



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PISA
FACOLTÀ DI INGEGNERIA
DIPARTIMENTO DI COSTRUZIONI
MECCANICHE E NUCLEARI

**VALUTAZIONE DELL'IMPATTO
SULL'ATMOSFERA DELLA COSTRUENDA
CENTRALE A CICLO COMBINATO
COGENERATIVO ELETTRA GLT PRESSO LO
STABILIMENTO SERVOLA S.P.A. DI TRIESTE**

MAZZINI M.
FRUTTUOSO G.
DE VARTI A.
LEONARDI M.

Pisa, Giugno 1998

DCMN NT 342 (98)

INDICE

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUZIONE ED INQUADRAMENTO GENERALE DELL'AREA | 1 |
| 1.1 Definizione dell'ambito territoriale e delle componenti ambientali interessate..... | 1 |
| 2. PERTURBAZIONI SULL'ATMOSFERA INDOTTE DAL PROGETTO NELLE SUE DIVERSE FASI..... | 3 |
| 2.1 Caratterizzazione meteo-climatica..... | 3 |
| 2.1.1 Caratteri generali della climatologia locale..... | 3 |
| 2.1.2 Caratterizzazione meteorologica | 8 |
| 2.2 Stato attuale della qualità dell'aria | 10 |
| 2.2.1 Localizzazione e caratterizzazione delle fonti inquinanti | 11 |
| 2.2.2 Normativa vigente | 17 |
| 2.2.3 Rete di rilevamento della qualità dell'aria | 18 |
| 2.2.4 Andamento delle concentrazioni al suolo..... | 20 |
| 2.2.4.1 Biossido di zolfo - SO ₂ | 22 |
| 2.2.4.2 Particolato aerodisperso - PTS | 23 |
| 2.2.4.3 Ossidi di azoto - NO _x | 23 |
| 2.2.4.4 Ozono - O ₃ | 24 |
| 2.2.4.5 Monossido di carbonio - CO | 24 |
| 2.3 L'inquinamento atmosferico in fase di costruzione | 45 |
| 2.4 Studio della diffusione degli inquinanti..... | 45 |
| 2.4.1 Modello utilizzato..... | 45 |
| 2.4.2 Dati di input per il modello matematico..... | 46 |
| 2.4.3 Griglia di calcolo | 48 |
| 2.4.4 Analisi dei risultati | 54 |
| 2.4.5 Conclusioni..... | 60 |
| 2.5 Considerazioni sulle emissioni in microinquinanti..... | 61 |
| BIBLIOGRAFIA..... | 66 |
| APPENDICE 1. DATI METEREEOLOGICI | |
| APPENDICE 2. VALIDAZIONE DEL MODELLO DI DISPERSIONE ATMOSFERICA | |
| APPENDICE 3. RISULTATI DEI CALCOLI DI SHORT-TERM DI DISPERSIONE DI NO _x CON VELOCITA' DEL VENTO 1M/S IN CATEGORIA DI STABILITA' F (AREA VASTA) | |
| APPENDICE 4. RISULTATI DEI CALCOLI DI SHORT-TERM DI DISPERSIONE DI SO ₂ POLVERI E CO CON VELOCITA' DEL VENTO (AREA VASTA) | |
| APPENDICE 5. RISULTATI DEI CALCOLI DI SHORT-TERM E LONG TERM DI DISPERSIONI DI NO _x , SO ₂ , POLVERI E CO NELL'AREA RISTRETTA CON PASSO 400 M | |
| APPENDICE 6. RISULTATI DEI CALCOLI SHORT-TERM DI DISPERSIONE DI NO _x CON VELOCITA' DEL VENTO 1M/S, CONDIZIONI DI FUMIGAZIONE E ALTEZZA DELLO STRATO DI MISCELAMENTO DI 200 M E 300 M | |

1. INTRODUZIONE ED INQUADRAMENTO GENERALE DELL'AREA

1.1 Definizione dell'ambito territoriale e delle componenti ambientali interessate

Il sito su cui sarà realizzata la centrale termoelettrica si trova all'interno dell'area industriale del porto di Trieste, nella zona ad est della città, non a diretto contatto con il centro urbano, in un'area attigua a quella attualmente occupata dalla centrale termoelettrica esistente. Il sito è delimitato a sud dal piazzale dello stabilimento siderurgico della Servola SpA (lato mare); lo stabilimento occupa tutta l'area in direzione Est; ad ovest inizia a svilupparsi il tessuto urbano della città, mentre in direzione Nord la nuova circonvallazione sopraelevata separa la zona industriale, di cui il sito fa parte, dalle pendici del Carso.

L'area vasta intorno al sito, compresa entro un raggio di circa 10 Km, è caratterizzata dall'altopiano Carsico, che incombe con le propaggini delle colline del Carso sulla piccola striscia prospiciente il mare su cui sorge parte dell'abitato di Trieste e la zona industriale di Muggia. L'area in esame comprende cioè in massima parte il "Carso triestino", delimitata a S-SE dal confine con la Slovenia, a N da una linea ideale che collega Grignano e il castello di Miramare, sulla costa, a Rupingrande fino al confine, e ad O dal mare. Dal punto di vista amministrativo l'area ricade interamente nella provincia di Trieste.

Per quanto attiene alle interferenze prodotte dal progetto, con riferimento alla normativa vigente e sulla base delle indicazioni provenienti dai quadri di riferimento programmatico e progettuale, sono state individuate le principali componenti ambientali interessate dall'opera. Tali componenti, analizzate nello studio di impatto, sono le seguenti:

- *atmosfera*, per le emissioni dei prodotti della combustione e per la polverosità del cantiere;
- *ambiente idrico*, in relazione alle acque reflue trattate ed al sistema di raffreddamento con acqua di mare;
- *suolo e sottosuolo* per i movimenti di terra e le opere di fondazione;
- *vegetazione, flora e fauna*, per la rumorosità e la qualità dell'aria e per eventuali effetti sull'ambiente idrico;
- *ecosistemi*, per gli eventuali effetti indiretti derivanti da quelli su atmosfera, ambiente idrico, vegetazione, flora e fauna;
- *salute pubblica*, con riferimento alle eventuali modifiche della qualità dell'aria;:
- *rumore e vibrazioni*, soprattutto per l'aspetto rumore connesso sia alla fase di costruzione sia alla fase di esercizio, in quanto le vibrazioni sono praticamente assenti;
- *radiazioni*, limitatamente a quelle elettromagnetiche in relazione alla immissione di energia elettrica nel sistema di trasmissione nazionale;
- *paesaggio* per l'influenza delle nuove opere sulle caratteristiche percettive dell'area.

Per quanto riguarda *l'atmosfera*, l'analisi è stata estesa all'intera area vasta; essa è stata pertanto oggetto di indagini di dettaglio sia per la caratterizzazione meteoclimatica e dello stato attuale di qualità dell'aria, sia per la previsione della distribuzione delle concentrazioni al suolo dei prodotti della combustione.

Per *l'ambiente idrico*, sono stati considerati come corpi idrici potenzialmente interessati dalla presenza dell'impianto il braccio di mare prospiciente la zona industriale e la falda superficiale, non essendoci corsi d'acqua superficiali nella zona dell'intervento.

Per il *suolo e sottosuolo* non sono ipotizzabili effetti attribuibili direttamente alla realizzazione ed all'esercizio del nuovo impianto.

Lo studio relativo all'analisi di *vegetazione, flora, fauna ed ecosistemi* ha preso in considerazione, come per l'atmosfera, l'intera area vasta.

L'esame degli aspetti di *salute pubblica* è stato articolato in due fasi; la documentazione della situazione statistico-sanitaria della popolazione residente nell'area vasta e l'analisi degli effetti dell'impianto sulla qualità dell'aria sotto il profilo igienico sanitario.

La rumorosità ambientale attualmente esistente è stata caratterizzata, con particolare riferimento alle zone sensibili al rumore, in un ambito territoriale dell'ordine di 1 km intorno all'impianto; esperienze precedenti ottenute su impianti analoghi dimostrano infatti che già a distanze inferiori al km non sono più rilevabili gli effetti associabili alla rumorosità.

Per l'analisi dell'impatto visivo e della sensibilità del paesaggio l'analisi è stata condotta preliminarmente su un'area più vasta, stringendo poi il campo dell'analisi di dettaglio ad un raggio di 2-3 km dal sito, considerando che esso è inserito all'interno di un'area industriale altamente infrastrutturata a ridosso del porto della città di Trieste. Attraverso la tecnica dei fotoinserimenti sono state svolte approfondite indagini in relazione ai punti di vista maggiormente frequentati dai residenti e dai turisti.

2. PERTURBAZIONI SULL'ATMOSFERA INDOTTE DAL PROGETTO NELLE SUE DIVERSE FASI

2.1 Caratterizzazione meteo-climatica

2.1.1 Caratteri generali della climatologia locale

Il microclima locale è fortemente influenzato dalla morfologia dell'area, caratterizzata da:

- a) altopiano carsico, originato da potenti strati di calcari mesozoici ricchi di doline, che ne caratterizzano la geomorfologia
- b) rilievi precarsici di Trieste caratterizzati da "Flisch" arenaceo marnoso, eocenico.

La linea di costa segue grosso modo un andamento Est-Ovest, presentandosi generalmente movimentata, con rocce quasi a picco sul mare, salvo che nella zona del porto e nell'area industriale, ove è relativamente pianeggiante; anche in questa zona le colline arrivano peraltro a poche centinaia di metri dal mare. Questa conformazione orografica condiziona lo sviluppo delle brezze.

Il bacino idrologico superficiale è alquanto ridotto a causa della forte permeabilità del substrato calcareo, cosicchè esso risulta quasi interamente ipogeo.

Il territorio si presenta, nella parte costiera, fortemente antropizzato con la città di Trieste, il porto ed il complesso industriale che interessa la baia di Muggia. Le aree coltivate, a causa del terreno arido e della morfologia del suolo piuttosto aspra, sono di modesta entità, utilizzate soprattutto per la viticoltura e per lo sfalcio.

A livello dinamico il comportamento dei vari elementi climatici è determinato dalle condizioni bariche e dal passaggio di perturbazioni di origine diversa.

Nella stagione invernale i periodi più lunghi di maltempo sono provocati o dal transito di perturbazioni atlantiche o da quello delle depressioni dell'Alto Adriatico, dando luogo a periodi piovosi dai quadranti meridionali. Quest'ultimo tipo di depressione, associato ad una saccatura in quota, genera condizioni di frontogenesi. Viceversa, i periodi di tempo buono risultano in connessione con l'anticiclone dell'Europa Centrale (vento da Est, che peraltro apporta d'inverno temperature rigide) o con regimi di pressioni livellate, che provocano però nebbie nelle vallate.

In primavera si hanno periodi piovosi generati dalle depressioni mediterranee le cui traiettorie interessano frequentemente questa parte settentrionale del Paese. I periodi di bel tempo sono dati dal prevalere dell'anticiclone Atlantico (tipo anticiclone estivo). Sull'altopiano carsico è piuttosto frequente la pioggia provocata da fenomeni di instabilità locale.

Nella stagione estiva periodi di tempo buono si hanno con pressioni livellate, tipo sinottico piuttosto frequente e di certo fra i più importanti: prevalgono i venti dal quarto quadrante quando vi siano profonde depressioni sul Mediterraneo orientale. Lungo le coste si ha il noto fenomeno delle

brezze alterne. Sono inoltre piuttosto frequenti i temporali.

In autunno le pressioni livellate costituiscono ancora il tipo di tempo più frequente. Le depressioni di tipo sottovento sono presenti a partire dalla stagione inoltrata. Si riscontra una elevata frequenza di temporali nella zona costiera.

Anche a causa della tormentata geomorfologia dell'area in esame, il clima risulta alquanto variabile; esso è comunque generalmente caratterizzato da inverni piovosi ed estati relativamente umide, alternate da stagioni intermedie piuttosto brevi.

La temperatura non scende mai al di sotto di -7°C ; il mese meno piovoso può variare da dicembre a febbraio, anche se raramente con una quantità di pioggia inferiore ai 30 mm; la temperatura media del mese più caldo supera i 27°C (luglio o agosto). L'escursione termica giornaliera varia mediamente da 5 a 10°C , rispettivamente in inverno ed in estate; l'escursione termica annua è, complessivamente e mediamente, di circa 25°C .

Un gradiente climatico si stabilisce dalla costa verso l'interno a causa del repentino aumento di quota a cui sono sottoposte le correnti umide provenienti dal Mare Adriatico. Il Carso, prima di distendersi verso l'altopiano interno, si eleva formando un ciglione che costituisce una barriera fisica all'effetto mitigatore del clima mediterraneo costiero.

In definitiva, il clima della fascia costiera è essenzialmente marittimo-mediterraneo, anche se, per la sua posizione, Trieste si trova proprio sulla fascia di transizione tra il clima temperato-mediterraneo, che caratterizza in generale il nostro paese e il clima continentale-submediterraneo del centro Europa (Fig. 1)

Sulla costa la piovosità supera di poco i 1000 mm/anno, mentre già sui primi rilievi del Carso montano essa assume valori intorno ai 2000-2500 mm/anno (Fig. 2). Le precipitazioni, concentrate in Inverno ed Autunno, sono di tipo marino, e vengono portate da SE da venti sciroccali caldo-umidi.

L'estrema percolabilità dei substrati carsici fa sì che la pioggia abbia scarso effetto sulla vegetazione che, tra l'altro, è sottoposta periodicamente alla bora, forte vento secco proveniente da E-NE, dalla soglia di Postumia verso Trieste, che condiziona notevolmente il clima dei territori carsici e che ha inoltre un accentuato effetto dissecante sulla vegetazione stessa. L'influsso della bora decresce verso il Carso isontino dove, viceversa, abbondano le brezze provenienti da occidente.

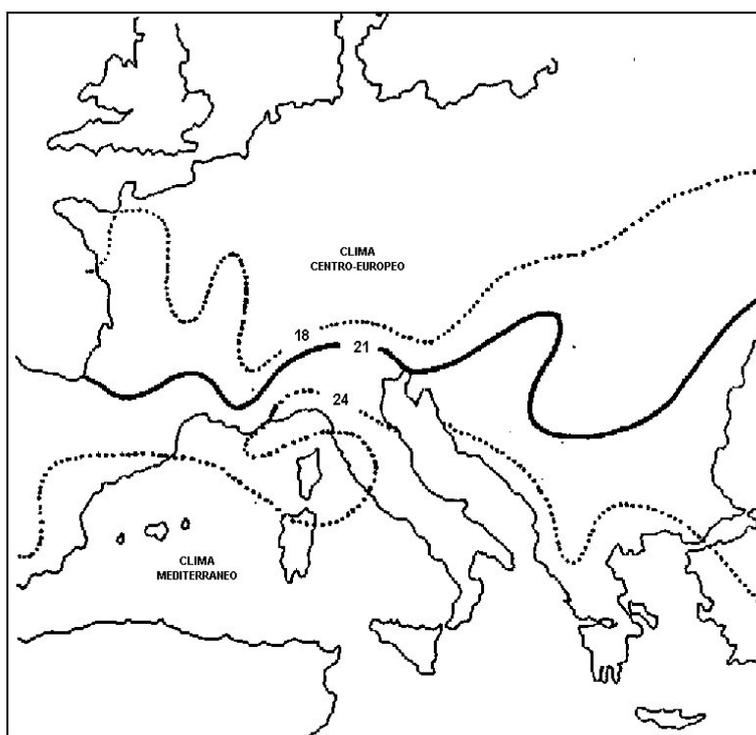


Figura 1 - Isotherme del mese di Agosto.

Localmente il clima è contraddistinto da due fenomeni particolari:

1. un gradiente termico di circa 1 grado ogni 100 metri, in senso freddo, procedendo dal mare verso l'altipiano carsico (Fig. 2)
2. inversione termica relativa alle doline più profonde.

L'umidità atmosferica è relativamente elevata (valore medio annuo 64-65%), con escursione annuale fra il 50 ed il 100%. Relativamente frequenti i temporali nel periodo primaverile-estivo; quasi assenti i fenomeni di nebbia e di caduta di neve.

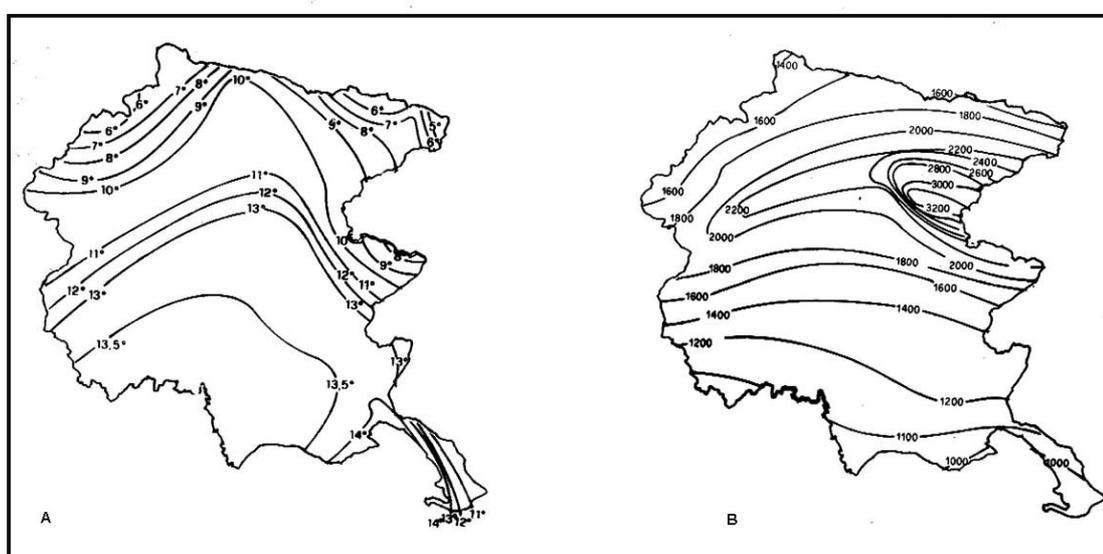


Figura 2 - A: carta delle temperature medie annue; B: carta della piovosità annua.

Maggiori dettagli sulle caratteristiche meteorologiche della zona sono riportate nell'Appendice 1, facendo riferimento:

- a) per la descrizione dei parametri climatici, all'insieme dei dati di lungo periodo per la stazione A.M. più vicina a Trieste, ricavati dalle pubblicazioni ISTAT e relative al periodo 1987-1997;
- b) per le caratteristiche di dispersione atmosferica (vento e classi di stabilità) anche alle osservazioni delle stazioni meteo presenti nel territorio comunale di Trieste (di Piazza Goldoni, Via del Carpineto, Monte San Pantaleone ed in prossimità della ditta Illy), relative all'anno 1996.

In particolare i dati elaborati dalle osservazioni rilevate nel periodo 1987-1997 nella stazione A.M. di Trieste, vicina al sito e statisticamente molto significativa, sono stati utilizzati come input meteorologico da fornire al modello di dispersione atmosferica di inquinanti di cui si parlerà diffusamente nei prossimi paragrafi.

| MESI | TEMPERATURE (°C) | | | | | PRECIPITAZIONI | | | UMIDITA' RELATIVA | | | STATO DEL CIELO | | | FENOMENI VARI | | | |
|-----------|------------------|------|-------|------|--------|----------------|------|-------------------|-------------------|-----|--------|-----------------|---------|-----------|---------------|--------|---|--|
| | Estreme | | Medie | | | Quantità (mm) | | >=1mm Freq. gg | % | | | Giorni | | | Giorni con | | | |
| | Max | Min. | Max | Min. | Diurna | Totale | Max | Media | Max | Min | Sereni | Misti | Coperti | Temporali | Neve | Nebbia | | |
| | 1984 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Dicembre | 13,1 | -1,7 | 8,2 | 4,1 | 6,1 | 107,2 | 19,0 | 10 | 64 | 94 | 20 | 16 | 5 | 10 | - | 1 | 0 | |
| Gennaio | 11,2 | -1,8 | 7,1 | 3,4 | 5,2 | 138,4 | 35,4 | 12 | 70 | 94 | 32 | 10 | 8 | 13 | - | - | 1 | |
| Febbraio | 12,6 | -2,1 | 7,4 | 3,2 | 5,3 | 78,0 | 33,0 | 7 | 62 | 100 | 18 | 9 | 13 | 7 | - | 1 | 0 | |
| Marzo | 15,0 | 2,9 | 11,1 | 5,8 | 8,5 | 36,4 | 22,4 | 4 | 55 | 85 | 26 | 13 | 9 | 9 | 1 | - | 0 | |
| Aprile | 20,9 | 6,9 | 16,6 | 9,8 | 13,2 | 43,0 | 21,0 | 6 | 50 | 100 | 16 | 5 | 10 | 15 | - | - | 0 | |
| Maggio | 25,2 | 8,0 | 18,6 | 12,0 | 15,3 | 70,0 | 20,4 | 12 | 68 | 91 | 36 | - | 15 | 16 | 2 | - | 0 | |
| Giugno | 28,1 | 11,9 | 24,3 | 16,4 | 20,3 | 109,2 | 31,0 | 8 | 66 | 100 | 39 | 7 | 16 | 7 | 2 | - | 0 | |
| Luglio | 32,9 | 13,8 | 27,5 | 18,6 | 23,0 | 63,6 | 34,0 | 7 | 62 | 92 | 34 | 11 | 17 | 3 | 6 | - | 0 | |
| Agosto | 32,8 | 16,2 | 26,8 | 19,3 | 23,0 | 129,4 | 41,0 | 8 | 65 | 95 | 37 | 10 | 12 | 9 | 9 | - | 0 | |
| Settembre | 27,3 | 10,9 | 22,1 | 15,9 | 19,0 | 135,2 | 30,2 | 13 | 74 | 100 | 46 | 6 | 15 | 9 | 5 | - | 0 | |
| Ottobre | 21,2 | 11,4 | 18,3 | 13,7 | 16,0 | 81,4 | 31,4 | 9 | 72 | 95 | 45 | 11 | 9 | 11 | 1 | - | 0 | |
| Novembre | 18,0 | 4,8 | 13,3 | 9,3 | 11,3 | 44,8 | 16,4 | 8 | 70 | 100 | 37 | 6 | 8 | 16 | - | - | 0 | |
| Anno | 32,9 | -2,1 | 16,8 | 10,9 | 13,9 | 1036,6 | 41,0 | 104 | 65 | 100 | 16 | 104 | 137 | 125 | 26 | 2 | 1 | |
| | 1985 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Dicembre | 16,0 | 0,0 | 9,8 | 5,9 | 7,9 | 87,2 | 25,0 | 9 | 68 | 96 | 39 | 10 | 11 | 10 | 1 | - | 0 | |
| Gennaio | 12,1 | -7,5 | 4,0 | 0,0 | 2,0 | 93,6 | 22,8 | 8 | 63 | 97 | 29 | 4 | 15 | 12 | - | - | 0 | |
| Febbraio | 11,6 | -5,5 | 5,7 | 0,9 | 3,3 | 65,4 | 29,2 | 4 | 63 | 100 | 23 | 14 | 5 | 9 | - | - | 0 | |
| Marzo | 15,6 | 1,5 | 11,0 | 6,1 | 8,6 | 94,2 | 19,2 | 12 | 68 | 96 | 39 | 3 | 4 | 24 | 1 | - | 0 | |
| Aprile | 21,7 | 3,9 | 15,8 | 8,9 | 12,3 | 103,8 | 23,2 | 11 | 64 | 100 | 27 | 8 | 9 | 13 | 1 | - | 1 | |
| Maggio | 30,5 | 6,0 | 21,9 | 14,5 | 18,2 | 57,0 | 28,0 | 6 | 66 | 94 | 31 | 6 | 16 | 9 | 3 | - | 0 | |
| Giugno | 29,1 | 10,4 | 24,2 | 16,1 | 20,1 | 82,8 | 19,2 | 11 | 65 | 100 | 34 | 5 | 20 | 5 | 2 | - | 0 | |
| Luglio | 33,8 | 18,0 | 29,2 | 20,9 | 25,0 | 34,2 | 13,4 | 4 | 63 | 84 | 33 | 17 | 11 | 3 | 4 | - | 0 | |
| Agosto | 35,4 | 13,7 | 29,0 | 20,2 | 24,6 | 76,0 | 24,8 | 6 | 58 | 93 | 29 | 20 | 8 | 3 | 3 | - | 0 | |
| Settembre | 28,0 | 14,0 | 25,1 | 17,6 | 21,4 | 11,6 | 10,0 | 2 | 62 | 100 | 33 | 17 | 8 | 5 | 1 | - | 0 | |
| Ottobre | 23,8 | 6,9 | 18,8 | 13,4 | 16,1 | 40,8 | 30,8 | 2 | 63 | 94 | 32 | 13 | 15 | 3 | - | - | 0 | |
| Novembre | 17,2 | 0,9 | 10,8 | 6,5 | 8,7 | 101,2 | 28,4 | 9 | 67 | 100 | 35 | 5 | 11 | 14 | 1 | 1 | 0 | |
| Anno | 35,4 | -7,5 | 17,1 | 10,9 | 14,0 | 847,8 | 30,8 | 84 | 64 | 100 | 23 | 122 | 133 | 110 | 17 | 1 | 1 | |
| | 1986 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Dicembre | 15,9 | 1,9 | 10,0 | 6,7 | 8,3 | 66,4 | 22,4 | 7 | 78 | 93 | 50 | - | 14 | 17 | - | 1 | 3 | |
| Gennaio | 10,0 | -0,2 | 7,0 | 3,4 | 5,2 | 29,2 | 25,8 | 1 | 67 | 94 | 27 | 6 | 13 | 12 | - | - | 0 | |
| Febbraio | 10,3 | -5,0 | 4,8 | 0,7 | 2,8 | 71,4 | 19,8 | 11 | 58 | 100 | 26 | 8 | 7 | 13 | - | 4 | 1 | |
| Marzo | 15,6 | -1,2 | 10,8 | 5,4 | 8,1 | 69,2 | 15,4 | 10 | 62 | 98 | 22 | 7 | 12 | 12 | 1 | 1 | 0 | |
| Aprile | 22,4 | 2,1 | 16,5 | 10,3 | 13,4 | 94,0 | 30,2 | 11 | 69 | 100 | 49 | 1 | 14 | 15 | 1 | - | 0 | |
| Maggio | 30,5 | 13,6 | 24,8 | 16,6 | 20,7 | 60,8 | 46,4 | 7 | 63 | 86 | 26 | 8 | 17 | 6 | 6 | - | 0 | |
| Giugno | 30,0 | 8,5 | 25,1 | 17,6 | 21,3 | 62,0 | 28,0 | 9 | 62 | 100 | 34 | 6 | 18 | 6 | 8 | - | 0 | |
| Luglio | 30,6 | 15,8 | 27,9 | 19,7 | 23,8 | 34,0 | 28,2 | 4 | 56 | 88 | 33 | 12 | 15 | 4 | 4 | - | 0 | |
| Agosto | 33,8 | 13,1 | 28,8 | 20,5 | 24,6 | 150,2 | 45,2 | 9 | 60 | 93 | 33 | 18 | 9 | 4 | 6 | - | 0 | |
| Settembre | 26,4 | 13,0 | 22,9 | 16,0 | 19,5 | 104,4 | 71,2 | 4 | 58 | 100 | 27 | 11 | 16 | 3 | - | - | 0 | |
| Ottobre | 24,8 | 7,9 | 18,9 | 13,2 | 16,0 | 57,4 | 30,6 | 5 | 63 | 93 | 33 | 18 | 8 | 5 | - | - | 0 | |
| Novembre | 15,7 | 6,0 | 13,1 | 9,3 | 11,2 | 76,4 | 28,4 | 6 | 69 | 100 | 28 | 12 | 7 | 11 | - | - | 0 | |
| Anno | 33,8 | -5,0 | 17,6 | 11,6 | 14,6 | 875,4 | 71,2 | 84 | 64 | 100 | 22 | 107 | 150 | 108 | 26 | 6 | 4 | |

Tabella 1. Temperature, precipitazioni, umidità relativa, stato del cielo e fenomeni vari per mese - Stazione di Trieste - Anni 1984-1986.

2.1.2 Caratterizzazione meteorologica

Anche se l'inquinamento atmosferico in una zona è determinato dalle caratteristiche delle sorgenti inquinanti presenti, le condizioni meteorologiche rivestono notevole importanza nei fenomeni di diffusione degli inquinanti e nel loro trasferimento dall'una all'altra matrice ambientale: ad esempio la pioggia provoca il dilavamento dell'atmosfera con il trasferimento di inquinanti sul suolo e nell'ambiente idrico. L'irraggiamento solare, la temperatura e l'umidità influiscono sulle reazioni chimiche che determinano la formazione di inquinanti secondari. Il profilo verticale della temperatura, ed i gradienti di pressione determinano la capacità dispersiva dell'atmosfera e quindi le modalità ed i tempi di diffusione degli inquinanti.

Da questi brevi cenni, risulta evidente la necessità di uno studio approfondito della meteorologia della zona d'interesse.

Come già accennato, le caratteristiche meteorologiche della zona in esame sono state determinate considerando le misure effettuate dalle centraline di rilevamento dell'inquinamento atmosferico presenti sul territorio comunale ed i dati riportati dall'ISTAT relativi alla stazione A.M. di Trieste. I siti in cui sono installate centraline meteo a Trieste sono i seguenti: Piazza Goldoni, Via del Carpineto, Monte San Pantaleone e località in prossimità della ditta Illy. In tutti i casi vengono misurate: temperatura, pressione, direzione del vento, velocità del vento e precipitazioni; la Stazione di Piazza Goldoni rileva anche l'umidità e la radiazione solare.

La disponibilità dei dati sopra citati consente una buona caratterizzazione delle condizioni meteorologiche nella zona di Servola, ove è ubicata la nuova centrale.

La rosa dei venti rilevata nella stazione A.M. di Trieste e relativa al periodo 1987-1997 è riportata in Fig. 3, mentre quelle relative alle centraline di via del Carpineto e di Piazza Goldoni nel 1996 sono riportate rispettivamente nelle Figg. 4 e 5. A parte varianti derivanti dalla diversa ricchezza statistica dei dati e dall'influenza dell'orografia e della situazione locale, in tutte le postazioni di misura si evidenzia una predominanza della direzione del vento da Est verso Ovest o da N-E verso S-O ed una componente molto ridotta della direzione del vento Sud - Nord e viceversa.

Per la definizione della classe di stabilità atmosferica si sono considerati i dati di velocità del vento e di radiazione solare rilevati dalla centralina A.M. di Trieste, la stazione A.M. più vicina alla nuova centrale CET, esaminando lo stesso volume di dati usato per la rosa dei venti. Il grado di stabilità è stato definito attraverso le classi di stabilità atmosferica di **Pasquill**, che, come è noto, vanno dalla classe **A** fino alla classe **F**, in ordine crescente di stabilità atmosferica; in classe **A** si ha la massima turbolenza, mentre le classi **E** ed **F** indicano stabilità atmosferica.

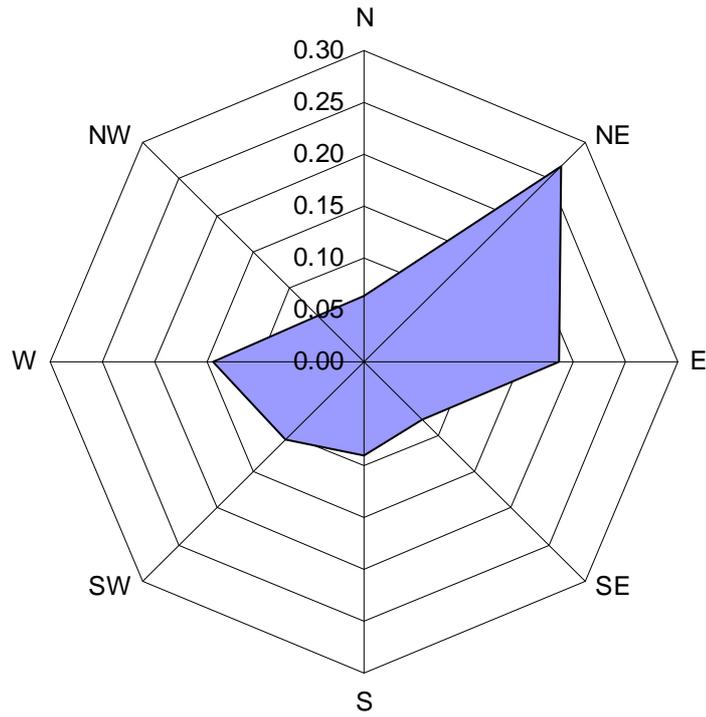


Figura 3. Rosa dei venti rilevata dalla Stazione Meteo dell'A.M. di Trieste.

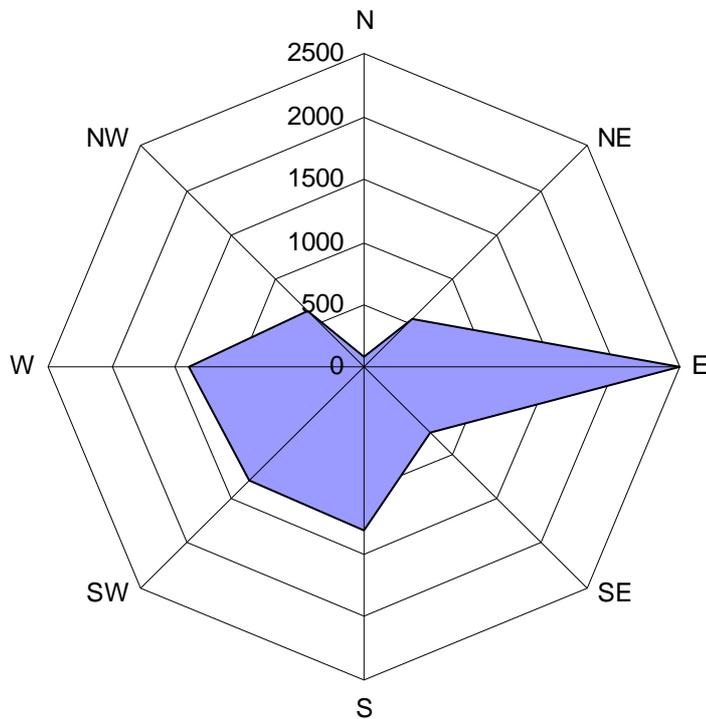


Figura 4. Rosa dei venti misurata in Piazza Goldoni (anno 1996).

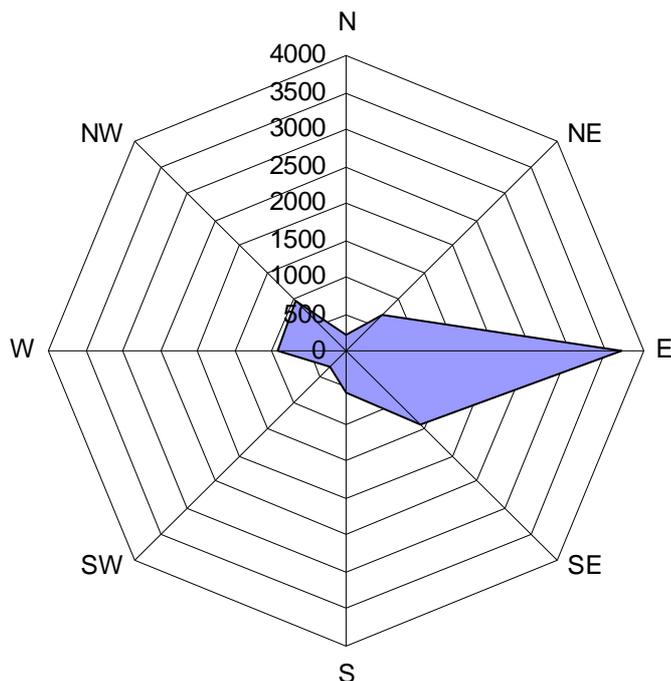


Figura 5. Rosa dei venti misurata in Via del Carpineto (anno 1996).

| CATEGORIA | A | B | C | D | E | F |
|-----------|-----|-----|----|-----|----|-----|
| Frequenza | 127 | 251 | 60 | 364 | 27 | 171 |
| (‰) | | | | | | |

Tabella 2. Frequenza delle classi di stabilità atmosferica ricavate dai dati ISTAT della Stazione A.M. di Trieste per il periodo 1987-1997.

