

Tavola Rotonda organizzata dall'Ente  
della Zona Industriale di Porto Marghera e da  
Montedison

Round Table Discussion sponsored by Ente  
della Zona Industriale di Porto Marghera and  
Montedison

*La gestione operativa  
di una rete di monitoraggio  
dell'inquinamento atmosferico*

*The operating  
of a monitoring network for  
the atmospheric pollution*

*Camera di Commercio, Industria,  
Artigianato e Agricoltura*

*Venezia, 23 giugno 1976  
Venice, 23<sup>rd</sup> June 1976*



mistico, le nuove reti sono sicuramente più interessanti di quelle oggi operative: esse sono più flessibili, modulari ed affidabili.

L'elaborazione è localizzata geograficamente nei punti in cui serve, le trasmissioni avvengono solo quando sono necessarie, il centro è specializzato alla elaborazione delle sole notizie sulla

qualità dell'ambiente.

#### Bibliografia:

[1] Thomas L. Montgomery, John W. Frey, William B. Norris, *Environmental Science and Technology*, 9 (1975) 528.

## Metodiche adottate nell'analisi dei dati misurati nelle reti di monitoraggio dell'area veneziana

dr. P. Zannetti

Centro Scientifico I.B.M., Venezia (Italia).

#### Sommario

*Vengono brevemente presentati i risultati ottenuti dall'elaborazione elettronica dei dati relativi alle misure registrate nell'area Veneziana dalle due reti di controllo dell'inquinamento atmosferico (Istituto Superiore di Sanità ed Ente Zona Industriale di Porto Marghera).*

*Tali analisi riguardano:*

*a l'andamento delle variabili meteorologiche quali direzione ed intensità del vento, temperatura, umidità relativa, nebbia, nuvolosità, pioggia e la loro correlazione con le serie di misure di SO<sub>2</sub> registrate nelle diverse stazioni;*

*b il ciclo diurno dei livelli di SO<sub>2</sub> nelle differenti stazioni;*

*c l'uso di tali dati per l'applicazione, la taratura e la verifica dei modelli di diffusione nell'area Veneziana.*

*Si accenna infine all'uso di particolari tecniche statistiche di analisi delle serie temporali; tali strumenti matematici permetteranno di operare, con un certo grado di attendibilità, delle previsioni a breve termine delle medie orarie di SO<sub>2</sub> nell'area Veneziana, in modo da poter fornire un allarme in tempo reale alle industrie interessate.*

#### Summary

The Results obtained by analyzing the measures recorded in the area by the two monitoring networks (Governmental Department for Health and Committee for the Development of the Industrial Area) are presented.

Such analysis concern:

a) the pattern of meteorological variables like wind direction and speed, temperature, relative humidity, fog, cloudiness, rainfall, and their correlation with SO<sub>2</sub> data recorded in the stations;

b) diurnal cycle of SO<sub>2</sub> levels in the stations;

c) application of diffusion models and validity test by using measured data in the area.

Finally, particular statistical techniques of time series analysis are discussed; such tools will enable to forecast short-term SO<sub>2</sub> levels in the area in order to give a real-time alert to the industry.

La relazione che intendo presentare non vuole essere una panoramica riguardante le ricerche svolte ed i risultati ottenuti in questi ultimi anni dal Centro Scientifico IBM di Venezia nel campo dello studio dell'inquinamento atmosferico; oltre ad essere fuori tema, tale trattazione richiederebbe infatti un tempo troppo superiore a quello che mi è stato concesso. E' mio de-

siderio invece esporre brevemente alcune metodologie adottate ed i relativi risultati ottenuti al fine soltanto di mostrare alcuni esempi di utilizzo scientifico dei dati registrati nelle due reti automatiche di misura dell'Istituto Superiore di Sanità e dell'Ente Zona Industriale di Porto Marghera.

Nella prima figura è possibile verificare la notevole strumentazione presente nell'area oggetto di indagine ed in particolare l'elevato numero (45) di stazioni misuranti l'anidride solforosa a livello del suolo. Ora, se è vero che tale abbondanza può sembrare eccessiva o addirittura ridondante, va precisato che una malata illustre come Venezia non richiedeva certo parsimonia nelle analisi cliniche delle sue malattie. Inoltre, se è vero che tali reti automatiche vanno senz'altro viste in funzione di un preciso risultato finale, e cioè il controllo in tempo reale della situazione ambientale e la possibilità di intervento immediato sulle emissioni nei casi di segnalazioni di allarme, va comunque fatto notare che oltre al raggiungimento di questo risultato finale le reti permettono l'applicazione di studi e metodologie oltremodo utili per la generale comprensione del fenomeno fisico e delle caratteristiche locali dell'area in esame. Per quanto riguarda Venezia è lecito affermare che i significativi risultati finora ottenuti nello studio della variabilità temporale dei livelli di SO<sub>2</sub> e nell'applicazione dei modelli di diffusione possono già da soli giustificare la presenza in tale area di una strumentazione così diffusa e, casomai, mettono in luce l'insufficiente misura della distribuzione verticale delle più importanti variabili in gioco (SO<sub>2</sub>, vento, temperatura).

Precisati, senza alcun spirito di polemica, questi concetti, vediamo alcuni risultati ottenuti rimandando alle nostre pubblicazioni scientifiche chi volesse una trattazione più dettagliata ed accurata delle analisi svolte.

