo verticale della colonna di ozono e della radiazione UV al suolo. Il principale risultato mostra una tendenza alla diminuzione dell'ozono stratosferico di circa 10 unità Dobson (DU) rispetto allo spessore medio dello strato stesso (pari a circa 300 DU).

L'analisi dei *trends* in funzione dei periodi temporali evidenzia anche gli effetti derivanti dall'applicazione della normativa italiana (Legge n. 549 del 28 dicembre 1993 e s.m.i.), in attuazione del Protocollo di Montreal per la protezione dello strato di ozono, con una tendenza al ripristino della situazione dell'ozono stratosferico prima del 1980.

Si riporta di seguito un dettaglio tecnico-scientifico delle attività svolte e l'analisi dei dati ottenuti dalle osservazioni condotte nell'anno 2015.

- **Osservazioni: Misura della radiazione UV-A e UV-B al suolo e Ozono-sondaggi.**

Le osservazioni per la misura della radiazione UV-A e UV-B al suolo vengono effettuate con l'impiego di due pirometri UVB-1 e UVA-1 (*Yankee Environmental Systems*), completamente automatizzati, i cui dati vengono messi a disposizione in uno specifico database a seguito della verifica della qualità delle osservazioni stesse. In **figura 1** è riportata una serie giornaliera delle medie orarie della radiazione solare UV-A (tra 320 nm e 420 nm) e UV-B (tra 280 nm e 320 nm).

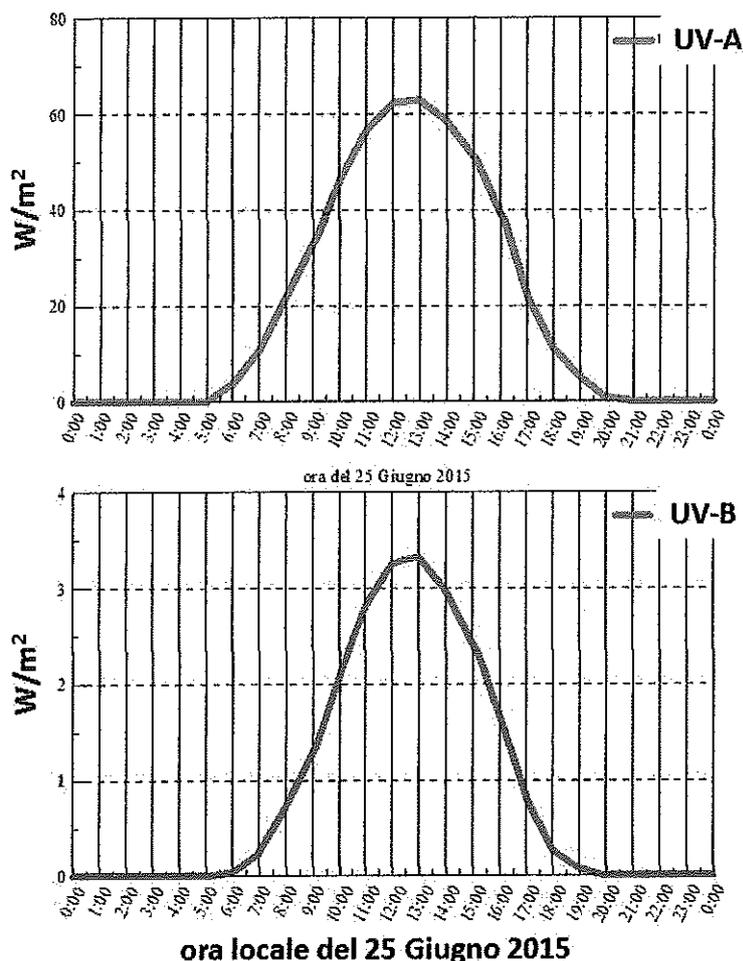


Figura 1. Misura di UV-A e UV-B del 25 Giugno 2015. L'ora locale coincide con quella solare.

L'ozono stratosferico è in grado di assorbire la radiazione UV. Quindi, maggiori sono le concentrazioni di questo gas e minore è la quantità di radiazione che raggiunge il suolo. Pertanto, il primo effetto della distruzione dello strato di ozono stratosferico è un aumento della radiazione UV-B di origine solare che raggiunge la bassa atmosfera e la superficie terrestre. Variazioni della radiazione UV-A permettono invece di ottenere una serie di informazioni sugli effetti locali dell'atmosfera (ad es. nuvolosità, contenuto di particolato, etc.).

