Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente del Friuli Venezia Giulia

Rapporto sullo Stato dell'Ambiente

Anno 2001

Capitolo 3.6

Aria

3.6 ARIA

3.6.1 Introduzione

L'atmosfera che circonda la terra è una parte fondamentale del nostro pianeta, indispensabile al mantenimento della vita e dalla cui qualità dipende fortemente l'intero ecosistema ambientale e il suo stato di salute. L'atmosfera è suddivisa in: troposfera, stratosfera, mesosfera e termosfera. Quasi tutti i fenomeni meteorologici avvengono nella troposfera, pertanto di seguito col termine "atmosfera" si indicherà solo questo strato dell'atmosfera.
La composizione chimico-fisica dell'atmosfera si modifica nello spazio e nel tempo sia naturalmente che per cause legate ad attività di origine antropica, connesse a particolari cicli tecnologici.
L'impossibilità di individuare le proprietà di un ambiente incontaminato di riferimento induce ad introdurre il concetto di *inquinamento atmosferico* stabilendo uno standard convenzionale per la qualità dell'aria.
Si definisce *inquinamento atmosferico* lo stato della qualità dell'aria conseguente all'immissione nella stessa di sostanze di qualsiasi natura in misura e condizioni tali da alterarne la salubrità e da costituire pregiudizio diretto o indiretto per la salute dei cittadini o danno ai beni pubblici e/o privati.
L'inquinamento atmosferico, nella sua natura complessa, può essere definito in base all'origine dei fenomeni che lo determinano. Si distinguono, a questo proposito, fenomeni collegati a *cicli naturali* e fenomeni di origine *antropica*.

Inquinamento Naturale

Tra le cause naturali di inquinamento è significativo il contributo dell'erosione da parte del vento dei materiali litoidi, con formazione di polveri aerodisperse che, a volte, possono provocare movimentazione anche a lunghe distanze di pulviscolo (basti pensare alla ricaduta al suolo con le piogge della sabbia del deserto del Sahara che si verifica a volte anche a queste latitudini).
Dalle esalazioni vulcaniche e dall'attività fumarolica in genere, vengono emessi in atmosfera, oltre al vapor d'acqua, diversi gas tra i quali CO_2, HCl, H_2S, ecc.
La decomposizione di natura batterica di materiale organico può generare sostanze maleodoranti, perchè le molecole contenenti atomi di azoto e di zolfo si decompongono liberando sostanze quali, ad esempio, ammine alifatiche e mercaptani.
La combustione di materiale ligneo riversa nell'atmosfera, oltre a CO_2 e H_2O, fumo composto da microparticelle di sostanza incombusta, spesso di natura catramosa.
Un'altra causa degna di nota, anche se trattasi di un fenomeno sporadico, è la formazione di ossidi di azoto e di ozono per scariche elettriche in atmosfera che hanno origine in concomitanza di temporali.

Inquinamento di Origine Antropica

Con l'avvento dell'era industriale, che ha portato allo sviluppo delle tecnologie produttive e dei mezzi di locomozione, l'inquinamento atmosferico ha assunto caratteristiche tali da compromettere il complesso equilibrio della biosfera.
Benché vi siano fenomeni di contaminazione che riguardano l'intero pianeta, quali il buco dell'ozono, le piogge acide e l'effetto serra, l'inquinamento atmosferico di origine industriale non è generalizzabile ed è strettamente connesso alla tecnologia produttiva dei singoli insediamenti. Il parametro fondamentale per la valutazione del contributo inquinante di una lavorazione industriale è il fattore di emissione, che rappresenta la media del tasso di rilascio in atmosfera di un dato inquinante a seguito di una determinata attività, come la combustione od alcune produzioni industriali.
Il primo e più diffuso tipo di inquinamento è quello prodotto dai processi di combustione, ampiamente utilizzati dall'uomo in attività industriali e artigianali o, più semplicemente, per riscaldamento e autotrazione.

Gli Inquinanti

Gli inquinanti possono suddividersi in diverse categorie tra le quali:

- precursori delle piogge acide (prevalentemente anidride solforosa, ossidi di azoto, acido cloridrico);
- ossidanti (tra i quali ossidi di azoto);
- sostanza tossiche o potenzialmente tossiche (quali anidride solforosa, metalli pesanti, acido fluoridrico, arsenico, selenio, idrocarburi);
- sali neutri (ad esempio il sale marino, cloruro di sodio);
- elementi nutritivi per la vegetazione e la microflora (tra i quali calcio, magnesio, ione ammonio, ione nitrico, ione solfato).

E' entrato nell'uso comune, inoltre, distinguere gli inquinanti, quale che sia la loro origine, in primari e secondari in dipendenza del fatto che vengano, o meno, direttamente immessi nell'atmosfera a seguito delle attività umane o dei processi naturali che li hanno originati. In altre parole, gli inquinanti secondari si formano per reazioni chimiche di varia natura che coinvolgono gli inquinanti primari, attivati o meno dall'energia solare, e l'ossigeno atmosferico.

Tra gli inquinanti primari più comuni ricordiamo: il monossido di carbonio (CO), gli idrocarburi non metanici (NMHC), gli ossidi di azoto (NO e NO_2), gli ossidi di zolfo (SO_2 e SO_3), le polveri (PTS, PM10), l'acido cloridrico (HCl), l'ammoniaca (NH_3), l'idrogeno solforato (H_2S), gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA).

L'acido solforico (H_2SO_4), l'ozono (O_3), i solfati, i chetoni, le aldeidi, gli acidi a catena corta, i perossidi, i perossiacetilnitrati (PAN) e i nitrati costituiscono, invece, esempi di inquinanti secondari.
Le principali reazioni chimiche che contribuiscono a formare gli inquinanti secondari sono le ossidazioni dei composti di C, N e S. Altrettanto importanti

sono le reazioni fotochimiche con produzione di radicali liberi, fortemente reattivi.
Tra i principali inquinanti potenzialmente in grado di modificare il regolare sviluppo della vegetazione vi sono gli ossidi di zolfo, gli ossidi di azoto, l'ozono e gli inquinanti fotochimici, i PAN, il perossinitrato e il particolato (specialmente per il suo contenuto in metalli pesanti e per la sua acidità).
Influenza delle Condizioni Meteorologiche sulle Concentrazioni degli Inquinanti Aerodispersi

Le concentrazioni delle sostanze inquinanti in aria hanno un andamento nel tempo e nello spazio che dipende dalle quantità di inquinanti immesse, dalla distanza dalle sorgenti, dalle condizioni fisiche del mezzo in cui sono disperse e dalle loro caratteristiche di emissione / formazione.

Ogni inquinante assume in media andamenti temporali tipici perché i fenomeni e le caratteristiche dell'ambiente che ne influenzano le concentrazioni avvengono o si ripetono (giornalmente, annualmente) in base ad una certa ciclicità o stagionalità. Mentre i valori mediati su tempi brevi (orari o giornalieri) risentono fortemente della variabilità prodotta da tutti questi fattori, e quindi possono dipendere significativamente dagli eventi particolari ed eccezionali (questo avviene ad esempio per gli episodi acuti), le medie (o le mediane) relative a lunghi intervalli di tempo (e sull'intero ciclo di ripetizione dei fenomeni, ad esempio annuali) non risentono che minimamente delle fluttuazioni cicliche di questi fattori e delle loro particolari deviazioni su tempi brevi. Affinché siano osservabili variazioni sulle medie (o mediane) annuali si richiedono forti e prolungate variazioni o anomalie dei fattori da cui dipendono le concentrazioni.
Tra questi fattori assumono una notevole rilevanza le condizioni meteorologiche, nel senso di condizioni fisiche del mezzo nel quale le sostanze inquinanti vengono immesse. L'intervento di tali condizioni influenza le concentrazioni di sostanze inquinanti in modo complesso, in quanto concorre a definire le concentrazioni modulando e caratterizzando i fenomeni di diffusione e dispersione in aria, ed incide anche nella quantità di determinate sostanze che si formano.
Com'è noto, la quasi totalità dei fenomeni di inquinamento atmosferico avviene nella porzione più bassa dell'atmosfera chiamata "*Planetary Boundary Layer*" (Strato Limite Planetario), o PBL. Il PBL comprende la parte di troposfera nella quale la struttura del campo anemologico risente dell'influenza della superficie terrestre e si estende fino a oltre 1 km di altezza.
I più importanti fattori meteorologici che interessano i fenomeni di inquinamento atmosferico sono (*Zannetti, 1990*):

- il vento orizzontale (velocità e direzione), generato dalla componente geostrofica e modificato dal contributo delle forze d'attrito del terreno e da effetti meteorologici locali, come brezze marine, di monte e di valle, circolazioni urbano-rurali, ecc.;
- la stabilità atmosferica, che è un indicatore della turbolenza atmosferica alla quale si devono i rimescolamenti dell'aria e quindi il processo di diluizione degli inquinanti;
- la quota sul livello del mare;
- le inversioni termiche che determinano l'altezza del PBL;

- i movimenti atmosferici verticali dovuti a sistemi baroclini od orografici.

3.6.2 Sottotematiche

Le sottotematiche individuate sono “Sintesi meteo-climatica della regione Friuli Venezia Giulia” e “Qualità dell’aria”.

Sintesi Meteo-Climatica della Regione Friuli Venezia Giulia

La regione Friuli Venezia Giulia è caratterizzata da una posizione geografica e da un’orografia che ne condizionano in modo determinante il tempo meteorologico ed il clima. Essa è situata alle medie latitudini, dove è molto marcato il contrasto tra le masse d’aria polare e tropicale. Tale contrasto genera frequentemente delle perturbazioni dello stato normale dell’atmosfera, le quali evolvono seguendo le leggi della dinamica e della termodinamica dei fluidi. In zone orograficamente complesse, come il Friuli Venezia Giulia, i processi di formazione delle perturbazioni e la loro evoluzione sono influenzati fortemente dai rilievi e dalla loro disposizione rispetto alla circolazione prevalente delle masse d’aria. L’analisi climatica, di seguito sviluppata, illustra le caratteristiche medie del tempo meteorologico regionale, con particolare riguardo ai campi di temperatura, precipitazione, irraggiamento solare e vento al suolo, che sono quelli che condizionano maggiormente le attività umane. Ovviamente una caratterizzazione completa del clima richiederebbe anche considerazioni che riguardano il profilo verticale dell’atmosfera, ma che esulano dagli scopi di questo Rapporto.

La presenza delle Alpi induce significativi cambiamenti della temperatura, umidità e ovviamente della direzione di moto delle masse d’aria che interessano la regione. I processi di foehn e stau, che hanno luogo su opposti versanti della catena montuosa, sono responsabili di profonde modifiche del contenuto relativo d’acqua nell’aria, attraverso processi di condensazione ed evaporazione dell’acqua stessa, i quali influenzano enormemente la temperatura dell’aria e di conseguenza la stabilità atmosferica. Molto importanti sono anche le peculiarità locali del territorio, quali la presenza del mare Adriatico, poco profondo, e della laguna caratterizzata da considerevoli escursioni termiche. In estrema sintesi il clima della regione può essere considerato come continentale moderato con connotazione umida; tale definizione trae le sue fondamenta dalla classificazione dei climi classica del Koeppen, ma con opportuni aggiustamenti dettati dai lavori specialistici eseguiti dal Polli, dal Gentilli, dall’ERSA e dall’Osservatorio Meteorologico Regionale (OSMER) dell’ARPA. La connotazione umida del clima è dettata dall’elevata piovosità dell’alta pianura friulana e della zona prealpina. Questa componente è il risultato sia degli effetti orografici subiti dai flussi umidi meridionali, che sono forzati a moti verticali i quali si traducono in piogge copiose, sia dell’elevata frequenza di temporali primaverili ed estivi. Non va inoltre dimenticato che la grandine è tra i fenomeni caratterizzanti del clima estivo regionale.

Qualità dell'Aria

L'obiettivo di questa sottotematica è duplice e consiste, da un lato, nell'identificare e nel quantificare le pressioni che su di essa vengono esercitate, in termini di entità e distribuzione delle sorgenti di emissione di inquinanti fisse e mobili, e, dall'altro, nel valutare lo stato di qualità dell'aria attraverso la scelta di opportuni indicatori di stato.
La qualità dell'aria dipende da diversi fattori, quali la densità insediativa (residenziale e produttiva), la congestione del traffico, la domanda di energia, ed è un tipico indicatore della qualità della vita della popolazione in ambito urbano.
Molte delle sostanze che vengono immesse in atmosfera a seguito delle attività umane possono produrre effetti indesiderati. Tale considerazione è alla base della definizione di *inquinante* fornita dall'Agenzia Europea per l'Ambiente: sostanza che, "immessa direttamente o indirettamente nell'aria, può avere effetti nocivi sulla salute umana o sull'ambiente nel suo complesso".
Pertanto una sostanza inquinante per l'aria, anche secondo un'interpretazione riconosciuta a livello europeo comunitario, può essere identificata secondo i suoi effetti temporanei o irreversibili, immediati o a lungo termine sull'uomo e sull'ambiente; sul fatto che sia in grado di produrre, reagendo con altri componenti naturali e non dell'atmosfera, sostanze a loro volta nocive.
Tali sostanze sono dunque classificate in base alla loro pericolosità, valutata dal punto di vista tossicologico (uomo) e della loro aggressività nei confronti dell'ambiente naturale o dei beni materiali. Lo studio degli effetti degli inquinanti sulla salute della popolazione e dell'ecosistema in generale ha portato alla definizione di limiti di concentrazione che, se frequentemente superati, possono arrecare danni alla salute della popolazione e all'ambiente.
Delle molte sostanze ritenute nocive, le normative ne hanno considerato e regolamentato un sottoinsieme (sostanze-guida traccianti delle principali fonti antropiche) che nel tempo si è ampliato, seguendo l'evoluzione della tecnologia e delle conoscenze scientifiche.
Attualmente l'interesse scientifico e normativo si è trasferito dagli inquinanti tradizionali, derivanti soprattutto dai processi industriali e dalle attività di combustione (biossido di zolfo, composti dell'azoto, monossido di carbonio e polveri totali sospese), alle sostanze che in area urbana sono emesse principalmente dal traffico (benzene, idrocarburi policiclici aromatici e polveri fini) e all'inquinamento fotochimico (ozono).
Le quantità di inquinanti immesse in atmosfera sono state scelte come indicatori di pressione in quanto esprimono l'impatto antropico sul sistema atmosfera. Le relazioni che legano le concentrazioni di inquinanti alle emissioni dipendono fortemente dalle condizioni meteoclimatiche dell'area di studio, cosa che non permette una facile correlazione diretta tra i due fenomeni.
In particolare, nell'ambito della sottotematica "qualità dell'aria" l'aspetto che si vuole mettere in evidenza è la relazione tra la qualità dell'aria (indicatore di stato) e l'emissione di inquinanti da parte delle attività antropiche presenti sul territorio regionale (indicatori di pressione).
Lo *stato della qualità dell'aria* è valutato in relazione alla legislazione nazionale in materia, che fissa i limiti di accettabilità delle concentrazioni di inquinanti in aria.

La frequenza degli *episodi acuti di inquinamento atmosferico*, calcolata come giorni in cui sussiste lo stato di attenzione e/o allarme degli inquinanti normati (NO_2, CO, PTS, SO_2, O_3) fornisce una valutazione della qualità dell'aria su breve periodo e indica i periodi di criticità, a fronte dei quali è opportuno prendere provvedimenti urgenti di limitazione delle emissioni per riportare la situazioni a limiti di accettabilità.
Il numero di violazioni degli standard di qualità dell'aria per NO_2, CO, PTS, O_3, SO_2 e degli obiettivi di qualità dell'aria per benzene, PM10 (frazione respirabile delle polveri aerodisperse) ed IPA (Idrocarburi Policiclici Aromatici) fornisce una valutazione della qualità dell'aria su lungo periodo (anno) e indica l'eventuale necessità di intervenire con una politica di piano, volta ad individuare le azioni e l'ambito spazio-temporale per riportare la qualità dell'aria stabilmente entro i limiti.
Il contributo (pressione) delle attività antropiche, nello specifico attività industriali, civili e trasporti, viene evidenziato mediante la stima delle emissioni (in tonnellate/anno) dei seguenti inquinanti suddivisi per fonte emissiva:

- *biossido di zolfo (SO_2)*, sottoprodotto delle combustioni che utilizzano combustibili contenenti zolfo (riscaldamento, centrali di potenza, combustioni nell'industria);
- *ossidi di azoto (NO_x)*, inquinanti prodotti in tutti i processi di combustione (riscaldamento, traffico, centrali di potenza, processi produttivi, ecc.) indipendentemente dal tipo di combustibile utilizzato;
- *monossido di carbonio (CO*), proveniente principalmente dal traffico a benzina;
- *polveri totali sospese (PTS)*, la cui frazione fine (*PM10*) è generata prevalentemente nei vari processi di combustione (traffico, riscaldamento, combustioni dell'industria, ecc.);
- *composti organici volatili (COV)*, derivanti soprattutto dal traffico veicolare e dai processi industriali che utilizzano solventi e composti chimici;
- *ammoniaca (NH_3)*, derivante principalmente dal settore dell'agricoltura.

3.6.3 Indicatori PSR della Tematica Aria

Sottotematica	N. indicatore	Indicatore	PSR
Sintesi Meteo-Climatica della Regione FVG	6-1	Temperatura	S
	6-2	Precipitazioni	S
	6-3	Irraggiamento solare	S
	6-4	Direzione e intensità dei venti	S
Qualità dell'Aria	6-5	Stima delle emissioni di inquinanti in atmosfera, per sorgente di emissione	P
	6-6	Stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria	R
	6-7	Concentrazioni di Ossidi di Azoto (NO_X), di Biossido di Zolfo (SO_2), di Monossido di Carbonio (CO), di Particelle Sospese Totali (PTS), di Ozono (O_3), di Benzene, di Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) rilevate dalle stazioni di monitoraggio	S
	6-8	Monitoraggio biologico della qualità dell'aria	R
	6-9	Caratteristiche chimiche delle deposizioni atmosferiche	S

3.6.3.1 Scheda dell'Indicatore 6-1: Temperatura

Codice Indicatore	*6-1*
Tematica	*Aria*
Sotto tematica	*Sintesi meteo-climatica della regione Friuli Venezia Giulia*
Indicatore	*Temperatura*
Tipo	*Stato*
Obiettivo	*Caratterizzare le differenziazioni climatiche attribuibili alle peculiarità orografiche della regione.*
Riferimenti	Bibliografia citata nei *Riferimenti per la valutazione*
Dati necessari	*Temperature massime e minime (valori medi e valori estremi in diverse stazioni).*
Fonte	*Rete di Rilevamento Regionale OSMER (ex ERSA), Osservatorio Meteorologico Regionale dell'ARPA Friuli Venezia Giulia. Annali del Servizio Idrografico Nazionale*
Disponibilità	**Ambito Spaziale:** *regionale* **Aggiornamento:** *annuale e variabile* **Periodo:** *1961 – 1990; 1991 – 2001*

Descrizione, Calcolo e Valutazione

In generale si può affermare che la fascia pianeggiante e costiera della regione (dove sono situati i 4 capoluoghi e le maggiori località turistiche) rientra, per quanto attiene alle temperatura media annuale, fra i valori di 12 e 14 °C, con alcune lievi differenze dovute sostanzialmente solo alla maggiore vicinanza al Mare Adriatico e alla giacitura. Il discorso si complica notevolmente per il resto del territorio collinare e montuoso della regione, dove la temperatura è profondamente influenzata, non solo dall'altitudine, ma soprattutto dall'esposizione e dall'orientamento delle catene montane delle Prealpi e Alpi, Carniche e Giulie, dalla presenza dell'altopiano del Carso, dall'appartenenza ai sistemi idrografici (Adriatico e Mar Nero) ed ai bacini fluviali (Piave, Livenza, Tagliamento, Isonzo, Drava, Timavo), dalla conformazione delle valli.
In altre parole, oltre alla consueta diminuzione progressiva della temperatura legata alla quota (non sempre omogenea a causa dell'esposizione e

dell'orientamento del versante), che rispecchia il decremento della temperatura che si verifica nella troposfera secondo il gradiente adiabatico di 0,67 °C ogni 100 m, contano molto anche la giacitura di una località (valle larga o stretta) e l'altezza delle catene montane circostanti, che favoriscono il ristagno delle masse d'aria più fredde (fenomeno noto come "inversione termica"). Per esemplificare, le località poste in zone collinari o comunque non a fondovalle registrano temperature medie più elevate di quelle poste a fondovalle, ma ciò si verifica anche fra l'alta e la bassa pianura friulana; il fenomeno era noto già nell'antichità e infatti la maggior parte degli insediamenti abitativi (castelli, borghi, villaggi montani) si è sviluppata su zone rilevate. L'appartenenza ai sistemi idrografici ed ai bacini fluviali incide notevolmente per gli effetti di maggiore o minore continentalità, cioè sia per l'aumento dell'escursione termica diurna e annuale, sia per l'esposizione all'afflusso delle diverse masse d'aria, calda o fredda, che si spostano sull'Europa. L'orientamento e la morfologia delle due catene montuose principali, Alpi e Prealpi Carniche e Giulie, e il Carso, incrementano o smorzano l'azione dei flussi sinottici apportatori di diverse condizioni meteorologiche, quindi giocano un ruolo molto rilevante anche sul comportamento della temperatura su base climatica, cioè caratteristica del lungo periodo, non solo di determinate e limitate situazioni.

Le *Tabelle 3.6.3.1a ÷ 3.6.3.1n* riportano i valori medi mensili delle temperature minime, medie e massime registrate nei 4 capoluoghi, riferite al periodo 1961-1990; i dati più aggiornati rilevati dalle stazioni meteorologiche sinottiche dell'OSMER ARPA FVG, riferiti all'ultimo decennio, sono riportati nelle *Tabelle 3.6.3.1ac ÷ 3.6.3.1af*.

Tabella 3.6.3.1a *Temperature Minime Mensili (Servizio Idrografico Nazionale - Udine, 106 m slm, 46°04'N, 13°15'E)*

ANNO	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Media
1961	0.1	3.0	5.5	11.3	11.6	16.3	16.2	16.9	15.8	11.6	6.2	1.0	9.7
1962	1.4	0.3	2.5	7.7	10.8	13.9	16.0	19.5	13.7	10.4	5.2	-0.5	8.5
1963	-2.6	-1.5	3.2	9.4	12.1	14.5	17.5	16.6	14.3	7.5	7.4	-0.7	8.2
1964	-3.7	-0.6	3.7	8.2	11.9	16.5	16.6	15.3	12.9	9.1	4.6	0.9	8.0
1965	0.7	-2.5	3.3	6.3	10.2	14.5	16.2	14.9	12.8	6.8	4.1	1.0	7.4
1966	-3.1	4.9	2.7	8.6	11.7	16.1	16.1	16.0	13.9	13.3	3.5	0.2	8.7
1967	-0.8	0.5	4.8	6.8	12.0	14.0	18.2	16.8	14.3	9.8	5.6	-1.2	8.5
1968	-3.1	3.1	3.4	8.4	11.1	14.5	16.5	15.5	13.0	9.4	5.4	-1.1	8.0
1969	-1.2	0.9	3.5	5.2	12.3	13.9	15.9	15.4	13.3	7.2	4.3	-3.1	7.3
1970	0.0	-1.7	1.7	5.1	8.8	15.7	15.7	16.9	14.1	6.0	4.7	-1.1	7.2
1971	0.5	-0.7	0.9	9.3	12.4	13.6	17.0	17.6	9.8	6.0	3.7	-0.7	7.5
1972	0.2	3.1	4.9	7.8	10.9	15.1	16.8	18.5	12.6	8.2	5.2	2.0	8.8
1973	1.9	2.1	4.2	7.1	13.0	16.1	17.3	18.6	15.1	9.1	3.8	-0.1	9.1
1974	2.4	4.6	5.5	7.5	11.1	14.1	17.0	19.8	14.5	6.2	5.7	2.0	9.2
1975	2.5	0.9	4.5	7.7	14.0	15.0	19.1	17.7	15.5	10.5	3.4	2.4	9.5
1976	-0.5	1.6	1.7	8.3	12.4	16.4	18.8	14.7	13.1	11.0	6.9	0.6	8.8
1977	0.7	1.6	4.0	5.1	10.8	14.9	17.0	15.5	11.7	10.0	5.2	0.7	8.1
1978	1.4	0.9	4.5	6.5	10.5	15.0	16.0	15.7	13.0	7.9	2.7	0.9	7.9
1979	-0.5	4.3	4.5	7.0	11.8	17.1	16.3	15.6	12.7	9.3	4.2	3.1	8.8
1980	0.3	2.1	3.8	5.6	10.7	13.4	14.8	17.9	13.0	9.4	3.5	0.2	7.9
1981	-2.2	-1.0	6.0	9.0	11.3	15.7	16.7	16.6	14.6	11.0	3.0	0.3	8.5
1982	0.0	-1.0	3.4	6.8	12.4	16.4	19.1	17.4	15.9	9.7	5.3	4.1	9.2
1983	0.6	-1.1	3.5	8.3	11.8	15.5	19.6	17.4	14.0	9.3	2.7	-1.6	8.4
1984	-1.1	0.0	2.0	5.8	9.6	13.7	14.8	14.8	12.0	9.5	4.5	1.1	7.3
1985	-4.4	-2.3	3.2	5.3	10.9	13.4	17.0	15.2	12.9	8.4	2.4	1.7	7.0
1986	-1.2	-1.7	1.9	7.5	13.3	14.2	15.7	16.1	12.6	7.6	3.8	-2.5	7.3
1987	-3.7	0.1	-1.3	5.6	9.0	13.4	16.8	15.5	15.6	9.5	3.8	0.3	7.1
1988	3.0	0.7	1.8	7.0	12.3	13.9	16.7	16.2	11.9	9.7	-1.0	-1.5	7.6
1989	-2.3	0.7	4.4	7.6	10.3	12.8	16.5	15.5	12.4	5.8	2.2	0.0	7.2
1990	-2.2	2.0	3.9	6.2	11.7	13.8	15.4	15.4	11.9	9.3	3.6	-1.3	7.5
Media '61-'90	**-0.6**	**0.8**	**3.4**	**7.3**	**11.4**	**14.8**	**16.8**	**16.5**	**13.4**	**8.9**	**4.2**	**0.2**	**8.1**
Massima	3.0	4.9	6.0	11.3	14.0	17.1	19.6	19.8	15.9	13.3	7.4	4.1	9.7
Minima	-4.4	-2.5	-1.3	5.1	8.8	12.8	14.8	14.7	9.8	5.8	-1.0	-3.1	7.0
Varianza	3.9	4.0	2.3	2.2	1.4	1.4	1.4	1.9	1.9	3.2	2.6	2.6	0.6
Dev. Stand.	2.0	2.0	1.5	1.5	1.2	1.2	1.2	1.4	1.4	1.8	1.6	1.6	0.8
Coef. Var.	-353.4	259.3	45.2	20.3	10.2	7.9	7.1	8.4	10.4	19.9	38.4	695.2	9.4
Num. Osser.	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30

Tabella 3.6.3.1b *Temperature Medie Mensili (Servizio Idrografico Nazionale - Udine, 106 m slm, 46°04'N, 13°15'E)*