Nella tabella 2 sono riportati i dati di frequenza delle classi di stabilità ricavati dall'elaborazione dei suddetti dati, utilizzati nella simulazione della dispersione atmosferica. Dall'esame di tali dati si rileva una prevalenza di condizioni di instabilità (classi A-B) e neutralità (classe D), anche se condizioni di forte stabilità si verificano con frequenza tutt'altro che trascurabile (~20%), segnatamente nel periodo invernale

2.2 Stato attuale della qualità dell'aria

La qualità dell'aria nell'area di Trieste è tenuta sotto controllo mediante una rete di monitoraggio ambientale che è in servizio continuo da alcuni anni e gestita dal Centro Operativo Provinciale di controllo dell'inquinamento atmosferico.

Ovviamente, come del resto già accennato, l'interpretazione dei dati rilevati non può prescindere dalla conoscenza della tipologia e della localizzazione delle fonti di inquinamento

presenti nonchè dei processi di dispersione atmosferica.

L'esposizione procede, pertanto, attraverso una descrizione qualitativa della tipologia di sorgenti in grado di influenzare la qualità dell'aria, con alcune considerazioni di carattere generale sulle loro emissioni, seguita da un'analisi dei dati registrati dalla citata rete di rilevamento e disponibili per lo studio.

2.2.1 Localizzazione e caratterizzazione delle fonti inquinanti

L'area triestina, come molte altre zone costiere del nostro Paese, è caratterizzata oltre che da una rilevante concentrazione industriale, dalla grande infrastruttura portuale e dall'insieme dei servizi ad essa funzionali nella città capoluogo, nata a completamento del suo porto e sempre legata alle vicende di questa grande struttura operativa, nonché alla sua privilegiata posizione di nodo fondamentale di scambi con i Paesi dell'Europa Centrale ed Orientale.

Nell'area oggetto di studio si trovano pertanto diverse tipologie di fonti inquinanti: insediamenti industriali, traffico marittimo associato ad una intensa attività portuale, traffico veicolare ed infine, nel periodo invernale, il riscaldamento domestico.

Gli insediamenti industriali principali comprendono lo stabilimento siderurgico della Servola SpA, con la relativa centrale termoelettrica esistente, depositi di prodotti petroliferi, gas e idrocarburi, industrie chimiche e petrolchimiche, alimentari, meccaniche, della stampa, ecc. I principali insediamenti sono localizzati nel settore Est della città, la maggior parte all'interno della così detta "Zona Industriale", che interessa anche i comuni di Muggia e S. Dorlingo della Valle oltre, ovviamente, a Trieste.

I trasporti marittimi rappresentano una consistente fonte di inquinamento. Il traffico navale nel porto di Trieste è piuttosto intenso e, come è noto, i combustibili impiegati per la propulsione navale sono caratterizzati da bassa qualità ed elevato tenore di zolfo. Per dare un'idea dell'importanza di questa struttura, il movimento nel 1994 è risultato di oltre 2100 navi, delle quali circa l'85% in navigazione internazionale. E' stata registrata una movimentazione complessiva di merci intorno a 34-35 milioni di tonnellate (il 90% in ingresso), oltre a ~ 128.000 passeggeri. La stragrande maggioranza delle merci (quasi 27 Mton) è costituita da prodotti petroliferi.

Il traffico veicolare risulta molto intenso, come rilevabile anche dalle vendite di combustibile nella zona, ed è di tipo sia urbano che di transito, legato alle attività industriali, con importanti scambi trasfrontalieri dovuti alla vicinanza del confine con la Slovenia.

Il riscaldamento domestico è fonte di emissioni (concentrate nella stagione fredda), derivanti dalla combustione di gasolio e, anche se in misura non particolarmente significative nell'area considerata di gas naturale.

In merito ai contributi più significativi alle emissioni delle principali sostanze inquinanti, nel seguito sono riportate alcune considerazioni ricavate dal recente censimento delle emissioni in atmosfera nell'area metropolitana di Trieste, eseguito per il progetto DISIA [1]. I risultati di tale studio in termini di emissioni dei principali inquinanti, peraltro non comprendenti le emissioni legate al trasporto marittimo, sono riportati in Tab. 3; in Fig. 6 sono invece evidenziate le percentuali degli apporti alle emissioni da parte dei diversi settori in cui le sorgenti sono state suddivise.

Il **monossido di carbonio** proviene essenzialmente dal traffico veicolare e navale. Il contributo delle emissioni industriali è quasi trascurabile rispetto a quello da traffico, per il fatto che concentrazioni elevate di CO ai camini industriali sarebbero indice di cattiva combustione e quindi di bassi rendimenti.

Le emissioni di **composti organici volatili** (COV) sono la componente in massa più rilevante delle emissioni industriali. Derivano essenzialmente dall'evaporazione di idrocarburi nello stoccaggio e movimentazione di combustibili e carburanti liquidi, operate principalmente nel comune di S. Dorlingo della Valle (Fig. 7). Peraltro la Tab. 3 e la Fig. 6 mostrano che un contributo non trascurabile (~ 15%) a tale tipo di inquinamento deriva anche dal traffico (principalmente privato).

| SORGENTI CIVILI | CO | COV | NO_x | PSO | SO_x |
|---------------------------|-----------------|-----------------|-----------------------|---------------|-----------------------|
| DIFFUSE | 247,31 | 714,47 | 215,33 | 48,93 | 405,64 |
| RILEVANTI | 16,62 | 5,94 | 159,52 | 29,24 | 1312,37 |
| totale | 263,9 | 720,41 | 374,85 | 78,17 | 1718,01 |
| ENTITA' PRODUTTIVE | CO | COV | NO_x | PSO | SO_x |
| PUNTI DI EMISSIONE | 1048,92 | 705,86 | 1715,52 | 67,92 | 2250,65 |
| SERBATOI STOCCAGGIO | 0,00 | 20293,74 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| NON CENSITE | 2,78 | 19,11 | 3,11 | 0,69 | 4,9 |
| totale | 1051,70 | 21018,72 | 1718,63 | 68,61 | 2255,62 |
| TRAFFICO/TRASPORTI | CO | COV | NO_x | PSO | SO_x |
| PRIVATO | 39114,20 | 3643,91 | 5000,34 | 475,95 | 159,28 |
| PUBBLICO | 251,10 | 105,50 | 197,60 | 88,00 | 31,40 |
| totale | 39365,30 | 3749,41 | 5197,94 | 563,95 | 190,68 |
| Totale complessivo | 40680,93 | 25488,53 | 7291,42 | 710,73 | 4164,31 |

Tabella 3. Stima delle emissioni complessive (ton) delle principali tipologie di inquinanti atmosferici nell'area triestina.

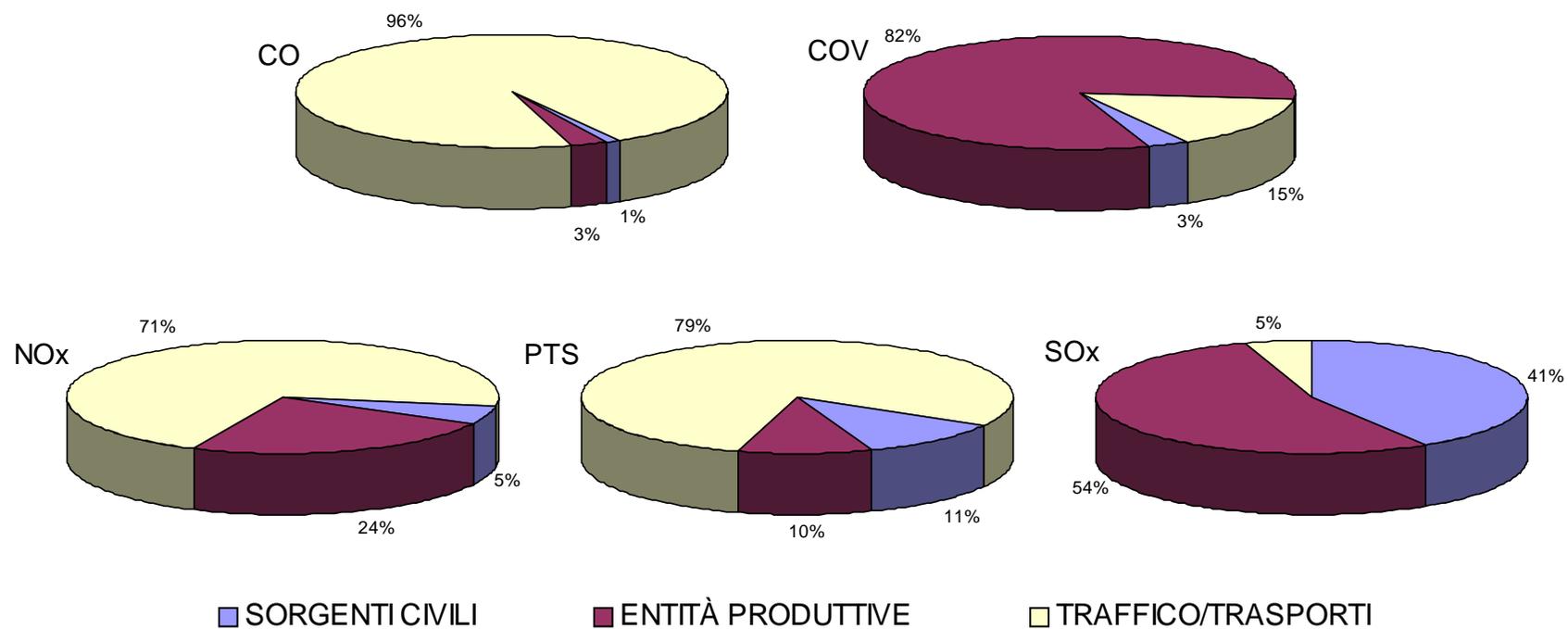
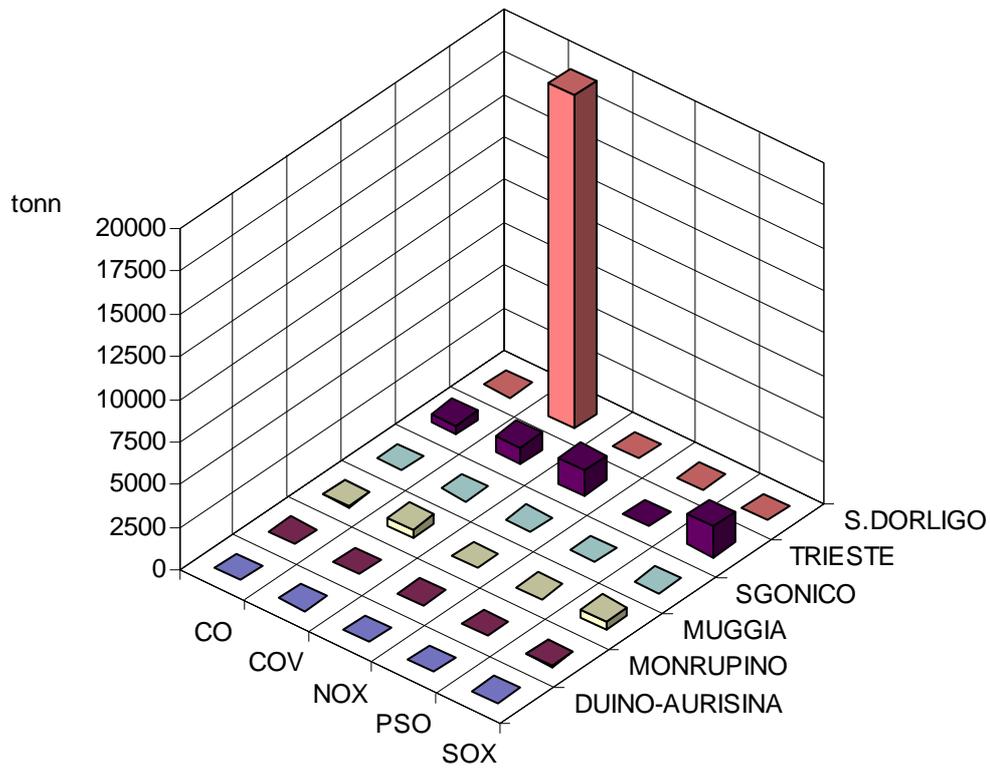


Figura 6. Suddivisione delle emissioni dei 5 tipi di inquinanti ubiquitari fra i diversi settori di attività antropiche.

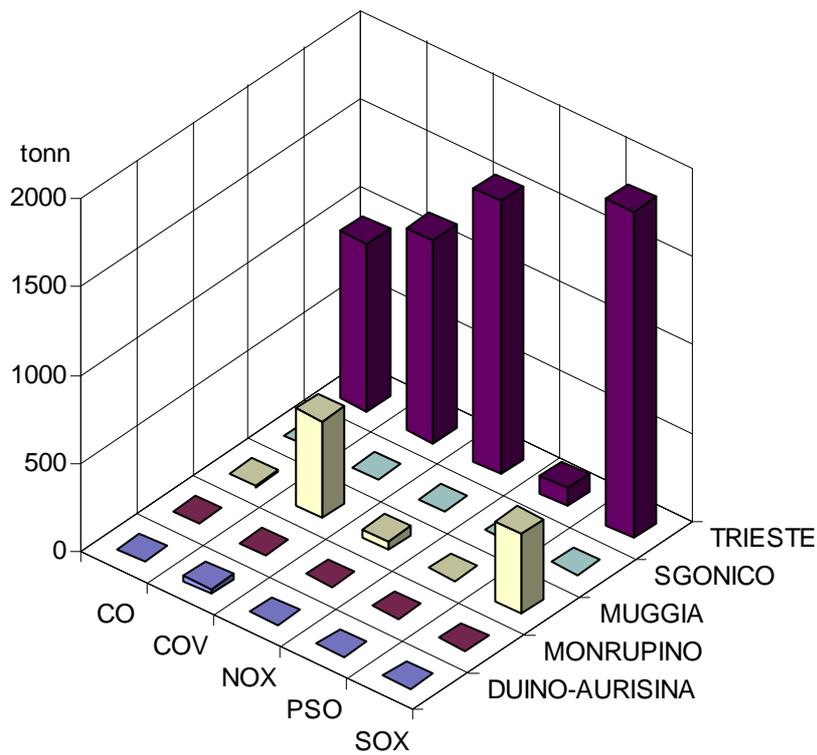
Anche per gli **ossidi di azoto** il traffico veicolare rappresenta la sorgente più consistente delle emissioni totali di inquinante nell'area considerata, con le emissioni industriali che rappresentano circa 1/4 del totale. Tenuto conto di questa circostanza ed in relazione alle condizioni di dispersione nell'atmosfera, si può peraltro affermare che le concentrazioni di ossidi di azoto nell'aria ambiente dei centri urbani risentono quasi esclusivamente delle emissioni da traffico (alle quali in inverno si aggiunge il contributo, sia pure di molto inferiore, del riscaldamento). Le emissioni industriali, pur rappresentando una quota delle emissioni totali tutt'altro che trascurabile, incidono in modo apprezzabile sui valori misurati al suolo solamente nelle aree di massima ricaduta, in prossimità dell'area industriale.

Le emissioni di **particolato** sono di più modesta entità rispetto a quelle associate con altre tipologie di inquinanti; in particolare le emissioni da insediamenti industriali rappresentano una frazione piuttosto bassa (<10%) del particolato totale che si ritrova nell'aria ambiente, mentre i contributi più importanti derivano dal settore trasporti, a cui sono da aggiungere quelli da attività agricole e da fenomeni quali l'erosione eolica dei suoli. Per il traffico, le emissioni sono quelle derivanti dal processo di combustione interna dei motori, ma naturalmente un fattore di non secondaria importanza è costituito dalla risospensione di pulviscolo stradale da parte dei veicoli in movimento. Valgono, a questo proposito, le considerazioni già fatte per gli ossidi di azoto circa il carattere estremamente locale del relativo inquinamento dell'aria.

Per quanto riguarda il **biossido di zolfo**, la quota parte più importante proviene dal settore industriale, il resto proviene quasi integralmente dalle sorgenti civili, cioè dal riscaldamento, osservando a questo proposito che tale tipo di sorgente è concentrata nei mesi invernali e nei centri abitati (Fig. 7 ripresa da [1]), indice di una ancora insufficiente penetrazione del metano in tale settore, specialmente negli impianti di taglia maggiore. Anche se le emissioni da traffico e da riscaldamento rappresentano complessivamente una quota minoritaria del totale, esse incidono sensibilmente sulle concentrazioni dell'inquinante nell'aria ambiente in zona urbana; infatti le modalità con cui avviene l'emissione (tramite sorgenti diffuse e soprattutto a bassa quota) è generalmente poco favorevole ad una buona dispersione e diluizione degli inquinanti, contrariamente a quanto avviene invece nel caso di sorgenti puntiformi elevate (camini), quali possono considerarsi quelle industriali; valgono cioè le considerazioni già svolte per gli ossidi di azoto circa l'estensione dell'inquinamento da parte di tali sorgenti.

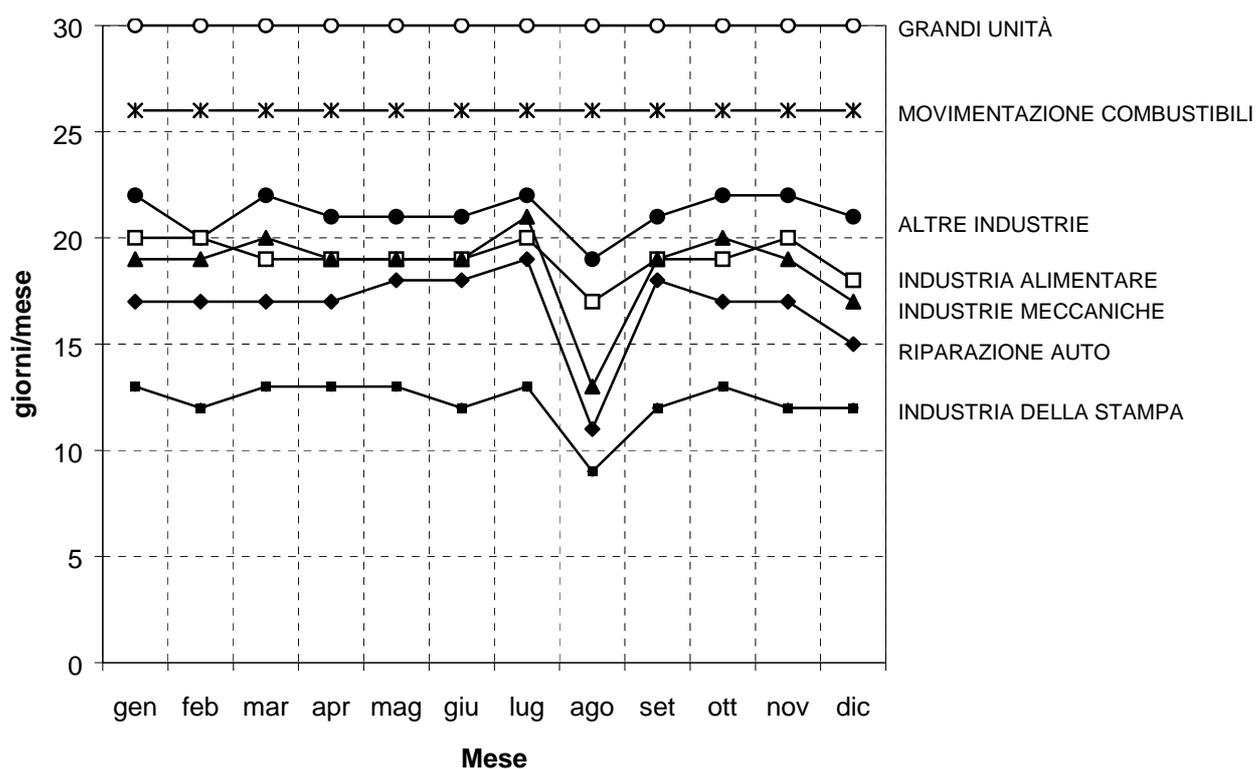


a) Emissioni industriali/artigianali

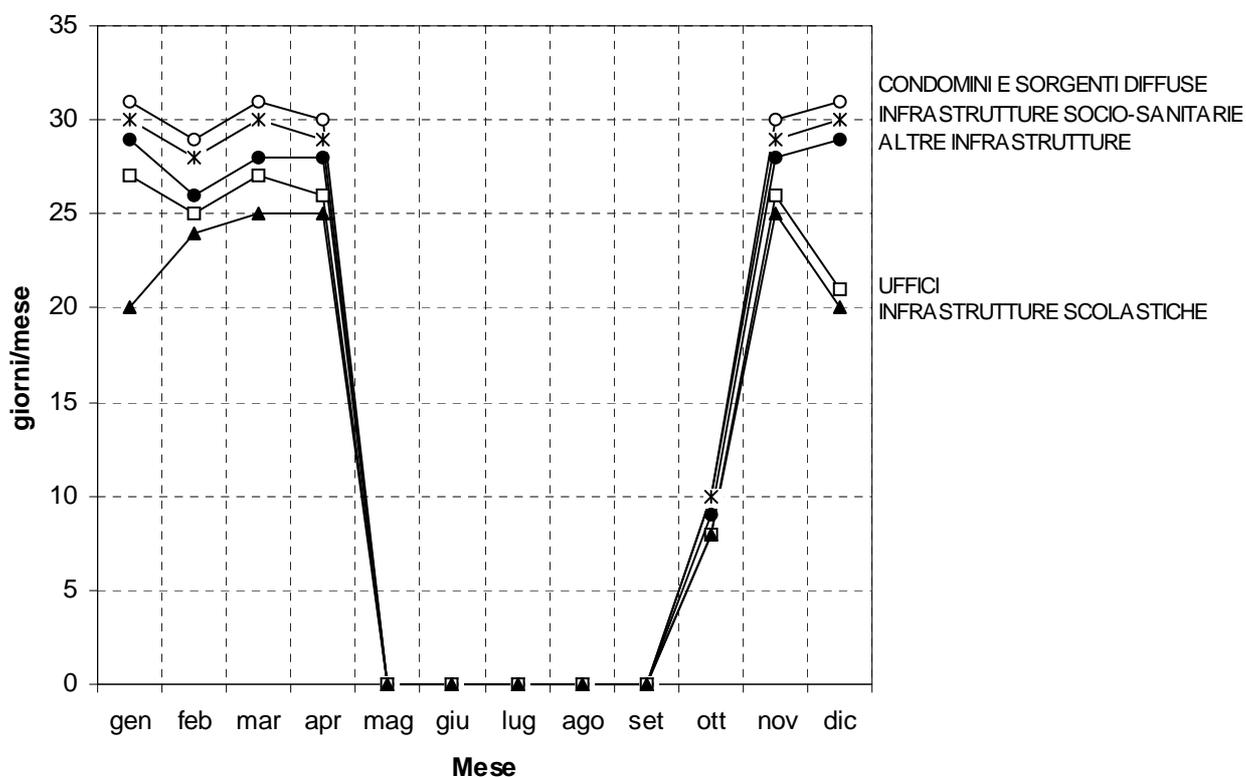


b) idem, con esclusione del comune prevalente (San Dorligo)

Figura 7. Emissioni complessive delle fonti da attività produttive, riferite a vari comuni della provincia di Trieste.



a) Entità produttive: andamento annuale effettivo delle emissioni



b) Sorgenti civili rilevanti: andamento annuale effettivo delle emissioni

Figura 8. Andamento annuale delle emissioni di SO₂ da entità produttive e sorgenti civili rilevanti.

2.2.2 Normativa vigente

Il D.P.C.M. 28.03.83 fissa i limiti o standard di qualità dell'aria nell'ambiente per il biossido di zolfo, il biossido di azoto, l'ozono, il monossido di carbonio, il piombo, il fluoro e le particelle sospese. I valori limite sono i valori massimi accettabili delle concentrazioni ed esposizione agli inquinanti nell'ambiente esterno.

La tabella seguente riporta i valori limite per i diversi inquinanti di interesse.

Tali limiti sono stati parzialmente modificati e precisati con il D.P.R. N. 203 del 24 maggio 1988, con cui sono state recepite alcune direttive della U.E.; la principale novità di tale DPR risiede comunque nella introduzione, accanto ai **valori limite**, dei **valore guida** della qualità dell'aria.

| Inquinante | Parametro statistico | Limite |
|--------------------------|--|-----------------------|
| Biossido di zolfo | Mediana delle concentrazioni medie di 24 ore nell'arco di 1 anno | 80µg/ m ³ |
| | 98° percentile delle concentrazioni medie di 24 ore rilevate nell'arco di 1 anno | 250µg/ m ³ |
| Biossido di azoto | Concentrazione media di 1 ora da non superare più di una volta al giorno | 200µg/ m ³ |
| Monossido di carbonio | Concentrazione media di 8 ore | 10mg/ m ³ |
| | Concentrazione media di 1 ora | 40mg/ m ³ |
| Particelle sospese (PTS) | Media delle concentrazioni medie di 24 ore nell'arco di 1 anno | 150µg/ m ³ |
| | 95 percentile delle concentrazioni medie di 24 ore rilevate nell'arco di 1 anno | 300µg/ m ³ |

Tabella 4. Valori limite dei principali inquinanti atmosferici fissati dal D.P.C.M. 28.3.83.

I valori guida fissano i limiti delle concentrazioni ed esposizioni destinati:

- alla prevenzione a lungo termine in materia di salute e protezione dell'ambiente;
- a costruire parametri di riferimento per l'istituzione di zone specifiche di protezione ambientale per le quali è necessaria una particolare tutela della qualità dell'aria.

Il DPR 203/88 come accennato, modifica ed integra gli standard di qualità dell'aria per SO₂ e NO₂, stabilisce i periodi di riferimento per la valutazione dei parametri statistici di alcuni inquinanti. Le tabelle che seguono riportano i valori limite e guida per SO₂, NO₂ ed i periodi di riferimento.

| Inquinante | Parametro statistico | Periodo di riferimento | Limite |
|-------------------|--|-------------------------|-----------------------|
| Biossido di zolfo | Mediana delle concentrazioni medie di 24 ore nell'arco di 1 anno | 1 aprile - 31 marzo | 80µg/ m ³ |
| | 98° percentile delle concentrazioni medie di 24 ore rilevate nell'arco di 1 anno | 1 aprile - 31 marzo | 250µg/ m ³ |
| | Mediana delle concentrazioni medie di 24 ore durante l'inverno | 1 ottobre - 31 marzo | 130µg/ m ³ |
| Biossido di azoto | 98° percentile delle concentrazioni medie di 1 ora rilevate durante l'anno | 1 gennaio - 31 dicembre | 200µg/ m ³ |

Tabella 5. Valori limite di qualità dell'aria precisati dal DPR 203/88.

| Inquinante | Parametro statistico | Periodo di riferimento | Guida |
|-------------------|--|--|---------------------------|
| Biossido di zolfo | Media aritmetica delle concentrazioni medie di 24 ore nell'arco di 1 anno | 1 aprile - 31 marzo | 40-60µg/ m ³ |
| | Valore medio delle 24 ore | dalle 00:00 alle 24:00 di ciascun giorno | 100-150µg/ m ³ |
| Biossido di azoto | 50° percentile delle concentrazioni medie di 1 ora rilevate durante l'anno | 1 gennaio - 31 dicembre | 50µg/ m ³ |
| | 98° percentile delle concentrazioni medie di 1 ora rilevate durante l'anno | 1 gennaio - 31 dicembre | 135µg/ m ³ |

Tabella 6. Valori guida di qualità dell'aria fissati dal DPR 203/88.

2.2.3 Rete di rilevamento della qualità dell'aria

Come già detto, nell'area di Trieste è in funzione una rete, attualmente dotata di 4 postazioni per il rilevamento della qualità dell'aria situata rispettivamente in Piazza Goldoni, Via del Carpineto, Monte San Pantaleone e c/o Illy.

L'ubicazione delle postazioni è rappresentata nella figura 9, che mostra come una sola stazione (P.zza Goldoni) sia ubicata in area urbana, mentre le altre sono prossime all'area industriale.

DA FOTOCOPIARE DA FOGLIO A3

Figura 9. Pianta di Trieste e zone limitrofe (scala 1:10000).

2.2.4 Andamento delle concentrazioni al suolo

Prima di addentrarsi nell'analisi dei dati disponibili per la caratterizzazione dello stato della qualità dell'aria nel territorio oggetto dello studio, è opportuno richiamare alcuni elementi di giudizio ed interpretazione, necessari alla corretta valutazione dei dati.

Un primo criterio di analisi deriva dal confronto dei rilevamenti della rete con gli indici statistici previsti dalla normativa vigente. Ciò consente di esprimere un giudizio sullo stato della qualità dell'aria con particolare riferimento alla igiene ed alla salute pubblica, ma non permette di mettere in luce cause e processi che, in diversa misura, possono governare l'andamento delle concentrazioni di inquinanti a livello del suolo. Per questo è necessario ricorrere solitamente ad ulteriori elaborazioni dei dati in modo da offrire una più completa informazione, quantitativa e qualitativa.

Gli andamenti delle concentrazioni al suolo sono infatti il risultato dell'interazione di fenomeni diversi, che possono dar luogo ad effetti sinergici, oppure antagonisti, e dipendono essenzialmente dalle caratteristiche delle fonti di emissione (caratteristiche fisiche, tipo e quantità degli inquinanti emessi, ecc.) e dalle caratteristiche dispersive dell'atmosfera in cui gli inquinanti si diffondono. Ad esempio, si può osservare che gli inquinanti emessi ad alta quota (intendendo per quota di emissione l'altezza fisica del punto di emissione rispetto al suolo, più l'innalzamento derivante dalla spinta ascensionale dei fumi, a sua volta dominata dalla spinta entalpica nelle emissioni calde), in condizioni di instabilità atmosferica, quando i moti convettivi trascinano verso il basso le masse d'aria sovrastanti, raggiungono il suolo a distanza dalla sorgente minore rispetto ai casi in cui l'atmosfera sia neutrale o stabile. Condizioni di instabilità si verificano tipicamente nelle ore più calde della giornata (o comunque in presenza di forte irraggiamento solare). Nelle restanti ore, specialmente in aree caratterizzate da fenomeni di stagnazione nei bassi strati dell'atmosfera, associati alla presenza di inversioni termiche notturne con base al suolo, gli inquinanti emessi a quote elevate raggiungono il suolo solo a grande distanza. Nel caso di rilascio a livello del suolo, il comportamento è opposto al precedente; infatti nelle situazioni con più elevata turbolenza atmosferica si ha una migliore diluizione e quindi una diminuzione delle concentrazioni dovute al contributo delle sorgenti basse, mentre in situazione di neutralità o stabilità si ha progressivo accumulo con progressivo aumento delle concentrazioni di inquinanti da sorgenti a bassa quota.

Le precedenti considerazioni valgono in caso di terreno pianeggiante. Se invece l'orografia del territorio, come nel caso in esame, è complessa, il pennacchio emesso dal camino, particolarmente con vento forte, può andare ad impattare il fianco della collina prospiciente, con concentrazioni che possono assumere valori particolarmente elevati rispetto a quelli attesi nel caso di terreno pianeggiante. Un altro caso in cui si possono verificare concentrazioni al suolo più

elevate è quello della fumigazione, caratterizzato dalla presenza di inversione termica a quota di poco superiore all'altezza dell'asse del pennacchio, bassa velocità del vento e forte insolazione. Lo strato di inversione impedisce la dispersione degli inquinanti verso l'alto e le concentrazioni al suolo possono essere particolarmente elevate, per l'effetto dei moti convettivi dell'atmosfera nello strato di miscelamento.

Un ruolo notevole sugli andamenti delle concentrazioni al suolo è giocato anche dalla posizione relativa delle varie sorgenti inquinanti (in particolare, nell'ambito del presente studio, di quelle basse e diffuse rispetto a quelle emesse da camini industriali di altezza rilevante) e dalla direzione dei venti prevalenti. Quest'ultimo aspetto fa sì che, nel territorio triestino, la situazione sia significativamente semplificata, essendo l'inquinamento urbano determinato principalmente dal traffico e, nei mesi invernali, dal riscaldamento domestico [1]. Le ricadute dai camini industriali, data la direzione dei venti prevalenti, sono massime nell'entroterra (sull'altopiano del Carso) e sul mare; contributi significativi all'inquinamento nelle zone urbane si hanno soltanto in condizioni particolari, che si verificano con frequenza relativamente piccola.

Infine un altro fattore importante, che può incidere in diversa misura sugli andamenti descritti è quello delle variazioni temporali delle emissioni, legati alle diverse attività che possono assumere carattere ciclico. A questo proposito la situazione nell'area oggetto dello studio è sufficientemente chiara, in base ai risultati dell'indagine DISIA già citata, riassunti in Fig. 8. Nel caso di rilasci ciclici, se il ciclo si chiude anche a livello giornaliero, è necessario tenerne conto nella valutazione dei suddetti andamenti. A questo proposito è da considerare un ulteriore aspetto: le trasformazioni chimico-fisiche degli inquinanti nell'atmosfera, come nel caso del biossido di azoto (NO_2) che, contenuto in quantitativi limitati rispetto agli ossidi di azoto totali nelle emissioni da processi di combustione, rappresenta il risultato di reazioni di ossidazione del monossido di azoto (NO) ad opera prevalentemente dell'ozono (O_3) presente nell'atmosfera. L'elaborazione degli andamenti tipici giornalieri delle concentrazioni misurate (medie delle concentrazioni per ogni ora del giorno) annuali e/o stagionali, fornisce un valido strumento di giudizio e di interpretazione dell'insieme dei richiamati fenomeni.

Nel seguito si presentano i risultati dei rilevamenti disponibili, effettuati dalla rete di monitoraggio, utilizzando di volta in volta gli strumenti che risultano più idonei per la descrizione e l'interpretazione degli andamenti. D'altra parte, la citata indagine DISIA [1] comprende dati che integrano quelli forniti dalla rete di rilevamento, consentendo complessivamente una sufficiente caratterizzazione dell'inquinamento atmosferico nell'area oggetto dello studio. Nella Figura 9 oltre alle postazioni già citate nel paragrafo 2.2.3 sono indicate le postazioni delle due stazioni principali fisse e del mezzo mobile della Provincia di Trieste, usate nel programma DISIA [1]. Le stazioni integrative fisse sono dotate di centraline di tipo C (inquinamento da traffico), con analizzatori di

CO, SO₂, NO, NO_x, O₃ e HC; il mezzo mobile effettua lo stesso tipo di misure, salvo gli idrocarburi (HC). Come indicato in Fig. 9 sono state investigate 2 aree urbane ed una extra-urbana, con analoghe modalità:

- 1) le due centraline fisse sono state installate per 1 mese in Piazza della Libertà e in Via Udine, con il mezzo mobile installato per 2 settimane in Corso Cavour e altrettanto in Viale Miramare;
- 2) centraline "fisse" installate in Piazza Vico e in Via Bernini per un mese; mezzo mobile in Via S. Giacomo in Monte e in Via Alberti, in ciascuna postazione per metà del periodo di osservazione;
- 3) centraline "fisse" in Via Pitacco e Via Valmaura per due mesi, con mezzo mobile operante volta a volta per 2 settimane presso il depuratore di Servola, altrettanto in San Sabba (Via Puccini) ed a Muggia, in Via del Lazzeretto e Via Zaule.

2.2.4.1 Biossido di zolfo - SO₂

La normativa vigente (DPCM 28.3.83 e DPR 203/88) prevede per questo inquinante standard di qualità dell'aria fissati sia come valori limite che come valori guida (Tabb. 4 - 6).

I valori misurati disponibili, sono riportati nelle Figg. 10(a) - 10(n), riprese da [1]. Tali figure indicano un inquinamento relativamente contenuto, al disotto dei valori limite, anche se attorno o superiore ai valori guida, con delle concentrazioni medie in zone urbane comprese fra 50 e 90 µg/m³; peraltro sul Viale di Miramare nelle due settimane di misura è stata rilevata una concentrazione media di ~ 30 µg/m³, mentre in Via Alberti sono state misurate concentrazioni fino a circa 160 µg/m³. Sono anche disponibili i dati rilevati nei primi 5 mesi del 1998 dalla Stazione di Via del Carpineto; la concentrazione media misurata è risultata di ~ 35 µg/m³ (Fig. 11).

Un esame più dettagliato dei dati, permette di constatare che gli andamenti giornalieri tipici nelle postazioni situate in area urbana, d'inverno sono quelli caratteristici derivanti dalla presenza di sorgenti basse e diffuse, quali quelle delle sorgenti civili rilevanti con valori che tendono a decrescere nelle ore notturne. Nel periodo estivo le concentrazioni si abbassano notevolmente, assumendo l'andamento tipico di un inquinamento di fondo.

Nelle aree attorno alla zona industriale (Fig. 11) gli andamenti presentano valori massimi nelle ore centrali della giornata e minimi nelle ore notturne, (anche se con valori mediamente inferiori alle postazioni in area urbana), per l'apporto da sorgenti elevate e la determinante influenza del cambiamento nella direzione di provenienza del vento che si registra in generale nelle zone costiere per il fenomeno delle brezze.