Durante il 2015, sono poi proseguite le osservazioni relative alla misurazione dei profili verticali di ozono mediante ozono-sondaggi.

Le attività di monitoraggio dell'ozono stratosferico, svoltesi presso l'Osservatorio Atmosferico di CETEMPS, sono state effettuate con il *Vaisala Digicora® sounding system*, con i sensori elettrochimici per l'ozono *ECC-6A della Science Pump Corporation* e con i sensori digitali *RS92-SGP* per temperatura, pressione, umidità relativa e venti. Nel corso del 2015 sono stati eseguiti 24 lanci di palloni sonda (particolare pallone aerostatico che porta a bordo degli strumenti di misura meteorologici) di cui solo 18 hanno però superato i criteri di qualità del dato sperimentale. In particolare dovevano essere necessariamente soddisfatti i seguenti parametri:

- altezza massima raggiunta dal pallone superiore ai 25 km sul livello del mare (s.l.m.);
- errori sulla misura di temperatura (T), pressione (P) e pressione parziale di ozono (PO_3) inferiori al 30% a tutte le quote.

In figura 2 è riportato un esempio delle risultanze di un tipico ozono-sondaggio.

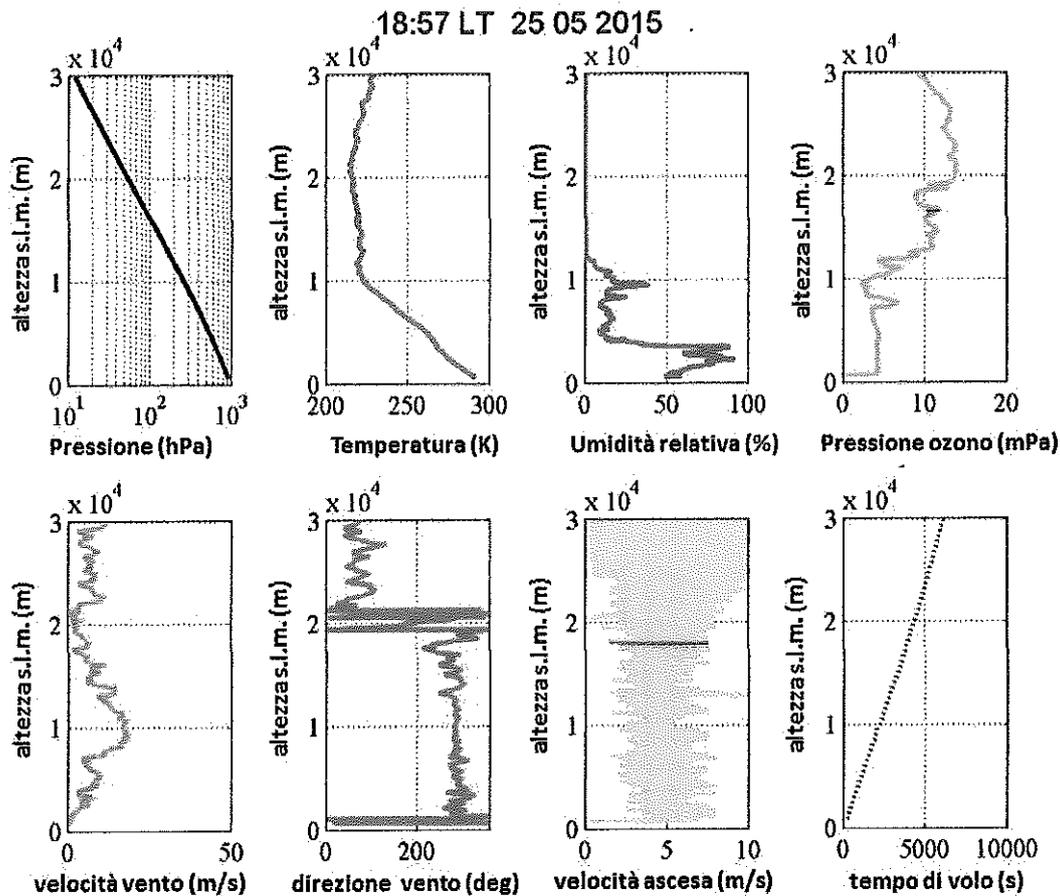


Figura 2. L'ozono-sondaggio effettuato presso l'Osservatorio Atmosferico di CETEMPS il 25 Maggio 2015, lancio del pallone alle 18:57 UTC, durata del sondaggio 1 ora e 54 minuti, la quota massima raggiunta è 34.250 m. Durante la salita ad una velocità di circa 5 m/s, il pallone si è spostato verso Sud-Est di circa 50 km. La colonna totale di ozono misurata è circa 323.5 Dobson Units, che è un valore tipico delle condizioni stagionali del periodo.