ANNO	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Media
1961	2,9	7,6	11,0	15,6	16,5	21,2	21,2	22,4	21,2	15,2	8,9	3,6	14,0
1962	4,1	3,8	5,6	12,9	15,6	19,2	21,4	25,0	18,7	14,6	7,6	2,5	12,6
1963	-0,1	1,9	7,3	14,1	17,4	19,6	23,8	21,9	19,3	13,2	10,9	2,7	12,7
1964	1,4	3,8	7,1	12,7	17,3	22,4	23,0	21,5	18,7	13,0	8,3	4,6	12,9
1965	3,7	2,2	7,5	10,9	15,5	19,7	21,7	20,7	17,3	13,2	7,0	4,3	12,0
1966	1,5	7,5	7,7	13,3	17,3	21,6	21,4	20,9	19,3	16,5	6,9	4,2	13,2
1967	2,7	4,2	9,3	11,7	17,5	19,4	24,4	22,7	19,0	15,2	9,3	3,6	13,3
1968	1,2	5,9	8,5	14,0	16,6	19,7	22,3	20,4	18,0	14,5	9,1	2,8	12,8
1969	3,0	3,8	7,5	10,5	18,0	19,2	22,5	21,0	19,1	14,5	8,4	1,4	12,5
1970	3,5	2,7	5,8	10,3	14,1	21,4	21,6	22,0	19,4	12,2	8,9	3,3	12,1
1971	3,5	4,6	5,1	13,7	17,3	19,3	22,9	24,6	16,3	12,6	7,8	3,5	12,6
1972	3,0	6,7	9,9	12,0	15,9	20,5	22,7	22,9	16,6	12,0	8,3	5,0	13,0
1973	4,7	5,8	8,2	10,8	18,2	21,4	23,0	24,0	20,5	14,0	8,1	4,1	13,6
1974	6,3	8,3	10,1	12,7	15,8	18,8	22,6	24,7	19,8	11,0	9,5	6,0	13,8
1975	6,8	6,4	8,9	12,7	18,8	20,6	25,2	23,9	21,0	15,1	7,6	6,3	14,5
1976	4,1	6,3	6,8	14,0	19,0	23,5	24,9	20,5	17,7	16,1	10,1	4,1	14,0
1977	4,5	6,7	10,0	10,7	17,1	20,8	22,5	21,3	17,6	15,0	8,8	4,9	13,4
1978	4,8	4,1	9,1	11,2	14,7	19,9	21,0	20,9	18,0	13,3	9,1	3,8	12,5
1979	2,5	6,1	8,0	11,5	17,8	23,0	21,8	21,2	18,5	14,1	8,5	6,2	13,3
1980	3,2	6,6	8,0	9,7	15,0	17,4	19,4	23,2	18,1	13,0	6,1	3,1	11,9
1981	2,0	3,7	9,5	13,2	16,2	20,5	22,0	21,6	18,9	15,5	7,6	3,4	12,9
1982	3,7	3,9	7,7	11,7	16,9	22,0	24,1	22,7	20,8	14,3	9,7	6,8	13,7
1983	4,9	2,5	8,5	12,3	16,3	21,2	25,4	23,1	19,6	13,9	7,5	2,6	13,2
1984	2,6	3,8	6,5	11,3	13,4	18,6	21,0	20,0	17,1	14,3	9,0	5,4	12,0
1985	-0,5	2,4	7,3	10,5	16,5	18,7	23,1	22,2	20,4	14,8	6,7	5,7	12,4
1986	2,3	2,0	7,0	11,9	19,4	20,2	22,3	23,0	18,5	14,3	8,4	2,7	12,7
1987	0,5	4,1	3,7	11,3	14,8	19,0	23,3	21,0	21,1	13,7	8,2	4,3	12,1
1988	6,0	5,3	6,9	12,0	17,2	19,2	23,3	23,0	18,1	14,8	5,1	3,2	12,9
1989	3,0	6,5	10,0	12,3	16,7	18,7	22,3	21,5	18,3	12,3	7,2	4,5	12,8
1990	3,6	6,8	10,4	11,1	18,2	19,2	22,0	22,3	17,6	14,4	8,5	3,1	13,1
Media '61-'90	**3,2**	**4,9**	**8,0**	**12,1**	**16,7**	**20,2**	**22,6**	**22,2**	**18,8**	**14,0**	**8,2**	**4,1**	**13,0**
Massima	6,8	8,3	11,0	15,6	19,4	23,5	25,4	25,0	21,2	16,5	10,9	6,8	14,5
Minima	-0,5	1,9	3,7	9,7	13,4	17,4	19,4	20,0	16,3	11,0	5,1	1,4	11,9
Varianza	3,0	3,4	2,9	1,8	2,1	2,0	1,8	1,8	1,8	1,6	1,5	1,7	0,4
Dev. Stand.	1,7	1,8	1,7	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,2	1,3	0,6
Coef. Var.	54,9	38,0	21,3	11,2	8,6	7,1	5,9	6,0	7,1	8,9	14,7	32,0	5,0
Num. Osser.	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30

Tabella 3.6.3.1c Temperature Massime Mensili (Servizio Idrografico Nazionale - Udine, 106 m slm, 46°04'N, 13°15'E)

ANNO	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Media
1961	5,6	12,1	16,5	19,9	21,4	26,2	26,2	27,9	26,5	18,7	11,5	6,3	18,3
1962	6,9	7,3	8,7	18,1	20,3	24,5	26,8	30,5	23,7	18,9	10,1	5,5	16,8
1963	2,3	5,3	11,4	18,9	22,6	24,8	30,2	27,2	24,3	18,9	14,4	6,2	17,3
1964	6,5	8,2	10,5	17,2	22,7	28,2	29,3	27,8	24,4	17,0	12,0	8,4	17,7
1965	6,8	6,9	11,8	15,5	20,7	25,0	27,3	26,6	21,7	19,5	9,9	7,5	16,7
1966	6,1	10,0	12,7	18,0	23,0	27,2	26,7	25,8	24,8	19,8	10,3	8,2	17,7
1967	6,2	7,9	13,7	16,5	23,1	24,8	30,7	28,6	23,7	20,6	13,0	8,4	18,2
1968	5,5	8,7	13,7	19,5	22,1	24,8	28,1	25,4	22,9	19,5	12,7	6,8	17,5
1969	7,1	6,8	11,6	15,8	23,6	24,6	29,1	26,6	24,8	21,9	12,4	5,9	17,6
1970	6,9	7,0	9,9	15,5	19,4	27,0	27,5	27,1	24,7	18,4	13,0	7,8	17,1
1971	6,6	10,0	9,3	18,1	22,1	24,9	28,8	31,5	22,7	19,3	11,8	7,8	17,8
1972	5,7	10,3	14,8	16,1	20,8	25,9	28,6	27,4	20,5	15,8	11,5	8,1	17,2
1973	7,5	9,5	12,2	14,4	23,5	26,7	28,7	29,4	25,8	18,9	12,3	8,3	18,1
1974	10,2	12,0	14,7	17,9	20,5	23,5	28,2	29,5	25,1	15,8	13,4	10,1	18,4
1975	11,1	11,8	13,3	17,7	23,7	26,2	31,3	30,2	26,4	19,7	11,8	10,3	19,5
1976	8,7	11,0	11,9	19,8	25,5	30,6	30,9	26,4	22,3	21,2	13,3	7,7	19,2
1977	8,3	11,8	16,0	16,3	23,5	26,7	27,9	27,1	23,5	20,0	12,5	9,0	18,6
1978	8,2	7,4	13,8	15,8	19,0	24,8	26,1	26,2	22,9	18,7	15,5	6,7	17,2
1979	5,5	7,9	11,5	16,1	23,8	28,9	27,3	26,9	24,4	18,8	12,7	9,4	17,8
1980	6,2	11,1	12,2	13,8	19,3	21,5	24,0	28,5	23,1	16,6	8,7	6,0	15,9
1981	6,1	8,3	12,9	17,4	21,1	25,2	27,4	26,6	23,1	20,0	12,2	6,5	17,3
1982	7,4	8,8	12,0	16,6	21,4	27,6	29,1	28,1	25,8	18,9	14,1	9,4	18,3
1983	9,2	6,1	13,6	16,3	20,8	26,9	31,3	28,8	25,1	18,5	12,4	6,8	18,1
1984	6,2	7,5	11,0	16,9	17,2	23,4	27,2	25,3	22,2	19,0	13,6	9,6	16,6
1985	3,5	7,0	11,4	15,7	22,0	24,0	29,2	29,3	27,9	21,2	11,0	9,7	17,7
1986	5,7	5,8	12,0	16,2	25,4	26,1	28,9	29,8	24,4	21,1	13,0	7,9	18,1
1987	4,8	8,1	8,7	17,1	20,5	24,7	29,7	26,6	26,6	17,8	12,6	8,4	17,2
1988	9,0	9,9	12,0	16,9	22,1	24,6	29,9	29,7	24,3	19,8	11,1	7,9	18,2
1989	8,2	12,3	15,7	17,0	23,0	24,5	28,0	27,6	24,2	18,8	12,2	8,9	18,4
1990	9,3	11,6	16,9	16,0	24,7	24,5	28,5	29,1	23,2	19,5	13,4	7,4	18,7
Media '61-'90	**6,9**	**8,9**	**12,6**	**16,9**	**22,0**	**25,6**	**28,4**	**27,9**	**24,2**	**19,1**	**12,3**	**7,9**	**17,8**
Massima	11,1	12,3	16,9	19,9	25,5	30,6	31,3	31,5	27,9	21,9	15,5	10,3	19,5
Minima	2,3	5,3	8,7	13,8	17,2	21,5	24,0	25,3	20,5	15,8	8,7	5,5	15,9
Varianza	3,5	4,4	4,6	2,1	3,7	3,3	2,8	2,6	2,6	2,1	2,0	1,7	0,6
Dev. Stand.	1,9	2,1	2,2	1,4	1,9	1,8	1,7	1,6	1,6	1,5	1,4	1,3	0,8
Coef. Var.	27,2	23,5	17,1	8,6	8,8	7,1	5,9	5,7	6,6	7,6	11,5	16,7	4,4
Num. Osser.	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30

Tabella 3.6.3.1d *Temperature Minime Mensili (Servizio Idrografico Nazionale - Trieste, 11 m slm, 45°39'N, 13°47'E)*

ANNO	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Media
1961	2,7	5,7	8,0	12,9	13,6	18,4	18,5	19,3	18,4	14,2	8,7	3,7	12,0
1962	4,2	2,8	4,0	9,7	13,0	16,2	18,2	21,8	16,3	13,3	7,6	2,5	10,8
1963	-0,8	0,3	4,8	10,9	15,1	17,8	21,3	19,5	17,5	12,5	11,3	2,4	11,1
1964	1,1	3,3	5,6	11,1	14,7	19,1	20,2	19,0	16,2	12,4	8,7	5,1	11,4
1965	4,7	1,1	6,3	8,7	13,0	17,2	18,3	18,1	16,1	12,2	7,6	5,7	10,8
1966	1,3	7,6	6,5	11,9	15,2	18,9	19,1	18,9	17,3	15,6	6,5	5,3	12,0
1967	3,1	4,1	8,2	9,7	14,9	16,9	21,9	20,7	17,6	14,0	9,4	4,1	12,1
1968	1,8	6,1	7,1	12,0	14,5	17,7	17,2	18,0	16,5	13,5	8,9	2,7	11,4
1969	3,4	3,2	6,1	9,2	15,7	17,6	20,4	19,4	17,7	14,2	9,8	2,4	11,6
1970	4,6	3,3	5,2	8,6	12,2	18,6	18,7	19,7	17,2	11,3	9,9	4,1	11,2
1971	4,6	4,5	4,2	10,9	15,2	16,7	20,7	21,4	14,8	11,0	7,6	4,4	11,4
1972	3,0	6,7	8,6	10,3	13,2	17,4	20,5	19,3	14,1	11,3	7,7	5,1	11,5
1973	4,1	4,5	6,0	8,1	14,4	18,6	20,6	21,4	17,7	12,1	7,1	3,9	11,6
1974	5,4	7,3	7,8	10,4	13,6	16,1	19,7	21,2	17,3	8,8	8,7	5,9	11,9
1975	6,0	4,7	7,6	10,7	15,8	17,2	20,3	20,1	19,1	12,9	7,9	5,2	12,4
1976	3,5	4,1	4,2	9,9	14,4	18,3	20,8	17,1	15,1	13,3	9,6	4,7	11,3
1977	5,8	6,6	8,5	8,6	14,2	17,7	19,2	18,6	14,6	13,7	8,4	4,6	11,7
1978	4,0	3,7	7,1	9,4	12,5	17,0	18,9	18,4	15,1	12,7	7,4	4,0	10,9
1979	1,7	5,0	7,5	9,2	14,8	20,0	19,6	19,2	16,8	12,4	7,9	6,2	11,7
1980	2,5	5,1	6,7	8,4	13,0	16,4	18,7	20,3	16,8	12,0	5,5	2,7	10,7
1981	1,7	2,5	7,7	10,3	13,8	17,7	18,8	20,0	17,4	14,3	7,2	4,3	11,4
1982	2,8	1,0	5,7	9,3	14,9	18,6	21,4	19,9	19,9	13,1	9,4	6,4	11,9
1983	4,5	2,2	6,6	10,9	14,5	17,8	22,7	20,5	17,4	12,3	6,5	4,2	11,7
1984	3,3	3,1	5,7	9,7	12,0	16,6	18,7	19,5	15,8	13,8	9,1	5,8	11,1
1985	-0,3	1,2	6,2	9,2	14,7	16,5	21,2	20,5	18,0	13,7	6,6	6,9	11,3
1986	3,4	0,8	5,9	10,3	16,8	17,7	20,0	20,8	16,3	13,3	9,3	3,7	11,6
1987	0,7	4,3	3,1	10,2	13,1	17,2	21,5	19,9	19,7	14,0	9,0	5,6	11,6
1988	7,3	5,8	6,7	10,5	15,7	17,5	21,3	20,1	16,0	13,9	5,2	4,4	12,1
1989	3,4	5,6	8,2	10,9	14,4	16,3	20,1	19,5	16,2	11,7	7,5	5,4	11,6
1990	3,6	6,5	8,6	10,0	15,4	17,2	18,8	19,7	15,4	12,7	8,8	3,5	11,7
Media '61-'90	**3,2**	**4,1**	**6,5**	**10,1**	**14,3**	**17,6**	**19,9**	**19,7**	**16,8**	**12,9**	**8,2**	**4,5**	**11,5**
Massima	7,3	7,6	8,6	12,9	16,8	20,0	22,7	21,8	19,9	15,6	11,3	6,9	12,4
Minima	-0,8	0,3	3,1	8,1	12,0	16,1	17,2	17,1	14,1	8,8	5,2	2,4	10,7
Varianza	3,3	4,1	2,2	1,2	1,3	0,9	1,7	1,2	2,0	1,7	1,9	1,5	0,2
Dev. Stand.	1,8	2,0	1,5	1,1	1,2	0,9	1,3	1,1	1,4	1,3	1,4	1,2	0,4
Coef. Var.	56,3	49,8	22,8	11,0	8,1	5,4	6,5	5,4	8,5	10,1	16,7	27,4	3,6
Num. Osser.	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30

Tabella 3.6.3.1e Temperature Medie Mensili (Servizio Idrografico Nazionale - Trieste, 11 m slm, 45°39'N, 13°47'E)

ANNO	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Media
1961	4,9	8,3	11,5	16,2	17,6	22,3	22,7	23,6	22,0	17,0	11,0	5,8	15,3
1962	6,4	5,5	6,5	13,6	16,9	20,4	22,5	25,8	19,8	16,2	9,9	4,5	14,0
1963	1,2	2,7	7,5	14,3	19,1	21,6	25,4	23,1	20,6	15,2	13,5	4,6	14,1
1964	3,5	5,8	8,1	14,2	18,4	23,2	24,2	23,1	19,7	14,7	10,7	7,1	14,5
1965	6,7	3,9	9,1	11,9	16,6	20,9	22,7	22,2	19,2	15,0	9,7	7,6	13,9
1966	3,1	9,2	9,5	14,9	18,8	22,9	22,9	22,5	20,8	18,0	8,8	7,3	14,9
1967	4,7	6,3	11,0	13,2	18,6	20,5	25,5	24,3	20,7	16,8	11,7	6,1	15,0
1968	3,9	7,9	10,1	15,4	18,2	21,4	22,5	21,6	19,7	16,2	11,3	5,0	14,5
1969	5,4	5,2	8,5	12,5	19,3	20,8	24,0	22,9	20,6	17,2	11,9	4,3	14,4
1970	6,4	5,4	7,8	12,1	15,8	22,4	23,0	23,4	20,8	14,4	12,0	6,3	14,2
1971	6,4	7,1	6,8	14,2	18,7	20,8	24,7	25,3	18,4	14,1	10,1	6,4	14,4
1972	4,7	8,6	11,7	13,3	16,9	21,3	23,9	22,8	17,2	13,6	10,0	7,2	14,3
1973	6,0	6,9	8,9	11,3	17,8	21,9	24,1	24,7	20,9	15,1	9,6	6,1	14,5
1974	7,1	9,4	10,5	13,5	17,0	19,3	23,1	24,7	20,4	11,2	10,6	7,8	14,6
1975	7,7	7,3	10,0	13,7	18,7	20,4	23,5	22,9	21,8	15,4	10,0	7,3	14,9
1976	5,2	6,5	7,4	13,2	18,5	22,5	24,3	20,5	18,2	15,8	11,5	6,7	14,2
1977	7,5	8,6	11,2	12,2	17,6	21,4	22,8	22,0	17,9	15,9	10,4	6,6	14,5
1978	6,1	5,7	9,9	12,2	15,4	20,5	22,4	21,9	18,4	15,6	9,9	5,8	13,7
1979	3,8	6,7	10,0	12,2	18,6	23,4	23,0	22,6	19,7	14,9	9,9	7,7	14,4
1980	4,2	7,5	9,3	11,8	16,2	19,7	22,3	23,8	20,0	14,4	7,3	4,9	13,5
1981	4,0	4,7	9,9	13,9	17,5	22,0	23,1	23,7	20,2	16,6	9,2	6,4	14,3
1982	4,9	4,0	7,9	13,1	18,1	22,3	24,7	23,7	22,9	15,4	11,2	8,2	14,8
1983	6,0	4,1	9,2	13,6	17,7	21,4	25,9	24,0	20,7	15,5	9,2	6,4	14,5
1984	5,4	5,5	8,4	13,0	15,3	20,3	22,9	22,8	18,8	16,3	11,2	7,9	14,0
1985	1,9	3,7	8,8	12,5	18,3	20,2	24,9	24,5	21,5	16,4	8,8	8,6	14,2
1986	5,3	2,8	8,6	13,3	20,6	21,4	23,7	24,6	19,5	16,1	11,3	6,0	14,5
1987	3,0	6,6	5,9	13,2	16,5	20,9	25,4	23,3	22,6	16,2	11,1	7,3	14,4
1988	8,7	8,0	9,2	13,7	18,7	20,9	25,1	23,9	19,3	16,5	7,6	6,6	14,9
1989	5,6	8,0	11,0	13,9	18,2	20,0	23,8	23,1	19,2	14,1	9,9	7,5	14,6
1990	6,1	8,8	11,4	12,8	19,1	20,7	23,2	23,8	18,7	15,3	11,1	5,6	14,8
Media '61-'90	**5,2**	**6,3**	**9,2**	**13,3**	**17,8**	**21,2**	**23,8**	**23,4**	**20,0**	**15,5**	**10,3**	**6,5**	**14,4**
Massima	8,7	9,4	11,7	16,2	20,6	23,4	25,9	25,8	22,9	18,0	13,5	8,6	15,3
Minima	1,2	2,7	5,9	11,3	15,3	19,3	22,3	20,5	17,2	11,2	7,3	4,3	13,5
Varianza	2,9	3,6	2,4	1,2	1,5	1,1	1,1	1,3	1,9	1,7	1,7	1,3	0,2
Dev. Stand.	1,7	1,9	1,5	1,1	1,2	1,0	1,1	1,1	1,4	1,3	1,3	1,1	0,4
Coef. Var.	32,5	29,8	16,7	8,1	6,9	4,9	4,5	4,9	6,9	8,3	12,8	17,4	2,7
Num. Osser.	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30

Tabella 3.6.3.1f *Temperature Massime Mensili (Servizio Idrografico Nazionale - Trieste, 11 m slm, 45°39'N, 13°47'E)*

ANNO	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Media
1961	7,1	10,9	14,9	19,4	21,6	26,1	26,9	27,8	25,5	19,8	13,2	7,9	18,5
1962	8,6	8,1	9,1	17,4	20,8	24,5	26,7	29,7	23,4	19,0	12,2	6,6	17,2
1963	3,2	5,2	10,2	17,7	23,2	25,4	29,6	26,7	23,7	17,8	15,7	6,7	17,2
1964	6,0	8,3	10,6	17,2	22,2	27,4	28,2	27,3	23,3	17,1	12,7	9,1	17,5
1965	8,6	6,6	11,9	15,1	20,3	24,6	27,2	26,3	22,4	17,9	11,9	9,5	16,9
1966	4,9	10,8	12,4	17,9	22,5	26,9	26,7	26,1	24,2	20,3	11,0	9,4	17,8
1967	6,4	8,5	13,7	16,7	22,4	24,1	29,2	28,0	23,8	19,5	14,0	8,0	17,9
1968	5,9	9,8	13,1	18,8	21,9	25,1	27,9	25,1	22,9	18,9	13,7	7,3	17,6
1969	7,5	7,3	11,0	15,8	22,9	24,0	27,5	26,5	23,5	20,1	14,1	6,2	17,3
1970	8,1	7,6	10,4	15,5	19,5	26,2	27,3	27,0	24,3	17,5	14,2	8,6	17,2
1971	8,1	9,6	9,4	17,5	22,2	24,8	28,7	29,2	21,9	17,1	12,7	8,3	17,5
1972	6,4	10,5	14,9	16,3	20,5	25,1	27,2	26,4	20,4	15,9	12,3	9,4	17,1
1973	8,0	9,3	11,8	14,5	21,3	25,2	27,6	28,1	24,1	18,1	12,0	8,3	17,4
1974	8,8	11,5	13,2	16,6	20,3	22,6	26,6	28,3	23,4	13,7	12,4	9,6	17,3
1975	9,5	9,9	12,5	16,7	21,6	23,5	26,8	25,8	24,5	17,9	12,0	9,3	17,5
1976	7,0	8,9	10,6	16,4	22,7	26,7	27,9	23,9	21,3	18,3	13,3	8,7	17,2
1977	9,2	10,5	13,9	15,8	21,0	25,0	26,4	25,4	21,2	18,2	12,4	8,6	17,3
1978	8,3	7,7	12,6	15,0	18,3	23,9	25,9	25,4	21,7	18,4	12,4	7,6	16,5
1979	5,9	8,3	12,5	15,2	22,4	26,9	26,4	25,9	22,6	17,5	11,9	9,3	17,1
1980	5,9	9,9	11,9	15,2	19,3	23,0	25,9	27,4	23,2	16,8	9,1	7,0	16,3
1981	6,4	6,8	12,1	17,4	21,2	26,2	27,5	27,4	23,0	19,0	11,3	8,4	17,3
1982	7,1	7,0	10,2	16,8	21,3	25,9	28,1	27,5	26,0	17,6	13,1	10,0	17,6
1983	7,6	6,0	11,8	16,3	20,8	25,0	29,0	27,5	24,1	18,7	11,9	8,6	17,4
1984	7,5	8,0	11,1	16,2	18,6	24,0	27,2	26,2	21,8	18,7	13,3	10,0	16,9
1985	4,1	6,2	11,4	15,8	21,8	24,0	28,6	28,4	25,1	19,1	10,9	10,3	17,2
1986	7,3	4,9	11,3	16,3	24,5	25,0	27,5	28,4	22,8	19,0	13,3	8,4	17,5
1987	5,2	8,9	8,8	16,2	20,0	24,5	29,3	26,6	25,5	18,3	13,2	8,9	17,1
1988	10,1	10,2	11,7	16,8	21,6	24,2	28,9	27,7	22,5	19,2	9,9	8,9	17,7
1989	7,9	10,4	13,9	16,9	21,9	23,8	27,5	26,7	22,1	16,5	12,3	9,6	17,5
1990	8,5	11,0	14,2	15,6	22,9	24,2	27,6	27,9	22,0	17,9	13,4	7,7	17,8
Media '61-'90	**7,2**	**8,6**	**11,9**	**16,5**	**21,4**	**24,9**	**27,6**	**27,0**	**23,2**	**18,1**	**12,5**	**8,5**	**17,3**
Massima	10,1	11,5	14,9	19,4	24,5	27,4	29,6	29,7	26,0	20,3	15,7	10,3	18,5
Minima	3,2	4,9	8,8	14,5	18,3	22,6	25,9	23,9	20,4	13,7	9,1	6,2	16,3
Varianza	2,6	3,3	2,7	1,2	1,9	1,4	1,0	1,6	1,9	1,8	1,7	1,1	0,2
Dev. Stand.	1,6	1,8	1,6	1,1	1,4	1,2	1,0	1,3	1,4	1,3	1,3	1,1	0,4
Coef. Var.	22,3	21,0	13,7	6,7	6,5	4,8	3,6	4,7	5,9	7,4	10,5	12,4	2,4
Num. Osser.	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30

Tabella 3.6.3.1g Temperature Minime Mensili (Servizio Idrografico Nazionale - Gorizia, 86 m slm, 45°56'N, 13°36'E)

ANNO	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Media
1961	-0,5	0,9	3,3	10,9	10,6	14,8	14,6	14,8	13,7	10,1	5,4	1,2	8,4
1962	0,9	-0,6	1,6	6,8	9,8	12,7	14,5	17,7	12,9	8,6	4,7	-1,3	7,4
1963	-2,5	-2,1	2,0	7,5	11,5	13,4	16,3	15,8	14,1	7,3	7,4	-0,1	7,6
1964	-3,7	-1,0	3,4	8,1	11,0	16,5	16,1	14,8	12,1	8,9	4,4	1,1	7,7
1965	1,4	-2,5	3,1	6,0	9,6	13,0	14,5	13,9	11,9	6,4	4,5	2,1	7,0
1966	-2,6	5,0	3,1	8,3	10,6	14,4	15,2	15,2	12,5	12,5	3,8	0,6	8,2
1967	-0,5	0,4	4,7	6,6	10,6	12,9	17,3	16,2	13,5	9,7	5,4	-0,2	8,1
1968	-2,2	3,6	3,1	7,7	11,2	13,8	15,6	14,7	12,6	8,6	5,2	-1,0	7,8
1969	-0,3	0,9	3,7	6,1	11,9	13,5	15,6	15,3	13,5	7,9	6,1	-0,3	7,9
1970	1,2	0,1	2,7	6,5	8,7	14,3	14,8	16,1	13,7	7,0	5,9	0,2	7,6
1971	1,8	0,8	1,7	8,3	11,5	13,4	16,0	16,8	10,5	6,2	4,0	0,2	7,6
1972	0,7	3,6	5,7	8,5	10,8	14,9	17,3	15,6	10,8	7,6	4,2	1,5	8,5
1973	1,0	0,2	2,5	6,0	10,9	15,4	16,9	17,3	14,7	7,7	3,3	-0,3	8,0
1974	1,8	4,4	4,7	6,6	11,3	13,4	15,7	17,7	14,2	5,9	5,3	1,1	8,5
1975	2,5	0,9	5,7	7,8	12,6	14,1	16,7	16,9	15,6	8,7	3,3	1,2	8,9
1976	-0,7	1,2	1,1	7,5	10,8	15,3	17,8	14,5	12,7	10,1	6,7	2,1	8,3
1977	2,5	3,8	6,0	5,7	11,8	15,0	16,5	16,2	11,5	9,0	5,0	-0,4	8,6
1978	0,7	0,1	4,2	7,1	10,6	13,9	15,1	15,2	12,0	8,3	0,4	1,6	7,5
1979	-1,4	2,1	5,3	7,2	10,5	16,2	16,2	15,4	12,9	8,8	3,0	1,0	8,1
1980	-1,6	0,2	3,8	5,1	10,6	14,2	15,4	16,5	12,8	9,0	3,2	-1,0	7,4
1981	-3,0	-1,4	5,1	7,9	11,1	15,4	15,4	16,4	16,1	12,7	4,5	0,5	8,5
1982	-0,6	-2,5	2,5	6,0	11,3	15,7	18,7	17,6	15,8	10,3	5,8	2,3	8,6
1983	-0,7	-2,0	3,2	8,9	12,7	15,8	19,0	17,3	13,4	8,9	2,0	0,3	8,3
1984	-0,5	0,4	3,5	7,5	10,8	14,3	15,7	15,7	13,1	10,5	5,6	2,0	8,3
1985	-2,9	-1,2	4,3	6,5	11,9	13,9	17,5	16,0	13,1	9,3	3,6	3,5	8,0
1986	0,0	-1,3	2,6	7,8	13,4	14,6	15,7	16,8	12,2	8,4	4,9	-1,5	7,9
1987	-1,8	1,3	-0,3	7,2	9,6	13,9	16,7	16,2	16,0	10,7	5,0	1,4	8,0
1988	4,0	1,7	2,7	7,5	12,5	14,2	17,4	16,6	13,2	11,0	0,6	-0,1	8,5
1989	-1,3	1,6	5,0	9,3	11,5	13,5	16,9	16,4	12,9	7,1	3,5	1,5	8,2
1990	-1,2	2,6	4,2	7,1	12,7	14,3	17,2	16,4	12,8	10,0	5,2	0,5	8,5
Media '61-'90	**-0,3**	**0,7**	**3,5**	**7,3**	**11,1**	**14,3**	**16,3**	**16,1**	**13,2**	**8,9**	**4,4**	**0,7**	**8,1**
Massima	4,0	5,0	6,0	10,9	13,4	16,5	19,0	17,7	16,1	12,7	7,4	3,5	8,9
Minima	-3,7	-2,5	-0,3	5,1	8,7	12,7	14,5	13,9	10,5	5,9	0,4	-1,5	7,0
Varianza	3,4	4,1	2,1	1,4	1,0	1,0	1,4	1,0	1,9	2,8	2,5	1,4	0,2
Dev. Stand.	1,9	2,0	1,5	1,2	1,0	1,0	1,2	1,0	1,4	1,7	1,6	1,2	0,4
Coef. Var.	-587,5	290,8	42,1	16,3	9,1	6,8	7,2	6,2	10,6	18,9	35,8	178,8	5,5
Num. Osser.	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30

