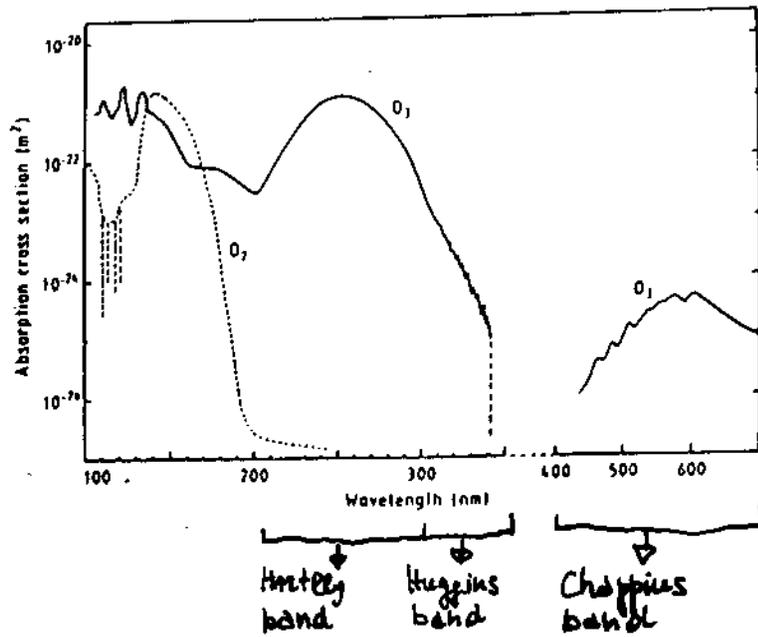


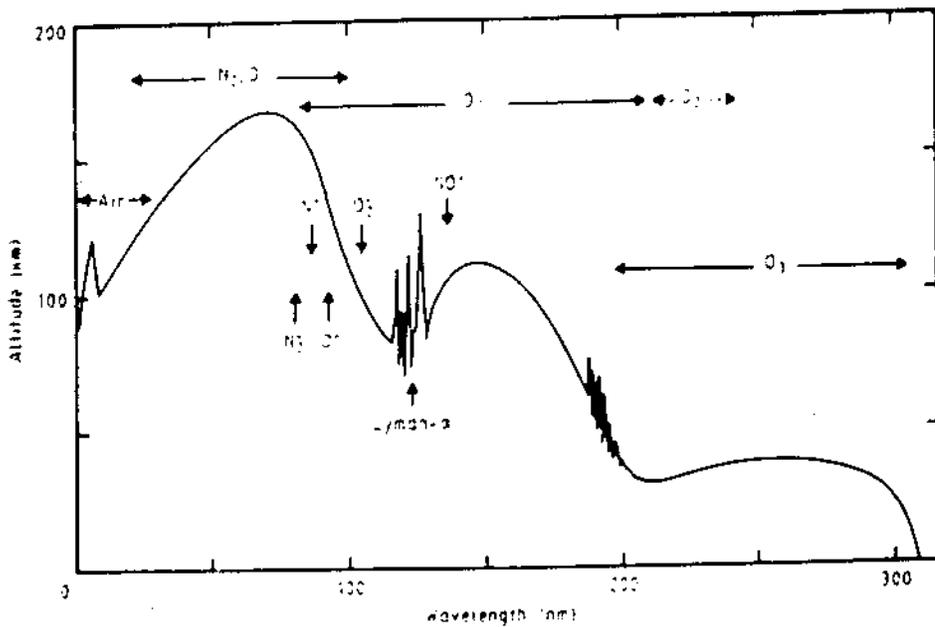
1985

PRIMO RILEVAMENTO

DEPLEZIONE O<sub>3</sub> ANTARTICO



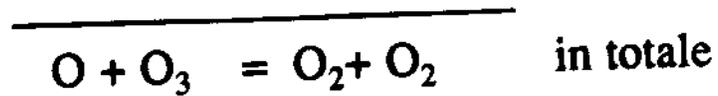
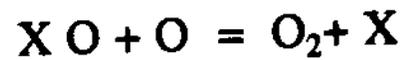
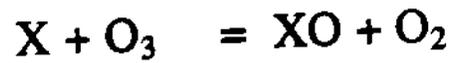
Sezioni d'urto assorbimento  $O_2$  e  $O_3$



Quote per l'attenuazione della radiazione solare a  $1/e$  dell'intensità iniziale. Specie assorbenti principali.

