

Allegato D5

Relazione Tecnica su Dati e Modelli Meteo Climatici

D5 1.1

INTRODUZIONE

Nel presente *Allegato* si riporta la caratterizzazione meteorologica del territorio ove è ubicata la *Centrale* di Fiume Santo e la descrizione del modello utilizzato per lo studio della ricaduta al suolo degli inquinanti emessi dai camini di *Centrale*.

I dati meteorologici e il modello di calcolo utilizzato per la stima della ricaduta di inquinanti al suolo relativa alla proposta impiantistica indicata nella scheda D della presente documentazione sono i medesimi utilizzati nello Studio di Impatto Ambientale, realizzato da Endesa Italia nel dicembre 2005, per il progetto di realizzazione di un nuovo gruppo a carbone. I *Paragrafi* che seguono sono quindi un estratto dello Studio di Impatto Ambientale sopra citato.

L'area di indagine presa in considerazione per le valutazioni inerenti il comparto atmosfera è stata definita considerando le caratteristiche del territorio nel quale ricade la *Centrale*, le direzioni dei venti prevalenti, nonché le caratteristiche dei rilasci in atmosfera (altezza camini, temperature e velocità dei fumi, ratei di emissione) oggetto dello studio.

In particolare, è stato adottato un dominio di calcolo quadrato di lato pari a 50 km, estendentesi rispetto alla *Centrale* 29 km a Nord, 21 km a Sud, 34 km a Est e 16 km a Ovest.

D5 2.1

CARATTERIZZAZIONE METEOCLIMATICA

Ai fini di una corretta interpretazione della distribuzione spaziale e dell'andamento temporale delle concentrazioni rilevate sul territorio in esame, è necessario ricostruire le caratteristiche climatiche dell'area, considerando contemporaneamente l'evoluzione che a scala locale presentano le principali grandezze meteorologiche nel corso dell'anno.

Nel presente studio, per la definizione del clima tipico dell'area oggetto di indagine si è fatto riferimento a "Il clima di Italia" (Mennella, 1973), in cui viene presentata una rassegna delle diverse tipologie climatiche riscontrabili nella penisola italiana. Le serie storiche dei dati cui si è fatto riferimento in tale raccolta hanno diverse fonti, tra le quali il Servizio Idrografico e Mareografico del Ministero dei Lavori Pubblici, quello della Marina e il Servizio Meteorologico dell'Aeronautica.

Le caratteristiche meteorologiche dell'area di interesse nel presente studio sono evidenziate inoltre attraverso l'analisi delle serie storiche dei dati di alcune stazioni di superficie della regione Sardegna disponibili nella raccolta del Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare (SMAM), costituite dalle osservazioni effettuate ogni 3 ore (SYNOP). Tale raccolta, che rappresenta un sicuro riferimento nel panorama nazionale ed è pubblicata con il titolo "Caratteristiche diffusive dei bassi strati dell'atmosfera", presenta la sintesi delle elaborazioni statistiche, frutto di un lavoro congiunto ENEL - SMAM (1984).

Infine, a scala locale, la caratterizzazione meteorologica è avvenuta attraverso l'utilizzo delle misure registrate dal sistema integrato della Rete di Monitoraggio Meteorologia della *Centrale* Endesa di Fiume Santo, disponibili per il periodo 1995 - 2003.

Il sito oggetto dello studio si trova sulla costa settentrionale della Sardegna, a circa 8 km ad Ovest di Porto Torres. La linea di costa presenta un ampio arco da E a NO tra Porto Torres e Stintino. L'entroterra si presenta pianeggiante

fino a circa 5 km dalla costa in direzione S. Le lievi ondulazioni che caratterizzano la pianura assumono in questa direzione un aspetto collinare, con cime che raggiungono quote massime intorno ai 300 - 350 m, ad una distanza di circa 8 - 9 km dalla costa. Verso O e NO la zona pianeggiante si restringe per la presenza della stretta penisola di Stintino e le ondulazioni collinari costituiscono lo spartiacque nella zona più occidentale, con quote che raggiungono al massimo i 100 m. A N gli unici rilievi, ad una distanza di circa 10 - 20 km dal sito, sono costituite dalle colline di Stintino, che raggiungono quote di 100 - 150 m, e dall'isola dell'Asinara con cime di 250 - 350 m.

La Sardegna ha un aspetto molto vario e può definirsi prevalentemente montuosa. L'altitudine media è di 344 m slm, tuttavia la metà del territorio ha una altitudine inferiore ai 300 metri. I rilievi non sono elevati (la cima più alta, il Picco della Marmora, nel Gennargentu, raggiunge i 1.800 metri) e spesso hanno declivi molto ripidi.

Sussiste una netta differenza tra i versanti orientale e occidentale dell'isola. La parte orientale, prospiciente il Tirreno, è più montuosa con valli anguste e pianure costiere molto strette. Viceversa il versante occidentale presenta un declivio più regolare e graduale, le valli fluviali sono larghe e le pianure litorali piuttosto ampie. Tale conformazione orografica esercita una spiccata influenza sulle correnti aeree determinando sensibili differenze tra i due versanti principali dell'isola. La Sardegna occidentale è aperta alle correnti piuttosto umide provenienti dal mare e l'allineamento del rilievo, disposto prevalentemente lungo i meridiani, conferisce al gruppo insulare Sardo-Corso la funzione di schermo rispetto alle correnti provenienti da Ovest. La parte orientale della Sardegna è, invece, quasi chiusa all'influsso marino, che si manifesta soltanto in una ristretta fascia costiera.

Il regime anemologico risulta dominato dai venti occidentali e da una elevata ventosità: le depressioni atlantiche e mediterranee provenienti dall'occidente hanno traiettorie che seguono pressoché il quarantesimo parallelo, che divide l'isola a metà; il versante occidentale è interessato tutto l'anno da correnti provenienti da NO. Le depressioni atlantiche sono prevalenti in inverno, mentre quelle mediterranee in autunno, quando determinano una elevata concentrazione di eventi temporaleschi.

La posizione della Sardegna, posta al centro del Mediterraneo occidentale, e il suo carattere di isola distante da masse continentali di grande estensione, determinano le caratteristiche principali del clima.

Il rilievo prevalentemente tabulare della Sardegna fa sì che l'isola sia interessata da un clima uniforme, sempre più tipicamente mediterraneo al diminuire della latitudine. L'elemento caratterizzante il clima della Sardegna è la marittimità, che si manifesta con temperature complessivamente miti, legate alla latitudine e alla notevole distanza da masse continentali di grande

estensione. La latitudine, in particolare, esclude sia rigori eccessivi dell'inverno sia forti calure estive.

Da un punto di vista pluviometrico si hanno spiccate singolarità. Le precipitazioni sono solitamente limitate, con una maggiore concentrazione nella stagione invernale e autunnale e qualche improvviso acquazzone in primavera. Le manifestazioni piovose si presentano sotto forma di rovesci violenti, con totali annui caratterizzati da accentuata instabilità. Il regime pluviometrico - con il massimo principale alla fine dell'autunno e minimo principale a luglio - può definirsi di transizione tra il regime sublitoraneo e quello mediterraneo.

Le caratteristiche locali possono essere meglio delineate dagli andamenti mensili dei diversi parametri.

È utile far precedere le considerazioni inerenti l'andamento della temperatura dell'aria relativo al sito oggetto di studio da una descrizione dell'andamento delle temperature mensili ed annue della superficie dei mari prospicienti (*Tabella D5.2.1a*), in quanto esse condizionano gli andamenti del parametro atmosferico. A tal proposito, occorre sottolineare che l'isola ha una larghezza media di 110 km, per cui nessuna località dista dal mare oltre 55 chilometri.

Tabella D5.2.1a *Temperature Medie Mensili ed Annue (°C) dell'Acqua del Mare in Superficie presso le Coste Sarde (Mennella)*

Coste	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	ANNO
Settentrionali	13,4	13,3	13,2	14,0	16,3	19,9	22,7	23,4	22,3	19,6	17,1	14,7	15,0
Tirreniche	13,5	13,0	13,4	14,3	16,7	20,1	22,8	23,7	22,5	20,0	17,2	15,0	13,8
Settentrionali	13,8	13,4	13,7	14,7	16,9	20,4	23,2	24,7	23,3	20,4	17,7	15,3	13,9
Meridionali	14,0	13,5	13,8	14,8	16,9	20,4	23,5	24,5	23,4	20,5	18,0	15,6	14,1
Occidentali	13,8	13,4	13,8	14,7	16,8	20,3	23,4	24,3	23,0	20,4	17,8	15,4	14,4
Meridionali	13,5	13,0	13,5	14,5	16,5	20,1	23,0	23,5	22,5	19,6	17,4	14,8	14,3
Occidentali													
Settentrionali													

Il massimo annuale è presente in agosto, con valori compresi tra 23,4 e 24,5 °C e differenze marcate rispetto ai mesi precedente e successivo. Il minimo annuale cade a febbraio, con valori compresi tra 13 e 13,5 °C, che risultano in linea con quelle degli altri mesi invernali. L'escursione media annua risulta di 10,1 °C presso le coste settentrionali e di 11°C nelle acque prospicienti le coste meridionali dell'isola. Tra la zona settentrionale e quella meridionale la differenza di temperatura tra le medie dei diversi mesi si attesta intorno ad 1 °C.

In base alla suddivisione dei climi su scala mondiale proposta nel 1931 dal meteorologo e geofisico Köppen (Pinna, 1978), che costituisce un riferimento tra le classificazioni climatiche finora proposte, il territorio italiano appartiene all'area dei climi di tipo C (*climi temperati*). Allo scopo di adottare una

classificazione climatica che rispondesse maggiormente alle peculiarità del territorio italiano, una penisola stretta e fortemente allungata in senso longitudinale, così da comprendere un'ampia classe di climi temperati, il geografo Mario Pinna (Mennella, 1973) ha ripreso la classificazione proposta dal Köppen, introducendo nelle classi principali da lui definite ulteriori suddivisioni sulla base dell'analisi del regime termico tipico dell'Italia.

Nell'ambito nella tipologia dei climi temperati, la Sardegna appartiene al Compartimento Sardo-Corso, caratterizzato da diversi regimi termici.

La costa meridionale sarda, dal Sulcis al Golfo di Cagliari, e altre aree estendentisi fino a fiume Flumendosa appartengono al clima definito "temperato sub-tropicale", una tipologia climatica presentante le seguenti caratteristiche termiche:

- temperatura media annua maggiore o uguale a 17 °C;
- temperatura media del mese più freddo superiore a 10 °C;
- cinque mesi con temperatura media uguale o maggiore a 20 °C;
- escursione annua compresa tra 13 °C e 17 °C.

La rimanente zona costiera e l'immediato entroterra sardo evidenziano condizioni termiche meno estreme, comuni alla maggior parte delle zone litoranee d'Italia; tale clima, definito "temperato caldo", presenta:

- temperatura media annua compresa tra 14,5 °C e 16,9 °C;
- temperatura media del mese più freddo compresa tra 6 °C e 9,9 °C;
- quattro mesi con temperatura media uguale o maggiore a 20 °C;
- escursione annua compresa tra 15 °C e 17 °C.

La fascia collinare appartiene al clima "temperato sub-litoraneo", le cui caratteristiche termiche possono essere sintetizzate come segue:

- temperatura media annua compresa tra 10 °C e 14,4 °C;
- temperatura media del mese più freddo compresa tra 4 °C e 5,9 °C;
- tre mesi con temperatura media uguale o maggiore a 20 °C;
- escursione annua compresa tra 16 °C e 19 °C.

Nella seguente *Tabella D5.2.1b* sono riportati i valori medi di temperatura dell'aria relativi ai mesi maggiormente rappresentativi delle diverse stagioni, riferiti alle diverse zone altimetriche in cui può essere suddivisa la Sardegna.

Tabella D5.2.1b

Temperature Medie Mensili ed Annue, ed Escursione Media Annuale dell'Aria in Sardegna (Mennella)

Valori medi nella varie stazioni dell'isola	Giu	Apr	Lug	Ott	ANNO	Escursione
ZONA COSTIERA						
versante settentrionale	9,2	13,0	22,5	17,7	15,6	13,8
versante occidentale	9,8	13,9	23,7	18,7	16,4	14,2
versante meridionale	10,5	14,4	24,5	19,7	17,3	14,6
versante orientale	9,8	14,3	24,8	18,8	16,9	15,1
BASSA COLLINA (tra 100 e 400 m)						
versante settentrionale	7,8	13,2	24,1	16,6	15,8	16,5
versante meridionale	9,1	14,6	26,1	18,7	17,0	16,8
ALTA COLLINA (tra 400 e 500 m)						
versante settentrionale	5,9	11,2	22,2	14,8	13,5	16,4
versante occidentale	6,7	11,8	22,9	16,3	14,4	17,3
versante meridionale	6,6	12,1	23,9	16,5	14,7	17,3
versante orientale	6,2	12,1	23,9	16,1	14,9	17,9
BASSA MONTAGNA (tra 550 e 750 m)						
versante settentrionale	5,5	11,5	22,7	14,8	13,6	17,2
versante orientale	6,1	11,9	23,5	16,2	14,2	17,5
MEDIA MONTAGNA (tra 750 e 1000 m)						
	4,2	10,1	21,7	14,1	12,5	18,2
ALTA MONTAGNA (superiore ai 1000 m)						
	4,1	6,9	18,9	11,1	10,4	15,1

La regione risulta ampiamente influenzata dal mare e tale influenza si manifesta in forma diversa sui due versanti principali, quello occidentale e quello orientale.

In genere, i versanti settentrionali presentano, a tutte le quote e in tutte le stagioni, i valori più bassi della temperatura media mensile.

Tra le coste e le aree poste ad una quota di 1.000 metri, a gennaio, a luglio e nel corso dell'intero anno, si registra un gradiente altimetrico di temperatura pari a 0,5 °C di riduzione ogni 100 m, indice di spiccata marittimità.

La temperatura media di ottobre risulta ovunque nettamente più elevata di quella di aprile, a evidenza dell'influenza esercitata dal mare. La differenza tra le temperature dei due mesi è pari a 5 °C nella zona costiera meridionale, scende a 4 °C in quelle di bassa e alta collina, a 3 °C in bassa montagna e risale a 4 °C in corrispondenza delle aree di media e alta montagna.

Il carattere di marittimità, che si riflette sull'escursione termica diurna media annua, e la notevole distanza dalle masse continentali costituiscono i fattori equilibratori del clima della Sardegna, che si presenta livellato su valori di temperatura elevati.

L'analisi dei valori medi estremi effettuata per le diverse stazioni, ripartite secondo le zone altimetriche (Tabella D5.2.1c), permette di evidenziare la

limitata influenza dell'altitudine: infatti, anche al di sopra dei 1.000 metri di quota le temperature minime non risultano mai troppo basse e le medie mensili delle temperature diurne non scendono mai al di sotto dello zero.

Tabella D5.2.1c *Temperature Medie Mensili, Medie delle Massime e delle Minime, Escursione Media (Mennella)*

Distribuzione orizzontale e verticale della temperatura	Gennaio mass medd	Aprile mass esc medd		Luglio mass esc medd		Ottobre Mass esc medd		Anno mass esc						
	min	min	min	min	min	min	min	min	min					
ZONA COSTIERA														
Versante settentrionale	9,2	12,0	5,6	13,0	16,2	6,5	22,5	8,0	17,7	20,9	6,5	15,6	19,0	6,9
		6,4		9,7		18,5		14,4					12,1	
Versante occidentale	9,2	12,8	7,1	13,5	18,0	8,9	23,4	10,6	18,3	22,8	9,0	16,1	20,5	8,9
		5,7		9,1		18,1		13,8					11,6	
Versante meridionale	10,6	13,8	6,5	14,9	19,0	8,2	25,3	10,1	19,9	23,7	7,6	17,6	21,7	8,1
		7,3		10,8		20,3		16,1					13,6	
Versante orientale	9,8	13,8	8,1	14,5	19,3	9,5	24,9	11,4	18,5	23,2	9,4	16,9	21,7	9,6
		5,7		9,8		19,2		13,8					12,1	
BASSA COLLINA (tra 100 e 400 m)														
Versante settentrionale	7,8	11,3	7,0	13,3	18,2	9,7	24,1	13,0	16,6	21,5	9,7	16,0	20,5	9,1
		4,3		8,5		17,6		11,8					11,4	
Versante meridionale	9,5	13,4	7,9	14,8	20,4	11,1	26,6	13,9	18,7	23,8	10,1	17,3	22,6	10,6
		5,5		9,3		19,7		13,7					12,0	
ALTA COLLINA (tra 400 e 500 m)														
		9,3		16,1		29,3		20,0					18,8	
	6,3	5,9	11,7	8,7	23,2	12,2	15,9	8,2	14,4				8,9	
		3,4		7,4		17,1		11,8					9,9	
BASSA MONTAGNA (tra 550 e 750 m)														
		8,8		16,0		29,3		19,7					18,4	
	6,0	5,6	11,8	8,4	22,7	11,5	14,8	8,3	13,7				8,3	
		3,2		7,6		17,8		11,4					10,1	
MEDIA MONTAGNA (tra 750 e 1000 m)														
		6,9		14,7		27,5		18,3					16,8	
	4,2	5,5	10,0	9,4	21,5	12,0	14,0	8,5	12,4				8,9	
		1,4		5,3		15,5		9,8					7,9	
ALTA MONTAGNA														
		6,4		10,3		24,2		14,5					14,1	
	4,1	4,6	6,9	6,7	18,9	10,6	11,1	6,8	10,4				7,3	
		1,8		3,6		13,6		7,7					6,8	

Al contrario, i valori delle temperature massime diurne medie di luglio ed agosto risultano abbastanza elevate, come dimostra il fatto che in diverse stazioni sono superati i 33 °C. La zona di più accentuata continentalità, almeno per il tenore delle massime di luglio, è rappresentata dal versante meridionale della bassa collina.

Nella seguente *Tabella 4.2.1.1d* sono riportate le statistiche relative alla temperatura dell'aria misurata presso la stazione di *Centrale*.

Tabella D5.2.1d *Estremi Termici Misurati presso la Centrale di Fiume Santo*

Centrale di Fiume Santo		G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	ANNO	Esc
Media	Massima	13,7	12,9	16,4	18,1	22,0	25,3	30,5	31,2	27,7	25,3	19,6	15,4	21,5	
Giornaliera															
Media	Giornaliera	11,4	10,4	13,3	14,9	18,9	21,7	26,4	27,4	24,2	21,5	16,6	12,4	18,4	17
Media	Minima	8,0	7,5	9,9	11,5	15,3	17,2	20,5	23,3	19,8	17,4	13,4	9,5	14,4	
Giornaliera															
Escursione media		5,8	5,4	6,4	6,6	6,7	8,1	10,0	7,9	8,0	7,8	6,2	5,9	7,1	

L'analisi degli estremi termici calcolati a partire dalla serie oraria dei dati misurati dalla rete meteorologica di *Centrale* permette di evidenziare un clima temperato sub-tropicale, caratterizzato da una media annua elevata superiore a 17 °C, da media del mese di febbraio superiore a 10 °C, da cinque mesi con temperatura media superiore a 20 °C ed escursione annua di 17 °C.

La pioggia è l'elemento meteorologico maggiormente influenzato dall'orografia, che determina sia la quantità delle precipitazioni sia il regime pluviometrico. In generale, la distribuzione territoriale della pioggia è studiata ripartendo le stazioni per bacino imbrifero e per fasce altimetriche.

L'analisi del parametro condotta dal Mennella individua in Sardegna un regime pluviometrico dominante così caratterizzato:

- il massimo principale è presente a dicembre, con valori compresi tra i 100 e 150 mm;
- il minimo principale si presenta in luglio ed è quasi sempre inferiore ai 10 mm;
- il mese di novembre ha una media superiore a quella di gennaio;
- solo le stazioni del versante orientale presentano un massimo primaverile, per tutte le altre si ha una progressiva diminuzione della piovosità da gennaio a luglio;
- la carenza estiva si manifesta già a partire dal mese di maggio, con una media di circa 45 mm; i valori sono più alti per le stazioni del versante orientale;
- sussiste un notevole incremento della piovosità con l'altitudine: al di sopra dei 1.000 metri è possibile riscontrare medie superiori ai 1.000 mm;
- il numero annuo di giorni con precipitazioni varia in generale in funzione della quota altimetrica, così come evidenziato dai dati di sintesi riportati nella *Tabella* seguente, dai quali è possibile osservare un generale aumento di tale numero al crescere dell'altitudine, fino ad una quota di circa 1.000 metri, al di sopra della quale si registra una sua diminuzione.

Tabella D5.2.1e *Numero Annuo di Giorni con Precipitazione in Funzione della Quota Altimetrica*

Quota Altimetrica (m slm)	Numero di Giorni Piovosi
0 ÷ 100	64
100 ÷ 500	75
500 ÷ 750	76
750 ÷ 1.000	96
> 1.000	85

Le piogge in Sardegna cadono sotto forma di violenti rovesci. Una diretta conseguenza di ciò è l'estrema variabilità interannuale delle precipitazioni. In generale, è possibile però affermare che il regime pluviometrico annuale presenta un massimo principale alla fine dell'autunno (novembre) ed uno secondario all'inizio della primavera (marzo). In ogni caso, il periodo piovoso vero e proprio termina nel mese di maggio, per poi riprendere ad ottobre. Il minimo principale di piovosità si manifesta in estate, tra i mesi di luglio ed agosto. Tali caratteristiche definiscono un regime di transizione tra il regime sublitoraneo (tipico della parte continentale e centrale della penisola italiana) e quello mediterraneo (tipico della Sicilia).

Nella seguente *Tabella D5.2.1f* sono riportate le statistiche per alcune stazioni del versante settentrionale dell'isola suddivise per bacini imbriferi e per altitudine.

Tabella D5.2.1f *Valori di Piovosità Media in Alcune Stazioni del Versante Settentrionale (Mennella)*

STAZIONE		G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	ANNO
<i>Mannu di Porto Torres</i>														
Chiesi (472 m slm)	mm	104	91	78	67	47	16	8	9	63	83	128	131	825
	giorni	10	9	8	7	6	2	1	1	4	8	10	12	78
Sassari (224 m slm)	mm	62	59	58	52	41	10	4	7	46	71	88	98	596
	giorni	9	8	8	7	5	2	1	1	4	8	9	12	74
Porto Torres (2 m slm)	mm	48	47	44	36	30	11	3	12	35	75	86	88	515
	giorni	8	8	8	6	5	2	1	1	4	7	9	10	69
<i>Liscia</i>														
Tempio (558 m slm)	mm	104	110	89	84	58	18	8	16	66	92	113	127	885
	giorni	10	10	9	8	6	2	1	1	5	8	10	12	82
Luogosanto (315 m slm)	mm	122	98	88	76	54	16	5	12	52	112	126	152	913
	giorni	11	10	9	8	6	2	1	1	5	9	12	13	87
Bassacutena (69 m slm)	mm	113	93	77	58	40	17	6	12	43	80	100	128	767
	giorni	10	8	7	6	5	2	1	1	4	7	9	10	70
<i>Isola Maddalena</i>														
Guardia Vecchia (177 m slm)	mm	71	50	63	34	22	9	7	6	37	62	62	80	503
	giorni	8	5	6	5	3	2	1	1	4	6	7	8	56

Dalle medie mensili è possibile osservare le seguenti caratteristiche:

- il massimo principale si manifesta a dicembre;
- le stazioni appartenenti al bacino imbrifero del Liscia e dell'isola Maddalena manifestano i caratteri tipici del versante orientale, i valori medi di novembre cioè sono quasi uguali a quelli di gennaio;
- le stazioni del bacino del Mannu, invece, sono tipiche del versante occidentale, con novembre più piovoso di gennaio;

- non è evidenziabile un massimo secondario primaverile, ma i valori medi decrescono regolarmente da gennaio a luglio, anche se il periodo piovoso termina con maggio;
- il minimo principale si manifesta a luglio.