Tabella 3.6.3.1h Temperature Medie Mensili (Servizio Idrografico Nazionale - Gorizia, 86 m slm, 45°56'N, 13°36'E)

ANNO	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Media
1961	3,1	6,4	10,1	15,2	16,0	20,2	20,5	21,4	20,2	15,1	9,3	4,3	13,5
1962	4,8	4,0	5,3	12,3	14,9	18,6	20,6	24,1	18,5	14,5	7,9	2,5	12,4
1963	0,2	1,9	6,8	12,9	17,1	19,0	22,8	21,3	19,2	13,1	11,5	3,2	12,5
1964	1,5	3,6	7,3	12,9	16,9	22,5	22,1	21,1	18,1	13,4	8,7	4,9	12,8
1965	4,3	2,1	7,8	11,0	15,0	18,9	20,8	20,1	17,2	13,0	7,8	5,2	12,0
1966	1,6	7,8	8,1	13,4	16,7	20,7	20,6	20,4	18,7	16,6	7,2	4,5	13,0
1967	2,9	4,5	9,5	11,6	16,5	18,6	23,9	22,4	18,9	15,1	9,2	3,9	13,1
1968	1,6	6,5	8,3	13,6	16,6	19,5	21,8	19,8	17,6	14,1	9,4	3,0	12,7
1969	3,6	3,6	7,3	11,3	17,5	18,7	22,1	20,9	18,9	14,6	9,6	2,9	12,6
1970	4,2	3,8	6,3	11,0	14,3	20,3	21,0	21,9	19,4	12,6	9,7	4,3	12,4
1971	5,0	5,8	5,4	13,1	17,0	18,7	22,3	23,5	16,6	12,7	8,2	4,1	12,7
1972	3,6	6,6	10,6	12,7	16,1	20,4	22,9	21,4	16,1	12,2	8,5	5,4	13,1
1973	4,6	5,0	8,0	10,6	16,7	20,7	22,6	23,3	20,1	13,4	7,9	3,9	13,1
1974	5,6	8,0	9,6	11,9	16,2	18,3	21,8	24,1	20,0	10,5	9,1	5,3	13,4
1975	6,3	5,8	9,0	12,5	18,1	19,8	22,9	22,5	21,0	14,3	8,0	5,7	13,9
1976	3,0	5,6	6,3	12,9	17,2	21,4	24,0	19,8	17,2	14,7	10,4	5,3	13,2
1977	5,2	7,6	10,9	10,9	17,2	20,6	21,7	21,5	17,0	14,7	9,2	4,7	13,5
1978	5,0	3,9	9,1	11,6	15,2	19,6	20,9	21,2	17,9	14,4	8,3	4,5	12,7
1979	2,2	5,9	9,0	11,8	17,2	22,7	22,2	21,9	18,7	13,8	8,4	6,0	13,3
1980	2,8	6,1	8,4	10,3	15,5	19,4	21,1	22,9	18,9	13,9	6,7	3,0	12,4
1981	2,6	4,0	9,4	13,7	16,4	20,8	21,8	22,3	21,8	17,9	9,0	5,5	13,8
1982	3,6	3,3	7,4	11,9	16,9	21,3	23,8	23,0	21,4	14,7	10,0	6,4	13,7
1983	4,3	2,6	8,5	13,1	17,4	20,9	25,2	23,1	19,9	14,4	7,5	4,4	13,5
1984	3,6	4,3	7,6	12,5	14,9	19,4	21,9	21,5	18,0	15,0	9,6	6,3	12,9
1985	0,4	3,2	7,9	11,7	17,1	19,4	23,9	23,0	20,8	15,2	7,4	6,5	13,1
1986	3,6	2,2	7,2	12,3	20,1	20,6	22,6	23,6	18,4	14,8	9,5	3,4	13,3
1987	2,1	5,1	4,6	12,5	15,3	19,6	23,7	22,2	22,0	14,5	8,9	5,1	13,0
1988	6,9	6,3	7,7	12,8	17,4	19,6	24,0	23,6	19,0	15,2	5,6	4,6	13,6
1989	3,6	7,2	10,8	13,6	17,5	19,0	22,8	22,3	18,6	13,0	8,1	5,6	13,5
1990	4,5	7,3	11,4	12,1	18,9	19,6	23,0	23,1	17,9	14,8	9,5	4,2	13,9
Media '61-'90	**3,6**	**5,0**	**8,2**	**12,3**	**16,7**	**20,0**	**22,4**	**22,1**	**18,9**	**14,2**	**8,7**	**4,6**	**13,1**
Massima	6,9	8,0	11,4	15,2	20,1	22,7	25,2	24,1	22,0	17,9	11,5	6,5	13,9
Minima	0,2	1,9	4,6	10,3	14,3	18,3	20,5	19,8	16,1	10,5	5,6	2,5	12,0
Varianza	2,5	3,2	2,8	1,1	1,5	1,2	1,5	1,5	2,3	1,9	1,4	1,2	0,2
Dev. Stand.	1,6	1,8	1,7	1,1	1,2	1,1	1,2	1,2	1,5	1,4	1,2	1,1	0,5
Coef. Var.	44,7	35,7	20,6	8,6	7,4	5,5	5,4	5,6	7,9	9,7	13,6	23,6	3,8
Num. Osser.	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30

Tabella 3.6.3.1i *Temperature Massime Mensili (Servizio Idrografico Nazionale - Gorizia, 86 m slm, 45°56'N, 13°36'E)*

ANNO	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Media
1961	6,7	12,0	16,8	19,4	21,3	25,5	26,3	28,0	26,7	20,0	13,2	7,5	18,6
1962	8,6	8,6	9,0	17,8	20,0	24,5	26,6	30,5	24,1	20,3	11,1	6,3	17,3
1963	2,9	5,9	11,5	18,3	22,7	24,7	29,4	26,7	24,2	18,8	15,6	6,5	17,3
1964	6,7	8,3	11,2	17,8	22,7	28,4	28,2	27,4	24,0	17,8	13,0	8,6	17,9
1965	7,3	6,8	12,5	16,0	20,5	24,8	27,1	26,4	22,5	19,6	11,1	8,4	17,0
1966	5,9	10,5	13,0	18,5	22,8	27,0	26,1	25,6	24,9	20,6	10,6	8,5	17,9
1967	6,4	8,5	14,2	16,5	22,4	24,4	30,4	28,5	24,4	20,5	13,0	8,0	18,2
1968	5,5	9,4	13,5	19,5	22,1	25,3	28,0	25,0	22,6	19,6	13,6	6,9	17,6
1969	7,6	6,2	11,0	16,6	23,1	24,0	28,6	26,5	24,3	21,4	13,0	6,1	17,4
1970	7,3	7,4	10,0	15,5	19,8	26,2	27,2	27,6	25,1	18,2	13,6	8,4	17,2
1971	8,1	10,8	9,0	17,9	22,5	24,1	28,6	30,3	22,7	19,2	12,5	8,1	17,8
1972	6,4	9,6	15,5	17,0	21,4	26,0	28,5	27,1	21,4	16,7	12,8	9,2	17,7
1973	8,2	9,9	13,4	15,3	22,5	26,1	28,4	29,2	25,4	19,0	12,4	8,0	18,2
1974	9,5	11,6	14,5	17,3	21,0	23,2	27,9	30,5	25,7	15,1	12,8	9,6	18,3
1975	10,1	10,8	12,3	17,1	23,6	25,4	29,2	28,0	26,3	20,0	12,7	10,2	18,9
1976	6,7	9,9	11,5	18,4	23,5	27,6	30,1	25,2	21,8	19,3	14,1	8,6	18,1
1977	7,9	11,3	15,7	16,1	22,7	26,3	26,8	26,7	22,6	20,5	13,4	9,8	18,4
1978	9,4	7,8	14,1	16,2	19,8	25,4	26,6	27,1	23,8	20,5	16,2	7,3	17,9
1979	5,9	9,6	12,6	16,3	23,9	29,1	28,1	28,4	24,4	18,7	13,7	11,0	18,5
1980	7,1	12,0	13,0	15,4	20,4	24,6	26,7	29,4	25,1	18,7	10,3	7,1	17,5
1981	8,3	9,4	13,7	19,4	21,7	26,2	28,2	28,2	27,5	23,1	13,5	10,4	19,2
1982	7,8	9,1	12,2	17,8	22,4	26,9	28,9	28,4	27,1	19,1	14,3	10,5	18,8
1983	9,4	7,1	13,7	17,4	22,1	26,0	31,4	28,9	26,3	19,9	13,0	8,6	18,7
1984	7,8	8,2	11,8	17,5	19,0	24,5	28,1	27,4	22,9	19,5	13,7	10,5	17,6
1985	3,8	7,6	11,6	16,9	22,3	24,8	30,2	30,0	28,5	21,2	11,3	9,6	18,2
1986	7,3	5,8	11,8	16,8	26,9	26,5	29,5	30,4	24,5	21,2	14,0	8,3	18,7
1987	6,1	9,0	9,6	17,7	20,9	25,2	30,6	28,1	27,9	18,2	12,8	8,9	18,0
1988	9,7	10,9	12,7	18,0	22,4	25,0	30,7	30,7	24,7	19,3	10,6	9,2	18,7
1989	8,5	12,9	16,6	17,8	23,5	24,5	28,7	28,3	24,3	18,8	12,7	9,6	18,9
1990	10,2	12,0	18,6	17,1	25,1	24,9	28,8	29,9	23,0	19,6	13,9	7,8	19,3
Media '61-'90	**7,4**	**9,3**	**12,9**	**17,3**	**22,2**	**25,6**	**28,5**	**28,1**	**24,6**	**19,5**	**13,0**	**8,6**	**18,1**
Massima	10,2	12,9	18,6	19,5	26,9	29,1	31,4	30,7	28,5	23,1	16,2	11,0	19,3
Minima	2,9	5,8	9,0	15,3	19,0	23,2	26,1	25,0	21,4	15,1	10,3	6,1	17,0
Varianza	2,9	3,8	5,2	1,3	2,7	1,7	2,0	2,6	3,3	2,2	1,9	1,7	0,4
Dev. Stand.	1,7	2,0	2,3	1,1	1,6	1,3	1,4	1,6	1,8	1,5	1,4	1,3	0,6
Coef. Var.	23,0	21,0	17,6	6,6	7,4	5,2	4,9	5,8	7,4	7,6	10,5	15,4	3,4
Num. Osser.	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30

Tabella 3.6.3.1l Temperature Minime Mensili (Servizio Idrografico Nazionale - Pordenone, 23 m slm, 45°58'N, 12°40'E)

ANNO	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Media
1961	-0,6	0,6	4,1	11,2	11,7	16,6	16,6	16,5	14,4	9,3	3,9	-0,7	8,7
1962	-1,0	-2,2	1,3	6,1	10,1	12,8	14,6	17,0	11,5	6,9	2,7	-4,7	6,3
1963	-5,0	-3,9	1,1	7,5	11,8	13,7	16,5	14,5	12,2	5,4	4,8	-3,7	6,3
1964	-5,9	-3,0	2,0	6,5	11,0	15,2	15,3	13,6	10,7	6,4	2,1	-1,6	6,1
1965	-1,2	-4,4	2,1	5,2	9,1	13,3	14,5	13,8	9,8	4,4	2,5	-0,9	5,7
1966	-4,9	3,7	1,7	8,1	11,0	14,7	14,8	13,8	12,2	10,8	1,5	-1,7	7,2
1967	-2,6	-0,9	3,7	5,6	11,2	14,4	19,2	17,3	14,6	10,1	6,2	-0,9	8,2
1968	-2,5	4,0	4,1	8,8	12,1	15,8	17,5	15,5	13,8	8,9	4,8	-1,9	8,4
1969	-0,7	1,1	4,4	6,6	14,3	15,5	17,8	16,4	14,6	8,3	5,3	-1,0	8,6
1970	1,8	0,6	3,8	7,2	10,9	16,6	16,9	17,9	15,2	7,8	6,5	-0,3	8,8
1971	2,2	0,8	2,3	9,1	13,7	15,5	18,5	18,8	11,8	7,1	4,4	0,6	8,8
1972	0,9	5,1	6,6	9,7	12,4	16,1	18,7	17,0	11,4	7,4	3,6	0,4	9,1
1973	1,0	0,9	2,4	6,8	12,5	17,0	18,7	19,5	15,0	7,8	1,3	-0,5	8,6
1974	2,6	4,0	6,3	8,5	13,0	15,8	18,3	19,2	14,5	5,9	4,3	0,7	9,5
1975	1,8	0,5	5,2	8,5	14,0	15,4	17,8	17,6	16,3	8,8	4,0	1,2	9,3
1976	-1,0	2,0	2,3	8,6	12,1	16,8	19,0	15,5	12,6	10,7	5,8	1,5	8,9
1977	2,3	4,5	6,0	6,9	12,6	16,5	18,1	17,1	12,7	10,5	4,7	0,0	9,4
1978	0,7	0,9	5,0	7,8	11,5	15,5	16,7	15,5	11,9	7,9	1,1	0,8	8,0
1979	-1,7	2,7	5,7	7,4	12,5	17,8	17,3	16,3	13,7	9,2	3,9	2,0	8,9
1980	-0,9	0,9	4,9	6,7	11,8	15,6	16,5	18,6	14,4	9,0	3,8	-0,9	8,4
1981	-3,7	-1,6	6,0	8,8	12,8	17,0	17,4	17,8	15,5	10,1	1,6	0,6	8,6
1982	0,0	-0,9	3,7	7,8	13,6	17,2	19,3	17,5	16,5	9,8	5,3	2,4	9,4
1983	-0,8	-0,9	4,2	9,4	13,0	16,7	20,3	17,7	14,7	9,2	1,2	0,4	8,8
1984	-0,5	-0,1	3,7	7,8	11,1	15,9	17,9	17,4	12,0	10,9	4,9	2,1	8,7
1985	-2,7	-0,7	5,6	8,0	13,6	16,2	20,3	18,9	15,8	10,7	4,5	3,4	9,5
1986	-1,2	0,3	4,8	9,6	16,8	17,5	18,9	19,3	15,3	10,2	5,4	-1,5	9,7
1987	-1,9	1,5	0,9	8,8	11,5	15,8	19,3	17,2	16,7	10,9	3,5	-0,1	8,7
1988	2,3	0,3	2,3	8,1	14,0	15,3	18,7	18,0	13,3	10,8	-0,8	-1,3	8,5
1989	-2,6	1,1	5,1	9,0	12,7	14,5	17,7	16,8	13,7	6,9	2,5	-0,1	8,1
1990	-2,1	1,9	4,1	7,4	13,4	15,8	17,0	16,8	12,9	10,0	3,2	-1,7	8,3
Media '61-'90	**-0,9**	**0,6**	**3,8**	**7,9**	**12,4**	**15,8**	**17,7**	**17,0**	**13,7**	**8,7**	**3,6**	**-0,2**	**8,4**
Massima	2,6	5,1	6,6	11,2	16,8	17,8	20,3	19,5	16,7	10,9	6,5	3,4	9,7
Minima	-5,9	-4,4	0,9	5,2	9,1	12,8	14,5	13,6	9,8	4,4	-0,8	-4,7	5,7
Varianza	5,1	5,4	2,8	1,7	2,2	1,4	2,4	2,6	3,2	3,3	3,0	3,0	1,1
Dev. Stand.	2,3	2,3	1,7	1,3	1,5	1,2	1,5	1,6	1,8	1,8	1,7	1,7	1,0
Coef. Var.	-245,3	373,1	43,4	16,7	12,0	7,6	8,7	9,6	13,2	20,8	48,0	-691,3	12,5
Num. Osser.	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30

Tabella 3.6.3.1m *Temperature Medie Mensili (Servizio Idrografico Nazionale - Pordenone, 23 m slm, 45°58'N, 12°40'E)*

ANNO	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Media
1961	2,6	5,9	10,0	15,8	17,0	22,0	21,9	22,1	20,1	14,2	8,0	3,0	13,6
1962	3,1	2,7	5,6	12,7	15,8	19,3	21,4	24,0	18,0	13,1	6,9	0,5	12,0
1963	-0,8	1,2	6,5	13,4	18,3	20,2	23,8	21,5	18,4	12,2	9,6	1,2	12,2
1964	0,1	3,0	6,7	12,9	18,1	22,7	22,9	21,0	18,2	12,3	7,9	4,0	12,5
1965	3,6	2,0	8,3	11,6	16,2	20,8	21,9	21,0	16,8	11,7	7,4	4,0	12,2
1966	0,8	8,4	8,8	14,6	18,2	22,5	22,1	20,5	19,1	16,2	7,0	4,3	13,5
1967	2,7	4,5	10,0	11,9	17,8	20,5	25,7	23,1	19,1	14,9	9,7	3,2	13,7
1968	1,8	7,4	9,7	14,7	17,9	21,1	23,0	20,8	18,3	13,9	9,1	2,2	13,3
1969	3,1	4,3	8,1	11,8	19,7	20,4	23,8	21,6	19,0	14,3	9,0	2,4	13,2
1970	4,5	4,2	7,2	11,8	16,0	22,2	22,5	22,7	19,6	12,8	9,8	3,7	13,1
1971	4,9	5,1	6,2	13,6	18,5	20,7	23,9	24,2	16,7	12,2	7,8	4,2	13,2
1972	3,5	7,9	11,3	13,3	17,4	21,0	23,4	22,2	15,9	11,4	7,1	4,0	13,2
1973	4,5	5,2	7,9	10,9	17,7	21,6	23,1	24,3	19,5	12,4	6,1	3,1	13,1
1974	5,9	7,8	10,1	12,8	17,4	20,1	23,5	24,3	18,9	9,9	8,1	4,5	13,6
1975	4,9	5,5	8,4	13,0	19,0	20,5	23,1	22,3	20,7	13,6	7,8	4,8	13,7
1976	2,5	5,4	7,1	13,4	18,3	22,2	23,6	20,2	16,6	14,4	9,5	4,3	13,2
1977	4,8	7,1	10,5	11,3	17,1	21,3	22,6	21,5	17,3	14,5	8,1	4,0	13,4
1978	4,0	4,0	9,2	12,2	15,5	20,5	21,7	20,8	17,1	13,0	6,8	3,6	12,4
1979	1,8	5,9	9,2	12,0	18,5	23,4	22,4	21,6	18,6	13,3	8,0	5,2	13,4
1980	2,6	5,8	8,6	11,6	16,3	20,3	21,6	23,6	19,2	12,9	6,3	2,7	12,7
1981	1,1	3,2	10,0	13,6	17,5	21,8	22,3	22,6	19,2	14,2	6,4	3,9	13,0
1982	3,5	3,3	8,2	12,6	18,2	22,2	23,8	22,6	21,4	14,2	9,9	5,9	13,9
1983	3,7	3,2	9,1	14,3	18,2	22,8	26,6	23,5	20,2	14,0	6,2	4,2	13,9
1984	3,3	4,3	8,4	13,2	15,6	21,3	23,9	22,2	17,6	14,3	8,6	5,0	13,2
1985	0,3	2,9	8,8	12,9	18,9	21,5	25,8	24,1	20,8	14,7	6,9	5,7	13,7
1986	3,2	3,2	8,6	13,5	21,8	22,3	24,4	24,5	20,0	14,9	9,0	3,0	14,1
1987	1,8	5,3	5,5	13,9	17,5	21,7	24,8	22,5	22,0	15,0	8,1	4,1	13,6
1988	5,6	5,4	7,6	13,0	18,4	20,3	24,7	24,3	19,2	15,5	5,0	3,2	13,6
1989	2,2	6,7	11,1	13,2	18,5	20,0	23,1	22,9	19,2	12,6	7,1	4,3	13,5
1990	3,2	7,3	10,5	12,6	19,7	21,0	23,4	23,5	18,3	15,3	8,1	2,5	13,8
Media '61-'90	**3,0**	**4,9**	**8,6**	**12,9**	**17,8**	**21,3**	**23,4**	**22,5**	**18,8**	**13,6**	**7,8**	**3,7**	**13,2**
Massima	5,9	8,4	11,3	15,8	21,8	23,4	26,6	24,5	22,0	16,2	9,9	5,9	14,1
Minima	-0,8	1,2	5,5	10,9	15,5	19,3	21,4	20,2	15,9	9,9	5,0	0,5	12,0
Varianza	2,7	3,5	2,4	1,2	1,8	1,0	1,6	1,7	2,1	1,9	1,6	1,4	0,3
Dev. Stand.	1,6	1,9	1,6	1,1	1,3	1,0	1,3	1,3	1,5	1,4	1,3	1,2	0,5
Coef. Var.	55,2	37,8	18,1	8,5	7,5	4,7	5,5	5,7	7,7	10,2	16,0	32,2	4,1
Num. Osser.	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30

Tabella 3.6.3.1n *Temperature Massime Mensili (Servizio Idrografico Nazionale - Pordenone, 23 m slm, 45°58'N, 12°40'E)*

ANNO	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Media
1961	5,8	11,2	15,9	20,4	22,4	27,4	27,2	27,8	25,8	19,2	12,1	6,7	18,5
1962	7,2	7,5	9,9	19,3	21,6	25,7	28,2	31,0	24,5	19,3	11,2	5,7	17,6
1963	3,3	6,3	11,9	19,3	24,7	26,7	31,1	28,6	24,7	18,9	14,4	6,1	18,1
1964	6,1	9,0	11,5	19,2	25,2	30,1	30,5	28,5	25,6	18,2	13,8	9,5	19,0
1965	8,5	8,4	14,5	18,1	23,3	28,2	29,3	28,3	23,8	19,0	12,2	8,9	18,6
1966	6,5	13,0	15,9	21,0	25,4	30,4	29,4	27,3	25,9	21,5	12,5	10,3	19,9
1967	8,1	10,0	16,3	18,2	24,5	26,7	32,2	29,0	23,6	19,7	13,3	7,4	19,1
1968	6,1	10,8	15,4	20,6	23,7	26,4	28,6	26,2	22,9	18,8	13,3	6,4	18,3
1969	6,9	7,4	11,8	17,0	25,0	25,4	29,7	26,7	23,3	20,3	12,6	5,9	17,7
1970	7,1	7,8	10,6	16,5	21,2	27,8	28,1	27,5	23,9	17,8	13,1	7,6	17,5
1971	7,6	9,5	10,1	18,0	23,3	25,9	29,3	29,7	21,6	17,2	11,2	7,7	17,6
1972	6,2	10,7	15,9	16,9	22,4	25,9	28,2	27,4	20,4	15,4	10,6	7,6	17,3
1973	7,9	9,6	13,3	15,0	22,8	26,3	27,5	29,1	24,0	17,0	10,9	6,7	17,6
1974	9,2	11,6	14,0	17,0	21,8	24,3	28,6	29,4	23,3	13,9	12,0	8,2	17,8
1975	8,1	10,5	11,6	17,6	24,1	25,6	28,5	27,0	25,0	18,3	11,6	8,5	18,1
1976	6,0	8,9	11,9	18,2	24,5	27,6	28,2	24,9	20,6	18,0	13,1	7,1	17,5
1977	7,4	9,7	15,0	15,7	21,6	26,0	27,1	25,9	21,9	18,5	11,5	7,9	17,4
1978	7,2	7,1	13,4	16,5	19,5	25,5	26,7	26,1	22,4	18,0	12,4	6,5	16,8
1979	5,2	9,1	12,7	16,6	24,5	28,9	27,5	26,9	23,6	17,5	12,1	8,4	17,8
1980	6,1	10,8	12,3	16,4	20,8	24,9	26,6	28,6	23,9	16,9	8,8	6,2	16,9
1981	6,0	8,1	14,0	18,4	22,2	26,6	27,2	27,5	22,9	18,3	11,1	7,1	17,5
1982	7,0	7,4	12,7	17,5	22,7	27,1	28,4	27,6	26,2	18,6	14,5	9,4	18,3
1983	8,2	7,4	14,0	19,2	23,4	28,9	32,9	29,2	25,8	18,8	11,3	8,1	19,0
1984	7,1	8,7	13,1	18,6	20,2	26,7	29,9	27,0	23,2	17,7	12,2	8,0	17,7
1985	3,4	6,6	12,0	17,9	24,3	26,9	31,3	29,4	25,7	18,7	9,3	8,0	17,8
1986	7,6	6,0	12,3	17,4	26,8	27,1	30,0	29,8	24,6	19,6	12,6	7,6	18,5
1987	5,5	9,0	10,2	18,9	23,6	27,7	30,4	27,8	27,3	19,2	12,6	8,4	18,4
1988	8,9	10,5	13,0	18,0	22,8	25,3	30,6	30,6	25,2	20,3	10,8	7,7	18,7
1989	7,1	12,3	17,2	17,5	24,3	25,5	28,6	29,0	24,6	18,4	11,6	8,6	18,8
1990	8,5	12,6	16,9	17,7	26,1	26,2	29,8	30,2	23,7	20,5	13,0	6,8	19,4
Media '61-'90	**6,9**	**9,2**	**13,3**	**17,9**	**23,3**	**26,8**	**29,0**	**28,1**	**24,0**	**18,4**	**12,1**	**7,6**	**18,1**
Massima	9,2	13,0	17,2	21,0	26,8	30,4	32,9	31,0	27,3	21,5	14,5	10,3	19,9
Minima	3,3	6,0	9,9	15,0	19,5	24,3	26,6	24,9	20,4	13,9	8,8	5,7	16,8
Varianza	2,0	3,6	4,2	2,0	3,0	2,1	2,6	2,1	2,6	2,2	1,7	1,2	0,5
Dev. Stand.	1,4	1,9	2,1	1,4	1,7	1,5	1,6	1,5	1,6	1,5	1,3	1,1	0,7
Coef. Var.	20,6	20,5	15,4	7,9	7,4	5,4	5,5	5,2	6,8	8,1	10,8	14,6	4,1
Num. Osser.	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30

Analizzando le temperature registrate dal Servizio Idrografico Nazionale e dalla rete di stazioni meteorologiche sinottiche dell'OSMER ARPA FVG, congiuntamente allo studio della climatologia regionale (effettuato sia con il monitoraggio dell'andamento giornaliero sia con il confronto operato sulla bibliografia di riferimento), la regione Friuli Venezia Giulia può essere suddivisa nelle fasce descritte nel seguito.