La procedura di controllo qualità dei dati è stata applicata in maniera retroattiva a tutto il database di ozono-sondaggi e radiosondaggi dell'Osservatorio Atmosferico di CETEMPS. Questo ha permesso di costituire una collezione di qualità dei profili verticali della concentrazione di ozono, ma anche di altri parametri atmosferici (temperatura, pressione, umidità relativa, intensità e direzione dei venti), unica in Italia per estensione temporale (1994-2015).

Per il periodo 1994-2015 sono disponibili 236 ozono-sondaggi, con maggiore omogeneità nel periodo 2004-2015 con 208 osservazioni. I 150 radio-sondaggi effettuati nel periodo 1998-2015 non sono direttamente utilizzabili per studiare l'ozono stratosferico, ma arricchiscono comunque il database per la caratterizzazione dello stato termodinamico dell'atmosfera.

- **Analisi dati: profili verticali di ozono, ozono colonnare e trends, ozono colonnare e UV.**

Dall'analisi dei dati ottenuti mediante ozono-sondaggi è possibile ricavare l'andamento della pressione parziale di ozono, espressa in millipascal (mPa). Nella **figura 3** è mostrata la serie dei profili medi mensili della pressione parziale di ozono (in mPa) dal livello della stazione di lancio (683 m) a 30000 m, ottenuti mediando per ogni mese gli ozono-sondaggi nel periodo 1994-2015.

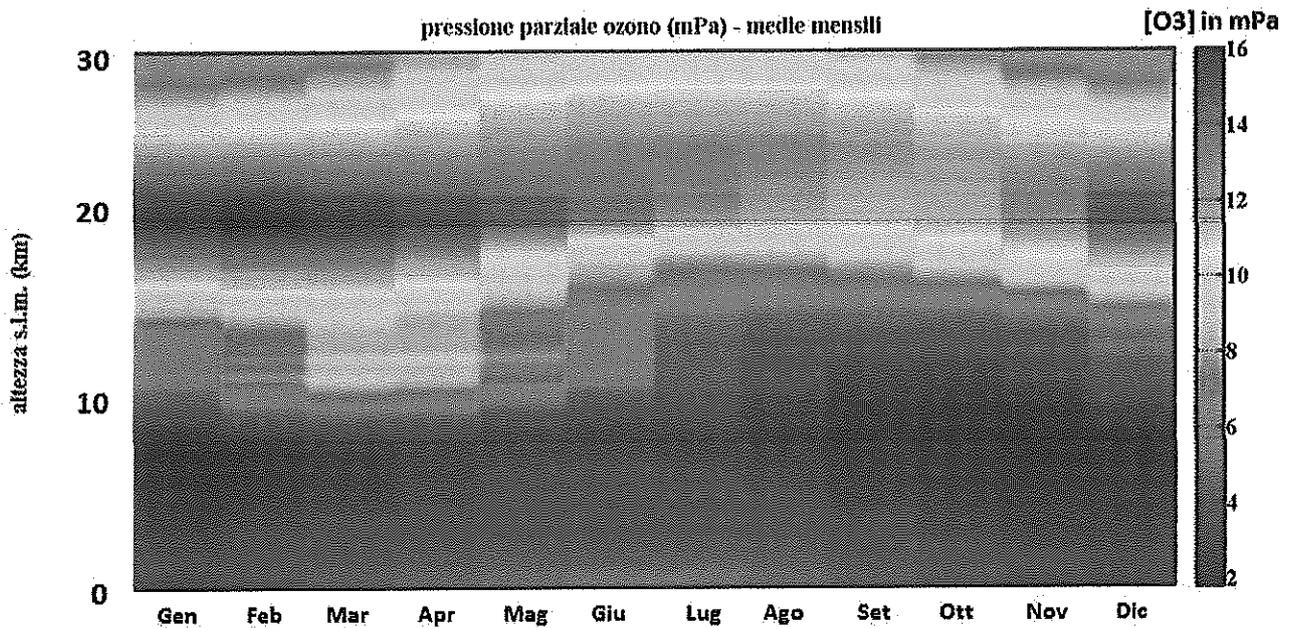


Figura 3. I profili medi mensili della pressione parziale di ozono. La risoluzione in quota è di circa 100 m.

