

COMMISSIONE DELLE COMUNITÀ EUROPEE

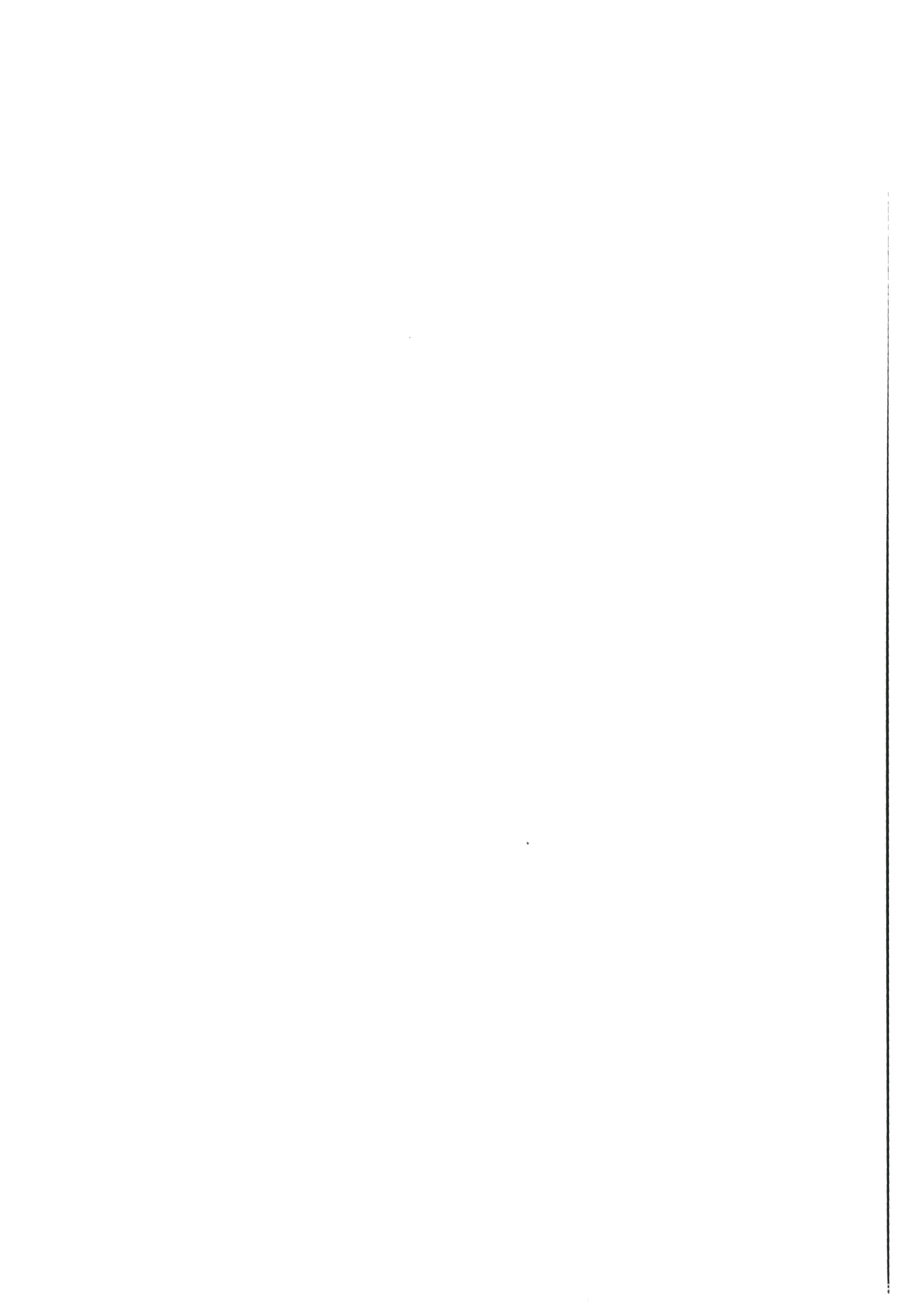
ambiente e qualità della vita

MISURA A DISTANZA DELL'ANIDRIDE SOLFOROSA IN ATMOSFERA



1976

EUR 5535 i



COMMISSIONE DELLE COMUNITÀ EUROPEE

ambiente e qualità della vita

MISURA A DISTANZA DELL'ANIDRIDE SOLFOROSA IN ATMOSFERA

C. CERUTTI, M. DE BORTOLI, S. SANDRONI, L. TORTORA

Centro Comune di Ricerche
Stabilimento di Ispra, Italia

1976

EUR 5535 i

**Publicato dalla
Commissione delle Comunità europee
Direzione Generale
"Informazione Scientifica e Tecnica
e Gestione dell'Informazione"**

**Bâtiment Jean Monnet - Kirchberg
Lussemburgo**

© CECA, CEE, CEEA, Lussemburgo 1976

AVVERTENZA

Il presente documento è stato elaborato sotto gli auspici della Commissione delle Comunità europee.

Si precisa che la Commissione delle Comunità europee, i suoi contraenti, o qualsiasi altra persona che agisca in loro nome :

non garantiscono l'esattezza o la completezza delle informazioni contenute nel presente documento, né che l'uso di qualsiasi informazione, dispositivo, metodo o processo, descritti nel presente documento, non arrechino pregiudizio ai diritti sulle opere dell'ingegno e sulle invenzioni industriali;

non assumono alcuna responsabilità per i danni che dovessero risultare dall'uso di informazioni, dispositivi, metodi o processi descritti con il presente documento.

RIASSUNTO

Esperienze di monitoraggio dell'anidride solforosa in atmosfera su distanza di 720 m sono state condotte ad Ispra con successo. Lo strumento era uno spettrometro a correlazione Cospec III B (Barringer Research, Canada) accoppiato ad una lampada allo Xenon modulata elettronicamente di 75 W di potenza. Con l'ausilio di una sorgente artificiale è possibile il monitoraggio sulle 24 ore ed, entro certi limiti, anche in condizioni di visibilità ridotta (foschia). È descritto pure un confronto, relativamente a medie orarie, dei dati ottenuti con quelli di unità di prelievo distribuite lungo il percorso ed un metodo convenzionale (West e Gaeke).

I N D I C E

I	Generalita	7
II	Descrizione della strumentazione	9
III	Dispositivo di prelievo della SO ₂ e sua determinazione analitica	II
IV	Descrizione del sito	I5
V	Risultati e discussione	I6
	Letteratura	2I

I. GENERALITA

Nel contesto del programma di ricerca "Protezione dell'Ambiente" il Centro Comune di Ricerche Euratom di Ispra sta sviluppando e sperimentando degli strumenti per la misura a distanza dell'inquinamento atmosferico (1,2).

In questo rapporto presentiamo i risultati del primo anno di esperimenti fatti ad Ispra, per la misura dell'anidride solforosa con lo spettrometro a correlazione COSPEC della Barringer Research ed il confronto con un metodo convenzionale.