Fascia costiera: zona abbastanza ridotta in profondità (pochi chilometri nelle province di Udine e Gorizia, partendo dalla linea di costa, meno di un chilometro nella provincia di Trieste), dove l'influenza del mare Adriatico mitiga la moderata continentalità del territorio pianeggiante. Può essere ulteriormente suddivisa in: sottozona occidentale e centrale, più fresca (dal Tagliamento all'Isonzo), in cui sono comprese anche le Lagune di Marano e Grado, e sottozona orientale, più mite (Monfalcone, foci del Timavo, costiera

triestina, città di Trieste, Vallone di Muggia). Quest'ultima sottozona sente maggiormente l'effetto protettivo offerto dalla barriera dell'altopiano carsico, a ridosso della linea di costa, che induce un clima rivierasco, ma anche la maggiore profondità del mare (10 – 25 m a Trieste, zona occidentale 0 – 10 m), che aumenta la capacità termica. La temperatura media annua, su base trentennale (1961-1990, Servizio Idrografico Nazionale), per Trieste è di 14,4°C; per la zona occidentale si può considerare una temperatura inferiore di 0.5 - 1 °C. Gli estremi assoluti variano tra – 14 e + 38°C ma sono piuttosto rari e legati a particolari situazioni meteorologiche, quali le intense irruzioni di masse d'aria gelide continentali o l'apporto di masse d'aria tropicali; in entrambi i casi, la presenza della Bora enfatizza, sulla fascia costiera, non solo l'apporto di aria gelida da est, come è abbastanza noto, ma anche la compressione ed il riscaldamento (effetto foehn) delle masse d'aria calde tropicali nei mesi estivi. Cioè, la Bora, seppur di lieve intensità, è una con-causa dei massimi estremi di temperatura sulla costa (come anche sul resto della pianura regionale). Durante l'inverno sono comunque molto rari i giorni con temperature minime inferiori a –5°C e d'estate quelli con temperature massime superiori ai 32°C.

Le temperature mensili di Lignano Sabbiadoro e Grado (riportate rispettivamente in *Tabella 3.6.3.1o e 3.6.3.1p*), raccolte dall'OSMER dell'ARPA, fanno riferimento solamente alle ultime due annate 2000 e 2001, da quando sono state attivate le stazioni meteorologiche.

Tabella 3.6.3.1o *Temperature Minime, Medie e Massime Mensili (OSMER - Lignano Sabbiadoro (UD), 7 m slm, 45°42'10''N, 13°08'53''E)*

ANNO	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Media
tmin													
2000	0.5	3.1	6.9	12.1	16.0	19.6	18.4	20.5	16.4	13.9	9.8	6.0	11.9
2001	4.9	4.9	8.5	9.6	16.7	20.3	21.4	14.0	15.1	6.1	0.7	0.7	11.6
tmed													
2000	3.1	6.1	9.4	14.7	19.5	23.2	22.3	24.7	20.1	16.5	12.3	8.0	15.0
2001	6.7	7.6	10.7	12.8	20.0	20.9	24.1	25.5	17.6	17.6	8.9	3.4	14.6
tmax													
2000	6.5	9.8	11.9	18.1	23.2	26.9	25.8	29.2	23.9	19.5	14.9	10.0	18.3
2001	9.1	10.5	12.9	15.7	23.4	24.4	27.7	29.5	20.8	20.6	12.0	6.6	17.8

Tabella 3.6.3.1p *Temperature Minime, Medie e Massime Mensili (APT/OSMER - Grado (GO), 5 m slm, 45°40'38'' N, 13°23'46'' E)*

ANNO	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Media
tmin													
2000	0.0	2.8	6.3	11.2	15.0	18.7	17.8	19.7	15.9	13.5	9.6	5.9	11.4
2001	4.4	4.1	8.0	8.9	15.7	16.1	20.0	20.9	13.6	14.6	5.7	0.4	11.0
tmed													
2000	2.9	5.9	8.8	13.8	18.7	22.6	21.8	24.0	19.7	16.1	12.0	8.0	14.5
2001	6.4	7.2	10.2	12.2	19.3	20.3	23.8	25.0	17.3	17.2	8.6	3.2	14.2
tmax													
2000	6.7	9.0	11.5	17.0	22.6	26.4	25.6	28.5	23.6	19.1	14.6	10.2	17.9
2001	8.9	10.5	12.6	15.1	23.2	24.1	27.4	29.3	20.6	20.2	12.4	6.5	17.6

Fascia dell'altopiano carsico: zona situata nelle province di Gorizia e Trieste, caratterizzata da temperature differenziate a seconda della vicinanza al mare e dell'altitudine, che passa dai 150 m ai 600 m nella parte sud-orientale, al confine con la Slovenia. Le temperature medie annuali sono di 13°C nella parte occidentale (150 m slm) e di 11°C nella parte centrale ed orientale situata a quote medie (350 m slm). Noto è il fenomeno della forte inversione termica che si verifica nelle doline (i frequenti avallamenti), con valori medi annui anche di 2°C inferiori al terreno circostante, pur avendo solo 20 o 30 metri di dislivello.
La sintesi statistica delle temperature mensili registrate a Basovizza è riportata in *Tabella 3.6.3.1q*.

Tabella 3.6.3.1q *Temperature Minime, Medie e Massime Mensili (Servizio Idrografico Nazionale - Basovizza (TS), 372 m slm, 45° 39' N, 13° 53'E)*

ANNO	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Media
tmin													
Media '61-'79	*-1.1*	*0.1*	*1.9*	*5.4*	*9.2*	*12.7*	*14.7*	*14.7*	*11.7*	*7.9*	*4.0*	*-0.4*	*6.8*
Massima	2.2	4.1	4.6	8.9	10.8	15.2	17.2	17.5	13.4	11.7	8.3	1.5	7.6
Minima	-5.1	-4.0	-0.7	2.7	7.5	10.6	12.6	12.1	8.6	4.3	0.8	-2.9	5.5
Varianza	3.6	4.8	2.1	2.4	1.3	1.5	1.5	2.0	2.3	3.0	2.9	1.3	0.2
Dev. Stand.	1.9	2.2	1.4	1.6	1.1	1.2	1.2	1.4	1.5	1.7	1.7	1.1	0.5
Coef. Var.	-171.0	2293.7	76.6	28.7	12.3	9.6	8.4	9.6	13.0	22.0	41.9	-259.4	7.3
Num. Osser.	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
tmed													
Media '61-'79	*2.3*	*3.8*	*6.2*	*10.2*	*14.4*	*18.1*	*20.2*	*20.0*	*16.6*	*12.3*	*7.7*	*3.3*	*11.3*
Massima	4.8	7.6	9.0	13.2	16.3	20.3	22.7	23.2	19.0	15.7	11.2	5.3	12.3
Minima	-2.0	-0.3	3.2	7.8	12.1	16.4	18.5	17.0	13.7	7.8	6.0	0.6	10.2
Varianza	2.9	3.8	3.0	2.2	1.4	1.3	1.3	2.6	2.2	3.0	1.6	1.5	0.2
Dev. Stand.	1.7	1.9	1.7	1.5	1.2	1.1	1.1	1.6	1.5	1.7	1.3	1.2	0.5
Coef. Var.	73.1	51.6	27.7	14.5	8.3	6.2	5.6	8.1	9.0	14.0	16.3	38.0	4.4
Num. Osser.	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
tmax													
Media '61-'79	*5.7*	*7.4*	*10.5*	*14.9*	*19.7*	*23.5*	*25.7*	*25.2*	*21.5*	*16.7*	*11.4*	*6.9*	*15.8*
Massima	8.8	11.0	13.8	17.7	21.9	26.2	28.2	29.1	24.6	19.7	14.1	10.1	17.0
Minima	1.2	3.5	6.3	12.4	16.5	22.1	24.2	21.9	18.7	11.3	9.8	3.5	15.0
Varianza	3.2	3.6	4.8	2.4	2.2	1.5	1.4	3.7	2.6	4.0	1.2	2.3	0.3
Dev. Stand.	1.8	1.9	2.2	1.6	1.5	1.2	1.2	1.9	1.6	2.0	1.1	1.5	0.6
Coef. Var.	31.0	25.7	20.9	10.4	7.5	5.2	4.5	7.7	7.6	12.0	9.6	21.9	3.6
Num. Osser.	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19

Fascia della pianura friulana: è gran parte del territorio pianeggiante che dalle province di Pordenone ed Udine arriva fino alle propaggini del Carso in Provincia di Gorizia. Le temperature sono abbastanza costanti da est a ovest con valori medi intorno ai 13 °C; valori medi inferiori (11.5-12 °C) si registrano nelle zone a giacitura più bassa (Pedemontana pordenonese, estremo lembo orientale della pianura a ridosso delle Prealpi Giulie, zone a ridosso dei principali fiumi), non troppo vicine però alla linea di costa. Gli estremi assoluti di –18°C e +38°C sono molto rari; è già raro registrare valori inferiori ai –10°C d'inverno e superiori ai 35°C d'estate. L'altitudine, variabile da 0 a 250 m, non sembra incidere in modo significativo sull'andamento della temperatura media annuale, mentre influenza l'umidità relativa e la distribuzione delle precipitazioni.

Fascia collinare morenica: comprende i primi rilievi prealpini, i Colli orientali del Friuli e Collio Goriziano. Ha caratteristiche costanti con valori medi annuali di temperatura di 12°C, appena leggermente inferiori alla pianura, ma diversa è l'escursione diurna e stagionale, decisamente più moderata. Ciò è dovuto al ricambio dell'aria, favorito dalle brezze, che impedisce il ristagno delle masse fredde e l'accumulo di quelle calde e, contemporaneamente, dà maggior equilibrio all'umidità atmosferica. Certamente, sono le zone della regione che godono delle migliori condizioni climatiche, senza gli eccessi della pianura.
La sintesi statistica delle temperature mensili registrate a Moruzzo è riportata in *Tabella 3.6.3.1r*.

Tabella 3.6.3.1r *Temperature Minime, Medie e Massime Mensili (Servizio Idrografico Nazionale - Moruzzo (UD), 262 m slm, 46°07' N, 13° 07' E)*

ANNO	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Media
tmin													
Media '61-'79	*-0.7*	*0.6*	*3.2*	*6.8*	*11.1*	*14.1*	*16.4*	*16.0*	*13.1*	*8.9*	*4.1*	*0.4*	*7.9*
Massima	3.4	3.6	5.6	9.8	12.9	16.2	19.4	18.5	15.8	12.3	7.2	2.3	8.7
Minima	-3.7	-2.7	0.0	4.5	8.5	12.6	14.6	13.5	10.2	4.5	1.2	-1.8	6.9
Varianza	2.7	3.3	2.4	1.3	1.4	1.0	1.8	1.7	2.0	2.4	1.7	1.1	0.2
Dev. Stand.	1.7	1.8	1.5	1.2	1.2	1.0	1.3	1.3	1.4	1.5	1.3	1.1	0.5
Coef. Var.	-239.4	296.1	47.4	17.0	10.5	7.1	8.1	8.2	10.9	17.3	31.8	281.6	5.8
Num. Osser.	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
tmed													
Media '61-'79	*2.6*	*4.2*	*7.3*	*11.1*	*15.7*	*19.0*	*21.6*	*21.1*	*17.8*	*13.1*	*7.6*	*3.6*	*12.1*
Massima	5.7	7.2	11.0	15.0	18.4	21.3	25.0	24.4	21.2	15.5	9.7	5.7	13.4
Minima	-1.1	0.9	4.2	8.5	12.2	16.6	18.8	18.0	15.2	8.3	5.4	1.2	10.9
Varianza	2.5	3.1	3.4	1.7	2.0	1.4	2.1	2.8	2.7	2.2	1.1	1.3	0.4
Dev. Stand.	1.6	1.8	1.8	1.3	1.4	1.2	1.5	1.7	1.6	1.5	1.1	1.2	0.6
Coef. Var.	62.1	42.1	25.4	11.8	9.0	6.2	6.7	7.9	9.2	11.2	13.9	31.8	5.2
Num. Osser.	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
tmax													
Media '61-'79	*5.8*	*7.7*	*11.3*	*15.5*	*20.4*	*23.8*	*26.7*	*26.3*	*22.6*	*17.3*	*11.1*	*6.9*	*16.3*
Massima	9.1	12.0	17.0	20.2	24.3	26.4	30.6	30.8	27.2	20.1	13.6	9.5	18.3
Minima	1.6	4.6	7.3	12.6	15.8	20.5	22.7	22.4	19.3	12.1	8.3	4.3	14.7
Varianza	3.5	3.7	5.5	2.5	3.5	2.4	2.9	4.3	4.1	3.0	1.6	2.1	0.8
Dev. Stand.	1.9	1.9	2.3	1.6	1.9	1.5	1.7	2.1	2.0	1.7	1.3	1.4	0.9
Coef. Var.	32.1	25.0	20.6	10.2	9.2	6.5	6.4	7.9	8.9	9.9	11.4	20.8	5.4
Num. Osser.	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30

Fascia montana alpina e prealpina: è una zona complessa, ricca di sfumature a seconda delle caratteristiche intrinseche di ogni sottozona. E' difficile tracciare una descrizione adeguata, in quanto ogni località possiede comportamenti propri, in funzione dell'altezza dei monti prospicienti, che favoriscono la discesa dell'aria fredda notturna dalle quote più elevate, dell'orientamento dei versanti e del relativo ombreggiamento delle valli, dell'altitudine, della lunghezza, ampiezza ed esposizione delle valli.

Prealpi Carniche: comprendono le località di fondovalle, situate attorno ai 300-400 m di quota, che registrano valori medi annuali di temperatura di circa

10 °C, con notevole escursione termica, ma con valori estremi simili a quelli di pianura per le minime assolute, un po' più contenuti per le massime.
La sintesi statistica delle temperature mensili registrate a Tramonti di Sopra è riportata in *Tabella 3.6.3.1s*.

Tabella 3.6.3.1s *Temperature Minime, Medie e Massime Mensili (Servizio Idrografico Nazionale - Tramonti di Sopra (PN), 420 m slm, 46° 19' N, 12° 47' E)*

ANNO	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Media
tmin													
Media '61-'79	*-3.0*	*-1.9*	*0.7*	*4.3*	*8.3*	*11.7*	*13.6*	*13.5*	*10.5*	*6.3*	*1.4*	*-2.3*	*5.3*
Massima	-0.2	1.9	3.7	7.4	11.4	14.6	16.0	16.0	12.9	9.8	4.0	0.8	6.9
Minima	-6.4	-5.4	-3.8	1.4	6.1	8.8	11.3	11.1	7.8	1.3	-2.6	-5.5	3.8
Varianza	3.6	4.6	2.9	1.6	1.8	1.8	1.5	1.8	1.7	3.2	2.2	2.4	0.6
Dev. Stand.	1.9	2.1	1.7	1.3	1.3	1.3	1.2	1.3	1.3	1.8	1.5	1.6	0.8
Coef. Var.	-63.7	-112.4	247.1	29.7	16.2	11.4	8.9	9.9	12.5	28.3	104.5	-68.6	14.6
Num. Osser.	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
tmed													
Media '61-'79	*1.4*	*3.0*	*5.7*	*9.5*	*13.8*	*17.2*	*19.7*	*19.5*	*16.3*	*12.0*	*6.2*	*2.4*	*10.6*
Massima	5.1	5.9	9.3	12.3	17.3	20.5	22.2	23.4	19.0	15.3	8.7	4.8	12.1
Minima	-3.0	-0.3	1.0	7.2	9.8	14.5	17.6	16.6	14.1	6.8	2.5	0.0	8.9
Varianza	4.0	4.4	3.8	1.5	2.3	2.1	1.6	2.6	1.7	2.2	2.2	2.0	0.7
Dev. Stand.	2.0	2.1	1.9	1.2	1.5	1.4	1.3	1.6	1.3	1.5	1.5	1.4	0.8
Coef. Var.	139.7	68.9	33.9	13.0	11.1	8.4	6.5	8.2	8.0	12.5	23.7	59.3	7.7
Num. Osser.	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
tmax													
Media '61-'79	*5.9*	*8.0*	*10.8*	*14.7*	*19.2*	*22.7*	*25.7*	*25.6*	*22.1*	*17.7*	*11.1*	*7.0*	*15.9*
Massima	10.6	12.0	15.9	18.5	23.3	26.5	28.5	30.8	25.2	22.0	14.7	11.2	17.8
Minima	0.5	3.7	5.7	11.9	13.0	18.9	23.2	22.2	18.2	12.4	6.9	3.3	13.6
Varianza	5.6	6.2	6.5	2.2	4.1	3.1	2.4	4.1	2.6	3.6	3.7	3.4	1.1
Dev. Stand.	2.4	2.5	2.5	1.5	2.0	1.8	1.6	2.0	1.6	1.9	1.9	1.8	1.0
Coef. Var.	40.5	31.1	23.6	10.0	10.5	7.8	6.0	7.9	7.3	10.8	17.3	26.2	6.5
Num. Osser.	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30

Prealpi Giulie: si possono suddividere in due sottozone, le Valli del Natisone e le Valli del Torre. La prima presenta rilievi più modesti ed una maggiore articolazione delle valli secondarie, con temperature abbastanza omogenee, fatto salvo quanto descritto precedentemente, e medie annuali a fondovalle (200 - 250 m slm) di circa 11°C; più in quota si arriva fino a 8°C (a Montemaggiore a 954 m slm). Le Valli del Torre presentano rilievi più elevati e valli più strette ed ombreggiate, note anche per registrare i massimi pluviometrici regionali, con temperature medie annue a Vedronza (vedere *Tabella 3.9.3.1t*) di 10°C.

Tabella 3.6.3.1t *Temperature Minime, Medie e Massime Mensili (Servizio Idrografico Nazionale - Vedronza (UD), 325 m slm, 46° 16' N, 13° 15' E)*

ANNO	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Media
tmin													
Media '61-'79	*-4.4*	*-3.3*	*-0.2*	*3.7*	*7.7*	*11.2*	*12.9*	*12.6*	*9.7*	*5.0*	*0.5*	*-3.4*	*4.4*
Massima	1.4	2.3	3.5	7.1	10.7	15.0	15.8	15.0	14.0	9.6	3.5	0.6	5.8
Minima	-9.4	-7.6	-3.9	1.4	4.6	7.9	9.4	8.5	6.6	1.3	-3.4	-7.2	2.2
Varianza	5.2	6.0	3.8	2.7	3.2	2.3	3.1	2.8	3.1	4.2	3.2	3.5	1.1
Dev. Stand.	2.3	2.5	1.9	1.6	1.8	1.5	1.8	1.7	1.8	2.0	1.8	1.9	1.0
Coef. Var.	-51.8	-74.2	-884.4	44.5	23.1	13.4	13.6	13.2	18.2	41.1	339.2	-55.1	23.9
Num. Osser.	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
tmed													
Media '61-'79	*0.5*	*2.0*	*5.2*	*9.0*	*13.5*	*17.1*	*19.4*	*19.1*	*15.8*	*11.1*	*5.6*	*1.5*	*10.0*
Massima	4.8	6.1	9.0	11.1	17.0	21.6	22.8	22.2	19.6	13.1	7.9	4.5	11.2
Minima	-3.7	-2.1	1.8	6.4	10.8	14.4	16.5	15.9	12.7	7.6	3.2	-1.6	7.8
Varianza	4.3	4.4	4.0	1.9	2.6	2.3	3.0	2.8	2.7	2.1	1.8	2.2	1.0
Dev. Stand.	2.1	2.1	2.0	1.4	1.6	1.5	1.7	1.7	1.6	1.5	1.4	1.5	1.0
Coef. Var.	388.2	106.6	38.3	15.3	11.9	8.9	9.0	8.8	10.3	13.3	24.0	96.3	10.0
Num. Osser.	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
tmax													
Media '61-'79	*5.5*	*7.2*	*10.6*	*14.3*	*19.3*	*23.0*	*25.9*	*25.5*	*21.9*	*17.1*	*10.8*	*6.5*	*15.7*
Massima	10.8	11.4	15.7	17.3	23.4	28.3	30.0	30.4	26.1	22.0	13.5	10.1	17.6
Minima	-0.2	3.0	6.3	11.1	15.8	20.4	21.5	22.0	18.2	11.4	7.2	3.7	13.0
Varianza	5.7	5.1	6.8	2.7	3.6	3.3	4.0	4.0	3.9	4.6	2.5	2.9	1.2
Dev. Stand.	2.4	2.3	2.6	1.6	1.9	1.8	2.0	2.0	2.0	2.1	1.6	1.7	1.1
Coef. Var.	43.6	31.1	24.5	11.4	9.8	7.9	7.7	7.8	9.0	12.5	14.7	26.4	6.9
Num. Osser.	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30

Alpi Carniche: le valli della Carnia si diramano sia longitudinalmente (But, Chiarsò e Degano) che trasversalmente (Tagliamento, Pesarina, Lumiei e Valcalda) e le caratteristiche sono quindi estremamente peculiari. In generale, procedendo verso nord, addentrandosi nelle valli, si ritrovano maggiori escursioni termiche annuali e diurne e le temperature diminuiscono, sia per la progressiva distanza dal mare, dall'isolamento provocato dalle catene successive, sia per la maggiore altitudine. A Tolmezzo, nel fondovalle del Tagliamento, si registrano medie annue di 10,6 °C; Forni di Sopra (907 m slm), nella parte più alta, presenta valori di 8,2 °C, Sauris di Sotto (1.212 m slm) presenta valori di 6,8 °C, mentre al passo di M. Croce Carnico (1.360 m slm) si registrano temperature medie di 4,6 °C. Gli estremi assoluti variano molto in funzione delle località in cui si misurano; in ogni caso, d'inverno è molto raro oltrepassare i –20 °C, ma sono invece abbastanza frequenti le giornate con minime sotto i –10 °C, mentre d'estate sono molto rare le giornate con temperature superiori ai 30°C.

La sintesi statistica delle temperature mensili registrate a Tolmezzo è riportata in *Tabella 3.6.3.1u*.

Tabella 3.6.3.1u *Temperature Minime, Medie e Massime Mensili (Servizio Idrografico Nazionale - Tolmezzo (Ud), 323 m slm, 46° 24' N, 13° 01' E)*

ANNO	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Media
tmin													
Media '61-'79	*-3.6*	*-2.1*	*1.0*	*5.1*	*9.2*	*12.5*	*14.4*	*14.1*	*11.0*	*6.8*	*1.6*	*-2.1*	*5.7*
Massima	0.3	2.5	3.5	8.9	11.6	15.4	17.1	15.9	13.8	12.0	5.1	0.3	6.9
Minima	-8.2	-5.8	-3.1	2.8	7.0	10.4	12.5	12.5	8.5	2.6	-2.5	-5.2	3.7
Varianza	5.1	4.7	2.1	2.2	1.5	1.4	1.7	1.0	2.4	3.5	3.8	2.2	0.6
Dev. Stand.	2.3	2.2	1.4	1.5	1.2	1.2	1.3	1.0	1.6	1.9	1.9	1.5	0.8
Coef. Var.	-63.6	-104.3	149.3	29.2	13.3	9.5	9.0	7.2	14.1	27.4	120.1	-68.9	13.8
Num. Osser.	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
tmed													
Media '61-'79	*0.6*	*2.4*	*5.8*	*9.9*	*14.5*	*17.9*	*20.1*	*19.8*	*16.4*	*11.7*	*5.9*	*1.8*	*10.6*
Massima	3.6	5.8	8.9	13.6	17.1	20.6	23.5	22.4	19.4	14.5	8.6	4.2	11.9
Minima	-3.8	-0.5	2.1	7.9	11.0	16.1	17.8	17.8	13.5	6.7	2.6	-0.8	8.7
Varianza	3.5	3.3	2.6	1.8	1.8	1.5	1.6	1.4	2.4	2.4	1.9	1.7	0.4
Dev. Stand.	1.9	1.8	1.6	1.4	1.4	1.2	1.3	1.2	1.5	1.5	1.4	1.3	0.7
Coef. Var.	305.9	75.7	27.8	13.7	9.4	6.9	6.3	6.0	9.5	13.1	23.4	74.2	6.2
Num. Osser.	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
tmax													
Media '61-'79	*4.8*	*6.9*	*10.6*	*14.7*	*19.7*	*23.2*	*25.9*	*25.6*	*21.7*	*16.7*	*10.1*	*5.7*	*15.5*
Massima	9.4	11.3	16.2	18.2	23.4	26.3	29.9	29.3	25.8	19.5	12.6	8.1	17.4
Minima	0.6	3.3	7.3	11.4	14.9	20.8	22.9	22.8	17.6	10.7	6.4	2.7	13.7
Varianza	4.2	4.3	4.7	2.5	3.1	2.1	2.4	3.0	3.5	3.3	1.9	2.1	0.7
Dev. Stand.	2.0	2.1	2.2	1.6	1.8	1.4	1.6	1.7	1.9	1.8	1.4	1.4	0.8
Coef. Var.	42.8	30.0	20.5	10.8	9.0	6.2	6.0	6.8	8.6	10.8	13.5	25.4	5.4
Num. Osser.	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30

Le temperature medie mensili raccolte dall'OSMER dell'ARPA FVG per la stazione di Enemonzo sono riportate in *Tabella 3.6.3.1v*; i valori riportati sono confrontabili con quelli registrati a Tolmezzo dal Servizio Idrografico Nazionale.

Tabella 3.6.3.1v *Temperature Minime, Medie e Massime Mensili (OSMER - Enemonzo, 438 m slm, 46°24'41'' N, 12°51'50''E)*

ANNO	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Media
tmin													
2000	-6.9	-3.0	-0.5	5.8	9.3	11.5	11.5	13.0	9.2	8.3	4.4	-0.2	5.2
2001	-1.8	-2.2	2.7	1.4	9.3	9.5	13.3	13.8	7.2	8.2	-1.1	-6.6	4.5
tmed													
2000	-2.0	2.1	5.1	11.2	15.3	18.6	17.3	19.8	15.2	11.8	7.8	2.7	10.4
2001	1.5	2.8	7.1	8.0	16.1	16.5	19.4	20.5	12.6	13.0	3.5	-1.8	9.9
tmax													
2000	5.8	9.4	11.4	17.2	22.3	26.3	24.5	28.1	22.4	16.6	11.4	7.1	16.9
2001	6.3	9.6	11.7	14.5	23.2	23.3	26.2	28.5	18.5	19.0	10.4	5.5	16.4

La sintesi statistica delle temperature mensili registrate a Forni di Sopra è riportata in *Tabella 3.6.3.1z*.