Nella seconda figura è illustrata la distribuzione estiva della rosa dei venti; in tale stagione, oltre al settore prevalente (venti da N e NE), diventa significativo il settore dei venti di brezza (SE). Nella figura successiva invece la rosa dei venti invernale mostra un forte aumento della frequenza dei venti deboli da Ovest e cioè dei venti che trasportano l'inquinante dalla zona industriale verso Venezia: la città, nel periodo invernale, è così sottoposta ad un duplice incremento dei livelli di SO<sub>2</sub> in quanto, ad una più intensa frequenza di venti inquinanti, si aggiunge l'effetto delle emissioni dovute al riscaldamento domestico.

Nella quarta e quinta figura vengono rappresentate le rose di concentrazione stagionali relative a dieci stazioni di misura. Tali rose forniscono, per ogni punto analizzato, le diverse concentrazioni medie stagionali in corrispondenza alle otto direzioni fondamentali di provenienza del vento. In pratica per ogni stazione sono evidenziate in tal modo le direzioni maggiormente responsabili di un innalzamento dei livelli misurati di

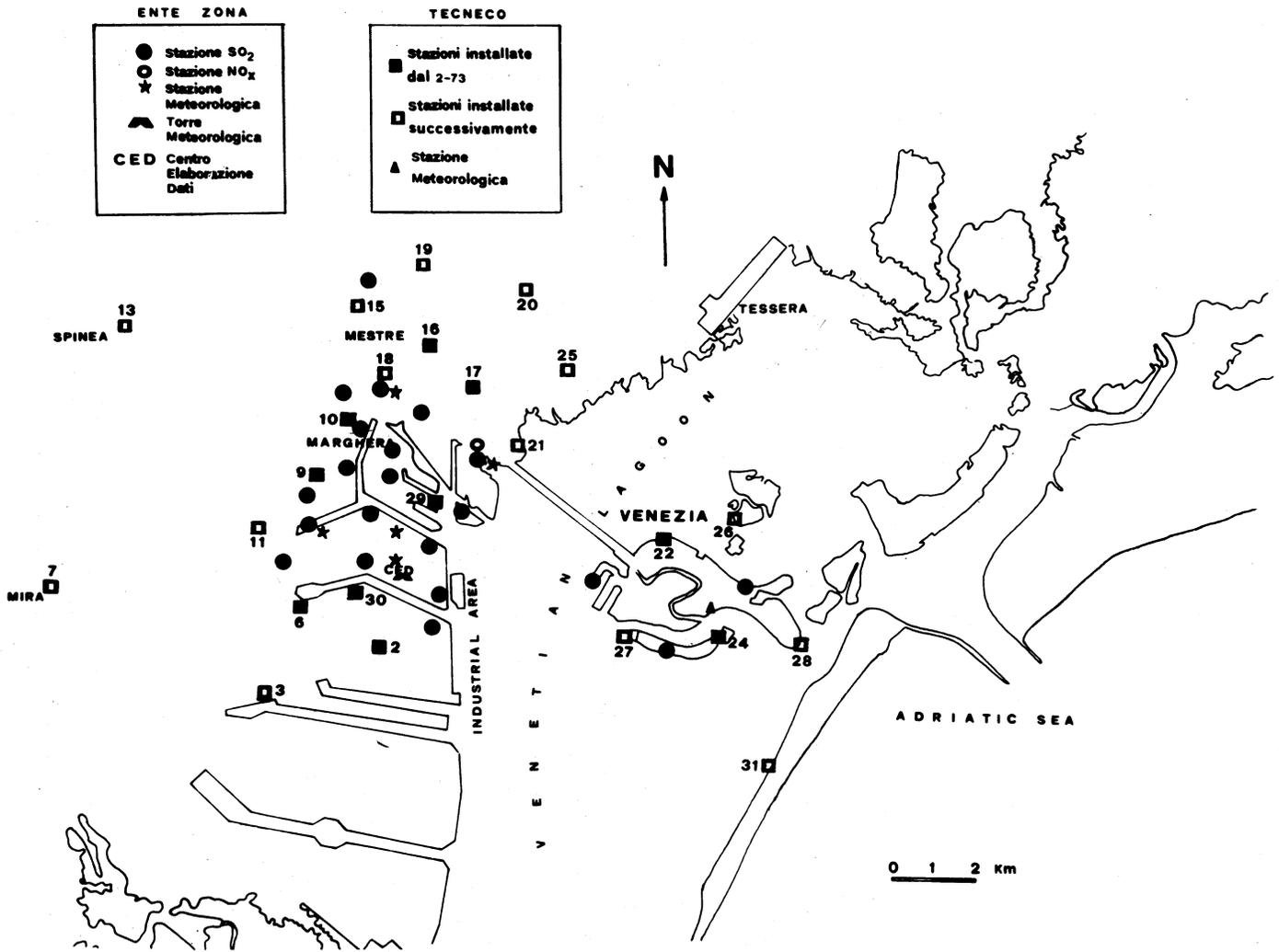


Figura 1

SO<sub>2</sub>. Si vede come nel periodo estivo tutte le stazioni "punti-no" verso la zona industriale, unica sorgente significativa di anidride solforosa; nel periodo invernale invece l'influenza delle emissioni domestiche produce una maggiore omogeneità anche se i venti provenienti dalla zona industriale si confermano generalmente tra i più inquinanti.