Nella distribuzione spazio-temporale del contenuto di ozono sono evidenti:

- peculiarità riconducibili all'interazione ozono - radiazione solare ultravioletta nella regione tra 16 km e 25 km;
- altre caratteristiche legate a effetti di trasporto di masse d'aria, tipici dell'alta troposfera e della bassa stratosfera, tra 10 km e 15 km;
- nella bassa troposfera, il contenuto di ozono è correlato direttamente con la radiazione solare che raggiunge il suolo.

Le prime particolarità sono la posizione del massimo del contenuto di ozono e il suo valore a seconda delle stagioni: posizione massimo a quote basse e valore del massimo più alto a fine inverno; la situazione si verifica poi in modo inverso in tarda estate. Questo andamento è il frutto del ciclo stagionale della radiazione solare e dell'inerzia chimica ovvero dell'efficienza ritardata dei meccanismi che producono e distruggono l'ozono stratosferico.

Gli effetti dovuti al trasporto atmosferico si manifestano in Marzo e Aprile e sono delle intrusioni, a quote intorno ai 12 km, di aria più ricca di ozono e proveniente dalla stratosfera e da alte latitudini.

Infine, nella regione al di sotto dei 5 km, il contenuto di ozono risponde direttamente all'intensità del flusso di radiazione solare: massimo nei pressi del solstizio d'estate e minimo vicino al solstizio invernale.

Grazie all'estensione temporale e alla qualità della base dati dell'Osservatorio Atmosferico di CETEMPS, i profili del contenuto di ozono mensile medio costituiscono il riferimento climatico ideale per valutare le variazioni e gli scostamenti dei singoli ozono-sondaggi rispetto ai valori climatici medi. Questo costituisce inoltre il primo passo per isolare eventuali *trends* temporali su scala multi-annuale del contenuto di ozono nell'atmosfera media che insiste sul centro Italia.

Le caratteristiche climatologiche del profilo verticale del contenuto di ozono appena illustrate, sono evidenziabili maggiormente se si studiano le serie temporali del contenuto in porzioni specifiche della colonna di atmosfera.

La **figura 4** mostra le serie temporali del contenuto colonnare di ozono in diverse regioni dell'atmosfera.