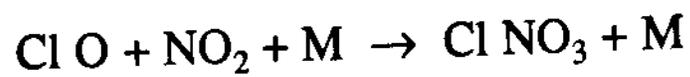
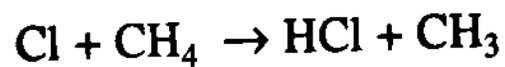


## PROCESSI RIMOZIONE O<sub>3</sub>

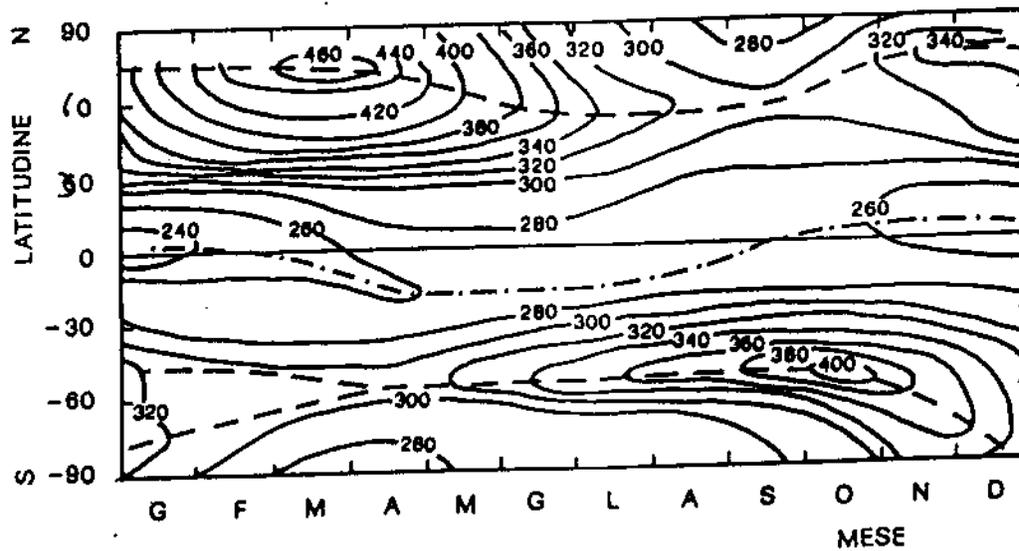


X: Cl, Br, NO, ETC...