A tali analisi di tipo meteorologico si sono aggiunte le ricerche nel campo dei modelli di diffusione: per tale applicazione è stata eseguita una stima delle quantità di SO<sub>2</sub> emesse dai principali punti di emissione nell'area industriale (74 ciminiere) e si sono calcolate le emissioni urbane suddividendo le aree residenziali in 272 sezioni ognuna delle quali caratterizzata da una emissione proporzionale al numero di abitanti, dipendente dal tipo degli impianti di riscaldamento presenti, e funzione della temperatura. Tale stima delle emissioni ha permesso l'applicazione della versione climatologica del modello gaussiano al fine di simulare il campo di concentrazione medio stagionale ed annuale di SO<sub>2</sub> nell'area veneziana. La sesta figura mostra il confronto, nelle due stazioni di Mestre (16) e Venezia (22), dei valori medi stagionali misurati e calcolati dal modello. L'alta correlazione ottenuta dimostra la validità della metodologia applicata; tale modello può essere quindi usato con un discreto grado di attendibilità per la pianificazione dell'attività industriale, per prevedere cioè il campo di concentrazione medio di SO<sub>2</sub> in seguito a modifiche nella distribuzione delle emissioni (installazione di nuovi stabilimenti, variazione delle caratteristiche di emissione, ecc.). La settima figura mostra l'andamento dei valori medi annuali misurati nelle stazioni e calcolati dal modello e conferma, anche per le medie annuali, l'attendibilità dell'applicazione modellistica adottata.

Al fine di fornire alle industrie locali un primo strumento per il controllo delle emissioni, è stata sviluppata inoltre un'analisi del ciclo giornaliero dei valori medi orari di SO<sub>2</sub>. Tale analisi ha condotto alle seguenti conclusioni:

- area a Sud della zona industriale: si registrano i valori più alti di SO<sub>2</sub> alle ore 8-9 in estate ed alle ore 10 in inverno;
- zona urbana di Marghera: in estate si registra un maggiore inquinamento a metà pomeriggio mentre in inverno si hanno due picchi alle 10 e alle 21;
- zona di Mestre: valori molto bassi di SO<sub>2</sub> in estate e due picchi invernali alle ore 9 e alle 21;
- zona di Venezia: inquinamento estivo molto ridotto e valori massimi invernali di SO<sub>2</sub> attorno alle ore 10-11.

A titolo di esempio è riportato, nell'ottava figura, l'andamento del ciclo diurno estivo ed invernale dell'anidride solforosa misurata in una stazione di Mestre; il grafico riporta pure il ciclo giornaliero della frequenza dei venti da Sud e cioè dei venti "sporchi" per la Zona di Mestre.

Illustrato quindi il campo di indagine cui si sono finora rivolti i nostri studi, è mio desiderio concludere con la speranza che, entro l'anno, si possano ottenere interessanti risultati da uno studio strettamente statistico del fenomeno; tale indagine, iniziata di recente, potrà fornire infatti un algoritmo di previsione in tempo reale dei valori orari di SO<sub>2</sub> con qualche ora di anticipo, in modo da rendere operativa una efficiente organizzazione di controllo delle emissioni che permetta l'immediata riduzione di queste nel caso di previsioni superiori agli standard prefissati.

Concludendo, desidero ringraziare tutti gli Enti che hanno fornito i dati necessari alle nostre analisi e l'organizzazione del

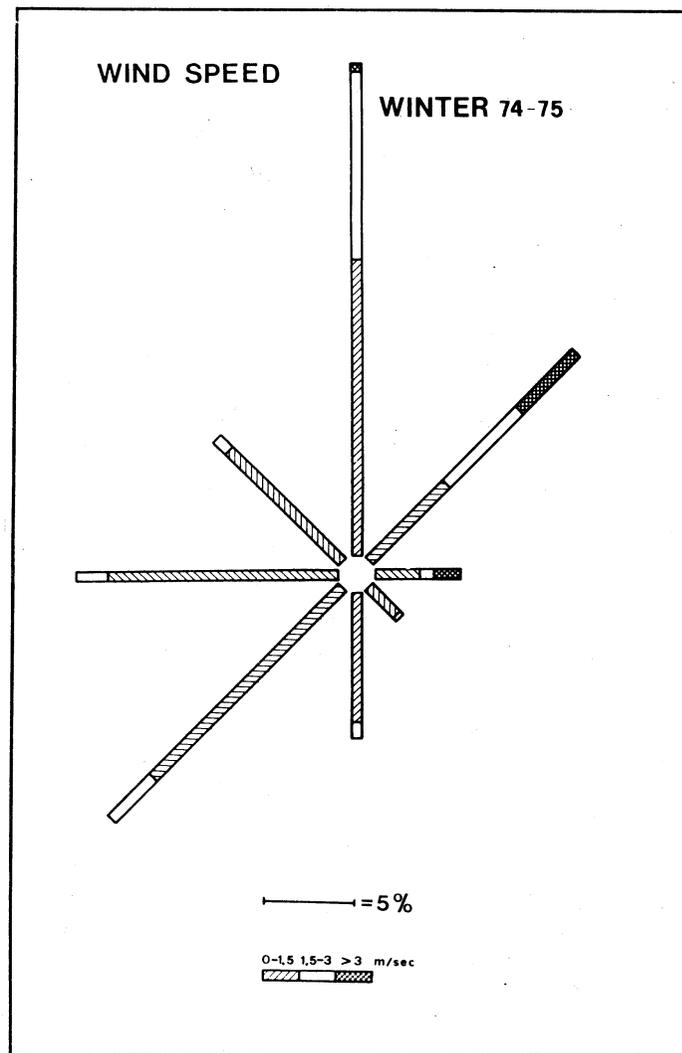
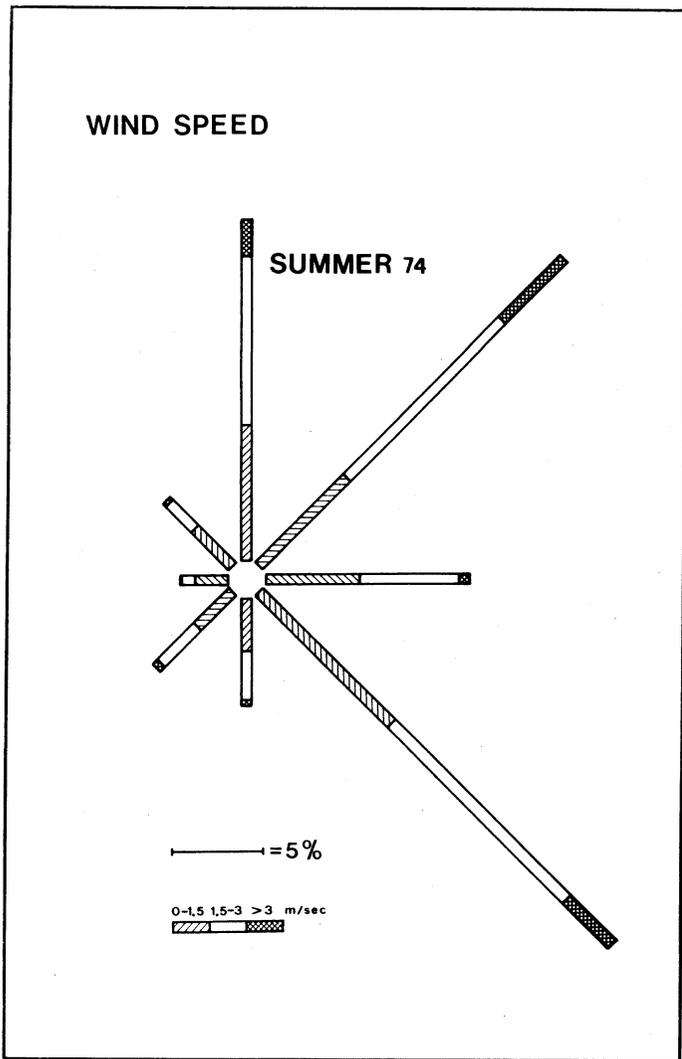