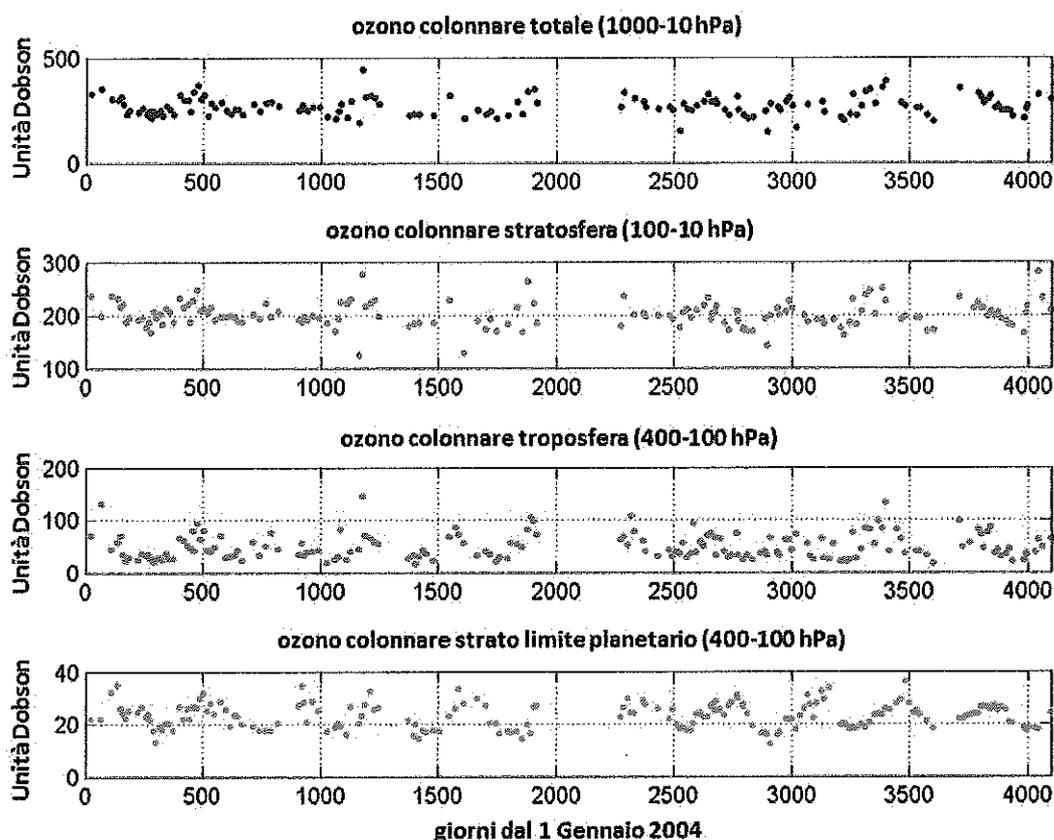


Figura 4. Il contenuto colonnare di ozono in diversi strati dell'atmosfera; dal pannello in basso a quello verso l'alto: nello strato limite planetario, nella troposfera libera, nella stratosfera e la colonna totale. Le serie temporali partono dal 1 Gennaio 2004 e includono tutte le osservazioni del 2015.

In tutti gli strati dell'atmosfera, i cicli stagionali del contenuto colonnare di ozono sono ben evidenti; i massimi e i minimi si alternano in sincronia o quasi con la diminuzione e l'aumento della radiazione solare incidente. L'ampiezza relativa dei cicli è rimarchevole nello strato limite planetario e nella troposfera libera ($\pm 30\%$ e $\pm 50\%$), invece è apparentemente marginale nella stratosfera o nella colonna totale ($< \pm 10\%$); come valore assoluto sulla colonna, le variazioni più importanti si hanno in stratosfera.

Per valutare la presenza di eventuali variazioni o *trends* multi-annuali del contenuto di ozono, in diversi strati dell'atmosfera si è valutata la quantità:

$$D_{my} = \frac{[O_3]_{my} - [O_3]_{\bar{m}}}{[O_3]_{\bar{m}}} \cdot 100$$

dove $[O_3]_{\bar{m}}$ è la media mensile del mese m nello strato di riferimento, calcolata su tutti gli ozonodaggi nel periodo 1994-2015, e $[O_3]_{my}$ è la media del mese m dell'anno y . Nella figura 5 sono riportate le serie temporali di D_{my} .