Lo spettrometro COSPEC é generalmente utilizzato con luce naturale diffusa per tracciare mappaggi di anidride solforosa, per valutare dispersioni di pennacchi e per inventari di emissioni di sorgenti. Esempi di tali applicazioni sono gli studi della Environmental Measurements Inc. negli U.S.A., del Rijksinstituut voor de Volksgezondheid (RIV) di Bilthoven (Olanda) e dei Central Electricity Research Laboratories di Leatherhead (Inghilterra) (3 - 6).

La misura di carico verticale, basata sull'assorbimento della luce diffusa del cielo a lunghezze d'onda specifiche, ha delle limitazioni quali:

- 1) l'intensità di luce alle lunghezze d'onda di misura (310 m μ m) deve essere sufficiente per avere un segnale rivelabile. In pratica si può lavorare solo in giornate di alta luminosità, con cielo sereno o quasi.
- 2) l'intensità della luce diffusa del cielo varia nel corso della giornata e quindi i rilevamenti debbono essere fatti in tempi ristretti (30 - 50 min.) perché possano essere significativi.

3) non sono possibili misure assolute, in quanto manca la misura della energia della sorgente di luce in assenza di inquinante. La valutazione dello zero é di regola fatta misurando l'energia diffusa a quelle lunghezze d'onda in un sito vicino reputato "pulito".

Invece che con la luce diffusa del cielo ("modo passivo"), si é cercato di operare con una sorgente artificiale (modo attivo): in passato tentativi fatti con il Cospec I dalla Société Nationale des Pétroles d'Aquitaine e da noi stessi, e con il Cospec II dal RIV non hanno avuto successo. Al contrario i risultati ottenuti con il Cospec III accoppiato ad una lampada a Xe sono incoraggianti. Per quanto ne sappiamo, sono state fatte esperienze analoghe a St. Louis, Missouri, USA, nel settembre 1974 (ma sono noti pochi dettagli sul comportamento dello strumento nel corso delle esperienze). Noi disponiamo di un prototipo Cospec III dall'aprile 1975 e con tale strumento abbiamo partecipato alla campagna di misure di Lacq (Francia), organizzata dalla Direzione Generale per la Ricerca della CEE nel luglio 1975 (7).

Lo strumento presenta, come prototipo, parecchi problemi da risolvere (aggiustamento dell'ottica e dell'elettronica) perché possa essere di facile utilizzazione; tuttavia esso rappresenta indubbiamente una proposta valida. L'operare in attivo ci ha permesso di far misure di notte, ed entro certi limiti, anche in condizioni di scarsa visibilità.

II. DESCRIZIONE DELLA STRUMENTAZIONE

A- Lo spettrometro a correlazione di maschera COSPEC III (Barringer Research, Canada) (fig.1) é uno strumento avanzato di ricerca concepito per misure di concentrazioni integrate di SO_2 e di NO_2 , usando luce artificiale o luce diffusa del cielo. Noi abbiamo utilizzato lo spettrometro accoppiato ad una lampada a Xe di 75 W, modulata a 2,5 kHz con un riflettore parabolico da 12" per collimare il fascio ad una divergenza inferiore a $0,5^\circ$.

Il principio della spettroscopia a correlazione di maschera é stato descritto da Millan e Newcomb (4). Il Cospec dispone di due telescopi Cassegrain ($1^\circ \times 1^\circ$ e $3 \text{ mR} \times 10 \text{ mR}$), per la raccolta della luce di un sistema f/4 Ebert-Fastie, di un reticolo per la dispersione, di un disco correlatore che nel piano di uscita analizza lo spettro risultante, di un fotomoltiplicatore e di un sistema elettronico per la trasformazione del segnale in una tensione proporzionale allo spessore ottico (cioé al prodotto concentrazione x distanza sorgente-analizzatore) del gas che si vuol misurare. Elemento fondamentale del Cospec é il disco correlatore, che funziona come spettro di riferimento ad alto contrasto per confronto allo spettro di ingresso.

Nel mod. III il disco consiste di 8 settori (maschere) che portano delle serie di fenditure circolari fotoincise in alluminio su quarzo; 4 settori portano le maschere per la SO_2 e gli altri 4 quelle per la NO_2 . Per ogni gas sono a disposizione due coppie di maschere, ciascuna coppia ha una maschera ad alto assorbimento (corrispondente ai massimi di assorbimento) ed una a basso assorbimento (corrispondente ai minimi della struttura rotazionale dello spettro del gas). La seconda coppia é scelta in modo da fornire informazioni supplementari sullo spettro.

L'allineamento ottico é ottimizzato osservando su un oscilloscopio l'intensità del segnale modulato ed il controllo automatico di guadagno (AGC). I segnali di SO_2 e di AGC sono trasmessi ad un registratore a due penne Philips mod. 8221. Sia il Cospec che la lampada sono montati su treppiedi con testata regolabile (una Hercules per il Cospec, una più semplice fatta da noi per la lampada) per l'aggiustamento in verticale ed in orizzontale.

B- Calibrazione del Cospec

Il Cospec é calibrato in laboratorio con celle a lunghezza fissa, nelle quali si introducono concentrazioni variabili di SO_2 . Particolarmente utile é la cella regolabile sviluppata da noi, che permette con una sola miscela di gas di fare una completa calibrazione in ca. 10 min. (14). All'aperto la calibrazione é stata verificata usando le celle interne di calibrazione che possono essere introdotte individualmente nel fascio ottico dello strumento per permettere di avere valori dai quali l'operatore ricava la sensibilità di risposta in ppm/metro per divisione della carta. Dividendo poi per la distanza tra la lampada e l'analizzatore ed ammettendo una distribuzione uniforme del gas, si calcola la concentrazione media.

Nel corso di registrazioni continue, la calibrazione é stata verificata ogni ora. Il fattore di calibrazione durante esperienze di 2-3 settimane é variato relativamente poco (meno del 10 %).

Un problema nell'operazione in attivo é la valutazione del segnale zero. A tale scopo, il Cospec III dispone di una lamina rifrangente, che può essere

inserita nel cammino ottico dello strumento. Quando tale lamina é inserita, la luce dispersa dal reticolo é spostata dal suo allineamento normale sulla maschera di correlazione. Con leggeri aggiustamenti della inclinazione della lamina inserita, si arriva ad una posizione per la quale lo strumento é insensibile all'inserimento delle celle di calibrazione. Il segnale ottenuto in tale condizioni é definito come zero. Tale procedura richiede alcuni minuti durante i quali la trasparenza dell'aria ed il tenore di SO_2 debbono essere costanti.

III. DISPOSITIVO DI PRELIEVO DELLA SO_2 E SUA DETERMINAZIONE ANALITICA

L'aria viene prelevata con una pompa e fatta gorgogliare attraverso una soluzione di tetracloromercurato sodico, che fissa l'anidride solforosa. Della soluzione, addizionata di un colorante, si misura con uno spettrofotometro l'assorbimento ad una lunghezza d'onda prefissata; l'intensità del colore é proporzionale alla quantità di SO_2 assorbita.