## SPECIE SERBATOIO



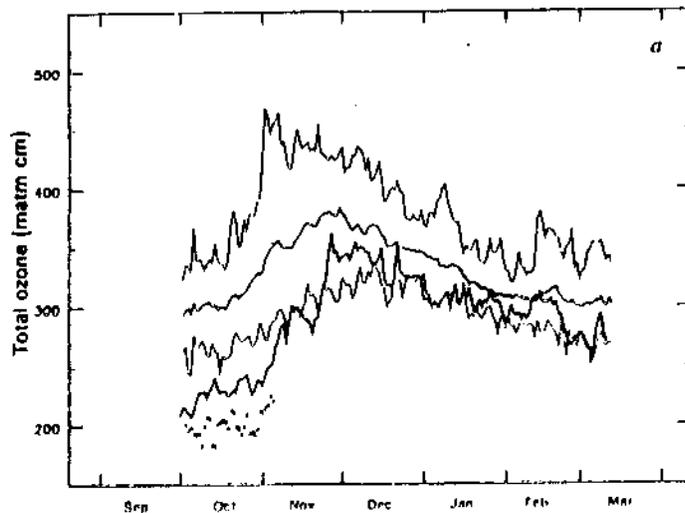
# DISTRIBUZIONE O<sub>3</sub>



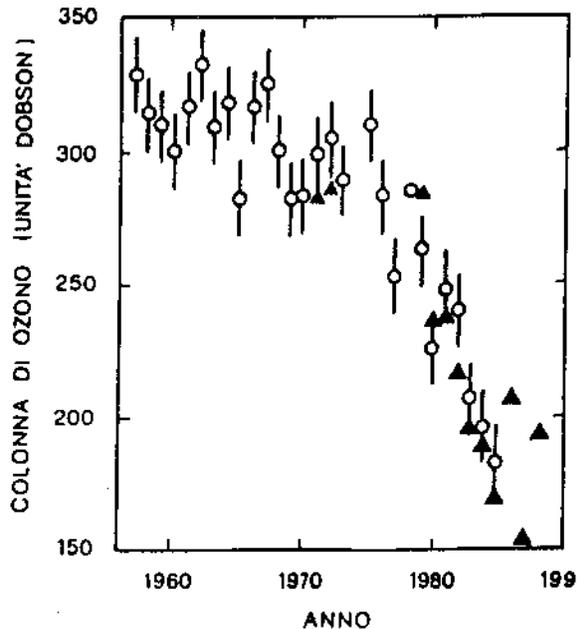
Valori medi (1958-1980) del contenuto atmosferico di ozono, misurato da stazioni a terra in funzione della latitudine e della stagione. Livelli in DU.

DOBSON  $\approx 10^{-3}$  cm O<sub>3</sub> riportati a PTN

# DATI ANTARTICI



Valori giornalieri di  $O_3$  totale misurati ad Halley Bay: linea sottile, valori medi ed estremi per 16 stagioni, 1957-73; linea spessa, valori medi per 4 stagioni, 1980-84; + valori ottobre '84. Periodo di osservazione: 1 ottobre - 3 marzo.

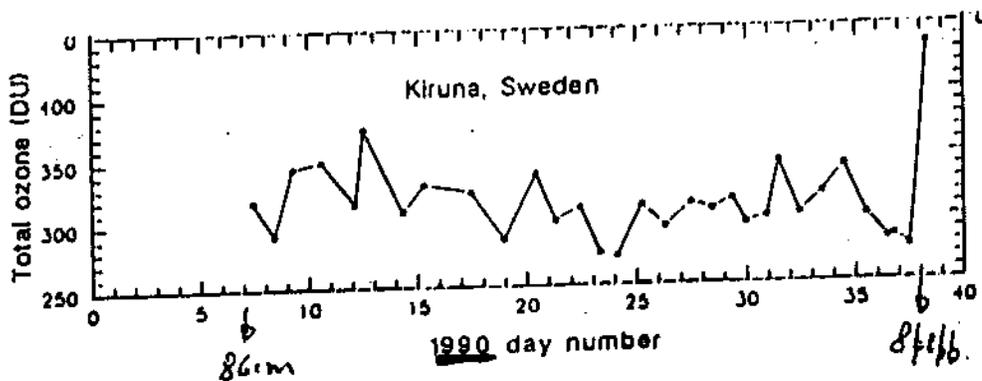


Contenuto colonnare medio (DU) per il mese di ottobre misurato alla stazione antartica inglese di Halley Bay ( $76^{\circ}$ Sud) nel periodo 1956-1985 (cerchi vuoti) e misurato da satellite alle stesse latitudini per il periodo 1972-1988 (triangoli neri).

MINIMO 87: 150 DU

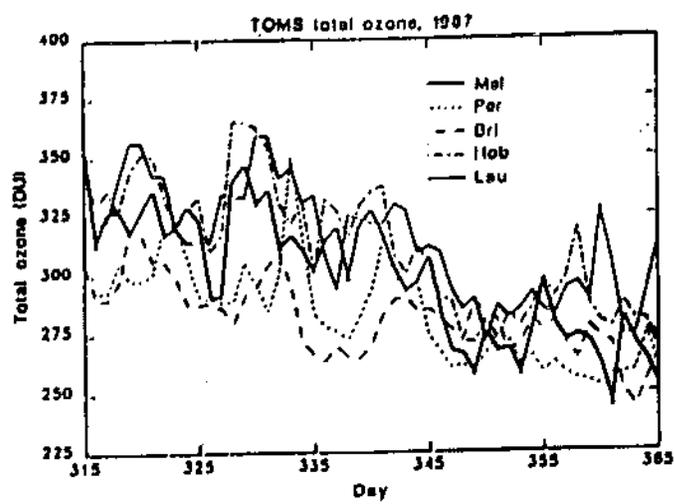
# OZONO ARTICO

1989 - 10% DEPLEZIONE O<sub>3</sub> TOTALE - 380 ≈ 400 DU → 325 DU



1990 - 18% deplezione O<sub>3</sub> TOTALE - 310 DU.  
**MEDIE LATITUDINI**

## AUSTRALE



60-66°S in 86-87  
 deplezione del 6 al 18%  
 in agosto-settembre  
 rispetto al 79-80

TOMS valori di ozono totale (DU) durante dicembre 1987 da quattro stazioni australiane (Melbourne 38°S, 145°E) Perth (32°S, 116°E), Brisbane (27°S, 153°E), Hobart (43°S, 147°E) e Lauder, Nuova Zelanda (45°S, 169°E).