Nella seguente *Tabella D5.2.1g* sono riportate le statistiche pluviometriche per la stazione di *Centrale*.

Tabella D5.2.1g *Valori di Piovosità Media Rilevati presso la Stazione di Centrale*

Media mensile e annuale	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	ANNO
	42	23	35	31	43	15	11	30	38	59	86	65	477

L'umidità relativa in Sardegna risulta complessivamente elevata, pur senza raggiungere punte estreme. Le medie annuali generalmente superano il valore del 70% in corrispondenza delle stazioni costiere, mentre le stazioni interne registrano valori inferiori.

Il regime annuo in generale mostra il massimo principale in inverno (a dicembre o gennaio) e il minimo principale in estate (a luglio o ad agosto), non mancano tuttavia le eccezioni, come nel caso delle stazioni costiere del versante settentrionale della Sardegna. Dalla seguente *Tabella D5.2.1h*, è possibile osservare infatti che la stazione di Guardia Vecchia alla Maddalena presenta il massimo a novembre, quella di Porto Torres a maggio.

Le medie estive sono alte per le stazioni costiere e notevolmente basse per quelle dell'interno e in quota. Viceversa, nei mesi invernali le stazioni dell'interno rilevano medie elevate.

Tabella D5.2.1h *Umidità Media Relativa in Alcune Stazioni del Versante Settentrionale (Mennella)*

STAZIONE	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	ANNO	Esc
Porto Torres (15 m)	78	76	77	76	79	73	73	73	76	77	78	78	77	6
Guadia Vecchia (158 m) (Maddalena)	76	73	74	74	77	71	69	68	73	77	78	74	74	10
Sassari (229 m)	82	79	71	73	73	63	60	60	65	72	77	77	71	22
Tempio Pausania (556 m)	85	70	70	69	77	67	66	65	71	76	86	86	74	21

Le stazioni di Sassari e di Tempio Pausania pur essendo l'una interna e la seconda d'altura, evidenziano medie annue leggermente superiori al 70%, valori tipici delle zone costiere. Le medie invernali sono superiori a quelle estive, caratteristica tipica delle stazioni interne.

La stazione di Porto Torres evidenzia valori medi mensili poco variabili (dal 73 al 79%) con l'anomalia del massimo principale nel mese di maggio.

Nella seguente *Tabella D5.2.1j* sono riportate le statistiche dell'andamento diurno dell'umidità relativa, cioè le medie mensili dei valori di umidità misurati alle ore 7 (massimo diurno) e alle ore 13 (minimo diurno). Sono indicati anche il numero medio mensile dei giorni con umidità relativa

superiore al 95%, ossia prossima alla saturazione, alle ore 7, e quello dei giorni con umidità relativa inferiore al 30%, ossia con elevata secchezza, alle ore 13.

Tabella D5.2.1j *Umidità Relativa Media Giornaliera, Media delle Ore 7 e delle Ore 13 in Alcune Stazioni del Versante Settentrionale (Mennella)*

STAZIONE	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	ANNO	Esc
Porto Torres (15 m)														
Media ore 7	85	84	85	83	87	81	79	81	84	86	86	84	84	8
Media	78	76	77	76	79	73	73	73	76	77	78	78	77	6
Media ore 13	71	68	69	70	72	66	66	66	68	68	71	72	69	6
gg con umidità > 95% alle ore 7	2,4	3,2	2,0	0,6	1,6	-	0,2	0,4	0,8	0,8	2,8	0,4	15,2	
gg con umidità < 30% alle ore 13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Sassari (229 m)														
Media ore 7	87	83	81	82	80	74	70	71	76	83	83	83	80	17
Media	82	79	71	73	73	63	60	60	65	72	77	77	71	22
Media ore 13	77	75	64	65	66	53	49	48	53	62	71	71	63	29
gg con umidità > 95% alle ore 7	3,4	1,4	1,6	5,2	2,6	3,2	1,2	0,2	0,6	1,4	2,4	2,0	25,2	
gg con umidità < 30% alle ore 13	-	-	0,2	0,6	0,2	2,8	5,0	3,8	2,0	0,6	0,2	-	14,4	
Guadia Vecchia (158 m)														
Media ore 7	79	77	80	82	84	79	77	77	80	81	81	78	80	7
Media	76	73	74	74	77	71	69	68	73	77	78	74	74	10
Media ore 13	74	69	68	67	70	64	61	60	66	72	75	71	68	15
gg con umidità > 95% alle ore 7	0,8	0,2	0,4	1,4	1,6	-	0,6	0,2	-	0,4	0,6	-	6,2	
gg con umidità < 30% alle ore 13	-	-	-	-	-	0,2	0,2	-	-	-	-	-	0,4	
Tempio Pausania (556 m)														
Media ore 7	87	83	77	76	82	75	75	76	81	85	88	89	81	14
Media	85	78	70	69	77	67	66	65	71	76	83	86	74	21
Media ore 13	83	73	64	62	72	60	57	54	62	67	79	83	68	29
gg con umidità > 95% alle ore 7	0,8	5,6	3,6	5,2	2,0	3,6	3,8	3,4	1,6	5,0	7,6	8,2	50,4	
gg con umidità < 30% alle ore 13	-	0,4	0,6	1,8	-	1,0	2,2	2,2	1,2	-	-	-	9,4	

L'umidità relativa di Porto Torres alle ore 7 varia dal 79 all'87% a livello annuale, con valore massimo a maggio e minimo in estate. I valori delle medie mensili delle ore 13 variano dal 66 al 72%: il massimo viene raggiunto nei mesi di dicembre e maggio, il minimo durante il periodo estivo.

La stazione di Sassari evidenzia valori di umidità relativa alle ore 7 compresi tra il 70 e l'87%, con valore massimo a gennaio e minimo a luglio. Il valore dell'umidità relativa alle ore 13 varia dal 48 al 77%: il valore massimo corrisponde al mese di gennaio e quello minimo al mese di agosto, anche se il numero medio mensile più elevato di giorni caratterizzati da elevata secchezza alle ore 13 appartiene a luglio.

L'umidità relativa della stazione dell'isola Maddalena alle ore 7 varia dal 77 all'84% a livello annuale, con valore massimo a maggio e minimo in estate e a febbraio.

I valori delle medie mensili delle ore 13 variano dal 60 al 75%: il valore massimo si manifesta in novembre, mentre nel periodo estivo si attesta sul valore minimo del 60%.

L'umidità relativa della stazione d'altura di Tempio Pausania dell'isola Maddalena alle ore 7 varia dal 75 all'89% a livello annuale, con valore massimo a dicembre, ma comunque confrontabile con le medie dei mesi invernali e tardo autunnali, e minimo d'estate. Il numero medio mensile di giorni con umidità relativa delle ore 7 vicino ai valori di saturazione (95%) è maggiore rispetto alle altre stazioni interne o costiere. I valori delle medie mensili delle ore 13 variano dal 54 all'83%, con il valore massimo che si presenta nei mesi invernali di dicembre e gennaio e il valore in agosto.

Nelle stazioni di Porto Torres e Guardia Vecchia, tipicamente costiere, l'escursione annua è inferiore a quella delle altre stazioni appartenenti al versante settentrionale dell'isola, come anche i casi di UR < 30% alle ore 13, che risultano decisamente bassi, addirittura nulli. Tali caratteristiche denotano gli effetti dell'influenza marina, che determina valori di umidità più elevati che nell'interno.

Nella seguente *Tabella D5.2.1k* sono riportati i dati rilevati nella stazione di *Centrale*.

Tabella D5.2.1k *Umidità Relativa Media Giornaliera, Media delle Ore 7 e delle Ore 13 nella Stazione di Centrale*

STAZIONE	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	ANNO	Esc
<i>Centrale Fiume Santo</i>														
Media ore 7	71	71	74	76	80	76	77	79	75	78	73	70	75	10
Media	69	69	71	71	75	71	70	74	70	75	71	68	71	7
Media ore 13	64	64	64	63	68	63	61	66	63	68	67	64	65	7
gg con umidità > 95% alle ore 7	2,5	-	-	-	-	-	-	3,0	1,0	10,0	3,5	2,5	22,5	
gg con umidità < 30% alle ore 13	-	1,3	1,0	-	-	3,0	2,8	1,0	1,0	1,5	1,0	1,0	13,6	

È possibile osservare che il clima è moderatamente asciutto, con il valore medio annuo di umidità relativa pari al 71%. La variazione dei valori medi mensili è bassa, infatti il valore più elevato, che è evidenziato a maggio (l'anomalia già segnalata analizzando l'umidità relativa di Porto Torres), non si discosta dai valori medi dei mesi primaverili e autunnali. Anche il valore minimo della media mensile, che è evidenziato a dicembre, non si discosta dai valori dei mesi invernali ed è prossimo a quelli primaverili.

Specialmente nei mesi estivi, in presenza di temperature elevate e di un elevato tenore di umidità relativa, possono registrarsi condizioni di caldo-umido alle quali è associato disagio, stanchezza e riduzione del rendimento psico-fisico. Tali condizioni si verificano con una certa frequenza lungo le coste della penisola italiana e delle isole. Mediante ricerche di carattere

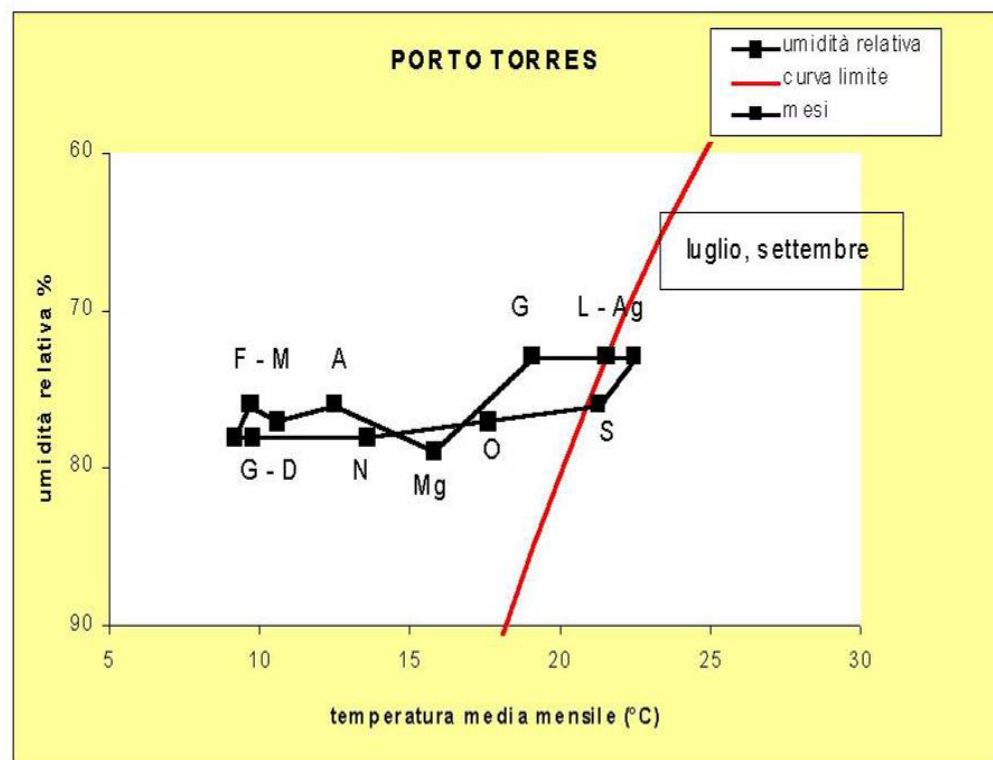
sperimentale sono state studiate le correlazioni tra temperatura e umidità relativa che determinano questa particolare situazione climatica, nonché, per ogni valore di umidità relativa, viene fissato il valore limite di temperatura raggiunto il quale subentra una condizione di disagio da caldo-umido. Nella seguente *Tabella D5.2.11* sono riportati i valori limite di umidità per alcune delle temperature che sono frequenti in Italia durante i mesi estivi in Italia.

Tabella D5.2.11 *Correlazione tra Temperatura ed Umidità Relativa per il Verificarsi di Condizioni di Caldo-Umido*

Temperatura (°C)	16,5	17	18,2	19,1	20,1	21	22,2	23,4	24,8	26,2	27,7
Umidità Relativa (%)	100	95	90	85	80	75	70	65	60	55	50

Nella seguente *Figura D5.2.1a* è presentata l'occorrenza di condizioni di caldo-umido per la stazione di Porto Torres. È possibile evidenziare come nei mesi estivi, in particolare da luglio a settembre, siano frequenti episodi in grado di generare disagio associato a caldo-umido.

Figura D5.2.1a *Condizioni di Caldo-Umido per la Stazione di Porto Torres (Mennella)*



Nell'ambito della circolazione generale dell'atmosfera, i sistemi di pressione che assumono il ruolo di veri e propri centri di azione che regolano il tempo sul bacino del Mediterraneo e su gran parte dell'Europa sono l'Anticiclone delle Azzorre e l'Anticiclone Russo - Siberiano. Le caratteristiche climatiche indotte dalle evoluzioni di tali centri di pressione subiscono in generale temporanee variazioni a causa del transito di depressioni mobili delle medie latitudini, come ad esempio in estate, quando si possono verificare passeggere

irruzioni di aria fredda dall'Alto Atlantico o dal Nord Europa. Sotto il profilo climatico, col progredire delle stagioni, dall'inverno verso l'estate, si evidenzia il passaggio dall'influenza del tempo orientale, in particolare balcanico, a quella del tempo occidentale, con particolare riferimento all'Anticiclone delle Azzorre.

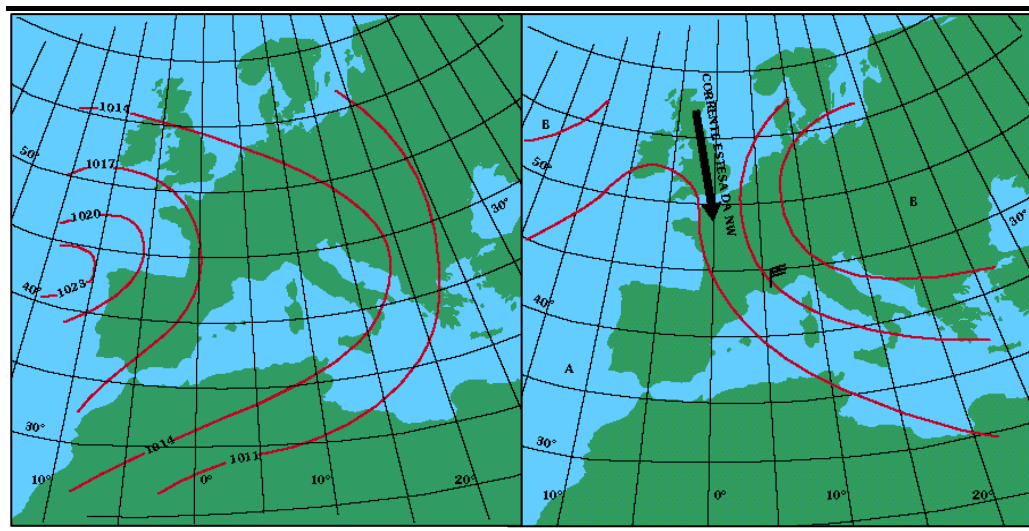
Le situazioni anemologiche maggiormente ricorrenti sulla Sardegna possono essere così riassunte:

- nel periodo invernale sono frequenti il vento da maestrone, proveniente da NW, e il grecale, da NE;
- lo scirocco, vento da SE, è frequente in tutte le stagioni;
- la stagione estiva è caratterizzata da grande stabilità del tempo, con situazioni di brezza e vento non forte.

Quando l'Anticiclone delle Azzorre è ben sviluppato verso Est, oppure è presente su tutto il Mediterraneo un regime di alta pressione livellata, la Sardegna è interessata da un regime anticiclonico stabile (Figura D5.2.1b, sinistra); in tale situazione sono presenti regimi di brezza e vento non forte, che tendono a seguire le modeste variazioni di pressione soffiando da Maestrone o Tramontana se in aumento, da Scirocco o Libeccio se in diminuzione.

Figura D5.2.1b

Configurazioni Bariche sul Bacino del Mediterraneo che Influiscono sulle Situazioni Anemologiche della Sardegna (a Sinistra, Regime Anticiclonico Stabile; a Destra - Vento da Maestrone)



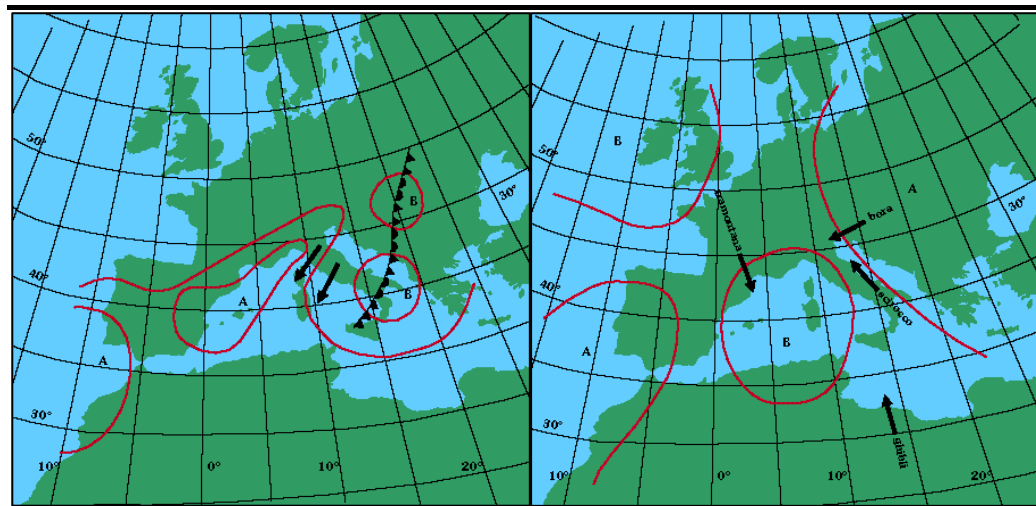
Quando l'Anticiclone delle Azzorre si ritira verso Ovest, come spesso accade anche in estate, viene lasciata libera la via ai flussi di aria fredda marittima di origine atlantica, che, provenendo da NW e correndo lungo il bordo dell'alta pressione, giungono in Mediterraneo accelerate dal corridoio del Rodano: è il regime dei venti di Maestrone da NW (Figura D5.2.1b, destra), caratteristico di queste zone, che sorge spesso improvviso, forte nel golfo del Leone e più forte

sulle coste occidentali corse, ulteriormente accelerato dalle Bocche di Bonifacio.

Spesso, quando la bassa pressione in arrivo da NW ha dimensioni consistenti, il vento di Maestrale è preceduto da venti anche forti di Libeccio, che girano poi a Maestrale dopo il passaggio della perturbazione; l'effetto del Libeccio nella zona è analogo a quello del Maestrale, con intensità notevoli.

Le situazioni anticicloniche che si sviluppano sul Nord Europa sono solitamente accompagnate da situazioni cicloniche a Sud. La situazione di bassa pressione sull'Italia meridionale viene ulteriormente alimentata dall'aria fredda proveniente in questo caso da Nord Est. È il regime del vento Grecale da NE (Figura D5.2.1c, sinistra), che non è mai molto violento nei mesi estivi, ma può comportare il passaggio di fronti freddi, che possono essere accompagnati da fenomeni turbolenti e temporaleschi.

Figura D5.2.1c *Configurazioni Bariche sul Bacino del Mediterraneo che Influiscono sulle Situazioni Anemologiche della Sardegna (Sinistra, Vento Grecale; Destra, Vento Scirocco e Tramontana)*



Può anche accadere che l'alta pressione sul Mediterraneo si spezzi, restando in parte verso le Azzorre e in parte verso la Russia. In questo caso, possono formarsi depressioni sul Mediterraneo occidentale. Tali situazioni di bassa pressione al loro bordo orientale portano venti caldi sciroccali (Figura D5.2.1c, destra), che, data la scarsa velocità delle perturbazioni, possono durare anche svariati giorni, e fronti caldi raramente violenti, ma spesso accompagnati da precipitazioni. Dopo il loro passaggio, la circolazione ciclonica porta venti di tramontana freddi e secchi, che agevolano il ritorno del bel tempo. Raramente lo Scirocco estivo supera in Italia i 25 nodi.

Infine, il regime del vento Libeccio da SW è associato a formazioni depressionarie e a fronti stazionari o molto lenti, che in genere si formano sul Mediterraneo occidentale a sud del 40° di latitudine oppure provengono dall'Atlantico o dalla regione a Sud della catena dell'Atlante.

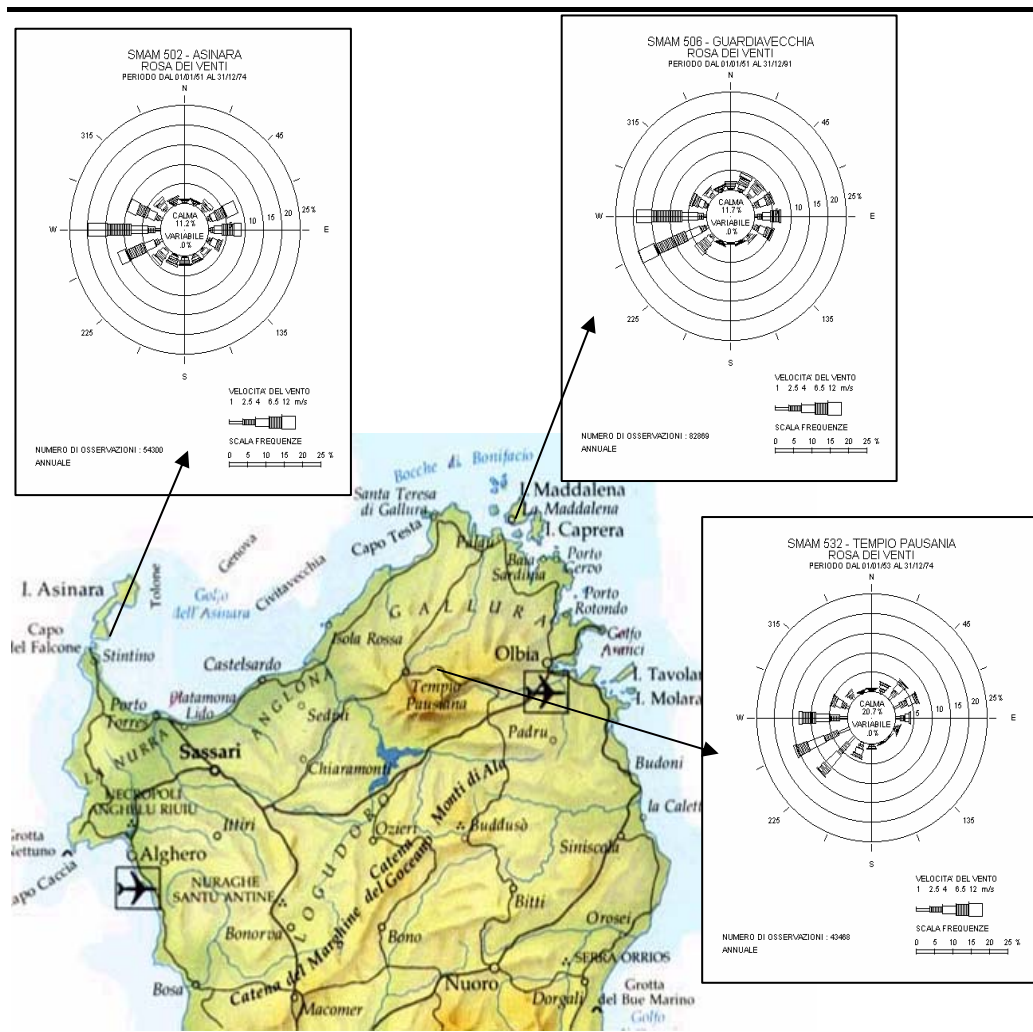
Nella seguente Figura D5.2.1d, rappresentate sotto forma di rose del vento annuali, è possibile osservare le direzioni di provenienza del vento per alcune

stazioni meteorologiche del versante settentrionale della Sardegna appartenenti alla rete SMAM, Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare.