A- Prelievo

Abbiamo realizzato alcune unità di prelievo costituite da una cassetta in legno, con tettuccio di plastica di ca. 50 x 50 x 50 cm, contenenti nella successione percorsa dal flusso d'aria

- un portafiltro con filtro (Whatman N 41, \varnothing 55mm)
- un gorgogliatore, costituito da una bottiglia di lavaggio (Drechsel), contenente 50 cm³ di soluzione di tetracloromercurato di sodio 0,04 M

- una trappola essicante (silice) per proteggere la pompa ed il contatore
- una pompa elettromagnetica a membrana di portata variabile fino a circa 3 l/min.
- un contatore di gas a secco

Queste unità di prelievo possono essere collocate all'aperto, ma necessitano di alimentazione c.a. per una potenza di circa 50 W. Il tempo di prelievo senza sorveglianza é determinato dalla portata d'aria prescelta, che a sua volta influisce sull'evaporazione della soluzione assorbente. Per le esperienze qui descritte, si sono adottati prelievi di 1 ora; in altre occasioni abbiamo operato a lungo per periodi di 24 h.

B- Determinazione (8 - 10)

La soluzione assorbente viene riportata al volume originale (50 cm^3); se ne preleva una aliquota (10 cm^3) cui si aggiungono acido solfamico (0.6 % - 1 cm^3), formaldeide (0,2 % - 2 cm^3) e pararosanilina (0,2 % - 5 cm^3).

Quest'ultima, che ha lo scopo di colorare il composto formatosi fra l'anidride solforosa ed il tetracloromercurato sodico, deve essere particolarmente pura per abbassare il più possibile il valore dei bianchi e quindi aumentare la sensibilità del metodo.

Le soluzioni dei campioni, dei bianchi e degli standards vengono trasferite in celle di quarzo e sottoposte a misure di assorbimento della luce a $545 \text{ m}\mu$ in uno spettrofotometro. La concentrazione di anidride solforosa in soluzione si

ricava da una curva di taratura costruita con gli standards, riportando poi al volume d'aria prelevata.

C- Valutazione degli errori casuali e sistematici del metodo

Negli anni scorsi abbiamo usato questo metodo per determinazioni giornaliere del livello di SO₂ in aria, per periodi di diversi mesi. I valori osservati sono stati pubblicati altrove (11).

Per la valutazione degli errori casuali abbiamo fatto funzionare contemporaneamente cinque unità di prelievo affiancate, per periodi di 24 h, ed abbiamo determinato l'anidride solforosa raccolta nei cinque gorgogliatori. Le prove effettuate in questo modo sono state sette in totale ed hanno fornito i seguenti risultati

Prova	Concentrazione atmosferica di SO ₂ (µg/m ³) (media delle cinque unità)	Deviazione assoluta (µg/m ³)	Standard relativa %
1	74	18	24
2	84	6,3	7,5
3	68	5,3	7,8
4	154	18	12
5	131	27	21
6	94	30	32
7	69	21	30

La deviazione standard é stata stimata con il metodo dello scarto massimo (12). La deviazione standard relativa, media delle 7 prove, risulta pari al 19 %. Questo valore va considerato comprensivo di tutti gli errori casuali, dalla misura della portata, alla misura spettrofotometrica finale e come tale può essere considerato accettabile.

Per valutare gli eventuali errori assoluti abbiamo utilizzato un tubo a permeazione del National Bureau of Standards (USA), dato per un tasso di perdita di 0,39 ug di SO₂ al min. a 20.5° C. Ad una nostra verifica per pesata il tasso di perdita osservato fra 20 e 21° C é risultato di 0,364 µg/min.

Per il controllo del nostro metodo con il tubo a permeazione, abbiamo introdotto l'anidride solforosa emessa dal tubo in una corrente d'aria ambiente, depurata per passaggio attraverso una colonna di calce sodata (un controllo ha mostrato che l'eventuale SO₂ residua era inferiore a 1 µg/m³).

Variando la portata dell'aria abbiamo prodotto concentrazioni finali di SO₂ variabili. Questa aria é stata prelevata con il nostro dispositivo. I risultati di tre prove sono i seguenti:

Prova	Concentrazione di SO ₂ (µg/m ³)			Differenza % sulla media
	prevista	osservata	media	
1	17,4	13	15,2	-29.0
2	91	133	112	+37.5
3	329	220	275	-39.7

Facendo la media algebrica delle differenze, si ottiene che i valori osservati sono in media del 10 % inferiori a quelli previsti sulla base del tasso di perdita fornito. Se il tasso di perdita reale fosse quello osservato (quasi 7 % inferiore a quello fornito) l'accordo sarebbe ancora migliore. Anche il 10 % però si può ritenere soddisfacente, considerando la natura delle misure, gli errori casuali del metodo visti sopra e gli errori aggiuntisi per queste prove (diluizione della anidride solforosa, eventuale adsorbimento sulle pareti).

IV- DESCRIZIONE DEL SITO

Le esperienze descritte in questo lavoro sono state fatte ad Ispra (Varese) nel periodo maggio 75 - febbraio 76. L'analizzatore Cospec era posto al piano più alto di un edificio su una collina, mentre la lampada era sistemata sul terrazzo di un altro edificio (fig. 2). La distanza lampada-analizzatore era di 720 m. dedotta da rilievi cartografici; il profilo altimetrico del terreno lungo il percorso ottico è dato in fig. 3, nella quale sono altresì indicate le localizzazioni delle unità di prelievo. Il fascio di luce orientato a SSW passava di poco più alto della vegetazione e di alcune costruzioni. L'inquinamento da SO_2 nella zona è provocato dai nuclei abitati dei dintorni dello stabilimento del CCR, cui si aggiunge la centrale termica del CCR stesso disposta a

circa 900 m a NNW rispetto all'analizzatore ed a 600 m a NW della lampada (fig. 2). La centrale ha bruciato, nel periodo considerato, tra 21 tonn/giorno e 45 tonn/giorno di olio persante con un tenore di zolfo di circa il 3 %.

V- RISULTATI E DISCUSSIONE

Nelle fig. 4 e 6 sono mostrati a titolo di esempio concentrazioni medie di anidride solforosa su 720 m misurate ad Ispra in tre giorni dell'autunno-inverno 1975-76; uno con cielo sereno e venti molto deboli da N (fig. 4), uno con cielo sereno e foehn (fig. 5) (foehn = vento discendente dalle Alpi, con notevole velocità, a basso tenore di umidità) ed un terzo (fig. 6) con cielo molto coperto (prima di una nevicata) e venti deboli.

Le fluttuazioni stagionali della SO_2 , limitatamente alle nostre osservazioni ed escludendo le situazioni di foehn, sono fra un livello di 15 - 20 ppb in estate, ed 80 ppb in inverno.