## BOREALE

### Percentage Changes in Ozone Concentrations 1969-86

	53-64° N	40-52° N	30-39° N
Annual average	- 2.3 ± 0.7	- 3.0 ± 0.8	- 1.7 ± 0.7
Winter average	- 6.2 ± 1.5	- 4.7 ± 1.5	- 2.3 ± 1.3
Summer average	+ 0.4 ± 0.8	- 2.1 ± 0.7	- 1.9 ± 0.8

# METODI DI MISURA

MISURE IN SITU

MISURE DA TERRA

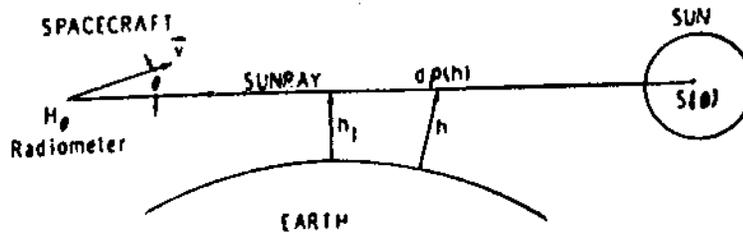
MISURE SATELLITE

ACTIVE

PASSIVE

# MISURE DA SATELLITE

## SAGE (STRATOSPHERIC AEREOSOL and GAS EXPERIMENT)



Geometria sperimentale per misure di estinzione solare.

$O_3$   $NO_2$   
CANALI RADIOMETRICI (1000 nm, 600 nm, 450 nm, 385 nm)  
↑ AEREOSOL ↓

Risoluzione angolare 0.5 min. arco → 1/2 Km

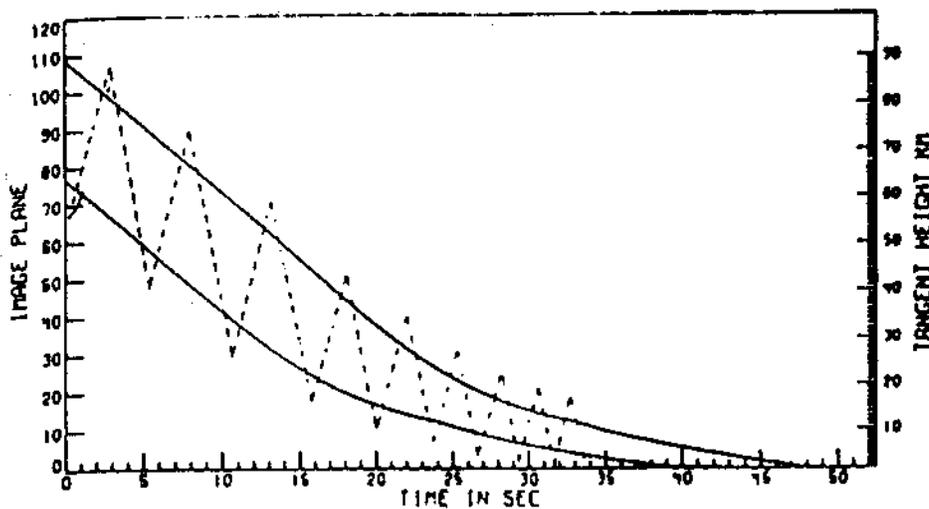


Diagramma di acquisizione dati per l'esperimento di estinzione solare durante il tramonto. Le linee continue indicano il bordo superiore ed inferiore del disco solare. La linea tratteggiata a zig-zag mostra la sequenza dell'acquisizione dati.

$$H_{\lambda}(t) = \int_{\Delta\lambda} \int_{\Delta\Omega} F_{\lambda}(\theta, \varphi) S_{\lambda}(\theta, \varphi, t) T_{\lambda}(\theta) d\Omega d\lambda$$