Tabella 3.6.3.1z *Temperature Minime, Medie e Massime Mensili (Servizio Idrografico Nazionale - Forni di Sopra (UD), 907 m slm, 46° 26' N, 12° 34' E)*

ANNO	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Media
tmin													
Media '61-'79	*-5.4*	*-4.7*	*-1.6*	*2.1*	*6.6*	*9.7*	*11.6*	*11.4*	*8.7*	*4.6*	*-0.5*	*-4.4*	*3.2*
Massima	-1.2	-1.0	0.9	5.8	11.8	13.1	14.7	13.8	11.5	7.6	1.9	-1.9	4.8
Minima	-8.7	-8.4	-6.5	-0.7	3.6	7.6	9.5	9.7	4.2	0.1	-4.3	-7.5	1.9
Varianza	4.5	4.4	3.5	2.0	2.8	1.9	1.7	1.5	2.7	3.5	1.9	2.7	0.7
Dev. Stand.	2.1	2.1	1.9	1.4	1.7	1.4	1.3	1.2	1.7	1.9	1.4	1.7	0.8
Coef. Var.	-39.5	-44.5	-120.1	66.7	25.3	14.2	11.1	10.9	19.1	40.8	-266.6	-37.6	25.5
Num. Osser.	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
tmed													
Media '61-'79	*-0.8*	*0.4*	*3.3*	*6.8*	*11.4*	*14.8*	*17.1*	*16.8*	*14.0*	*9.8*	*3.9*	*0.0*	*8.2*
Massima	3.2	5.0	7.4	10.1	16.0	17.5	21.4	18.9	17.2	11.5	6.2	2.0	9.4
Minima	-4.6	-2.7	-1.3	4.3	8.0	12.9	15.2	14.2	9.7	4.3	1.9	-2.6	6.9
Varianza	4.2	3.8	4.1	2.1	2.6	1.8	1.8	1.6	2.9	2.4	1.6	2.2	0.5
Dev. Stand.	2.1	2.0	2.0	1.5	1.6	1.3	1.3	1.3	1.7	1.5	1.2	1.5	0.7
Coef. Var.	-253.5	548.7	62.0	21.2	14.0	9.0	7.8	7.4	12.2	15.6	31.9	-3810.2	8.7
Num. Osser.	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
tmax													
Media '61-'79	*3.7*	*5.4*	*8.1*	*11.6*	*16.3*	*20.0*	*22.7*	*22.3*	*19.4*	*15.1*	*8.3*	*4.3*	*13.1*
Massima	9.4	11.1	13.9	14.5	20.3	23.0	28.1	24.8	23.2	18.2	12.7	6.5	14.9
Minima	-0.4	2.0	4.0	8.2	12.1	16.9	20.2	18.7	15.1	8.5	5.7	1.2	11.8
Varianza	5.3	4.7	6.4	3.0	3.2	2.2	3.0	2.7	3.9	3.6	2.6	2.4	0.7
Dev. Stand.	2.3	2.2	2.5	1.7	1.8	1.5	1.7	1.6	2.0	1.9	1.6	1.5	0.8
Coef. Var.	61.3	40.0	31.1	15.0	11.0	7.5	7.7	7.3	10.2	12.7	19.5	35.7	6.2
Num. Osser.	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30

Alpi Giulie: divise fra il bacino idrografico del Tagliamento, dell'Isonzo e della Drava (e anche della Sava in Slovenia), hanno caratteristiche di maggiore continentalità rispetto alla Carnia, con valori estremi di temperatura molto bassi nei mesi invernali: sovente raggiungono i –25 / -30°C nei fondovalle più elevati e interni (Val Saisera, Cave del Predil, Tarvisio e soprattutto Fusine) ed in rare occasioni superano i –30°C; nei mesi estivi, invece, si raggiungono i 30°C, molto raramente si oltrepassano. L'andamento delle temperature a Tarvisio (vedi *Tabella 3.6.3.1aa*) è caratteristico di condizioni climatiche alpine di fondovalle a carattere piuttosto continentale, con notevole escursione termica diurna e stagionale; il valore medio annuo si aggira sui 7,5 °C.

Tabella 3.6.3.1aa *Temperature Minime, Medie e Massime Mensili (Servizio Idrografico Nazionale - Tarvisio (UD), 751 m slm, 46° 30' N, 13° 34' E)*

ANNO	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Media
tmin													
Media '61-'79	**-7.4**	**-5.7**	**-2.4**	**1.1**	**5.5**	**8.9**	**10.9**	**10.2**	**7.4**	**3.3**	**-1.7**	**-5.9**	**2.1**
Massima	-1.7	-0.5	0.6	4.5	9.0	10.7	14.0	12.4	11.0	8.4	1.1	-0.2	3.1
Minima	-15.0	-12.8	-6.4	-1.6	3.4	6.6	8.4	7.5	4.6	0.4	-5.2	-9.8	0.3
Varianza	9.0	8.1	3.2	2.7	2.1	1.2	1.4	1.4	2.4	3.5	2.6	4.8	0.5
Dev. Stand.	3.0	2.9	1.8	1.7	1.4	1.1	1.2	1.2	1.6	1.9	1.6	2.2	0.7
Coef. Var.	-40.2	-50.0	-73.6	153.7	26.2	12.3	11.0	11.5	20.8	56.5	-97.0	-37.2	34.4
Num. Osser.	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
tmed													
Media '61-'79	**-3.1**	**-0.6**	**2.9**	**6.8**	**11.5**	**15.0**	**17.3**	**16.5**	**13.6**	**9.1**	**2.9**	**-2.0**	**7.5**
Massima	2.5	4.0	6.2	9.6	15.8	17.4	21.7	19.3	18.3	12.0	5.8	2.7	8.7
Minima	-8.3	-5.3	-1.3	4.5	9.0	12.6	14.8	13.8	10.7	5.0	-0.7	-6.9	6.0
Varianza	7.8	5.6	4.4	2.0	2.3	1.3	1.9	1.9	2.8	2.1	2.1	4.8	0.5
Dev. Stand.	2.8	2.4	2.1	1.4	1.5	1.2	1.4	1.4	1.7	1.5	1.4	2.2	0.7
Coef. Var.	-88.5	-380.8	72.7	21.0	13.1	7.7	8.0	8.2	12.2	16.0	50.0	-106.9	8.9
Num. Osser.	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
tmax													
Media '61-'79	**1.1**	**4.5**	**8.2**	**12.5**	**17.5**	**21.1**	**23.7**	**22.9**	**19.8**	**14.8**	**7.4**	**1.8**	**13.0**
Massima	7.4	10.1	14.1	15.6	22.5	24.1	29.4	26.2	26.1	17.3	10.5	6.6	14.5
Minima	-3.5	-1.6	2.9	8.9	14.4	18.5	21.0	18.8	15.4	9.6	3.9	-4.2	11.5
Varianza	8.8	6.8	8.9	2.5	3.5	2.5	3.1	3.3	4.7	3.4	3.4	5.8	0.6
Dev. Stand.	3.0	2.6	3.0	1.6	1.9	1.6	1.8	1.8	2.2	1.8	1.8	2.4	0.8
Coef. Var.	258.8	58.6	36.4	12.7	10.7	7.4	7.4	7.9	10.9	12.5	24.7	132.8	6.2
Num. Osser.	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30

Le temperature medie mensili raccolte dall'OSMER dell'ARPA FVG per la stazione di Tarvisio sono riportate in *Tabella 3.6.3.1ab*.

Tabella 3.6.3.1ab *Temperature Minime, Medie e Massime Mensili (OSMER - Tarvisio (UD), 785 m slm, 46°30'40''N, 13°33'20''E)*

ANNO	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Media
tmin													
2000	-11.1	-5.6	-1.7	3.5	7.2	9.0	9.4	11.0	7.0	6.2	1.7	-2.3	2.9
2001	-3.9	-4.2	0.9	-0.2	6.8	6.7	10.8	11.2	5.4	6.2	-3.6	-9.9	2.2
tmed													
2000	-5.2	0.4	3.9	9.2	13.2	16.6	15.5	17.6	13.0	9.6	4.6	1.1	8.3
2001	-0.8	0.5	5.2	5.8	13.6	14.5	17.4	18.3	10.6	11.2	1.0	-4.9	7.7
tmax													
2000	1.1	7.2	10.5	15.4	20.0	24.5	22.3	25.3	20.0	13.7	7.9	4.8	14.4
2001	2.4	6.9	10.0	12.2	20.5	22.0	24.6	26.1	16.8	17.9	6.7	-0.1	13.8

Le osservazioni condotte dall'OSMER negli ultimi anni completano la serie storica delle temperature registrate dal Servizio Idrografico Nazionale. Le *Tabelle 3.6.3.1ac ÷ 3.6.3.1af* riportano le temperature registrate dal 1991 al 2001 nelle 4 province.

Tabella 3.6.3.1ac *Media delle Temperature Minime, Medie e Massime (OSMER - Udine S. Osvaldo, 91 m slm, 46°02'10''N, 13°13'40''E)*

ANNO	Tmin	Tmed	Tmax
1991 (dati Servizio Idrografico Nazionale)	6.9	12.4	17.9
1992	7.9	12.9	18.0
1993	7.5	12.6	18.0
1994	8.7	13.6	18.7
1995	7.6	12.5	17.5
1996	7.6	12.3	17.0
1997	7.5	12.8	18.1
1998	7.4	12.7	18.1
1999	8.0	13.0	18.4
2000	8.4	13.5	18.8
2001	8.1	13.2	18.5

Tabella 3.6.3.1ad *Media delle Temperature Minime, Medie e Massime (OSMER - Gradisca d'Isonzo, (GO), 29 m slm, 45°53'27''N, 13°28'59''E)*

ANNO	Tmin	Tmed	Tmax
1991	6.8	11.9	17.4
1992	8.4	13.3	18.4
1993	7.3	12.6	18.2
1994	8.6	13.6	19.0
1995	7.7	12.8	18.0
1996	7.7	12.4	17.4
1997	8.3	13.5	19.2
1998	7.7	13.0	18.8
1999	8.4	13.4	18.9
2000	9.1	14.3	20.0
2001	8.3	13.5	19.1

Tabella 3.6.3.1ae *Media delle Temperature Minime, Medie e Massime (OSMER - Pordenone, 23 m slm, 45°57'16''N, 12°40'55''E)*

ANNO	Tmin	Tmed	Tmax
1991 (dati Servizio Idrografico Nazionale)	7.7	13.0	18.3
1992 (dati Servizio Idrografico Nazionale)	8.6	13.7	18.8
1993 (dati Servizio Idrografico Nazionale)	8.4	13.4	18.5
1994 (dati Servizio Idrografico Nazionale)	9.3	14.4	19.6
1995	7.4	12.1	17.3
1996	7.6	12.1	17.0
1997	7.9	12.7	18.2
1998	7.7	12.5	18.0
1999	8.0	12.6	17.8
2000	8.4	13.1	18.5
2001	8.6	13.5	18.8

Tabella 3.6.3.1af *Media delle Temperature Minime, Medie e Massime (OSMER - Trieste molo F.lli Bandiera, 1 m slm, 45°39'03''N, 13°45'11''E)*

ANNO	Tmin	Tmed	Tmax
1991 (dati Servizio Idrografico Nazionale)	11.1	14.2	17.3
1992 (dati Servizio Idrografico Nazionale)	11.6	14.7	17.7
1993 (dati Servizio Idrografico Nazionale)	10.4	14.2	17.9
1994 (dati Servizio Idrografico Nazionale)	11.3	15.0	18.8
1995	12.2	14.7	17.3
1996	12.2	14.6	17.2
1997	12.9	15.4	17.9
1998	12.8	15.3	18.0
1999	12.9	15.3	17.8
2000	13.7	16.2	18.8
2001	13.6	16.1	18.7

Riferimenti per la Valutazione

I principali riferimenti sono:

- AA.VV, *Annali Idrologici*, Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale, IPS, Roma dal 1961 al 1994;
- Ceschia M., Linussio A., Micheletti S., *Trend analysis of mean monthly maximum and minimum surface temperatures of the 1951-1990 period in Friuli-Venezia Giulia*, Il Nuovo Cimento C, vol. 17, n° 4, lug-ago 1994, 511-521;
- Gentilli J, *Il Friuli, i climi*, 1964, Camera di Commercio Industria ed Artigianato di Udine;
- Giaiotti D. e F. Stel, *A comparison between subjective and objective thunderstorm forecasts*, 2001, Atmos. Res., 56, 111-126;
- Giaiotti D., E. Gianesini, F. Stel, *Heuristic considerations pertaining to hailstone size distributions in the plain of Friuli*, 2001, Atmos. Res., 56, 111-126;
- Giaiotti D., Manzato A., Micheletti S., Nordio S. e Stel F., *The katabatic flows in the Julian Alps as a local magnification factor in the thermal anomalies of Autumn-Winter 2000-2001*, 2001, MAP newsletter, 15, 214;
- Polli S., *Il clima delle doline del Carso triestino*, 1961, Istituto Tecnico Talassografico, Trieste;
- Polli S., *Il clima della Regione*, 1971, Enciclopedia Monografica del Friuli Venezia Giulia, Vol. 1 Il Paese, pp. 443-488;
- Polli S., *Valori medi ed estremi del Clima di Trieste*, 1950, Istituto Tecnico Talassografico, Trieste;
- Polli S., *Valori Normali del Clima di Trieste*, 1970, Istituto Tecnico Talassografico, Trieste.

Valutazione della Qualità del Dato

La qualità dei dati utilizzati per l'analisi del campo termico al suolo è da considerarsi buona, va inoltre notato che gli errori di misura delle temperature rilevate dalla rete di stazioni sinottiche dell'OSMER ARPA sono congruenti con le disposizioni previste dall'Organizzazione Meteorologica Mondiale in materia di stazioni meteorologiche automatiche.

3.6.3.2 Scheda dell'Indicatore 6-2: Precipitazioni

Codice Indicatore	*6-2*
Tematica	*Aria*
Sotto tematica	*Sintesi meteo-climatica della regione Friuli Venezia Giulia*
Indicatore	*Precipitazioni*
Tipo	*Stato*
Obiettivo	*Caratterizzare le differenziazioni climatiche attribuibili alle peculiarità orografiche della regione*
Riferimenti	Bibliografia citata nei *Riferimenti per la valutazione*
Dati necessari	*Quantità di precipitazioni*
Fonte	*Rete di Rilevamento Regionale OSMER (ex ERSA), Osservatorio Meteorologico Regionale dell'ARPA Friuli Venezia Giulia* *Rete di Rilevamento Nazionale dell'Aereonautica Militare - ENEL SNAM* *Annali Servizio Idrografico Nazionale*
Disponibilità	**Ambito Spaziale:** *regionale* **Aggiornamento:** *annuale e variabile* **Periodo:** *1961 – 1990; 1998 - 2001*

Descrizione, Calcolo e Valutazione

Un'analisi eseguita dall'OSMER dell'ARPA sui dati giornalieri pluviometrici del Servizio Idrografico del Ministero dei Lavori Pubblici (1961-1990) ha portato alla stesura di varie mappe regionali di piovosità. Dallo studio delle mappe della pioggia media annuale si nota che la regione può essere, in buona misura, divisa in 4 zone che presentano regimi pluviometrici distinti:

1. *Fascia costiera*: è la zona meno piovosa della regione; i totali annui raggiungono mediamente i 1.000-1.200 mm, con un andamento crescente dalla costa verso l'interno (vedi *Tabelle 3.6.3.2d, 3.6.3.2e, 3.6.3.2f*);
2. *Fascia pianura e colline*: avvicinandosi alle montagne la piovosità aumenta; i valori medi annui variano da 1.200 a 1.800 mm (vedi *Tabelle 3.6.3.2a, 3.6.3.2c*);
3. *Fascia prealpina*: le precipitazioni medie annue raggiungono valori (dai 2.500 ai 3100 millimetri) da primato europeo;
4. *Fascia alpina interna*: a Nord delle Prealpi Carniche e Giulie la piovosità media annua torna a decrescere fino a valori di 1.600 – 1.800 mm, molto simili a quelli della media pianura (vedi *Tabella 3.6.3.2b*).

In tutta la regione il mese meno piovoso è febbraio, con valori che variano dai 70-100 mm di pioggia sulla costa e in pianura, ai 140 - 160 mm nella zona prealpina. I mesi più piovosi sono giugno e novembre, quando si registrano mediamente 100-120 mm di pioggia sulla fascia costiera e in alcune zone della montagna si arriva fino a 360-380 mm.
Le variazioni intorno ai valori medi sopra riportati sono notevoli: il mese più piovoso nel trentennio esaminato è stato settembre 1965, quando i livelli di precipitazione mensile sono variati dai 300-400 mm sulla costa agli oltre 1.200 mm registrati sulle Prealpi Giulie (stazione di Oseacco) e sulle Prealpi Carniche (stazione di Barcis); per contro, proprio il mese successivo, ottobre 1965, è stato completamente secco con zero millimetri di precipitazione misurata.
Per quanto riguarda fenomeni di pioggia intensa a livello giornaliero, considerando tempi di ritorno dell'ordine dei 20 anni, i livelli di piovosità

massima giornaliera raggiungibili variano statisticamente dai 150-200 mm sulla costa e in pianura, ai 250-350 mm nella zona prealpina ove localmente in vent'anni si possono registrare precipitazioni giornaliere di oltre 500 mm. Per fare un esempio, si possono ricordare la pioggia di 543 mm il 14/11/1969 a Oseacco (Prealpi Giulie) e quella di 500 mm il 2/9/1965 a Barcis.
La natura e l'origine delle piogge, ovviamente, variano nel corso dell'anno: durante i mesi tardo autunnali, invernali e primaverili le piogge sono in genere legate alla circolazione sinottica ed ai flussi umidi meridionali; durante i mesi estivi e nei primi mesi autunnali diventa rilevante o anche prevalente il contributo alla piovosità totale di piogge di origine convettiva (rovesci e temporali) o comunque legate a dinamiche alla mesoscala.
L'intensità delle piogge estivo-autunnali è mediamente superiore a quella delle piogge invernali e primaverili. Infatti, esaminando i dati pluviometrici trentennali della stazione di Udine, si nota che l'intensità media giornaliera delle piogge nei singoli mesi (calcolata come rapporto tra la pioggia media mensile ed il numero medio di giorni piovosi al mese) varia da febbraio a luglio tra 11 e 13 mm/giorno, mentre da agosto a gennaio si attesta sui 15-17 mm/giorno.

Oltre che i quantitativi è importante analizzare la frequenza delle precipitazioni e quindi il numero medio di giorni piovosi (o nevosi) registrati in regione. Si ricorda che da un punto di vista climatologico viene considerato piovoso il giorno in cui si è registrata una pioggia di almeno 1 mm. Il numero di giorni piovosi aumenta passando dalla costa (92-96) alle Prealpi (124 giorni sulle Prealpi Giulie), per poi decrescere leggermente sulla zona alpina seguendo un andamento che richiama la distribuzione annuale delle piogge. Da settembre a marzo il numero medio di giorni piovosi varia su tutta la regione da 6 a 9; da aprile ad agosto si nota invece una forte differenziazione tra la costa (mediamente 7-9 giorni piovosi), l'alta pianura (10-12 giorni) e in quota (12-14 giorni).

Ad integrazione di quanto sopra descritto, le *Tabelle 3.6.3.2a ÷ 3.6.3.2f* riportano le precipitazioni registrate in alcune località della regione dalle seguenti reti di rilevamento:

- rete *ENEL* - Aeronautica Militare, a carattere nazionale;
- rete ERSA, ora OSMER, Osservatorio Meteorologico Regionale dell'ARPA Friuli Venezia Giulia.

In particolare, le *Tabelle 3.6.3.2a ÷ 3.6.3.2e* riportano i valori delle precipitazioni mensili e annuali rilevati presso le seguenti stazioni della rete ENEL:

- Aviano (PN), negli anni dal 1951 al 1973;
- Tarvisio (UD), negli anni dal 1951 al 1991;
- Udine Rivolto (UD), negli anni dal 1970 al 1991;
- Ronchi dei Legionari (GO), negli anni dal 1967 al 1991;
- Trieste, negli anni dal 1951 al 1991.

Tabella 3.6.3.2a Precipitazioni Mensili e Annue nella Stazione di Aviano (PN) (mm)

Anno	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Totale
1951	159	273	91	66	70	120	82	87	119	52	319	32	1470
1952	62	60	37	65	46	125	79	248	176	286	143	120	1447
1953	57	52	2	160	116	168	239	192	270	466	63	120	1905
1954	74	118	183	143	169	327	116	119	98	155	106	187	1795
1955	39	140	83	37	201	156	152	130	173	102	27	114	1354
1956	77	24	206	344	131	247	150	153	133	128	95	24	1712
1957	26	113	9	120	113	193	204	47	100	93	204	178	1400
1958	108	134	36	192	76	223	85	134	40	150	169	264	1611
1959	30	0	131	319	136	111	156	53	98	174	278	313	1799
1960	63	180	216	16	26	174	142	119	186	273	121	228	1744
1961	121	14	6	133	156	82	77	30	20	177	182	75	1073
1962	84	46	116	84	170	87	69	27	74	139	306	61	1263
1963	78	60	120	122	89	193	51	246	147	90	132	67	1395
1964	0	36	152	120	79	214	104	99	24	284	74	229	1415
1965	143	5	158	165	179	185	116	115	437	0	180	72	1755
1966	40	122	23	165	125	111	167	262	35	313	97	59	1519
1967	14	126	89	174	147	131	46	81	201	62	260	19	1350
1968	8	240	18	101	128	173	93	227	202	25	278	58	1551
1969	132	108	62	68	93	148	91	164	142	3	152	48	1211
1970	166	66	165	90	77	196	113	156	18	28	245	130	1450
1971	129	92	153	143	173	207	46	115	42	38	251	59	1448
1972	134	208	99	176	236	167	88	65	42	81	82	127	1505
1973	83	45	14	159	80	227	107	19	228	104	34	101	1201
Media su 23 anni	**79**	**98**	**94**	**137**	**122**	**172**	**112**	**126**	**131**	**140**	**165**	**117**	**1494**

Fonte: Servizio Meteorologico dell'Aeronautica e ENEL

Tabella 3.6.3.2b Precipitazioni Mensili e Annue nella Stazione di Tarvisio (UD) (mm)

Anno	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Totale
1951	123	380	82	67	53	65	104	40	105	88	349	59	1515
1952	180	84	31	106	56	109	148	215	289	248	65	68	1599
1953	36	29	1	181	108	129	186	221	171	230	38	25	1355
1954	39	45	137	100	194	225	126	182	178	77	77	172	1552
1955	33	106	90	20	216	156	79	86	135	162	65	24	1172
1956	49	39	59	212	105	213	145	151	55	173	95	22	1318
1957	49	116	55	185	151	192	311	171	147	71	131	93	1672
1958	113	134	66	171	27	211	146	156	128	201	133	220	1706
1959	22	4	92	240	84	201	131	190	30	169	224	229	1616
1960	84	86	171	97	85	121	205	148	262	247	203	255	1964
1961	116	14	37	61	116	134	138	51	62	197	186	83	1195
1962	70	33	120	116	282	153	133	51	225	90	230	53	1556
1963	80	79	95	75	171	109	120	390	186	76	436	50	1867
1964	0	12	58	93	95	70	126	119	50	353	112	132	1220
1965	81	2	188	108	194	86	179	228	362	0	148	112	1688
1966	27	89	51	111	111	82	168	325	68	197	262	114	1605
1967	14	80	88	162	137	87	75	116	212	93	262	59	1385
1968	37	230	26	105	127	92	135	173	162	18	226	72	1403
1969	129	133	43	78	102	201	131	281	94	18	263	26	1499
1970	57	37	110	180	88	98	147	234	67	61	143	56	1278
1971	169	32	65	102	101	125	42	66	23	84	118	34	961
1972	52	48	95	192	242	198	198	37	97	61	-	102	1322
1973	59	95	2	309	58	190	154	105	320	144	31	118	1585
1974	22	110	101	108	55	237	146	82	180	126	66	9	1242
1975	20	22	439	368	160	244	162	117	57	105	116	94	1904
1976	14	92	14	191	179	57	140	181	229	204	148	154	1603
1977	349	175	141	120	149	114	127	194	59	17	81	60	1586
1978	238	137	92	166	179	147	220	136	106	187	57	104	1769
1979	215	108	170	178	139	185	133	61	112	130	226	125	1782
1980	76	33	70	72	94	152	199	103	61	346	160	106	1472
1981	14	39	86	77	206	160	185	88	173	116	9	208	1361
1982	45	29	77	22	224	155	58	133	83	248	182	162	1418
1983	13	84	89	48	132	105	38	145	207	103	16	227	1207
1984	89	109	82	91	190	104	94	146	195	181	61	109	1451
1985	113	16	219	149	163	231	106	208	41	24	150	108	1528
1986	45	61	68	139	114	96	76	251	122	64	85	40	1161
1987	67	126	112	64	206	249	204	114	107	283	303	10	1845
1988	93	88	92	76	98	70	103	197	136	104	7	0	1064
1989	0	99	48	209	68	179	179	104	143	7	120	86	1242
1990	43	8	88	76	29	148	187	91	173	161	322	96	1422
1991	35	100	58	95	157	124	212	57	272	122	248	13	1493
Media su 41 anni	**76**	**82**	**93**	**130**	**133**	**146**	**144**	**150**	**144**	**136**	**154**	**95**	**1478**

Fonte: Servizio Meteorologico dell'Aeronautica e ENEL

Tabella 3.6.3.2c Precipitazioni Mensili e Annue nella Stazione di Udine Rivolto (UD) (mm)

Anno	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Totale
1979	197	84	179	132	17	123	153	51	138	206	86	109	1475
1980	57	16	122	43	111	262	121	51	75	219	135	80	1292
1981	6	6	105	39	108	56	100	29	228	118	9	216	1020
1982	24	17	61	6	159	73	58	168	132	208	349	110	1365
1983	3	56	121	96	184	50	24	88	167	93	8	196	1086
1984	89	110	126	132	201	330	97	142	197	184	75	146	1829
1985	110	22	220	83	284	117	63	32	8	40	121	130	1230
1986	41	81	79	115	120	165	57	163	388	72	105	57	1443
1987	70	188	39	95	158	151	107	294	147	62	126	128	1565
1988	220	71	139	186	192	-	45	88	22	78	24	-	1065
1989	0	65	47	225	48	193	124	101	65	112	136	36	1152
1990	44	16	59	301	45	183	78	30	59	203	101	79	1198
1991	24	39	74	65	207	78	165	39	196	68	177	11	1143
Media su 13 anni	**68**	**59**	**105**	**117**	**141**	**148**	**92**	**98**	**140**	**128**	**112**	**108**	**1297**

Fonte: Servizio Meteorologico dell'Aeronautica e ENEL

Tabella 3.6.3.2d Precipitazioni Mensili e Annue nella Stazione di Ronchi dei Legionari (GO) (mm)

Anno	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Totale
1967	39	67	45	89	88	135	41	36	199	147	189	31	1106
1968	33	229	3	51	54	69	68	145	163	25	127	94	1061
1969	78	125	77	44	74	94	34	160	100	29	169	30	1014
1970	144	43	199	160	82	78	79	114	28	34	104	146	1211
1971	127	41	117	100	187	150	42	76	31	20	116	68	1075
1972	86	115	94	176	169	124	82	137	120	80	151	72	1406
1973	72	88	2	141	23	62	100	29	173	128	56	59	933
1974	36	115	40	100	95	143	18	59	142	136	76	10	970
1975	27	1	116	138	147	113	114	175	78	73	111	106	1199
1976	22	96	17	130	56	26	45	134	266	208	119	166	1285
1977	162	116	15	77	56	69	153	159	49	46	73	73	1048
1978	139	88	42	165	175	121	62	89	164	88	41	134	1308
1979	190	65	153	107	10	44	49	159	114	79	125	84	1179
1980	54	13	69	58	53	162	156	100	58	198	189	81	1191
1981	23	18	95	32	122	83	131	51	182	145	16	216	1114
1982	25	17	356	7	105	151	40	67	129	279	207	62	1445
1983	13	79	72	180	103	162	60	102	103	86	46	169	1175
1984	123	65	249	46	97	-	262	70	147	150	75	75	1359
1985	141	-	134	90	-	115	27	27	11	58	130	121	854
1986	62	54	71	105	92	96	49	120	78	43	81	573	1424
1987	70	133	37	82	105	115	57	79	96	349	221	29	1373
1988	143	76	132	60	155	109	69	126	29	53	22	0	974
1989	101	51	79	125	45	99	72	164	54	13	-	-	803
1990	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1991	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Media su 25 anni	**83**	**77**	**96**	**98**	**95**	**105**	**79**	**103**	**109**	**107**	**111**	**109**	**1152**