Figura 2

Figura 3

convegno per il gentile invito ad esporre i risultati della nostra attività.

## PUBLICATIONS

### JOURNALS

- Runca, E. and Sardei, F. (1975): "Numerical treatment of time dependent advection and diffusion of air pollutants" - *Atmospheric Environment*, 9, 69-80.
- Zannetti, P. and Runca, E. (1975): "Validità dell'applicazione di un modello Gaussiano di tipo climatologico nell'area Veneziana" - *Inquinamento n. 5 anno XVII, maggio 1975*, Etas Kompass.
- Runca, E., Melli, P. and Zannetti, P. (1976): "Computation of long-term average SO<sub>2</sub> concentration in the Venetian area" - *Applied Mathematical Modelling*, 1, 9-15.
- Runca, E. and Zannetti, P. (in press): "Applicazione di un metodo per il censimento degli scarichi gassosi di origine industriale nell'area Veneziana" - *Inquinamento*, Etas Kompass.
- Zannetti, P. (in press): "Stabilità atmosferica e livelli di SO<sub>2</sub> in Venezia: limiti del modello Gaussiano" - *Inquinamento*, Etas Kompass.

### PROCEEDINGS

- Runca, E. (1974): "An introduction to the Venice air pollution problem" - 5th Meeting NATO/CCMS Expert Panel on Air Pollution Modelling.
- Runca, E. and Sardei, F. (1974): "Numerical treatment of time dependent advection and diffusion of air pollutants" - *Symposium on Atmospheric Diffusion and Air Pollution*, Santa Barbara, California.
- Zannetti, P. and Runca, E. (1974): "Meteorologia ed inquinamento nell'aria Veneziana" - *Sep Pollution 74*, Editrice Fiera di Padova.

- Zannetti, P. and Runca, E. (1975): "Studio dell'inquinamento atmosferico nell'area Veneziana mediante l'uso di un modello di diffusione gaussiano" - *Ambiente e Risorse 2° Convegno*, Bressanone 1974.
- Runca, E., Melli, P. and Zannetti, P. (1975): "Simulation of SO<sub>2</sub> dispersion in the Venetian area" - 6th NATO/CCMS International Technical Meeting on Air Pollution Modelling - Battelle Institut E.V., Frankfurt/Main.
- Runca, E., Melli, P. and Zannetti, P. (1976): "An application of air pollution models to the Venetian Area" - *Seminar on Air Pollution Modelling*, IBM Scientific Center, Venice 27-28 November 1975.
- Zannetti, P., Melli, P. and Runca, E. (in press): "SO<sub>2</sub> in Venezia: analisi e prospettive" - *Ambiente e Risorse*, 3° Convegno, Bressanone 1975.
- Melli, P. (in press): "An application of the Galerkin method to the Eulerian-Lagrangian treatment of time dependent advection and diffusion of Air Pollutants" - *Congress on Finite Element Method in Water Resources*, July 12-16, Princeton, New Jersey.

### TECHNICAL REPORTS

- Runca, E. and Zannetti, P. (1973): "A preliminary investigation of the air pollution problem in the Venetian area" - *Technical Report CRV 007/513-3524*, IBM Scientific Center, Venice.
- Runca, E. and Sardei, F. (1974): "Numerical treatment of time dependent advection and diffusion of air pollutants" - *Technical Report CRV 008/513-3525*, IBM Scientific Center, Venice.

### SHORT COMMUNICATIONS

- Zannetti, P. (1974): "Nota tecnica sull'uso delle formule semiempiriche per lo studio dell'inquinamento atmosferico" - *Short Communication*, *Ambiente e Risorse*, 1° Convegno, Bressanone 1973.
- Runca, E. (1975): "Si può prevedere in anticipo il grado di impurità dell'aria" - *Corriere della Sera*, 16 luglio 1975.