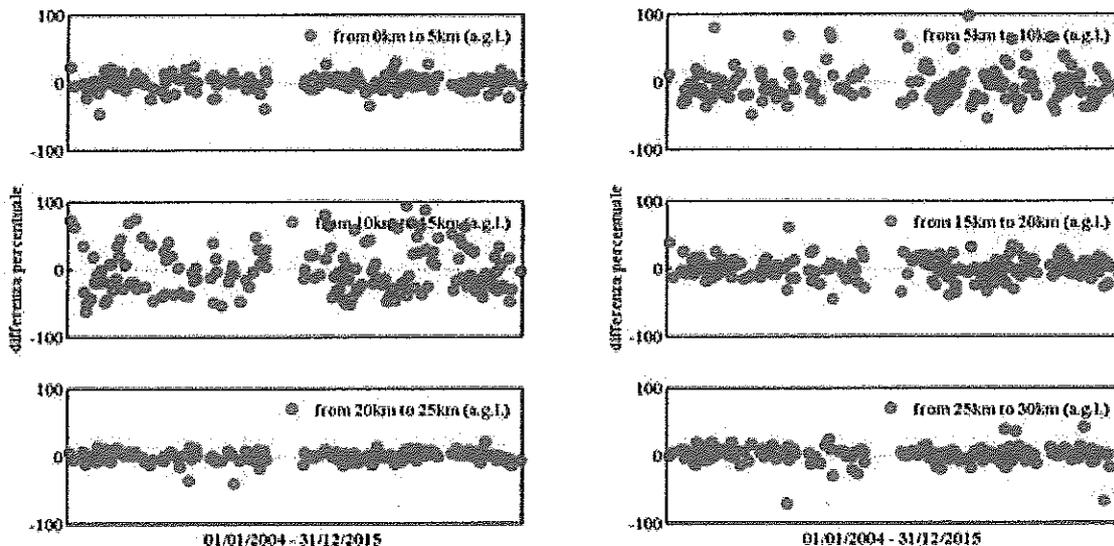


Figura 5. La variabilità del contenuto colonnare di ozono in diversi strati dell'atmosfera (si veda la tabella 1) e in funzione del tempo.

I risultati nella figura 5 sono sintetizzati nella **tabella 1**.

strato dell'atmosfera	variabilità	trends
0 - 5 km	media	nessuno
5 - 10 km	media/alta	nessuno
10 - 15 km	media/alta	nessuno
15 - 20 km	media/alta	nessuno
20 - 25 km	bassa	nessuno e comunque $< -2\%(\pm 2\%)/decade$
25 - 30 km	bassa	nessuno e comunque $< -2\%(\pm 2\%)/decade$

Tabella 1. La variabilità del contenuto colonnare di ozono in diversi strati dell'atmosfera.

Nessun metodo statistico permette di evidenziare *trends* di variazione dell'ozono stratosferico, né di quello nello strato limite planetario o nella troposfera di cui è comunque rilevabile la spiccata variabilità che è strettamente connessa anche alle situazioni meteorologiche locali. I *trends* negativi ($< -2\%/decade$) rilevati statisticamente con un *fit* lineare nella stratosfera (gli strati 20-25 km e 25-30 km) sono trascurabili e inclusi nell'indeterminazione sperimentale ($\pm 2\%$).

Nei report passati, dal database dell'Osservatorio Atmosferico di CETEMPS si evidenziava un trend sulla colonna totale di ozono di circa $-12(\pm 10)$ Dobson Units per decade; i risultati derivanti dalla nuova versione del database degli ozono-sondaggi non sono in contrasto: $-2\%(\pm 2\%)/decade$ corrisponde a circa $-10(\pm 10)$ Dobson Units per decade, la differenza è dovuta al fatto che il database più recente è relativo ad un periodo temporale più esteso.

E' chiaro che non è possibile stabilire in maniera oggettiva e univoca un carattere all'andamento temporale del contenuto di ozono nella colonna atmosferica, almeno utilizzando solo i dati presenti nel database sugli ozono-sondaggi dell'Osservatorio Atmosferico di CETEMPS, che sono caratteristici delle medie latitudini. Si rende quindi necessario, nel prossimo futuro, rianalizzare tutti i profili della concentrazione di ozono con l'aiuto di modelli fisici dell'atmosfera, con l'integrazione di dati da satellite, ed eventualmente cercando andamenti su intervalli di tempo più brevi.

L'analisi dei dati ottenuti dalle osservazioni della radiazione UV-A e UV-B al suolo nel periodo da Novembre 2004 a Dicembre 2015 (incluso) è riassunta della **figura 6**.