Fonte: Servizio Meteorologico dell'Aeronautica e ENEL

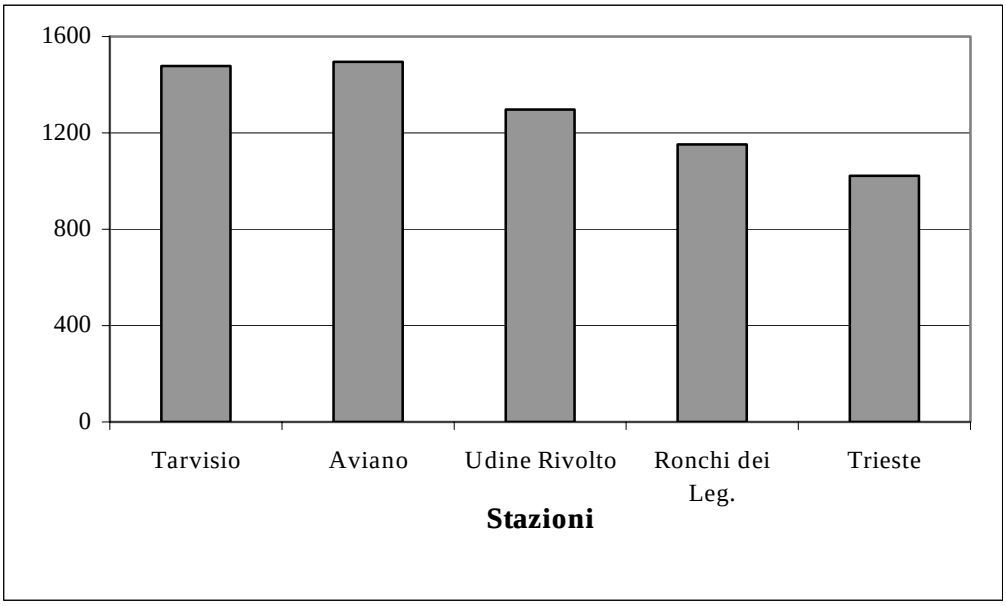
Tabella 3.6.3.2e Precipitazioni Mensili e Annue nella Stazione di Trieste (mm)

Anno	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Totale
1951	125	107	115	46	82	68	71	13	170	22	121	83	1023
1952	101	121	34	44	43	44	100	82	89	197	55	152	1062
1953	25	25	0	46	131	94	52	119	109	82	22	122	827
1954	31	42	75	90	77	42	62	58	123	68	68	58	794
1955	73	118	59	5	110	84	71	49	61	99	25	97	851
1956	66	15	16	135	55	130	72	81	162	155	62	29	978
1957	9	60	17	125	65	73	138	74	41	45	35	37	719
1958	112	80	54	87	8	82	85	47	71	105	76	154	961
1959	75	2	61	109	132	114	60	120	64	51	137	165	1090
1960	47	124	126	11	13	152	136	157	206	196	135	105	1408
1961	111	28	69	122	63	108	139	36	37	153	144	72	1082
1962	94	38	122	137	90	54	86	6	85	52	203	43	1010
1963	98	77	76	56	67	129	94	213	104	56	104	61	1135
1964	1	24	110	89	51	27	68	112	96	199	54	109	940
1965	129	4	77	80	121	121	177	82	274	0	184	126	1375
1966	33	76	54	122	67	92	76	160	48	198	162	62	1150
1967	63	40	45	90	78	97	53	30	112	53	193	58	912
1968	62	201	9	76	78	104	73	154	162	10	132	107	1168
1969	58	131	67	69	88	101	43	164	173	20	193	36	1143
1970	94	58	181	162	77	74	51	177	42	33	127	83	1159
1971	102	40	110	75	110	118	54	83	42	34	133	63	964
1972	76	110	66	91	101	115	40	107	120	40	145	64	1075
1973	72	67	1	104	40	120	39	24	188	53	93	56	857
1974	48	62	31	60	63	177	91	88	142	193	93	53	1101
1975	32	0	163	137	130	175	116	89	114	54	109	118	1237
1976	22	81	41	97	44	63	75	91	125	124	82	184	1029
1977	137	101	30	91	50	37	151	312	49	21	76	70	1125
1978	118	56	62	109	132	45	70	49	93	43	55	152	984
1979	165	85	139	107	14	86	16	82	119	94	149	87	1143
1980	46	20	90	73	51	172	90	101	108	209	224	93	1277
1981	42	25	95	58	118	97	57	22	174	122	29	243	1082
1982	51	12	70	17	158	93	15	78	50	187	88	101	920
1983	23	56	69	48	134	52	24	39	73	68	16	108	710
1984	138	78	46	46	107	109	64	137	135	82	52	90	1084
1985	94	66	95	104	67	75	34	76	12	41	101	67	832
1986	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1987	65	271	22	67	102	172	50	52	73	148	161	36	1219
1988	79	105	90	39	86	-	21	111	34	26	8	0	599
1989	0	47	131	114	41	152	46	154	66	33	89	36	909
1990	11	33	64	69	21	83	101	91	117	164	99	51	904
1991	45	109	25	44	236	144	36	25	25	165	174	18	1046
Media su 41 anni	**69**	**70**	**70**	**81**	**83**	**99**	**72**	**94**	**102**	**92**	**105**	**86**	**1022**

Fonte: Servizio Meteorologico dell'Aeronautica e ENEL

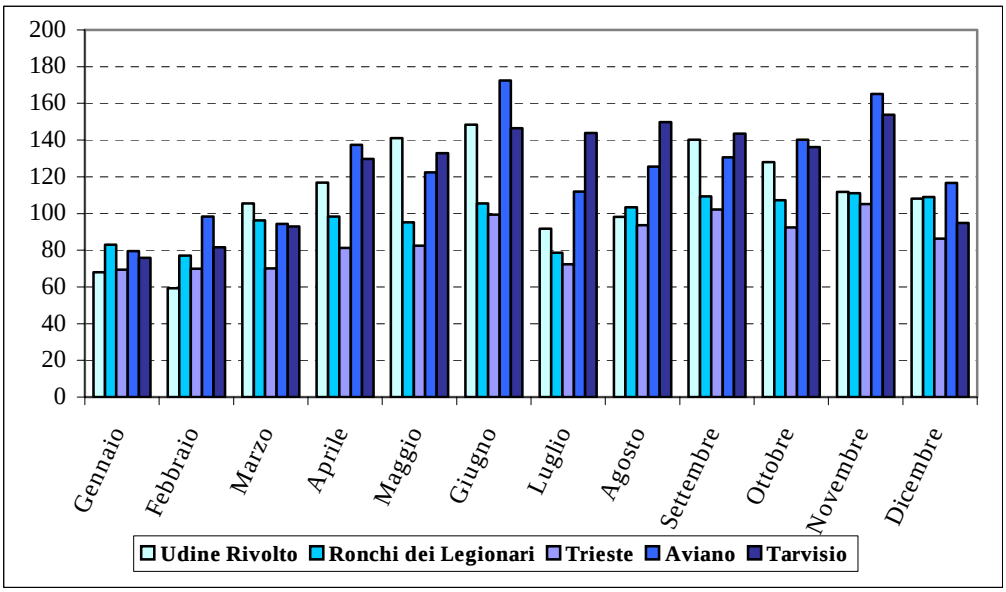
La *Figura 3.6.3.2a* riporta le precipitazioni mediate sull'intero periodo temporale di disponibilità dei dati, ottenute partendo dai valori di precipitazione media annuale, per le stazioni prese in esame.

Figura 3.6.3.2a *Precipitazioni Medie sull'Intero Periodo di Disponibilità dei Dati (Rete Pluviometrica ENEL-Aeronautica Militare) (mm)*



La *Figura 3.6.3.2b* riporta i valori medi delle precipitazioni mensili.

Figura 3.6.3.2b *Valori Medi delle Precipitazioni Mensili (Rete ENEL-Aeronautica Militare) (mm)*



La *Tabella 3.6.3.2f* riporta i valori mensili e annuali delle precipitazioni elaborati a partire dai dati rilevati da una selezione delle stazioni della rete regionale OSMER – ARPA, riferiti al quadriennio 1998 – 2001.

Tabella 3.6.3.2f *Precipitazioni Mensili e Annuali presso alcune delle Stazione della Rete Regionale OSMER (mm)*

Anno	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Totale
Vivaro (PN)													
1998	40,4	1,8	14,4	343,6	85,4	115	151,2	67,4	302,6	293,2	39,2	4,6	1458,8
1999	41	17	141,4	225,2	139,4	98	80,6	154,8	172,4	185	87,4	94,4	1436,6
2000	0,2	8,8	132,4	91,8	158,6	96,2	181,8	78,4	176,2	156,8	405,2	81,4	1567,8
2001	226	19,2	264,4	200,4	69,6	67,8	196,6	66,6	178	88,6	46,4	1,4	1425
Media su 4 anni	**77**	**12**	**138**	**215**	**113**	**94**	**153**	**92**	**207**	**181**	**145**	**45**	**1472**
Pordenone													
1998	42,4	2,8	8,4	311,8	85,8	101,2	75,2	53	282,2	309,4	43,4	8,6	1324,2
1999	52	23,2	120,6	175,2	159,6	100,8	93,2	136,6	63,6	-99	96	98,6	1020,4
2000	2	8,2	107,2	54,2	210	93,4	86,6	57,4	201	123,6	364,4	68,6	1376,6
2001	155,2	22	218,8	129,2	62,8	46	202,2	137,2	180,4	65	50	7,4	1276,2
Media su 4 anni	**63**	**11**	**79**	**180**	**152**	**98**	**85**	**82**	**182**	**111**	**168**	**59**	**1240**
Faedis (UD)													
1998	46,8	1,4	14,2	278,6	98,4	70,4	357,6	137,8	430,8	597,2	64,2	6	2103,4
1999	55,4	30,8	143,6	295,4	127	129,8	127,6	143,2	139,4	142,2	40,6	110	1485
2000	0,8	13,6	178,4	106,8	117,4	101,6	136,6	65,8	112,2	188	501,8	118,6	1641,6
2001	272	15,2	268,2	119	71,4	97,4	202,2	39	253,2	89	42,4	13,4	1482,4
Media su 4 anni	**94**	**15**	**151**	**200**	**104**	**100**	**206**	**96**	**234**	**254**	**162**	**62**	**1678**
Udine S.Osvaldo													
1998	34,6	0,6	4	254	87,2	89,4	169,6	80,4	262	540	45,2	14,4	1581,4
1999	52,8	28,6	108,2	223,2	91,8	168,2	51,4	124,2	139,4	114	69,4	116,4	1287,6
2000	1	7,6	143,6	102,8	107,2	134	143,2	75	155,2	148,4	398,6	104,2	1520,8
2001	237,4	8,8	250,6	124,6	62,6	97,8	164	62,2	249	49,2	48,8	11,4	1366,4
Media su 4 anni	**81**	**11**	**127**	**176**	**87**	**122**	**132**	**85**	**201**	**213**	**141**	**62**	**1439**
Palazzolo dello Stella (UD)													
1998	33	1,4	1,2	192,2	38,2	112,8	157,8	44	203,2	371,2	31,2	17,8	1204
1999	59,8	30	112,6	208,8	86,8	50,4	30	111,2	43,2	79,4	118	116,8	1047
2000	2,2	7,4	82,4	67,8	183,8	91,2	121,6	68,8	120,8	116,6	297,4	83	1243
2001	151,1	13,6	117,8	80,4	130,2	112,8	108,8	15,4	189,6	63,8	63,6	8,8	1055,8
Media su 4 anni	**62**	**13**	**79**	**137**	**110**	**92**	**105**	**60**	**139**	**158**	**128**	**57**	**1137**
Capriva del Friuli (GO)													
1998	38,8	0,2	13,2	285,4	169,2	165,6	249,2	148,8	345,8	390,8	49,6	22	1878,6
1999	62	54,2	87,2	195,8	134,6	102,4	65,4	100	160	130,2	86	150	1327,8
2000	5,6	13,4	152,2	99,6	141,4	79,2	173,6	54,8	119,8	157,6	560,4	146	1703,6
2001	288	16,6	195	133	84,4	86,4	186,6	16,8	311,6	86,6	45,4	21,6	1472
Media su 4 anni	**99**	**21**	**112**	**178**	**132**	**108**	**169**	**80**	**234**	**191**	**185**	**85**	**1596**
Fossalon (GO)													
1998	25,8	0,2	5,8	166,4	67,2	102,6	90	18,2	191,4	332,2	43,4	51,8	1095
1999	37,2	29	60,2	119	67,8	111,2	29	41	64,8	103,4	99,6	73,2	835,4
2000	1	12,8	84,2	64	96,8	31,6	88	26,6	122,2	138	318,2	121,4	1104,8
Media su 3 anni	**21**	**14**	**50**	**116**	**77**	**82**	**69**	**29**	**126**	**191**	**154**	**82**	**1012**
Trieste													
1998	12	0,6	5,8	159,6	37	58,4	61	55,6	96	233,4	71	16,8	807,2
1999	30,8	33,2	39,2	140	54,2	57,8	14,4	29,8	80	66,8	70	84,2	700,4
2000	0	12	65,8	43,2	64,4	44	146,2	24,6	88	138,8	278,4	84,8	990,2
2001	133,6	13,6	111,8		57,6	83,2	29	8	197	49,4	40	19,4	795,6
Media su 4 anni	**44**	**15**	**56**	**99**	**53**	**61**	**63**	**30**	**115**	**122**	**115**	**51**	**823**

Fonte: OSMER - ARPA FVG

I valori di precipitazioni medie mensili ed annuali riportati in Tabella, ricavati con dati più recenti anche se relativi ad un intervallo di tempo decisamente breve (1998-2001), confermano sostanzialmente quanto sopra esposto sulla base dei dati presentati nelle Tabelle precedenti.

Riferimenti per la Valutazione

I principali riferimenti sono:

- AA.VV, *Annali Ideologici*, Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale, IPS, Roma dal 1961 al 1994;
- Carniel R., Ceschia M., Micheletti S., *Short analysis of rainfall trends in Friuli-Venezia Giulia from 1951 to 1986*, Il Nuovo Cimento C, vol. 13, n° 5, set-ott 1990, 885-888;
- Ceschia M., Micheletti St., Carniel R., *Rainfall over Friuli Venezia Giulia: High Amounts and Strong Geographical Gradients.* 1991, Theor. Appl. Climatol. 43,175-180;
- Cicogna A., Salvador M., Micheletti S., *Heavy rainfall in Friuli - Venezia Giulia : new data for a climatic extreme ?*, MAP Newsletter, n° 4, 1996, 2-6;
- Cicogna A., Salvador M., Micheletti S., *Piogge intense da primato europeo*, AER, n° 12/96, 1996, 14-15;
- Cicogna A., Micheletti S., Nordio S., Salvador M., *Precipitation in the Friulian Alpine Foreland: a new outlook for old records?*, ICAM 1998, Torino, 14-19 settembre 1998;
- Cicogna A., Nordio S., Micheletti S., *Diurnal course of Rainfall in the Plain of Friuli-Venezia Giulia: Evaluation of Hourly Measurements*, Theoretical and Applied Climatology, n° 65, 2000, 175-180;
- Giaiotti D., Micheletti S., Stefanuto L., *A first analysis of snow climatology in the Friulian Alps: a compendium of nordic and mediterranean characteristics?*, ICAM 1998, Torino, 14-19 settembre 1998;
- Gentilli J, *Il Friuli, i climi*, 1964, Camera di Commercio Industria ed Artigianato di Udine;
- Giaiotti D. e F. Stel, *A comparison between subjective and objective thunderstorm forecasts* , 2001, Atmos. Res., 56, 111-126;
- Giaiotti D., E. Gianesini, F. Stel, *Heuristic considerations pertaining to hailstone size distributions in the plain of Friuli* , 2001, Atmos. Res., 56, 111-126;
- Giaiotti D., Manzato A., Micheletti S., Nordio S. e Stel F., *The climatology of Hail in the Plain of Friuli Venezia Giulia* , 2001, IAMAS 2001, section 5.1 Clouds and Precipitation;
- Manzato A., *Nuova versione del programma Sound Analysis e la statistica di tutti gli indici calcolati*, 2001, Rapporto interno OSMER ARPA FVG;
- Morgan G., *La grandine*, 1990, pp. 150, Pubblicazione ERSA;
- Morgan G., *Temporali, fisica delle nubi, manifestazioni grandinigene e loro prevenzione. Studi relativi alla regione Friuli Venezia Giulia*, 1991, pp. 130, Pubblicazione ERSA;
- Polli S., *Il clima della Regione*, 1971, Enciclopedia Monografica del Friuli Venezia Giulia, Vol. 1 Il Paese, pp. 443-488;
- Polli S., *Valori Normali del Clima di Trieste*, 1970, Istituto Tecnico Talassografico, Trieste;
- Stefanuto L., Micheletti S., Nordio S., *Neveadis in Friûl*, Neve e Valanghe, n° 37, 1999, 6-17;

- Thierry R.L. *Les pluies dans le Frioul. Les situations à l'origine de leur abondance. Une approche par l'image satellite*. 1990. p.53 - Thèse pour le Doctorat Université de Rennes2;
- Villi V., Caleffa G., Gatto G., Mori G., *Distribuzione spazio temporale delle piogge intense nel Triveneto- cartografia* - 1986. Quaderno di Ricerca n° 7 - C.N.R and Regione Veneto.

Valutazione della Qualità del Dato

La qualità dei dati pluviometrici è buona. Gli errori di misura dei quantitativi di precipitazione rilevati dalla rete di stazioni sinottiche dell'OSMER ARPA sono congruenti con le disposizioni previste dall'Organizzazione Meteorologica Mondiale in materia di stazioni meteorologiche automatiche.

3.6.3.3 Scheda dell'Indicatore 6-3: Irraggiamento Solare

Codice Indicatore	*6-3*
Tematica	*Aria*
Sotto tematica	*Sintesi meteo-climatica della regione Friuli Venezia Giulia*
Indicatore	*Irraggiamento Solare*
Tipo	*Stato*
Obiettivo	*Valutare le caratteristiche climatiche dell'irraggiamento solare sulle diverse zone del territorio regionale.*
Riferimenti	*Rapporti interni dell'Osservatorio Meteorologico Regionale dell'ARPA*
Dati necessari	*Dati di flusso solare globale al suolo*
Fonte	*Rete di Rilevamento Regionale OSMER (ex ERSA), Osservatorio Meteorologico Regionale dell'ARPA Friuli Venezia Giulia*
Disponibilità	**Ambito Spaziale**: *regionale* **Aggiornamento**: *annuale* **Periodo**: *1991 – 2001*

Descrizione, Calcolo e Valutazione

La radiazione solare è un parametro meteorologico peculiare, per cui merita una particolare introduzione teorica.
La radiazione solare ha il massimo d'intensità intorno a 0.474 μm (visibile), mentre la sua energia è praticamente quella corrispondente alle onde fra vicino ultravioletto e vicino infrarosso: oltre il 95% tra 0.3 e 2.5 μm e per la maggior parte nel visibile, tra 0.4 e 0.7 μm.
L'intensità della radiazione solare a 150 milioni di chilometri dal Sole (pari alla distanza media della terra dallo stesso) è di circa 1370 W / m²; tale valore viene indicato come "costante solare" e rappresenta l'intensità della radiazione solare che raggiunge il pianeta Terra al di fuori dell'atmosfera (che invece attenua l'intensità della radiazione che giunge al suolo). L'asse terrestre è inclinato di 23° ½ rispetto al piano dell'orbita; questo fatto determina le stagioni e una variazione notevole dell'intensità della radiazione che colpisce nei diversi periodi dell'anno una data località, specie se lontano dall'Equatore. Ad esempio, in Friuli Venezia Giulia, utilizzando una latitudine media di 46° N, la radiazione solare incide a mezzogiorno del solstizio d'inverno con un angolo di circa 20°, mentre a mezzogiorno nel solstizio d'estate con un angolo di 67°. In inverno, inoltre, si hanno solo 7 / 8 ore di luce contro le 15 / 16 dell'estate; ciò fa sì che l'energia totale che ci raggiunge al solstizio d'estate possa essere circa 5 volte superiore a quella dell'inizio inverno (ovviamente con cielo sereno).

L'atmosfera attenua la radiazione solare a causa delle molecole che la compongono, che riflettono, assorbono e diffondono la radiazione; anche piccole particelle di polveri in sospensione e gli aerosol limitano la radiazione (ad esempio le polveri emesse dai vulcani). In particolar modo il vapore acqueo e le goccioline sospese possono attenuare fortemente la radiazione solare, quindi le nubi sono un ostacolo notevole per la radiazione solare. La parte più densa e ricca di polveri e vapore acqueo dell'atmosfera è costituita dai 15 km più vicini alla superficie terrestre (grossomodo la Troposfera). Va ricordato, tuttavia, che in passato varie eruzioni vulcaniche hanno portato consistenti quantità di polveri, gas e aerosol nella Stratosfera, fino ad un'altezza di quasi 50 km dal suolo (famosa a proposito l'eruzione del vulcano Krakatoa in Indonesia del 1883 e ancor di più quella di Tambora del 1815 che

determinò il noto "anno senza estate" del 1816, con vari riferimenti storici alla sconfitta di Napoleone a Waterloo del 1815). Quest'ultima eruzione è ricordata come la peggiore degli ultimi 1.000 anni ed ha provocato gravi carestie, anche in Europa, per la marcata diminuzione della temperatura.
In realtà, come sopra ricordato, la presenza dello strato atmosferico determina una sostanziale diminuzione della radiazione che raggiunge il suolo (al livello del mare), anche in assenza di nubi e di vapore acqueo. Tale diminuzione è tanto più marcata quanto più inclinato è il raggio incidente rispetto alla superficie terrestre, dovendo, il raggio stesso, percorrere un percorso più lungo nell'atmosfera che ne attenua l'intensità.

La *Tabella 3.6.3.3a* riporta la radiazione solare massima al livello del mare per una latitudine di 46° N.

Tabella 3.6.3.3a *Radiazione Solare Massima (Livello Mare, 46° N)*

Periodo dell'anno	Alt. sole	Potenza [W/m²]	Energia [kJ/ m² ora]	Tot. giorn. [kJ/ m²]
Solstizio d'inverno	20.5°	400	1.400	7.500
Solstizio d'estate	67.5°	1.080	3.800	33.000
Equinozi	44.0°	800	2.800	22.000

I flussi di radiazione di maggior interesse meteorologico sono:

- radiazione globale;
- radiazione diffusa;
- radiazione diretta;
- radiazione riflessa;
- radiazione netta.

La *radiazione globale* viene definita come la somma della radiazione misurata a terra su un piano orizzontale proveniente direttamente dal Sole e quella diffusa dal cielo (atmosfera). I rapporti tra le due componenti sono in relazione alle condizioni atmosferiche. Lo spettro di lunghezze d'onda interessato è compreso tra 0.3 e 3 μm. La maggior parte degli strumenti impiegati per la misura della radiazione solare misura questo parametro. La radiazione globale deve essere sempre inferiore a quella massima teorica calcolata al di fuori dell'atmosfera ma può essere, al limite, uguale ai valori massimi teorici calcolati tenendo conto dell'atmosfera.

La *radiazione diffusa* è la componente, misurata su un piano orizzontale, della radiazione solare che arriva a terra non direttamente dal Sole ma per effetto dell'atmosfera (gas, nubi, ecc.); lo spettro di lunghezze d'onda interessato è compreso tra 0.3 e 3 μm. Lo strumento impiegato per la misura è un solarimetro con un dispositivo che mantiene in "ombra" l'elemento sensibile rispetto alla luce proveniente direttamente dal Sole.

La *radiazione diretta* è la radiazione proveniente solo direttamente dal Sole tra 0.3 e 3 μm. Lo strumento (il "pireliometro") misura solo ciò che arriva dal disco del Sole.

La *radiazione riflessa* è la radiazione solare riflessa da una superficie entro la banda 0.3 - 3 μm. Il rapporto tra la radiazione riflessa e la radiazione globale dà l'albedo. Lo strumento di misura viene posto orizzontale ma rivolto verso il basso.

La *radiazione netta* è la differenza tra la radiazione proveniente dal cielo e quella in arrivo dalla superficie in esame nella banda 0.3 – 60 μm. Lo strumento per la misura è costituito da due radiometri: uno rivolto verso l'alto e uno verso il basso.

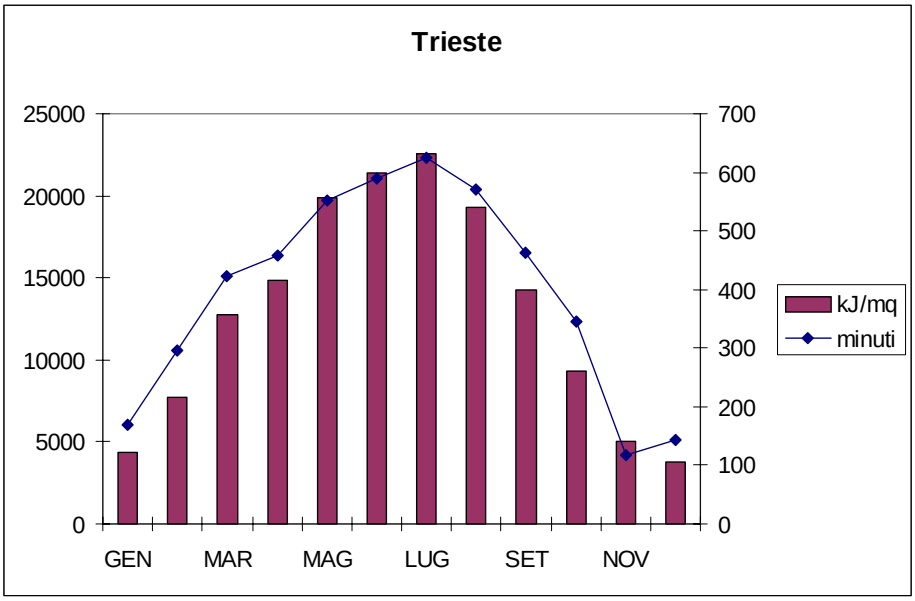
L'OSMER ARPA FVG dispone di oltre 25 stazioni meteorologiche con caratteristiche sinottiche che misurano anche l'intensità della radiazione solare globale (misurata in kJ/m^2) e il tempo di insolazione (misurato in minuti). I dati hanno dettaglio orario e giornaliero, inoltre, alla fine di ogni mese e di ogni anno, vengono calcolati i valori medi mensili ricavati per ogni stazione a partire dai dati giornalieri. Va sottolineato come per le stazioni di costa, pianura e fascia pedemontana siano disponibili circa 10 anni di dati (per una quindicina di stazioni) mentre per l'area montana i dati sono disponibili solo da pochi anni e per un numero limitato di stazioni, sebbene proprio in questi ultimi anni sia stato fatto uno sforzo atto proprio a completare la rete con la copertura dapprima della zona alpina e poi di quella prealpina. Per quanto riguarda le misure effettuate sulla zona montana, vanno evidenziati i problemi che si hanno nell'acquisire dati di buona qualità, date le particolari condizioni climatiche cui sono sottoposti gli strumenti. A tal fine l'OSMER ha già effettuato prove sperimentali volte alle risoluzione e/o riduzione dei problemi e intende applicarle, operativamente, in un prossimo futuro, compatibilmente con la disponibilità dei mezzi a disposizione.