2.2.4.2 Particolato aerodisperso - PTS

Dati sul particolato aerodisperso, non disponibili ufficialmente, indicano che anche per questo inquinante gli standard di qualità dell'aria (sia valori limite, che valori guida) previsti dalla normativa (DPCM 28.3.83 e DPR 203/88) dovrebbero essere ampiamente rispettati.

Come già detto, una accurata individuazione delle fonti di tale tipologia di inquinamento risulta difficile, in quanto i valori misurati risentono largamente di fattori legati alle condizioni meteorologiche, alla topografia ed alle attività antropiche più disparate. Fonti importanti di polverosità ambientale sono infatti rappresentate dall'erosione eolica dei suoli, dalle attività agricole, dalla risospensione del pulviscolo da parte delle ruote degli autoveicoli, ecc.; queste fonti in genere mascherano gli eventuali apporti da attività industriali.

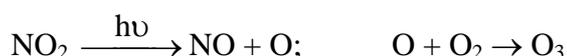
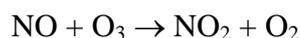
2.2.4.3 Ossidi di azoto - NO_x

La concentrazione di biossido di azoto è misurata rilevando contemporaneamente la misura di NO (monossido di azoto), e la misura di NO_x (monossido + biossido); per differenza tra i due si ottiene la misura di NO₂ (biossido).

Gli standard di qualità dell'aria previsti dalla normativa vigente (DPCM 28.3.83 e DPR 203/88) prendono in considerazione il solo biossido di azoto, sia come valori limite che come valori guida (Tabb. 4 - 6).

I valori misurati nella citata indagine DISIA, riportati nelle Figg. 12(a) - 12(n), evidenziano il mancato rispetto sia dei valori limite che dei valori guida in diverse postazioni (Via Bernini, Via Alberti, P.za Vico).

Occorre considerare che l'interpretazione dei dati sulla concentrazione di NO₂ non può prescindere dall'analisi dei dati per NO ed NO_x. Infatti gli ossidi di azoto emessi dai grandi impianti di combustione, dal riscaldamento o dai veicoli a motore sono costituiti in massima parte da NO. Il biossido di azoto rappresenta generalmente una frazione inferiore al 5%÷10% delle emissioni, ma si forma (con cinetica chimica relativamente rapida) per la trasformazione del monossido di azoto (NO) emesso in atmosfera, ad opera dell'ozono (O₃). In assenza di altri ossidanti fotochimici si sviluppano le seguenti reazioni:



Quest'ultima reazione si sviluppa in presenza di radiazione ultravioletta ($\lambda < 420 \text{ nm}$) e quindi solo di giorno, con cielo aperto.

Pertanto i valori di NO₂ misurati dipendono, oltre che dalle emissioni, anche dalle concentrazioni di ozono, che possono rappresentare un fattore limitante alla formazione del NO₂

stesso.

Esaminando gli andamenti giornalieri di NO₂ riportati nelle figure 12(a) - 12(n), si vede che in tutte le stazioni di misura si ha un andamento tipico, riconducibile a sorgenti basse e diffuse (emissioni di NO_x da traffico nell'area), con un valore minimo relativo nelle ore centrali della giornata (tra le 13 e le 16), due massimi (uno al mattino ed uno la sera) e valori che permangono relativamente elevati anche nelle ore notturne.

2.2.4.4 Ozono - O₃

Per questo composto è previsto il monitoraggio continuo solo nella postazione di Piazza Goldoni. L'andamento giornaliero riscontrato è caratteristico di questo composto, con valori minimi notturni e massimi nelle ore di forte insolazione, dovuti sia alla fotodissociazione del NO₂, sia al trasporto al suolo dell'ozono presente in quota per effetto della più elevata turbolenza atmosferica.

Si riscontra un brusco calo tra le 8 e le 10. Questo calo si verifica in corrispondenza del picco delle concentrazioni di ossidi di azoto quando l'immissione di NO provoca il consumo dell'ozono presente.

2.2.4.5 Monossido di carbonio - CO

Gli andamenti delle concentrazioni di monossido di carbonio misurate nel corso dell'indagine DISIA [1] sono riportati nelle Figg. 13(a) - 13(n).

La normativa vigente prevede due valori limite, con diverso periodo di osservazione (Tab. 4).

Questo inquinante, in generale e nell'area considerata, proviene essenzialmente dalle emissioni da traffico veicolare e navale. Come già accennato, si può infatti affermare che il contributo da emissioni industriali è trascurabile rispetto a quello da traffico.

Le concentrazioni orarie seguono in generale un andamento giornaliero simile a quello descritto per l'ossido di azoto, con i due picchi mattutino e serale; valgono qui le stesse considerazioni già espresse per l'NO₂, con l'esclusione delle reazioni con l'ozono, nelle quali il CO non è coinvolto. Il valore di tali picchi è intorno a 10 mg/m³ e solo in rari casi si arriva a superare i 20 mg/m³. In un solo caso (P.za Vico, il giorno 8/3/98) si riscontra il superamento del limite di legge per la concentrazione oraria (40 mg/m³), mentre quello relativo alla concentrazione media su 8 ore (10 mg/m³) è ampiamente superato, oltre che nella stessa postazione di P.za Vico (quasi tutti i giorni), occasionalmente anche in altre postazioni (Via Bernini il 24 e 27 febbraio, il 7, 8, 9, 10 e 11 marzo, C.so Cavour il 26, 27 e 31 gennaio, ecc.). Le concentrazioni medie giornaliere si attestano intorno ad alcuni mg/m³, salvo che a P.za Vico, in cui superano 10 mg/m³ in tutto il periodo di

osservazione.

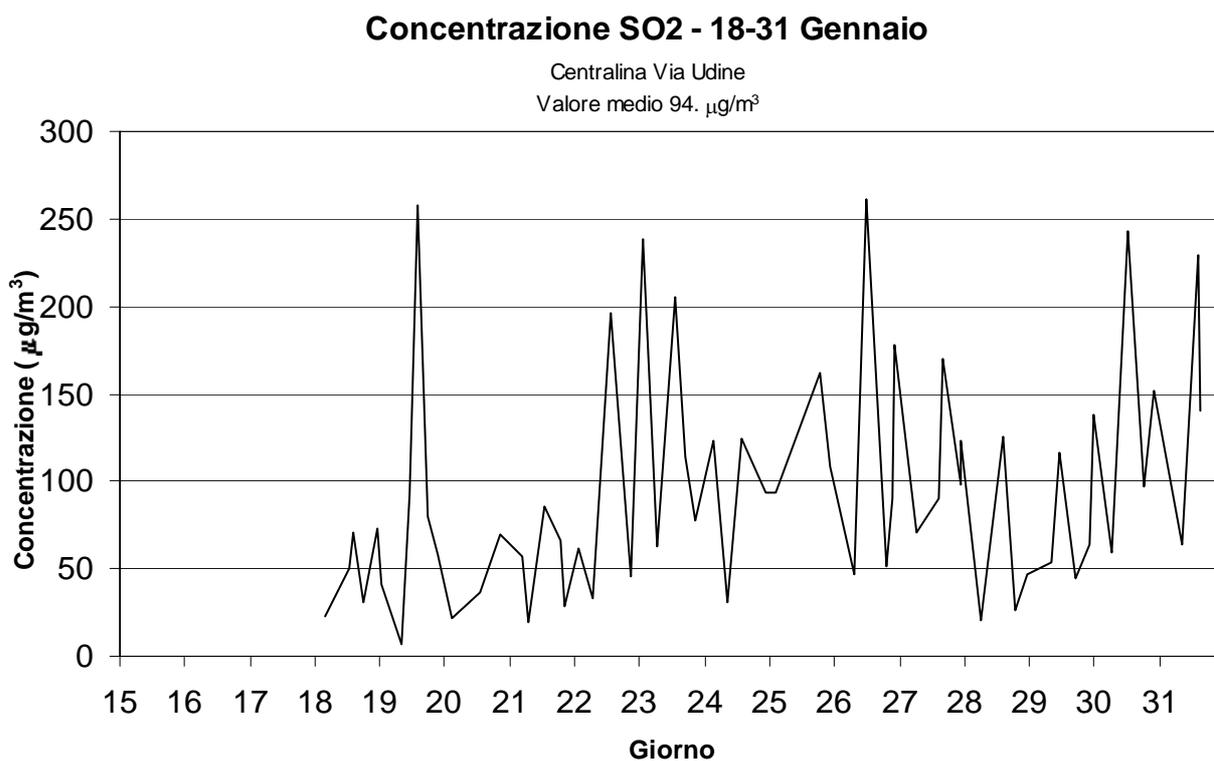


Figura 10(a). Concentrazione giornaliera SO₂ misurata dalla centralina di Via Udine (periodo 18-31 Gennaio).

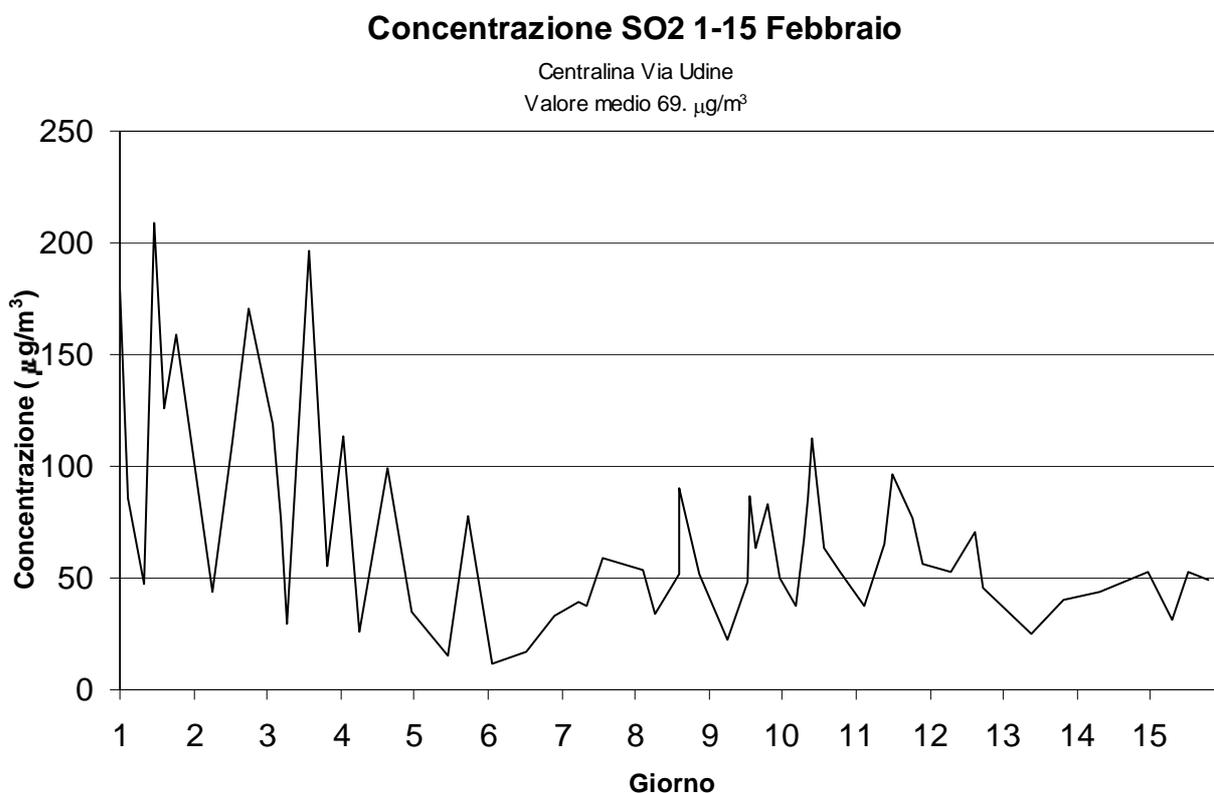


Figura 10(b). Concentrazione giornaliera SO₂ misurata dalla centralina di Via Udine (periodo 1-15 Febbraio).

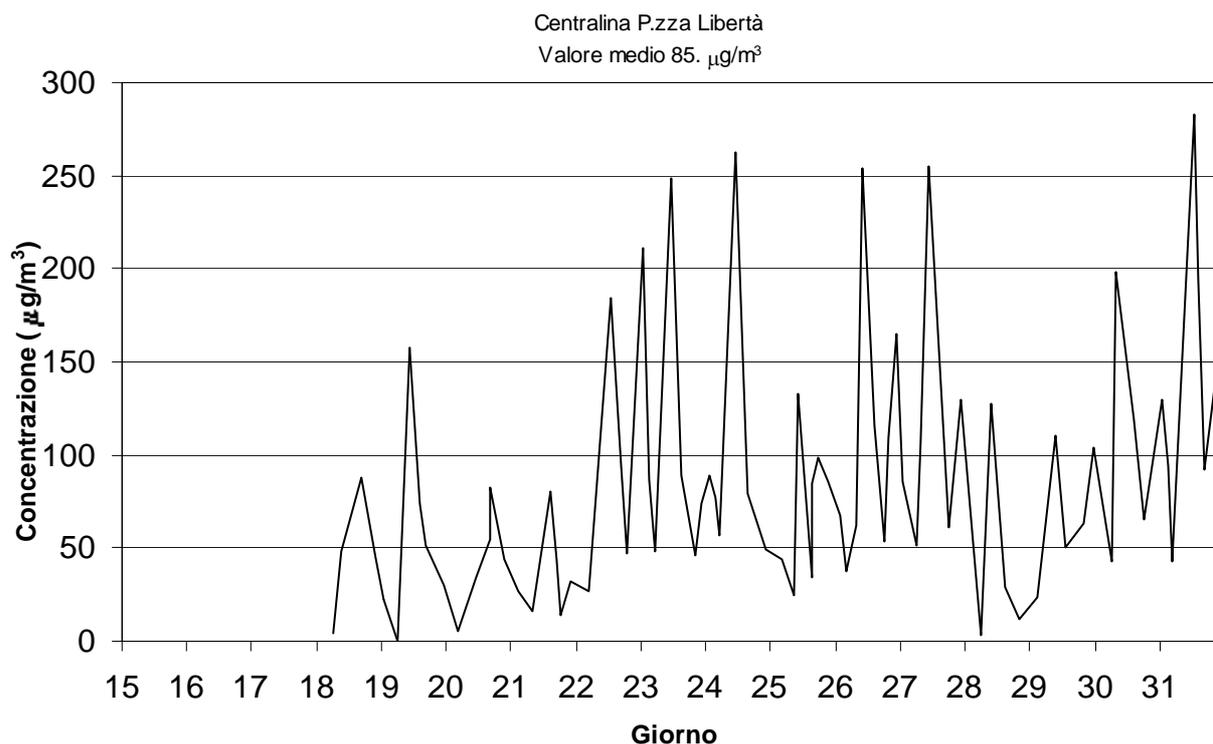
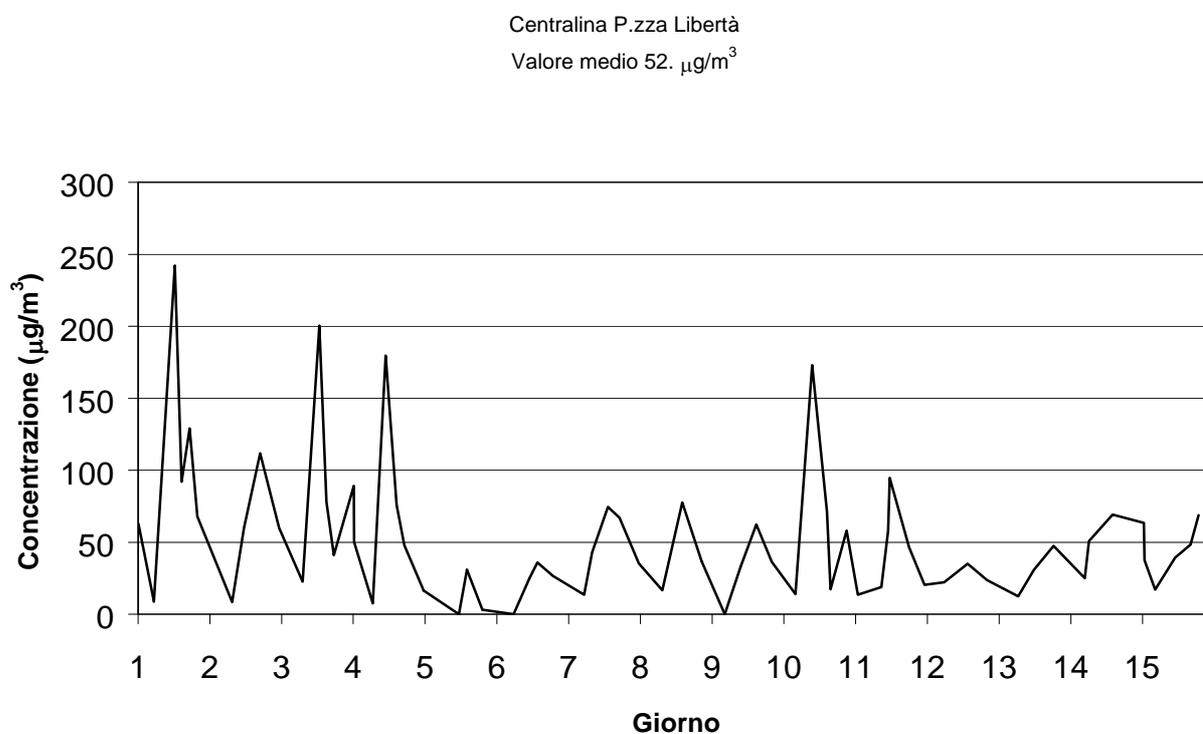
Concentrazione SO₂ - 18-31 Gennaio

Figura 10(c). Concentrazione giornaliera SO₂ misurata dalla centralina di P.zza Libertà (periodo 18-31 Gennaio).

Figura 10(d). Concentrazione giornaliera SO₂ misurata dalla centralina di P.zza Libertà (periodo 1-

Concentrazione SO₂ 1-15 Febbraio

15 Febbraio).

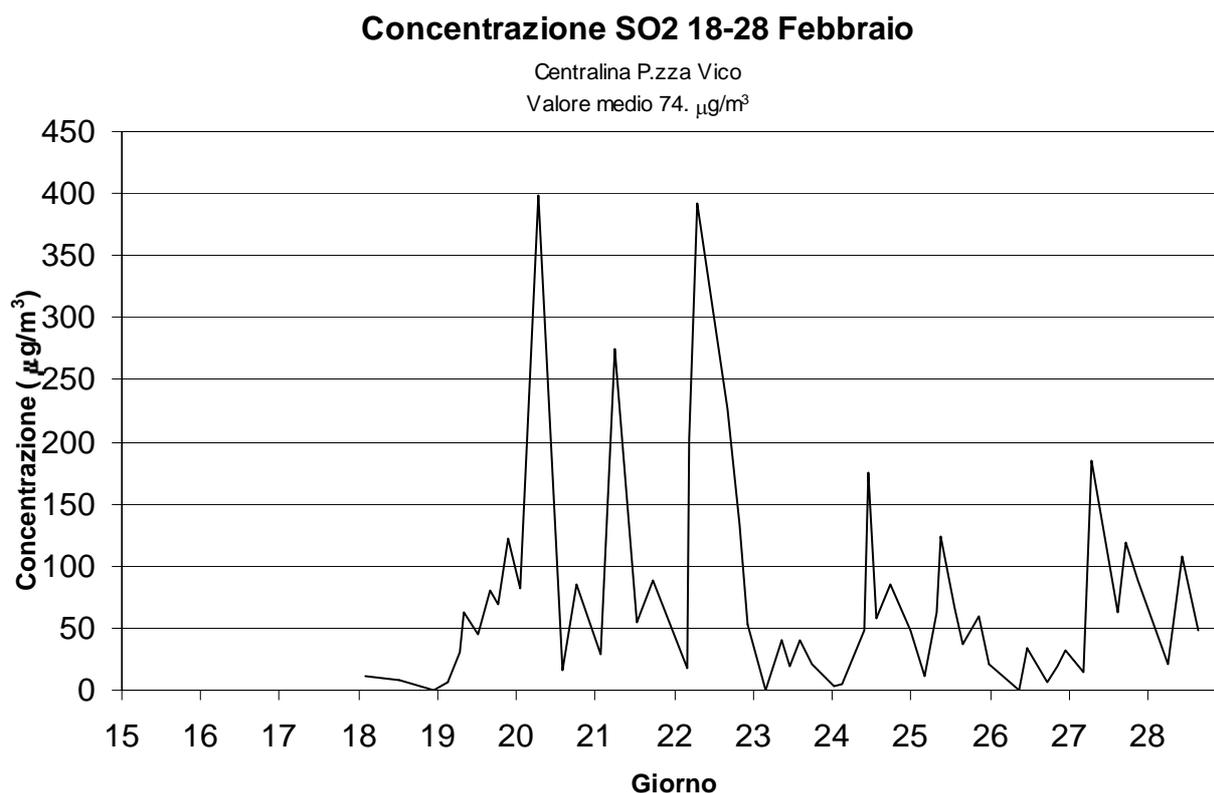


Figura 10(e). Concentrazione giornaliera SO₂ misurata dalla centralina di P.zza Vico (periodo 18-28 Febbraio).

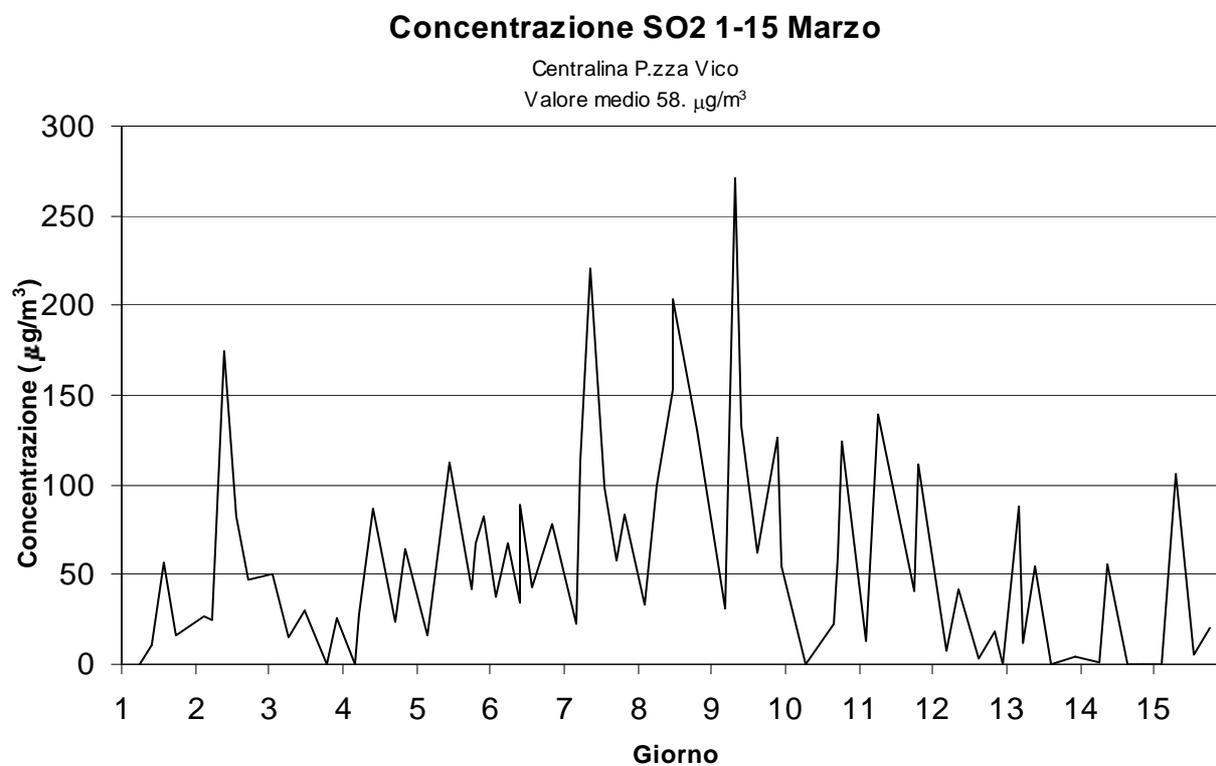


Figura 10(f). Concentrazione giornaliera SO₂ misurata dalla centralina di P.zza Vico (periodo 1-15 Marzo).

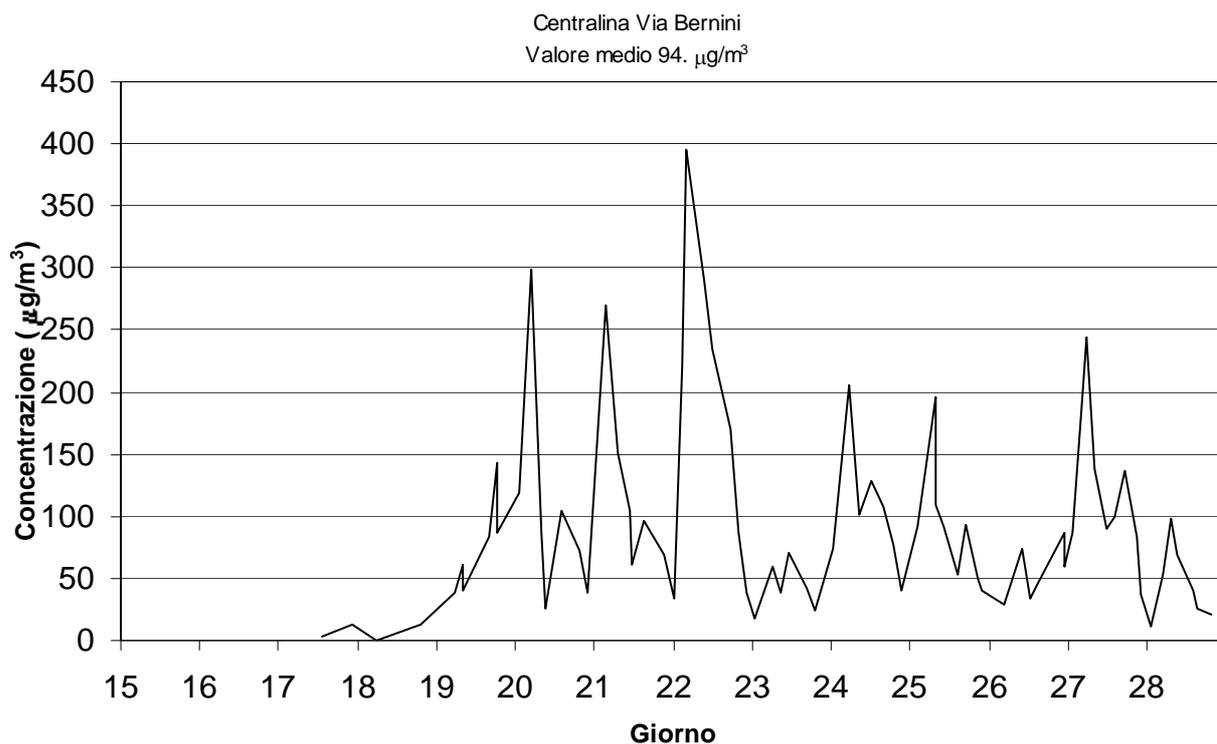
Concentrazione SO2 17-28 Febbraio

Figura 10(g). Concentrazione giornaliera SO₂ misurata dalla centralina di Via Bernini (periodo 17-28 Febbraio).

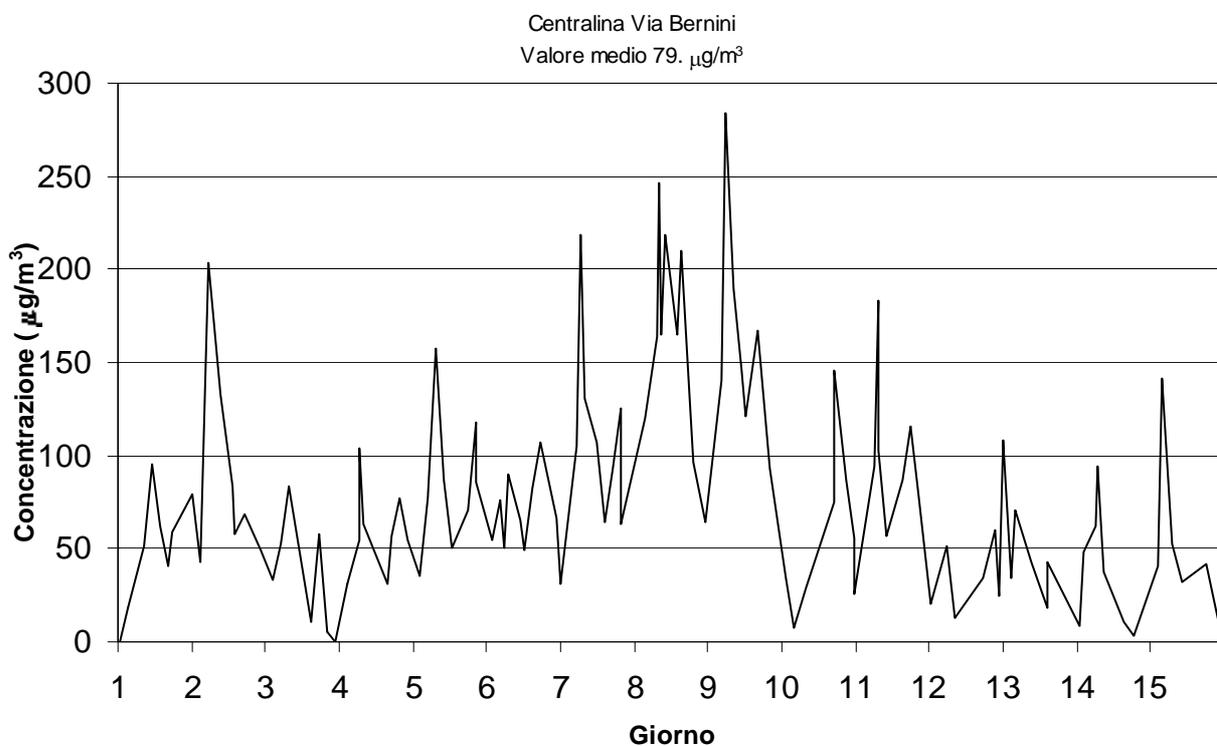
Concentrazione SO2 1-15 Marzo

Figura 10(h). Concentrazione giornaliera SO₂ misurata dalla centralina di Via Bernini (periodo 1-15 Marzo).

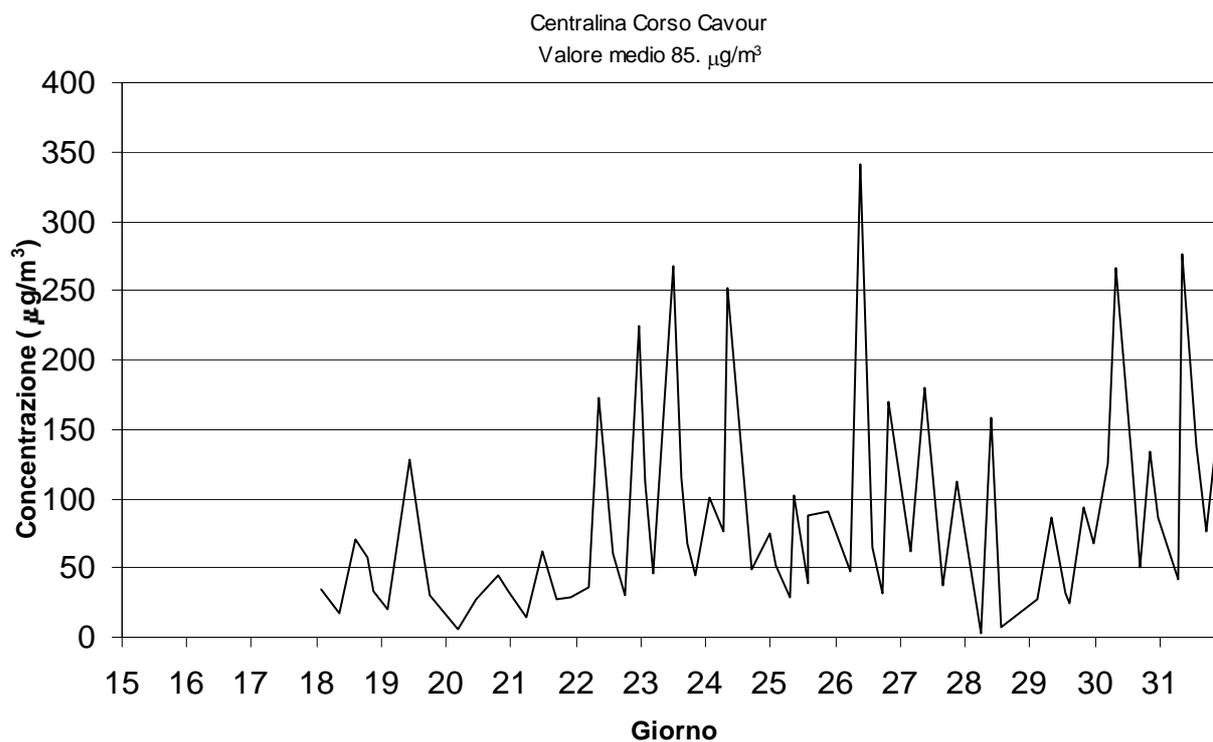
Concentrazione SO₂ - 18-31 Gennaio

Figura 10(i). Concentrazione giornaliera SO₂ misurata dalla centralina di Corso Cavour (periodo 18-31 Gennaio).

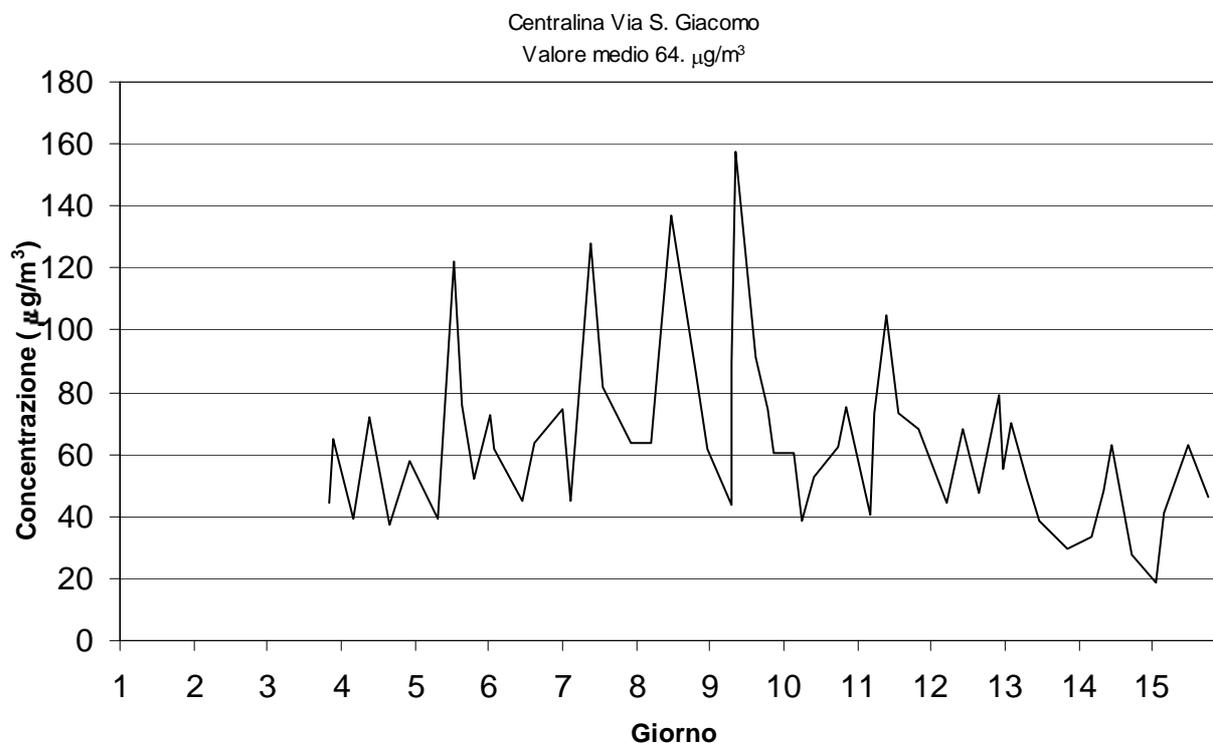
Concentrazione SO₂ 3-15 Marzo

Figura 10(l). Concentrazione giornaliera SO₂ misurata dalla centralina di Via S. Giacomo (periodo 3-15 Marzo).