La stazione dell'Asinara è posta a 118 metri di quota e rappresenta la propaggine nord occidentale del versante settentrionale; le situazioni esaminate sono relative al periodo gennaio 1954 - dicembre 1974.

I venti dominanti in tale stazione provengono dai quadranti occidentali (W, WSW e WNW, per circa il 42% dei casi), circa l'82% di tali eventi anemologici corrisponde a intensità superiori a 4 m/s. In particolare, i casi con vento di intensità superiore a 12 m/s corrispondono ai settori W e WSW. Ai venti occidentali seguono quelli orientali (circa per il 26% dei eventi esaminati). In particolare, il 17% degli eventi proviene dai settori E ed ENE, il 6% da ESE e SE e il 3% da NE. Le componenti più intense, con velocità maggiore di 12 m/s sono associate ai settori E ed ENE.

Figura D5.2.1d *Rose del Vento Annuali - Stazioni SMAM*



La stazione di Guardia Vecchia è posta a 159 metri di quota nella parte meridionale dell'isola Maddalena, che rappresenta la propaggine nord orientale del versante settentrionale della Sardegna; i dati esaminati coprono il periodo gennaio 1951 - dicembre 1991.

La rosa dei venti è più o meno simile a quella dell'Asinara. Per entrambe le stazioni i settori meridionali risultano schermati dall'effetto barriera di tipo orografico, esercitato rispettivamente dalla costa orientale della Gallura per la stazione di Guardia Vecchia e dal promontorio della Nurra per la stazione dell'Asinara.

A Guardia Vecchia si evidenzia la diminuzione dei contributi anemologici da WNW a causa dell'effetto di schermo esercitato dalla Corsica su tali componenti.

In tale stazione, le componenti orientali interessano anche i settori più settentrionali, NE, NNE e N, mentre alle direzioni di provenienza E ed ENE sono associate frequenze leggermente inferiori rispetto alla stazione dell'Asinara. Infine, le componenti con intensità maggiore di 12 m/s, riscontrabili nella stazione della Maddalena, sono associate soprattutto ai settori occidentali, mentre sono nettamente inferiori le velocità delle componenti orientali.

La presenza di componenti orientali più settentrionali rispetto a quanto notato per la stazione dell'Asinara e il fatto che i venti orientali nella stazione di Guardia Vecchia, più orientale rispetto alla prima, siano meno intense testimoniano l'effetto di deviazione e amplificazione esercitato dalle Bocche di Bonifacio sui fenomeni meteorologici.

La stazione di Tempio Pausania è posta alla quota di 569 m, sulle pendici settentrionali del monte Limbara, che con i suoi 1.362 metri di altezza rappresenta una delle cime più alte della Sardegna; i dati analizzati coprono il periodo gennaio 1953 - dicembre 1974.

Dalla rosa dei venti annuali è possibile osservare l'effetto barriera esercitato dal monte Limbara nei confronti delle componenti sud orientali, alle quali corrispondono frequenze inferiori alle percentuali, già basse, associate alle due stazioni precedentemente esaminate, anch'esse influenzate da barriere orografiche.

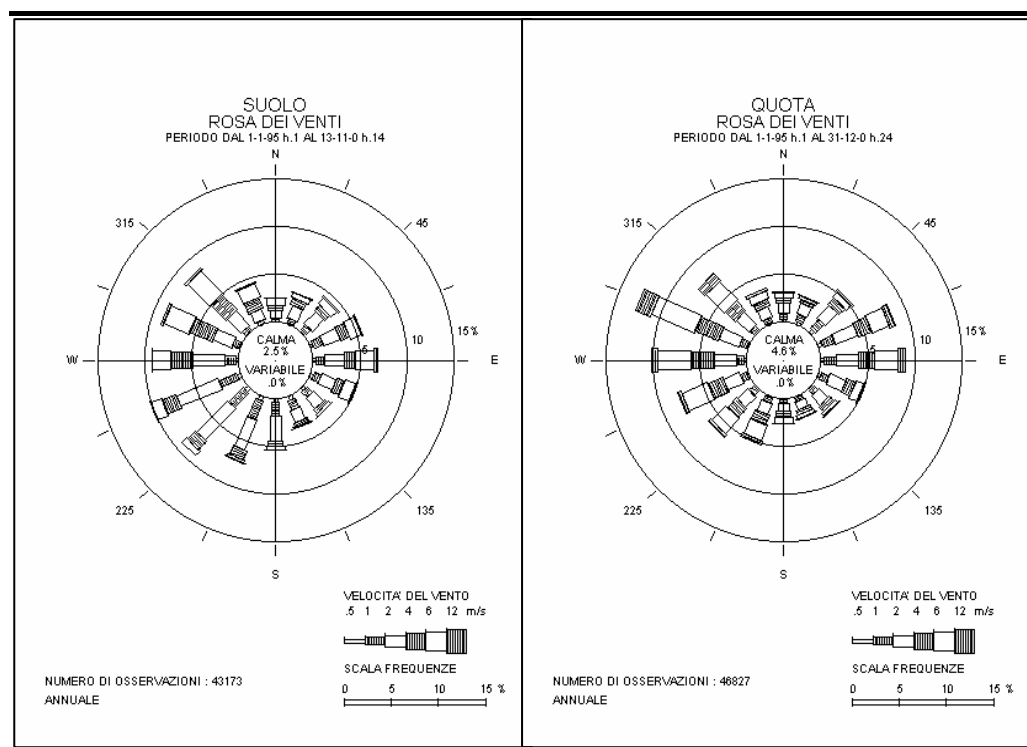
Le componenti anemologiche più frequenti sono occidentali (42% dei casi): esse provengono dai settori WSW (per il 16% delle situazioni esaminate), da W e SW (il 13% per entrambi i settori). Ad esse seguono le componenti nord orientali, la frequenza associata al I quadrante rappresenta circa il 20% dei casi esaminati. Le componenti più intense sono associate ai quadranti occidentali e sud occidentali e la loro intensità massima è inferiore ai 12 m/s.

La rosa dei venti per la stazione di *Centrale* (Figura D5.2.1e), elaborata per il periodo che va da gennaio 1995 a novembre 2000, mostra la prevalenza di venti dai settori occidentali (III e IV quadrante) ed evidenzia contributi da Est leggermente più significativi in quota, sia per frequenze sia per intensità.

Al suolo prevalgono i venti settentrionali provenienti da NW, quelli occidentali da W e quelli meridionali provenienti dai settori WSW fino a S. In quota (100 m), sono maggiormente frequenti le componenti da WNW (alle quali corrispondono le intensità maggiori), oltre che quelle dai settori E ed ENE.

La ventosità del sito è da ritenersi abbastanza elevata: i venti al suolo si manifestano con intensità comprese tra 6 e 12 m/s rispettivamente per il 19% dei casi esaminati e per il 27% in quota. Le componenti con intensità superiore ai 12 m/s in pratica sono presenti solo in quota, con il 7% dei casi. I casi di calma di vento, che in tale rappresentazione è definita con intensità inferiore a 0,5 m/s, sono limitati e non sarebbero incrementate di molto anche considerando il limite di 1 m/s.

Figura D5.2.1e *Fiume Santo (Stazione di Centrale) - Rose del Vento Annuali (Sinistra, Dati al Suolo; Destra, Dati in Quota)*



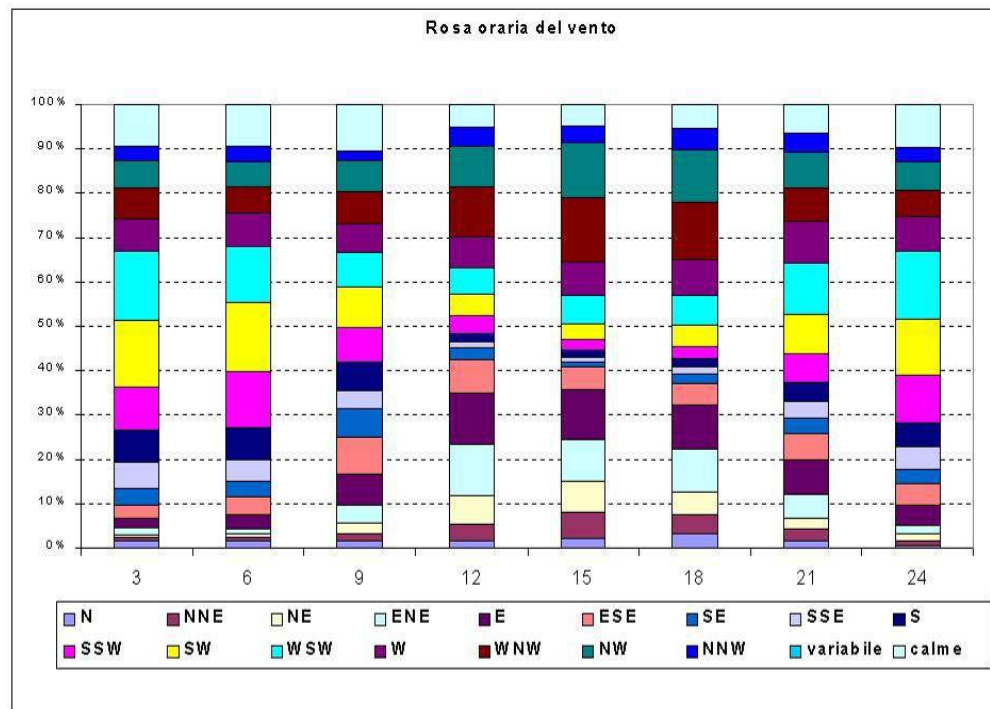
Dalla rosa dei venti oraria (Figura D5.2.1f) è riconoscibile il regime di brezza. Le brezze diurne provenienti dal mare, sono rappresentate da venti orientali (provenienti dal settore NNE al settore E) con frequenze notturne molto basse viceversa le brezze notturne di terra sono rappresentate da venti meridionali (provenienti dal settore SE al settore SW) aventi frequenza diurne trascurabili.

È possibile osservare inoltre che i venti maggiormente dinamici durante le ore diurne spirano dai quadranti settentrionali (I e IV, in particolare dai ENE e E, e dai WNW e NW) mentre di notte sono significative anche le componenti meridionali del III quadrante (in particolare dai SSW, SW e WSW).

Le componenti occidentali e nord occidentali dei settori W e NNW, che hanno una debole modulazione giornaliera, e quelle dei settori WNW e NW, che sono significative anche di notte, evidenziano il passaggio di perturbazioni sinottiche.

Figura D5.2.1f

Fiume Santo (Stazione di Centrale) - Rosa dei Venti Oraria



Gli andamenti stagionali, desumibili per Fiume Santo dalle elaborazioni delle misure relative al periodo 1995-2000, sono presentati nelle Figure D5.2.1g ed h.

Figura D5.2.1g

Fiume Santo (Stazione di Centrale) - Rose del Vento Stagionali (Dati al Suolo)

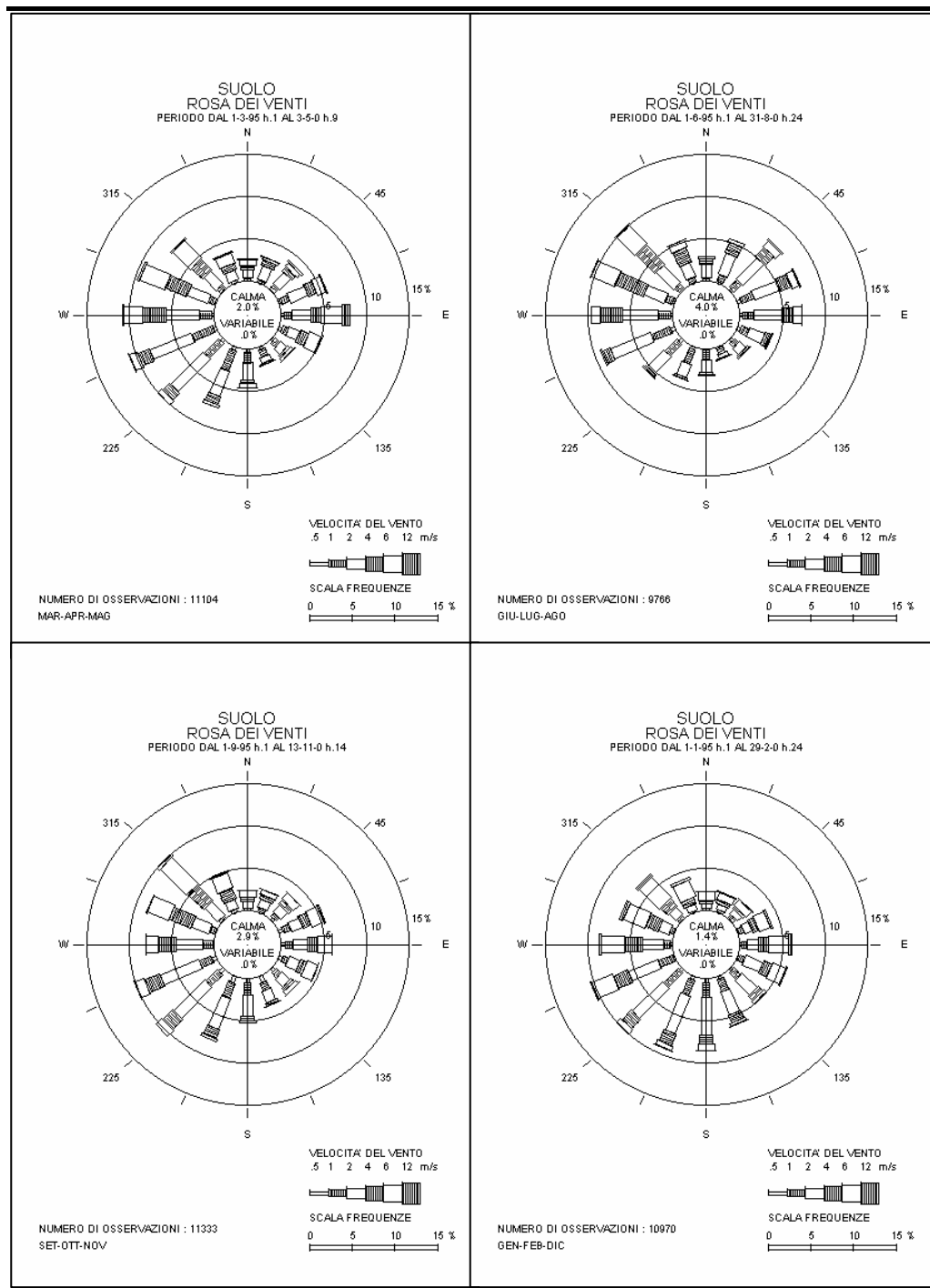
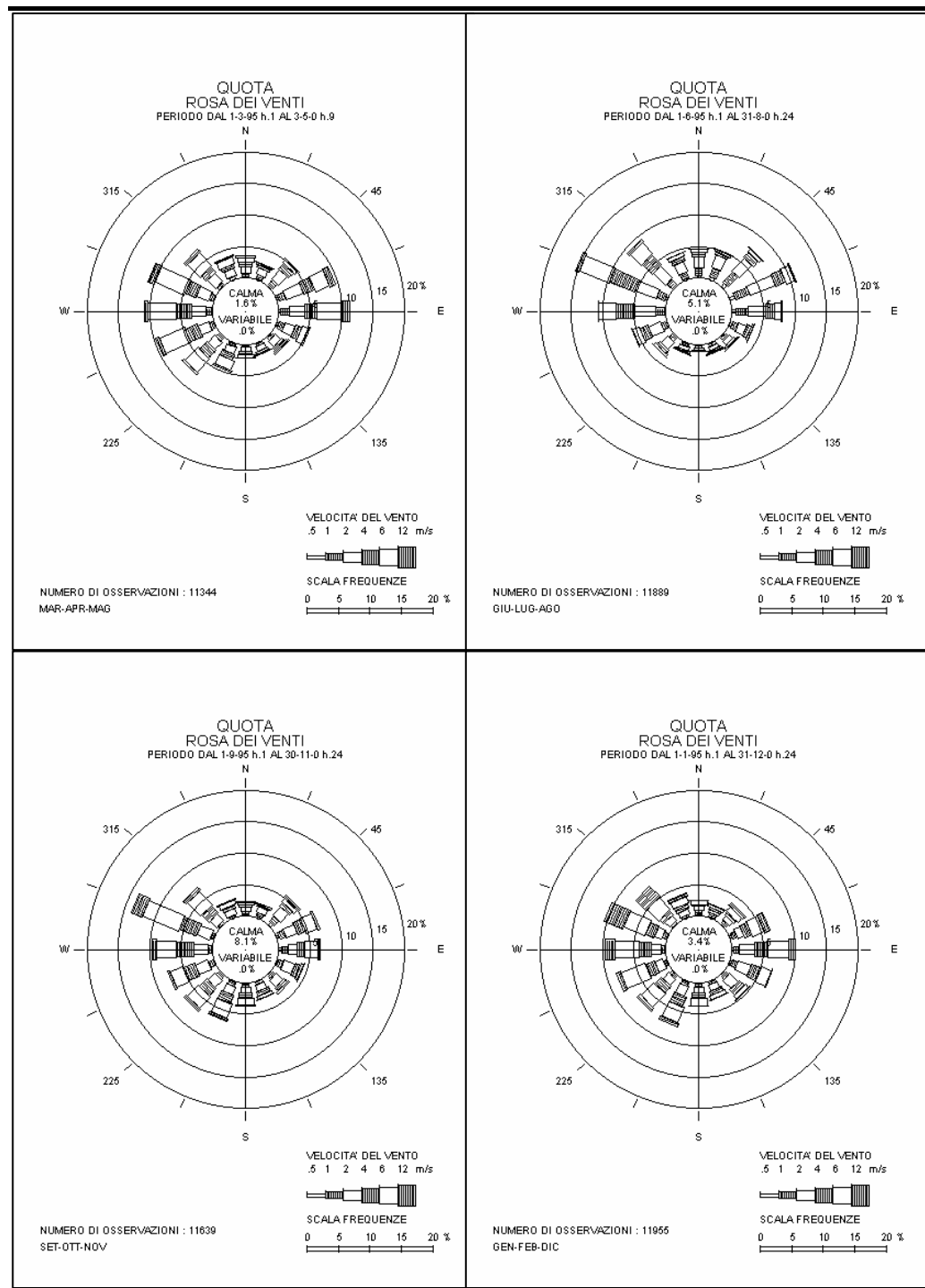


Figura D5.2.1h Fiume Santo (Stazione di Centrale) - Rose del Vento Stagionali (Dati in Quota)



Al suolo come in quota (100 m), le componenti da WNW sono presenti in tutte le stagioni ed evidenziano il passaggio di perturbazioni a grande scala. Anche le componenti orientali sono più pronunciate nelle stagioni calde sia al suolo sia in quota e soprattutto in primavera superano i 12 m/s. Le componenti meridionali del II e III quadrante sono più evidenti al suolo che in quota; al suolo, in particolare, sono presenti in tutte le stagioni i venti

da WSW (anche se in estate la loro frequenza si riduce), mentre quelli da SE-SSE risultano rafforzati in inverno.

Al suolo la primavera presenta anche componenti sud occidentali che caratterizzano principalmente le stagioni fredde, quando superano i 12 m/s di intensità.

L'analisi delle rose del vento stagionali, permette di evidenziare delle differenze tra il rilevamento al suolo e quello in quota, meno evidenti dalla rosa dei venti annuale, riconducibili alle brezze. Infatti, facendo riferimento in particolare alla rosa dei venti relativa al periodo estivo, in cui sono più marcati i fenomeni di brezza, si osserva un'occorrenza simile al suolo ed in quota dei venti provenienti da NNE e da E, tipiche direzioni di provenienza delle brezze diurne. Viceversa, i venti provenienti da O e da SO, ben rappresentate nella rosa dei venti al suolo, risultano poco frequenti o quasi assenti in quella in quota. Una tale situazione è giustificabile tenendo presente la diversa estensione e intensità delle brezze diurne rispetto a quelle notturne: le prime, infatti, mostrano uno strato di brezza sempre più ampio di 100 m (quota alla quale avviene il rilevamento della stazione più elevata), di conseguenza non è possibile evidenziare differenze sostanziali tra la registrazione al suolo e quella in quota; viceversa, in caso di brezze notturne, lo strato di brezza presenta un'estensione verticale molto minore (spesso inferiore a 100 m) e di conseguenza fa sì che i venti da O e SO (direzione tipica della brezza di terra) siano presenti al suolo e non in quota, dove viceversa si osservano ancora venti provenienti dalla direzione opposta. Anche nel caso in cui lo strato di brezza dovesse raggiungere o superare la quota di 100 m, la stabilità elevata, tipica delle ore notturne, indurrebbe comunque delle differenze nella rotazione dei venti rilevate dalle misurazioni alle diverse quote.

Il parametro di stabilità atmosferica è qui introdotto come caratteristica locale dell'atmosfera, influenzante la dispersione degli inquinanti, direttamente legata alle condizioni d'insolazione, nelle ore diurne, e di scambio radiativo, in quelle notturne. L'associazione delle condizioni di stabilità con la direzione di provenienza del vento influenza le modalità di diffusione degli inquinanti nelle diverse direzioni.

Le categorie instabili (A, B, C) sono associate alle condizioni diurne, caratterizzate prevalentemente dai regimi di brezza; le categorie A e B sono legate essenzialmente a componenti di vento con intensità inferiori ai 3,5 m/s, mentre la categoria C è associata a venti anche intensi.

La categoria neutra D è associata alle provenienze da Ovest (sia ai settori settentrionali, come WNW, NW, sia a quelli meridionali, WSW, SW e SSW) e a quelle da Est (settori E ed ENE); tra gli eventi anemologici caratterizzati da atmosfera neutra sono compresi quelli con elevata intensità del vento.

Le categorie stabili E, F e G, sono associate soprattutto ad eventi notturni provenienti dai settori sud occidentali (in particolare dal settore SW a quello WNW) e orientali (principalmente da E); le intensità dei venti in situazioni stabili sono in generale inferiori ai 6 m/s ma, anche se con frequenze basse, evidenziano componenti anche più intense.

La distribuzione annuale delle diverse condizioni di stabilità, è evidenziata nella *Tabella D5.2.1m* dove sono riportate le distribuzioni di frequenza mensile per la stazione di *Centrale* nel periodo 1995-2000.