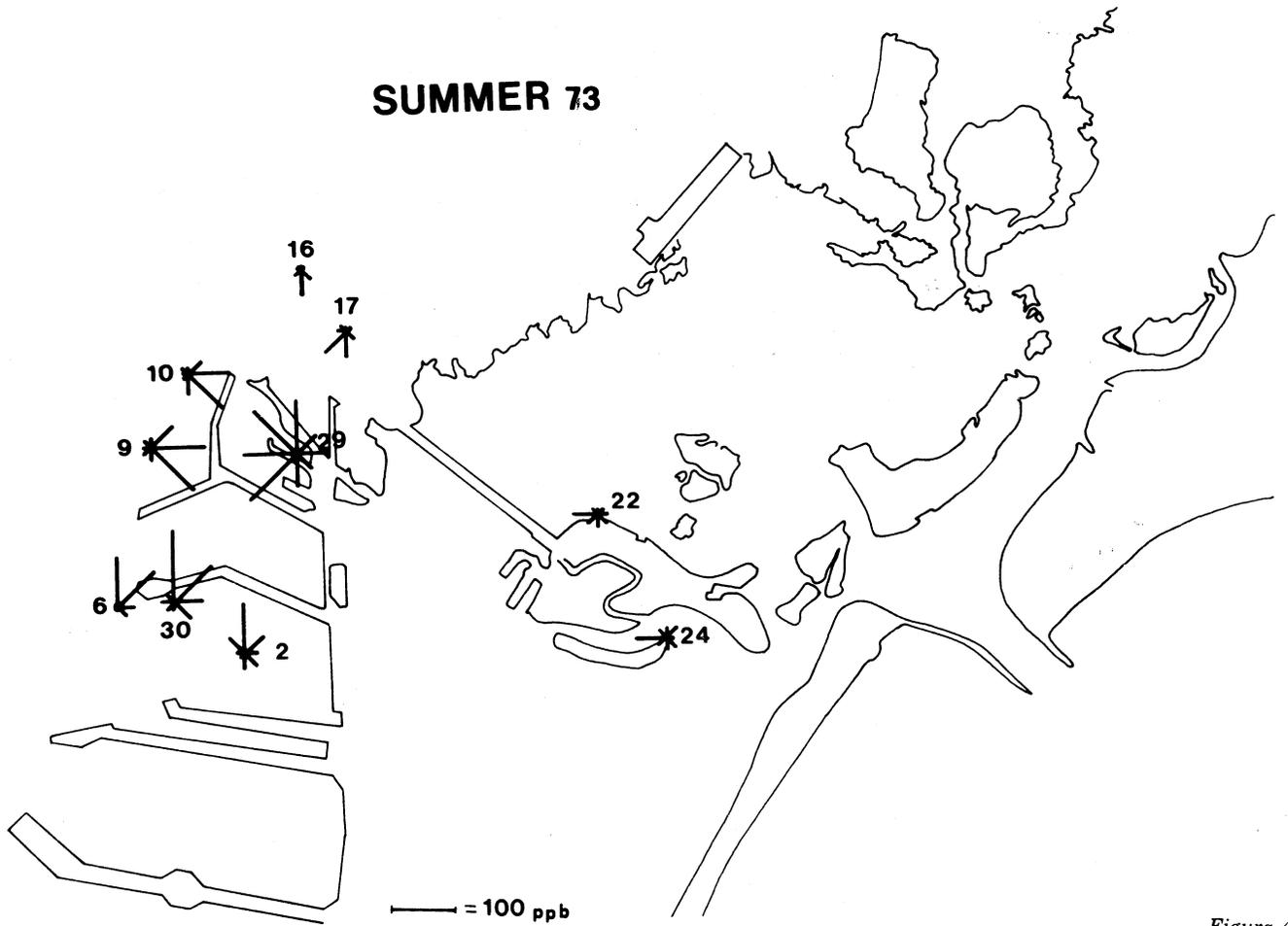


Figura 4

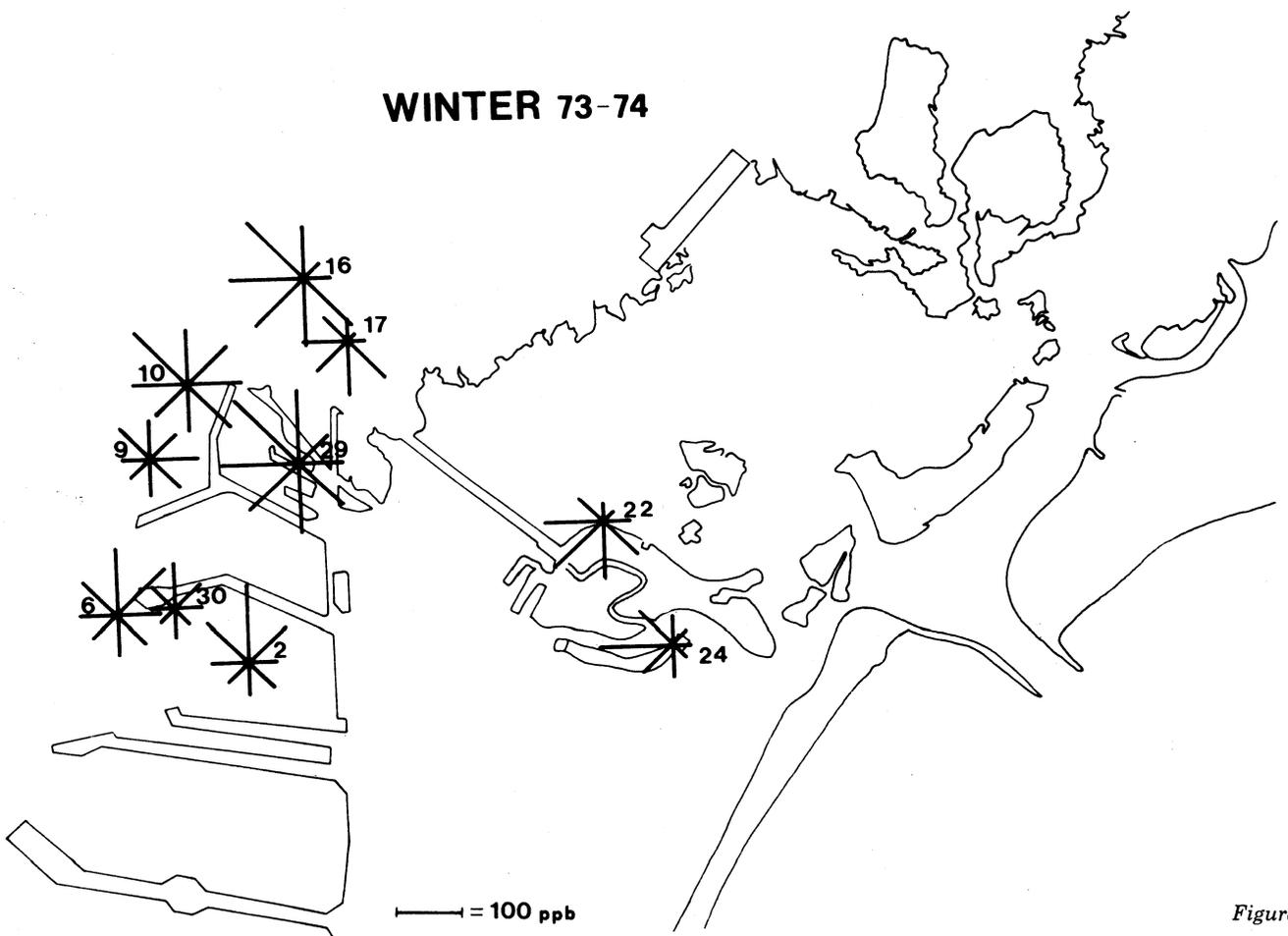