Registrando per giorni sempre nella stessa postazione la fluttuazione della concentrazione di SO_2 e la direzione del vento si notano livelli più elevati associati a particolari direzioni. Questo effetto si può mettere bene in evidenza rappresentando le concentrazioni e le direzioni di provenienza del vento in un diagramma polare, come in fig. 7, relativamente a 46 ore di osservazione. A commento della figura si può osservare che in periodo invernale, in regime di venti deboli, si registrano concentrazioni relativamente elevate per venti provenienti da NW, da SSE e da SW.

In questa direzione si trovano nuclei abitati più o meno importanti ed altre sorgenti di SO_2
N - NW: Centrale termica dello Stabilimento, Ispra e, più lontano, la Val d'Ossola;
SSE: diversi agglomerati urbani e centri industriali da Gallarate a Milano; SW: Angera e Arona
Con venti da SE, oltre ai livelli elevati di SO_2 , si osserva spesso anche una riduzione della visibilità (foschia e a volte nebbia) e questo fenomeno appare normalmente nel pomeriggio.
L'associare la direzione del vento ai livelli di SO_2 , permette, se il numero delle osservazioni è statisticamente valido, di individuare le direzioni lungo le quali vanno ricercate le fonti di inquinamento.

b) Confronto con unità di prelievo

Nella tab. I sono confrontate le medie orarie delle concentrazioni di SO_2 misurate sui 720 m con il Cospec ed i dati ottenuti con i prelevatori disseminati lungo il percorso. I dati meteorologici indicati sono stati forniti dall'Osservatorio Meteorologico del C.C.R., situato in prossimità del Cospec. I dati forniti dal Cospec sono, compatibilmente con i bassi livelli di SO_2 misurati e la complessità della misura, in buon accordo con i dati dei prelevatori puntuali. Occorre tener conto che:

- la struttura del terreno non è semplice, per la presenza di colline, alti alberi, edifici
- il punto di prelievo C è di circa 10 m più basso del fascio di luce;

- il calcolo delle concentrazioni medie di SO_2 a partire dalle concentrazioni integrate presuppone una distribuzione uniforme del gas lungo il percorso ottico. Questa assunzione può essere valida per un percorso di 720 m se le sorgenti di SO_2 sono lontane; per quanto riguarda il camino della centrale termica ad 800 m circa, la situazione è diversa.

Per una tale sorgente, secondo le condizioni meteorologiche, si calcola che le dimensioni laterali del pennacchio (intese come 4 volte circa la deviazione standard laterale, σ_y) variano da circa 250 m (categoria D di Pasquill) a circa 500 m (categoria B), ad 800 m di distanza del punto di rilascio.

In questi condizioni ci si sarebbe aspettato alle nostre unità di prelievo differenze anche di un fattore 10, mentre in realtà la dispersione osservata raggiunge un fattore 3. Questo suggerisce che l'influenza della centrale sui punti considerati non sia determinante oltre al fatto che, nei periodi di osservazione, la variazione di direzione del vento abbia contribuito ad una maggior dispersione del pennacchio.

In fig. 8 sono correlati i dati Cospec e quelli delle unità di prelievo: i dati Cospec sono dello stesso ordine di grandezza di quelli delle unità di prelievo, la pendenza della retta di correlazione non risulta significativamente diversa da 1.

Intendiamo approfondire il confronto delle due tecniche secondo due linee: da un lato ripetendo le esperienze qui descritte con l'aggiunta di un tracciante (SF_6) (13) emesso dalla sola centrale dal altro ripetendo le esperienze in una località sicuramente esente da sorgenti locali ed orograficamente più semplice.

RINGRAZIAMENTI

Gli autori ringraziano il Sig. P. Gaglione per le fruttuose discussioni, il Sig. C. Gandino per i dati meteorologici ed i Sig. E. Brambilla, E. Pecchio, E. DeBlust, O. Cadario, G. Brughera ed E. Lovati per il contributo alla realizzazione delle esperienze.

LETTERATURA

- (1) S. SANDRONI - Eurospectra XI,56 (1972)
- (2) R. BENOIT, F. CAPPELLANI, A. PEDRINI, G. RESTELLI
S. SANDRONI -
Atti del 1. Convegno internazionale sull'ambiente
e sulla crisi dell'energia
Torino 8. - 12. maggio 1974
- (3) A.J. MOFFAT, M.M. MILLAN -
Atmospheric Environment 5,677 (1971)
- (4) M.M. MILLAN, G.S. NEWCOMB -
IEEE Trans. Geosc. Electr. 149 (1970)
- (5) N.D. VAN EGMOND, R. DE KORTE -
Rapporto interno 54/75 BWL-RIV (1975)
- (6) P.M. HAMILTON, K.W. JAMES
Proc. Conference on Environm. Sesors and
Application, The Royal Society;18. - 19. Nov. 1974
- (7) S.SANDRONI, C. CERUTTI, E. DE BLUST -
da "Report on EEC Air Pollution Monitoring
campaign at Lacq in 1975" in corso di stampa
- (8) P.W.WEST, G.C. GAEKE
Anal. Chem. 28, 1816 (1955)
- (9) F.P. SCARINGELLI , B.E. SALTZMAN, S.A. FREY
ibid., 39, 1709 (1967)
- (10) National Primary and Secondary Ambient Air Quality
Standards, Environmental Protection Agency,
Federal Register, vol. 36, N. 84, 30. Aprile 1971,
Parte II, Appendice A
- (11) M. DE BORTOLI, P. GAGLIONE
Rapporto EUR 5118 e (1974)
- (12) W.VOLK
"Applied Statistics for Engineers",
Mc Graw-Hill, New York, 1958
- (13) M. DE BORTOLI, P. GAGLIONE, E. PECCHIO
Rapporto EUR - 5429 i (1975)
- (14) S. SANDRONI, E. BRAMBILLA
Appl. Spectroscopy - march 1976

TABELLA I - CONCENTRAZIONI MEDIE (ORARIE) DI SO₂ in P.P.B. MISURATE DAI
PRELEVATORI E DAL COSPEC

ore	vento da	m/s	cat. Pasquill	Ed.A	Ed. C	Ed. B	Cospec
<u>12.1.76</u>							
12 - 13	NNW	1,6	B	-	-	-	45
13 - 14	NW	0,8	B	-	-	-	68
14 - 15	SSW	0,8	B	14	-	21	38
15 - 16	SSW	1,3	D	83	-	31	38
16 - 17	S	1,9	F				
<u>15.1.76</u>							
10 - 11	NNW	4,6	C	28	20	26	30
11 - 12	NNW	2,3	C	19	8	9	11
12 - 13	ESE	1,5	B	-	-	-	5
13 - 14	ESE	1,4	B	-	-	-	5
14 - 15	NNE	5,4	D	-	-	-	5
15 - 16	NNE	8,5	D	14	-	20	5
16 - 17	NNE	7,8	D	8	-	5	8
<u>16.1.76</u>							
9 - 10	SSW	0,8	B	68	19	43	79
10 - 11	S	0,9	B	38	27	27	26
11 - 12	SSW	1,3	B	26	15	15	10
12 - 13	SW	0,9	B	14	17	8	16
13 - 14	SW	1,4	B	17	16	8	14
14 - 15	SW	1,7	B	17	16	8	10
15 - 16	ESE	4,2	C	57	36	30	30
16 - 17	ESE	3,2	E	73	65	74	75

<u>29.1.76</u>							
10 - 11	NNE	1,2	B	33	25(46)*	41	35
11 - 12	NNW	2,1	C				
<u>30.1.76</u>							
10 - 11	NNE	1,2	D	34	17,3	34	32
11 - 12	WNW	0,5	B	32	23	36	34
12 - 13	SW	0,7	B	25	17	31	17
13 - 14	SW	0,5	B				
14 - 15	NNW	1,0	B	40	28	61	50
15 - 16	NNW	0,8	D	43	38	39	35

*) dato del prelevatore posto sullo schnorker.