Tabella D5.2.1m *Fiume Santo (Stazione di Centrale) - Distribuzione delle Categorie di Stabilità*

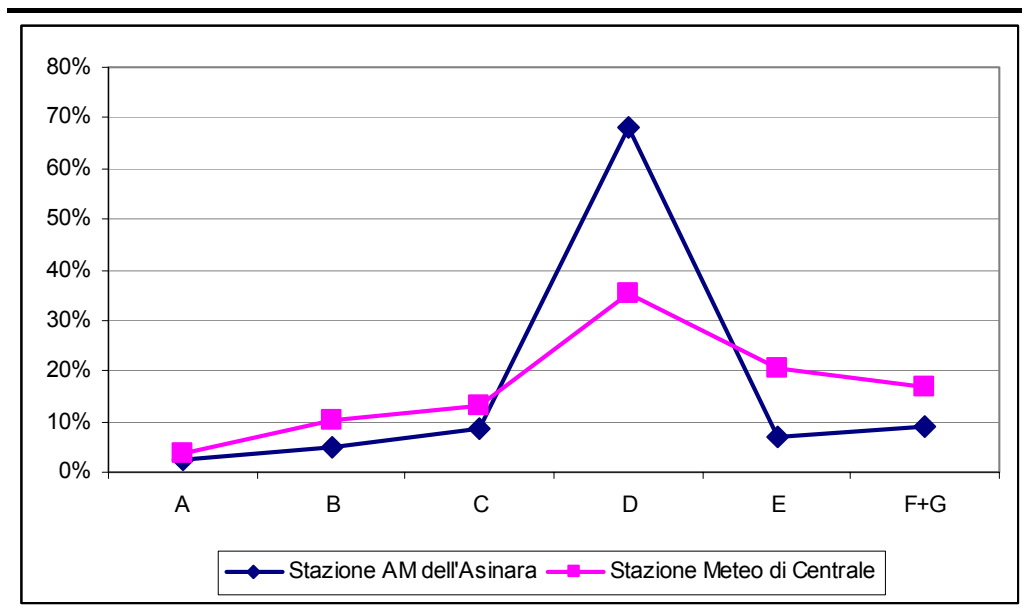
Mesi	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	ANNO
A	0,17	0,07	0,26	0,29	0,60	0,69	0,62	0,60	0,34	0,10	0,00	0,00	3,75
B	0,63	0,50	0,61	0,89	0,98	1,45	1,26	1,47	1,02	0,89	0,32	0,35	10,37
C	0,70	0,62	1,04	1,20	1,22	1,44	1,58	1,60	1,49	1,17	0,61	0,48	13,16
D	4,22	3,64	3,41	2,60	1,70	1,83	1,78	1,80	2,90	3,45	4,26	3,77	35,37
E	2,32	1,78	2,00	1,46	1,35	1,42	1,27	1,45	1,67	2,13	1,92	1,70	20,46
F+G	1,32	1,49	1,16	1,25	1,47	1,82	1,44	1,90	1,85	1,58	0,72	0,91	16,89
nr dati	4.125	3.561	3.733	3.388	3.222	3.804	3.493	3.883	4.082	4.102	3.445	3.173	44.011

L'andamento annuale mostra il massimo per la categoria D (35% circa), seguito dalla categoria E (20% circa). A livello mensile le categorie instabili (A, B, C) mostrano gli andamenti tipici, con frequenza maggiore nei periodi caldi. Nelle stagioni autunnale e invernale predominano invece le categorie stabili (E, F+G).

Un confronto con i dati climatologici (periodo 1951-1974) di stabilità provenienti dalla stazione AM dell'Asinara, rivela un accordo soddisfacente con i dati di stabilità registrati dalla stazione di *Centrale* nel periodo 1995-2000. Come si ha modo di osservare dalla seguente *Figura D5.2.1i*, la distribuzione di frequenza delle classi di stabilità relativa alle due stazioni nei rispettivi periodi di rilevamento presenta lo stesso andamento, con la classe D che manifesta il maggior numero di occorrenze. In termini assoluti, si nota una percentuale di accadimento più bassa della classe D per la stazione di *Centrale* e una corrispondente percentuale più elevata delle altre classi di stabilità. Inoltre, facendo riferimento alla distribuzione della stabilità in funzione di velocità e direzione del vento, si ha modo di osservare che anche per la stazione di *Centrale* in classe D i venti prevalenti sono quelli dai quadranti orientali e occidentali - nord-occidentali, ai quali competono anche le intensità maggiori.

Figura D5.2.1i

Distribuzione di Frequenza delle Classi di Stabilità - Confronto tra i Dati della Stazione AM dell'Asinara e i Dati della Stazione di Centrale



D5 2.2

STATO ATTUALE DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

La qualità dell'aria nel comprensorio di interesse è il risultato della sovrapposizione dei contributi alle concentrazioni degli inquinanti al suolo derivanti dalle emissioni delle sorgenti presenti e dai processi di trasformazione e dispersione atmosferica cui tali emissioni vanno incontro. Questi processi incidono in misura diversa in relazione alle caratteristiche chimico-fisiche ed alla distribuzione spaziale delle sorgenti.

Analisi dei Dati Registrati dalla Rete di Monitoraggio della Qualità dell'Aria

Lo stato attuale della qualità dell'aria nella zona in esame è ben descritto dai rilevamenti effettuati nelle stazioni della Rete della Centrale ENDESA di Fiume Santo.

La rete è costituita da 5 postazioni di rilevamento di parametri chimici e da 1 postazione di rilevamento meteorologico. Nella seguente *Tabella D5.2.2a* è descritta la dotazione strumentale di ogni stazione, mentre la loro collocazione spaziale è mostrata in *Figura D5.2.2a*.

Tabella D5.2.2a **Stazioni RRQA della Centrale di Fiume Santo**

Postazioni		Parametri Rilevati			
Sigla	Località	SO ₂	Polveri	NO _x	Meteo
1	Li Punti	◆	◆	◆	
2	Campanedda	◆	◆	◆	
3	Platamona	◆	◆	◆	
4	Pozzo San Nicola	◆	◆	◆	
5	Stintino	◆	◆	◆	
Meteo	Centrale di Fiume Santo				◆

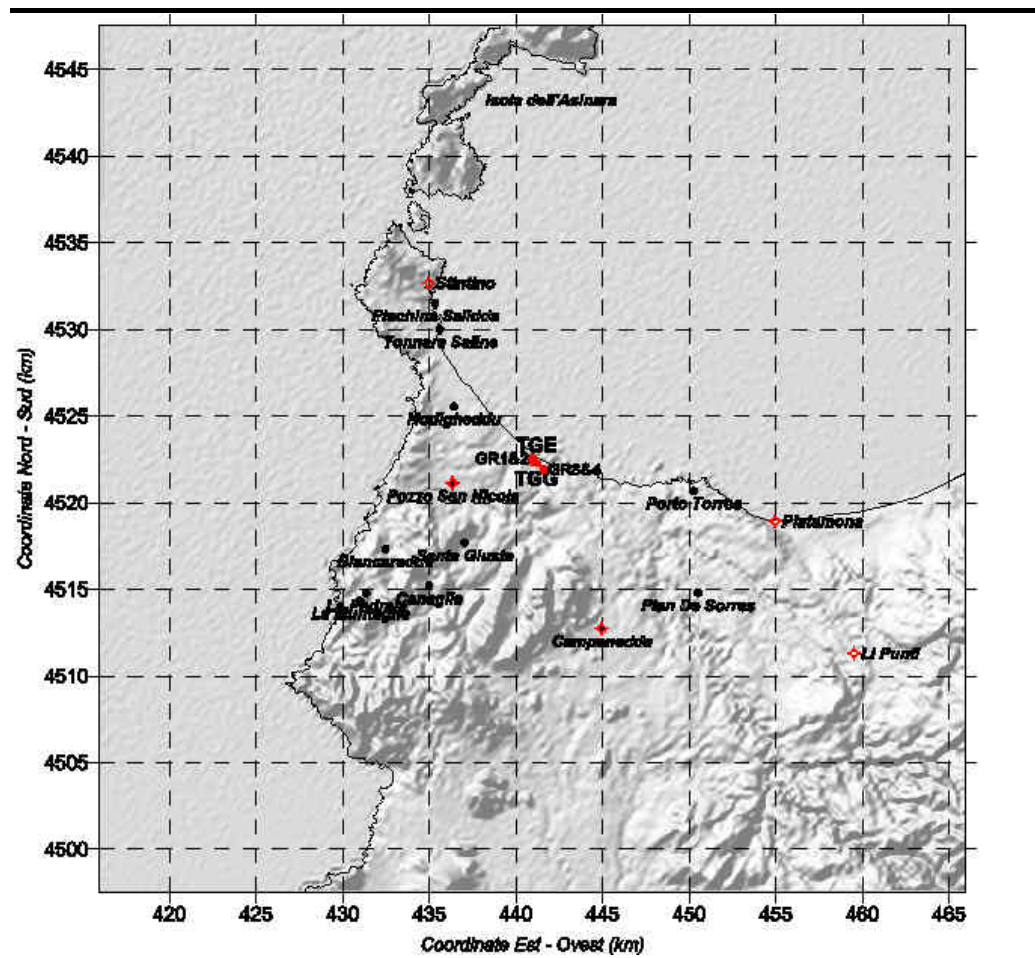
Le postazioni della rete sono ubicate in una fascia del territorio nord occidentale della provincia di Sassari. L'area è di aspetto collinare e larga non più di una decina di chilometri.

La postazione di Stintino è collocata sulla costa, circa 11 km a NW della *Centrale* di Fiume Santo. Le postazioni di Pozzo San Nicola e Campanedda sono prospicienti la zona collinare della Nurra. In particolare, Pozzo San Nicola è ubicata in zona rurale, in una area pianeggiante a circa 5 km ad W dell'impianto ed equidistante dalle due coste, a non più di 2÷3 km da esse; la postazione di Campanedda, anch'essa situata in zona rurale, sorge sul versante meridionale dell'area collinare della Nurra a SE dell'impianto e distante da esso circa 9 km.

La postazione di Li Punti è ubicata in un'area collinare a circa 4 km a NW da Sassari e a circa 19 km a SE dell'impianto.

La postazione di Platamona è situata a circa 16 km ad E dall'impianto e a meno di 2 km dalla costa.

Figura D5.2.2a RRQA - Ubicazione Postazioni



I dati orari di SO₂, NO₂ e Polveri della Rete di Rilevamento della Qualità dell'Aria di Fiume Santo sono stati analizzati per il periodo 1998 - 2004, quelli di NO_x a partire dall'anno 2000. I parametri statistici sono quindi aggiornati al 2004¹.

I risultati dei rilevamenti eseguiti, valutati in rapporto agli Standard di Qualità dell'Aria (SQA), consentono di formulare un giudizio oggettivo sul grado di inquinamento atmosferico del territorio in esame e, quindi, sul contributo globale delle diverse fonti inquinanti insistenti sul territorio stesso.

Nel seguito si analizzano i dati per i diversi composti richiamando gli aspetti normativi di riferimento fissati sia dal *Decreto Ministeriale n. 60 del 02/04/2002* sia dalla normativa transitoria definita dai *DPCM 28/03/83* e *DPR 203/88*. In particolare, il *DM n. 60 del 02/04/2002* fissa i valori limite, la data entro la quale

(1)¹ I dati grezzi provenienti dalle centraline di misura, che la Centrale invia regolarmente al Presidio Multizonale di Prevenzione (PMP), sono stati validati sulla base delle segnalazioni di malfunzionamento delle postazioni di misura (anch'esse a disposizione del PMP) e le elaborazioni statistiche sono state effettuate a partire dai dati così validati.

i limiti devono essere rispettati e il margine di tolleranza², nonché le modalità secondo le quali tale margine deve essere ridotto nel tempo.

Biossido di Zolfo (SO₂)

Il DM 60/2002 prevede limiti alle concentrazioni nell'aria ambiente sia per la protezione della salute umana sia per quella degli ecosistemi, come riportato nella seguente Tabella D5.2.2b.

Tabella D5.2.2b SO₂ - Valori Limite da DM n. 60 del 02/04/02 - Allegato I - Sez. I

Composto		Biossido di zolfo - SO ₂		
Tipo limite		1. Valore limite orario per la protezione della salute umana	2. Valore limite giornaliero per la protezione della salute umana	3. Valore limite per la protezione degli ecosistemi
Periodo mediazione		1 ora	24 ore	anno civile e inverno (1° ottobre - 31 marzo)
Condizioni applicative		da non superare più di 24 volte per anno civile	da non superare più di 3 volte per anno civile	
Valore limite con margine di tolleranza alle diverse date	19-lug-99	500	-	-
	1-gen-00	500	-	-
	1-gen-01	470	-	-
	19-lug-01	-	-	20
	1-gen-02	440	-	20
	1-gen-03	410	-	20
	1-gen-04	380	-	20
	1-gen-05	350	125	20

NB. Il carattere grassetto corsivo inserito in casella con bordo doppio e fondo colorato, rappresenta il valore limite in coincidenza della data alla quale deve essere raggiunto.

Il DPCM 28/03/83 ed il DPR 203/88 prevedono inoltre per questo inquinante sia valori limite sia valori guida validi su tutto il territorio nazionale e riportati nelle Tabelle seguenti.

Tabella D5.2.2c SO₂ - Standard di Qualità dell'Aria (DPCM 28/03/83 e DPR 203/88)

Inquinante	Indice statistico	Valore limite
Biossido di zolfo SO ₂	50° percentile delle medie di 24 ore rilevate nell'arco di un anno (aprile÷ marzo)	80 µg/m ³
	98° percentile delle medie di 24 ore rilevate nell'arco di un anno (aprile÷ marzo). Valore da non superare per più di 3 giorni consecutivi	250 µg/m ³
	50° percentile delle medie di 24 ore rilevate durante il semestre invernale (ottobre÷marzo)	130 µg/m ³

(2) ² Il D.Lgs. 351/99 definisce il margine di tolleranza come la percentuale del valore limite nella cui misura tale valore può essere superato alle condizioni stabilite dal Dlgs stesso

Tabella D5.2.2d

SO₂ - Standard di Qualità dell'Aria (DPCM 28/03/83 e DPR 203/88)

Inquinante	Indice statistico	Valore guida
Biossido di zolfo	media di 24 ore	100÷150 µg/m ³
SO ₂	media aritmetica delle medie di 24 ore rilevate nell'arco di un anno (aprile÷marzo)	40÷60 µg/m ³

Nella *Tabella D5.2.2e*, relativa al periodo 1998-2004, sono riassunte le statistiche dei valori rilevati presso le diverse postazioni della RRQA, e che costituiscono un elemento di valutazione oggettiva dello stato della qualità dell'aria relativamente al biossido di zolfo.

I valori calcolati per gli indici statistici di riferimento mostrano un ampio rispetto dei limiti in tutte le postazioni della Rete di Qualità dell'Aria.

Tabella D5.2.2e

SO₂ - Valori di Concentrazione Rilevata e Confronto con i Valori Guida e con i Valori Limite (µg/m³)

PARAMETRO	CONCENTRAZIONE RILEVATA NEI VARI ANNI (µg/m ³)					RIFERIMENTI NORMATIVI DM 02.04.02. N° 60 (µg/m ³)		
	Li Punti	Campanedda	Platamona	PSNicola	Stintino	Limite transitorio	Limite finale e data di raggiungimento	Limite + margine di tolleranza al 1 gennaio di ciascun anno
SO₂: 98° percentile delle medie di 24 ore								
1.4.97-31.3.98	-	-	-	-	-			
1.4.98-31.3.99	4	3	7	2	3			
1.4.99-31.3.00	3	4	6	1	4			
1.4.00-31.3.01	3	7	5	13	3	250	-	-
1.4.01-31.3.02	15	8	4	9	5			
1.4.02-31.3.03	20	5	8	14	7			
1.4.03-31.3.04	11	3	2	9	8			
SO₂: Mediana delle medie di 24 ore								
1.4.97-31.3.98	-	-	-	-	-			
1.4.98-31.3.99	0	0	1	0	1			
1.4.99-31.3.00	0	0	0	0	1			
1.4.00-31.3.01	2	2	1	1	2	80	-	-
1.4.01-31.3.02	2	2	1	1	2			
1.4.02-31.3.03	2	2	1	1	2			
1.4.03-31.3.04	0	1	0	0	2			
SO₂: Media annuale								
1.1.98 - 31.12.98	1	1	1	0	2			
1.1.99 - 31.12.99	1	1	1	0	1			
1.1.00 - 31.12.00	2	1	1	2	2			
1.1.01 - 31.12.01	2	3	1	3	2	-	20 al 19.7.2001	-
1.1.02 - 31.12.02	5	2	1	2	2			
1.1.03 - 31.12.03	1	1	2	2	3			
1.1.04 - 31.12.04	1	1	1	0	4			
SO₂: Valore orario superato più di 24 volte per anno								
1.1.98 - 31.12.98	29	14	25	14	16			
1.1.99 - 31.12.99	11	16	28	11	12			
1.1.00 - 31.12.00	12	9	14	69	10			500
1.1.01 - 31.12.01	26	25	10	20	9	-	350 al 1.1.2005	470
1.1.02 - 31.12.02	98	11	16	54	8			440
1.1.03 - 31.12.03	20	7	17	29	15			410
1.1.04 - 31.12.04	18	9	8	8	26			380
SO₂: Valore giornaliero superato più di 3 volte per anno								
1.1.98 - 31.12.98	8	4	8	6	8			
1.1.99 - 31.12.99	4	7	9	2	5			
1.1.00 - 31.12.00	4	4	5	49	4			
1.1.01 - 31.12.01	10	12	7	12	5	-	125 al 1.1.2005	-
1.1.02 - 31.12.02	32	6	7	11	7			
1.1.03 - 31.12.03	12	5	13	15	9			
1.1.04 - 31.12.04	6	6	4	6	24			

In base all'articolo 38 del DM 60/2002, i limiti fissati dal DPCM 28/03/83 e dal DPR 203/88 rappresentano il riferimento normativo fino alla data dell'entrata in vigore delle condizioni stabilite dallo stesso Decreto Ministeriale, che per il biossido di zolfo è stata gennaio 2005.

I valori calcolati del 98° percentile e della mediana delle medie giornaliere di SO₂ (Figura D5.2.2b e c) manifestano nel corso degli anni livelli inferiori ai rispettivi limiti di legge.

Per gli anni esaminati il 98° percentile raggiunge il valore massimo di circa 20 µg/m³ a Li Punti nel periodo aprile 2002 - marzo 2003, valore inferiore al 10% del limite previsto di 250 µg/m³.

La mediana, per tutte le postazioni e per tutti gli anni, si mantiene sempre inferiore al previsto limite di 80 µg/m³; raggiunge infatti il valore massimo di 2,2 µg/m³ a Campanedda nel periodo aprile 2001 - marzo 2002.

Figura D5.2.2b SO₂ - Andamenti Spaziali del 98° Percentile delle Medie Giornaliere (1 Aprile/31 Marzo), Limite Transitorio (DPCM 28/03/83, DPR 203/88)

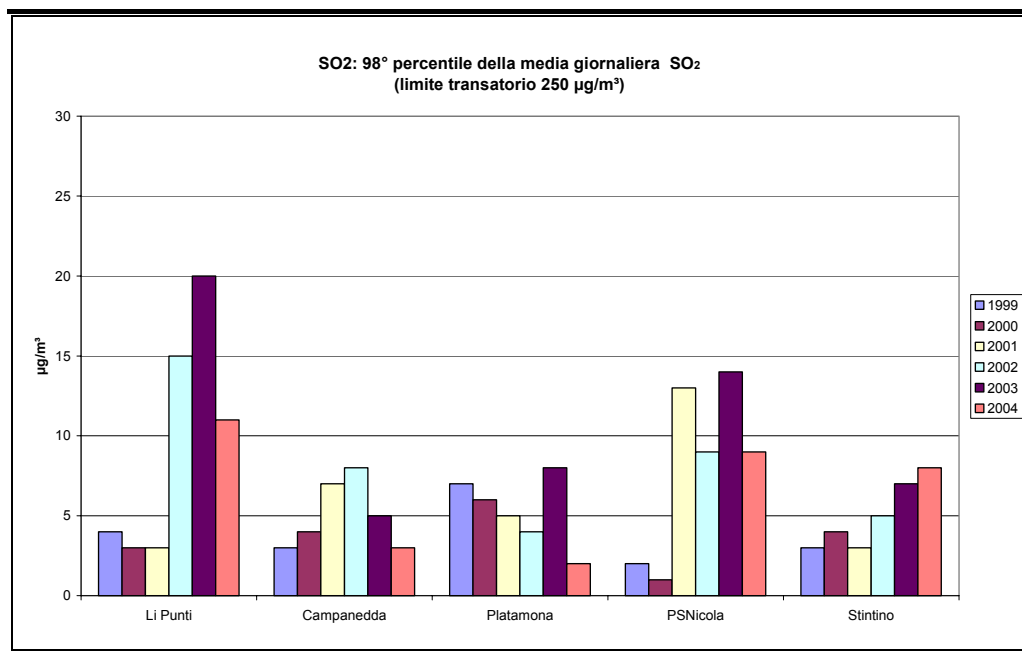
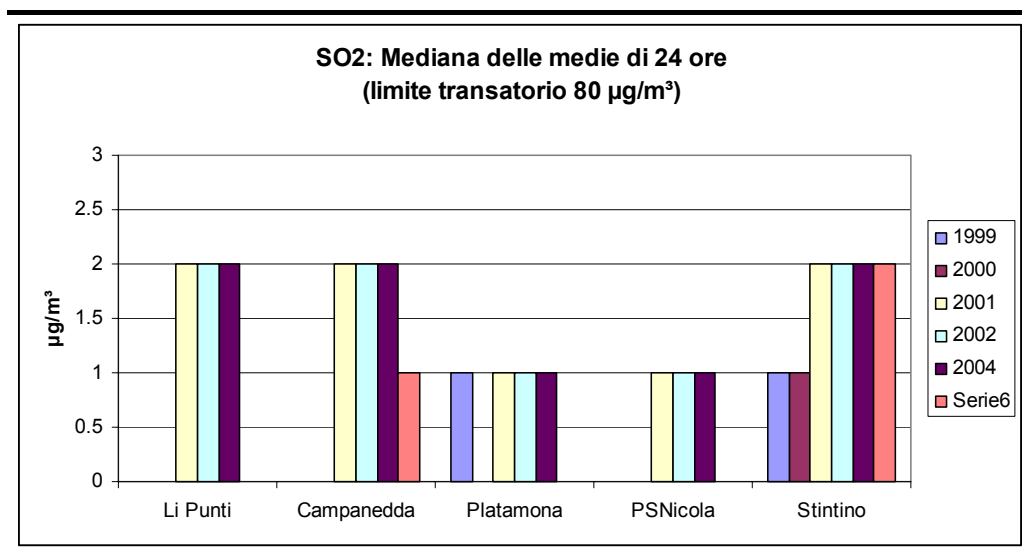


Figura D5.2.2c SO₂ - Andamenti Spaziali - Mediana delle Medie Giornaliere (1 Aprile/31 Marzo), Limite Transitorio (DPCM 28/03/83, DPR 203/88)



I valori calcolati per gli indici statistici introdotti dal DM 60/20002 evidenziano un buon rispetto dei limiti previsti per il biossido di zolfo (Figure D5.2.2d, e ed f).

La media annuale raggiunge il valore massimo di 5,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nella postazione di Li Punti nel 2002, a fronte del limite previsto a regime nel luglio 2001, pari a 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Il valore orario per la protezione della salute umana, da non superare più di 24 volte l'anno, presenta un valore massimo di 98 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a Li Punti nel 2002, a fronte di un limite di 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, previsto a gennaio 2005.

Il valore giornaliero per la protezione della salute umana, da non superare più di 3 volte l'anno, presenta un valore massimo di 49 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a Pozzo San Nicola nel 2000, a fronte di un limite di 125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, previsto per gennaio 2005.