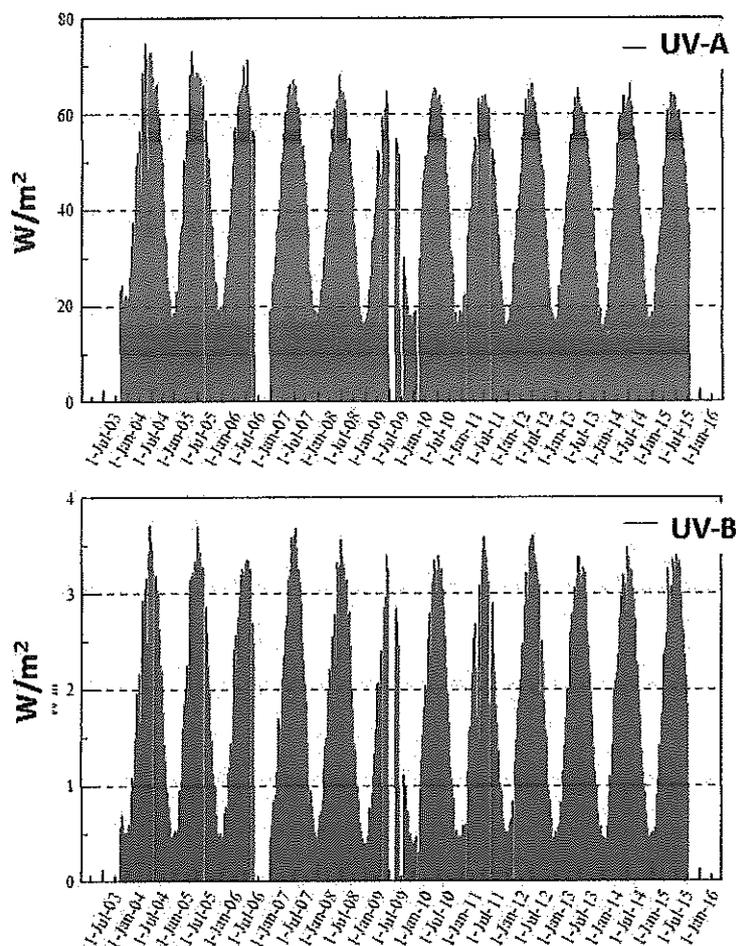


Figura 6. Le osservazioni di UV-A e UV-B in funzione del tempo dal Novembre 2004 a Dicembre 2015. L'interruzione più evidente nella serie temporale delle misure è di circa 7 mesi a partire dal 6 Aprile 2009; per ragioni connesse al sisma che ha colpito L'Aquila, il sistema di registrazione dei dati non ha funzionato.

La serie temporale dell'irradianza solare nelle bande UV-A e UV-B non mostra particolari tendenze. L'apparente diminuzione del UV-A tra il 2004 e il 2008 è probabilmente dovuta alla situazione di esposizione dei sensori. La radiazione UV-A ha una componente importante di radiazione solare nel visibile, ed è molto sensibile alla disposizione degli oggetti nei pressi dei piranometri (costruzioni, ostacoli, etc.); inoltre è relativamente più importante la radiazione diretta proveniente dal sole. Invece, nella serie temporale della radiazione UV-B (componente ultravioletta della radiazione solare) non si notano particolari *trends*, essendo più importante la componente di radiazione diffusa (rispetto a UV-A), cioè non influenzata da piccoli cambiamenti dell'esposizione dei sensori.

Sulla base delle osservazioni della radiazione UV-A e UV-B al suolo è stata avviata una ricerca clinica sperimentale sulla possibile correlazione tra l'esposizione alla radiazione solare UV-B (quantificata con le osservazioni di CETEMPS) e la produzione di vitamina D (stimata clinicamente in gruppi di pazienti controllati). Lo scopo è quello di quantificare e qualificare le opportune raccomandazioni per un corretto stile di vita che eviti le insufficienze di vitamina D. Il lavoro è in corso di finalizzazione, e comunque mostra una delle possibili applicazioni a ricaduta sociale diretta delle risultanze delle osservazioni condotte.



Ministero dell'Istruzione dell'Università e della Ricerca

DIPARTIMENTO PER LA FORMAZIONE SUPERIORE E PER LA RICERCA
DIREZIONE GENERALE PER IL COORDINAMENTO, LA PROMOZIONE E LA
VALORIZZAZIONE DELLA RICERCA

Ufficio V

Al Ministero dell'Ambiente e della Tutela del
Territorio e del Mare
Direzione Generale per il Clima e l'Energia
SEDE

dgcle@pec.minambiente.it

E p.c. All'Ufficio di Gabinetto
SEDE

Al Capo Dipartimento
Prof. Marco Mancini
SEDE

OGGETTO: Parere sulla relazione per l'anno 2015 di cui all'art. 13, comma 1, della legge 28 dicembre 1993, n. 549, recante "Norme a tutela dell'ozono stratosferico e dell'ambiente"

Con riferimento all'oggetto, si riscontra la nota di codesta Direzione Generale prot. n. 3694 del 25 maggio 2016 riguardante l'obbligo previsto dall'articolo 13 della legge 28 dicembre 1993, n. 459.