$F_{\lambda}(\theta, \varphi)$  funzione vista radiometro

$\varphi$  angolo azimutale

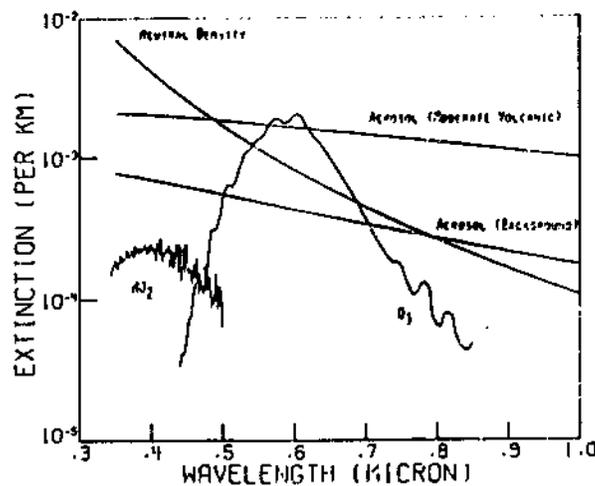
$\Omega$  angolo solido

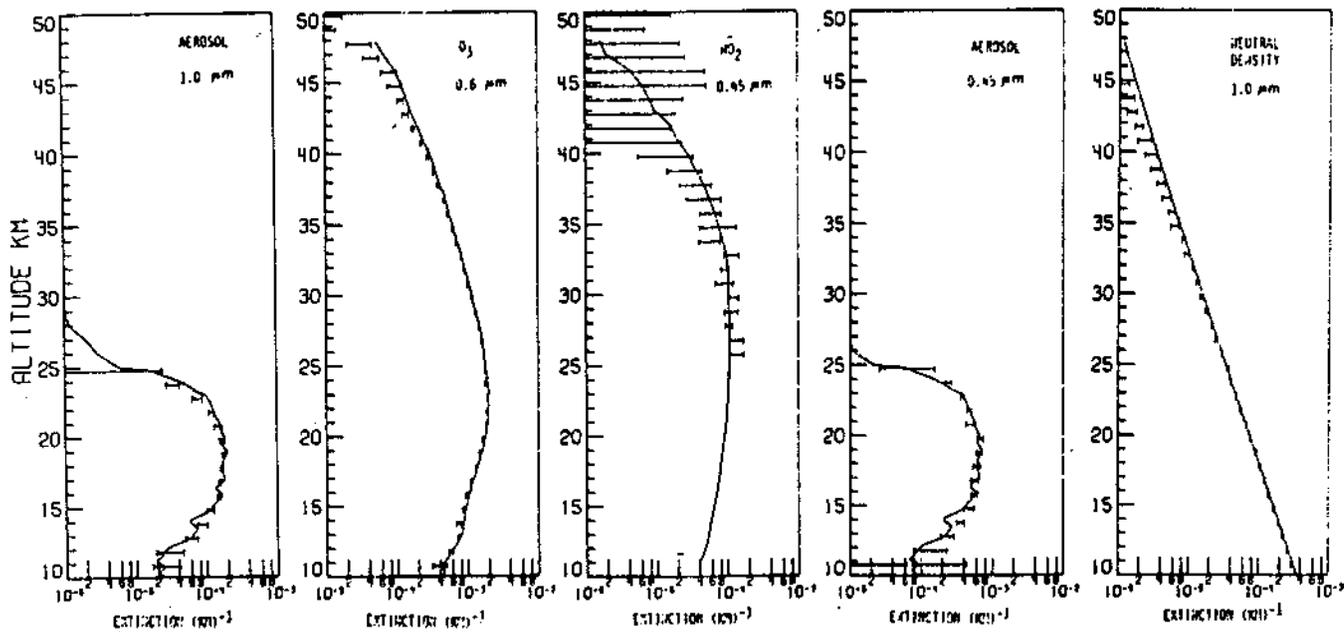
$S_{\lambda}(\theta, \varphi, t)$  radianza

$T_{\lambda}(\theta)$  coefficiente trasmissione atmosfera

$$T_{\lambda}(h) = \text{Exp} \left( - \int \beta_{\lambda}(h) d\rho_{\lambda}(h) \right)$$