Figura D5.2.2d

SO₂ - Andamenti Spaziali per gli Indici Statistici Introdotti dal DM 60/2002 - Media Annuale (Anno Civile)

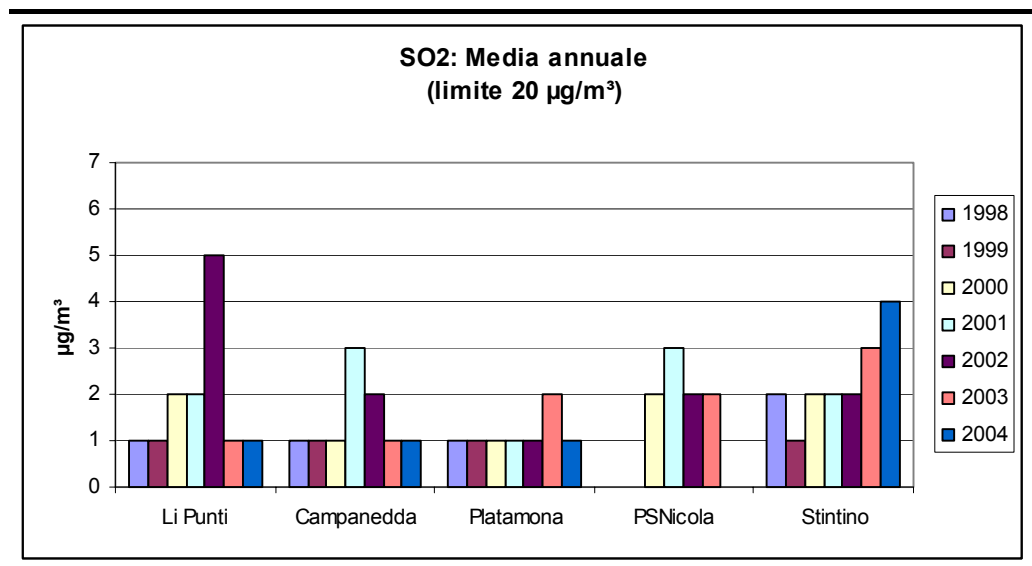


Figura D5.2.2e *SO₂ - Andamenti Spaziali per gli Indici Statistici Introdotti dal DM 60/2002 - Valore Orario Superato più di 24 Volte per Anno*

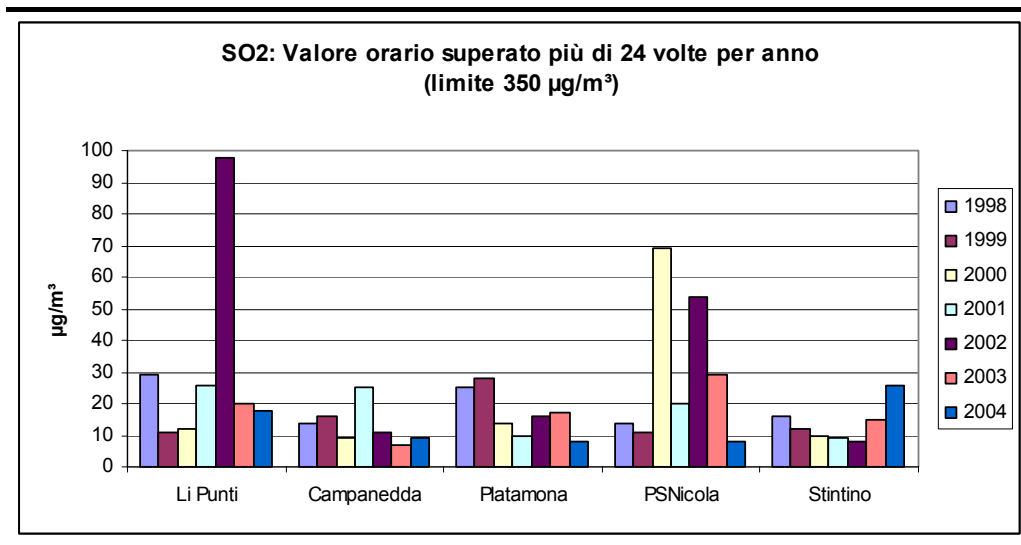
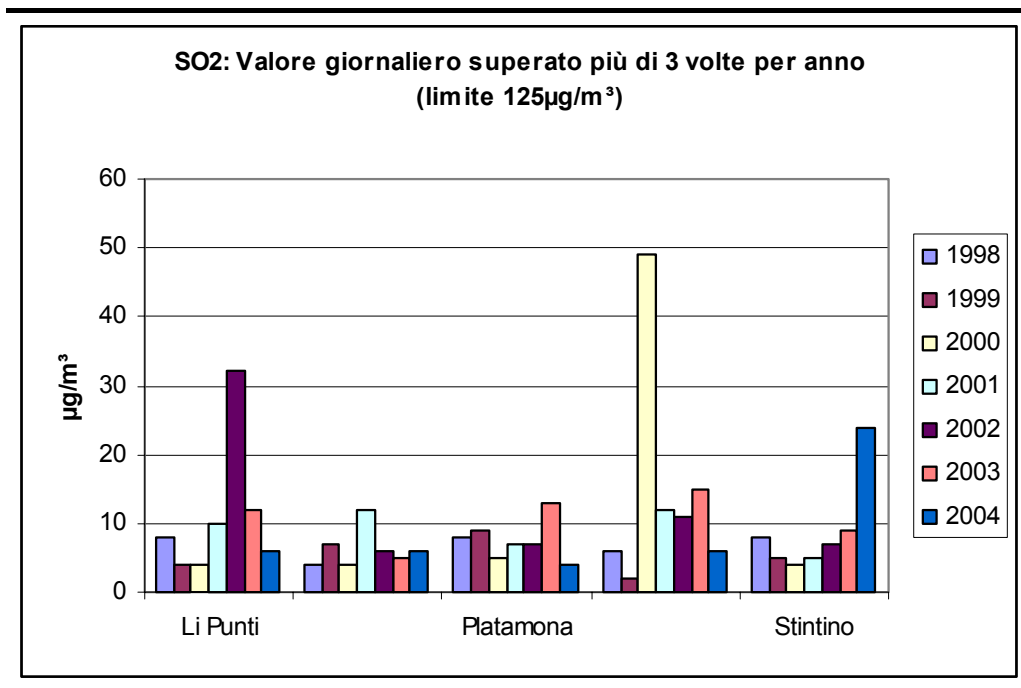


Figura D5.2.2f *SO₂ - Andamenti Spaziali per gli Indici Statistici Introdotti dal DM 60/2002 - Valore Giornaliero Superato più di 3 Volte per Anno*



Biossido di Azoto (NO₂) e Ossidi di Azoto (NO_x)

Il DM 60/2002 prevede limiti alle concentrazioni nell'aria ambiente sia per il NO₂, ai fini della protezione della salute umana, sia per gli NO_x, al fine della protezione della vegetazione, come riportati nella seguente Tabella.

Tabella D5.2.2f NO_2 , NO_x - Valori Limite da DM 60/2002 - Allegato II - Sez. I

Composto	Tipo limite	Biossido di Azoto NO_2		Ossidi di Azoto NO_x
		1. Valore limite orario per la protezione della salute umana	2. Valore limite annuale per la protezione della salute umana	3. Valore limite per la protezione della vegetazione ³
Periodo di mediazione	Condizioni applicative	1 ora	Anno civile	Anno civile
		da non superare più di 18 volte per anno civile		
Valore limite con margine di tolleranza alle diverse date	19-lug-99	300	60	-
	1-gen-00	300	60	-
	1-gen-01	290	58	-
	1-gen-02	280	56	30
	1-gen-03	270	54	30
	1-gen-04	260	52	30
	1-gen-05	250	50	30
	1-gen-06	240	48	30
	1-gen-07	230	46	30
	1-gen-08	220	44	30
	1-gen-09	210	42	30
1-gen-10	200	40	30	

NB. Il carattere grassetto corsivo, in casella con bordo doppio e fondo colorato, rappresenta il valore limite in coincidenza della data alla quale deve essere raggiunto.

Il DPCM 28/03/83 ed il DPR 203/88 prevedono inoltre per questo inquinante sia valori limite sia valori guida validi su tutto il territorio nazionale e riportati nelle Tabelle seguenti.

Tabella D5.2.2g NO_2 - Standard di Qualità dell'Aria (DPCM 28/03/83 e DPR 203/88)

Inquinante	Indice statistico	Valore limite
Biossido di azoto NO_2	98° percentile delle medie di 1 ora rilevate nell'arco di un anno (gennaio÷dicembre)	200 $\mu g/m^3$

Tabella D5.2.2h NO_2 - Standard di Qualità dell'Aria (DPCM 28/03/83 e DPR 203/88)

Inquinante	Indice statistico	Valore guida
Biossido di azoto NO_2	50° percentile delle medie di 1 ora rilevate nell'arco di un anno (gennaio÷dicembre)	50 $\mu g/m^3$
	98° percentile delle medie di 1 ora rilevate nell'arco di un anno (gennaio÷dicembre)	135 $\mu g/m^3$

Nella Tabella D5.2.2i, relative ai singoli anni dell'intero periodo 1998-2004, sono riassunte le statistiche dei valori rilevati presso le diverse postazioni della RRQA della Centrale di Fiume Santo.

(3) ³ I punti di campionamento destinati alla protezione degli ecosistemi o della vegetazione dovrebbero essere ubicati a più di 20 km dagli agglomerati o a più di 5 km da aree edificate diverse dalle precedenti, o da impianti industriali o autostrade (DM 2 aprile 2002, n°60, Allegato VIII).

Tabella D5.2.2i

NO_x, NO₂ - Valori di Concentrazione Rilevata e Confronto con i Valori Guida e con i Valori Limite (µg/m³)

PARAMETRO	CONCENTRAZIONE RILEVATA NEI VARI ANNI (µg/m ³)					RIFERIMENTI NORMATIVI DM 02.04.02, N° 60 (µg/m ³)		
	Li Punti	Campanedda	Platamona	PSNicola	Stintino	limite transitorio	limite finale e dati di raggiungimento	limite + margine di tolleranza al 1 gennaio di ciascun anno
NO₂: 98° percentile delle medie orarie								
1.1.98 - 31.12.98	37	20	29	40	12			
1.1.99 - 31.12.99	48	21	25	26	12			
1.1.00 - 31.12.00	36	15	19	18	13			
1.1.01 - 31.12.01	32	14	17	8	10	200	-	-
1.1.02 - 31.12.02	28	15	19	11	8			
1.1.03 - 31.12.03	22	15	15	18	5			
1.1.04 - 31.12.04	27	13	20	16	4			
NO₂: Valore orario superato più di 18 volte per anno civile								
1.1.98 - 31.12.98	55	42	50	72	21			
1.1.99 - 31.12.99	70	51	54	41	25			
1.1.00 - 31.12.00	53	30	39	27	21			300
1.1.01 - 31.12.01	49	31	36	17	14	-	200 al 1.1.2010	290
1.1.02 - 31.12.02	47	31	35	20	15			280
1.1.03 - 31.12.03	32	30	30	30	7			270
1.1.04 - 31.12.04	43	26	43	29	6			260
NO₂: Media annuale								
1.1.98 - 31.12.98	7	4	6	8	3			
1.1.99 - 31.12.99	10	4	6	5	3			
1.1.00 - 31.12.00	7	3	3	5	4			60
1.1.01 - 31.12.01	7	3	4	1	4	-	40 al 1.1.2010	58
1.1.02 - 31.12.02	7	3	5	2	4			56
1.1.03 - 31.12.03	4	3	3	4	2			54
1.1.04 - 31.12.04	7	3	4	5	1			52
NO_x: Media annuale								
1.1.98 - 31.12.98	-	-	-	-	-			
1.1.99 - 31.12.99	-	-	-	-	-			
1.1.00 - 31.12.00	10	4	7	6	6			
1.1.01 - 31.12.01	10	4	6	4	5	-	30 al 19.7.2001	-
1.1.02 - 31.12.02	9	3	6	3	4			
1.1.03 - 31.12.03	6	3	4	6	2			
1.1.04 - 31.12.04	7	4	4	6	2			

I valori calcolati per gli indici statistici di riferimento per il biossido di azoto mostrano il rispetto dei limiti previsti dalla vigente normativa in tutte le postazioni della RRQA così come i valori calcolati per gli indici statistici degli ossidi di azoto, riferiti alla salvaguardia della vegetazione, validi dal 19 luglio 2001.

Per il biossido di azoto è possibile osservare un ampio rispetto dei valori limiti in tutte le postazioni e per tutti gli indici statistici calcolati. Negli anni è evidenziabile una generale tendenza alla diminuzione del valore degli indici statistici; tale andamento è più evidente per le postazioni di Li Punti, Pozzo San Nicola e, soprattutto per gli indici statistici introdotti dal DM 60/2002, anche per la postazione di Platamona. La postazione di Campanedda

evidenzia un valore pressoché stazionario a partire dal 2000 mentre la postazione di Stintino presenta un andamento decrescente a partire dal 2002. La postazione di Li Punti, in tutti gli anni e per tutti i parametri statistici, mostra i valori più elevati, ad esclusione del valore orario superato più di 18 volte l'anno (valore limite pari a $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$), che nel 1998 assume il valore massimo a Pozzo San Nicola.

Per il periodo esaminato (1998 - 2004), il 98° percentile del valore orario (Figura D5.2.2g) raggiunge il massimo di $48 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a Li Punti nel 1999, a fronte del previsto limite transitorio di $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Il valore orario superato più di 18 volte l'anno (Figura D5.2.2h) assume il valore massimo (pari a $72 \mu\text{g}/\text{m}^3$) nella postazione di Pozzo San Nicola nel 1998 e il valore di $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nella postazione di Li Punti nel 1999.

La media annuale (Figura D5.2.2i) evidenzia un andamento stazionario o leggermente decrescente per tutte le postazioni. Tale indice raggiunge il valore massimo di $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nella postazione di Li Punti nel 1999 a fronte del limite finale pari a $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ da conseguire nel gennaio 2010.

Figura D5.2.2g *NO₂ - Andamenti Spaziali del 98° Percentile delle Medie Orarie nell'Arco di un Anno, Limite Transitorio (DPCM 28/03/83, DPR 203/88)*

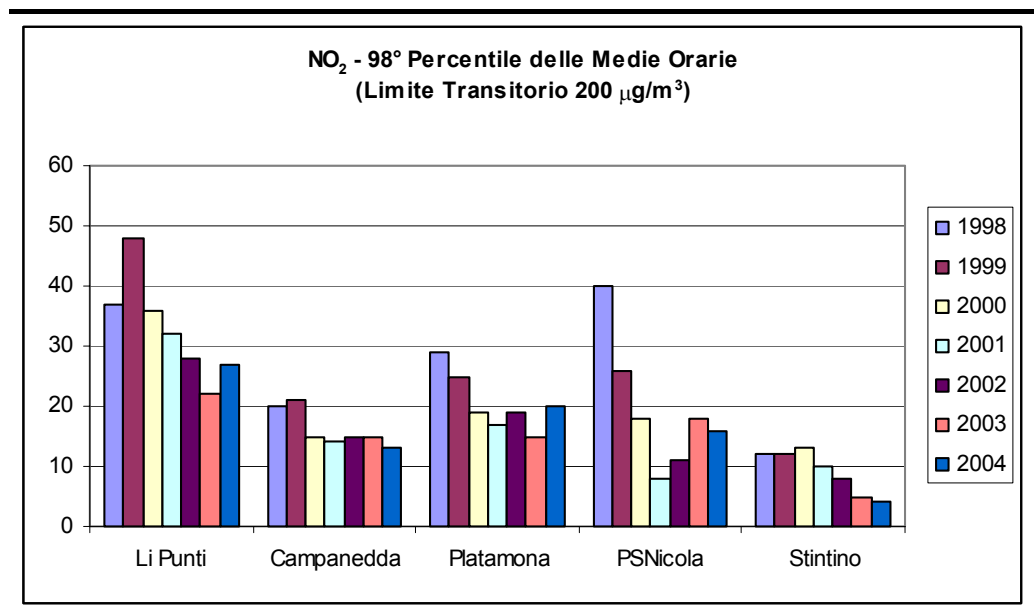


Figura D5.2.2h

NO₂ - Andamenti Spaziali per gli Indici Statistici Introdotti dal DM 60/2002 (Valore Orario Superato più di 18 Volte per Anno Civile)

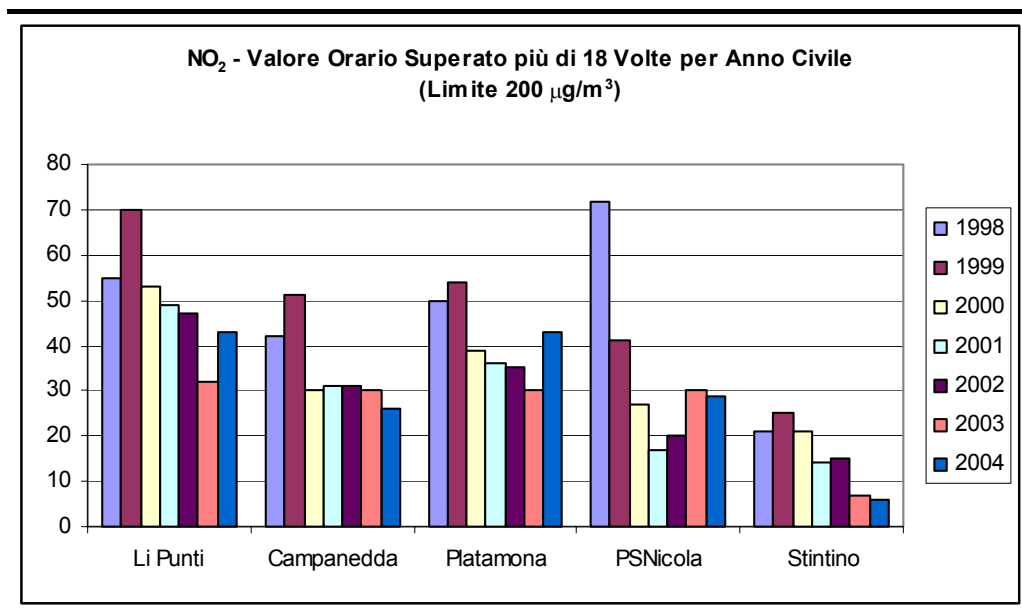
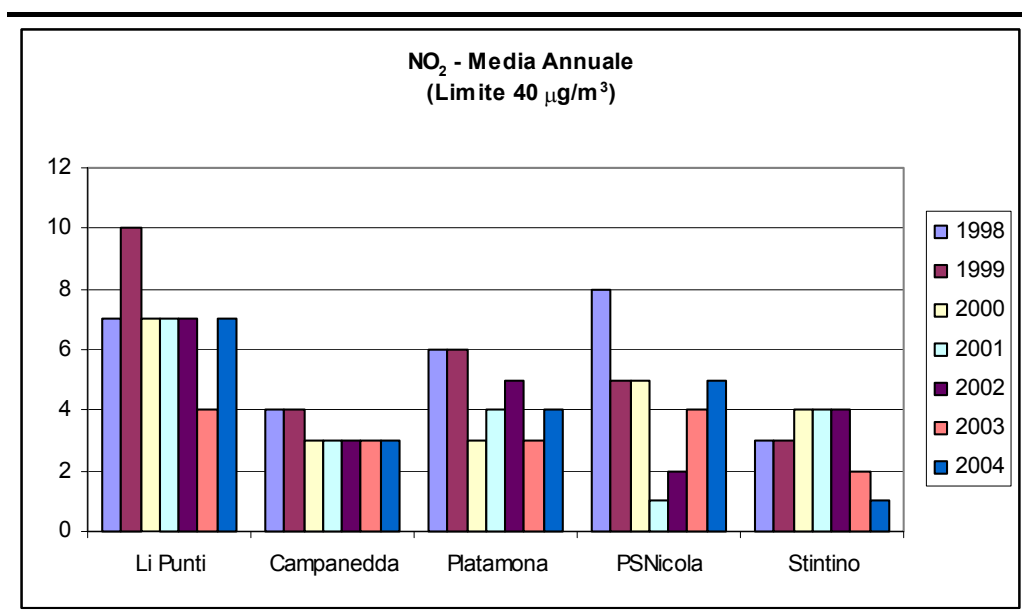


Figura D5.2.2i

NO₂ - Andamenti Spaziali per gli Indici Statistici Introdotti dal DM 60/2002 (Media Annuale)

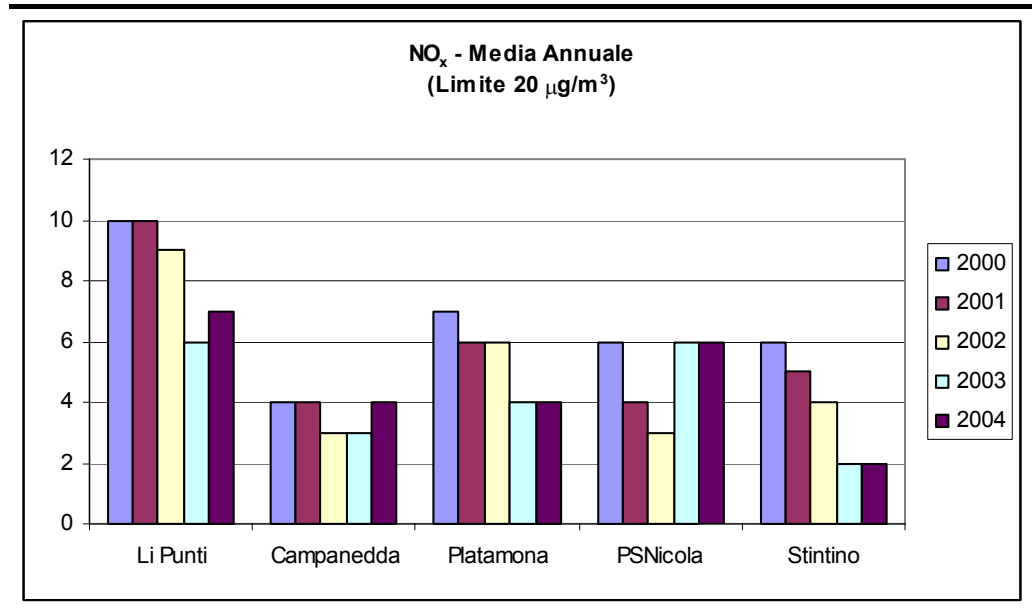


Il valore medio annuale calcolato per gli ossidi di azoto rappresenta il riferimento per la protezione della vegetazione, come introdotto dal DM 60/2002, che a tale proposito definisce l' idoneità dei punti di campionamento in base alla loro distanza dagli agglomerati urbani (> 20 km), o da aree edificate in modo diverso o da impianti industriali o da autostrade (> 5 km).

L'andamento del parametro è stazionario (Campanedda, P.S.Nicola) o decrescente (Li Punti, Platamona e Stintino). L'andamento temporale del

parametro (Figura D5.2.2j) per le singole postazioni evidenzia che i valori più elevati sono associati a Li Punti, che comunque dal 2000 al 2002 non ha mai superato i 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Figura D5.2.2j *NO_x - Andamenti Spaziali per gli Indici Statistici Introdotti dal DM 60/2002 (Media Annuale)*



Particolato Totale Aerodisperso

Il DM 60/2002 prevede limiti alle concentrazioni nell'aria ambiente per il PM₁₀, mentre il particolato totale è soggetto ai limiti introdotti dal DPCM 28/03/83 e dal DPR 203/88, che prevedono sia valori limite sia valori guida validi su tutto il territorio nazionale, riportati nelle *Tabelle* seguenti.

Tabella D5.2.2j *PTS - Standard di Qualità dell'Aria (DPCM 28/03/83 e DPR 203/88)*

Inquinante	Indice statistico	Valore limite
Particelle Sospese	Media aritmetica delle medie di 24 ore rilevate nell'arco di un anno (aprile÷ marzo)	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	95° percentile delle medie di 24 ore rilevate nell'arco di un anno (aprile÷ marzo)	300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Tabella D5.2.2k *PTS - Standard di Qualità dell'Aria (DPCM 28/03/83 e DPR 203/88)*

Inquinante	Indice statistico	Valore guida
Particelle sospese	media di 24 ore	100÷150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
(metodo dei fumi neri)	media aritmetica delle medie di 24 ore rilevate nell'arco di un anno (aprile÷marzo)	40÷60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

L'analisi degli indici statistici di riferimento per le PTS, riportata nelle *Table* e nelle *Figure* seguenti, mostra, per tutte le postazioni, l'ampio rispetto dei limiti legislativi vigenti con valori stazionari o decrescenti negli anni.

I valori più elevati si riscontrano nei periodi aprile 1998 - marzo 1999 e aprile 1999 - marzo 2000 per le postazioni di Campanedda e Stintino.