Fig. 1 - II Cospec III B Barringer Research, Canada

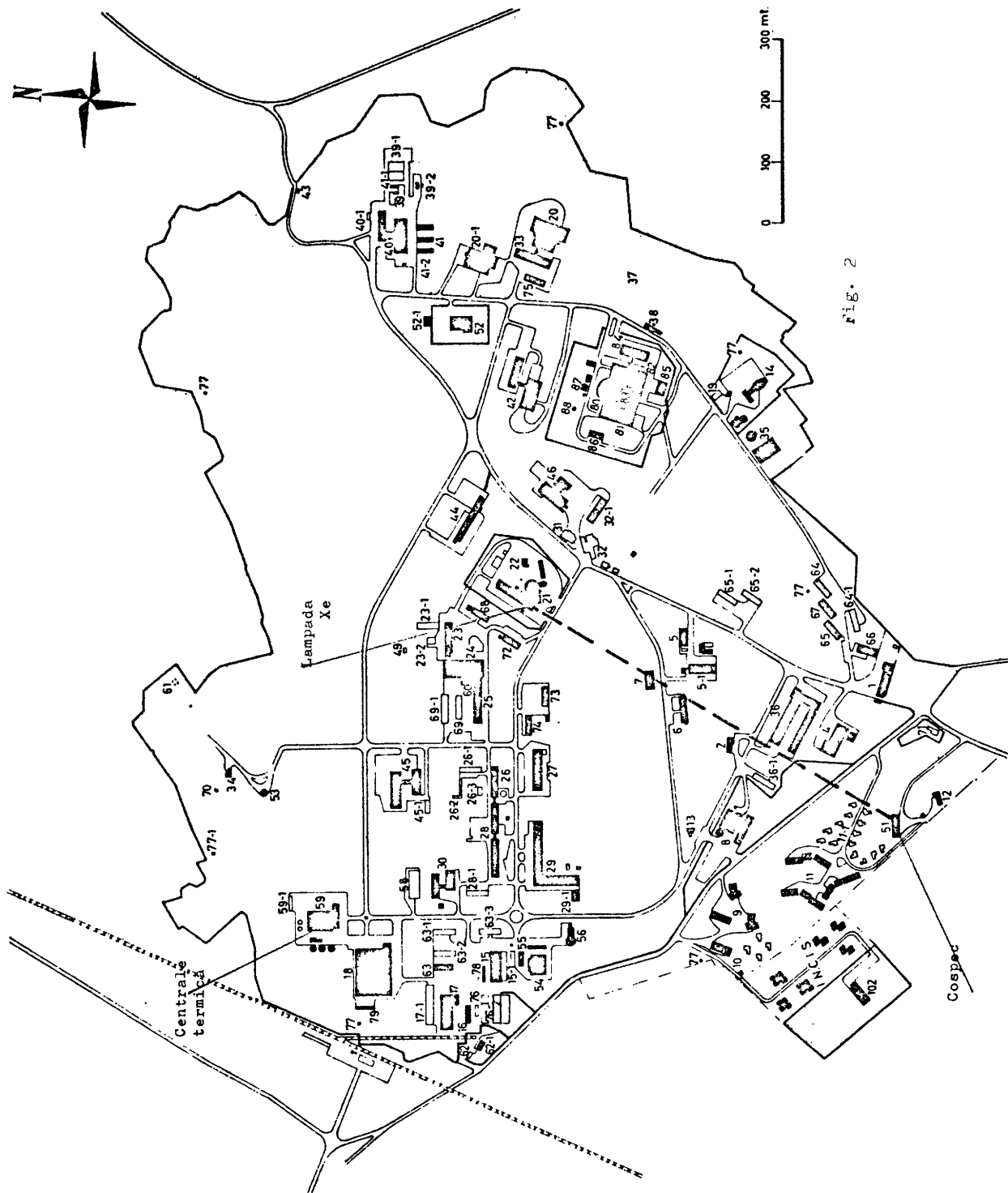


FIG. 2

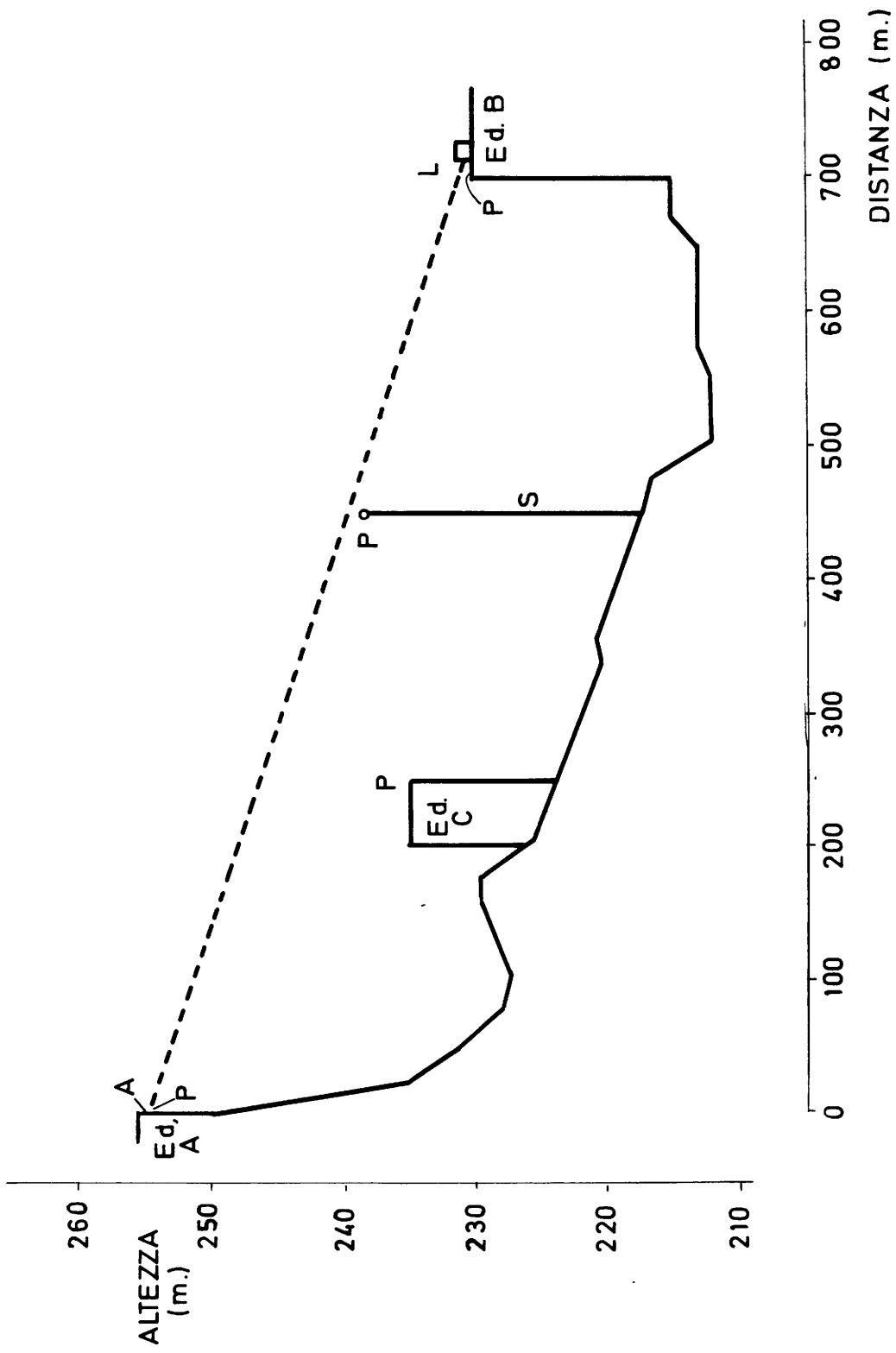


Fig.3

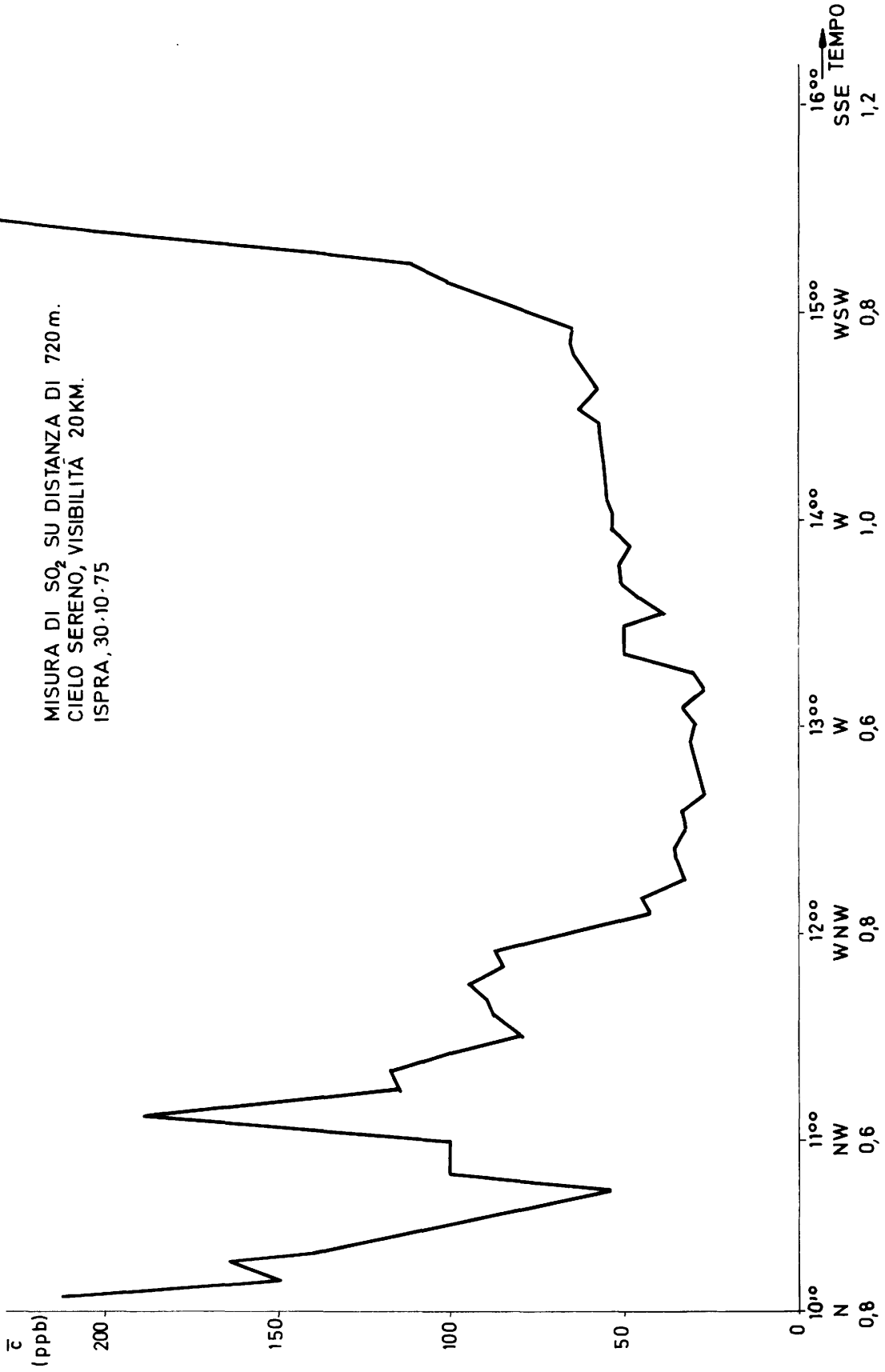


Fig. 4

MISURA DI SO₂ SU DISTANZA DI 720 M.