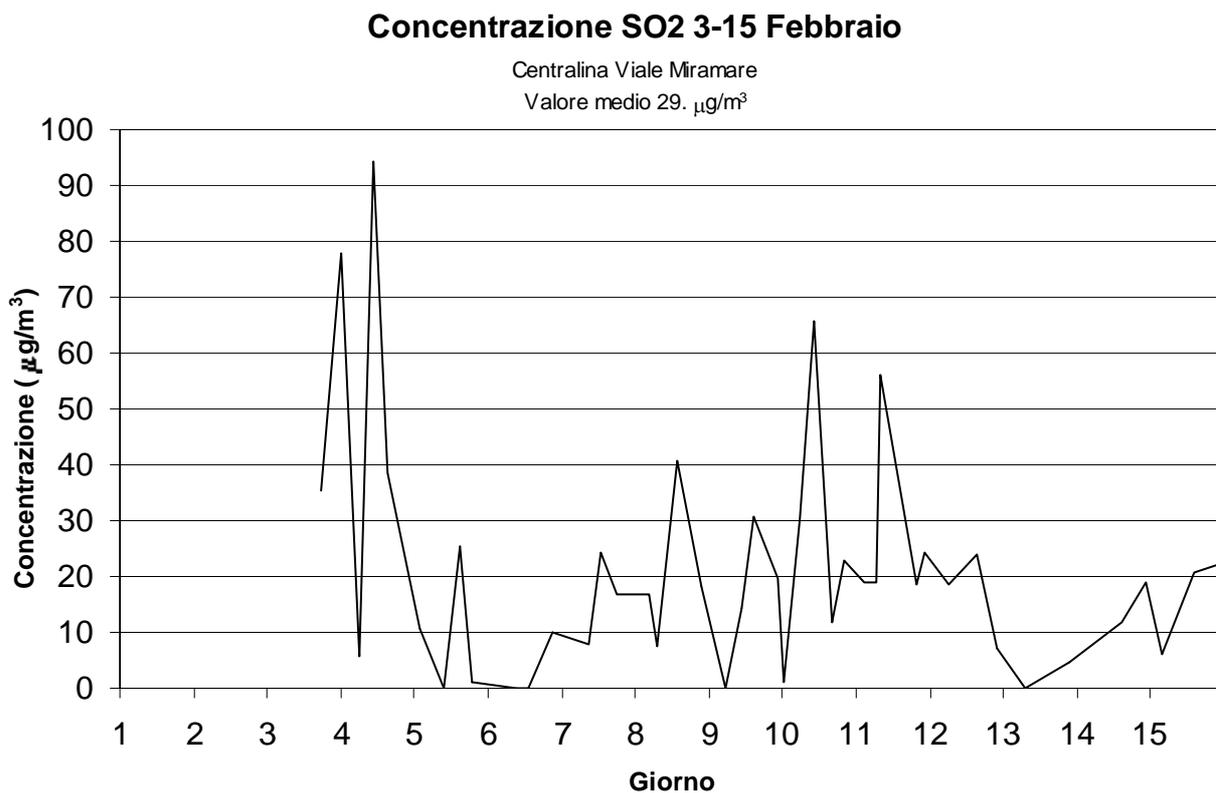


Figura 10(m). Concentrazione giornaliera SO₂ misurata dalla centralina di Viale Miramare (periodo 3-15 Febbraio).

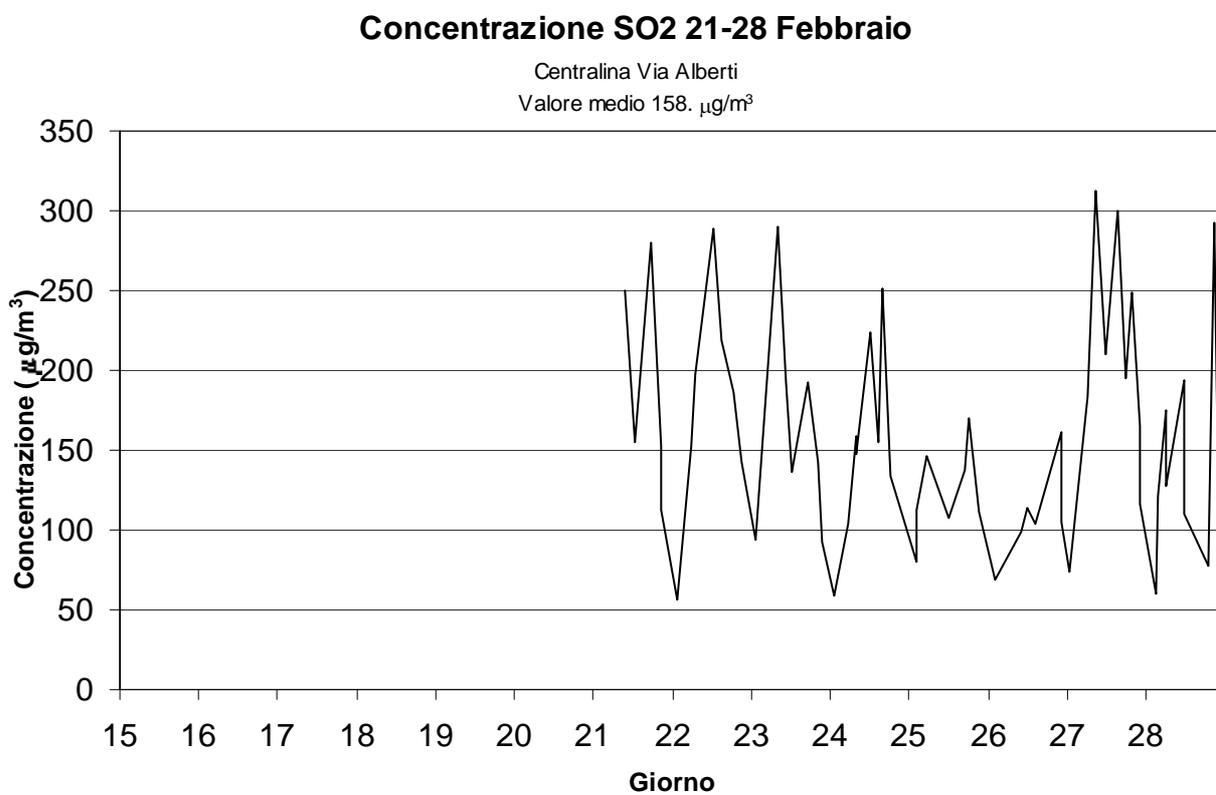


Figura 10(n). Concentrazione giornaliera SO₂ misurata dalla centralina di Via Alberti (periodo 21-28 Febbraio).

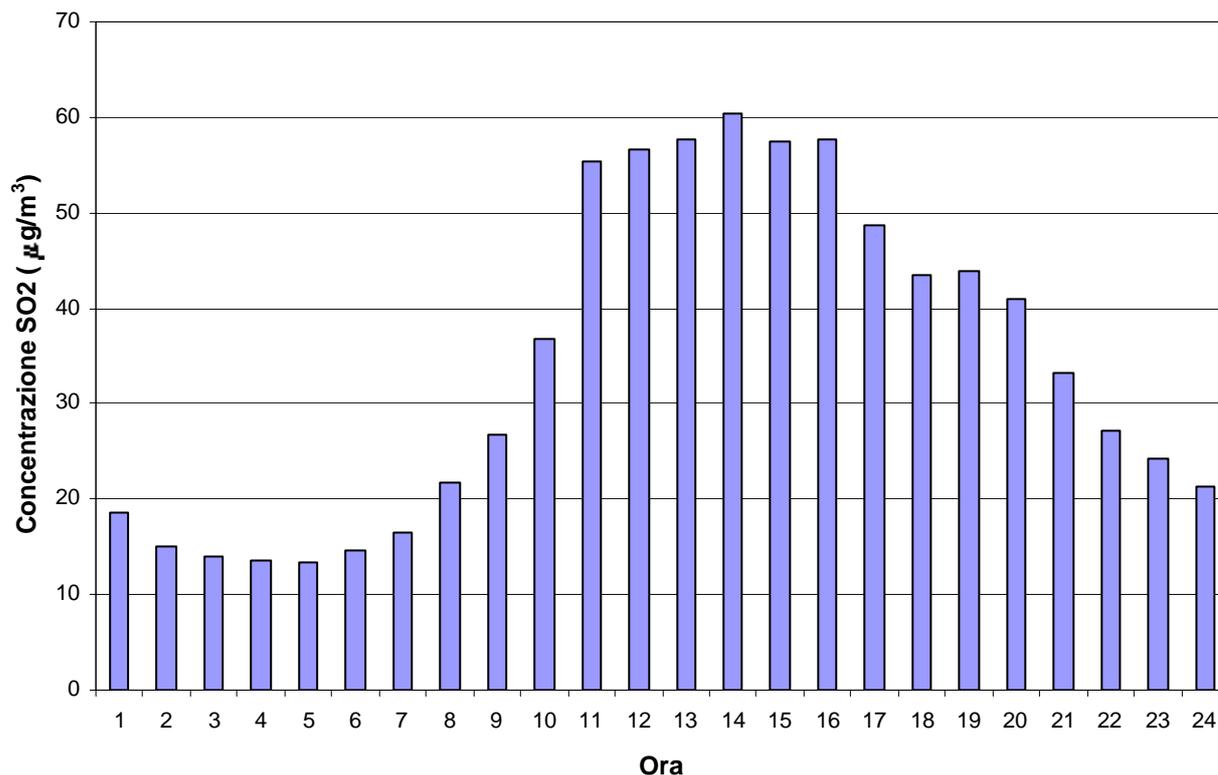


Figura 11. Concentrazione media oraria di SO2 in funzione dell'ora del giorno (Via del Carpineto, 1998)

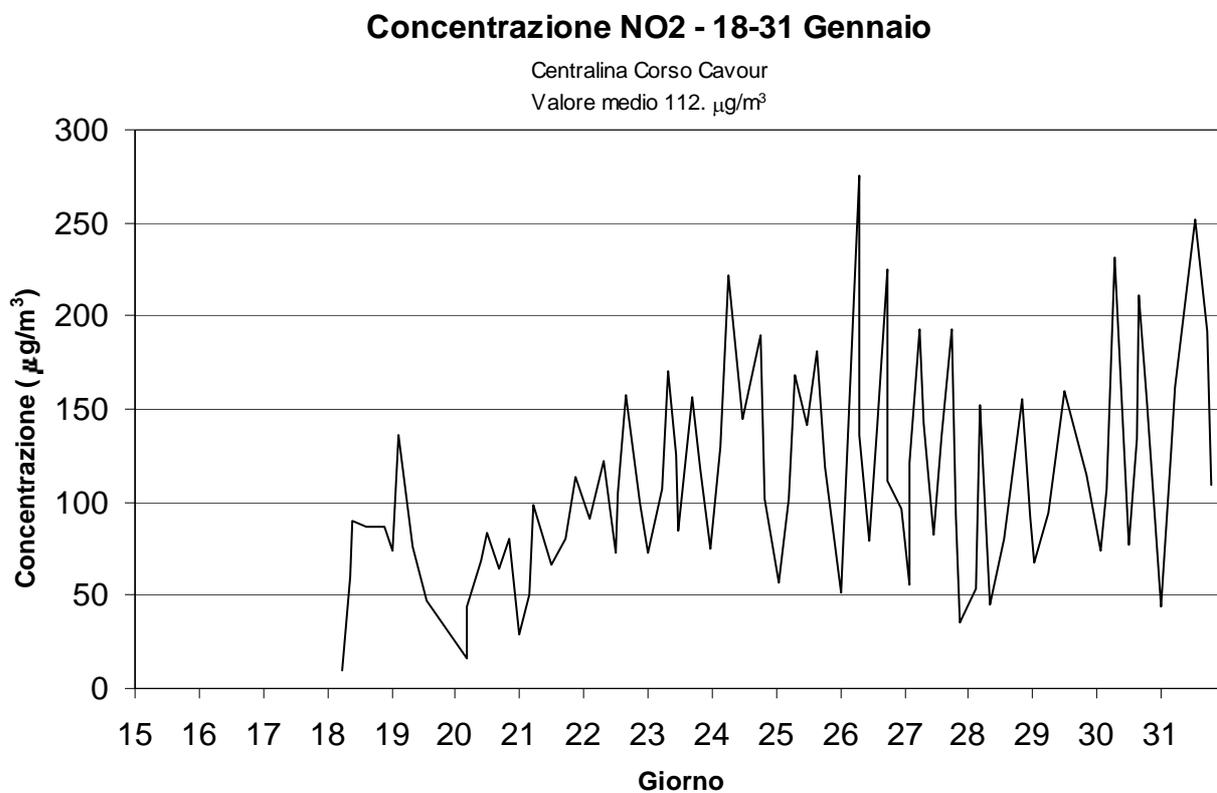


Figura 12(a). Concentrazione giornaliera NO2 misurata dalla centralina di Corso Cavour (periodo 18-31 Gennaio).

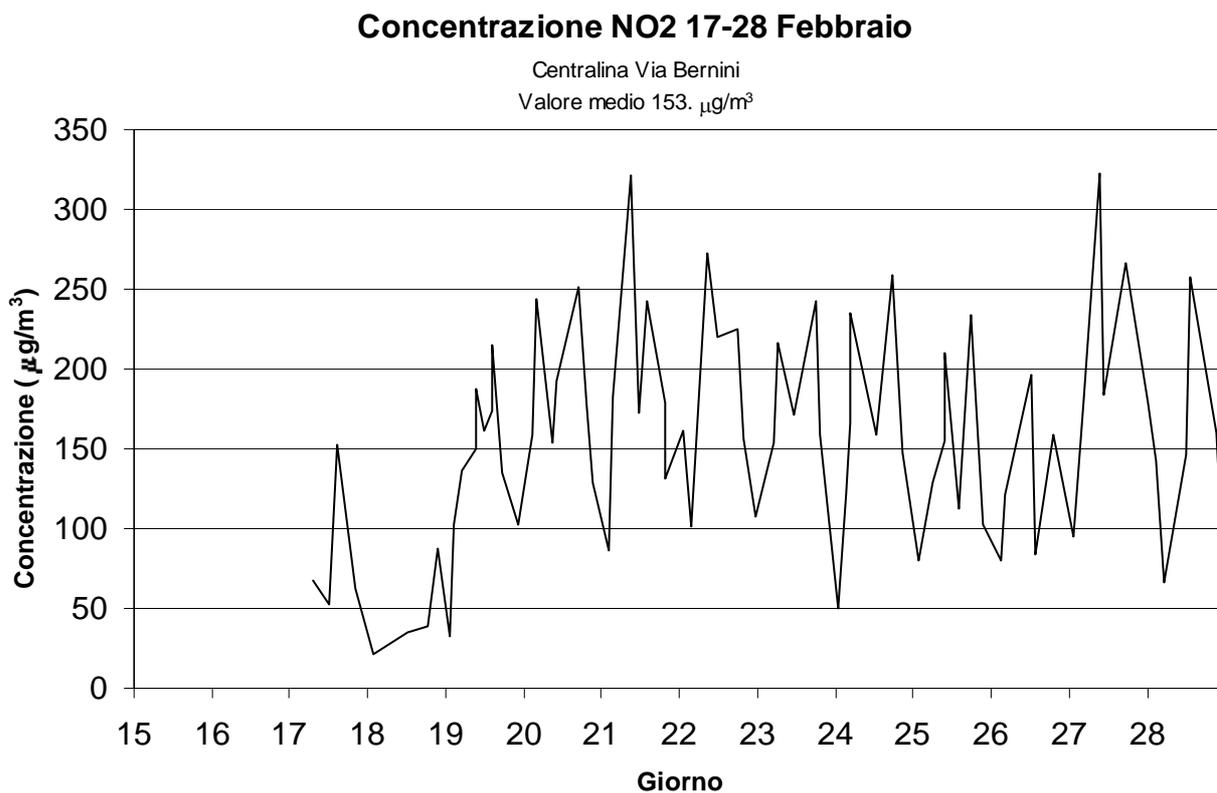


Figura 12(b). Concentrazione giornaliera NO₂ misurata dalla centralina di Via Bernini (periodo 17-28 Febbraio).

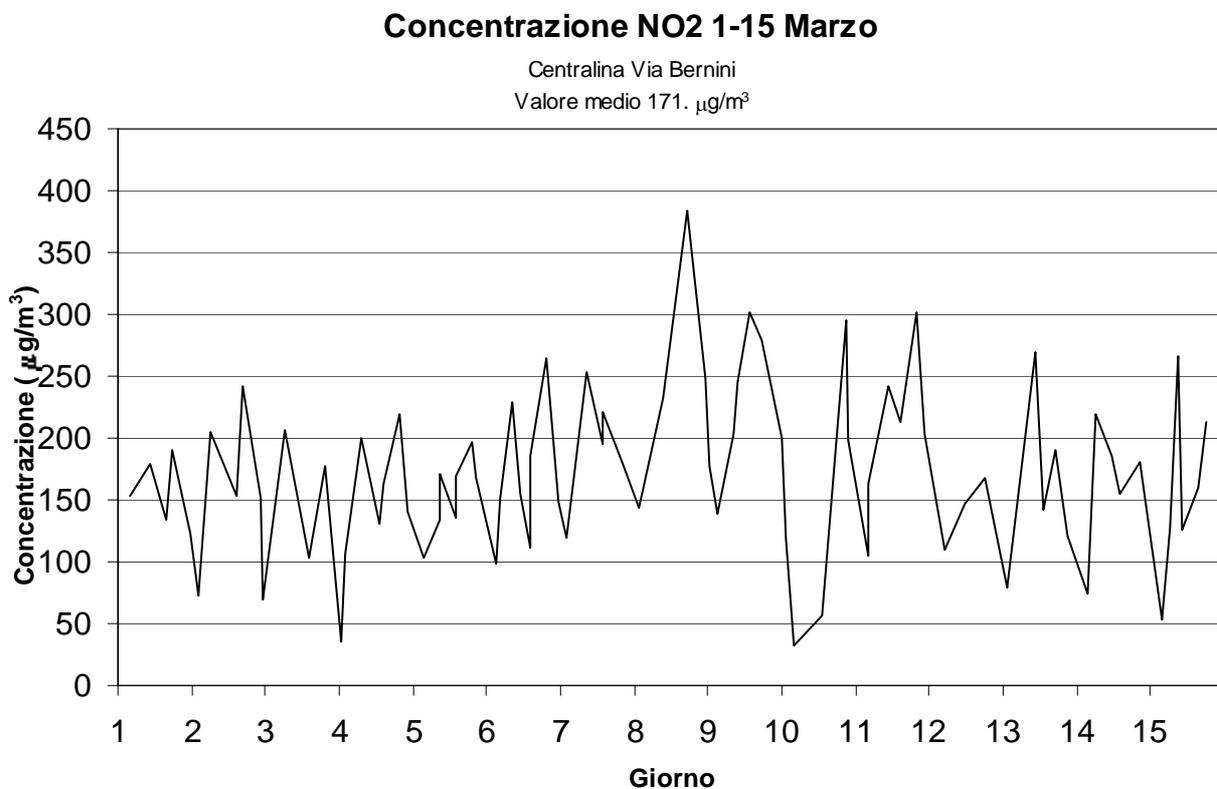


Figura 12(c). Concentrazione giornaliera NO₂ misurata dalla centralina di Via Bernini (periodo 1-15 Marzo).

Concentrazione NO2 - 18-31 Gennaio

Centralina P.zza Libertà

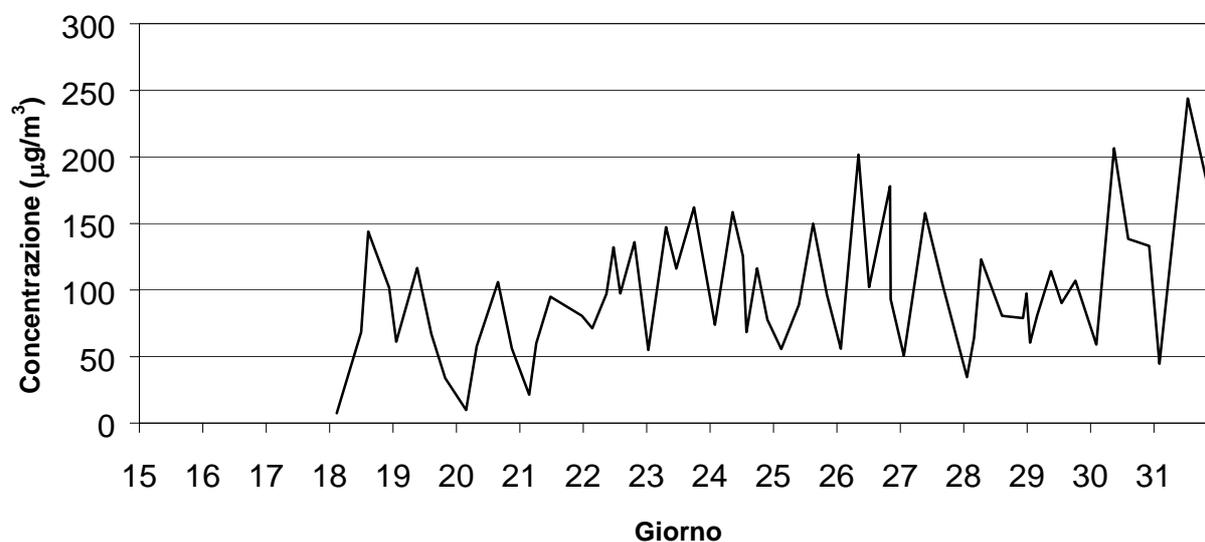
Valore medio 98. $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 

Figura 12(d). Concentrazione giornaliera NO2 misurata dalla centralina di P.zza Libertà (periodo 18-31 Gennaio).

Concentrazione NO2 2-15 Febbraio

Centralina P.zza Libertà

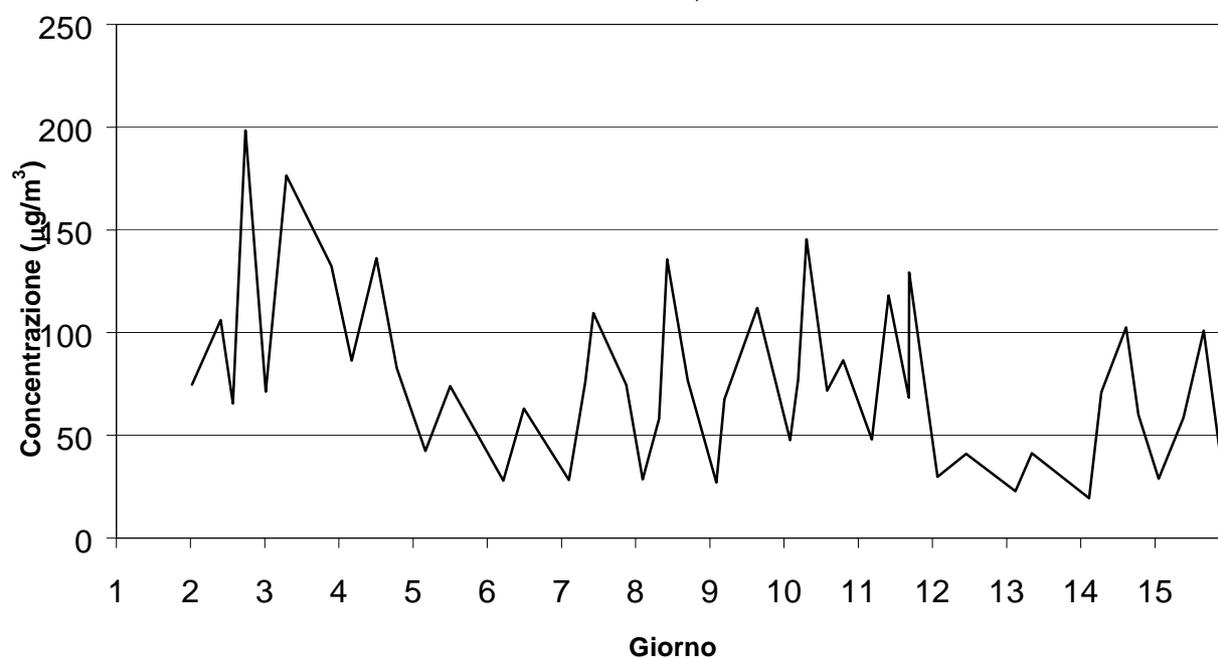
Valore medio 86. $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 

Figura 12(e). Concentrazione giornaliera NO2 misurata dalla centralina di P.zza Libertà (periodo 2-15 Febbraio).

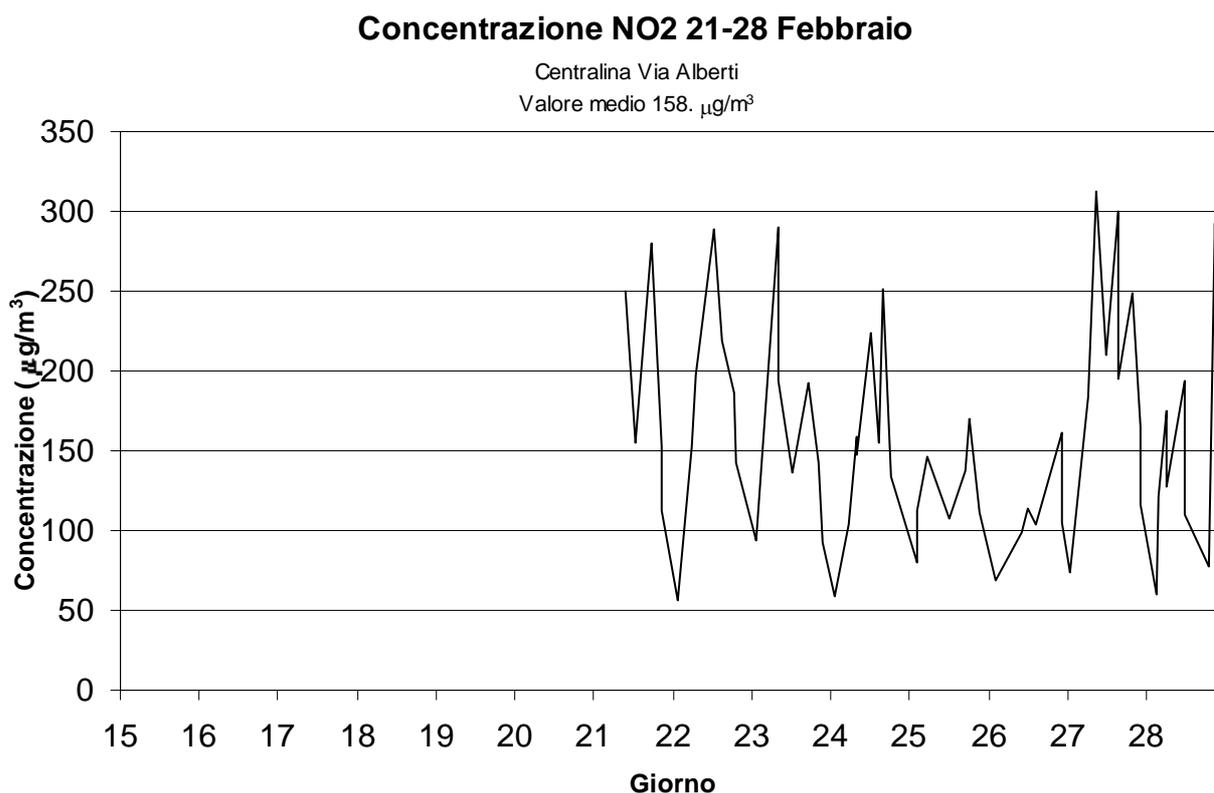


Figura 12(f). Concentrazione giornaliera NO₂ misurata dalla centralina di Via Alberti (periodo 21-28 Febbraio).

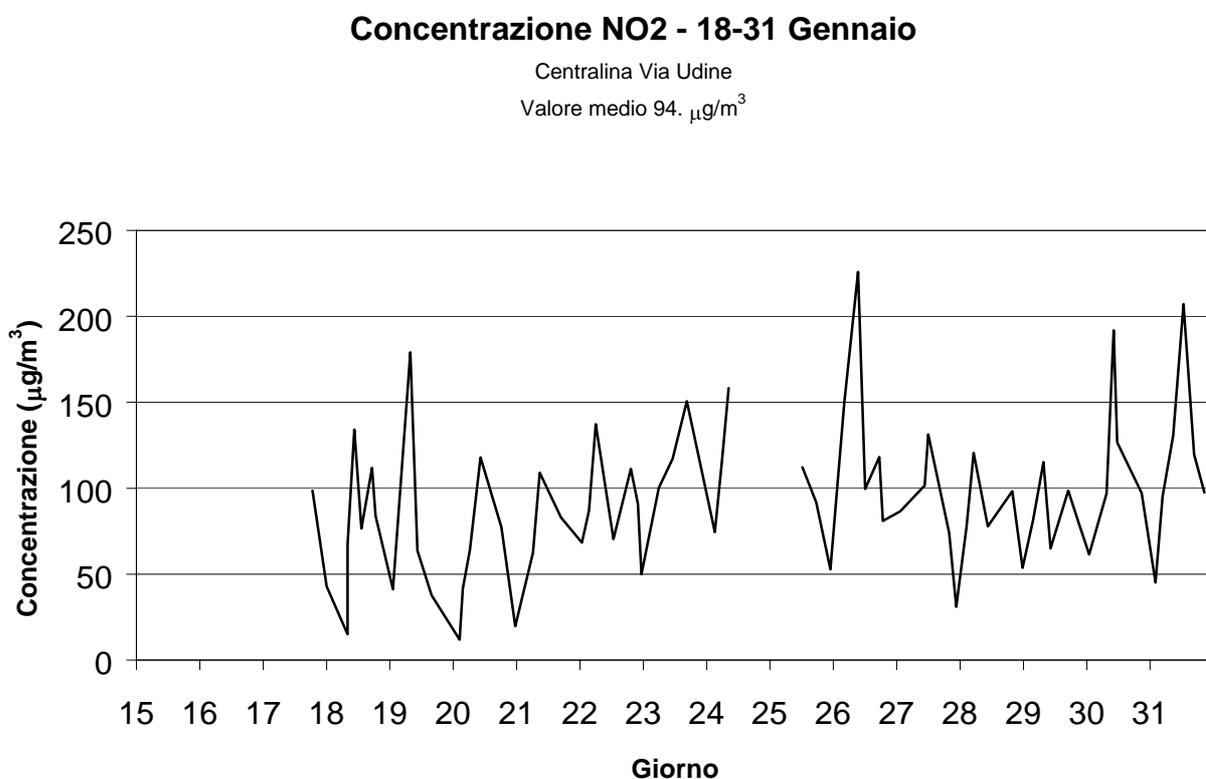


Figura 12(g). Concentrazione giornaliera NO₂ misurata dalla centralina di Via Udine (periodo 18-31 Gennaio).

Concentrazione NO2 1-15 Marzo**Concentrazione NO2 1-15 Febbraio**

Centralina Via Udine
Valore medio 68. $\mu\text{g}/\text{m}^3$

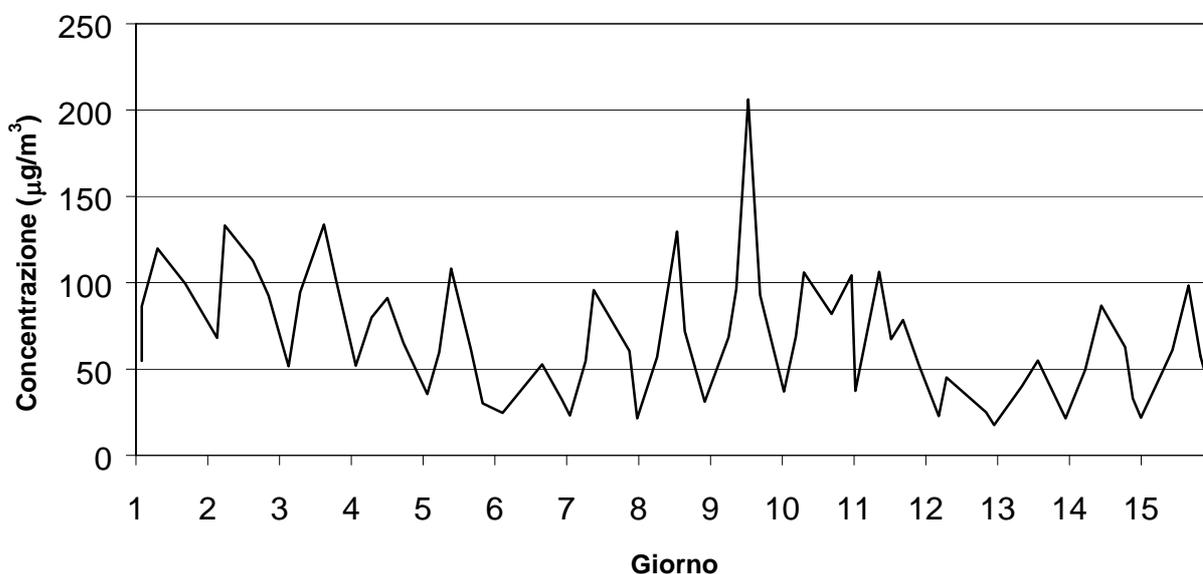


Figura 12(h). Concentrazione giornaliera NO2 misurata dalla centralina di Via Udine (periodo 1-15 Febbraio).

Concentrazione NO2 3-15 Marzo

Centralina Via S. Giacomo
Valore medio 127. $\mu\text{g}/\text{m}^3$

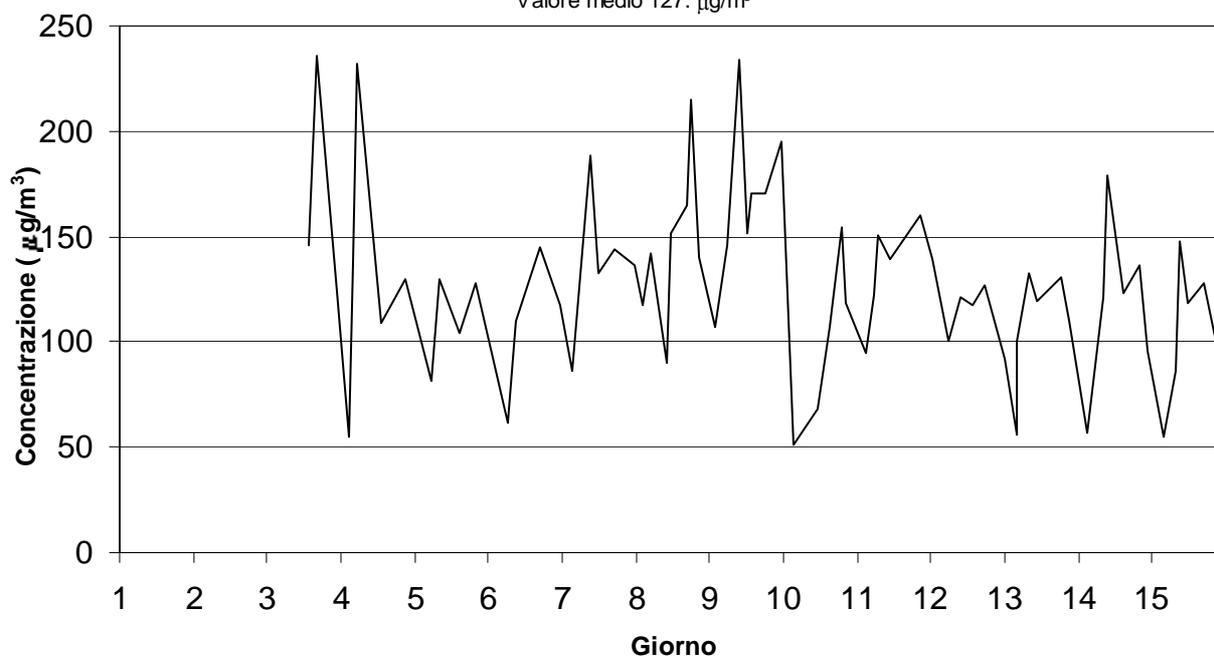


Figura 12(i). Concentrazione giornaliera NO2 misurata dalla centralina di Via S. Giacomo (periodo 3-15 Marzo).