Tabella D5.2.21 *PTS - Valori di Concentrazione Rilevata e Confronto con i Valori Guida e con i Valori Limite ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)*

PARAMETRO	CONCENTRAZIONE RILEVATA NEI VARI ANNI ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)					RIFERIMENTI NORMATIVI DM 2.4.02. n° 60 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		
	Li Punti	Campanedda	Platamona	PSNicola	Stintino	Limite transitorio	Limite finale e dati di raggiungimento	Limite + margine di tolleranza al 1 gennaio di ciascun anno
PTS: 95° percentile delle medie di 24 ore								
1.4.97-31.3.98	-	-	-	-	-			
1.4.98-31.3.99	51	102	49	48	41			
1.4.99-31.3.00	50	89	54	35	94	300	-	-
1.4.00-31.3.01	26	22	23	23	19			
1.4.01-31.3.02	55	11	17	25	45			
1.4.02-31.3.03	56	36	54	36	33			
1.4.03-31.3.04	47	35	48	45	38			
PTS: Media aritmetica delle medie di 24 ore								
1.4.97-31.3.98	-	-	-	-	-			
1.4.98-31.3.99	26	42	30	31	19			
1.4.99-31.3.00	26	37	36	21	31	150	-	-
1.4.00-31.3.01	16	14	21	18	14			
1.4.01-31.3.02	44	7	10	16	28			
1.4.02-31.3.03	36	18	29	21	21			
1.4.03-31.3.04	26	20	27	26	22			

Per meglio evidenziare i dati tabulati, di seguito sono riportati gli andamenti spaziali degli indici calcolati nel periodo 1998 - 2003 (*Figura D5.2.2k e l*). Da essi è possibile osservare che per le polveri i valori più elevati del 95 percentile delle medie giornaliere sono associati alla postazione di Campanedda nei periodi aprile 1998 - marzo 1999 e aprile 1999 - marzo 2000.

Figura D5.2.2k

PTS - Andamenti Spaziali del 95° Percentile delle Medie Giornaliere (1 aprile/31 marzo), Limite Transitorio (DPCM 28/03/83 e DPR 203/88)

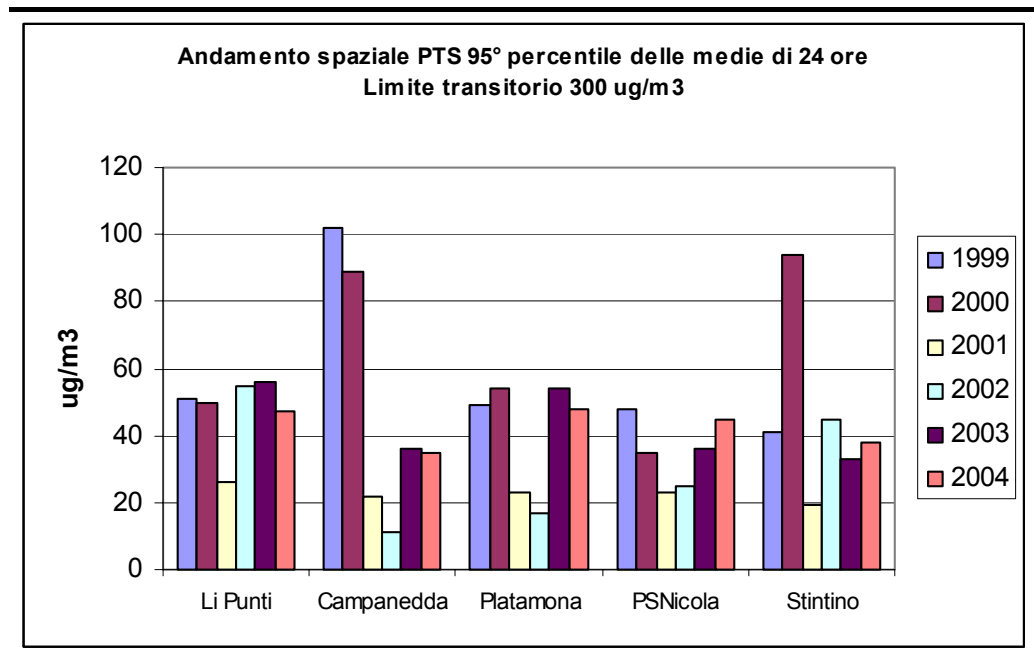
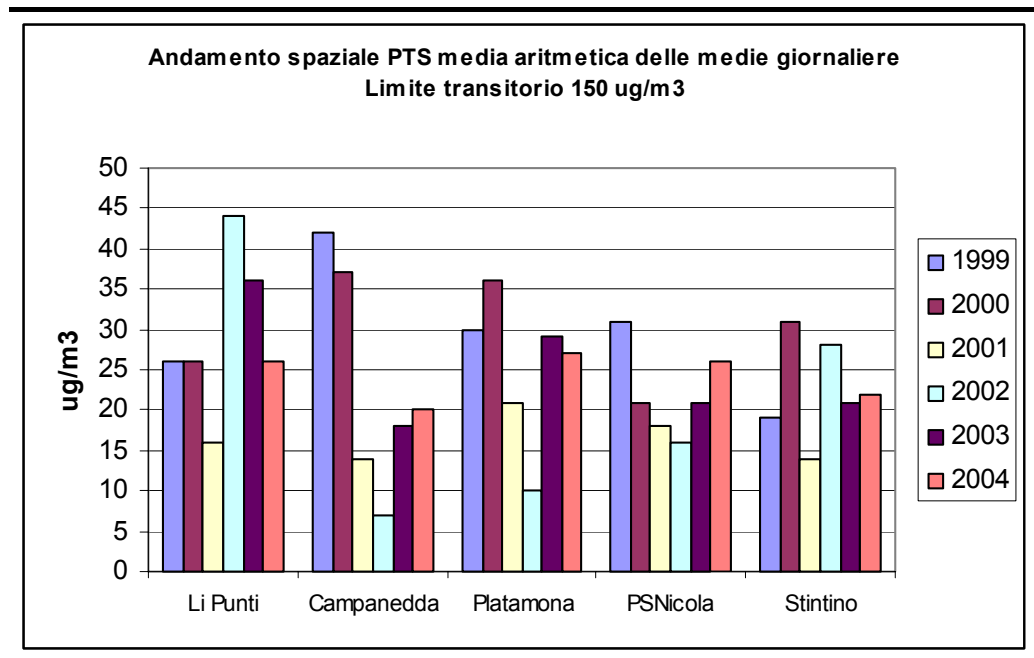


Figura D5.2.2l

PTS - Andamenti Spaziali della Media Aritmetica delle Medie Giornaliere (1 aprile/31 marzo), Limite Transitorio (DPCM 28/03/83, DPR 203/88)



PM_{10}

Le postazioni di misura non sono predisposte al monitoraggio delle concentrazioni di questo inquinante, tuttavia una valutazione preliminare del rispetto dei limiti introdotti dal DM 60/2002 per il PM_{10} può essere fatta

calcolando i parametri statistici definiti dal Decreto stesso sulla base dei dati di particolato totale misurato nelle postazioni della RRQA. Ciò equivale a trattare i dati orari di polveri totali come se fossero PM₁₀ e a valutarne i rispettivi indici statistici definiti dal *DM 60/2002*. Se tali indici calcolati risultano inferiori ai limiti di legge, se ne può dedurre anche il rispetto dei limiti per il PM₁₀, particolare classe di polveri caratterizzata da particelle con diametro inferiore ai 10 µm e compresa in quella più ampia delle polveri totali.

Nel seguito si analizzano i dati richiamando gli aspetti normativi di riferimento fissati dal *DM 60/2002* in riferimento al solo PM₁₀ (*Tabella D5.2.2m*). In particolare, il Decreto fissa i valori limite, la data entro la quale i limiti devono essere rispettati ed il relativo margine di tolleranza⁴, nonché le modalità secondo le quali tale margine deve essere ridotto nel tempo.

Tabella D5.2.2m PM₁₀ - Valori Limite da DM 60/2002, Allegato III

Composto	Materiale Particolato (PM ₁₀)			
	Fase I		Fase II (*)	
Tipo Limite	Valore limite di 24 ore per la protezione della salute umana	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	Valore limite per la protezione della salute umana	Valore limite annuale per la protezione della salute umana
Periodo Mediazione	24 ore	Anno civile	24 ore	Anno civile
Condizioni Applicative	Da non superare più di 35 volte l'anno		Da non superare più di 7 volte l'anno	
19-lug-99	75	48	-	-
1-gen-00	75	48	-	-
1-gen-01	70	46,4	-	-
1-gen-02	65	44,8	-	-
1-gen-03	60	43,2	-	-
1-gen-04	55	41,6	-	-
1-gen-05	50	40	(**)	30
1-gen-06	50	40	(**)	28
1-gen-07	50	40	(**)	26
1-gen-08	50	40	(**)	24
1-gen-09	50	40	(**)	22
1-gen-10	50	40	50	20

(*) Valori limite indicativi da rivedere con successivo decreto sulla base della futura normativa comunitaria

(**) Da stabilire in base ai dati, in modo che sia equivalente al valore limite della Fase I

N.B. Il carattere grassetto corsivo in casella con fondo colorato rappresenta il valore limite in coincidenza della data alla quale deve essere raggiunto

Nella seguente *Tabella D5.2.2n*, relativa al periodo 1998-2004, sono riassunte le statistiche dei valori rilevati per le polveri totali presso le diverse postazioni della RRQA elaborate rispetto agli standard previsti dal *DM 60/2002*, ipotizzando che le misure orarie siano riferite al solo PM₁₀. I valori calcolati

(4) ⁴ Il D.Lgs. 351/99 definisce il margine di tolleranza come la percentuale del valore limite nella cui misura tale valore può essere superato alle condizioni stabilite dal D.Lgs. stesso

per gli indici statistici di riferimento mostrano un ampio rispetto dei limiti in tutte le postazioni della RRQA.

Tabella D5.2.2n *PM₁₀ - Valori di Concentrazione Rilevata e Confronto con i Valori Guida e con i Valori Limite (µg/m³)*

Anno	Concentrazione Rilevata					Riferimenti DM 60/2002	
	Li Punti	Campanedda	Platamona	P. S. Nicola	Stintino	Limite finale e data di raggiungimento	Limite + margine di tolleranza al 1 gennaio di ciascun anno
<i>Media Annuale - Fase I</i>							
1998	26	39	27	32	20		
1999	26	41	37	24	20		
2000	23	28	28	24	34		48
2001	28	16	22	17	25	40 µg/m ³ al 01/01/2005	46,4
2002	41	15	21	19	22		44,8
2003	27	21	30	28	22		43,2
2004	33	24	30	20	26		41,6
<i>Valore Giornaliero Superato 35 Volte in un Anno - Fase I</i>							
1998	45	77	41	46	34		
1999	42	69	51	37	28		
2000	39	41	42	30	70		75
2001	45	36	38	27	45	50 µg/m ³ al 01/01/2005	70
2002	55	29	35	26	35		65
2003	43	31	41	41	30		60
2004	61	44	48	30	40		55

I valori calcolati per gli indici statistici introdotti dal DM 60/2002 evidenziano un buon rispetto dei limiti previsti per il PM₁₀.

La media annuale raggiunge il valore massimo di 41 µg/m³ nella postazione di Campanedda nel 1999 ed in quella di Li Punti nel 2002, a fronte di un limite di 44,8 µg/m³ (limite a regime + margine di tolleranza) per l'anno 2002.

Il valore giornaliero per la protezione della salute umana, da non superare più di 35 volte nell'arco di un anno raggiunge il valore massimo (77 µg/m³) nel 1998 a Campanedda. A partire dal 2000, anno in cui sono entrati in vigore i nuovi limiti, il valore del limite sommato al previsto margine di tolleranza viene sempre rispettato: nel 2000, a fronte di un limite di 75 µg/m³, il valore più elevato per lo standard si è registrato a Stintino ed è pari a 70 µg/m³ e nel 2002, a fronte di un limite di 65 µg/m³, il valore massimo per lo standard si è verificato a Li Punti con una concentrazione di 55 µg/m³. L'unico evento di superamento dei limiti di legge (55 µg/m³) è stato rilevato presso la postazione Li Punti (61 µg/m³) nell'anno 2004.

Il valore calcolato per gli standard di qualità dell'aria del PM₁₀, rafforzato dall'aspetto cautelativo dell'ipotesi assunta per il calcolo di tali standard - cioè l'ipotesi che i dati orari relativi alle polveri totali misurati nelle postazioni delle rete Endesa siano riferiti a PM₁₀, particolare classe di polveri caratterizzata da particelle con diametro inferiore ai 10 µm e compresa in quella più ampia delle polveri totali - permette di affermare anche per il PM₁₀ il rispetto per tutte le postazioni dei limiti legislativi vigenti.

Introduzione

La Regione Autonoma della Sardegna, il 29/11/2005, ha approvato la *Deliberazione n. 55/6*, che approva il Piano di prevenzione, conservazione e risanamento della qualità dell'aria ambiente, predisposto in attuazione delle disposizioni del *D.Lgs 351/99* e secondo le disposizioni tecniche del *D.M. 261/02*.

Le fasi della redazione del *Piano* possono essere così suddivise:

- inventario regionale delle emissioni in atmosfera;
- valutazione della qualità dell'aria ambiente;
- zonizzazione del territorio regionale in aree omogenee dal punto di vista dell'inquinamento atmosferico;
- individuazione delle possibili misure da adottare per il raggiungimento degli obiettivi di risanamento di cui al *D.Lgs 351/99*.

Valutazione e Zonizzazione Preliminari

La zonizzazione del territorio regionale in aree omogenee è stata oggetto di uno studio preliminare, effettuato sulla base delle criticità ambientali del territorio stesso, determinate a partire dall'analisi di diverse variabili.

In particolare sono state analizzate:

- *la vulnerabilità ambientale*, valutata sulla base della distribuzione della popolazione, della presenza di aree di pregio naturalistico e dell'estensione e tipologia della vegetazione;
- *le pressioni ambientali sul territorio*, valutate sulla base delle emissioni diffuse e puntuali di ogni inquinante e delle posizioni delle sorgenti industriali;
- *lo stato di qualità aria*, valutato a partire dalle misure effettuate dalle stazioni di monitoraggio fisse, dalle misure eseguite appositamente per la realizzazione del *Piano* e dai risultati di altri metodi di valutazione della qualità dell'aria.

Quali riferimenti per la definizione della metodologia d'analisi, oltre alle Linee Guida riportate dai testi di legge, sono stati utilizzati i documenti *Guidance Report on Preliminary Assessment under EC Air Quality Directives* e *Guidance on Assessment under the EU Air Quality Directives*.

Da notare che la valutazione dello stato della qualità dell'aria è stata fatta sulla base dell'inventario nazionale delle emissioni del 2001, così come il medesimo inventario è stato la base per lo sviluppo degli scenari emissivi di riferimento stabiliti per legge. Conseguentemente le analisi previsionali non possono aver

tenuto conto delle variazioni degli assetti industriali intervenute dal 2001 ad oggi, e che hanno influenzato e influenzeranno gli scenari emissivi di cui sopra.

Al termine della fase preliminare di indagine, di cui non si riportano i dettagli, è stata redatta quindi la proposta di zonizzazione delle aree potenzialmente critiche riportata nelle *Figure D5.5.2.3 a÷b* e suddivisa in *Salute Umana* e *Vegetazione*.

Figura D5.5.2.3a *Zonizzazione Preliminare - Salute Umana*

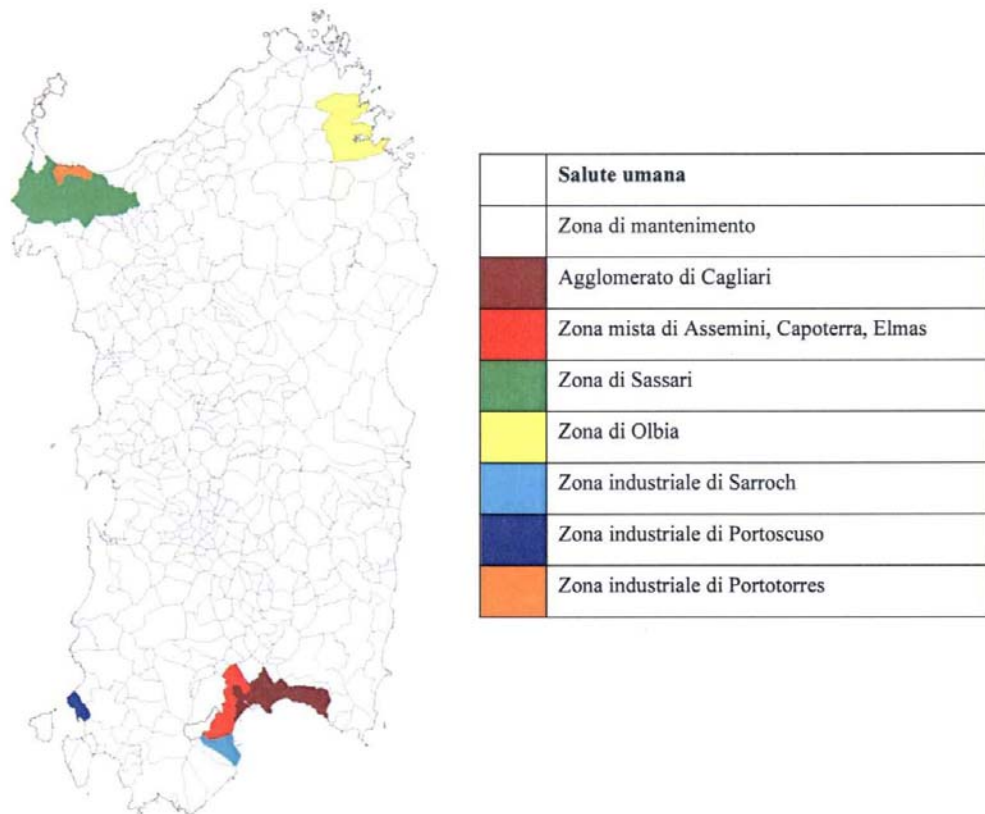
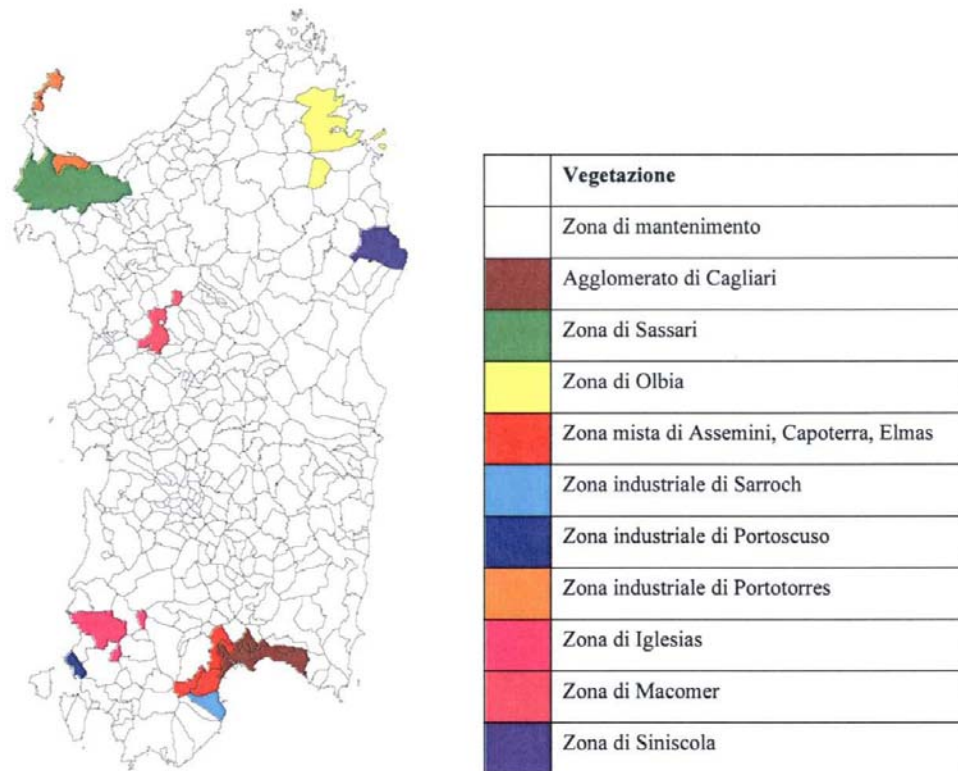


Figura D5.5.2.3b *Zonizzazione Preliminare - Vegetazione*



Come evidenziato nelle *Figure* precedenti, la zona industriale di Porto Torres rientra sia nella zonizzazione preliminare orientata all'evidenziazione delle zone/aree critiche per la salute umana che in quella orientata all'evidenziazione delle zone/aree critiche per la vegetazione.

Valutazione e Zonizzazione Definitive

Nell'ultima fase della redazione del *Piano*, le zone che sono risultate potenzialmente critiche nella proposta preliminare di zonizzazione sono state indagate con maggiore attenzione, anche in relazione all'analisi degli scenari di riferimento individuati per legge.

Nella valutazione della qualità dell'aria ambiente sono stati dunque individuati e analizzati due possibili scenari (2005 e 2010) per gli inquinanti normati dal *D.M. 60/02* (Benzene, CO, Piombo, NO_x, NO₂, Ozono, PM₁₀, SO₂) per i quali sono stati quindi predetti i valori di concentrazione atmosferica tramite l'applicazione di modelli di valutazione della dispersione atmosferica, su domini diversi.

Le risultanze emerse da questa valutazione sono state il punto di partenza per l'individuazione delle criticità, sia in ambito urbano che industriale, per una

zonizzazione definitiva che tenesse conto dei risultati della zonizzazione preliminare e dei risultati della modellistica, e per la definizione dei piani di risanamento.

Individuazione delle Criticità

I risultati dei modelli di dispersione per i vari inquinanti e i vari scenari sono stati confrontati criticamente con i dati di monitoraggio disponibili sia dalla rete fissa che dal laboratorio mobile, mettendo in evidenza eventuali lacune nella disponibilità dei dati delle centraline e della loro non ottimale disposizione.

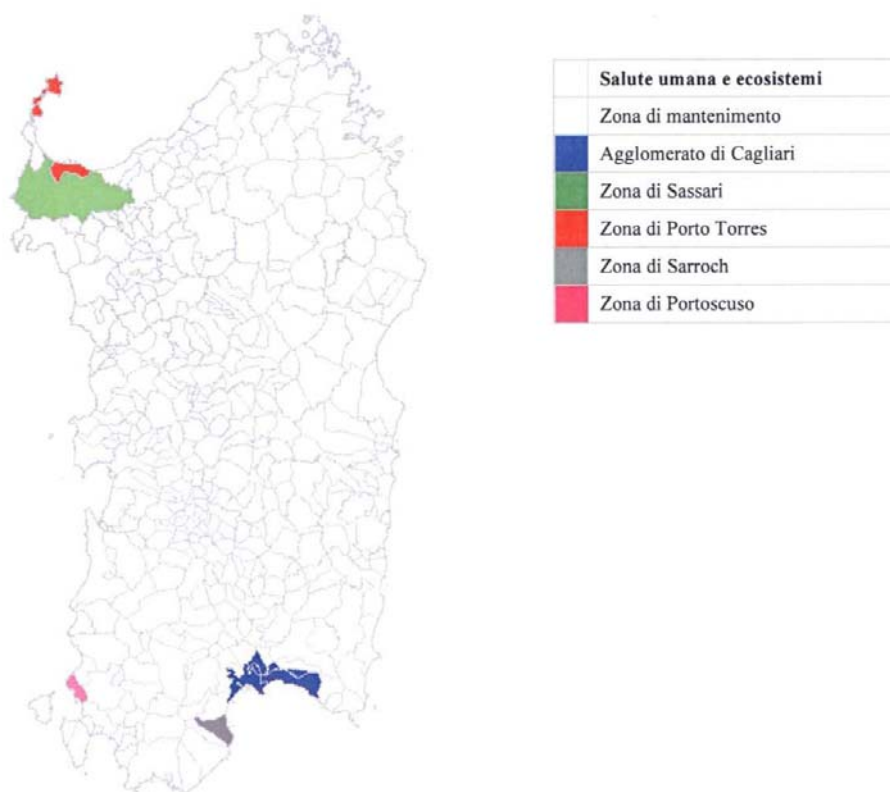
Nei casi in cui l'analisi critica dei dati storici con quelli revisionali ha riportato incongruenze, l'analisi del territorio effettuata durante la fase preliminare è servita come guida per l'attribuzione del livello di criticità per i vari agglomerati urbani e zone industriali da assoggettare a misure di risanamento.