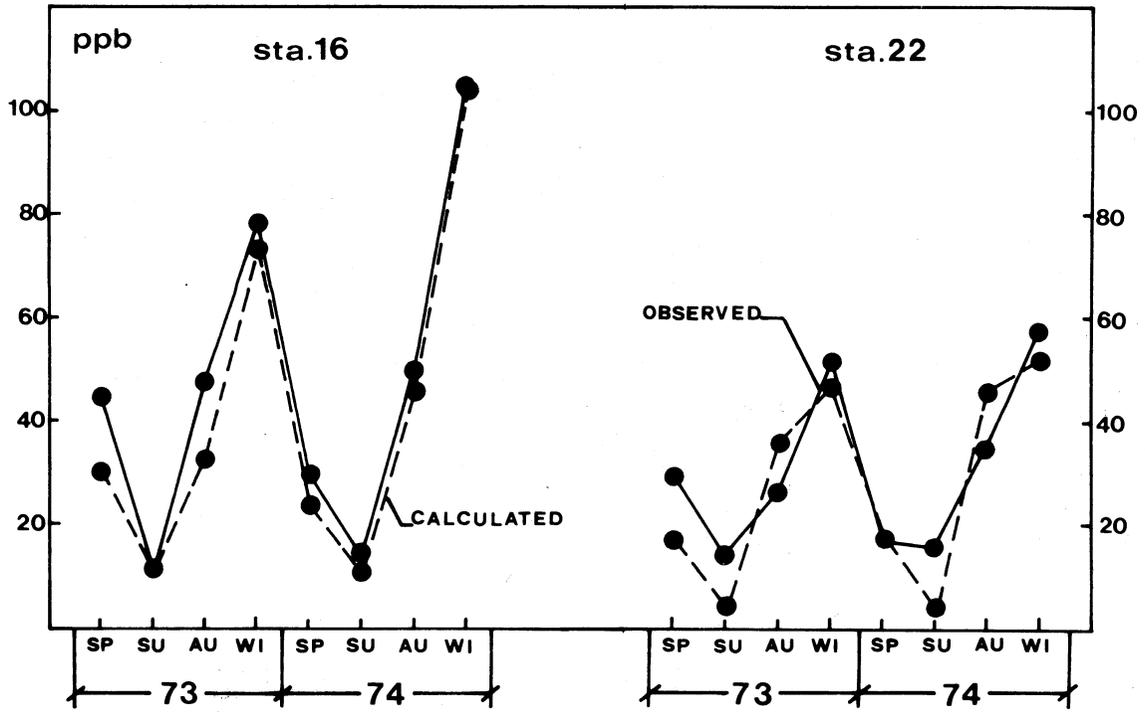
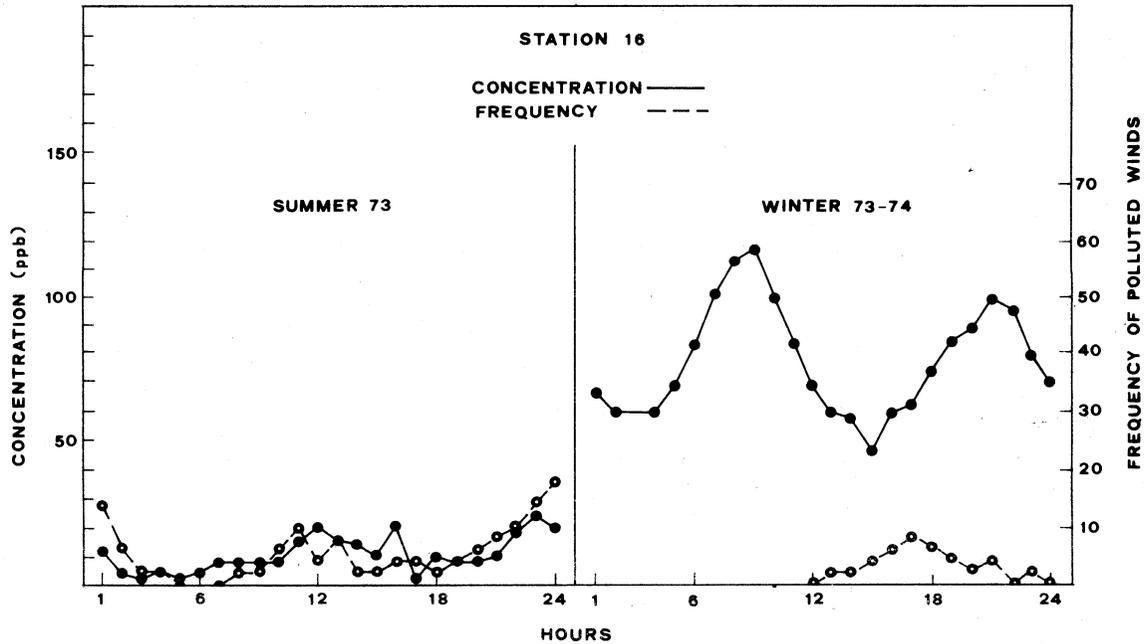
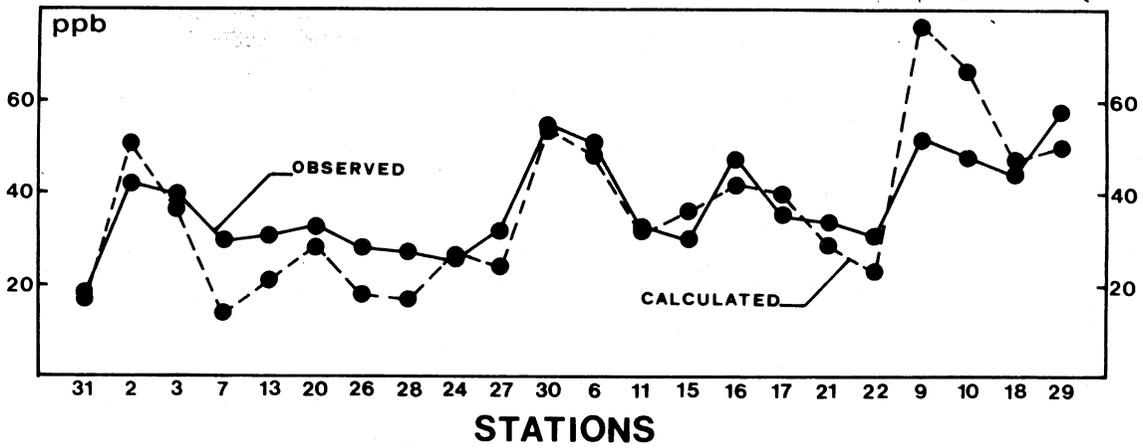