Le *Figure 3.6.3.3a ÷ 3.6.3.3d* riportano i dati medi mensili di intensità di radiazione e tempo di insolazione registrati nelle 10 stazioni scelte tra quelle dell'OSMER, rispettivamente per:

a. la zona di costa e bassa pianura: stazioni di Trieste e Palazzolo dello Stella;
b. la pianura (Pordenonese, Udinese e Isontino): stazioni di Brugnera, Udine e Capriva;
c. la fascia pedemontana: stazioni di Vivaro e Faedis;
d. la fascia alpina: stazioni di Enemonzo, Monte Zoncolan (Carnia) e Monte Lussari (Tarvisiano).

Le medie mensili sono costituite da circa 10 anni di dati per le stazioni di pianura e costa, mentre per quanto riguarda quelle montane si dispone di un minore numero di anni di dati. Come si può notare, non sono stati analizzati dati rilevati in stazioni della fascia prealpina, poiché tali stazioni sono state installate recentemente o lo saranno a breve. I dati di intensità di radiazione solare sono espressi come media mensile dei valori giornalieri, in kJ/m^2. I dati di durata del soleggiamento sono espressi in minuti, considerando una soglia di potenza di 180 W/m^2 come discriminante per la presenza o meno del sole. La *Tabella 3.6.3.3b* riporta i valori rilevati nelle 10 stazioni e rappresentati nelle *Figure 3.6.3.3a ÷ 3.6.3.3d*.

Figura 3.6.3.3a *Dati Medi Mensili di Intensità di Radiazione e Tempo di Insolazione Caratteristici della Zona di Costa e Bassa Pianura*



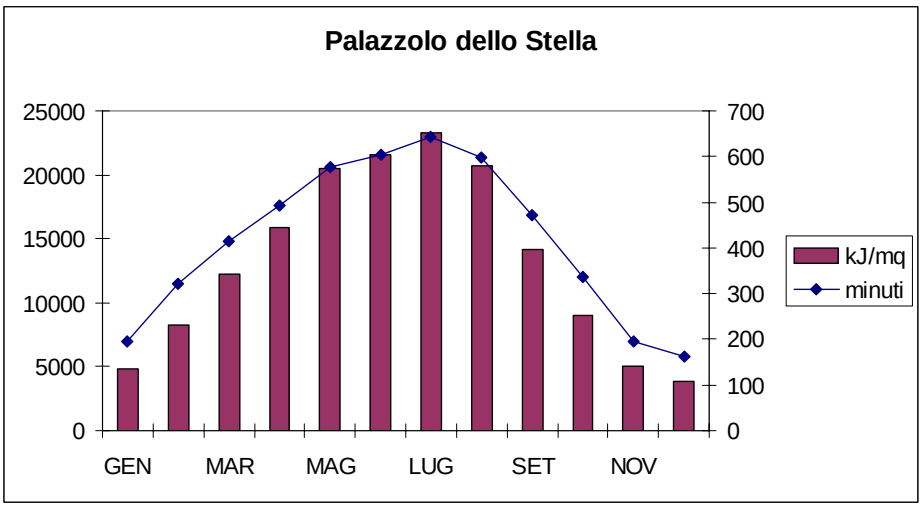
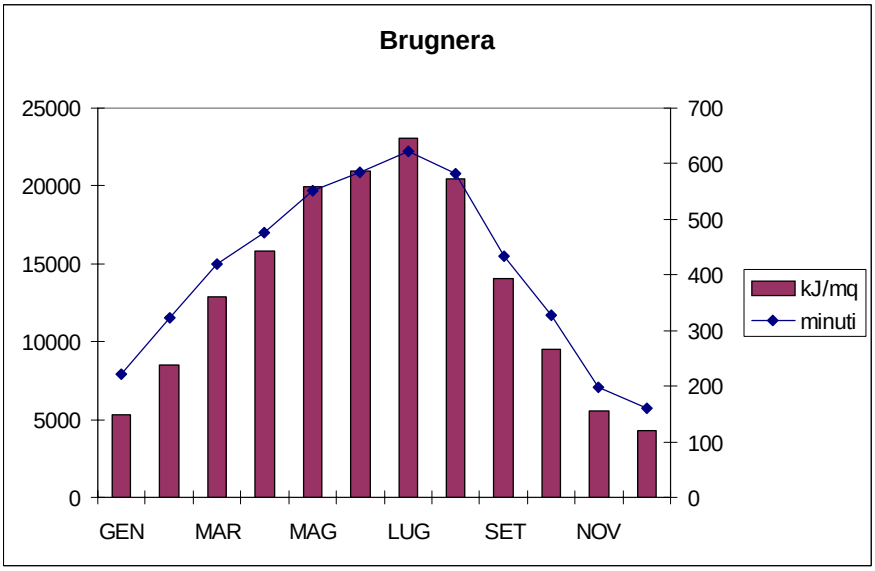
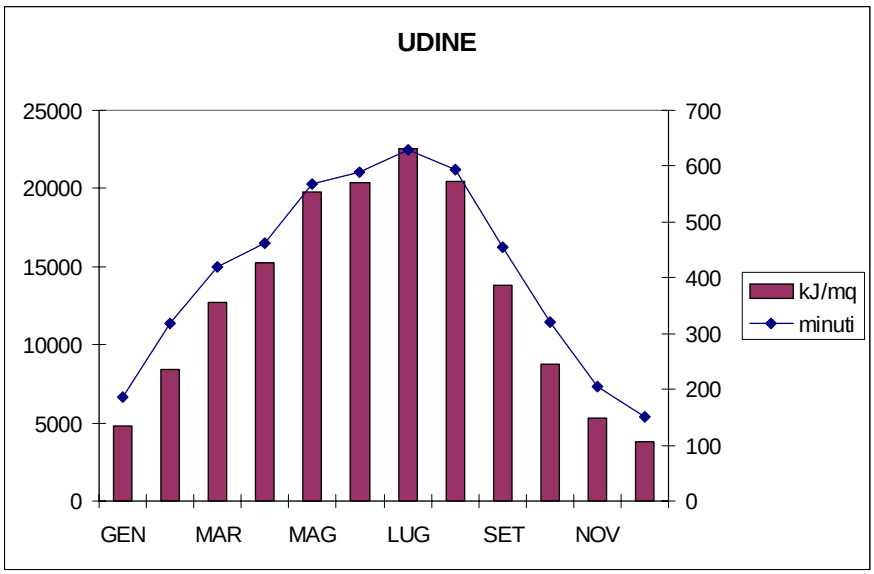


Figura 3.6.3.3b *Dati Medi Mensili di Intensità di Radiazione e Tempo di Insolazione Caratteristici della Pianura*





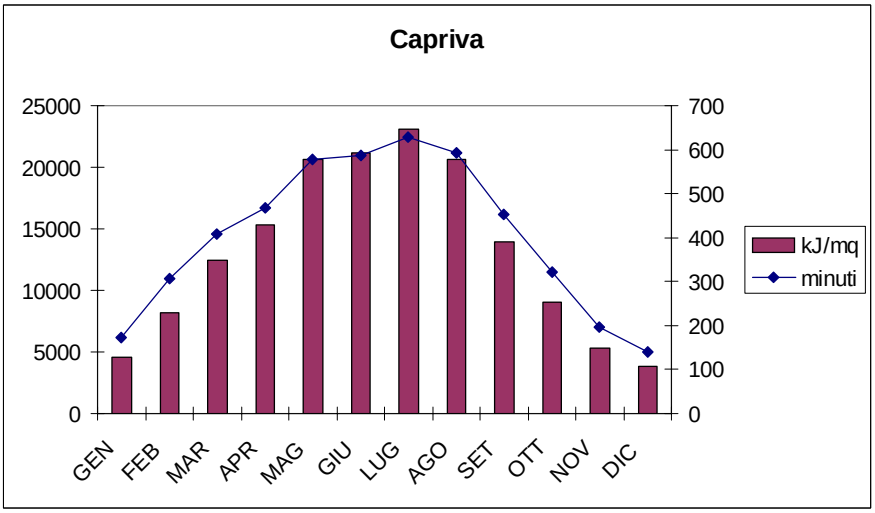
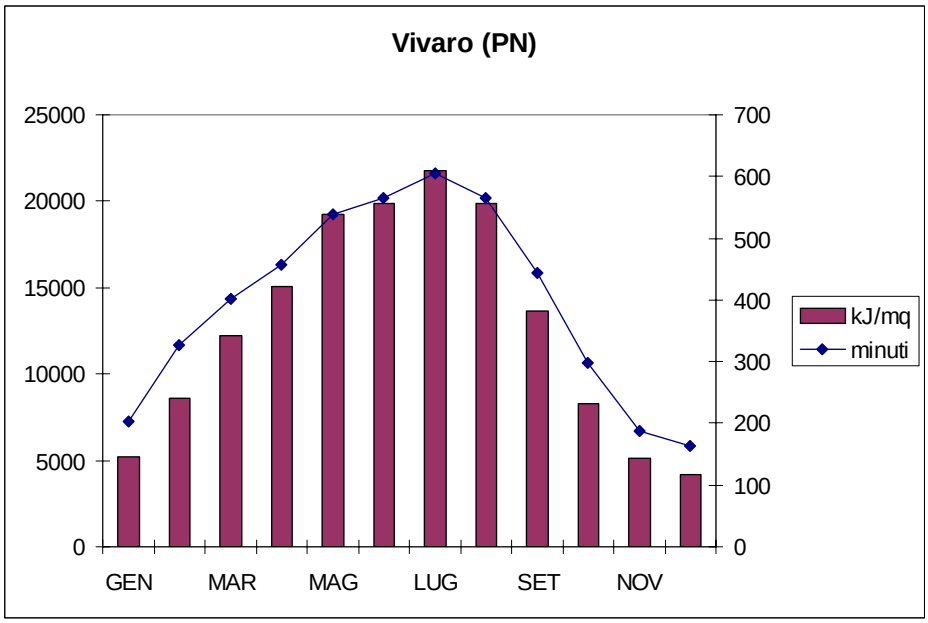


Figura 3.6.3.3c *Dati Medi Mensili di Intensità di Radiazione e Tempo di Insolazione Caratteristici della Fascia Pedemontana*



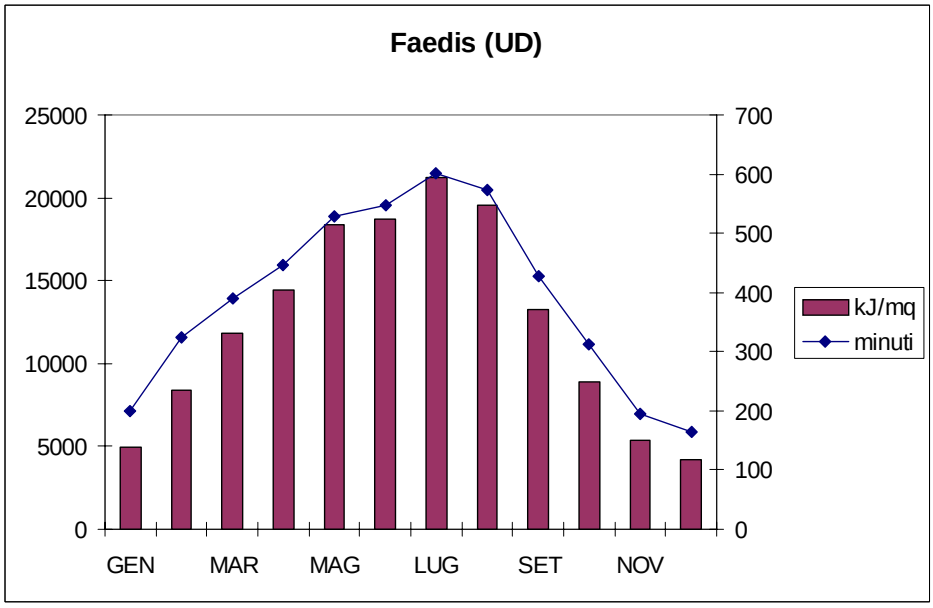
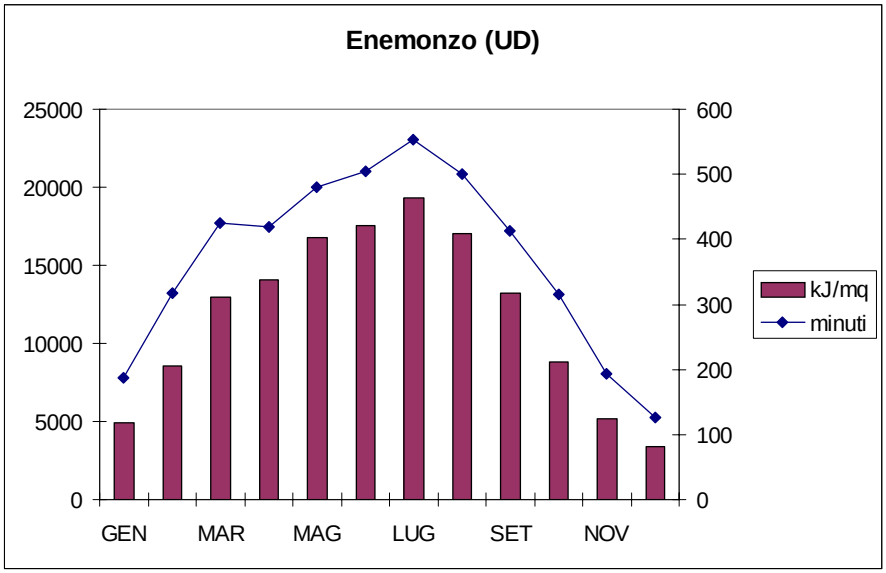
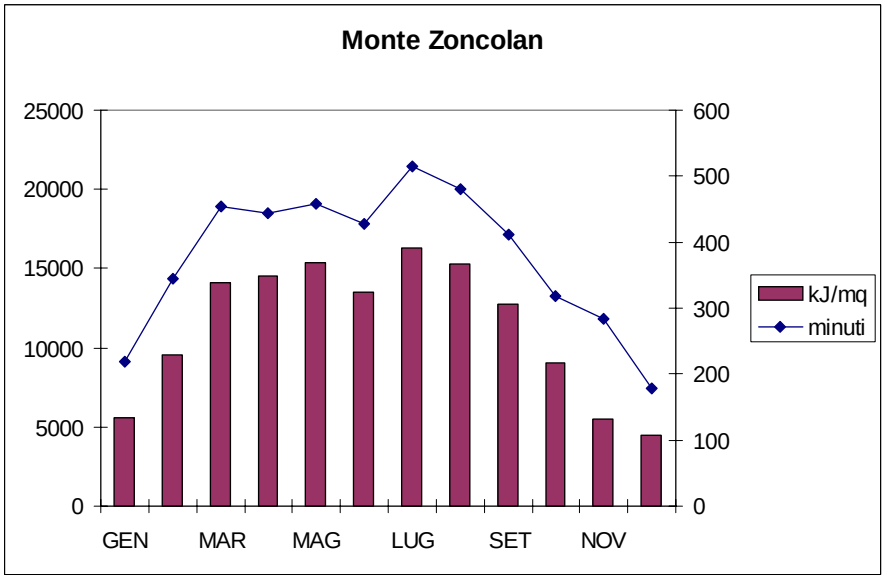


Figura 3.6.3.3d *Dati Medi Mensili di Intensità di Radiazione e Tempo di Insolazione Caratteristici della Fascia Alpina*





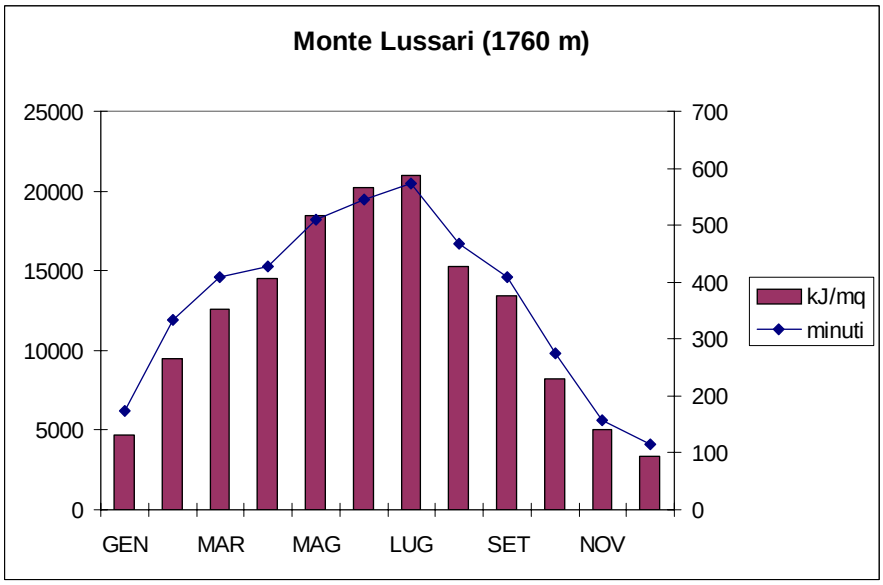


Tabella 3.6.3.3b *Dati Medi Mensili di Intensità di Radiazione (kJ/m²) e Tempo di Insolazione (minuti)*

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Anno
Stazione di Trieste													
Int. Rad.	4389	7743	12723	14879	19851	21391	22590	19263	14274	9320	5071	3787	12940
Tempo	170	297	422	457	553	590	626	570	462	346	118	143	281
Stazione di Palazzolo delo Stella													
Int. Rad.	4797	8222	12281	15830	20481	21595	23328	20726	14143	9012	5037	3890	13278
Tempo	194	322	414	492	577	605	642	597	471	336	196	161	417
Stazione di Brugnera (PN)													
Int. Rad.	5305	8495	12884	15827	19914	20975	23048	20413	14039	9519	5542	4313	13387
Tempo	222	323	421	476	551	585	623	583	434	328	199	159	388
Stazione di Udine													
Int. Rad.	4769	8427	12671	15226	19764	20396	22540	20424	13802	8732	5261	3808	13000
Tempo	186	318	419	463	567	590	630	593	456	320	205	150	408
Stazione di Capriva del Friuli (GO)													
Int. Rad.	4597	8162	12437	15360	20626	21118	23123	20633	13900	8991	5341	3871	13180
Tempo	172	307	409	468	579	588	628	592	453	323	197	141	405
Stazione di Vivaro (PN)													
Int. Rad.	5199	8626	12254	15076	19281	19901	21777	19888	13660	8263	5115	4186	12716
Tempo	203	326	401	457	538	566	605	566	443	299	188	164	394
Stazione di Faedis (UD)													
Int. Rad.	4912	8385	11818	14390	18360	18705	21251	19535	13214	8852	5339	4204	12414
Tempo	199	323	389	446	529	547	602	573	428	313	196	165	393
Stazione di Enemonzo (UD													
Int. Rad.	4910	8558	12995	14061	16788	17567	19340	17019	13221	8847	5185	3376	11822
Tempo	188	318	426	420	481	505	553	501	413	316	193	127	370
Stazione di Monte Zoncolan (1.750 m slm) - Ravascletto (UD)													
Int. Rad.	5593	9579	14110	14513	15380	13518	16293	15288	12769	9034	5518	4506	11500
Tempo	219	345	454	444	459	427	515	481	411	319	284	178	380
Stazione di Monte Lussari (1.760 m slm) - Tarvisio (UD)													
Int. Rad.	4691	9476	12589	14479	18435	20219	20939	15278	13439	8233	5008	3322	12000
Tempo	173	335	408	427	509	546	573	467	409	274	157	114	365

Dall'analisi delle Figure sopra riportate risulta evidente l'andamento stagionale comune alle diverse stazioni: la radiazione solare è molto eterogenea e va da meno di 5.000 kJ/m² medi giornalieri del mese di dicembre (con circa 150 minuti d'insolazione) a oltre 20.000 kJ/m² del mese di luglio (con oltre 10 ore, di media giornaliera, di tempo soleggiato). Si può notare anche la leggera flessione che si ha a giugno, mese che teoricamente dovrebbe dare il massimo di radiazione, ma che di fatto risulta spesso, in Friuli Venezia Giulia, molto piovoso e quindi con molte nubi. Il massimo di radiazione media mensile si ha quindi a luglio quando il sole è ancora prossimo alla massima elevazione e il tempo è più stabile per la frequente presenza dell'anticiclone estivo.

Per quanto riguarda le varie zone della regione, è ben evidente la maggior insolazione della pianura e della costa rispetto alle zone pedemontana e alpina; tale situazione conferma la teoria climatologica secondo la quale il periodo estivo in regione è caratterizzato da frequenti piogge e annuvolamenti, specie pomeridiani, sui monti o a ridosso degli stessi e, per contro, da cielo prevalentemente sereno man mano che si scende verso il mare.

Riferimenti per la Valutazione

I principali riferimenti per la valutazione sono i rapporti interni dell'Osservatorio Meteorologico Regionale dell'ARPA.

Valutazione della Qualità del Dato

La taratura e lo stato di manutenzione dei solarimetri sono gli elementi fondamentali per la buona qualità dei dati di irraggiamento solare. I solarimetri dell'OSMER ARPA rispettano i piani di taratura e manutenzione ordinaria che l'Osservatorio si è prefissato per produrre dati di buona qualità.

3.6.3.4 Scheda dell'Indicatore 6-4: Direzione e Intensità dei Venti

Codice Indicatore	*6-4*
Tematica	*Aria*
Sotto tematica	*Sintesi meteo-climatica della regione Friuli Venezia Giulia*
Indicatore	*Direzione e intensità dei Venti*
Tipo	*Stato*
Obiettivo	*Valutare il regime prevalente dei venti sulla nostra regione*
Riferimenti	Bibliografia citata nei *Riferimenti per la valutazione*
Dati necessari	*Direzione, Intensità e Prevalenza dei Venti*
Fonte	*Rete di Rilevamento Regionale OSMER (ex ERSA), Osservatorio Meteorologico Regionale dell'ARPA Friuli Venezia Giulia*
Disponibilità	**Ambito Spaziale**: *regionale* **Aggiornamento**: *annuale* **Periodo**: *1991 – 2001*

Descrizione, Calcolo e Valutazione

In Friuli Venezia Giulia il regime dei venti al suolo è determinato dalla conformazione del territorio. La catena alpina che dalle Carniche prosegue verso est con le Giulie, degradando poi verso sud est con i rilievi del Carso, rende predominanti i venti provenienti dal quadrante orientale sulla pianura e lungo la costa. Nella zona alpina e prealpina i venti predominanti dipendono da caratteristiche molto locali del territorio, quali l'orientazione delle valli, la loro profondità e larghezza oltre che l'esposizione all'irraggiamento solare. Quindi, ogni sito montano possiede le proprie caratteristiche di circolazione dell'aria, le quali possono differire sostanzialmente da quelle di zone geograficamente molto vicine. Il regime delle brezze è il secondo elemento caratterizzante i venti regionali, su tutto il territorio.

Per quanto riguarda l'intensità dei venti, esiste una notevole differenza tra i regimi di brezza e i venti determinati da forzanti sinottiche. Per i primi le intensità medie variano da luogo a luogo, ad ogni modo lungo la zona costiera e allo sbocco delle principali valli sulla pianura si registrano i valori medi più elevati. Per quanto riguarda la zona costiera, durante il periodo estivo, le intensità medie del vento sono comprese tra 2 e 3 m/s, mentre per le brezze misurate alle sbocco delle valli del Tagliamento, del Natisone e del Cellina i valori medi sono compresi tra 2 e 4 m/s. Nelle zone centrali della pianura friulana il regime di brezza assume valori medi compresi tra 1 e 2 m/s. Tali intensità medie rappresentano un'estrema sintesi del fenomeno, in quanto le brezze seguono un ciclo, sostanzialmente diurno, che alterna periodi di calma a periodi di elevata intensità del vento, che non di rado raggiunge valori compresi tra 5 e 8 m/s, specie lungo la costa e allo sbocco della valle del Tagliamento, in questo ultimo caso durante alcuni significativi episodi notturni. I venti sinottici sono prevalentemente presenti nel periodo autunnale ed invernale ed hanno valori medi superiori, anche di alcuni metri al secondo, rispetto a quelli delle brezze. Per la zona della costa la Bora è il vento predominante. Questo vento ha un caratteristico comportamento a raffiche, quindi una descrizione media del fenomeno sarebbe riduttiva. Episodi di Bora con intensità del vento medio orario superiore a 10 m/s per oltre 5 ore consecutive non sono per niente rari; le raffiche superano largamente i 30 m/s e sono stati registrati valori superiori ai 40 m/s negli ultimi 30 anni nella zona

costiera di Trieste. In pianura il vento di natura sinottica presenta una maggior costanza, salvo nelle zone orientali della regione dove la connotazione è a raffiche, anche se meno marcata di quella costiera. In pianura valori medi compresi tra 3 e 5 m/s possono considerarsi descrittivi della circolazione sinottica, tenendo presente però che le irruzioni di vento da nord est sovente si manifestano con intensità medie orarie attorno ai 10 m/s per alcune ore.

Per quanto riguarda la direzione prevalente dei venti nelle diverse zone della regione, ricordiamo che le brezze lungo la costa hanno provenienza SO durante il giorno e N o NE durante la notte; fa eccezione la zona costiera triestina in cui la direzione di provenienza diurna varia da O a NO, mentre quella notturna è sostanzialmente orientale con leggere variazioni da località a località. Le brezze della pianura sono caratterizzate da direzioni meridionali durante il giorno e settentrionali durante la notte, mentre per la fascia dell'alta pianura le direzioni sono guidate dallo sbocco della principale valle limitrofa. I venti sinottici hanno provenienza prevalente nord orientale, ma non mancano ogni anno alcuni episodi di scirocco o tramontana.

Riferimenti per la Valutazione

I principali riferimenti sono:

- Ceschia M, Micheletti S. and Carniel R., *A preliminary study of the wind in Friuli: an indication of sea-plain-mountain breeze*, 1991, Wetter und Leben, 43, 99-113;
- Gentilli J, *Il Friuli, i climi*, 1964, Camera di Commercio Industria ed Artigianato di Udine;
- Giaiotti D., Manzato A., Micheletti S., Nordio S. e Stel F., *The katabatic flows in the Julian Alps as a local magnification factor in the thermal anomalies of Autumn-Winter 2000-2001* , 2001, MAP newsletter, 15, 214;
- Polli S., *Il clima della Regione*, 1971, Enciclopedia Monografica del Friuli Venezia Giulia, Vol. 1 Il Paese, pp. 443-488;
- Polli S., *Valori medi ed estremi del Clima di Trieste*, 1950, Istituto Tecnico Talassografico, Trieste;
- Polli S., *Valori Normali del Clima di Trieste*, 1970, Istituto Tecnico Talassografico, Trieste;
- Stravisi F., *La Bora a Trieste*, 2001, 23-35, Pubblicazione UMFVG.

Valutazione della Qualità del Dato

Il campo dei venti al suolo del Friuli Venezia Giulia presenta alcune peculiarità locali che solo attraverso misure specifiche *in situ* possono essere evidenziate. L'analisi dei valori medi è sufficiente solo a dare un quadro generale del sistema, che però spesso si discosta grandemente dalle realtà locali.