In conclusione:

- *per il Benzene, il CO, gli NO_x, e l'NO₂ il Piano non prevede misure di risanamento di alcun genere;*
- per l'O₃, nonostante non ci siano elementi di criticità tali da rendere necessaria l'individuazione di misure di risanamento, il Piano ribadisce la necessità che la Regione Sardegna si doti di una rete di monitoraggio dell'O₃ e dei suoi precursori efficace e rappresentativa, in ottemperanza a quanto disposto dall'Allegato IV del D.Lgs 183/04;
- per il PM₁₀, nella zona di Sassari sono proposte misure di risanamento *a titolo cautelare*; infatti, anche se i modelli non predicono il superamento dei limiti di legge nei due scenari analizzati, i dati di monitoraggio evidenziano tuttavia una situazione al limite, non in linea con l'aumento previsto delle emissioni puntuali. Conseguentemente vista l'incompletezza dei dati di monitoraggio e l'incertezza intrinseca associata alle simulazioni di dispersione atmosferica, è stata valutata come troppo rischiosa l'ipotesi di non proporre la zona come soggetta a misure di risanamento.
- per l'SO₂, i modelli indicano situazioni problematiche in alcune Zone Industriali della Sardegna, tra cui Porto Torres, per la quale il maggior numero di superamenti dei limiti di legge si evidenzia subito a sud della Centrale. I risultati dei modelli, probabilmente a causa del cattivo funzionamento della rete della Provincia di Sassari, non vengono confermati dai dati del monitoraggio. La zona di Porto Torres viene evidenziata come zona da sottoporre a risanamento.

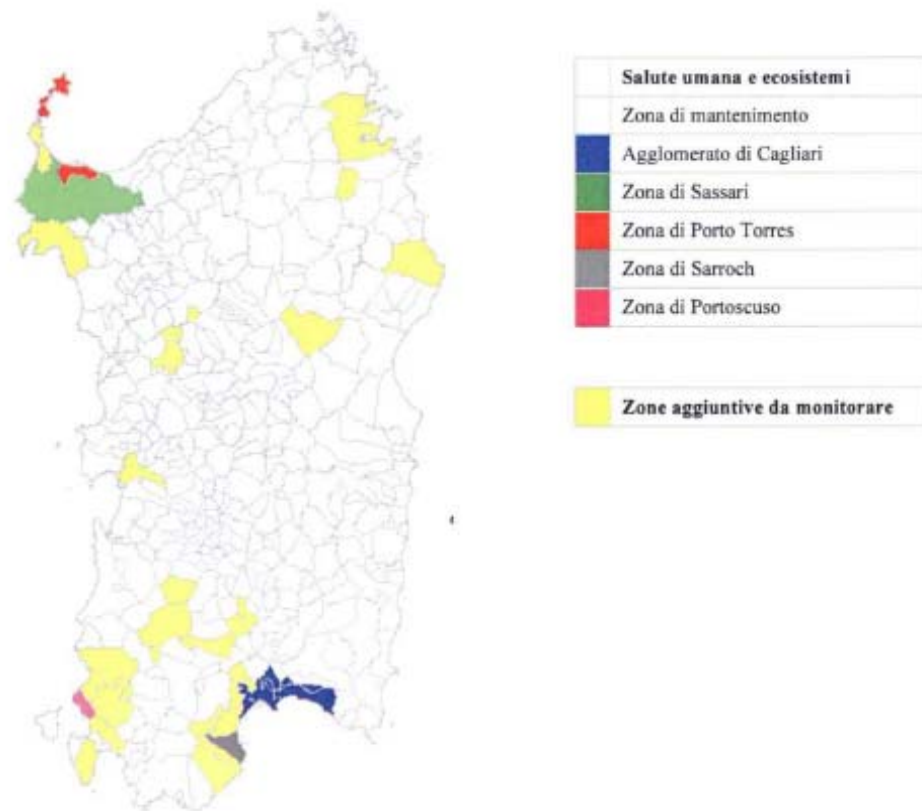
La zonizzazione definitiva è riportata in *Figura D5.5.2.3c*.

Figura D5.5.2.3c *Zonizzazione Definitiva - Salute Umana ed Ecosistemi*



Gli elementi di incertezza che derivano sia dalle stime modellistiche che dai risultati del monitoraggio hanno portato all'inserimento di alcune zone da sottoporre a monitoraggio, oltre a quelle da risanare. Queste zone comprendono, oltre ai territori dei maggiori centri urbani, i comuni nelle vicinanze dei quali siano presenti attività industriali di rilevante entità. Tra queste zone, come evidenziato in *Figura D5.5.2.3d*, rientra il territorio comunale di Stintino, per la sua vicinanza all'area industriale di Porto Torres e alla *Centrale* di Fiume Santo.

Figura D5.5.2.3d *Zonizzazione Definitiva - Salute Umana ed Ecosistemi - Zone Aggiuntive da Monitorare*



Misure di riduzione delle emissioni

I risultati delle simulazioni di dispersione atmosferica hanno dimostrato che nelle aree industriali sarde esistono criticità riguardo alle emissioni di SO₂ e PM₁₀. La zona industriale di Porto Torres è tra le zone industriali che sono oggetto delle misure di risanamento. Le riduzioni sono calcolate sulla base dei risultati dei modelli, che forniscono indicazioni relativamente alla normale marcia degli impianti ubicati nelle zone da risanare.

Eventi emissivi eccezionali sono invece oggetto di specifico indirizzo da parte del *Piano*, che prevede che i gestori delle attività rilevanti delle zone industriali forniscano all'ente autorizzatore un quadro completo delle varie situazioni emissive, sia in caso di regime normale che nelle situazioni di emergenza, fornendo tutte le informazioni utili per la stima degli impatti mediante simulazioni modellistiche. I gestori dovranno dichiarare la causa delle varie situazioni di emergenza, il numero stimato per anno e la durata, in modo tale da fornire alla autorità competente elementi utili alla revisione delle autorizzazioni in essere. Il *Piano* suggerisce inoltre l'obbligo da parte delle aziende della compilazione di un registro informatizzato delle emissioni, i cui

dati dovrebbero essere comunicati all'autorità competente con cadenza prefissata.

Come indicazione di carattere generale riportata dal *Piano* per attuare la riduzione delle emissioni in ambito industriale, è riportata l'adozione delle BAT (Best Available Techniques), quale riferimento tecnologico, economico e gestionale per la valutazione e l'adozione di misure di risanamento.

L'applicabilità delle BAT alla *Centrale* è l'oggetto della presente domanda di Autorizzazione Ambientale Integrata.

Conclusioni

Il piano di risanamento della qualità dell'aria evidenzia la zona in esame come potenzialmente critica per le emissioni e le derivanti concentrazioni al suolo per il solo biossido di zolfo, individuando (anche se indirettamente) la centrale di Fiume Santo come potenziale sorgente principale di tale inquinante.

La valutazione degli impatti che l'esercizio della *Centrale* in oggetto produce sulla componente atmosferica ha visto una prima fase di selezione dei modelli di dispersione maggiormente adatti al caso in studio.

In particolare, un elemento importante che ha influito sulle scelte dei codici di calcolo da utilizzare è costituito dalla complessità morfologica del territorio nel quale è collocata la *Centrale*. Essa, infatti, sorge in estrema prossimità della linea di costa settentrionale della Sardegna, nelle vicinanze delle Bocche di Bonifacio. Nell'entroterra, ad una distanza di circa 5 km dal sito di impianto, si incontrano i primi rilievi che intorno agli 8-9 km si alzano fino a quote di 350 m. Un tale contesto territoriale determina delle condizioni meteo-diffusive particolari, quali fenomeni di brezza o di accelerazione delle correnti aeree in corrispondenza delle Bocche di Bonifacio, che hanno una grande influenza sulle modalità con le quali si realizza la dispersione degli inquinanti emessi dalle varie sorgenti presenti a terra.

Per quanto descritto, la valutazione degli impatti indotti dall'esercizio della *Centrale* è stata condotta attraverso l'utilizzo di un codice di calcolo, *SAFEAIR II*, non stazionario di tipo semilagrangiano.

Simulazioni con SAFEAIR II

Il Codice di Calcolo

SAFEAIR II (Simulation of Air pollution From Emissions Above Inhomogeneous Regions, Versione II) nasce come evoluzione del codice *SAFE_AIR*, entrambi sviluppati dal Dipartimento di Fisica dell'Università di Genova, che ha proceduto a valutare le uscite del modello sia con dati di laboratorio sia con misure di campo, ottenendo risultati incoraggianti in termini di aderenza dei risultati prodotti. Tale modello di calcolo, che attualmente risulta ancora in evoluzione, è il codice ufficialmente adottato dalla Regione Liguria per le sue azioni di pianificazione e risulta inserito nella lista dei modelli selezionati dall'APAT (Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e i servizi Tecnici) per la valutazione della qualità dell'aria.

Il codice è accreditato a livello comunitario ed internazionale, inserito nel database dello *European Topic Centre on Air Quality of the European Environmental Agency*.

SAFE_AIR II consiste di tre parti: due preprocessori meteorologici (*WINDS, Wind-field Interpolation by Non Divergent Schemes*, ed *ABLE, Acquisition of Boundary Layer parameters*) e un codice che simula il trasporto e la diffusione degli inquinanti (*P6, Program Plotting Paths of Pollutant Puffs and Plumes*).

WINDS è un modello *mass-consistent* che ricostruisce a mesoscala il campo tridimensionale di vento su orografia complessa attraverso l'uso dei dati eolici disponibili. Il codice opera attraverso due passi successivi: un primo passo consiste nella costruzione di un campo di vento iniziale ottenuto per interpolazione dei dati di vento disponibili in determinati punti del dominio; il secondo passo, di aggiustamento, che impone la condizione del rispetto della conservazione della massa attraverso un approccio di tipo variazionale.

ABLE calcola la distribuzione orizzontale dei parametri rilevanti che descrivono il *boundary layer*, quali l'altezza di mescolamento, la lunghezza di Monin-Obukhov, la *friction velocity*, ecc., a partire dalle misure delle variabili meteorologiche comunemente misurate.

La crescita e la struttura dell'altezza di mescolamento dipende dai flussi di calore e dal momento, a loro volta legati alle caratteristiche della superficie, quali la rugosità, l'albedo, il contenuto di umidità. Di conseguenza, la stima del flusso di calore sensibile è fondamentale per il calcolo dell'altezza di mescolamento. Per la determinazione del flusso di calore sensibile in un punto del dominio, *ABLE* utilizza un metodo basato sul bilancio energetico, adottando schemi di calcolo diversi a seconda che si simulino condizioni diurne o notturne. L'estensione dei valori numerici così ottenuti agli altri punti della griglia di calcolo è basata su fattori di correzione dipendenti dalla rugosità superficiale. Alla determinazione del flusso di calore sensibile si accompagna poi il calcolo della *friction velocity* e della lunghezza di Monin-Obukhov, a loro volta parametri rilevanti per la determinazione dell'altezza di mescolamento, che viene calcolata sulla base di formule differenziate per le condizioni stabili (caso notturno) e convettive (caso diurno), mentre è adottata una procedura a parte per le simulazioni in cui nel dominio di calcolo compaia il mare.

P6 è un modello multisorgente di tipo lagrangiano, che nella simulazione della dispersione degli inquinanti in atmosfera utilizza sia un approccio di tipo gaussiano (con la segmentazione del plume) sia la metodologia basata sull'uso dei *puffs*.

L'emissione iniziale è suddivisa in una sequenza di "elementi", definiti anche "segmenti di plume" o "puffs", connessi tra loro, la cui dinamica è funzione delle condizioni meteorologiche locali. Sulla base di queste considerazioni è possibile dedurre che *P6* conserva la semplicità tipica delle formule di calcolo gaussiane, ma nello stesso tempo consente di simulare situazioni che sia al contempo non stazionarie e non omogenee (come nel caso della dispersione su terreni orograficamente complessi) (*Figure D5.3a e b*).

Figura D5.3a

Dinamica di un Plume in Condizioni di Direzione del Vento Omogenee ma Non Stazionarie

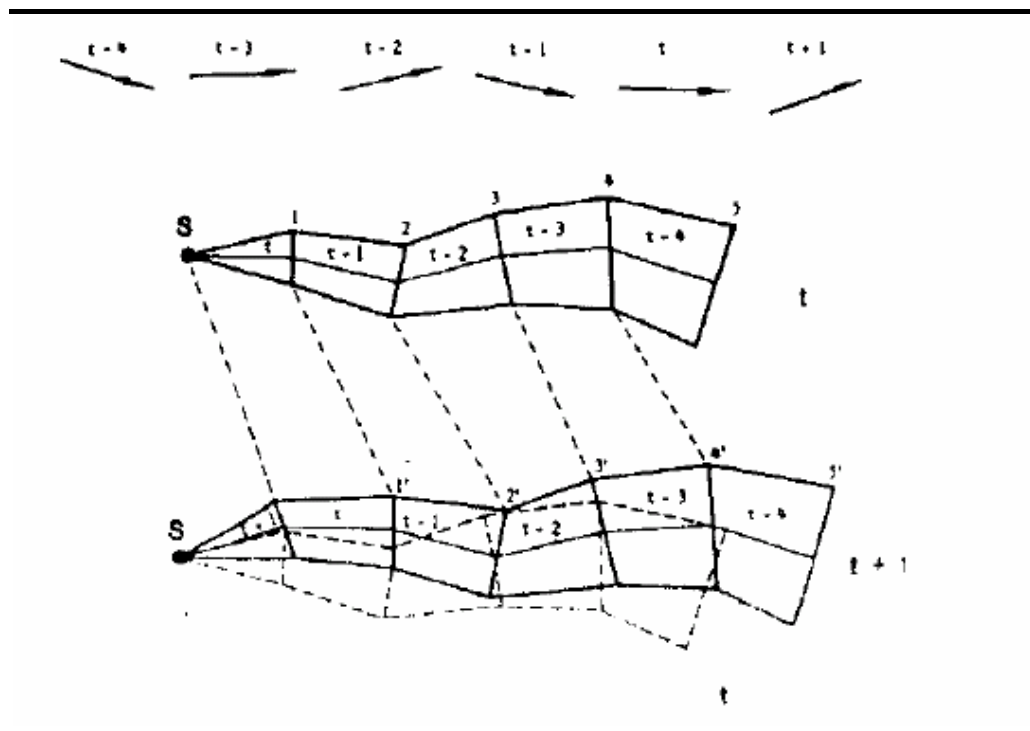
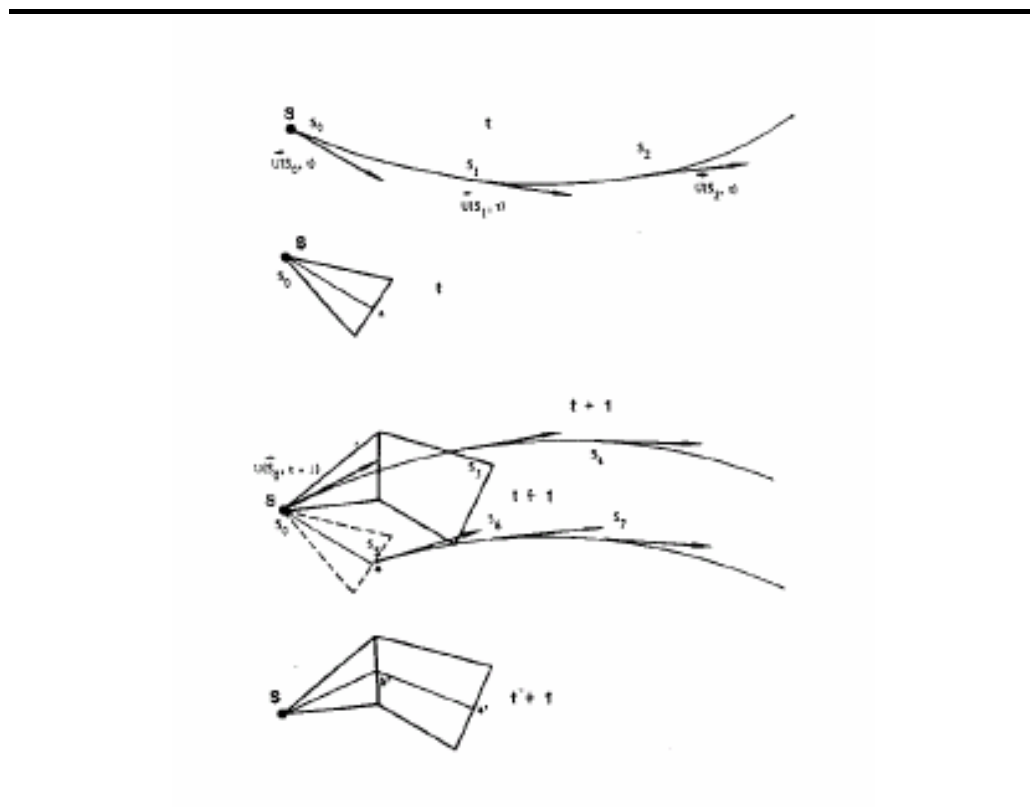


Figura D5.3b

Dinamica di un Plume in Condizioni di Direzione del Vento contemporaneamente Non Omogenee e Non Stazionarie



La suddivisione del *plume* in segmenti garantisce una velocità di calcolo elevata nella simulazione della dispersione degli inquinanti vicino la sorgente, in condizioni di trasporto. D'altro canto, l'utilizzo dei *puffs* permette un'adeguata simulazione del fenomeno della diffusione, sia lontano dalla sorgente di emissione sia in situazioni di calma di vento o di vento debole.

La dinamica degli elementi comprende i seguenti punti:

- generazione alla sorgente;
- plume rise;
- avvezione, ossia trasporto ad opera di vento avvevativo;
- diffusione ad opera della turbolenza atmosferica;
- eventuali trasformazioni chimiche;
- eventuale deposizione al suolo (umida e secca);
- eventuale sedimentazione gravitazionale del particolato più grossolano.

Le uscite del modello *P6* consentono di ottenere una serie completa di parametri statistici relativi alle seguenti due grandezze:

- le concentrazioni dei diversi inquinanti (primari e secondari) in corrispondenza dei recettori imposti;
- campi di deposizione secca e umida su di una griglia definita dall'utente.

Condizioni di Simulazione

Le simulazioni sono state effettuate usando i dati meteorologici della stazione AM dell'Asinara relativi al periodo 1951-1974.

Come osservato nel § *D5.2.1*, in tale stazione le situazioni di calma di vento (vento inferiore a 1 m/s) risultano pari a circa l'11,2% del totale, una percentuale molto bassa che permette di ridurre le difficoltà e le incertezze modellistiche che incrementano al ridursi della velocità del vento. La stima delle concentrazioni al suolo in situazioni di quest'ultimo tipo è ottenuta dal codice di calcolo rappresentando le calme di vento mediante venti deboli di direzione variabile. Nel caso specifico, le calme di vento sono state schematizzate come venti deboli (1 m/s) distribuiti sulle 16 direzioni in maniera proporzionale ai venti rientranti nella classe di velocità immediatamente successiva.

L'altezza dello strato di miscelamento è stata imposta uguale a 5.000 m. L'applicazione del modello di calcolo *ABLE*, di cui il codice è dotato (o di altri modelli simili presenti in codici analoghi, quali *CalcPuff*) e che consente di stimare l'altezza dello strato di miscelamento al variare delle condizioni meteorologiche, non è infatti possibile nel caso di applicazioni di tipo "climatologico" come quella in esame, potendo tecnicamente applicarsi solo nello studio di fenomeni e situazioni singole.

Dai dati della stazione AM dell'Asinara sono stati inoltre ricavati i valori di temperatura media annua in funzione della classe di stabilità (si veda la *Tabella D5.3a*).

Tabella D5.3a *Temperatura Media Annuale (K) in Funzione della Classe di Stabilità*

Classe di Stabilità					
1	2	3	4	5	6
294,8	293,2	292,6	288,2	289,6	289,5

Per le simulazioni, sia del campo di vento e delle altre grandezze meteorologiche sia delle concentrazioni di inquinanti, è stato utilizzato un dominio di calcolo costituito da un quadrato di 50 km di lato, con una risoluzione di 300 m x 395 m, estendentesi rispetto alla *Centrale* 29 km a Nord, 21 km a Sud, 34 km a Est e 16 km a Ovest.

Trovandosi in presenza di orografia complessa, sono inoltre state riprodotte entro le griglie di calcolo considerate le caratteristiche orografiche del sito in esame. Sono stati utilizzati tre diversi DEM, con risoluzione spaziale corrispondente a quelle delle griglie, in funzione dei tre domini di calcolo considerati, come precedentemente descritto. La fonte dei dati di altitudine per il territorio preso in esame è il *Seamless Data Distribution System* del *Geological Service* degli Stati Uniti (*USGS*), accessibile al sito internet: <http://seamless.usgs.gov>.

La dispersione degli inquinanti dai camini industriali può essere disturbata dalla presenza di ostacoli (edifici o rilievi orografici) posti nelle vicinanze del punto di emissione. Il fenomeno, noto con il nome di *"effetto edificio"* oppure *"downwash"*, è rilevante, in quanto è possibile che il pennacchio dei fumi emessi dal camino venga richiamato al suolo dalle turbolenze indotte dalla forza del vento sugli ostacoli, con una conseguente elevata concentrazione di inquinanti presso il suolo. Nel caso in esame, considerata la ridotta altezza dei camini dei due Gruppi Turbogas (20 metri), è stata potenzialmente considerata come determinante nel causare un *effetto downwash* operante su tutte le direzioni di provenienza del vento. Si ricorda tuttavia che in tutti i casi in cui la velocità del vento non supera la metà di quella di uscita dei fumi dal camino, il *downwash* è ritenuto un fenomeno non rilevante e in questi casi non è stato quindi considerato.

Le simulazioni con il codice di calcolo *SAFEAIR II* hanno previsto un uso *"climatologico"* del software, in cui sono state stimate le concentrazioni orarie per ciascuna situazione meteorologica, facendo girare il modulo *P6* un numero di volte pari a quello totale delle condizioni meteorologiche prese in considerazione.

Attraverso il modulo *WINDS*, è stata effettuata la ricostruzione del campo tridimensionale di vento relativo alle diverse combinazioni di stabilità,

velocità del vento e direzione del vento, per un totale di 480 casi. Per ognuna di tali situazioni meteorologiche è stata realizzata, attraverso il modulo *P6*, una simulazione che ha permesso di ottenere, per ciascun punto del dominio di calcolo, le concentrazioni orarie indotte dall'esercizio della *Centrale*. Si è successivamente risaliti ai parametri statistici relativi a ciascun inquinante. In particolare, sulla base dei dati climatologici provenienti dalla stazione AM dell'Asinara, sono stati stimati i massimi e i percentili delle concentrazioni medie orarie e sono state calcolate le concentrazioni medie annue. In quest'ultimo caso (calcolo delle concentrazioni medie annue), nella stima si è tenuto conto delle effettive ore di funzionamento dei diversi Gruppi di *Centrale*.

Le simulazioni sono state condotte facendo riferimento alla configurazione della Centrale successiva alla dismissione dei gruppi 1 e 2 (a partire dall'anno 2008). In tale configurazione risultano quindi in esercizio i gruppi a carbone (Sezioni 3-4) e i gruppi Turbogas (F.O. 6 e F.O. 5).

Oltre a valutare l'impatto complessivo derivante dall'esercizio della *Centrale* nella sua configurazione futura, si è preso in considerazione anche il contributo derivante dalle singole componenti di impianto.