Figura 5

# SO<sub>2</sub>-SEASONAL AVERAGE CONCENTRATION



# SO<sub>2</sub> - ANNUAL AVERAGE CONCENTRATION 1974



## Presidente

Ringrazio vivamente il prof. Zannetti, e con questa comunicazione su Venezia abbiamo concluso le Relazioni che erano in programma.

Passiamo ora agli interventi.

C'è un intervento del prof. Dejak che io ho pregato questa mattina di ripetere oggi pomeriggio, e di seguito c'è un intervento del dr. Gualdi.

Prego il prof. Dejak di voler riassumere l'intervento di questa mattina, che ha come argomento: "la correlazione con i dati meteorologici".

## prof. Camillo Dejak

Be' in certo qual senso sì, ma l'argomento è più esteso. Vorrei ribadire quanto detto stamane, soprattutto dopo la relazione del Dr. Clarenburg, in merito alla necessità di una strategia non di una tattica. Per esempio il linguaggio di Clarenburg dista da quello di molti altri, non so p. es. quello dell'ing. Falanga, e mi scusi l'ing. Falanga, come quello di un uomo moderno da un mostro preistorico. Quanto è veloce l'evoluzione scientifica in questi tempi!

Occorre rendersi conto che l'inquinamento è qualcosa che si accumula in un'area che non è infinita e quindi assomiglia più ad un sistema chiuso che ad uno aperto. Pensate solo all'inquinamento termico: qui abbiamo una sorgente pura di d'entropia ed ogni tentativo di disinquinare è pura follia. Nel caso dell'inquinamento chimico si ha l'illusione di una maggiore possibilità di disinquinare: ma se studiamo ogni possibile processo nella sua logica entropica, vediamo che per disinquinare occorre energia e questa la dobbiamo produrre inquinando di nuovo: nel complesso la produzione di entropia, ossia di degradazione, sarà superiore che all'inizio del processo. L'unica cosa che si può tentare di fare è di ridurre in ogni caso al minimo la produzione entropica. Ma ciò significa fare delle scelte all'origine non a cose fatte, e siccome la bontà di queste scelte dipende dall'interazione con l'esistente, dobbiamo conoscere bene lo stato attuale.