 CIELO SERENO, FOEHN, VISIBILITÀ > 70 KM
 ISPRA, 15.1.76

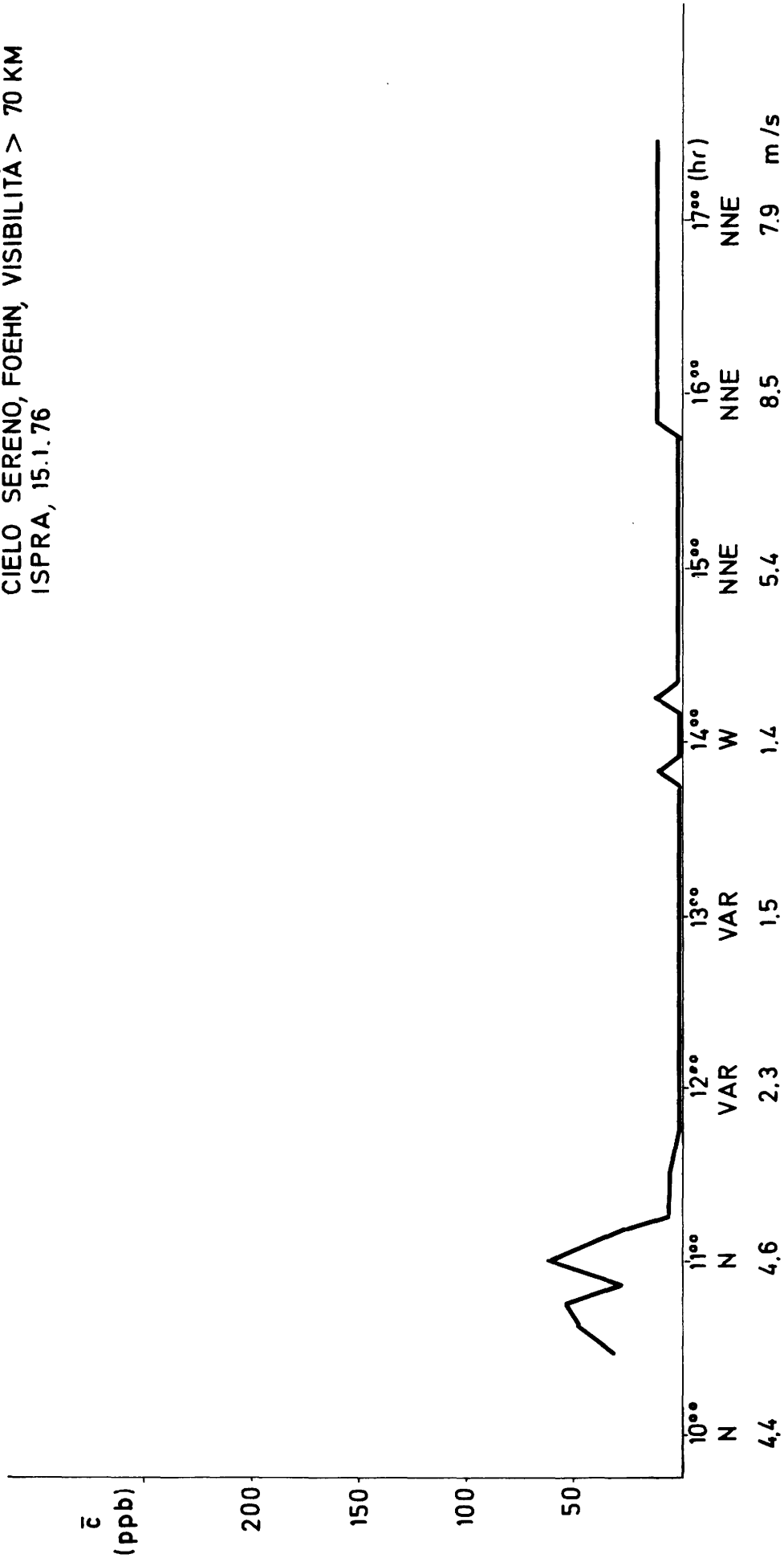


Fig. 5

MISURA DI SO₂ A DISTANZA DI 720 M.
CIELO COPERTO PRIMA DI UNA NEVICATA
VISIBILITÀ 5 KM.
ISPRA, 30-1-76