Le caratteristiche emissive relative alla configurazione di Centrale considerata sono riassunte nella seguente *Tabella D5.3b*.

Tabella D5.3b *Dati Emissivi Relativi alla Configurazione di Centrale Successiva alla Dismissione dei Gruppi 1 e 2.*

Parametro	UdM	Sezioni 3-4	F.O. 6	F.O. 5
Altezza camino	m	200	20	20
Diametro equivalente	m	7,07	3,0	3,0
Temperatura fumi	K	370,15	723,15	723,15
Velocità fumi	m/s	23,1	37,4	37,4
NO _x	mg/Nm ³	200	500	500
	(g/s)	(123,8)	(55,5)	(55,5)
SO ₂	mg/Nm ³	400	86	86
	(g/s)	(247,5)	(9,6)	(9,6)
Polveri	mg/Nm ³	50	25	25
	(g/s)	(30,9)	(2,8)	(2,8)

Nelle simulazioni di tipo short term si è considerata la *Centrale* funzionante in continuo per 8.760 ore/anno, alla potenza nominale. In realtà, il funzionamento effettivo previsto per ciascun gruppo è:

- 500 ore/anno per i gruppi turbogas;
- 7.500 ore/anno per i gruppi 3 e 4.

Si precisa infatti che la stima realistica delle concentrazioni medie annue deve tener conto del numero effettivo di ore di esercizio delle diverse sezioni di impianto. Tuttavia, sebbene sia certo che le concentrazioni medie annue indotte dalla *Centrale* in base a scenari realistici di tempi di funzionamento siano minori di quelle stimate nel caso teorico (che considera sempre l'impianto marciante alla massima potenza per tutto il corso dell'anno), una determinazione precisa del loro valore non è possibile, in quanto occorrerebbe ricostruire, ipotizzandola, la distribuzione congiunta dello stato di funzionamento di ciascuna sezione di impianto e delle condizioni meteorologiche corrispondenti. Di conseguenza, non risulta praticabile impostare una simulazione che tenga conto congiuntamente della distribuzione delle ore di funzionamento e delle contemporanee caratteristiche meteorologiche nell'area in esame.

È tuttavia evidente, come sottolineato in precedenza, che la diminuzione delle ore di funzionamento e delle portate di esercizio rispetto al massimo teorico avrà l'effetto di ridurre le concentrazioni medie a terra, rispetto al caso teorico.

Per valutare l'entità di questa riduzione, almeno in termini di ordine di grandezza, per entrambi gli scenari le concentrazioni medie annue, calcolate in base ai dati emissivi riportati nelle *Tabelle D5.3b*, sono state ridotte proporzionalmente al numero di ore effettivamente esercite da ciascuna sezione di impianto.

Tale metodo non è applicabile per la stima delle concentrazioni massime o per la stima dei percentili maggiormente elevati della distribuzione statistica delle concentrazioni. Va tuttavia sottolineato che il numero ridotto delle ore di funzionamento dei vari gruppi operanti nella *Centrale* rispetto al massimo teorico determina una riduzione della probabilità che si verifichino situazioni di concentrazione critica. Il concetto è più facilmente spiegabile mediante un esempio. Si ammetta, in via estremamente semplificata ed esemplificativa, che le emissioni prodotte da un esercizio continuo (8.760 ore/anno) dell'impianto, in un determinato punto del territorio, siano costantemente pari a $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$, con l'eccezione di sole 50 ore, durante le quali, il manifestarsi di situazioni meteorologiche critiche conduce a concentrazioni nello stesso punto pari a $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La concentrazione media annua, in tal punto, risulta pari a $100,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$; il valore superato 17 volte in un anno (99,8° percentile) è ovviamente uguale a $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Supponiamo ora che la *Centrale* resti in esercizio

solamente 2.500 ore. A priori non è possibile sapere se le 50 ore di situazioni meteorologiche critiche saranno comprese (totalmente o parzialmente) nel periodo di funzionamento. Tuttavia, si può con certezza affermare che la concentrazione "media annua" si riduce dal precedente valore di 100,6 sino ad un valore non superiore a 29,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (valore raggiunto nel caso che nel corso dell'anno le 50 ore meteorologicamente critiche siano totalmente coincidenti con il periodo di funzionamento). Il valore superato 17 volte in un anno può invece rimanere invariato o scendere sino a 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, a seconda che le ore meteorologiche critiche siano contemporanee (o meno) a quelle di funzionamento.

Formazione del NO_2 e Valutazione della sua Concentrazione al Suolo

Nella stima delle concentrazioni degli inquinanti indotte al suolo dall'esercizio della *Centrale*, è necessario fare qualche considerazione a proposito del NO_2 . A tal proposito, va sottolineato che le simulazioni modellistiche consentono la stima delle concentrazioni di NO_x , mentre la legislazione pone limiti, oltre che su gli ossidi di azoto totali, anche NO_2 .

All'atto dell'emissione, generalmente il NO_2 costituisce una frazione limitata (qualche per cento) degli NO_x , costituiti principalmente da NO: il NO_2 si forma, a partire dal NO, attraverso reazioni chimiche che dipendono fortemente sia dalle condizioni meteorologiche sia dalle concentrazioni di ozono (O_3) e di idrocarburi presenti in atmosfera. È stata pertanto eseguita la valutazione dell'entità della trasformazione del monossido di azoto emesso (NO) in biossido di azoto (NO_2).

Le principali reazioni chimiche interessanti gli ossidi di azoto all'interno del pennacchio sono le seguenti:



A titolo conservativo, si può assumere che le reazioni citate pervengano entro il pennacchio istante per istante all'equilibrio fotostazionario (cioè la velocità di formazione del NO_2 è pari a quella di fotodissociazione):

$$\frac{d[\text{NO}_2]}{dt} = 0, \text{ cioè } \frac{k[\text{NO}][\text{O}_3]}{J[\text{NO}_2]} = 1 \quad (3)$$

(concentrazioni in volume)

Il valore della costante cinetica k di ossidazione di NO da parte dell'ozono è fornito dalla seguente espressione (*Stevens C.S., Atm.Env. Vol.21, n. 4, pp.799÷805 -1987*):

$$k = 22,5 + 0,2 (t-21,5) \text{ ppm}^{-1} \text{ min}^{-1}$$

dove t = temperatura dell'aria in °C.

Il valore della costante cinetica di fotodissociazione, J, è calcolabile dalla:

$$J = J_{\text{teor}} R_{\text{effettiva}} / R_{\text{max}}$$

dove:

$$J_{\text{teor}} = 0,01305 \cdot 60 \cdot \exp\left[-0,360 \cdot \frac{1}{\cos \alpha}\right] F(\alpha) \text{ in min}^{-1}$$

(D.D.Parrish et al., *Atm.Env. Vol 17, n. 7, pp. 1365-1379, 1983*)

dove:

$$\cos(\alpha) = \sin \alpha \cdot \sin \beta + \cos \alpha \cdot \cos \beta \cos [\alpha(h-12)/12];$$

F(α) = fattore di correzione per l'elevazione, assunto pari a 1 in quanto l'errore sistematico indotto è piccolo rispetto ad altre fonti di errore;

α = angolo del sole rispetto allo zenit;

λ = latitudine;

β = declinazione solare = 23 sen [2π / 365(g-82)] (gradi sessagesimali);

g = giorno dell'anno contato dal 1 gennaio (giorno giuliano);

h = ora locale;

R_{effettiva} = radiazione effettiva, cioè quella misurata localmente;

R_{max} = radiazione massima, per la stessa ora del giorno; corrispondente a cielo sereno.

Il rapporto J/k varia quindi in funzione dell'ora del giorno, per la variazione di K con la temperatura e di J con l'intensità della radiazione ultravioletta (nell'intervallo di lunghezza d'onda 290÷420 nm). Assumendo che l'ozono venga prodotto e consumato solo dalle reazioni sopra indicate, vale la relazione (bilancio dell'ossidante durante la diluizione del pennacchio):

$$\{[\text{NO}_2] + [\text{O}_3]\}_{\text{pennacchio}} = \{[\text{NO}_2] + [\text{O}_3]\}_{\text{aria diluizione}} + p[\text{NO}_x] \quad (4)$$

dove p è uguale al rapporto [NO₂]/[NO_x] all'emissione; tale valore nelle emissioni dell'impianto considerato è variabile intorno a qualche per cento ed è qui assunto pari al 2%. Si pone inoltre per definizione:

$$[\text{NO}_x] = [\text{NO}] + [\text{NO}_2] \quad (5)$$

Con queste ipotesi, assumendo di conoscere dal modello di dispersione la concentrazione di [NO_x] nel pennacchio e da misure sperimentali la concentrazione {[NO₂]+[O₃]} nell'aria di diluizione, considerando trascurabile la presenza di NO₂ nell'aria di diluizione, si può calcolare in ogni punto del pennacchio, e in particolare nelle zone di ricaduta, il rapporto:

$$f = \frac{[NO_2]}{[NO_x]}$$

cioè la frazione di NO₂ sul totale degli NO_x.

Infatti, risolvendo il sistema formato dalle *Equazioni* (3), (4) e (5), si ha:

$$f = \frac{1}{2} \left[b - \sqrt{b^2 - 4(p+r)} \right] \quad (6)$$

dove:

$$b = \frac{J}{k[NO_x]} + p + r + 1$$

$$p = \frac{[NO_2]_{emissione}}{[NO_x]_{emissione}}$$

$$r = \frac{[O_3]_{aria\ diluizione}}{[NO_x]}$$

La stima così ottenuta è conservativa, in quanto sia il non raggiungimento della fotostazionarietà sia l'ulteriore ossidazione di NO₂ in HNO₃ tendono a far diminuire la concentrazione di NO₂.

Di notte si ha J=0, per cui è attiva la sola reazione di ossidazione di NO ad NO₂, che porta alla sparizione dell'NO o dell'O₃ a seconda delle concentrazioni relative; la (6) risulta pertanto così semplificata:

$$f = p + r \quad \text{se } p + r \leq 1$$

$$f = 1 \quad \text{se } p + r > 1 \quad (7)$$

A partire dal calcolo modellistico di [NO_x] si potrebbe quindi calcolare, per ogni ora e per ogni punto ricettore, la concentrazione di NO₂ dalla:

$$[NO_2]_{recettore} = f_{recettore} \cdot [NO_x]_{recettore}$$

dove il fattore di trasformazione $f_{recettore}$ è calcolato secondo la (6) o la (7) in funzione del giorno e dell'ora corrispondente all'input meteorologico orario fornito al modello, ed in funzione della concentrazione [NO_x]_{recettore} ottenuta in output dal modello stesso per quell'ora e per quel recettore. I parametri meteorologici orari necessari per poter applicare la formula suddetta per il fattore di trasformazione, sono pertanto: temperatura ambiente, radiazione solare e valori di ozono.

In via del tutto cautelativa, è stata qui assunta un totale conversione degli NOx in NO₂, a prescindere dalle concentrazioni di ozono ($f=1$) in tutti i punti del dominio e a tutte le ore del giorno in cui l'ozono non risulta un fattore limitante. E' stata tuttavia considerata una concentrazione limitante di O₃ pari a 105,6 µg/m³. Il livello limitante della concentrazione di O₃ è stato così individuato:

- è stato elaborato l'andamento del giorno tipo mensile relativamente alle tre stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria (RRQA Provincia di Sassari) per ogni anno di rilevazione disponibile;
- si è scelto il valore massimo assoluto (pari a 105,6 µg/m³) tra i risultati delle elaborazioni effettuate, come descritto al punto precedente.

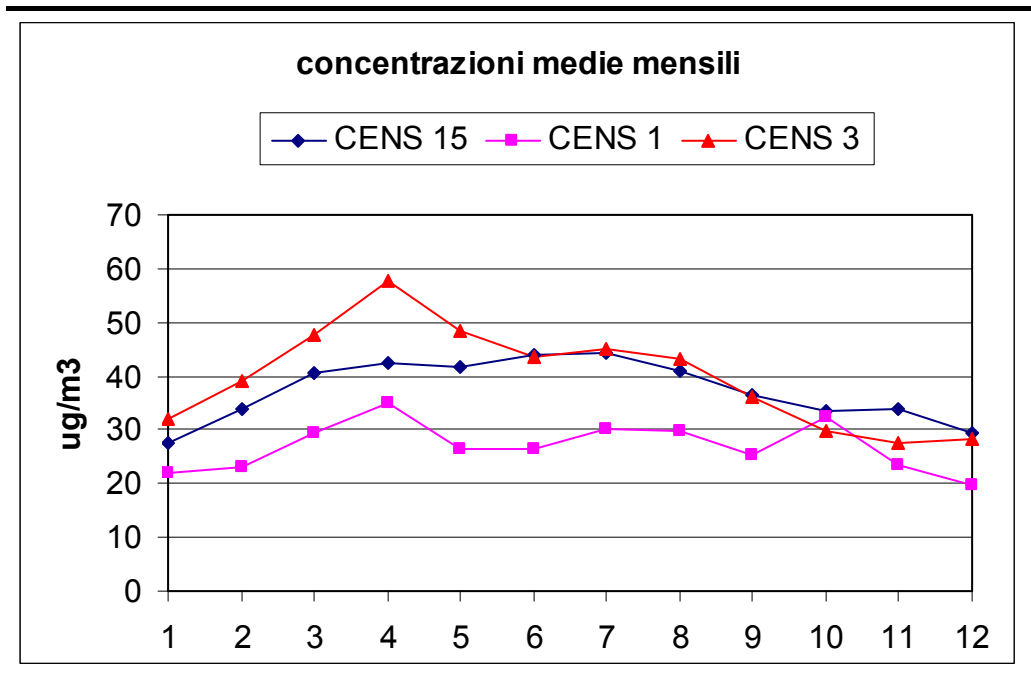
Di seguito si riportano alcune elaborazioni statistiche di base relative alle serie orarie delle misure di ozono per tre postazioni ubicate nel comune di Porto Torres della rete di monitoraggio della qualità dell'aria della Provincia di Sassari. Nella *Tabella D5.3c* è sintetizzata la disponibilità dei dati orari per ciascuna postazione per gli anni dal 1993 al 2003.

Tabella D5.3c *Ozono Stazioni Rete Monitoraggio Provincia Sassari - Disponibilità Dati Orari Periodo 1993 - 2003*

Indirizzo	Località	Stazione		1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	
Porto Torres	Cuile Fiume Santo	Bò CENS15	N	-	-	5.251	4.210	7.495	7.221	6.772	7.180	6.976	6.251	2.686	
			%	-	-	59,9	48,1	85,6	82,4	77,3	82,0	79,6	71,4	30,7	
Z.I. Torres	Porto Torres	Laterizi Torres	CENSS1	N	344	2.341	5.878	5.314	6.378	6.532	4.839	4.465	7.796	4.743	-
			%	3,9	26,7	67,1	60,7	72,8	74,6	55,2	51,0	89,0	54,1	-	
Z.I. Torres	Porto Torres	Bivio Rosario	CENSS3	N	187	2.013	6.203	5.513	4.039	6.897	4.701	524	20	-	-
			%	2,1	23,0	70,8	62,9	46,1	78,7	53,7	6,0	0,2	-	-	

Figura D5.3d

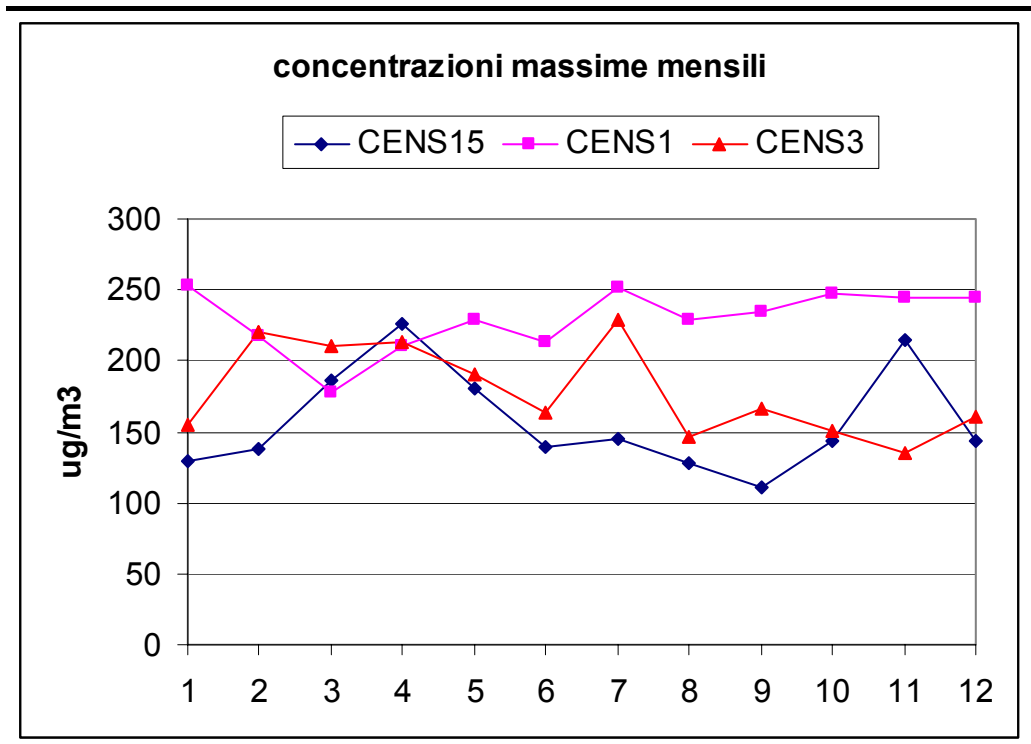
Concentrazioni Medie Mensili di Ozono ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) per gli Anni 1993 - 2003



La generale descrizione delle serie orarie delle concentrazioni di ozono mette in evidenza la disomogeneità delle serie di dati orari, sia dal punto di vista temporale che spaziale e la presenza di massimi orari non coerenti con un tipico andamento annuale, che prevede i valori più elevati nelle ore più calde della giornata e nelle stagioni estiva.

Figura D5.3e

Concentrazioni Massime Mensili di Ozono ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) per gli Anni 1993 - 2003



Simulazioni con ISC3

Il Codice di Calcolo

Il modello *ISC3* (*Industrial Source Complex Dispersion Models*), modello raccomandato dall'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente statunitense (*EPA, 1987*), è utilizzato per simulazioni basate su dati meteorologici statistici. Il codice *ISC3*, che presenta la struttura generale dei modelli di tipo gaussiano, consente di calcolare la concentrazione indotta dall'emissione di inquinanti provenienti sia da sorgenti puntiformi sia da sorgenti areali (una generica sorgente areale viene simulata come l'unione di più sorgenti areali circolari), sia di tipo volumetrico (lineari) e "open pit".

Nel modello sono comprese le seguenti modalità di calcolo:

- *Short Term*, calcola le concentrazioni massime al suolo dell'inquinante considerato sul breve periodo. L'input meteorologico è rappresentato in questo caso da un valore istantaneo di direzione e intensità del vento;
- *Climatologica (Long Term)*, con e senza topografia, calcola la distribuzione spaziale sul territorio delle concentrazioni al suolo dell'inquinante mediate su lunghi periodi, in modo da poter considerare la variazione temporale delle grandezze meteorologiche durante l'anno.

Il codice di calcolo *ISC3* richiede come dati di input essenzialmente:

- dati meteorologici (stabilità atmosferica, velocità e direzione del vento, caratteristiche diffusive e categorie di Pasquill-Gifford);
- dati per le sorgenti (le caratteristiche geometriche delle singole sorgenti, l'entità delle emissioni, la temperatura e la velocità di emissione).

Gli output del codice *ISC3* consistono in matrici che riportano i valori di ricaduta calcolati per ogni nodo della griglia definita, relativi alle emissioni di singole sorgenti e per l'insieme di esse.

La struttura matematica e le assunzioni sulle frequenze di accadimento dei dati meteo (riferiti a valori mediati su 1 ora), utilizzati da tutti i modelli gaussiani, fa sì che i risultati che si ottengono dall'applicazione di tale tipo di modelli rappresentino sempre valori medi orari di concentrazione, valutati sia su breve periodo (modelli *short-term*) sia su base annua (modelli *climatologici*).

Condizioni di Simulazione

I dati meteorologici utilizzati in input sono quelli relativi alla stazione AM dell'Asinara, per la cui descrizione si rimanda ai *Paragrafi* precedenti.

Per l'applicazione in oggetto si è utilizzato un sistema di riferimento di tipo cartesiano suddiviso in tre aree, l'una contenuta nell'altra, a diversa risoluzione spaziale.

La prima, che rappresenta il dominio generale, è costituita da un quadrato di 50 km di lato, con una risoluzione di 1.000 m x 1.979 m, estendentesi rispetto alla *Centrale* 29 km a Nord, 21 km a Sud, 34 km a Est e 16 km a Ovest. Si ritiene che tale dimensionamento consenta di rappresentare adeguatamente la distribuzione delle ricadute al suolo degli inquinanti nel caso in esame; infatti, si evince che ben entro il limite dell'area scelta si verificano le concentrazioni massime e, in generale, si assiste ad una riduzione delle stesse all'aumentare della distanza, se si escludono dei picchi in corrispondenza dei rilievi, posti a Sud-Est dell'impianto.

La seconda area e la terza area, costituite da quadrati di lato rispettivamente pari a 25 km (estensione rispetto alla *Centrale*: 14,5 km a N, 10,5 km a S, 17 km a E, 8 km a O) e 12,5 km (estensione rispetto alla *Centrale*: 7,25 km a N, 5,25 km a S, 8,5 km a E, 4 km a O), si configurano come un infittimento del primo dominio di calcolo nella zona più prossima alla *Centrale*. Le rispettive risoluzioni spaziali adottate sono di 750 m x 993 m nel primo caso e di 375 m x 496 m nel secondo. L'infittimento ha lo scopo di consentire di individuare, nella zona più prossima alla *Centrale*, eventuali picchi di concentrazione non evidenziati dalla griglia di recettori a più bassa risoluzione, che tuttavia copre un'area più vasta.

In maniera analoga a quanto fatto per le simulazioni con il codice *SAFEAIR II*, per la ricostruzione dell'orografia dell'area analizzata si è fatto riferimento ai dati provenienti dal *Seamless Data Distribution System* del *Geological Service* degli Stati Uniti (*USGS*), accessibile al sito internet: <http://seamless.usgs.gov>.

Come per il codice *SAFEAIR II*, si è considerato un effetto *downwash* operante su tutte le direzioni di provenienza del vento.

Anche nelle simulazioni condotte con il codice di calcolo *ISC3* è stato analizzato lo scenario descritto precedentemente (si veda quanto riportato al *Paragrafo* relativo alle simulazioni con il codice *SAFEAIR II*).

Sono state stimate sia le ricadute sul breve periodo (versione *short term* del modello), calcolando le massime concentrazioni orarie e i parametri statistici normati per i diversi inquinanti, sia le concentrazioni annue (versione *long term* del modello).

Anche in questo caso, così come descritto in precedenza, nella stima delle concentrazioni medie annue si è tenuto conto delle effettive ore di funzionamento dei diversi Gruppi di *Centrale*.

INDICE

<i>ALLEGATO D5</i>		<i>1</i>
<i>D5 1.1</i>	<i>INTRODUZIONE</i>	<i>1</i>
<i>D5 2</i>	<i>ATMOSFERA E QUALITÀ DELL'ARIA</i>	<i>2</i>
<i>D5 2.1</i>	<i>CARATTERIZZAZIONE METEOCLIMATICA</i>	<i>2</i>
<i>D5 2.2</i>	<i>STATO ATTUALE DELLA QUALITÀ DELL'ARIA</i>	<i>24</i>
<i>D5 2.3</i>	<i>PIANO DI RISANAMENTO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA</i>	<i>42</i>
<i>D5 3</i>	<i>IL CODICE DI CALCOLO</i>	<i>49</i>