Vorrei fare un'osservazione sui dati del dr. Zannetti: essi riguardano la correlazione tra due anni. I minimi sembra rimangono tali e quali ma i massimi crescono, direi in una trattazione statistica mostrerebbero una regressione nettamente crescente con correlazione significativa. Ora il dr. Lecis ci ha detto, e noi lo sappiamo perché lo vediamo tutti i giorni, quanto si è fatto qui a Venezia per prevenire l'inquinamento: nonostante tutto ciò è crescente. Il prof. Clarenburg ci ha spiegato con chiarezza il perché: il fondo, ossia l'inesorabile accumulo in ambiente, ormai cresce sensibilmente, non trova più zone vergini sufficientemente vicine per essere smaltito in esse.

Ora i modelli che consideriamo devono tener conto di ciò, non possono riguardare stati stazionari. In essi si deve fare un macrobilancio oltre ai microbilanci che punto per punto ci forniscono le equazioni differenziali che integriamo, ed in genere numericamente. Ma ciò comporta una rigorosa considerazione delle condizioni al contorno, che poi non sono in genere contorni fisici ma contorni fittizi, ossia resi necessari dalla limitatezza delle memorie disponibili in calcolatore. Noi infatti tagliamo fuori una certa porzione del territorio senza che la superficie di confine abbia alcuna caratteristica fisica rilevante. Noi ora stiamo studiando come poter trattare contorni del genere in modo che il bilancio globale di tutto il sistema, ossia ciò che esce ed entra, non venga troppo distorto. Attualmente i modelli si basano su condizioni assurde, come quella di inquinamento zero sul contorno, che non permettono nemmeno approssimativamente di tentare un bilancio almeno dell'inquinamento che dovrebbe uscire dal sistema e quindi di quanto rimane e si accumula. Tra poco porterò una relazione del nostro gruppo di ricerca sull'argomento.

Ma torniamo alla produzione entropica. Una volta costruiti modelli più realistici, resi comprensibili a coloro, e non sono in genere tecnici, che devono prendere od influire sulle deci-

sioni, dovremo anche dare indicazioni non solo particolari che emergono caso per caso dai modelli, ma anche qualche suggerimento generale di fronte alla gravità della situazione.

Noi sappiamo che l'entropia cresce, inesorabilmente; quando è cresciuta non possiamo farci più niente; l'unica strategia effettiva è farla crescere il più lentamente possibile. Quindi, l'intervento non è nel disinquinatore che spese volte pasticcia, estende esclusivamente un inquinamento rendendolo meno intenso, ma più esteso e quindi accumula ancora di più entropia. Se noi invece cerchiamo di lavorare sul processo, qui mi è piaciuto molto l'intervento del prof. Nucciotti il quale diceva di agire sul processo cioè, aggiungo io, per evitare al massimo la produzione entropica. Deve esserci una collaborazione maggiore fra l'ingegnere, il chimico-industriale di processo ed il tecnico meteorologico e di inquinamento: questa collaborazione non si è finora sufficientemente realizzata, per evitare che effettivamente si arrivi ad un inquinamento prima di cercare di disinquinare alla fine. Qui vorrei rivolgermi agli economisti; gli economisti sono abituati a far esclusivamente un calcolo su un parametro che è quello del costo. Oggi noi non possiamo più concederci il lusso di ottimizzare solo il parametro-costi. Il parametro inquinamento, o comunque entropia, deve entrare; noi dobbiamo avere una logica biparametrica: in fin dei conti un ingegnere di macchine termiche sa da centocinquanta anni a questa parte che non può fare un discorso puramente di energie, ma deve anche fare un discorso di entropie, se vuole un rendimento valido dalle sue macchine. Quindi io vorrei effettivamente che il dirigente industriale si rendesse conto che questa è la logica del momento, se no, nell'anno 2000, il prof. Clarenburg ce l'ha detto chiaramente, noi avremo un background di vari inquinanti tale da non poter più quasi respirare; e ci troveremo alla fine di fronte a quelle catastrofi ecologiche delle quali hanno già tanto parlato: c'è tanta letteratura che è inutile che ve ne parli anch'io. Queste cose sembrano sempre degli isterismi ecologici, ma i dati di Clarenburg sono dei dati calcolati obiettivamente e fanno paura veramente, molto di più di certe descrizioni diciamo molto sceniche. Grazie.

## Presidente

Grazie prof. Dejak: sono stati chiamati in causa il dr. Clarenburg, l'ing. Falanga e il dr. Zannetti.  
Desidera replicare, dr. Clarenburg?

## dr. Clarenburg

I hesitate to answer this comment, because it is a very difficult one and these are things which you have to study.

I have the impression that a ready application of the idea could be in water pollution. People in my country do experiments with phosph polluted water. They have a large basin in the Flevo Lake, and they show that when they refresh the water 7 times per year, the phosphate settled to the ground resolves and causes the algae to grow again. So, even if we would stop the phosphate pollution now, it would take us a time from 10 to 20 years to make our effort visible. Now, this apparently is an underlining of the idea that the entropy gets never lost. I think this is a very clear-cut application of the idea.

How to apply it, however, to air pollution? At present it seems very difficult to me. I wouldn't know on which scale I have to think. Let's take for, just as a thought, the problem of the acidification of the lakes in Scandinavia. They claim that it is brought forth by the pollution emitted in countries like mine, England, Belgium, Germany, also Poland and Russia, they all contribute to the pollution of the Norwegian or Swedish lakes. Well, if that is all contained in the concept of "entropy that can never get lost", then I think a translation of this difficult notion would be a study of complete material balances. That is a topic in the center of our interest today. Is that a valent translation? A balance of material: where does it