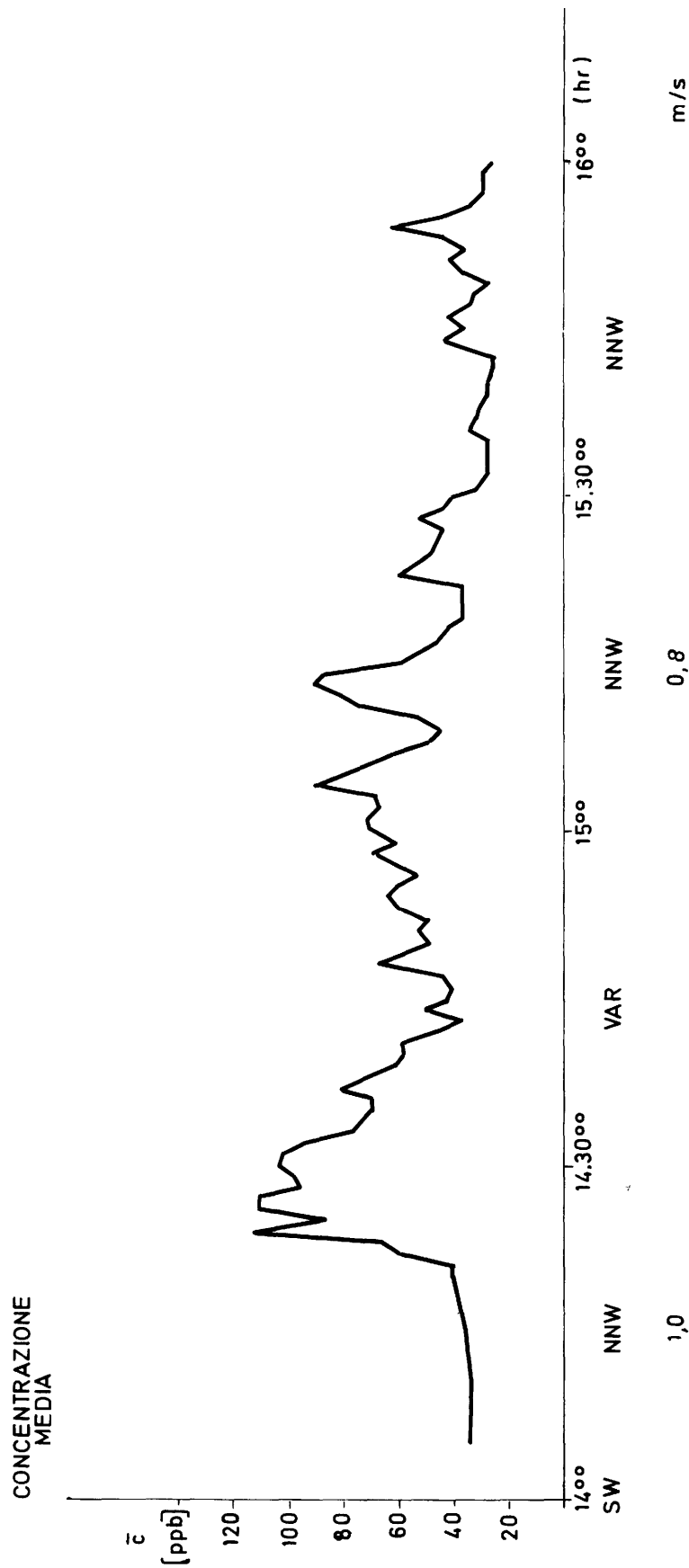


Fig. 6

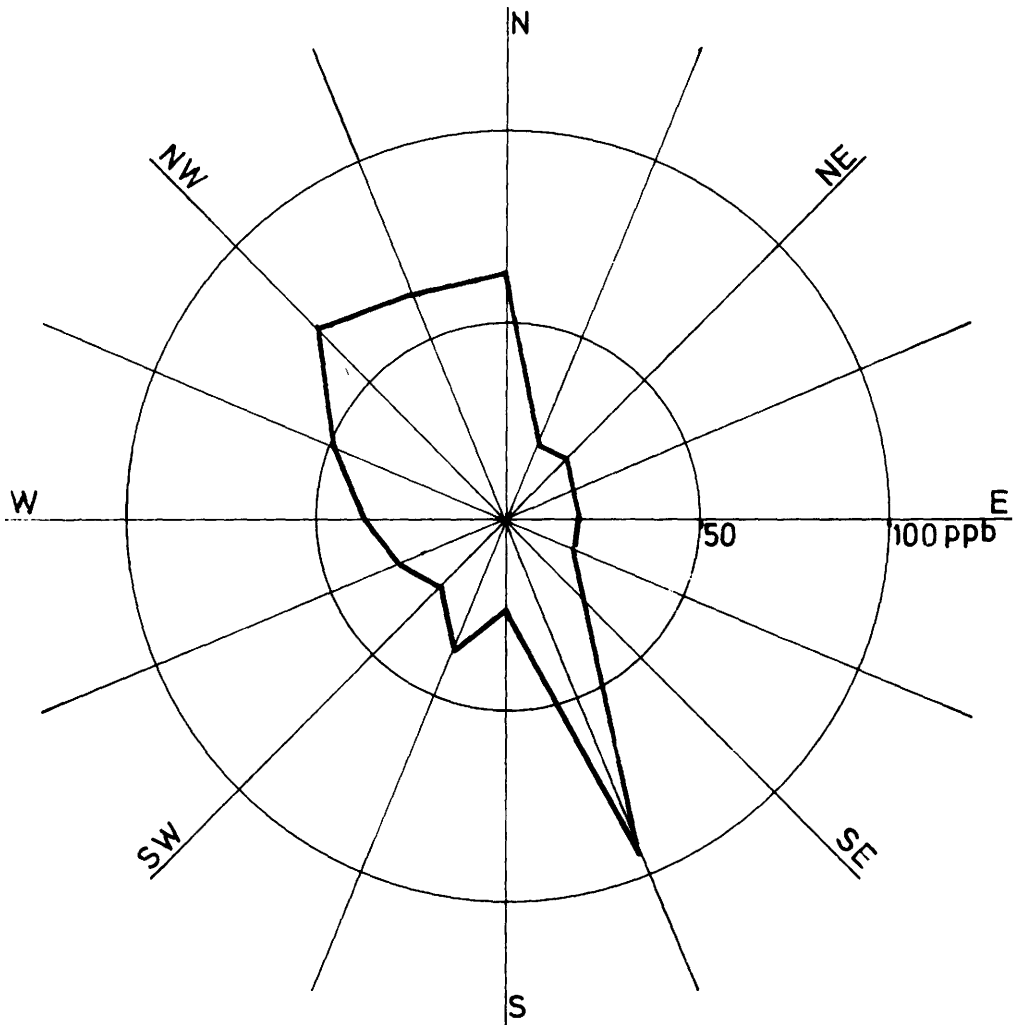


Fig.7 - Esempio di presentazione in coordinate polari delle concentrazioni medie di anidride solforosa e delle direzioni di provenienza