Concentrazione NO2 3-15 Febbraio

Centralina Viale Miramare

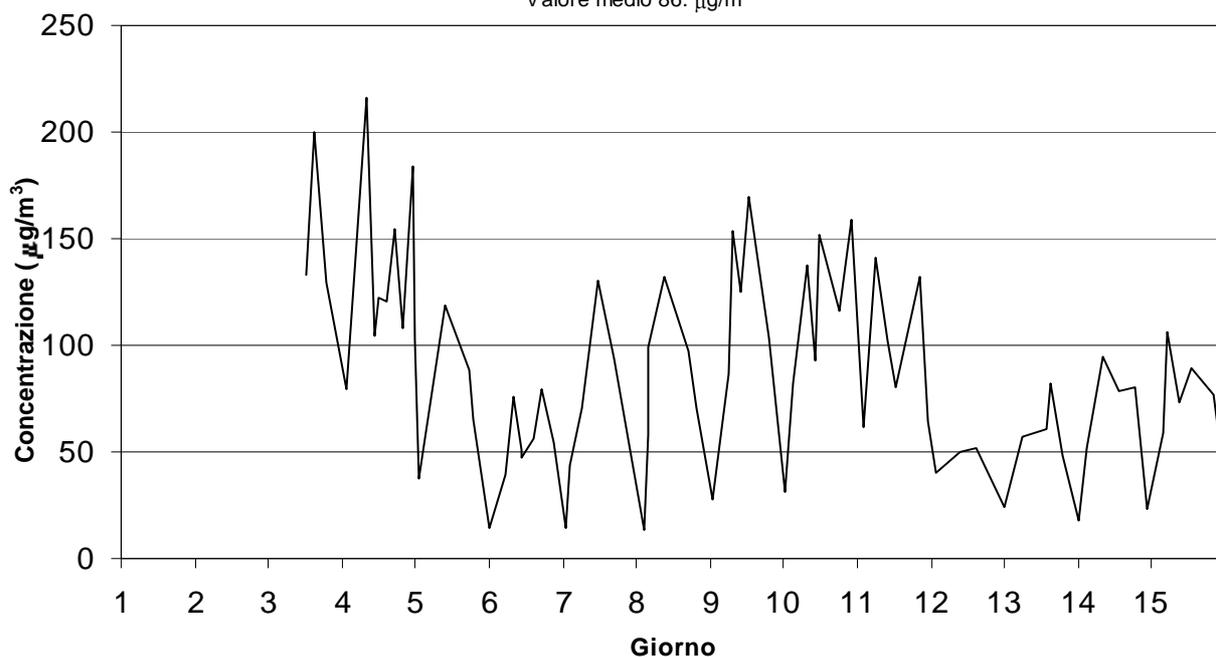
Valore medio 86. $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 

Figura 12(l). Concentrazione giornaliera NO2 misurata dalla centralina di Viale Miramare (periodo 3-15 Febbraio).

Concentrazione NO2 18-28 Febbraio

Centralina P.zza Vico

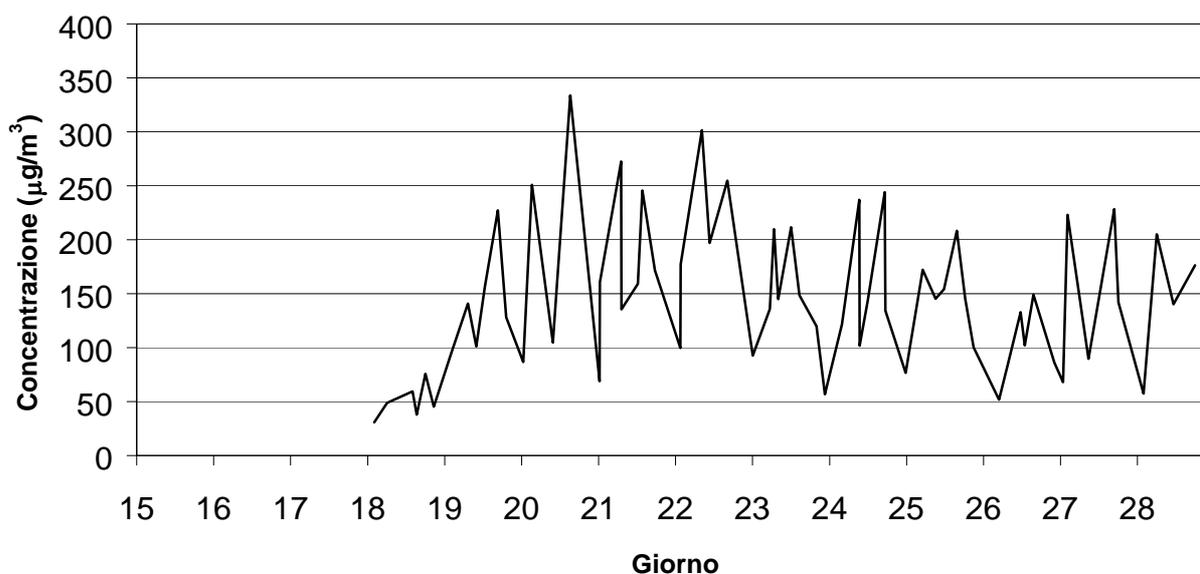
Valore medio 144. $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 

Figura 12(m). Concentrazione giornaliera NO2 misurata dalla centralina di P.zza Vico (periodo 18-28 Febbraio).

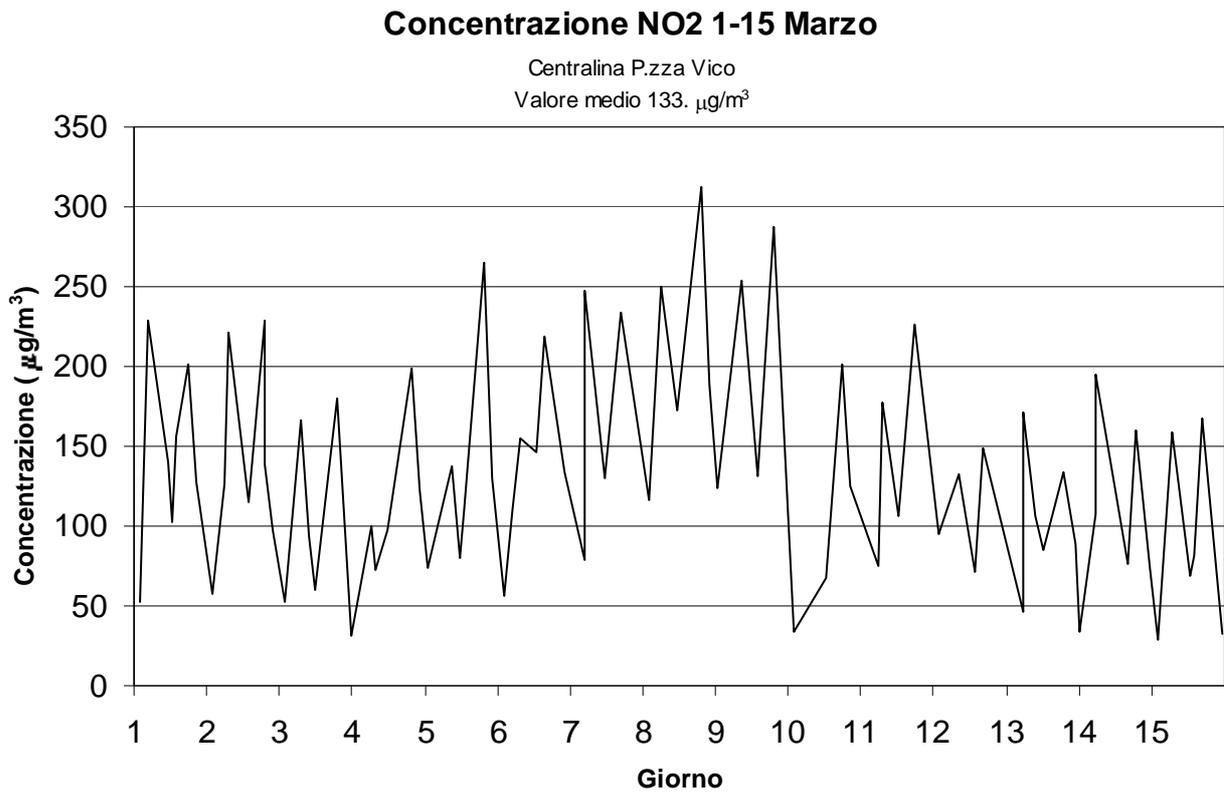


Figura 12(n). Concentrazione giornaliera NO₂ misurata dalla centralina di P.zza Vico (periodo 1-15 Marzo).

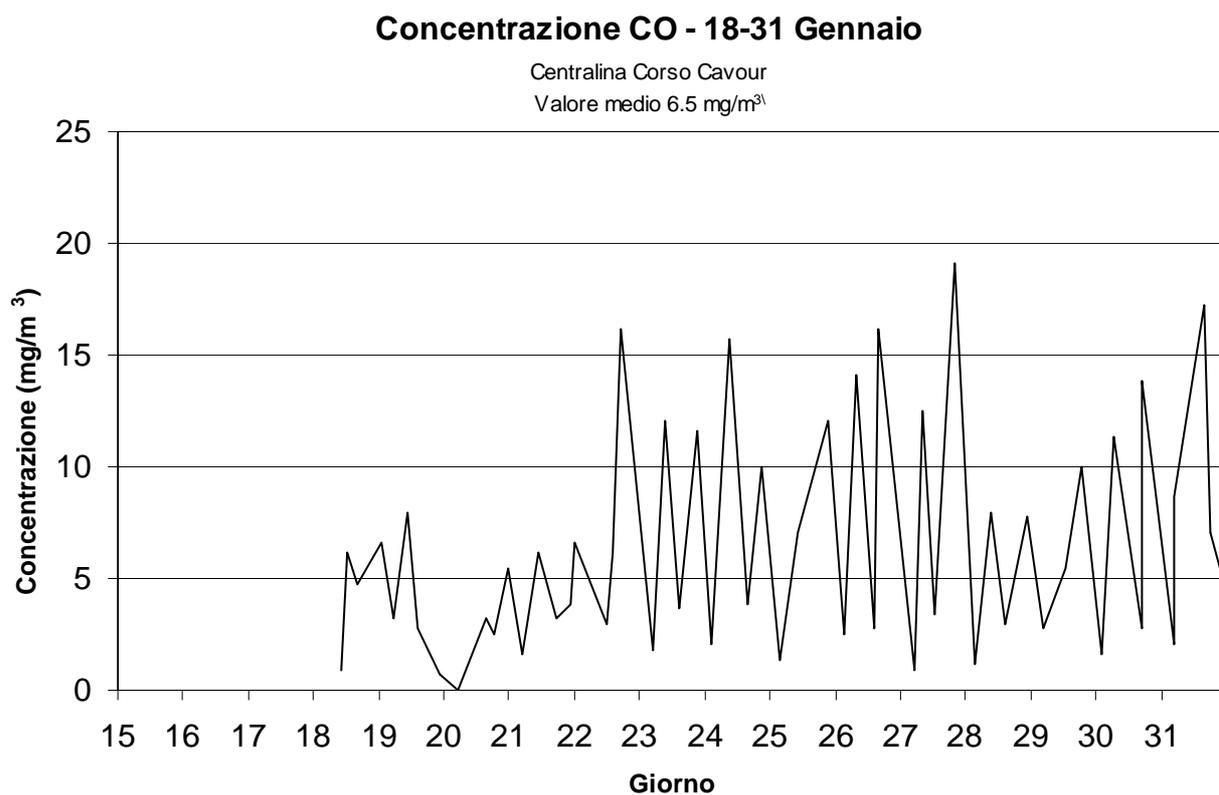


Figura 13(a). Concentrazione giornaliera CO misurata dalla centralina di Corso Cavour (periodo 18-31 Gennaio).

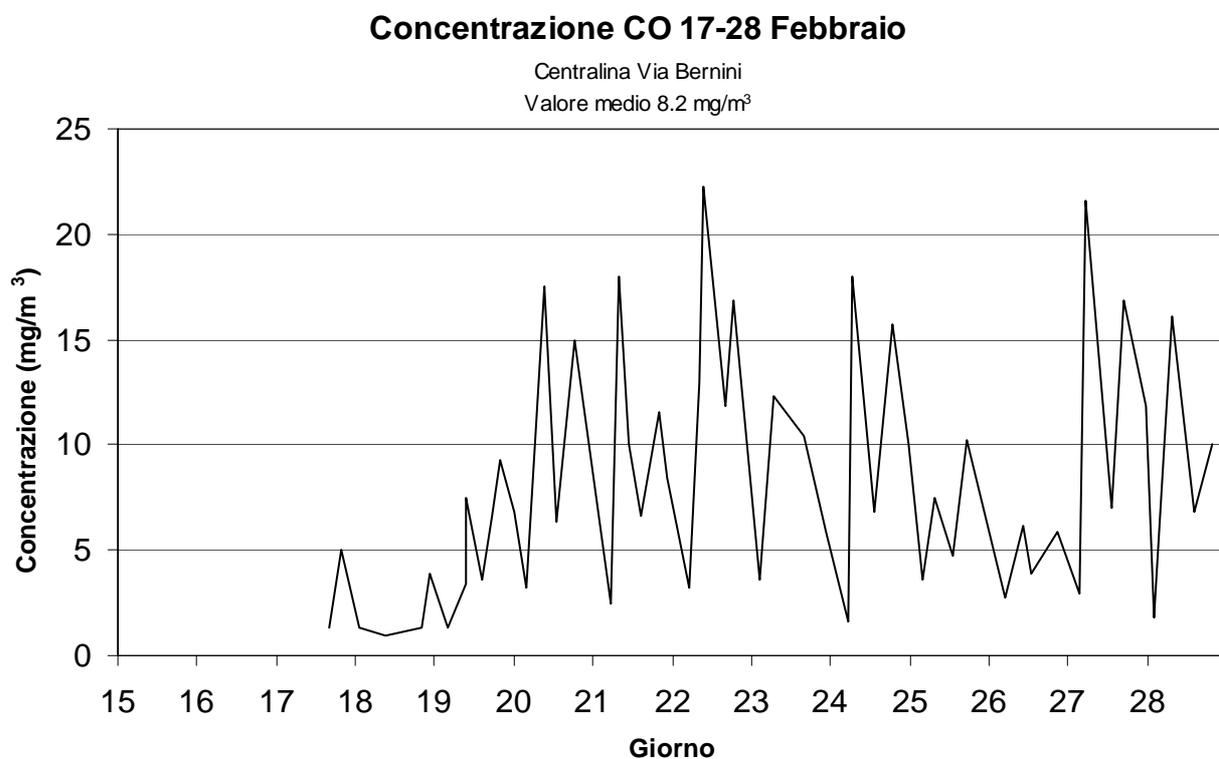


Figura 13(b). Concentrazione giornaliera CO misurata dalla centralina di Via Bernini (periodo 17-28 Febbraio).

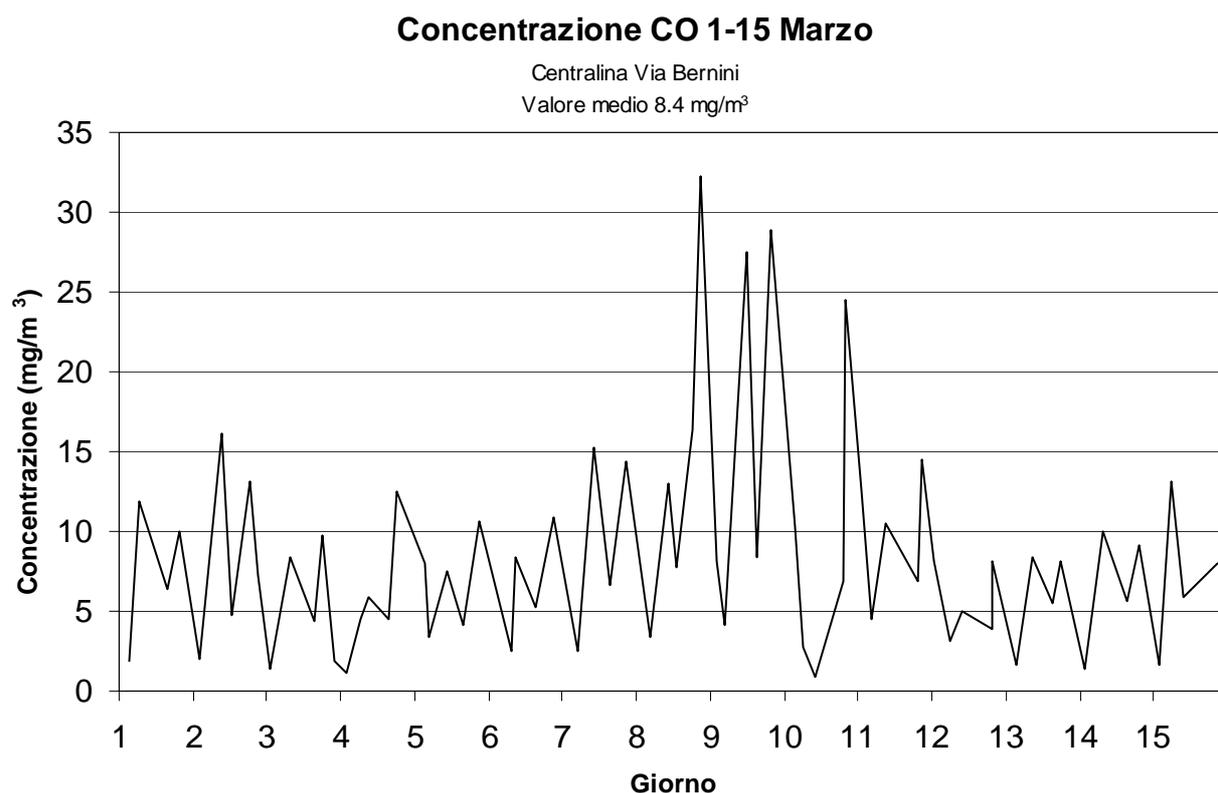


Figura 13(c). Concentrazione giornaliera CO misurata dalla centralina di Via Bernini (periodo 1-15 Marzo).

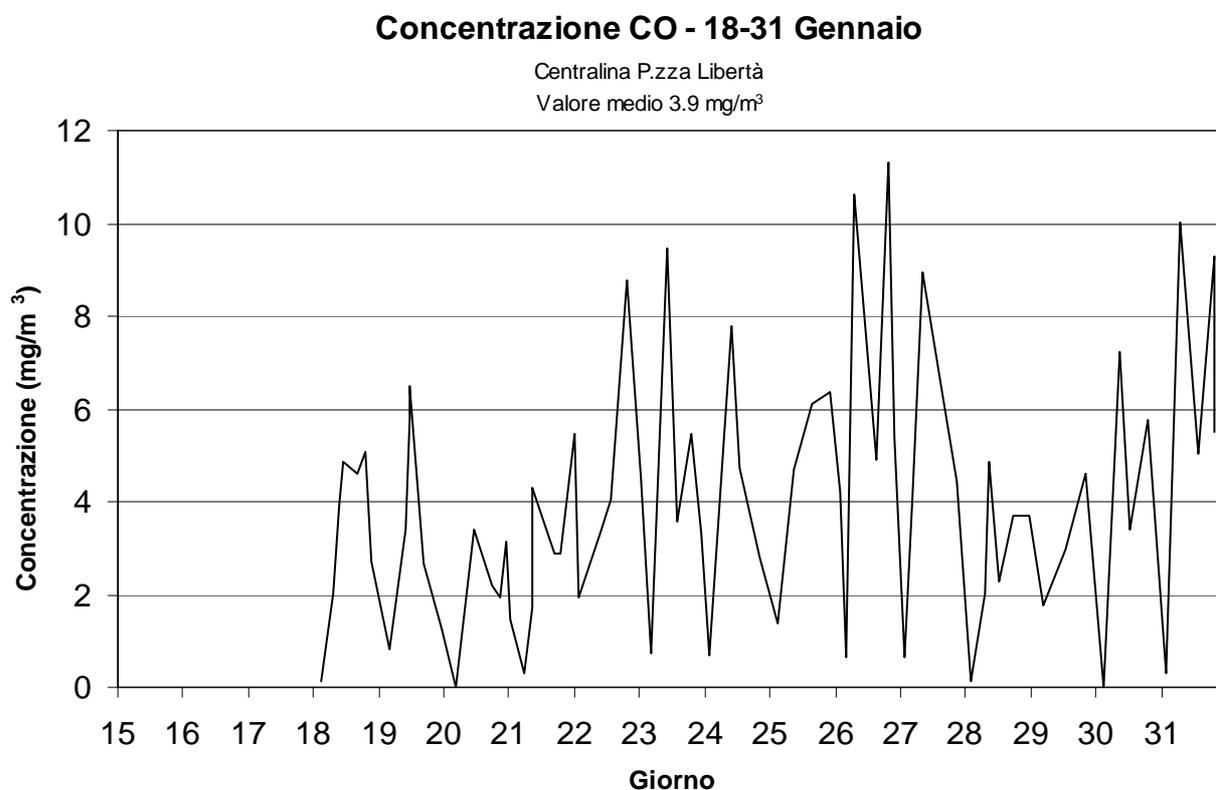


Figura 13(d). Concentrazione giornaliera CO misurata dalla centralina di P.zza Libertà (periodo 18-31 Gennaio).

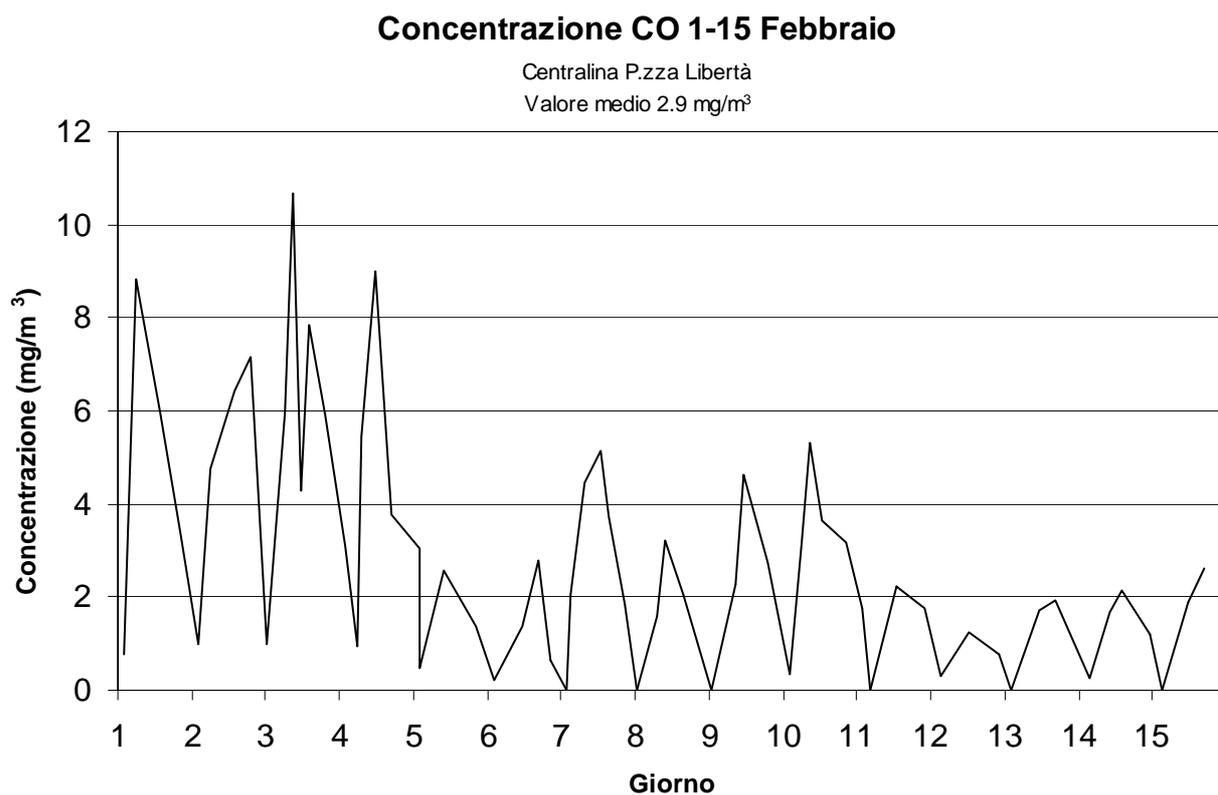


Figura 13(e). Concentrazione giornaliera CO misurata dalla centralina di P.zza Libertà (periodo 1-15 Febbraio).

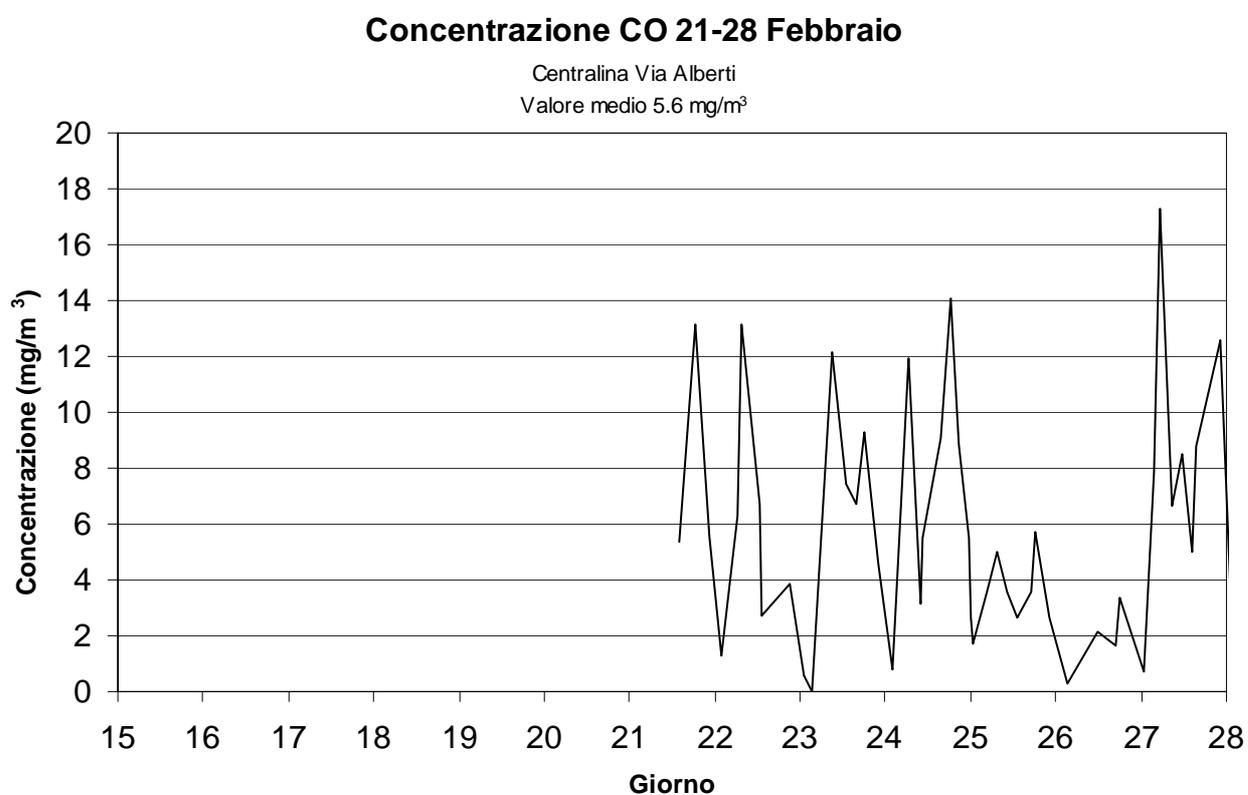


Figura 13(f). Concentrazione giornaliera CO misurata dalla centralina di Via Alberti (periodo 21-28 Febbraio).

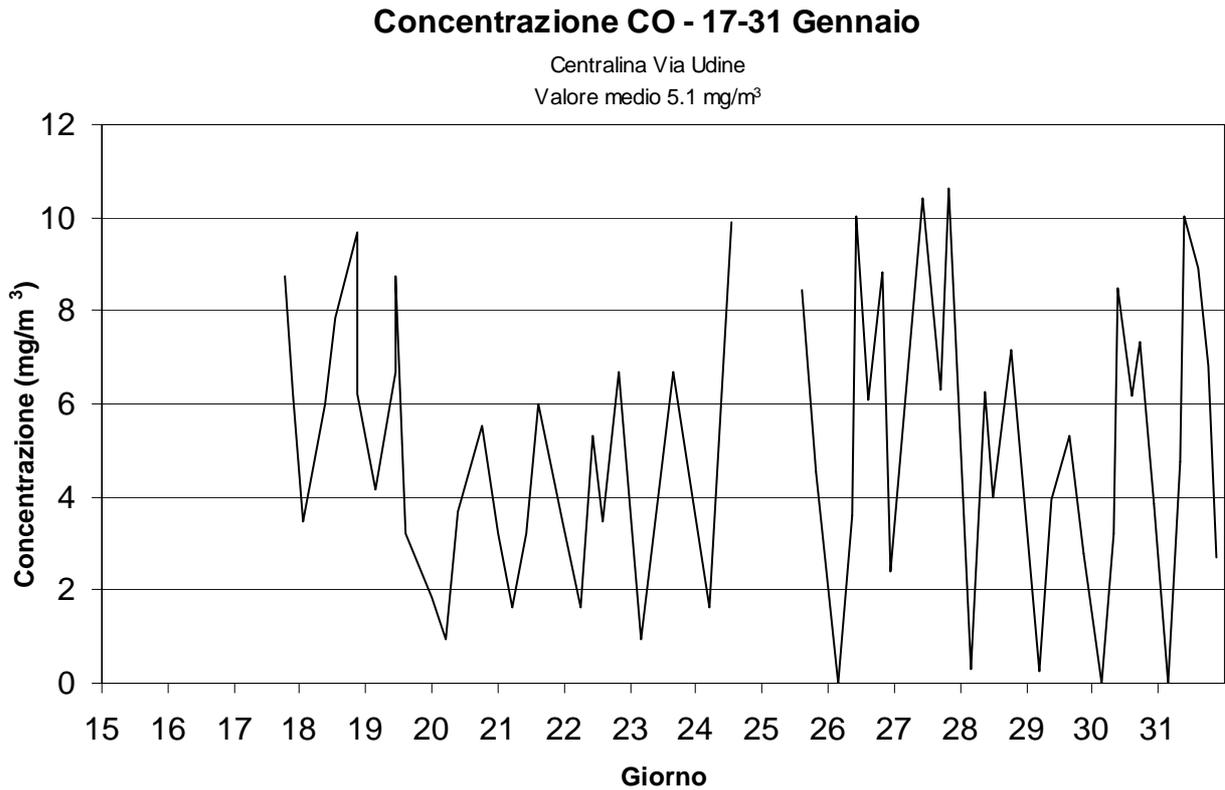


Figura 13(g). Concentrazione giornaliera CO misurata dalla centralina di Via Udine (periodo 17-31 Gennaio).

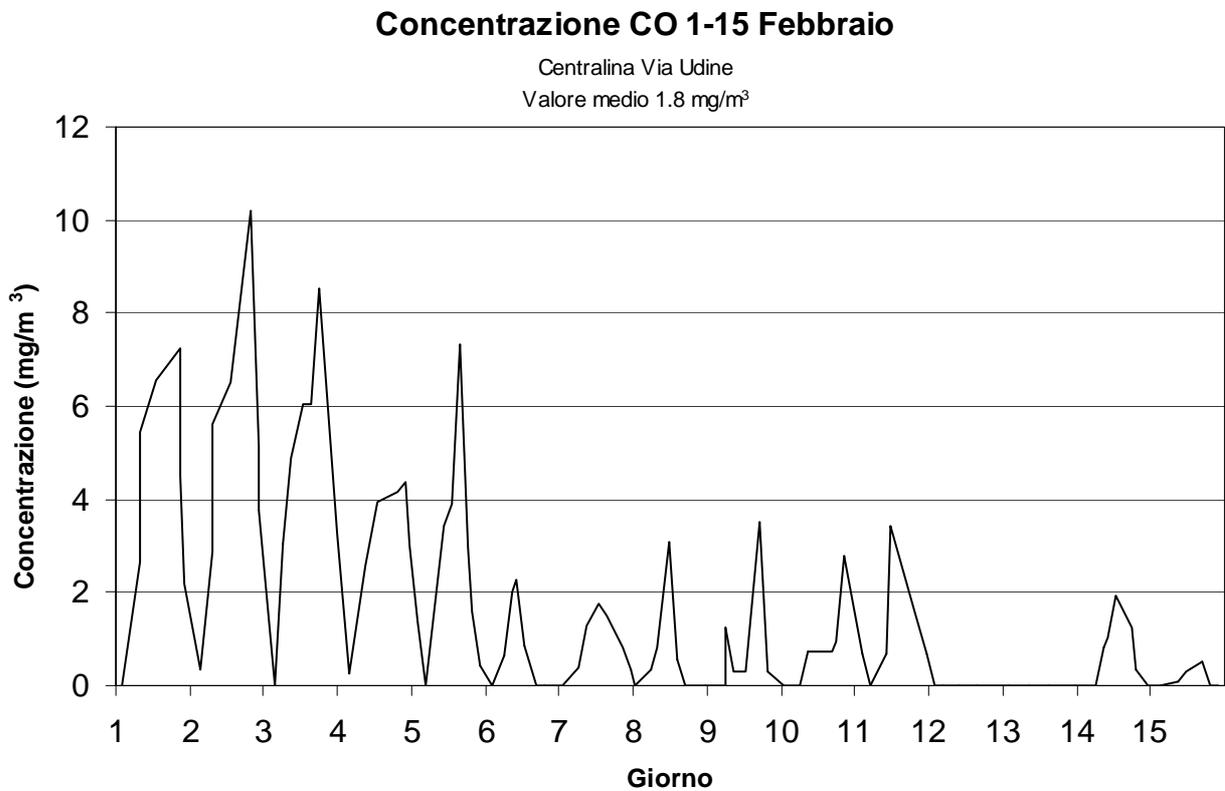


Figura 13(h). Concentrazione giornaliera CO misurata dalla centralina di Via Udine (periodo 1-15 Febbraio).

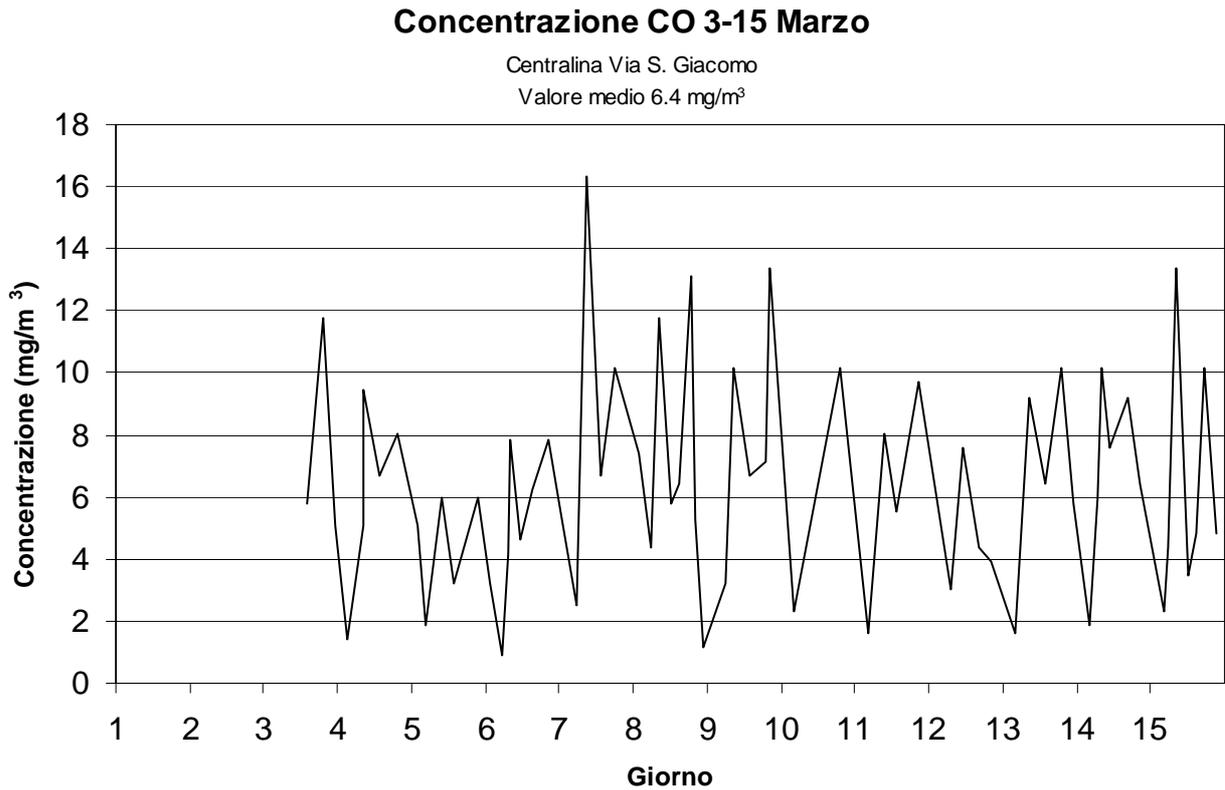


Figura 13(i). Concentrazione giornaliera CO misurata dalla centralina di Via S. Giacomo (periodo 3-15 Marzo).