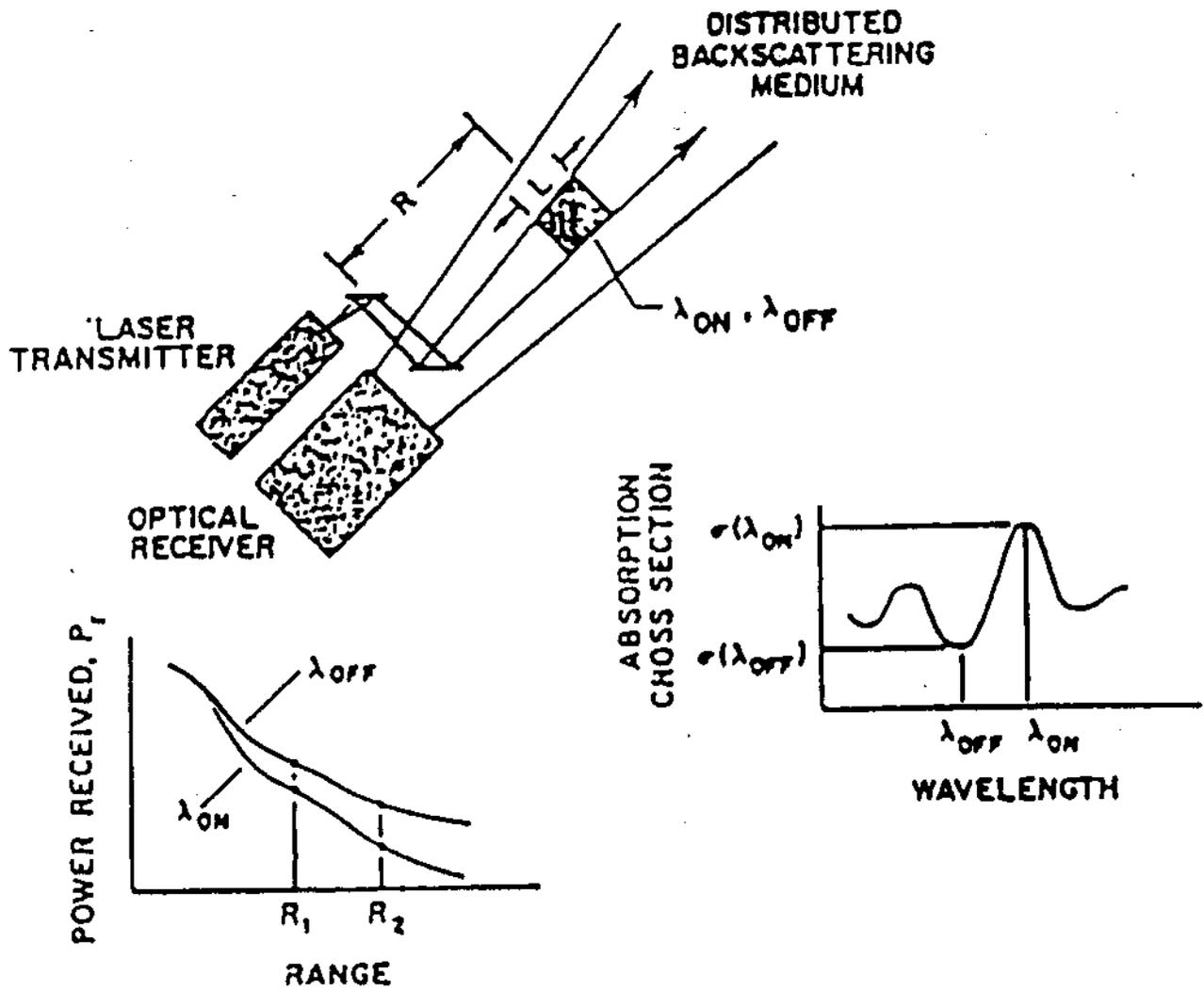
$$\beta_N = \beta_N(\lambda) + \beta_{O_3}(\lambda) + \beta_{NO_2}(\lambda) + \beta_a(\lambda)$$





**Risultati dell'inversione dai dati di estinzione solare alle quattro lunghezze d'onda.**

# DIFFERENTIAL ABSORPTION LIDAR (DIAL)



## Equazione del LIDAR

$$P_{\lambda R} = P_e \beta_{\lambda R} \frac{ct_L}{2} \frac{A}{R^2} \eta_2 \exp[-2(\tau_{\lambda R}^{O_3} + \tau_{\lambda R})]$$

dove  $P_{\lambda R}$  = potenza del segnale disponibile sul rivelatore alla lunghezza d'onda  $\lambda$  derivante dalla retrodiffusione della cella a distanza  $R$  e spessore  $\Delta R$