Al riguardo, anche sulla base delle considerazioni espresse dal Consiglio Nazionale delle Ricerche su richiesta di questa Direzione con relazione prot. n. 18490 del 26 settembre 2016, che ad ogni buon fine si allega, questo Ministero esprime parere favorevole sulla relazione per l'anno 2015 di cui all'art. 13, comma 1, della legge 28 dicembre 1993, n. 549 in materia di "Norme a tutela dell'ozono stratosferico e dell'ambiente".

IL DIRETTORE GENERALE

dott. Vincenzo Di Felice



Ministero della Salute

DIREZIONE GENERALE DELLA PREVENZIONE SANITARIA
Ufficio II - Prevenzione, Igiene ambientale e
Sicurezza nei luoghi di vita e di lavoro
Viale Giorgio Ribotta, 5 - 00144 Roma

Ministero dell'Ambiente
e della Tutela del territorio e del Mare

DIREZIONE GENERALE PER IL CLIMA ED ENERGIA

dgcle@pec.minambiente.it

OGGETTO: PARERE SULLA RELAZIONE PER L'ANNO 2015 DI CUI ALL'ART. 13, COMMA 1, DELLA LEGGE 28 DICEMBRE 1993, N. 549 "NORME A TUTELA DELL'OZONO STRATOSFERICO E DELL'AMBIENTE": PRECISAZIONE.

Riguardo la nota trasmessa dalla scrivente Direzione generale in data 23/06/2016 prot. 0018035, concernente l'argomento di cui all'oggetto, si precisa che il parere ivi espresso si riferisce alla relazione per l'anno 2015 e non all'anno 2014 come evidenziato nella nota, per mero errore materiale.

Il Dirigente Responsabile del Procedimento

Dottor Aldo Di Benedetto



Ministero della Salute

DIREZIONE GENERALE DELLA PREVENZIONE SANITARIA
Ufficio II - Igiene, Prevenzione e Sicurezza Ambientale
Viale Giorgio Ribotta, 5 - 00144 Roma

Ministero dell'Ambiente
e della Tutela del territorio e del Mare

DIREZIONE GENERALE PER IL CLIMA ED ENERGIA

dgcle@pec.minambiente.it

OGGETTO: PARERE SULLA RELAZIONE PER L'ANNO 2014 DI CUI ALL'ART. 13, COMMA 1, DELLA LEGGE 28 DICEMBRE 1993, N. 549 "NORME A TUTELA DELL'OZONO STRATOSFERICO E DELL'AMBIENTE"

Con la presente si riscontra la nota di codesta Direzione Generale prot. 0003694 del 25/05/2016 relativa all'argomento di cui all'oggetto, finalizzata a ottemperare all'obbligo previsto dall'art.13 della legge 28 dicembre 1993, n. 549.

Al riguardo si prende atto dei dati registrati e forniti dall'Osservatorio di CETEMPS, Dipartimento di Scienze Fisiche e Chimiche dell'Università degli Studi dell'Aquila che, su incarico del MATTM, ha rilevato le misurazioni dei profili di ozono stratosferico nel periodo gennaio-dicembre 2014.

Da una valutazione dei trend si evincerebbe una tendenza al ripristino della situazione dell'ozono stratosferico prima del 1980, in coerenza con il Protocollo di Montreal. Pur evidenziandosi che nel monitoraggio decennale sussiste un'indeterminazione statistica e sistematica che caratterizza i dati e che non rende possibile stabilire un carattere univoco dell'andamento decennale. Inoltre si prende atto che nel prossimo futuro tutti i profili di concentrazione dell'ozono saranno rianalizzati "con l'aiuto di modelli fisici dell'atmosfera, con l'integrazione di dati da satellite, ed eventualmente cercando andamenti su intervalli più brevi".

Circa la ricerca clinica sperimentale, citata in narrativa, concernente la correlazione tra l'esposizione alle radiazioni solari UV-B e la produzione di vitamina D, al fine di quantificare e qualificare le opportune raccomandazioni per un corretto stile di vita, quest'Amministrazione resta in attesa dei risultati della ricerca rendendosi disponibile a eventuali forme di collaborazione.

Tenendo conto di quanto su esposto si esprime parere favorevole sulla relazione 2014 di cui all'art. 13, comma 1, della Legge 28/12/1993, n. 549.

Il Direttore Generale
(dottor Raniero Guerra)

Firmato digitalmente
da

Raniero Guerra