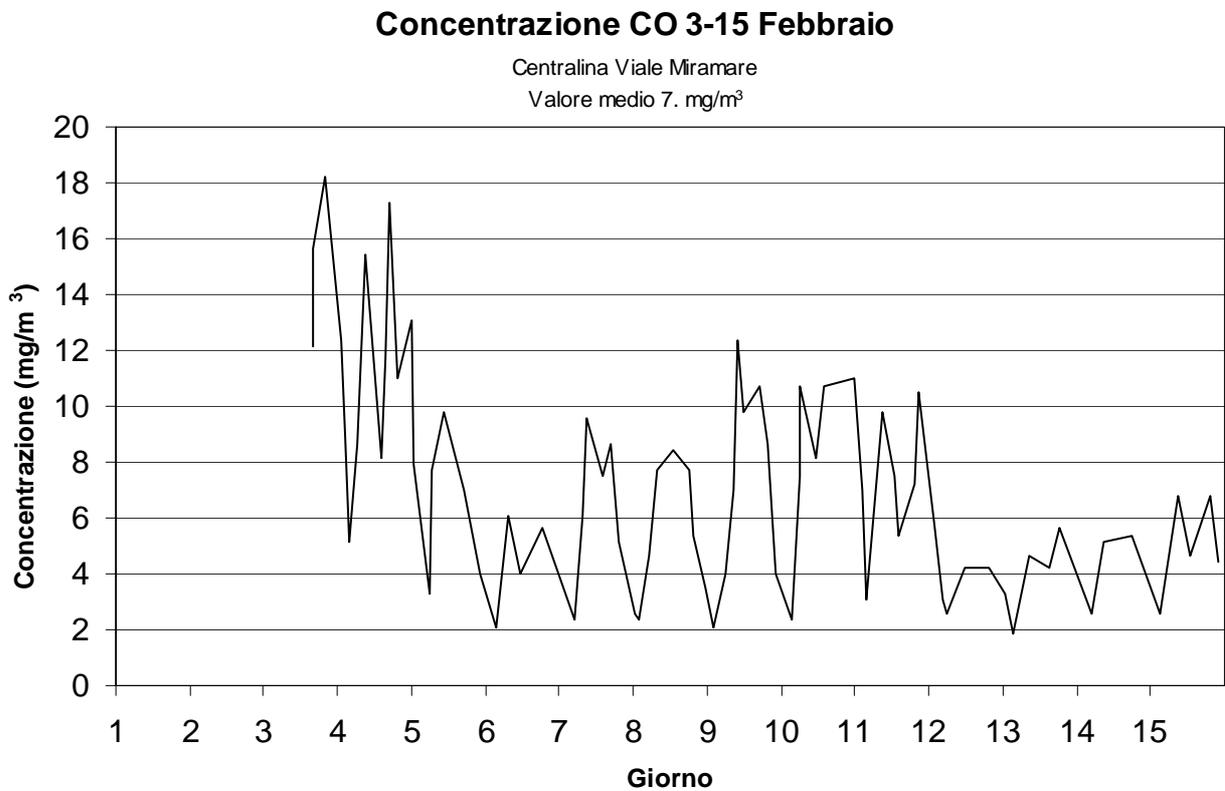


Figura 13(l). Concentrazione giornaliera CO misurata dalla centralina di Viale Miramare (periodo 3-15 Febbraio).

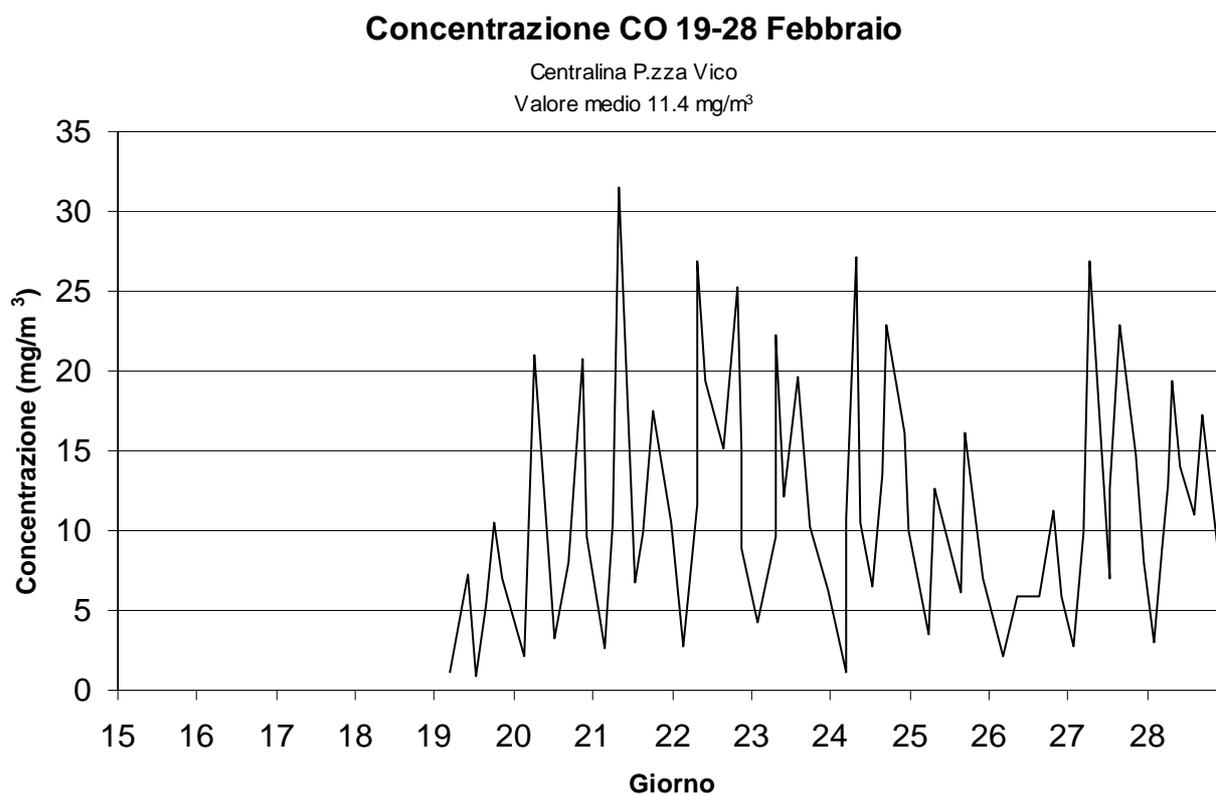


Figura 13(m). Concentrazione giornaliera CO misurata dalla centralina di P.zza Vico (periodo 19-28 Febbraio).

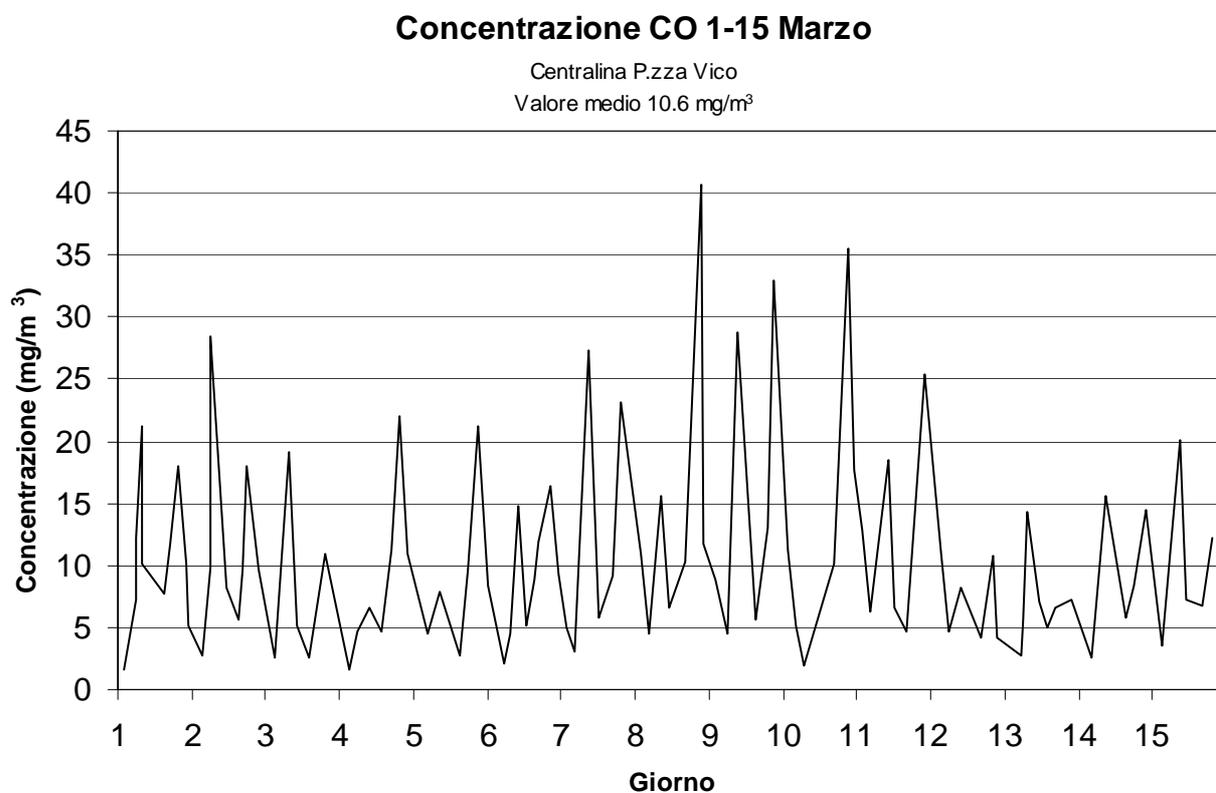


Figura 13(n). Concentrazione giornaliera CO misurata dalla centralina di P.zza Vico (periodo 1-15 Marzo).

2.3 L'inquinamento atmosferico in fase di costruzione

L'impatto sulla qualità dell'aria derivante dalle attività di costruzione della centrale consiste essenzialmente in un aumento della polverosità di natura sedimentale nelle immediate vicinanze del cantiere. Tale aumento di polverosità è dovuto soprattutto alla dispersione di particolato grossolano, causata dalle operazioni delle macchine di movimentazione della terra e dalla risospensione di polvere da piazzali e strade non pavimentati, dovuta al movimento dei mezzi di cantiere.

Come risulta dall'esperienza di cantieri simili ENEL anche di maggiori dimensioni, non sono mai sorti, né sono prevedibili particolari problemi, anche in relazione a quanto dedotto dall'osservazione della vegetazione presente nell'area circostante i cantieri stessi. La soddisfacente situazione rappresenta anche il risultato degli accorgimenti messi in atto ai fini della salvaguardia dell'ambiente di lavoro (bagnatura frequente dei tratti sterrati, limitazione della velocità dei mezzi, ecc.).

2.4 Studio della diffusione degli inquinanti

2.4.1 Modello utilizzato

Per lo studio della diffusione e deposizione dei principali inquinanti d'interesse emessi dalla centrale CET si è utilizzato il modello matematico Valley della United States Environmental Protection Agency (US-EPA), nelle versioni "long term" (per il calcolo delle concentrazioni medie) e "short term" (per la valutazione delle concentrazioni massime in particolari condizioni meteo, quali la fumigazione con altezze dello strato di miscelamento di 200 o 300 metri e l'inversione termica, entrambe con velocità del vento di 1 m/s). La scelta di tale modello, relativamente datato, è dovuta alla notevole esperienza acquisita nell'uso dello stesso da parte sia del Dipartimento di Costruzioni Meccaniche e Nucleari dell'Università di Pisa che della Società responsabile dell'esecuzione del presente studio. In particolare, Valley nella versione "short term" si è dimostrato in grado di localizzare e valutare abbastanza bene situazioni critiche nel caso di terreno ad orografia complessa, al contrario di codici di calcolo teoricamente molto più avanzati [2].

Peraltro le valutazioni ottenute con tale modello sono state sostanzialmente confermate per lo "short term" attraverso il calcolo dell'inquinamento da SO₂ proveniente dall'intero stabilimento "Servola SpA", rilevato dalla centralina di Via del Carpineto (Appendice 2).

Il modello è sostanzialmente di tipo gaussiano, con parametri di dispersione di Pasquill - Gifford e modellistica di valutazione dell'innalzamento del pennacchio con le funzioni di Briggs [3].

2.4.2 Dati di input per il modello matematico

I dati meteorologici necessari all'esecuzione delle simulazioni comprendono:

- direzione del vento
- velocità del vento
- classi di stabilità
- temperatura dell'ambiente
- altezza dello strato di miscelamento
- gradiente termico verticale
- esponente del profilo verticale del vento.

L'analisi della situazione relativamente a tali dati è riportata nel precedente paragrafo 2.1 e, in dettaglio, nell'Appendice 1.

Le Figg. 14 - 19 presentano le rose dei venti utilizzate in input ai modelli, suddivise per classi di stabilità atmosferica.

Come quadro emissivo si è considerata la situazione con centrale in assetto di marcia nominale e concentrazioni degli inquinanti al camino assunte pari ai valori limite che si prevede di rispettare in relazione alle tecnologie adottate per prevenire l'inquinamento atmosferico.

Nella seguente Tabella 7 è riportata la sintesi dei parametri assunti nell'analisi condotta.

| | |
|---|----------------------|
| Potenza termica entrante | 387 MWt circa |
| Portata fumi | 1.460.000 Nmc/h |
| Temperatura fumi | 125 °C |
| Altezza camino | 60 m |
| Diametro camino | 5 m |
| Concentrazioni e portate massiche di inquinanti nei fumi: | |
| NO _x | 70 mg/Nmc → 28,4 g/s |
| CO | 30 mg/Nmc → 12,2 g/s |
| SO ₂ | 50 mg/Nmc → 20,3 g/s |
| Particelle | 6 mg/Nmc → 2,43 g/s |

Tabella 7. Sintesi dei parametri di funzionamento della CET assunti nell'analisi della dispersione.

Il calcolo delle concentrazioni al suolo è stato condotto per l'anidride solforosa (SO₂), gli ossidi di azoto (NO_x), l'ossido di carbonio (CO) e le particelle sospese (PTS). Peraltro poichè i modelli utilizzati trascurano le reazioni chimiche che potrebbero subire gli inquinanti in atmosfera,

le concentrazioni dei vari inquinanti risultano proporzionali le une e le altre, in base agli analoghi rapporti caratteristici delle emissioni.

Nell'analisi dei risultati, tutti gli ossidi di azoto emessi sono considerati come NO₂. Tale ipotesi è cautelativa, dato che in realtà meno del 10% delle emissioni di NO_x è in forma di NO₂; l'ipotesi assume in buona sostanza una cinetica chimica rapida e nessuna limitazione (per penuria di O₃) alla trasformazione da NO ad NO₂, trascurando inoltre la fotodissociazione del NO₂ nelle giornate di cielo aperto. L'assunzione è giustificata da motivi di semplicità, anche in relazione alla modesta entità delle concentrazioni al suolo. Sarebbe comunque possibile una trattazione più realistica, se necessario, secondo la modellistica classica per tali reazioni.

Pertanto, nell'ottica di una valutazione più realistica dell'impatto occorrerebbe considerare che, in relazione ai diversi assetti di marcia previsti per la CET (funzionamento a piena potenza per almeno 7776 ore/anno in ciclo combinato cogenerativo e per restanti 984 ore all'anno in ciclo semplice cogenerativo) le sorgenti di input al modello andrebbero combinate secondo lo schema di cui alla seguente tabella 8.

| | | | |
|--|------------------------------|---|----------|
| 1) Configurazione PRINCIPALE in assetto di marcia nominale per circa il 97% del tempo; | | | |
| Potenza termica | 387 MWt circa | | |
| Portata fumi | 1.460.000 Nm ³ /h | | |
| Temperatura fumi | 125 °C | | |
| Concentrazioni inquinanti | | | |
| NO _x | 55 mg/Nmc | → | 22.3 g/s |
| CO | 24 mg/Nmc | → | 9.7 g/s |
| SO ₂ | 39,4 mg/Nmc | → | 16.0 g/s |
| Particelle | 4,8 mg/Nmc | → | 1.9 g/s |
| 2) Configurazione in ASSETTO AFO DIMEZZATO, per circa il 3% del tempo, | | | |
| Potenza termica | 370 MWt circa | | |
| Portata fumi | 1.261.000 Nm ³ /h | | |
| Temperatura fumi | 126 °C | | |
| Concentrazioni inquinanti | | | |
| NO _x | 55 mg/Nmc | → | 19.3 g/s |
| CO | 24 mg/Nmc | → | 8.4 g/s |
| SO ₂ | 43,9 mg/Nmc | → | 15,4 g/s |
| Particelle | 4.8 mg/Nmc | → | 1.6 g/s |

Tabella 8. Sintesi dei parametri di funzionamento della CET negli assetti di marcia attesi.

In definitiva il termine di sorgente realistico è circa l'80% di quello nominale; pertanto tutte le concentrazioni calcolate vanno ridotte di un fattore 0,80 per una stima più realistica della realtà.

2.4.3 Griglia di calcolo

L'area considerata per il calcolo delle concentrazioni in aria di inquinanti al suolo è rappresentata in Fig. 20, ove è anche evidenziato il grigliato dei punti ricettori nel sistema cartesiano di riferimento utilizzato nella simulazione matematica. La zona interessata dal calcolo è quella indicata all'inizio del presente capitolo (punto 1.1) individuata in funzione dei ricettori di maggior interesse; essa comprende, oltre all'intero territorio comunale di Trieste, i comuni di Muggia e S. Dorlingo e le frazioni di tali comuni (Aquilino, S. Giuseppe della Chiusa, ecc.). La zona si sviluppa per 12 Km nella direzione Ovest - Est ed altrettanti nella direzione Sud - Nord; la griglia di calcolo ha una risoluzione di 1000 metri.

In base ai risultati della simulazione, e particolarmente per i calcoli "short-term", è stata anche utilizzata una zona ristretta di circa 5x5 km², con un grigliato di passo 400 m, per una migliore individuazione dei massimi valori di deposizione. In tal modo si ha una più dettagliata descrizione delle situazioni in cui si hanno le più elevate concentrazioni in aria, al livello del suolo (Fig. 21).

Frequenza totale direzioni del vento
Classe di stabilità A

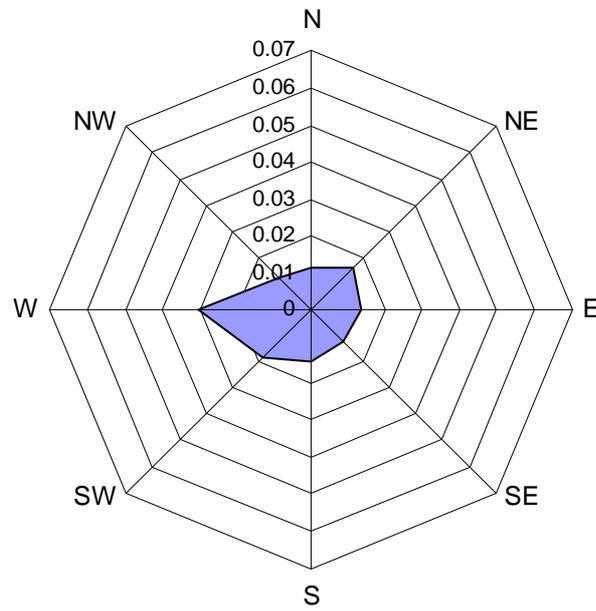


Figura 14. Rosa dei venti per classe di Stabilità A.

Frequenza totale direzioni del vento
Classe di stabilità B

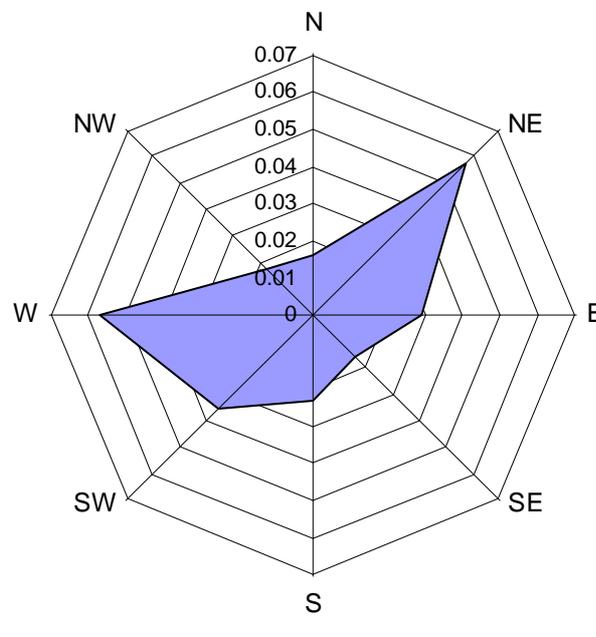
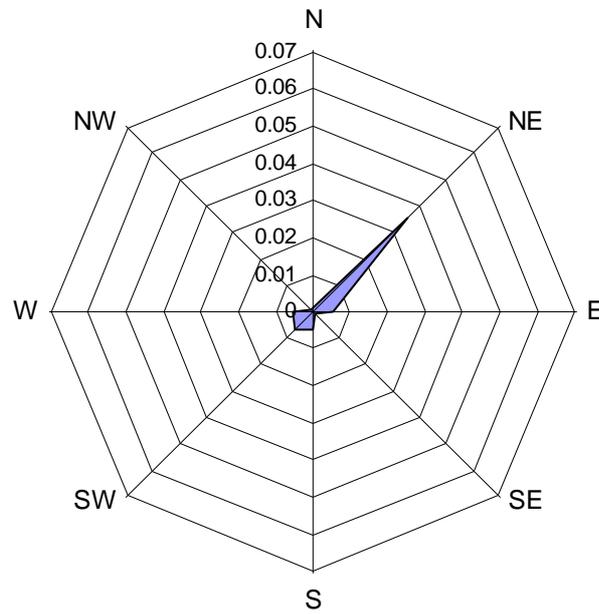
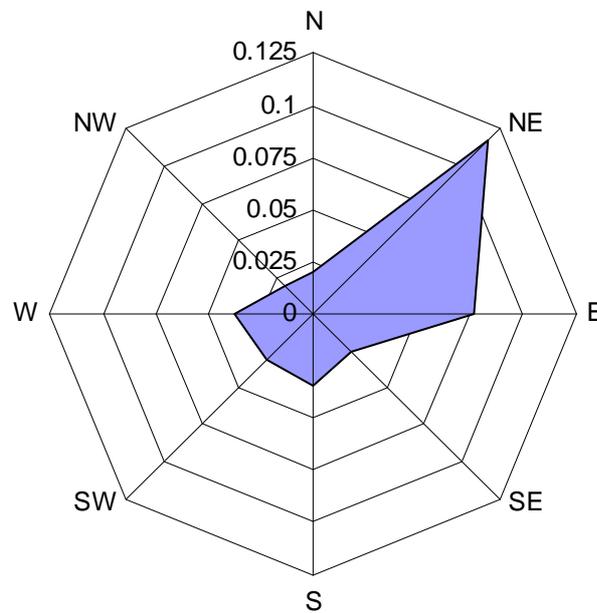


Figura 15. Rosa dei venti per classe di Stabilità B.

Frequenza totale direzioni del vento
Classe di stabilità C

Freq. Tot. 0.060

Figura 16. Rosa dei venti per classe di Stabilità C .

Frequenza totale direzioni del vento
Classe di stabilità D

Freq. Tot. 0.364

Figura 17. Rosa dei venti per classe di Stabilità D.

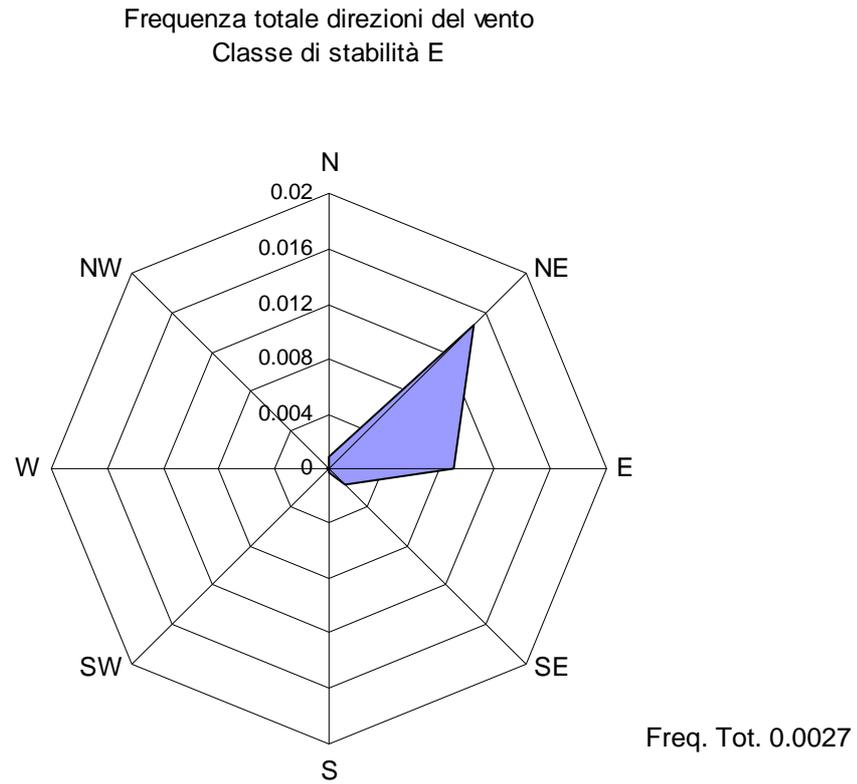


Figura 18. Rosa dei venti per classe di Stabilità E.

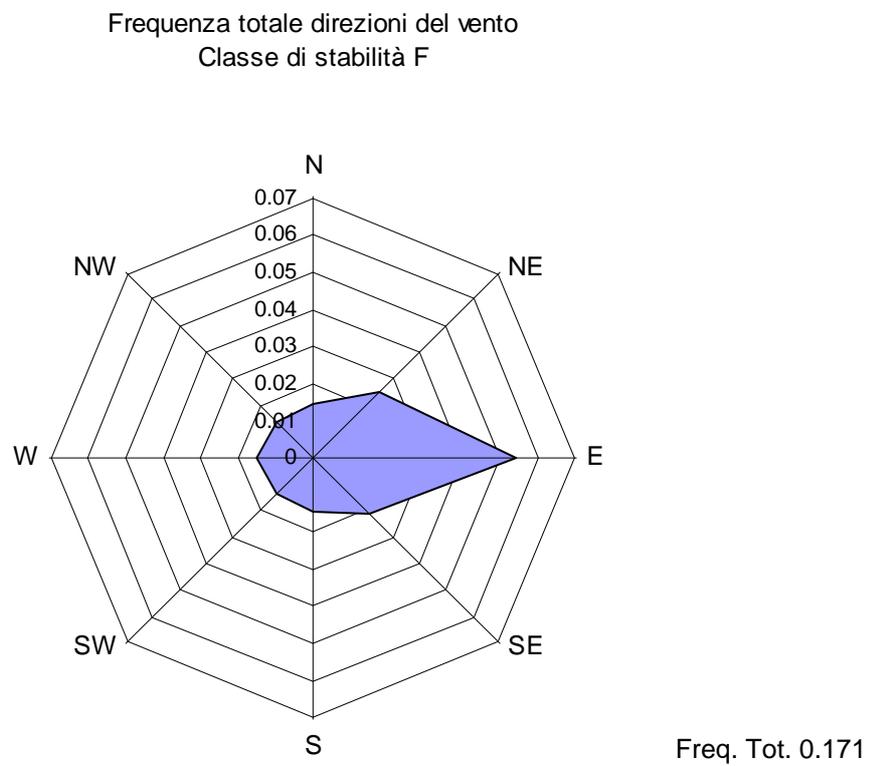


Figura 19. Rosa dei venti per classe di Stabilità F.

Figura 20. Carta topografica dell'area oggetto dello studio, con la posizione della sorgente e dei punti ricettori.

Figura 21. Grigliato dei punti ricettori utilizzato nelle analisi di dettaglio sull'area ristretta.

2.4.4 Analisi dei risultati

La simulazione con il modello matematico descritto nel paragrafo precedente è stata condotta considerando l'impianto funzionante tutto l'anno nella configurazione principale in assetto di marcia nominale in modo da avere previsioni cautelative circa l'entità delle concentrazioni al suolo di inquinanti.

Le curve di isoconcentrazione medie annue al suolo stimate per i principali inquinanti (calcolo "long term") sono riportate nelle Figg. 22 - 25, che consentono una immediata percezione della distribuzione di inquinanti nel dominio considerato.

La prima considerazione da fare riguarda l'adeguatezza delle dimensioni del dominio come area vasta oggetto dello studio di impatto. Gli apporti alle concentrazioni medie annue al bordo del grigliato risultano, per tutti gli inquinanti, pari a frazioni di $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (addirittura $<0.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nel caso delle PTS), assolutamente trascurabili e comunque non rilevabili sperimentalmente, anche se si trattasse di apporti aggiuntivi rispetto alla situazione esistente. In realtà, le emissioni oggetto dello studio sono sostitutive di sorgenti esistenti, peraltro con modalità di rilascio (altezza del camino e portata) più favorevoli alla dispersione in aria rispetto alla situazione esistente. Questo fatto consente di prevedere una situazione complessiva dell'inquinamento atmosferico migliore di quella attualmente in essere. Ciò è confermato, con valori quantitativamente più consistenti, anche dai calcoli "short-term" (vedasi oltre).

Altre osservazioni, ricavate dalle analisi dalla Fig. 22, riguardano:

- l'apporto più elevato alla concentrazione massima oraria di NO_x è di $4,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a distanza superiore a 3,5 km dalla centrale, in direzione N-E; il ricettore è nella zona del "Boschetto" più vicina alla centrale, in collina ad una quota di quasi 200 m s.l.m.;
- il modello prevede una serie di picchi secondari, di entità circa metà del massimo, in una fascia di territorio quasi parallelo alle linee di costa; le concentrazioni, a partire da tale fascia, diminuiscono gradatamente nell'entroterra dell'Altopiano Carsico e più repentinamente in direzione opposta, verso il mare;
- gli apporti alle concentrazioni medie calcolate sull'intero periodo risultano trascurabili sia nell'area urbana di Trieste che nell'area industriale; solo l'abitato di Muggia è interessato da una linea di isoconcentrazione più apprezzabile ($0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di NO_x), con un picco nel retroterra comunque dell'ordine di $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di NO_x e corrispondenti valori per gli altri inquinanti.

I risultati dei calcoli "short-term" per l' NO_x per le direzioni significative, con velocità del vento 1m/s e categoria meteorologica F, sono riportati per l'area vasta nell'Appendice 3.

Nell'Appendice 4, per comodità, si riportano gli analoghi risultati per le altre tipologie di inquinanti, nella stessa situazione, per le direzioni di provenienza del vento più significative.

Avendo trascurato reazioni chimiche in atmosfera ed altri "pozzi" per gli inquinanti (quali ad es. la deposizione al suolo a secco e ad umido), come già detto, i valori risultano proporzionali gli uni agli altri, negli stessi rapporti dei rispettivi termini di sorgente.

La situazione considerata è quella di minima dispersione degli inquinanti, che peraltro si presenta con frequenza molto piccola (< 1%) in ciascuna direzione, salvo quella con vento proveniente da E in cui in qualche anno si può arrivare a frequenze dell'ordine del 5% o anche più; peraltro in tale situazione il carico inquinante si va a scaricare sul mare prospiciente la CET.

Nella situazione esaminata il massimo apporto alla concentrazione locale di NO_x è di 111 µg /m³ e si verifica nella zona di Montebello, a circa 3,5 km dalla CET in direzione O-SO, ad una quota di oltre 200 m s.l.m. I corrispondenti massimi di concentrazione per gli altri inquinanti considerati, sono rispettivamente di 79 µg /m³ per l'SO₂, quasi 48 µg /m³ per il CO e 9,5 µg /m³ per le polveri.

L'esecuzione dei calcoli con passo minore (400 m) porta a piccole modifiche nei risultati come mostrato in Appendice 5. Le massime concentrazioni si hanno sempre con direzione di provenienza del vento O-SO, a distanza un po' superiore (~ 4,3 km dalla CTE); nel caso del NO_x l'apporto massimo della CET previsto in tali condizioni è di 107 µg /m³, mentre quello del SO₂ si riduce a 77 µg /m³. Quanto sopra costituisce una conferma indiretta dell'adeguatezza del livello di discretizzazione adottato nell'analisi.

Infine, sempre per lo "short-term", sono state analizzate anche condizioni di fumigazione, con velocità del vento 1 m/s ed altezza dello strato di miscelamento H_m rispettivamente di 200 e 300 m. I risultati dei calcoli per le emissioni di SO₂ sono riportati in Appendice 6, per tutte le direzioni di provenienza del vento nel caso H_m = 200 m e soltanto per quelle più significative nel caso H_m = 300 m. In quest'ultimo caso le concentrazioni massime sono praticamente 2/3 del caso precedente, essendo indice di una situazione in cui, alle distanze di interesse, il miscelamento interessa l'intero strato di atmosfera considerato. Il massimo apporto alla concentrazione di SO₂ si ha con vento proveniente da S-SE, a circa 1 km dalla CTE ed è di poco inferiore a 70 µg /m³. Tali apporti, anche se inferiori a quelli calcolati in situazione meteorologica F, interessano però direttamente l'area urbana di Trieste.

Figura 22. Valutazione degli apporti delle emissioni di NOx della CTE, nel calcolo sull'area vasta (long-term concentrazioni in $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Figura 23. Valutazione degli apporti delle emissioni di SO₂ della CTE, nel calcolo sull'area vasta (long-term concentrazioni in µg/m³).

Figura 24. Valutazione degli apporti delle emissioni di CO della CTE, nel calcolo sull'area vasta (long-term concentrazioni in $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Figura 25. Valutazione degli apporti delle emissioni di PTS della CTE, nel calcolo sull'area vasta (long-term concentrazioni in $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

2.4.5 Conclusioni

Nei punti precedenti si sono evidenziati sia i limiti di legge cui fare riferimento, sia gli apporti alle concentrazioni degli inquinanti di interesse, attesi per effetto del funzionamento della centrale.

La tabella seguente evidenzia il confronto tra i risultati delle simulazioni e gli standard di legge, nel caso di maggiore interesse: quello del NO_x (ipotizzando una completa trasformazione degli ossidi di azoto ad NO₂ durante la diffusione del pennacchio).

| <i>Concentrazioni ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)</i> | <i>Valori limite</i> | <i>Valori guida</i> | <i>Calcolo in Assetto nominale</i> | <i>Stima realistica</i> |
|---|----------------------|---------------------|------------------------------------|-------------------------|
| 50° percentile delle medie orarie (DPR 203/88) | - | 50 | 4,2 (°) | 3,4(°) |
| 98° percentile delle medie orarie (DPR 203/88) | 200 | 135 | <100(°°) | <80(°°) |

(°) massima concentrazione media annua

(°°) in area urbana

Tabella 9. Confronto fra i risultati dei calcoli di diffusione degli NO_x ed i valori di legge.

Dall'esame della tabella si ricava che gli apporti alle concentrazioni di NO_x (come NO₂) calcolate sia come valori orari massimi che, principalmente, come valori medi sull'intero periodo di 1 anno sono decisamente inferiori ai limiti di legge.

Simili conclusioni si possono trarre per tutti gli inquinanti considerati, i cui valori di concentrazione possono essere ricavati da quelli calcolati per l'NO_x, moltiplicando questi ultimi per i rispettivi rapporti caratteristici delle emissioni. In particolare le concentrazioni di CO calcolabili con il metodo appena citato (inferiori nei valori medi a 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), non andranno ad incrementare in maniera apprezzabile il fondo ambientale urbano, ove normalmente si osservano concentrazioni dell'ordine di 10 mg/m^3 .

Apporti trascurabili sono anche prevedibili per quanto concerne la concentrazione di particelle sospese, mentre per l'SO₂ valgono considerazioni analoghe a quelle svolte per gli NO_x.