dei venti ("Rosa delle SO_2 "). I dati si riferiscono a 94 ore di osservazione nel periodo ottobre 75 - febbraio 76.

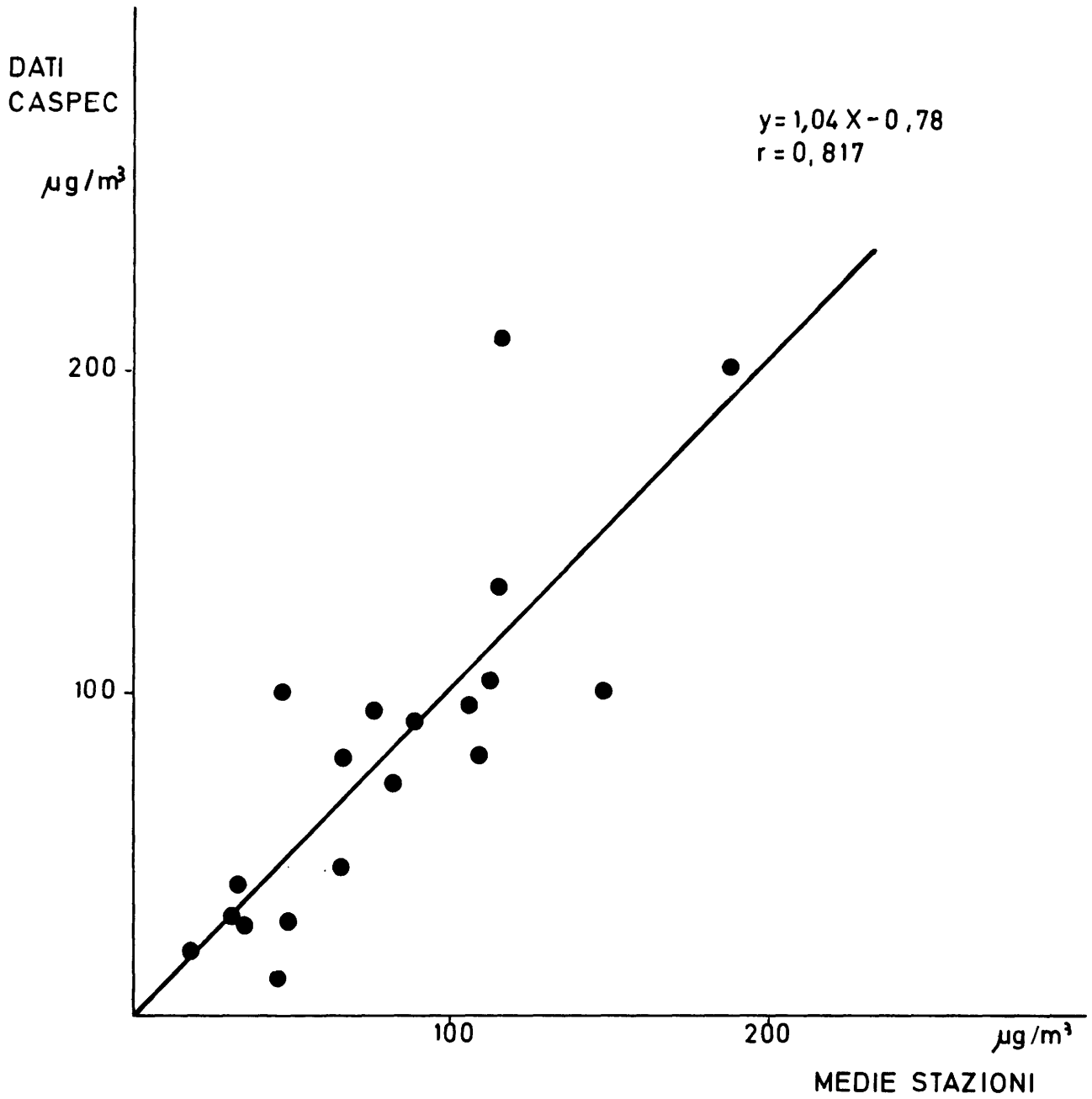


Fig. 8 - Correlazione Barringer - Medie di Stazioni come Medie Orarie