$P_e, t_L$  = potenza trasmessa e durata dell'impulso Laser rispettivamente

$\beta_{\lambda R}$  = coefficiente di retrodiffusione alla lunghezza d'onda  $\lambda$  e ad  $R$

$A$  = area del ricevitore

$\eta_2$  = efficienza ottica del rivelatore

$\tau_{\lambda R}^{O_3}$  = spessore ottico integrato dovuto all'assorbimento dell'ozono; cioè

$$\tau_{\lambda R}^{O_3} = \int_0^R \sigma_{O_3}(\lambda, R) \eta_{O_3}(R) dR$$

dove  $\sigma_{O_3}(\lambda, R)$  è la sezione d'urto di assorbimento e  $\eta_{O_3}(R)$  è la densità

$\tau_{\lambda R}$  = spessore ottico integrato escludendo quello della specie assorbente  $O_3$

$$2 (\Delta \tau_{IN}^{O_3} - \Delta \tau_{OFF}^{O_3}) = \ln \left( \frac{P_{IN, R_2} P_{OFF, R_2}}{P_{OFF, R_1} P_{IN, R_2}} \right) +$$

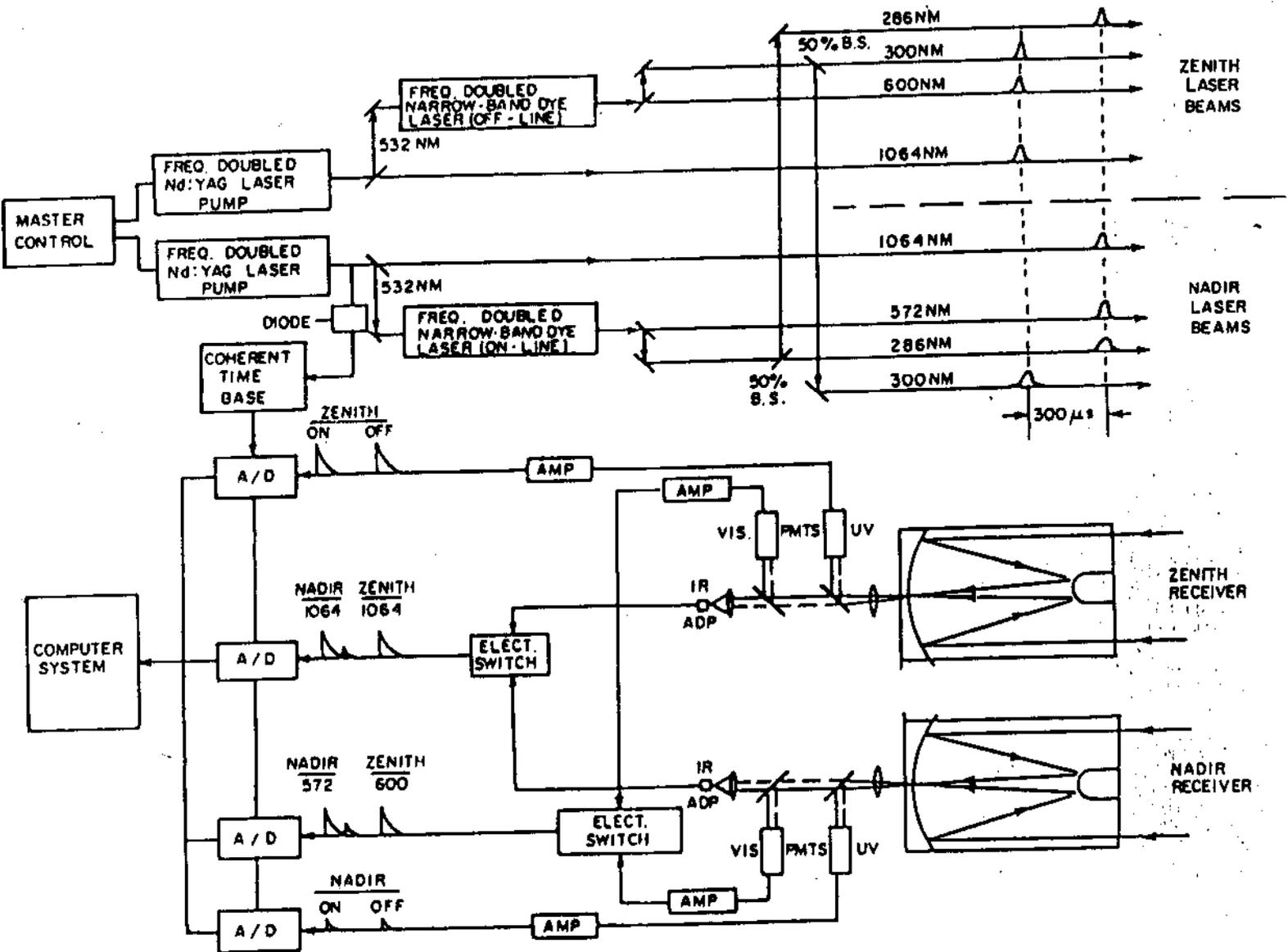
$$+ \ln \left( \frac{\beta_{IN, R_2} \beta_{OFF, R_1}}{\beta_{IN, R_1} \beta_{OFF, R_2}} \right) - 2 (\Delta \tau_{IN} - \Delta \tau_{OFF})$$