Tali conclusioni sono ulteriormente rafforzate dal fatto che le emissioni della nuova CET potenziata sono sostitutive di quelle della centrale esistente e delle utenze alimentate attualmente con gas siderurgici ed in futuro con gas più pulito (metanato), nonché di quelle relative alla CET autorizzata, rispetto alla quale si realizza essenzialmente un non aggravio del quadro emissivo in termini di emissioni massiche che, associato al contemporaneo incremento della potenza prodotta, è indice di un miglioramento dell'efficienza complessiva del sistema dal punto di vista ambientale. L'attuale situazione è pertanto destinata a migliorare segnatamente sul territorio più prossimo alla

zona industriale, dal momento che la portata di inquinanti dall'insediamento sarà complessivamente inferiore (considerando la contemporanea riduzione di emissioni prevista dagli interventi sullo Stabilimento "Servola SpA") e che le emissioni dalla nuova CET avverranno con modalità (altezza del camino e portata di fumi) più favorevoli alla dispersione atmosferica degli inquinanti.

2.5 Considerazioni sulle emissioni in microinquinanti

Pur essendo chiaro che la caratterizzazione sperimentale delle emissioni della nuova CET potrà essere fatta solo una volta che questa sia entrata in esercizio, in base ai dati rilevati dal sistema di controllo al camino dei fumi, in questa sede si è comunque ritenuto utile effettuare delle valutazioni di massima delle emissioni prevedibili di microinquinanti e delle relative ricadute al suolo, in base ai dati disponibili per la caratterizzazione delle impurezze contenute nei gas usati come combustibile, riportati nelle Tabb. 10 e 11.

| IMPUREZZE (mg/Nm³) | MEDIA | MIN. | MAX. |
|--------------------------------------|--------------|-------------|-------------|
| Ammoniaca | 0,15 | 0,09 | 0,3 |
| Cianuri | 0,22 | 0,02 | 0,6 |
| H ₂ S | 16,6 | 9,1 | 100 |
| Polveri | 1,76 | 0,8 | 5,5 |

Tabella 10. Impurezze Gas AFO.

| IMPUREZZE | | MEDIA | MIN. | MAX. |
|------------------|--------------------|--------------|-------------|-------------|
| Ammoniaca | g/Nm ³ | 0,12 | 0,006 | 1,013 |
| Aromatici totali | g/Nm ³ | 23,4 | 4,03 | 104 |
| HCN | g/Nm ³ | 1,00 | 0,49 | 1,67 |
| H ₂ S | g/Nm ³ | 3,76 | 1,7 | 6,28 |
| Benzolo | g/Nm ³ | 17,8 | 2,08 | 78,2 |
| Naftalina | g/Nm ³ | 0,37 | 0,018 | 1,42 |
| Catrame | mg/Nm ³ | 1,8 | 1,2 | 3,2 |
| Polveri | mg/Nm ³ | 2,4 | 1,3 | 3,4 |

Tabella 11. Impurezze gas coke ^(*).

Gli inquinanti nelle polveri e nelle nebbie presenti nei gas e la granulometria delle polveri non sono al momento stati caratterizzati quantitativamente, anche se a livello qualitativo si ritiene siano presenti ossidi di ferro, silicio, alluminio, calcio e magnesio, oltre a Zn, Mb, Pb, Cu, Cr, Ti, Na, Mo, V.

^(*) N.B. Le impurezze del gas AFO sono basate su 12 misure puntuali; le impurezze del gas coke sono basate sulle analisi di stabilimento degli ultimi 7 anni, ad eccezione dei contenuti in catrame e polveri che sono relativi ad analisi puntuali.

Come già detto, per permettere il rispetto dei limiti di concentrazione delle emissioni di SO_x , riportati al punto 2.3.4, il gas di cokeria sarà trattato (a cura della Servola SpA) in un impianto di desolfurazione tale da portare il tenore di H_2S in esso contenuto sino ad un valore inferiore a $1,5 \text{ g/Nm}^3$, con una efficienza media di circa il 60%. Tale trattamento potrebbe comportare riduzioni per alcune delle altre sostanze contenute come impurezze nei fumi, che peraltro in questa sede vengono per semplicità e cautelativamente trascurate.

Moltiplicando le concentrazioni di impurezze delle Tab. 10 e 11 per le portate di gas AFO e gas COKE previste nell'assetto principale di funzionamento della nuova centrale, si hanno i valori del termine di sorgente in ingresso alla camera di combustione della nuova CET. Per avere quello all'uscita della camera stessa e quindi nei fumi (se si ammette, cautelativamente, che non si abbiano a valle di questa ulteriori modifiche nella composizione dei fumi per reazioni chimiche, deposizione naturale, effetto di centrifugazione dovuto a gomiti, curve, ecc.) occorre ipotizzare un valore dell'efficienza di combustione per sostanze quali gli idrocarburi aromatici, il benzolo, la naftalina, il catrame, l'ammoniaca, l'acido cianidrico, ecc., ovvero le percentuali dei metalli pesanti presenti nelle polveri. Per quest'ultimo punto, si sono assunti validi i dati ENEL relativi alla combustione del carbone, che indicano una percentuale globale di metalli pesanti nelle ceneri dell'ordine dell'1% e concentrazioni dei singoli elementi variabili fra 0.2 ppm e 100 ppm come mostrato nelle Figg. 26 e 27, riprese da [6].

Per i microinquinanti organici, in assenza di dati sperimentali e di indicazioni sulle condizioni della combustione (che ne influenzano in maniera determinante sia la formazione che l'eliminazione), si è ammesso molto semplicemente l'applicabilità di un fattore di riduzione al termine di sorgente in input alla camera di combustione pari a $(1-\varepsilon)$, essendo ε l'efficienza di combustione che sulla base delle caratteristiche dei fumi in uscita dichiarate a livello di progetto di base è pari almeno a 0.999. I risultati di questi semplici calcoli sono riportati in Tab. 12 ove, per comodità, sono anche riportati i valori assunti a riferimento per giudicare l'ammissibilità di tali emissioni. A questo proposito si fa osservare che come termini di confronto in assenza di specifici limiti di legge per nuovi impianti, sono stati assunti i limiti validi per impianti esistenti al momento dell'emanazione del D.M. dell'Ambiente 12.7.90.

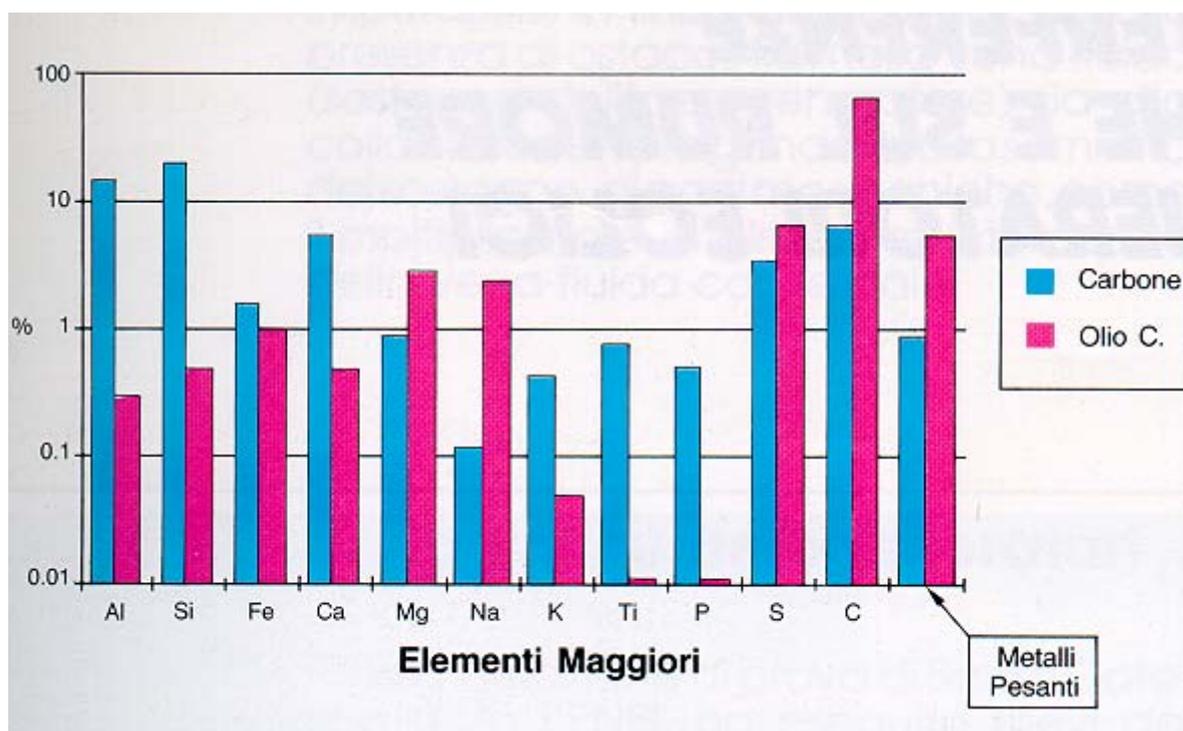


Figura 26. Concentrazione degli elementi maggiori nelle ceneri derivanti dalla combustione di olio e di carbone.

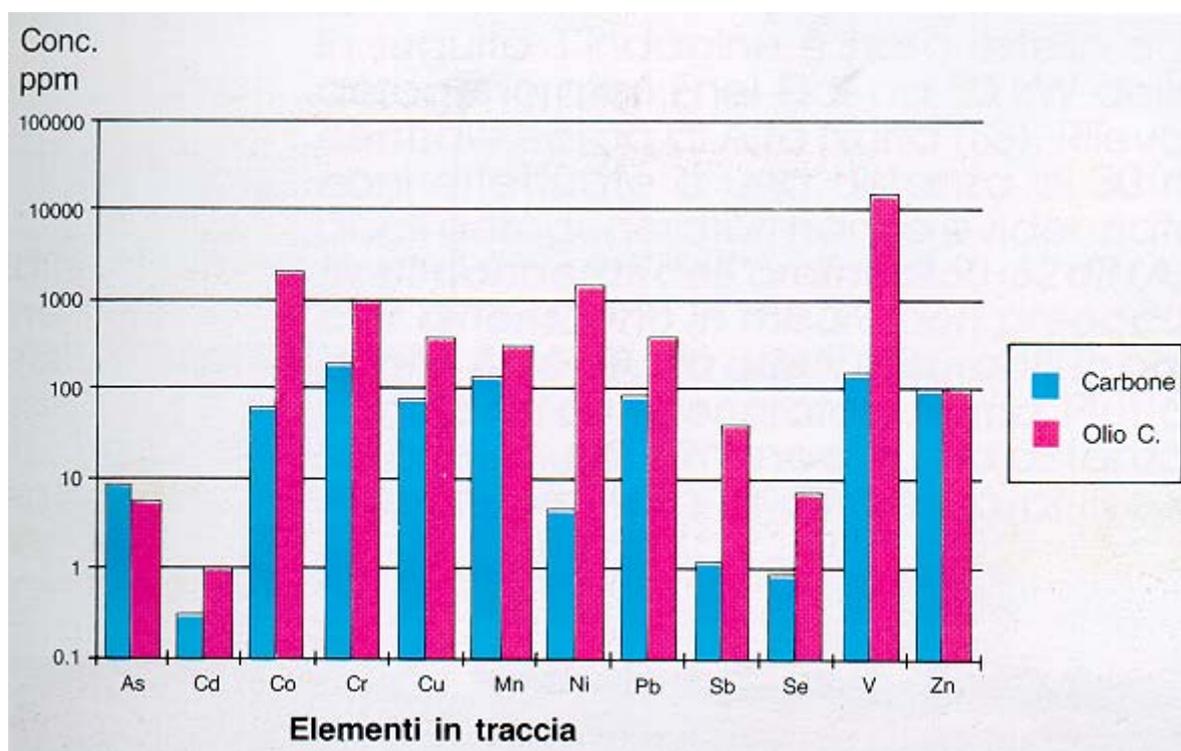


Figura 27. Concentrazione degli elementi in traccia nelle ceneri derivanti dalla combustione di olio e di carbone.

L'esame della Tab. 12 consente di affermare che, salvo verifica in sede di monitoraggio dei fumi emessi al camino della nuova CET, ci si attende che la situazione è largamente ammissibile, nella maggior parte dei casi per diversi ordini di grandezza.

A completamento il presente paragrafo si propone una valutazione della ricaduta al suolo di tali emissioni per verificare il rispetto delle limitazioni di legge in merito ai microinquinanti. Questo riguarda specificatamente il piombo, gli IPA ed il benzene. Applicando ai termini di sorgente stimati in Tab. 12 i fattori di passaggio (C/Q) fra entità del rilascio e concentrazione al suolo determinabile sulla base dei risultati presentati nel paragrafo precedente, si ottengono i risultati riportati in Tab. 13. Al solito, per facilitare il confronto, nella Tab. 13 sono riportati anche i valori limite di legge, mentre per il piombo, è stato indicato il valore della recentissima proposta di Direttiva Europea, che innoverà radicalmente la legislazione di protezione della qualità dell'aria [7].

| | Concentrazioni Stimate | Valori di riferimento (D.M. 12/7/90) |
|--|------------------------|--------------------------------------|
| Polveri classe I (Cd, Hg, Tl) | | 0.2 mg/m ³ |
| Polveri classe II (Se, Te) | | 2 mg/m ³ |
| Polveri classe III (Sb, CN, Cr, Mn, Pd, Pb, Pt, Cu, Rh, Su, V) | | 10 mg/m ³ |
| Sostanze cancerogene, ecc. classe I (diossine, ecc.) | | 0.1 mg/m ³ |
| Sostanze cancerogene, ecc. classe II (Cr, Co, Ni) | | 1 mg/m ³ |
| Sostanze cancerogene, ecc. classe III (Benzene, ecc.) | | 5 mg/m ³ |
| Polveri totali | 6 mg/m ³ | |
| Metalli pesanti | 0,06 mg/m ³ | |
| Cadmio (Cd) | 6 ng/m ³ | 0,2 mg/m ³ |
| Selenio (Se) | 6 ng/m ³ | 2 mg/m ³ |
| Cobalto (Co) | 0,5 µg/m ³ | 1 mg/m ³ |
| Cromo (Cr) | 1 µg/m ³ | 10 mg/m ³ |
| Nichel (Ni) | 30 µg/m ³ | 1 mg/m ³ |
| Antimonio (Sb) | 6 µg/m ³ | 10 mg/m ³ |
| Manganese (Mn) | 0,6 µg/m ³ | 10 mg/m ³ |
| Rame (Cu) | 0,5 µg/m ³ | 10 mg/m ³ |
| Vanadio (V) | ~1 µg/m ³ | 10 mg/m ³ |
| Piombo | 0.6 µg/m ³ | 10mg/m ³ |
| Aromatici totali | 0.3 mg/m ³ | |
| Cianuri (CN) | 1.0 mg/m ³ | 10 mg/m ³ |
| Ammoniaca | ~1 µg/m ³ | |
| Benzolo | 0.2 mg/m ³ | 5 mg/m ³ |
| Catrame | 20mg/m ³ | |

Tabella 12. Stima delle emissioni di microinquinanti dalla nuova CET.

| Inquinanti | Apporto stimato nuova CTE | Limite di legge | Proposta Direttiva Europea 98/C 9/05 |
|------------|-----------------------------|---|--------------------------------------|
| Piombo | < 0,04 ng/m ³ | 2 µg/m ³ (D.P.C.M. 20/3/88) | 1 µg/m ³ (°°) |
| IPA | < 0.2 ng/m ³ (+) | 1 ng/m ³ (D.M. 25/11/94) | - |
| Benzene | 10 ng/m ³ | 10 µg/m ³ (°) (D.M. 25/11/94) | - |

(°) In vigore dal 1.1.99

(+) Nella stima degli IPA si è assunto che questi rappresentino una frazione circa 1/100 degli aromatici totali, come derivante da una indagine condotta dal Dipartimento Provinciale ARPAT di Livorno in sito prossimo ad impianto siderurgico [8]

(°°) Dal 1/1/2001, da ridurre progressivamente a 0,5µg/m³ dal 1/1/2005.

Tabella 13. Concentrazioni al suolo di microinquinanti stimati sulla base di un fattore di conversione ($\chi/Q=1.5 \cdot 10^{-7}$ s/m³).

L'esame della Tabella 13 consente di confermare anche da tale punto di vista il precedente giudizio sull'ammissibilità delle emissioni di microinquinanti della nuova CTE.

BIBLIOGRAFIA

- [1] TEI - INGEGNERIA DELL'AMBIENTE
"Programma DISIA - Censimento delle emissioni in atmosfera nell'area metropolitana di Trieste ed esecuzione di indagini integrative sperimentali sulla qualità dell'aria e sull'inquinamento acustico"
Relazione di sintesi, 1993.
- [2] I. CIUCCI, G. CURZIO
"Emissioni aeriformi delle centrali geotermiche Enel di Larderello e ricadute sul territorio"
Convegno: "Geotermia in Toscana: Ambiente e Sviluppo"
Siena 26/3/1993 - Atti DCMN 012(93)
- [3] BRIGGS G.A.
"Some recent analyses of plume rise observations"
Proc. of the Second International Clean Air Congress, edited by H.M. ENGLUND and W.T. BERRY.
Academic Press, N.Y., 1971
- [4] STUDIO SANITAS s.r.l. - Brescia
Valutazione di Impatto Ambientale della Centrale di Cogenerazione di Servola presso: Stabilimento Servola SpA
Relazione Tecnica A076A/97, 1997
- [5] Comunicazione personale del Dott. PRINCI, Responsabile Lab. Chimico-Ambientale U.S.L. Trieste
Giugno 1998
- [6] ENEL
RICERCA - Principali risultati dell'attività di ricerca e sviluppo
Febbraio 92
- [7] Proposta di Direttiva del Consiglio concernente i valori limite di qualità dell'aria ambiente per biossido di zolfo, ossidi di azoto, particelle e piombo (98/C 9/05)
Gazzetta Ufficiale delle Comunità Europee 14.01.1998
- [8] M. CHINI
"Risultati dell'indagine ambientale sulle concentrazioni al suolo di idrocarburi policiclici aromatici e sostanze organiche volatili riscontrati in località Cotone (vicinanze dell'impianto Cokeria) e località Montegemoli a Piombino".
ARPAT - Dipartimento Provinciale di Livorno - Giugno 1998.

APPENDICE 1. DATI METEREOLGICI

A1.1 Considerazioni preliminari

I dati meteorologici utilizzati nel presente studio sono stati elaborati a partire dalle tabelle ISTAT relative agli anni dal 1987 al 1997, essendo i dati relativi a quest'ultimo anno disponibili solo per il primo semestre.

Poiché il campione suddetto non è omogeneo, dal momento che non in tutti gli anni sono presenti i dati relativi ad ogni mese, nelle tabelle statistiche elaborate è stato riportato, per i singoli mesi, il numero di occorrenze effettive nel campione.

Le grandezze in seguito identificate come "medie mensili" sono da intendersi quindi come medie sul numero dei mesi di dati disponibili.

A2.2 Precipitazioni

Per caratterizzare l'andamento delle precipitazioni nel periodo considerato, in Tabella A1.1 sono riportati la quantità totale di precipitazioni (P_{tot}) e il numero di giorni di pioggia (ngp) per i diversi mesi dell'anno.

Come accennato nelle considerazioni preliminari in tabella è riportato anche il numero di presenze nel campione di ogni singolo mese (n_{mesi}). Il valore delle precipitazioni mensili è stato mediato sul numero di mesi campionati.

E' stato inoltre riportato il valore delle precipitazioni mediate sul numero di giorni di pioggia (P_{tot}/mgp) che, insieme al numero medio di giorni di pioggia per mese, mette in luce aspetti stagionali, come piogge frequenti ma brevi nel periodo primaverile, meno frequenti ma più intense in quello autunnale. In merito a quanto sopra si può osservare che il valore di precipitazioni relativo ad Ottobre è circa doppio di quello di Aprile, mentre il numero di giorni di pioggia nei due mesi è circa uguale.

Le medie mensili delle precipitazioni presentano un massimo di 152 mm in Settembre, e due massimi relativi in Ottobre e Maggio, pari a 145 e 109 mm rispettivamente. Il minimo delle medie delle precipitazioni, pari a 39 mm, si presenta in Febbraio.

La precipitazione totale media annua è pari a 1021 mm.

Per quanto riguarda il numero medio di giorni di pioggia in un mese, nel corso dell'anno si distingue un andamento stagionale: nel periodo invernale ed estivo (Dicembre-Marzo, Luglio-Agosto) si hanno mediamente 7.5 giorni di pioggia mensili, mentre il periodo tardo primaverile e quello autunnale (Aprile-Giugno e Settembre-Novembre) presentano in media 11 giorni di pioggia al mese, con un massimo di 12.8 giorni a Settembre e 11.9 giorni a Giugno. In analogia a quanto osservato per la quantità di precipitazioni, Febbraio presenta il numero minimo di giorni di pioggia mensili. Mediando il totale delle precipitazioni sul numero di giorni di pioggia (P_{tot}/ngp), il

massimo dell'intensità della pioggia si sposta da Settembre ad Ottobre, con quasi 13.4 mm per giorno di pioggia ed il trimestre con maggiore intensità è quello tra Agosto ed Ottobre. Il valore minimo di intensità si presenta nel mese di Aprile.

Nella Tabella A1.2 è riportato il numero di temporali registrati nei diversi mesi, oltre al numero di eventi presentatisi nelle singole stagioni e in totale nel corso di ciascun anno. Sono riportati inoltre i valori medi mensili di temporali; a partire da questi le medie stagionali ed annuali sono calcolate come numero di eventi al mese nel periodo.

Si osserva una maggiore frequenza di questo tipo di fenomeno nel periodo che va dalla tarda primavera all'estate (Maggio-Settembre), con un massimo in settembre di oltre 5 temporali al mese, e con una coda meno marcata nel periodo autunnale. Il fenomeno è pressochè assente nel periodo invernale.

In Tabella A1.3 sono riportati i cinque valori massimi di precipitazione giornaliera, per mese, nel periodo considerato, il numero di giorni di pioggia e di mesi campionati, insieme al valor medio mensile delle precipitazioni stesse.

Gli andamenti evidenziano sostanzialmente una stagione invernale con intensità dei fenomeni piuttosto modesta, rispetto a primavera, estate ed autunno con valori che si presentano almeno una volta e mezzo maggiori. Il massimo assoluto di 182 mm in Agosto, corrisponde a un temporale.

A1.3 Classi di stabilità atmosferica

Le classi di stabilità atmosferica sono state determinate in funzione dello stato del cielo e della velocità del vento, secondo il modello di Pasquill. Per lo stato del cielo si ha un solo valore di riferimento per ciascun giorno, mentre per la velocità del vento i dati disponibili sono relativi alle ore 7, 13 e 19; non sono disponibili dati relativi al periodo notturno.

Per considerare anche le classi di stabilità relative al periodo notturno (D,E,F) i dati relativi alle ore 7 sono stati elaborati considerando lo stato del cielo come copertura del cielo notturno. La classe G è stata considerata insieme alla classe F.

Le Tabelle A1.4 e A1.5 riportano la distribuzione stagionale delle classi di stabilità atmosferica in tal modo elaborate. La Tabella A1.4 riporta gli eventi totali ed evidenzia, nell'ultima colonna, la distribuzione non omogenea dei dati sulla base annua.

La Tabella 5 riporta gli stessi dati elaborati normalizzando le frequenze rispetto ad una distribuzione omogenea dei dati, tramite una divisione per il numero di osservazioni relative.

In quest'ultima tabella si osservano:

- una prevalenza delle classi D e B, sia nelle singole stagioni che in media;
- un massimo, per la classe A, in estate, con frequenza quasi doppia rispetto a quella delle altre

stagioni;

- un massimo, per la classe B, in inverno, ed un minimo estivo per la classe C;
- un massimo autunnale ed un massimo relativo primaverile per la classe D,
- le classi E, F hanno una distribuzione sostanzialmente uniforme.

A1.4 Andamento dei venti

Nei dati ISTAT di partenza utilizzati per l'analisi i valori della direzione del vento sono suddivisi secondo intervalli di 22 gradi e 30 primi.

La Tabella A1.6 riporta le occorrenze totali per ciascuna direzione del vento (oltre al caso di calma) in funzione della stagione, e in totale.

In Tabella A1.7 è riportata la distribuzione percentuale stagionale, nonché la percentuale annua di presentazione di ciascuna direzione. Le calme di vento sono computate separatamente. Anche in questo caso la normalizzazione è stata effettuata tenendo conto del numero delle osservazioni stagionali. Le percentuali annue mostrano un netto predominio delle calme di vento (42,4%); tra i venti, quelli dominanti provengono da NE (21,9%) e da E (13,8%), ed in misura minore da W (8,5%) e SW (circa 5%),

Per quanto riguarda l'andamento stagionale, sia per il vento da NE che per quello da E si nota la tendenza alla diminuzione al passare dall'inverno alla primavera, con un minimo in corrispondenza del periodo estivo. Un andamento all'incirca opposto hanno i venti da SW e W, che presentano frequenza massima nel periodo estivo, e minimo nel periodo invernale; analogamente i venti da N e NW raggiungono il massimo di frequenza in primavera-estate, ed un minimo in inverno. Per il vento proveniente da Sud si ha un massimo in primavera ed un massimo relativo in autunno, mentre quello da SE è massimo in autunno e minimo in primavera. Anche le calme di vento sono caratterizzate stagionalmente: rispetto ad un andamento sostanzialmente costante nel resto dell'anno, nel periodo invernale si ha un incremento dal 10% al 12% circa.

A completamento della caratterizzazione dell'andamento del vento ottenuta a partire dall'elaborazione dei dati ISTAT nelle Figure da A1.1 ad A1.6 sono riportate le rose dei venti per intervalli di velocità del vento.

| | GEN. | FEB. | MAR. | APR. | MAG. | GIU. | LUG. | AGO. | SETT. | OTT. | NOV. | DIC. | Media annua |
|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------------|
| Ptot | 344.7 | 352.4 | 635.4 | 676.5 | 1087.3 | 982.6 | 468.0 | 846.2 | 761.0 | 1016.0 | 582.2 | 330.5 | |
| ngp | 49 | 48 | 65 | 105 | 111 | 131 | 53 | 67 | 64 | 76 | 76 | 53 | |
| nmesi | 7 | 9 | 9 | 9 | 10 | 11 | 7 | 9 | 5 | 7 | 7 | 7 | |
| Ptot/nmesi | 49.243 | 39.156 | 70.6 | 75.167 | 108.73 | 89.327 | 66.857 | 94.022 | 152.2 | 145.2 | 83.171 | 47.214 | 1020.88 |
| Ptot/ngp | 7.0347 | 7.3417 | 9.7754 | 6.4429 | 9.7955 | 7.5008 | 8.8302 | 12.63 | 11.891 | 13.374 | 7.6605 | 6.2358 | |
| ngp/nmesi | 7 | 5.3333 | 7.2222 | 11.667 | 11.1 | 11.909 | 7.5714 | 7.4444 | 12.8 | 10.857 | 10.857 | 7.5714 | |

Tabella A1.1 Valori medi mensili giornalieri e annui della quantità di pioggia in mm elaborati a partire dai dati ISTAT di precipitazioni totali registrati nei diversi mesi dell'anno nel periodo 1987-1997.

| | GEN. | FEB. | MAR. | APR. | MAG. | GIU. | LUG. | AGO. | SET. | OTT. | NOV. | DIC. | INVERNO | PRIMAVERA | ESTATE | AUTUNNO | TOTALE |
|---------------------|------|--------|--------|--------|------|--------|--------|--------|------|--------|--------|------|---------|-----------|--------|---------|--------|
| 1987 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 |
| 1988 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1989 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1990 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 2 | 3 | 5 |
| 1991 | 0 | 0 | 0 | 2 | 3 | 3 | 0 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 5 | 5 | 2 | 12 |
| 1992 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 5 | 4 | 3 | 5 | 0 | 2 | 0 | 0 | 3 | 12 | 7 | 22 |
| 1993 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 5 | 5 | 8 | 4 | 1 | 0 | 0 | 2 | 12 | 13 | 27 |
| 1994 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 3 | 6 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 2 | 10 | 5 | 17 |
| 1995 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 8 | 2 | 8 | 6 | 1 | 2 | 0 | 1 | 3 | 18 | 9 | 31 |
| 1996 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 7 | 4 | 7 | 8 | 0 | 4 | 0 | 0 | 6 | 18 | 12 | 36 |
| 1997 | 0 | 0 | 0 | 1 | 3 | 6 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 12 | 0 | 16 |
| media (eventi/mese) | 0 | 0.1111 | 0.2222 | 0.4444 | 2.1 | 2.9091 | 3.4286 | 3.6667 | 5.4 | 1.7143 | 1.7143 | 0 | 0.037 | 0.9222 | 3.3348 | 2.9429 | 1.8092 |

Tabella A1.2 Valori mensili, stagionali e annui del numero di temporali elaborati a partire dai dati ISTAT registrati nel periodo 1987-1997.

| | GEN. | FEB. | MAR. | APR. | MAG. | GIU. | LUG. | AGO. | SET. | OTT. | NOV. | DIC. |
|-------------------------|------|------|------|------|-------|------|------|-------|-------|-------|------|------|
| Max1 (mm/g) | 29.6 | 33.8 | 86.4 | 69.2 | 99.9 | 88.2 | 38.2 | 182.4 | 63.8 | 88.2 | 46.8 | 26.8 |
| Max2 (mm/g) | 29.0 | 27.8 | 46.6 | 26.8 | 56.4 | 40 | 37.2 | 68.6 | 57.2 | 82.6 | 28.4 | 26 |
| Max3 (mm/g) | 28.2 | 26.4 | 39.4 | 26.2 | 54.4 | 37.8 | 35 | 52.8 | 52.4 | 43.4 | 25.4 | 25.4 |
| Max4 (mm/g) | 24.8 | 24.2 | 32.8 | 24.6 | 46.8 | 36.4 | 32.8 | 41.6 | 44 | 43.4 | 22.4 | 20.2 |
| Max5 (mm/g) | 20.2 | 20.8 | 32.2 | 23.4 | 41.2 | 34.2 | 31.8 | 36.4 | 39.4 | 41 | 21.8 | 18 |
| giorni pioggia | 49. | 48 | 65 | 105 | 111 | 131 | 53 | 67 | 64 | 76 | 76 | 53 |
| mesi | 7 | 9 | 9 | 9 | 10 | 11 | 7 | 9 | 5 | 7 | 7 | 7 |
| pioggia media (mm/mese) | 49.2 | 39.2 | 70.6 | 75.2 | 108.7 | 89.3 | 66.9 | 94.0 | 152.2 | 145.2 | 83.2 | 47.2 |

Tabella A1.3 Valori massimi delle precipitazioni elaborati a partire dai dati ISTAT di precipitazione registrati nei diversi mesi dell'anno nel periodo 1987-1997

| | A | B | C | D | E | F | Totale |
|------------|------|------|-----|------|-----|------|--------|
| INVERNO | 232 | 568 | 139 | 628 | 58 | 349 | 1974 |
| PRIMAVERA | 254 | 644 | 183 | 1008 | 65 | 423 | 2577 |
| ESTATE | 435 | 588 | 106 | 813 | 66 | 473 | 2481 |
| AUTUNNO | 200 | 397 | 100 | 724 | 46 | 261 | 1728 |
| Tot.Classe | 1121 | 2197 | 528 | 3173 | 235 | 1506 | 8760 |

Tabella A1.4 Ripartizione stagionale e numero totale di presentazione degli eventi in ciascuna delle classi di stabilità atmosferica ricavati dai dati ISTAT relativi al periodo 1987 - 1997.

| | A | B | C | D | E | F |
|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| INVERNO(%) | 0.0294 | 0.0719 | 0.0176 | 0.0795 | 0.0073 | 0.0442 |
| PRIMAVERA(%) | 0.0246 | 0.0625 | 0.0178 | 0.0978 | 0.0063 | 0.041 |
| ESTATE(%) | 0.0438 | 0.0593 | 0.0107 | 0.0819 | 0.0067 | 0.0477 |
| AUTUNNO(%) | 0.0289 | 0.0574 | 0.0145 | 0.1047 | 0.0067 | 0.0378 |
| Tot.(%) | 0.1268 | 0.2511 | 0.0605 | 0.364 | 0.027 | 0.1707 |

Tabella A1.5 Distribuzione stagionale e globale della frequenza percentuale di presentazione delle classi di stabilità atmosferica elaborate sulla base dei dati ISTAT relativi al periodo 1987-1997

| | N | NE | E | SE | S | SW | W | NW | C | TOT |
|-----------|----|------|------|-----|-----|-----|-----|----|------|------|
| INVERNO | 10 | 496 | 298 | 48 | 66 | 37 | 50 | 6 | 963 | 1974 |
| PRIMAVERA | 44 | 531 | 291 | 49 | 115 | 174 | 272 | 38 | 1063 | 2577 |
| ESTATE | 26 | 417 | 269 | 65 | 80 | 186 | 396 | 35 | 1007 | 2481 |
| AUTUNNO | 12 | 434 | 313 | 58 | 72 | 62 | 89 | 12 | 676 | 1728 |
| Tot | 92 | 1878 | 1171 | 220 | 333 | 459 | 807 | 91 | 3709 | 8760 |

Tabella A1.6 Ripartizione stagionale e numero totale di presentazione degli eventi in ciascuna delle direzioni del vento ricavati dai dati ISTAT relativi al periodo 1987-1997.

| | N | NE | E | SE | S | SW | W | NW | C |
|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| INVERNO(%) | 0.0013 | 0.0628 | 0.0377 | 0.0061 | 0.0084 | 0.0047 | 0.0063 | 0.0008 | 0.122 |
| PRIMAVERA(%) | 0.0043 | 0.0515 | 0.0282 | 0.0048 | 0.0112 | 0.0169 | 0.0264 | 0.0037 | 0.1031 |
| ESTATE(%) | 0.0026 | 0.0420 | 0.0271 | 0.0065 | 0.0081 | 0.0187 | 0.0399 | 0.0035 | 0.1015 |
| AUTUNNO(%) | 0.0017 | 0.0628 | 0.0453 | 0.0084 | 0.0104 | 0.009 | 0.0129 | 0.0017 | 0.0978 |
| Tot(%) | 0.0099 | 0.2191 | 0.1384 | 0.0258 | 0.038 | 0.0493 | 0.0855 | 0.0097 | 0.4244 |

Tabella A1.7 Distribuzione stagionale e globale della frequenza percentuale di presentazione delle direzioni del vento alaborate sulla base dei dati ISTAT relativi al periodo 1987-1997.

Frequenza totale direzioni del vento
Classe di velocità 1: $0.5 < v < 2$ m/s

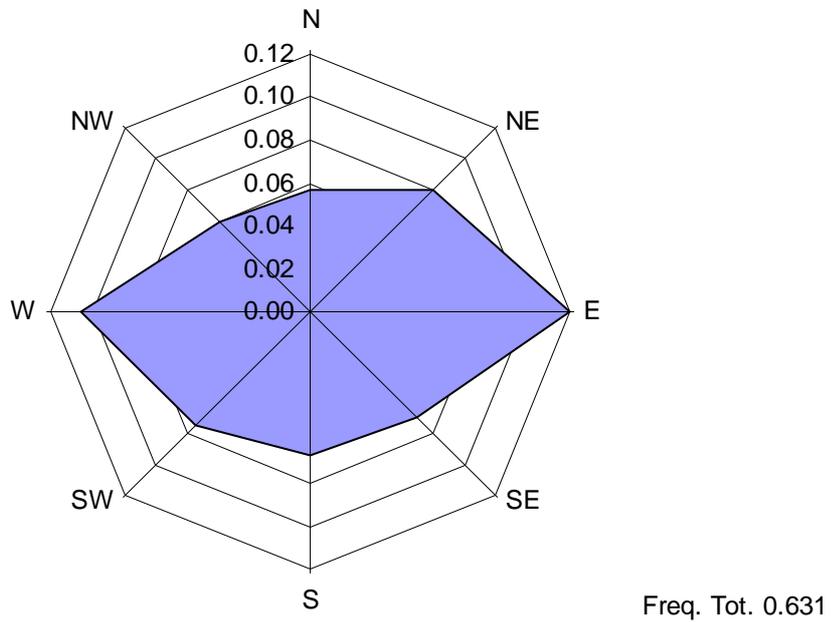


Figura A1.1 Rosa dei venti per velocità del vento nell'intervallo $0.5 \div 2.0$ m/s.

Frequenza totale direzioni del vento
Classe di velocità 2: $2 < v < 4$ m/s

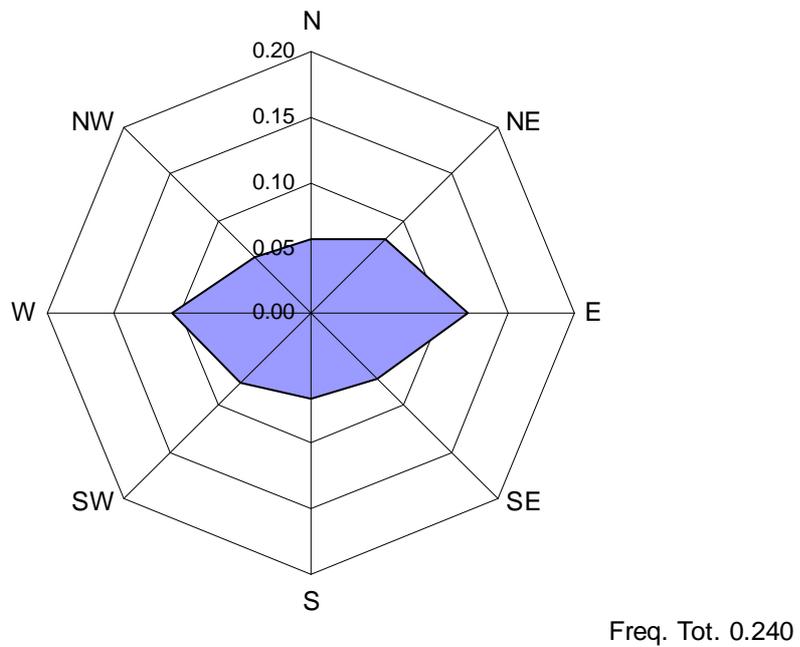
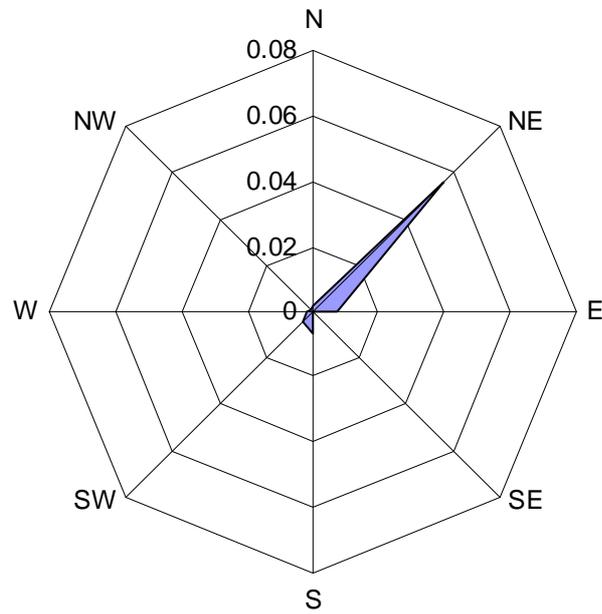


Figura A1.2 Rosa dei venti per velocità del vento nell'intervallo $2.0 \div 4.0$ m/s.

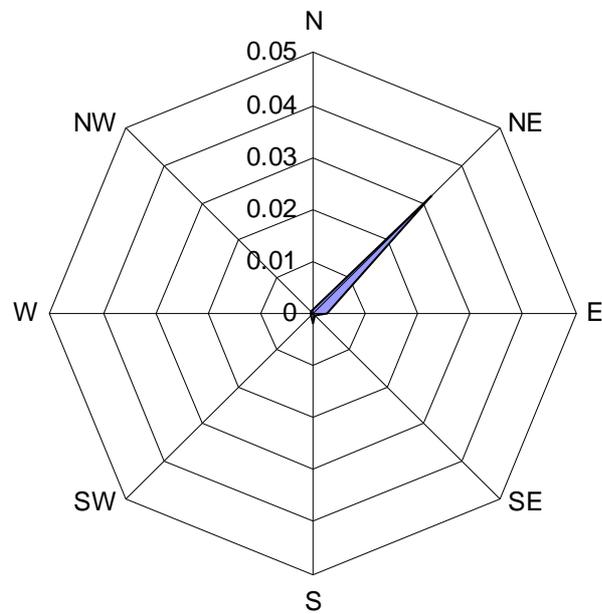
Frequenza totale direzioni del vento
Classe di velocità 3: $4 < v < 6$ m/s



Freq. Tot. 0.079

Figura A1.3 Rosa dei venti per velocità del vento nell'intervallo $4.0 \div 6.0$ m/s .

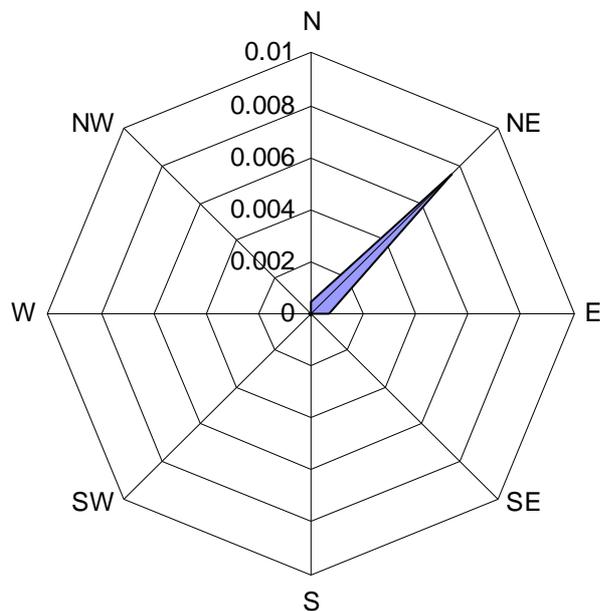
Frequenza totale direzioni del vento
Classe di velocità 4: $6 < 9$ m/s



Freq. Tot. 0.039

Figura A1.4 Rosa dei venti per velocità del vento nell'intervallo $6.0 \div 9.0$ m/s .

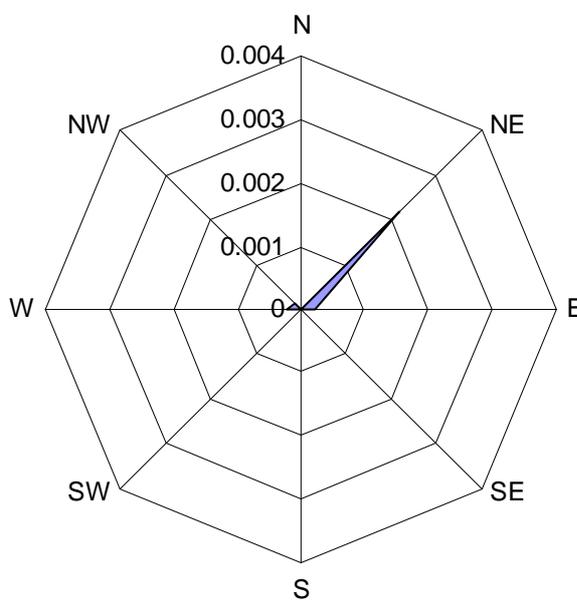
Frequenza totale direzioni del vento
Classe di velocità 5: $9 < v < 12$ m/s



Freq. Tot. 0.009

Figura A1.5 Rosa dei venti per velocità del vento nell'intervallo 9.0÷12.0 m/s.

Frequenza totale direzioni del vento
Classe di velocità 6: $v > 12$ m/s



Freq. Tot. 0.003

Figura A1.6 Rosa dei venti per velocità del vento nell'intervallo 12 m/s

APPENDICE 2 - VALIDAZIONE DEL MODELLO DI DISPERSIONE ATMOSFERICA

A2.1 Precondizioni dello studio effettuato

La disponibilità di una serie di misure sperimentali della concentrazione media oraria di SO₂ (C_{SO2}) nella stazione di Via del Carpineto, con associate misure di direzione del vento [1], relative ai primi cinque mesi del 1998, unitamente ad una sufficiente caratterizzazione delle sorgenti di emissione di SO₂ dello Stabilimento "Servola SpA" [2] hanno consentito una sia pure parziale validazione del modello di simulazione della dispersione atmosferica degli inquinanti nella zona di Servola, utilizzato nel presente studio.

La limitatezza statistica del campione dei dati disponibili, la mancanza di rilevazioni sperimentali sulla categoria meteorologica e dell'intensità del vento in atto al momento delle misure e l'incertezza derivante dall'imperfetta conoscenza del relativo termine di sorgente (si sono ammessi validi i dati rilevanti nel corso dell'indagine DISIA [2]) rendono ovviamente approssimati i risultati dei calcoli, peraltro certamente di interesse per il presente studio. Ne possono infatti derivare anche indicazioni utili per l'eventuale pianificazione ed esecuzione del monitoraggio ambientale, da attuare per confermare le previsioni del SIA.

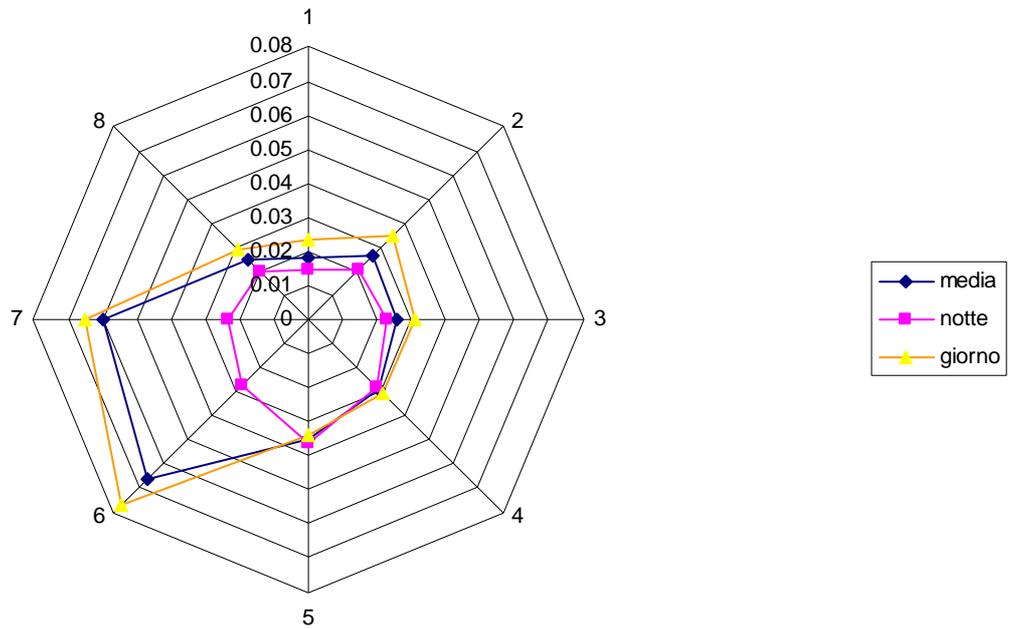
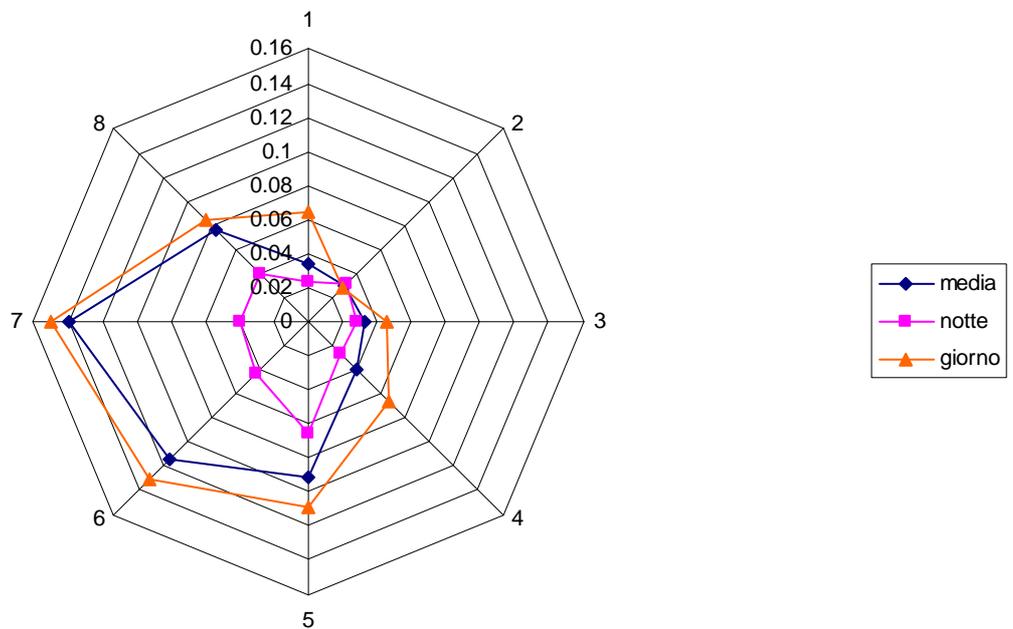
A2.2 Analisi dei dati sperimentali disponibili

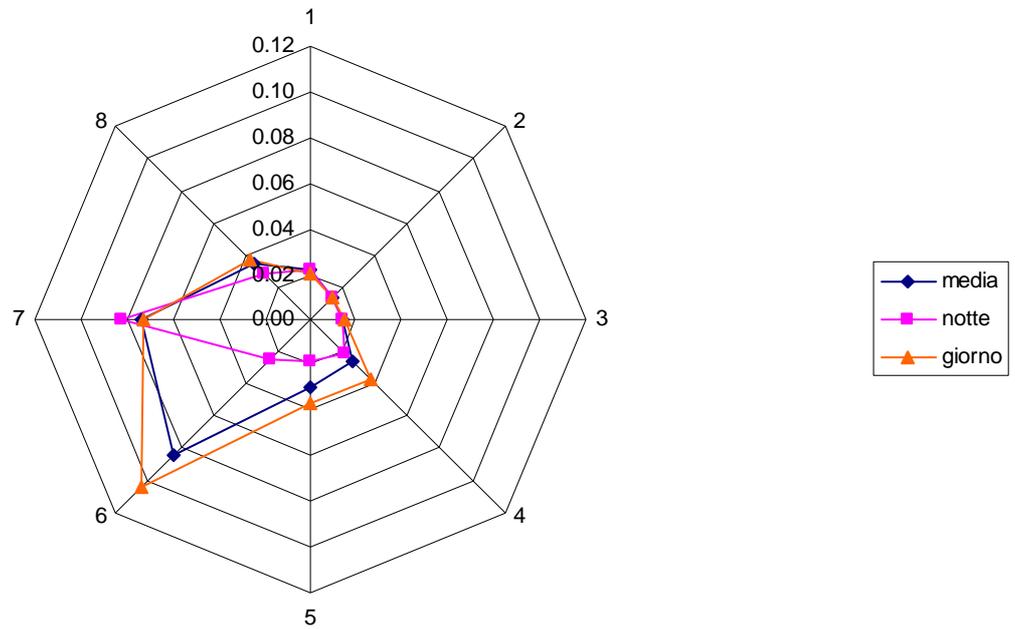
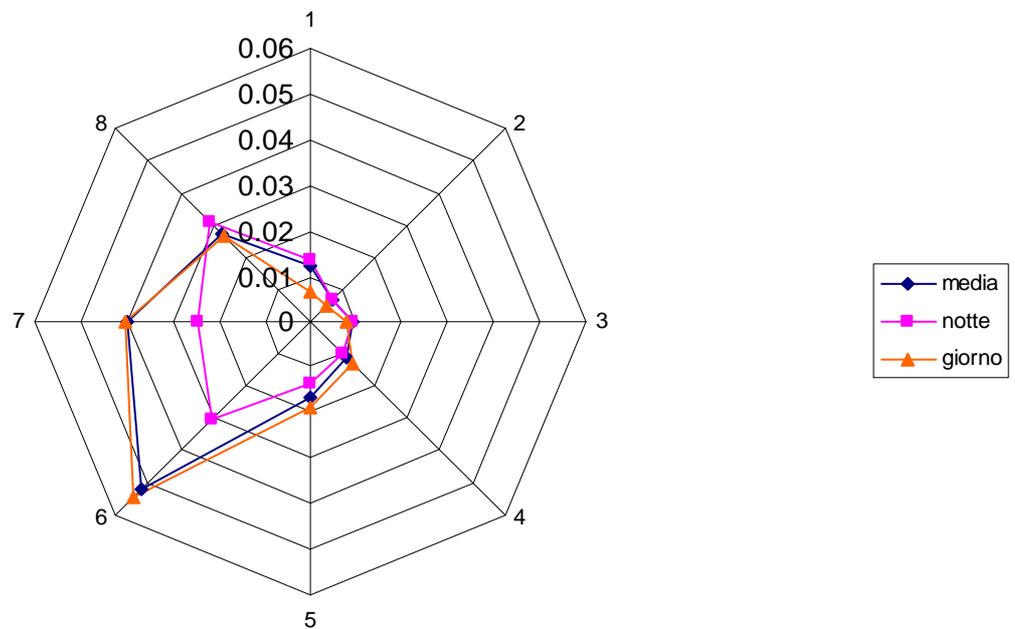
I risultati della serie di misure di C_{SO2} eseguite dalla centralina di Via del Carpineto nei primi 5 mesi del 1998 sono riportati, mese per mese e per l'intero periodo, nelle Figg. A2.1 - A2.6, in forma di "rose" di C_{SO2} in funzione della direzione di provenienza del vento. In ciascuna figura sono mostrate anche le "rose" ottenute suddividendo i dati in due gruppi, quelli relativi a misure diurne e quelli relativi a misure notturne.

L'esame delle suddette figure consente le seguenti osservazioni di immediata evidenza:

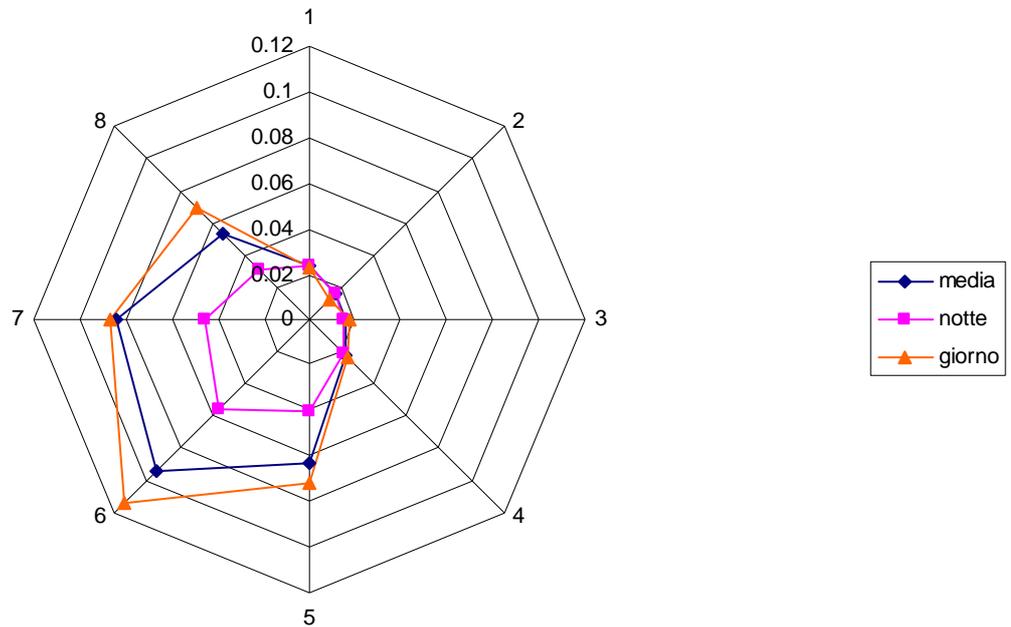
- a) Quando il vento ha direzione di provenienza compresa nel primo quadrante (da N ad E), i valori di C_{SO2} risultano minimi ed in generale compresi nell'intervallo 20-25 µg/m³, anche se è riscontrabile una certa variabilità da un mese all'altro; tali valori sembrano quindi indicativi del fondo ambientale di inquinamento da SO₂, inclusivo degli apporti trasfrontalieri dai Paesi dell'Europa Centro-Orientale (e segnatamente, per la prossimità geografica, dalla Slovenia).
- b) I valori massimi delle concentrazioni medie orarie di SO₂ si riscontrano in tutti i mesi con vento avente direzione di provenienza O o SO, quando cioè la postazione di misura si trova sottovento rispetto alla zona industriale. Pur in presenza di una variabilità da mese a mese ancora più accentuata, i valori medi misurati si collocano intorno ad 80 µg/m³, indicando in 50-60 µg/m³ l'entità dell'apporto delle emissioni di SO₂ dalla zona industriale alle concentrazioni misurate.
- c) Ad analoghe conclusioni si arriva sostanzialmente considerando i dati delle misure effettuate soltanto di giorno, mentre il quadro si modifica chiaramente se si focalizza l'attenzione su quelle

prese esclusivamente di notte (Figg. A2.1 - A2.6): il valore di fondo si attesta attorno a 15-20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, mentre gli apporti dalla zona industriale (considerando cioè la differenza fra i valori di C_{SO_2} con vento proveniente dal terzo quadrante da O a S-SO ed il valore di fondo) si riducono in media a 5-20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, nelle condizioni di dispersione atmosferica in cui tali misure sono state prese. Come già osservato in precedenza, non mancano misure notturne con valori di C_{SO_2} dell'ordine di 60-80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, evidentemente dovuti al verificarsi di condizioni particolari (anche se il numero delle misure è così limitato da non consentire un giudizio di significatività statistica).

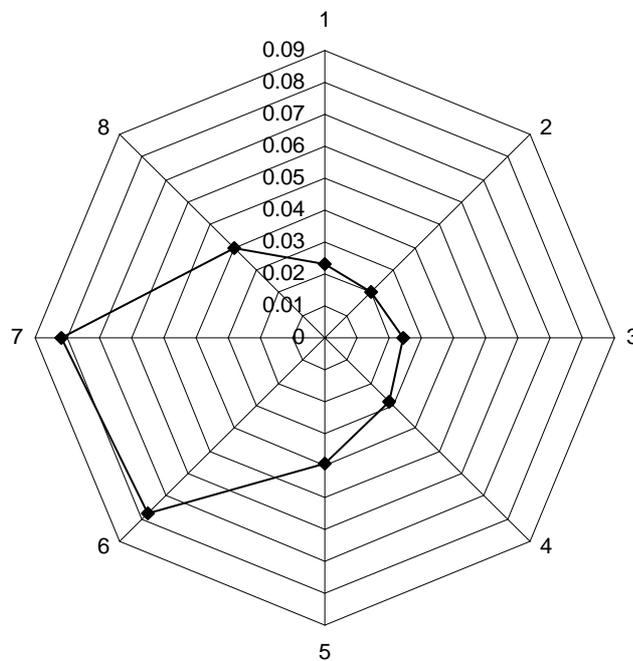
Gennaio 1998Figura A2.1 Concentrazioni orarie di SO₂ misurate in Via del Carpineto**Febbraio 1998**Figura A2.2 Concentrazioni orarie di SO₂ misurate in Via del Carpineto

Marzo 1998Figura A2.3 Concentrazioni orarie di SO₂ misurate in Via del Carpineto**Aprile 1998**Figura A2.4 Concentrazioni orarie di SO₂ misurate in Via del Carpineto

Maggio 1998

Figura A2.5 Concentrazioni orarie di SO₂ misurate in Via del Carpineto

Media oraria, per direzione, Gennaio-Maggio 1998

Figura A2.6 Concentrazioni orarie di SO₂ misurate in Via del Carpineto

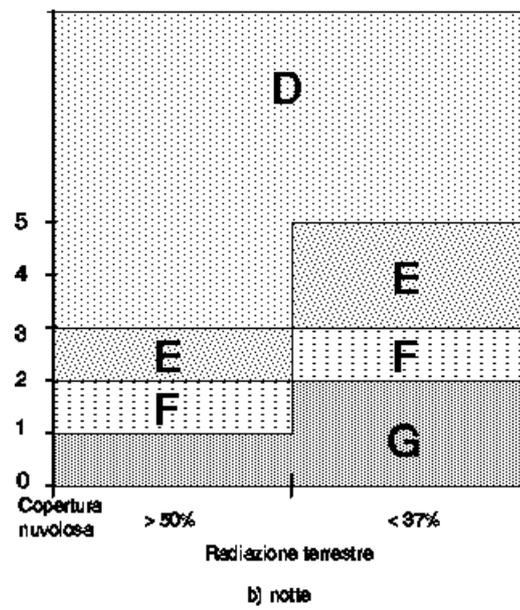
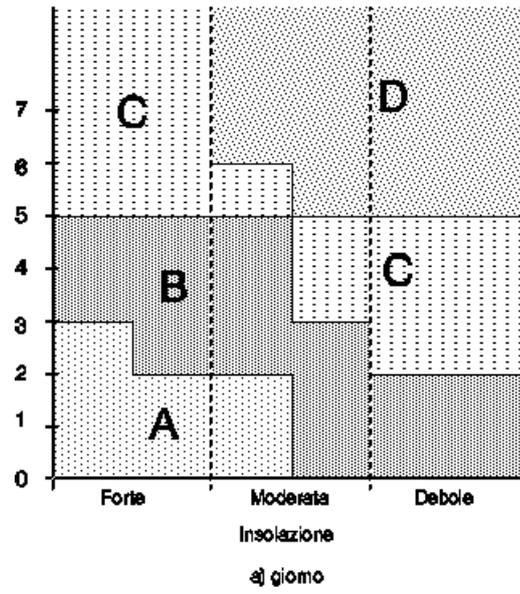


Figura A2.7 Categorie di stabilità atmosferica di Pasquill-Gifford

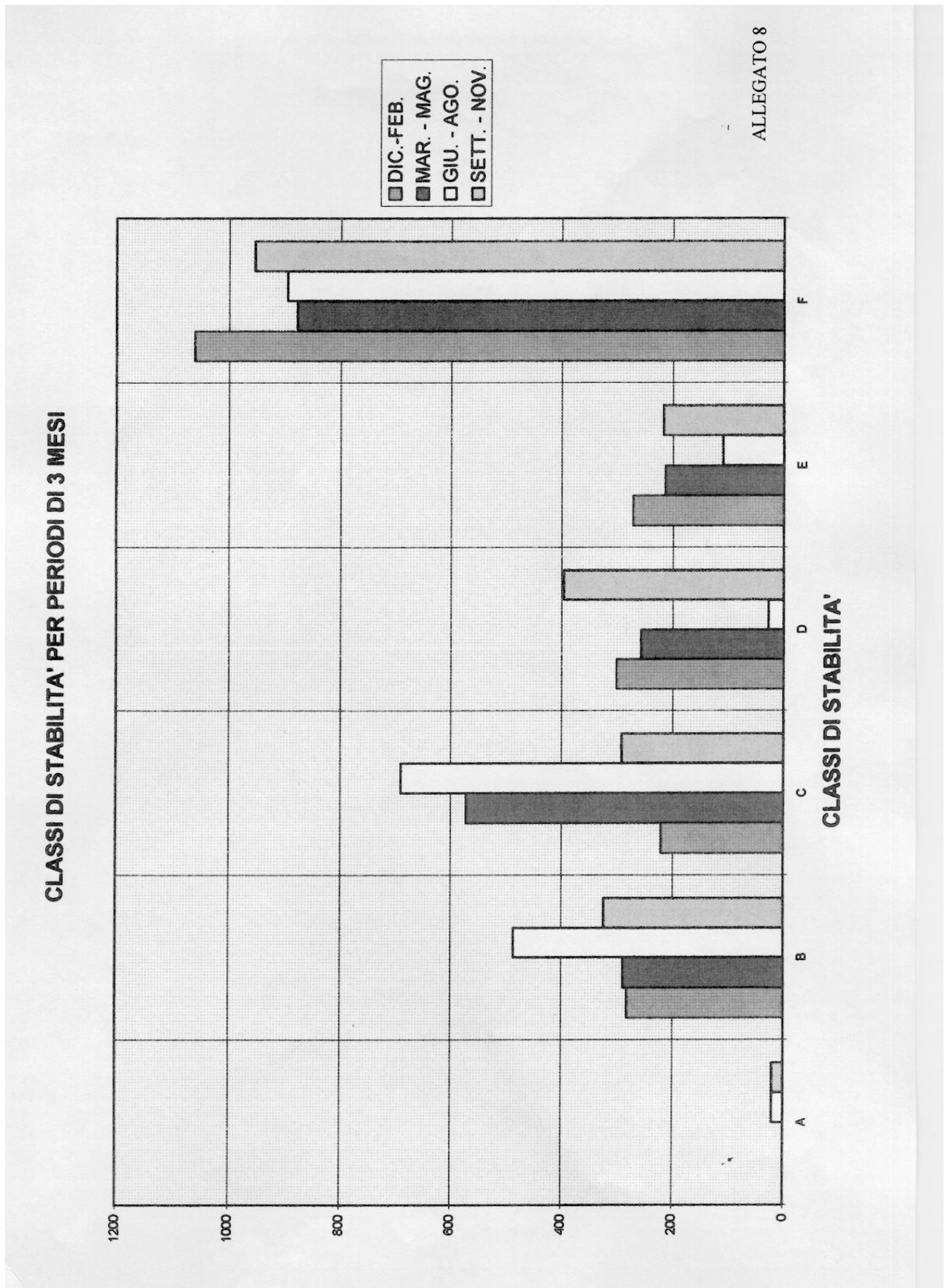


Fig. A2.8 Classi di stabilità per periodi dell'anno ripresa da [4]

A2.3 APPLICAZIONE DEL MODELLO DI SIMULAZIONE

Nel paragrafo A2.1 sono già stati indicati i dati disponibili per l'esecuzione delle simulazioni e le relative sorgenti di incertezza, la principale delle quali riguarda le categorie di stabilità atmosferica in atto quando sono state eseguite le misure discusse nel paragrafo precedente.

Considerando soltanto le rilevazioni notturne la situazione risulta più semplice, dato che in tale situazione sono possibili solo le categorie D, E, F, a seconda dello stato di copertura nuvolosa del cielo e dell'intensità del vento (Fig. A.2.7). D'altra parte, precedenti studi relativi alla situazione meteorologica nella zona di Servola nel 1996 [3], indicano una netta prevalenza nel periodo invernale e primaverile della situazione F (come mostrato in Fig. A2.8 ripresa da tale studio): di notte la frequenza di presentazione di tale categoria meteo, nel periodo gennaio-maggio 1996, è stata certamente superiore al 70%.

In prima approssimazione è sembrato quindi sensato eseguire calcoli "short term" per la sola categoria F con velocità del vento di 1 m/s, per le 4 direzioni che maggiormente apportano inquinanti emessi dalla zona industriale di Servola, alle misure eseguite in Via del Carpineto:

O, O-SO, SO, SO-S

Come termine di sorgente si è usato quello riportato in Tab. A2.1, in base ai dati di emissione di SO₂ del rapporto DISIA [2].

| Emissione (g/s) | Altezza emissione (m) | Temperatura emissione (K) | Velocità emissione (m/s) | Rif. DISIA [1] |
|----------------------------|--------------------------------------|--|---|-----------------------|
| 5.75 | 39.4 | 548. | 8.52 | 0375-0377 |
| 0.73 | 50.0 | 468. | 1.80 | 0378-0380 |
| 1.1 | 60.0 | 468. | 5.75 | 0381 |
| 40.2 | 419. | 5.94 | 3.45 | 038220.1 |
| 2.5 | 25.8 | 483. | 2.46 | 0383-0384 |
| 1.73 | 25.8 | 523. | 3.21 | 0385 |
| 8.24 | 85.0 | 523. | 1.86 | 0386 |
| 0.29 | 55.0 | 493. | 1.76 | 0387 |
| 0.25 | 4.0 | 293. | 1.0 | 0388-0389 |
| 0.74 | 40.0 | 2608 | 5.0 | 0390,0392 |
| 1.45 | 25.0 | 356. | 10.13 | 0405 |

Tabella A2.1 Caratteristiche delle sorgenti SO₂ utilizzate nella simulazione di collaudo del modello.

I risultati sono presentati nelle Figg. A2.9 - A2.12, che indicano apporti compresi fra 5 µg/m³, con vento proveniente da O, e 45 µg/m³ se il vento ha provenienza SO; i valori per le altre due direzioni sono rispettivamente di circa 15 e 20 µg/m³. Tenendo conto che i calcoli si riferiscono

a un valore della velocità del vento (1 m/s) e ad una condizione atmosferica (categoria F) che portano a sovrastimare le concentrazioni, si può ritenere buono l'accordo con i risultati sperimentali.

Per un secondo tentativo di validazione del modello utilizzato, si è pensato di utilizzare tutti i dati disponibili (misure effettuate sia di giorno che di notte), ammettendo che la distribuzione della frequenza di presentazione delle varie categorie meteo sia quella media decennale riportata in Tab. 2 del testo principale del presente documento, e valutando gli apporti dalla zona industriale per le direzioni più significative (da O a S-SO), in ciascuna categoria per la velocità del vento media caratteristica di tali condizione; il termine di sorgente è quello usato nella precedente simulazione (Tab. A2.1).

I risultati dei calcoli sono riportati nelle Figg. A.2.13 - A2.32. Considerando gli apporti medi rispetto alle varie direzioni, si è ricavata la seguente Tab. A2.2, i cui dati, combinati con quelli di presentazione delle varie categorie atmosferiche della citata Tab. 2 consentono di valutare l'apporto medio alla concentrazione misurata in Via del Carpineto in $6-10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Aggiungendo tale valore a quello del fondo, stimato come già detto in $20-25 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ne risulta una stima della concentrazione media di $25-35 \text{mg}/\text{m}^3$, non lontana dal valore sperimentale di $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Fig. 4.2.22).

| Categoria | A | B | C | D | E | F |
|---|-------|-----|-----|-----|------|-------|
| u (m/s) | 1 | 3 | 4 | 5 | 3 | 1 |
| Apporto medio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | 10-12 | 5-8 | 3-7 | 2-5 | 5-10 | 15-20 |

Tab. A2.2 - Apporti medi della zona industriale alla concentrazione di SO_2 misurato dalla centralina di Via del Carpineto, nelle varie situazioni meteorologiche.

Tale conclusione è avvalorata dal fatto che, nel periodo invernale-primaverile in cui sono state effettuate le misure riportate nella Fig. 11 del testo principale della relazione si è avuta certamente una maggiore frequenza di presentazione delle classi di minore dispersione atmosferica rispetto ai dati della citata Tab. 2 utilizzati per il calcolo della concentrazione media.

Infine è stata eseguita un'ultima serie di calcoli in situazione di fumigazione con altezza dello strato di miscelamento $H_m = 200 \text{ m}$, i cui risultati sono mostrati nelle Figg. A2.33 - A2.36. In tali condizioni sono prevedibili apporti delle emissioni della zona industriale di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ con vento di direzione O e $\sim 80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ se il vento proviene da SO. Combinando tali risultati con quelli relativi alla situazione meteorologica F (Figg. A2.9 - A2.12), ne risultano giustificati anche i valori di

concentrazione massima misurati dalla centralina di Via del Carpineto (60 - 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) con vento proveniente dalle direzioni del III quadrante.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Comunicazione personale del Dott. PRINCI, Responsabile Lab. Chimico-Ambientale U.S.L. Trieste
Giugno 1998
- [2] TEI - INGEGNERIA DELL'AMBIENTE
"Programma DISIA - Censimento delle emissioni in atmosfera nell'area metropolitana di Trieste ed esecuzione di indagini integrative sperimentali sulla qualità dell'aria e sull'inquinamento acustico"
Relazione di sintesi, 1993.
- [3] STUDIO SANITAS s.r.l. - Brescia
Valutazione di Impatto Ambientale della Centrale di Cogenerazione di Servola presso: Stabilimento Servola SpA
Relazione Tecnica A076A/97, 1997

Da Figura A2.9 A Figura A2.36 devono essere stampate con la relativa didascalia.

**APPENDICE 3 - RISULTATI DEI CALCOLI DI SHORT-TERM DI DISPERSIONE DI NO_x
CON VELOCITA' DEL VENTO 1M/S IN CATEGORIA DI STABILITA' F
(AREA VASTA)**

**APPENDICE 4 - RISULTATI DEI CALCOLI DI SHORT-TERM DI DISPERSIONE DI
SO₂ POLVERI E CO CON VELOCITA' DEL VENTO
(AREA VASTA)**

**APPENDICE 5 - RISULTATI DEI CALCOLI DI SHORT-TERM E LONG TERM DI
DISPERSIONI DI NO_x, SO₂, POLVERI E CO NELL'AREA RISTRETTA
CON PASSO 400 M**

**APPENDICE 6 - RISULTATI DEI CALCOLI SHORT-TERM DI DISPERSIONE DI NO_x
CON VELOCITA' DEL VENTO 1M/S, CONDIZIONI DI FUMIGAZIONE
E ALTEZZA DELLO STRATO DI MISCELAMENTO DI 200 M E 300 M**

Manca copia elettronica degli elaborati grafici inclusi in:

Appendice 3

Appendice 4

Appendice 5

Appendice 6