$$\Delta \tau_{IN}^{O_3} - \Delta \tau_{OFF}^{O_3} = \Delta \sigma_{O_3} (\lambda_{IN}, \lambda_{OFF}) (R_2 - R_1) \bar{N}_{O_3} (R_1, R_2)$$

$$\bar{N}_{O_3} (R_1, R_2) = \frac{1}{2 (R_2 - R_1) \Delta \sigma_{O_3}} \ln \left( \frac{P_{IN, R_1} P_{OFF, R_2}}{P_{OFF, R_1} P_{IN, R_2}} \right) + \quad [M]$$

$$+ \frac{1}{2 (R_2 - R_1) \Delta \sigma_{O_3}} \ln \left( \frac{\beta_{IN, R_2} \beta_{OFF, R_1}}{\beta_{IN, R_1} \beta_{OFF, R_2}} \right) + \quad [B]$$

$$- \frac{1}{\Delta \sigma_{O_3}} \bar{N} (R_1, R_2) (\sigma_{IN} - \sigma_{OFF}) \quad [E]$$



Schema apparato DIAL.

# Conclusioni

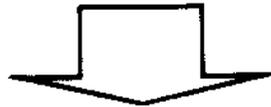
Attuale abbondanza stratosferica composti del



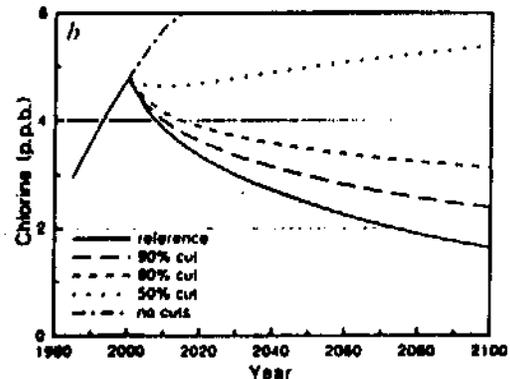
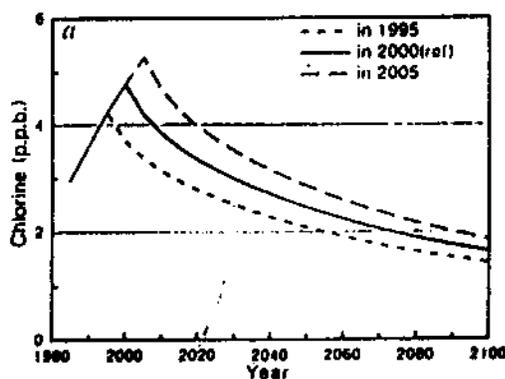
Protocollo di Montreal (in vigore dal 1990) :  
riduzione del 50% della produzione di  
halofluorocarburi entro il 1999



Recupero buco di O<sub>3</sub> ⇒ almeno 2 ppbv di Cl



Stima andamento concentrazione del Cl



Effetti sulle concentrazioni di Cl dopo a) taglio del 100% b) taglio parziale su tutti gli halocarburi dall'anno 2000