3.6.3.5 Scheda dell'Indicatore 6-5: Stima delle Emissioni di Inquinanti in Atmosfera per Sorgente di Emissione

Codice Indicatore	*6-5*
Tematica	*Aria*
Sottotematica	*Qualità dell'aria*
Indicatore	*Stima delle emissioni di inquinanti in atmosfera per sorgente di emissione*
Tipo	*Pressione*
Obiettivo	*Individuare la classe di attività (riscaldamento, industrie, traffico veicolare, etc.) che maggiormente influisce sulla qualità dell'aria*
Riferimenti	*European Environmental Agency, 1995, Review of Corinair90 – Proposals for air emissions 1994* *European Environmental Agency, 1999, Environment in the European Union at the Turn of Century* *European Environmental Agency, EMEP/Corinair, 1996, Atmospheric Emissions Inventory Guidebook* *European Environmental Agency, 1997, Air Pollution in Europe, Environmental monograph n.4* *European Environmental Agency, 1999, Towards a Transport and Environment Reporting Mechanism (TERM) for the EU – Technical Report n. 18* *ANPA, 1999, Emissioni in Atmosfera e qualità dell'aria in Italia, Serie stato dell'ambiente n. 6/1999* *ENEL, 1996, Il controllo della qualità dell'aria nelle zone circostanti le centrali termoelettriche* *ISTAT, 1998, Le stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria, Collana Informazioni n.79* *ISTAT, Statistiche Ambientali, Ambiente e Territorio, Annuario 2000* *Convention on Long Range Transboundary Air Pollution – CLRTAP, 1979* *Deliberazione di Goteborg, Dicembre 1999* *Direttiva 441/91, recepita con Decreto Interministeriale del 28 dicembre 1991* *Direttiva 542/9, recepita con Decreto Interministeriale del 23 marzo 1992* *Direttiva 55/92, recepita con Decreto Legge n.285 del 30 aprile 1992* *Decreto del Ministro dell'Ambiente del 12 luglio 1990*
Dati necessari	*Emissioni annue di NO_X, CO, SO_x, PSF (particelle sospese fini), COV, metalli pesanti, NH_3*
Fonte	*Regione FVG, Direzione Regionale dell'Ambiente, Studio finalizzato all'acquisizione di elementi conoscitivi per la predisposizione del Piano Regionale di risanamento e tutela della qualità dell'aria* *Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente del Friuli Venezia Giulia* *Università degli Studi di Udine, Dipartimento di Scienze Economiche* *CATAS Spa*
Disponibilità	**Ambito Spaziale**: *provinciale* **Aggiornamento**: *variabile* **Periodo**: *1997 - 2001*

Descrizione, Calcolo e Valutazione

L'obiettivo degli indicatori di pressione è individuare la classe di attività (riscaldamento, traffico, industrie, ecc.) che maggiormente influisce sulla qualità dell'aria nella Regione Friuli Venezia Giulia.
L'influenza che una attività esercita sulla qualità dell'aria di una certa zona è, chiaramente, strettamente correlata ai quantitativi di inquinante emessi in assoluto.
Ma la concentrazione di inquinanti in aria dipende anche da numerosi altri fattori, ugualmente importanti, primo fra tutti la meteorologia, che rappresenta l'elemento fondamentale nel determinare, a parità di emissione, la dispersione degli inquinanti in atmosfera. Un ruolo non secondario va, inoltre,

attribuito ai fattori fisico-geometrici delle sorgenti, quali la quota di emissione e la temperatura degli effluenti, che influenzano la distanza di ricaduta e la conseguente diluizione. Le emissioni da traffico stradale, che avvengono a livello suolo, incidono appunto pesantemente sui livelli di inquinamento atmosferico nelle aree urbane.
La determinazione dei quantitativi di inquinanti emessi per fonte è indispensabile per individuare le politiche di risanamento della qualità dell'aria più adeguate.
Nelle *Tabelle 3.6.3.5a ÷ 3.6.3.5e* sono riportate, per l'anno 1997, le stime delle emissioni totali di inquinanti per macrosettore relative sia alla regione Friuli Venezia Giulia nel suo complesso che disaggregate per singola provincia.
Nella *Tabella 3.6.3.5f* sono riportate, per l'anno 1997, le stime delle emissioni totali di metalli pesanti per macrosettore relative alla regione Friuli Venezia Giulia nel suo complesso. I dati sono tratti dallo "Studio finalizzato all'acquisizione di elementi conoscitivi per la predisposizione del Piano Regionale di risanamento e tutela della qualità dell'aria", del Luglio 1999, realizzato dalla Regione FVG, Direzione Regionale dell'Ambiente, in collaborazione con la Società TECHNE srl di Roma. Vengono considerate come macrosettori le seguenti undici tipologie di attività (o macrosettori):

1. produzione pubblica di elettricità, impianti di cogenerazione e di teleriscaldamento;
2. impianti di combustione commerciali, istituzionali e residenziali e combustione nell'agricoltura;
3. impianti di combustione industriali;
4. processi produttivi;
5. estrazione e distribuzione dei combustibili fossili;
6. uso dei solventi;
7. trasporto su strada;
8. altre sorgenti mobili;
9. trattamento e smaltimento dei rifiuti;
10. agricoltura;
11. natura.

La *Figura 3.6.3.5a* illustra il peso di ciascuna emissione inquinante sul totale del carico emissivo per la regione Friuli Venezia Giulia (Anno 1997).

La *Figura 3.6.3.5b* (riportata in fondo al Capitolo) illustra la percentuale di ciascun metallo pesante per macrosettore per la regione Friuli Venezia Giulia (Anno 1997).

Tabella 3.6.3.5a Emissioni di Inquinanti per Macrosettore Relative alla Regione Friuli Venezia Giulia nel suo Complesso (1997)

Macrosettori	**CO (t/anno)**	**CO (%)**	**COV (no CH_4) (t/anno)**	**COV (no CH_4) (%)**	**NO_X (t/anno)**	**NO_X (%)**	**PSF (t/anno)**	**PSF (%)**	**SO_X (t/anno)**	**SO_X (%)**	**NH_3 (t/anno)**	**NH_3 (%)**
1 - Produzione pubblica di elettricità, Impianti di Cogenerazione e di Teleriscaldamento	437,4	0,3	1023,3	1,6	8531,7	19,5	81,7	1	30380,3	81,6	11	0,1
2 - Impianti di Combustione Commerciali, Istituzionali e Residenziali e Combustione nell'agricoltura	7868,9	5,7	775,1	1,2	1504,3	3,4	1942,6	23	994,5	2,7	0	0
3 – Impianti di Combustione Industriale	8221,0	5,9	708,8	1,1	7723,5	17,7	1140,3	13,5	3648,3	9,8	0,4	0
4 - Processi di produzione	136,1	0,1	663,2	1	347,8	0,8	545,0	6,4	261,4	0,7	71	0,8
5 - Estrazione e Distribuzione Combustibili Fossili	0	0	1908,5	3	0	0	0	0	0	0	0	0
6 - Uso di solventi	2,6	0	22801,6	35,7	0	0	125,9	1,5	0	0	61,5	0,7
7 - Trasporti su strada	104697,1	75,6	22214,3	34,8	20869,4	47,8	3393,5	40,1	680,9	1,8	247,8	2,9
8 - Altre sorgenti mobili	4107,5	3	1103,7	1,7	4464,1	10,2	406,6	4,8	890,8	2,4	0,5	0
9 – Trattamento e Smaltimento Rifiuti	69,7	0,1	420,5	0,7	224,9	0,5	15,1	0,2	388,1	1	248,1	2,9
10 - Agricoltura	1123,5	0,8	9853,8	15,4	20,8	0	116,4	1,4	0	0	7981,9	92,6
11 – Natura	11799,4	8,5	2442,9	3,8	5,6	0	697,3	8,2	0	0	0	0
Totale	**138463,2**	**100**	**63915,7**	**100**	**43692,1**	**100**	**8464,4**	**100**	**36563,4**	**100**	**8622,2**	**100**

Fonte: "Studio finalizzato all'acquisizione di elementi conoscitivi per la predisposizione del Piano Regionale di risanamento e tutela della qualità dell'aria", del Luglio 1999, realizzato dalla Regione FVG, Direzione Regionale dell'Ambiente, in collaborazione con la Società TECHNE srl di Roma

Figura 3.6.3.5a *Incidenza di Ciascuna Emissione Inquinante sul Totale del Carico Emissivo per la Regione Friuli Venezia Giulia (1997)*

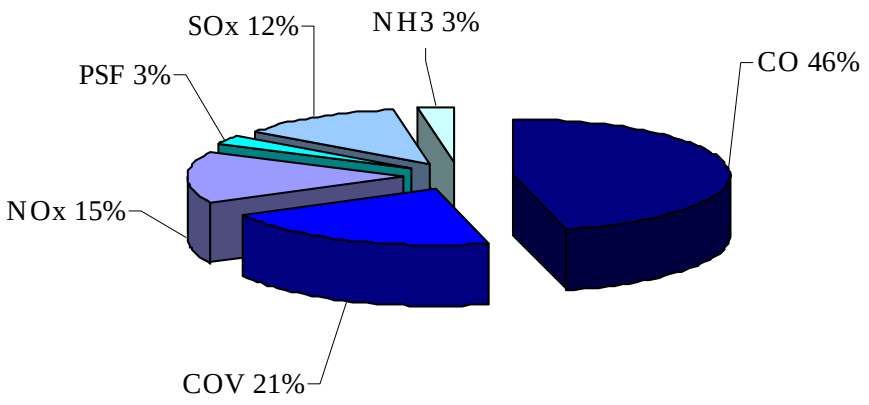


Tabella 3.6.3.5b *Emissioni Totali di Inquinanti per Macrosettore per la Provincia di Udine (1997) [t/anno]*

Macrosettori	**CO**	**COV (no CH_4)**	**NO_X**	**PSF**	**SO_X**
1 - Produzione pubblica di elettricità, Impianti di Cogenerazione e di Teleriscaldamento	19,4	10,5	72,7	5,5	2,3
2 - Impianti di Combustione Commerciali, Istituzionali e Residenziali e Combustione nell'agricoltura	3486,9	344,4	737,1	858,8	442,8
3 – Impianti di Combustione Industriale	2292,3	299,2	1933	326,4	1721
4 - Processi di produzione	41,8	416,2	317,7	296,0	188
5 - Estrazione e Distribuzione Combustibili Fossili	0	875,9	0	0	0
6 - Uso di solventi	0	14163,3	0	114,3	0
7 - Trasporti su strada	47358,8	9946,7	10158,5	1711,2	322,8
8 - Altre sorgenti mobili	791,5	273	1623,5	190,2	68,1
9 – Trattamento e Smaltimento Rifiuti	0	263,1	0	0	0
10 - Agricoltura	693,8	2822,9	12,8	71,9	0
11 - Natura	1602,6	1555,7	0,8	94,7	0
Totale	**56287,1**	**31981,8**	**14856**	**3669**	**2745,2**

Fonte: "Studio finalizzato all'acquisizione di elementi conoscitivi per la predisposizione del Piano Regionale di risanamento e tutela della qualità dell'aria", del Luglio 1999, realizzato dalla Regione FVG, Direzione Regionale dell'Ambiente, in collaborazione con la Società TECHNE srl di Roma

Tabella 3.6.3.5c *Emissioni Totali di Inquinanti per Macrosettore per la Provincia di Gorizia (1997) [t/anno]*

Macrosettori	CO	COV (no CH_4)	NO_X	PSF	SO_X
1 - Produzione pubblica di elettricità, Impianti di Cogenerazione e di Teleriscaldamento	418	1012,8	8459	76,1	30378
2 - Impianti di Combustione Commerciali, Istituzionali e Residenziali e Combustione nell'agricoltura	930,1	91,2	205,8	229,2	112,3
3 – Impianti di Combustione Industriale	110,7	53,3	301,2	46,2	79,1
4 - Processi di produzione	0	28,3	0	26,1	0
5 - Estrazione e Distribuzione Combustibili Fossili	0	247,6	0	0	0
6 - Uso di solventi	2,1	1659,7	0	0	0
7 - Trasporti su strada	12116,3	2574,8	2378,5	380	78
8 - Altre sorgenti mobili	790	207,9	899	47,3	300
9 – Trattamento e Smaltimento Rifiuti	15,6	34,9	53,1	7,5	19,6
10 - Agricoltura	72,3	487,3	1,3	7,5	0
11 - Natura	21,7	151,1	0	1,3	0
Totale	**14476,8**	**6549**	**12298**	**821,2**	**30966,9**

Fonte: "Studio finalizzato all'acquisizione di elementi conoscitivi per la predisposizione del Piano Regionale di risanamento e tutela della qualità dell'aria", del Luglio 1999, realizzato dalla Regione FVG, Direzione Regionale dell'Ambiente, in collaborazione con la Società TECHNE srl di Roma

Tabella 3.6.3.5d *Emissioni Totali di Inquinanti per Macrosettore per la Provincia di Trieste (1997) [t/anno]*

Macrosettori	CO	COV (no CH_4)	NO_X	PSF	SO_X
1 - Produzione pubblica di elettricità, Impianti di Cogenerazione e di Teleriscaldamento	0	0	0	0	0
2 - Impianti di Combustione Commerciali, Istituzionali e Residenziali e Combustione nell'agricoltura	1680,5	164,1	352,4	415	197,4
3 – Impianti di Combustione Industriale	4208,4	304,4	2794,5	533,2	1286,8
4 - Processi di produzione	75,6	116,1	28,9	53,4	73,4
5 - Estrazione e Distribuzione Combustibili Fossili	0	517,9	0	0	0
6 - Uso di solventi	0	2041,7	0	0	0
7 - Trasporti su strada	21505,9	5609,4	3969,5	620,3	133,3
8 - Altre sorgenti mobili	633,5	168,8	573,1	45,2	194,0
9 – Trattamento e Smaltimento Rifiuti	42,3	3,9	144,7	3,9	368,3
10 - Agricoltura	1,9	26,2	0	0,2	0
11 - Natura	298,8	148,6	0,1	17,7	0
Totale	**28442,9**	**8101,1**	**7863,2**	**1688,8**	**2253,3**

Fonte: "Studio finalizzato all'acquisizione di elementi conoscitivi per la predisposizione del Piano Regionale di risanamento e tutela della qualità dell'aria", del Luglio 1999, realizzato dalla Regione FVG, Direzione Regionale dell'Ambiente, in collaborazione con la Società TECHNE srl di Roma

Tabella 3.6.3.5e *Emissioni Totali di Inquinanti per Macrosettore per la Provincia di Pordenone (1997) [t/anno]*

Macrosettori	CO	COV (no CH_4)	NO_X	PSF	SO_X
1 - Produzione pubblica di elettricità, Impianti di Cogenerazione e di Teleriscaldamento	0	0	0	0	0
2 - Impianti di Combustione Commerciali, Istituzionali e Residenziali e Combustione nell'agricoltura	1771,4	175,4	209	439,6	242
3 – Impianti di Combustione Industriale	1609,6	51,8	2694,8	234,5	561,4
4 - Processi di produzione	18,7	102,6	1,3	169,5	0
5 - Estrazione e Distribuzione Combustibili Fossili	0	267,1	0	0	0
6 - Uso di solventi	0,5	4936,9	0	11,6	0
7 - Trasporti su strada	23720,1	5083,4	4362,9	682,0	146,8
8 - Altre sorgenti mobili	501,6	144,8	980,2	110,2	21
9 – Trattamento e Smaltimento Rifiuti	11,7	118,8	27,1	3,7	0,2
10 - Agricoltura	355,5	5506,4	6,6	36,8	0
11 - Natura	9876,3	587,5	4,7	583,6	0
Totale	**37865,4**	**16974,7**	**8286,4**	**2271,5**	**971,4**

Fonte: "Studio finalizzato all'acquisizione di elementi conoscitivi per la predisposizione del Piano Regionale di risanamento e tutela della qualità dell'aria", del Luglio 1999, realizzato dalla Regione FVG, Direzione Regionale dell'Ambiente, in collaborazione con la Società TECHNE srl di Roma

Tabella 3.6.3.5f *Emissioni Totali di Metalli Pesanti per Macrosettore Relative alla Regione Friuli Venezia Giulia nel suo Complesso (1997) [%]*

Macrosettori	Hg	Mn	Ni	Pb	Se	Zn
1 - Produzione pubblica di elettricità, Impianti di Cogenerazione e di Teleriscaldamento	33,9	0,6	32,1	0,1	2,5	5,5
2 - Impianti di Combustione Commerciali, Istituzionali e Residenziali e Combustione nell'agricoltura	4,1	0,1	2,2	0	0	1,8
3 – Impianti di Combustione Industriale	19,7	3,4	5,6	1,7	96,2	44,5
4 - Processi di produzione	18,1	95,9	58,5	0,4	0,9	47,8
5 - Estrazione e Distribuzione Combustibili Fossili	0	0	0	0	0	0
6 - Uso di solventi	0	0	0	0	0	0
7 - Trasporti su strada	2,7	0	1,2	97,8	0	0
8 - Altre sorgenti mobili	0	0	0,1	0	0,2	0,4
9 – Trattamento e Smaltimento Rifiuti	21,7	0	0,3	0	0,1	0
10 - Agricoltura	0	0	0	0	0	0
11 - Natura	0	0	0	0	0	0
Totale	**100**	**100**	**100,0**	**100**	**100**	**100**

Fonte: "Studio finalizzato all'acquisizione di elementi conoscitivi per la predisposizione del Piano Regionale di risanamento e tutela della qualità dell'aria", del Luglio 1999, realizzato dalla Regione FVG, Direzione Regionale dell'Ambiente, in collaborazione con la Società TECHNE srl di Roma

Le emissioni di *Monossido di Carbonio* (CO) derivano da processi di incompleta combustione.
Nel 1997 le emissioni complessive di CO per la Regione Friuli Venezia Giulia ammontavano a quasi 140.000 tonnellate.
Si osserva che la sorgente predominante di CO è il traffico autoveicolare, soprattutto in condizioni di congestionamento della circolazione e di decelerazione, ovvero il regime di marcia urbano (75,6% del totale). Altri contributi sono attribuibili alla natura (8,5%), intesa come cambiamento d'uso del suolo, conversione di foreste e praterie, ed ai processi di combustione connessi con le attività industriali (5,9%) e non (impianti di combustione commerciali ed istituzionali, impianti residenziali, impianti nell'agricoltura e nell'acquacoltura) (5,7%).
Nel 1997 le emissioni complessive di *Composti Organici Volatili (COV)* per la Regione Friuli Venezia Giulia ammontavano a quasi 64.000 tonnellate.
Le principali sorgenti di emissione risultano l'utilizzo di solventi (35,7%) e il traffico autoveicolare (34,8% del totale). Un contributo abbastanza significativo proviene dall'agricoltura, in particolare dall'allevamento (15,4%).
Nel successivo *Paragrafo* è riportato un approfondimento relativo alla stima del contributo relativo alle emissioni di solventi derivanti dal Comparto del mobile di Pordenone e dal Distretto della sedia di Udine: tali realtà industriali contribuiscono, infatti, al 46,61% della produzione totale stimata di solventi organici volatili in Friuli Venezia Giulia.
Gli *Ossidi di Azoto* (NO_x) vengono prodotti principalmente nei processi di combustione ad alta temperatura per la reazione con l'ossigeno e l'azoto "atmosferici" e solo in piccola misura per l'ossidazione dei composti dell'azoto presenti nei combustibili utilizzati. All'emissione, gran parte degli ossidi di azoto è in forma di monossido di azoto (NO) e di biossido di azoto (NO_2), con un rapporto decisamente a favore dell'NO. In atmosfera l'NO si ossida ad NO_2 in misura maggiore o minore a seconda dell'intensità della radiazione solare, della temperatura e della presenza di altri inquinanti quali alcuni idrocarburi.
Le emissioni complessive di NO_x per la Regione Friuli Venezia Giulia ammontavano nel 1997 a circa 44.000 tonnellate.
La *Tabella 3.6.3.5a* mostra che la sorgente principale di ossidi di azoto è il traffico autoveicolare (quasi il 48% delle emissioni totali). Un notevole contributo alle emissioni è inoltre fornito dalla produzione energetica (19,5%) e dalla combustione industriale (17,7%).
Le emissioni di *Ossidi di Zolfo* (SO_x) sono determinate in gran parte dallo zolfo liberato durante la combustione dei combustibili fossili.
Le emissioni complessive di SO_x per la Regione Friuli Venezia Giulia ammontavano nel 1997 a circa 37.200 tonnellate.
I settori che contribuiscono maggiormente all'emissione di SO_x sono quelli della produzione di energia (81,6% del totale) e della combustione industriale (2,7%) e non (riscaldamento, etc.) (9,8%). Il traffico diesel risponde per l'1,8% delle emissioni totali.
Le emissioni di *ammoniaca* (NH_3) risultano determinate in prevalenza dal settore agricolo ed in particolare, secondo fonti autorevoli (EEA, CORINAIR), dai settori colture con uso di fertilizzanti e gestione del letame.
Secondo l'EEA, il 93% delle emissioni totali di ammoniaca in Europa deriva dall'agricoltura, la restante parte deriva da sorgenti industriali, da abitazioni, da animali domestici e da ecosistemi naturali.

Nel 1997 le emissioni complessive di NH_3 per la Regione Friuli Venezia Giulia ammontavano a circa 8.600 tonnellate, di cui il 92,6% proviene dal macrosettore dell'agricoltura.
Le *Particelle PM10*, indicate nelle precedenti tabelle con PSF, e definite in normativa come le particelle che penetrano attraverso un ingresso dimensionale selettivo con un'efficienza di interruzione del 50% per un diametro aerodinamico di 10 μm, sono legate sia ad attività umane, quali, ad esempio, processi di combustione (trasporti, industria), che a fonti naturali (eruzioni vulcaniche, attività geotermiche, incendi spontanei, trasporto o risospensione atmosferici di particelle naturali dalle regioni secche).
Nel 1997 la stima delle emissioni complessive di PM10 per la Regione Friuli Venezia Giulia ammontava a quasi 8.500 tonnellate.
Per quanto riguarda i metalli pesanti, dalla *Tabella 3.6.3.5f* si osserva che:

- la sorgente predominante di emissione di mercurio (Hg) è la produzione di energia (33,9%). Altri contributi sono da attribuire ai processi di trattamento e smaltimento di rifiuti (21,7%) e ai processi di combustione connessi con le attività industriali (19,7%);
- la sorgente predominante di emissione di manganese (Mn) è rappresentata dai processi produttivi (95,9%) quali quelli relativi a industrie petrolifere, industrie di ferro e acciaio, industrie dei metalli non ferrosi, industrie chimiche organiche e inorganiche, produzione di legno, pasta per la carta, alimenti, bevande, etc.; un altro contributo, decisamente inferiore, è dovuto ai processi di combustione connessi con le attività industriali (3,4%);
- anche la sorgente predominante di emissione di Nichel (Ni) è rappresentata dai processi produttivi, nella percentuale del 58,5%, e, a seguire, dai processi di combustione connessi con le attività industriali (5,6%);
- i settori che contribuiscono maggiormente all'emissione di Piombo (Pb) sono quelli del traffico autoveicolare (97,8%) e della combustione industriale (1,7%);
- la sorgente predominante di emissione di Selenio (Se) è rappresentata dai processi di combustione industriale (96,2%) e, a seguire, dal settore della produzione energetica (2,5%);
- infine, i settori che contribuiscono maggiormente all'emissione di Zinco (Zn) sono quelli dei processi produttivi, nella percentuale del 47,8%, e dei processi di combustione industriale (44,5%).

Non essendo disponibile, ad oggi, un inventario delle emissioni di inquinanti aggiornato ad anni più recenti, non è possibile determinare l'andamento temporale delle emissioni.
Il confronto dei dati attualmente disponibili con quelli relativi ad anni più recenti permetterà di quantificare il trend e contribuirà alla valutazione delle possibilità di raggiungimento degli obiettivi che l'Italia si è posta nei diversi protocolli internazionali di cui al successivo paragrafo.

Emissione di SOV dal Comparto del Mobile e dal Distretto della Sedia

Nella realtà industriale friulana hanno particolare rilievo il distretto della sedia di Udine ed il comparto produttivo del mobile di Pordenone: sono stati effettuati due studi specifici all'interno di tali realtà industriali, finalizzati ad individuare un percorso ideale per il recepimento della direttiva comunitaria *(1999/13/CE)* "sulla limitazione di composti organici volatili dovuti all'uso di solventi in talune attività e in taluni impianti". In particolare:

- a seguito di un Accordo di Programma stipulato con il Ministero dell'Ambiente, l'ENEA ha conferito a CATAS S.p.A. l'incarico di effettuare il censimento delle aziende insediate nel Distretto della sedia di Udine (2000-2001);
- l'ARPA Friuli Venezia Giulia ha effettuato, con l'Università degli Studi di Udine, il CATAS e le associazioni degli Industriali di Udine e Pordenone, il censimento delle principali aziende insediate nel Comparto produttivo del mobile di Pordenone (2001-2002);

L'obiettivo di tali studi era la valutazione dell'impatto ambientale del settore produttivo della verniciatura del legno in Friuli Venezia Giulia, che risulta, infatti, essere uno dei settori produttivi più coinvolti nell'emissione di composti organici volatili in atmosfera. Per entrambi i censimenti sono state interpellate tutte le aziende insediate nel territorio, al cui interno si svolgono operazioni di verniciatura del legno.

I principali obiettivi dei censimenti erano:

- quantificare l'entità dei consumi di composti organici volatili all'interno delle aziende che effettuano operazioni di verniciatura di manufatti in legno;
- valutare il numero di aziende interessate alla Direttiva europea sui solventi *(1999/13/CE);*
- "fotografare" la realtà ambientale ed individuare gli aspetti significativi connessi al ciclo produttivo;
- elaborare alcuni indicatori significativi dell'efficienza ambientale;
- raccogliere una banca dati sui processi e sulle materie prime utilizzate per poter, successivamente, valutare dal punto di vista tecnico ed economico la possibilità di adeguamento delle imprese alla normativa europea.

Il "Distretto della sedia" è un'area del Friuli centro-orientale originariamente delimitata dai comuni di Manzano, San Giovanni al Natisone e Corno di Rosazzo della provincia di Udine e successivamente estesa ad altri sette comuni limitrofi; l'analisi è stata ampliata coinvolgendo anche aziende insediate in un ambito territoriale allargato, che comprende alcuni comuni in provincia di Udine e Gorizia.
L'ambito territoriale di interesse per l'indagine sul Comparto del mobile comprende, invece, tutta la provincia di Pordenone, in particolare i comuni di Brugnera, Pasiano e Prata, con la maggior densità di imprese, prevalentemente di medie dimensioni, più grandi rispetto a quelle intervistate nel Distretto della sedia.

Sono state così predisposte due liste di aziende che lavorano nel settore del legno e del mobile: una di circa 1.300 aziende nel Distretto della sedia ed una di circa 1.100 nel Comparto del mobile.

Tramite la rielaborazione dei dati MUD, sono state selezionate le aziende all'interno delle quali vengono svolte operazioni di verniciatura del legno valutando i codici CER dei rifiuti dichiarati: sono state quindi intervistate 110 aziende (delle 176 che effettuano operazioni di verniciatura del legno) del Distretto della sedia e 70 (delle 188 selezionate) del Comparto del mobile.
Per entrambe le indagini è stato utilizzato lo stesso questionario.

Le principali attività economiche (ed i relativi codici ISTAT) delle aziende che effettuano operazioni di verniciatura sono:

- taglio, piallatura e trattamento del legno (20.10);
- fabbricazione di fogli da impiallacciatura, fabbricazione di compensato, pannelli stratificati, pannelli di fibre, di particelle ed altri pannelli (20.20);
- fabbricazione di elementi di carpenteria in legno e di falegnameria per l'edilizia (20.30);
- fabbricazione di imballaggi in legno (20.40);
- fabbricazione di altri prodotti in legno; fabbricazione di articoli in sughero, paglia e materiali da intreccio (20.51);
- fabbricazione di mobili (36.1).

Dal confronto tra il comparto produttivo del mobile e il distretto della sedia emerge una notevole diversità nelle specie legnose utilizzate nel ciclo di produzione: mentre nel distretto della sedia l'utilizzo del faggio rappresenta il 98,16% del totale delle specie legnose utilizzate, nel Comparto del mobile esso rappresenta solo il 9% rispetto al totale; in quest'ultimo Comparto, infatti, la specie legnosa maggiormente utilizzata è il pino, seguita dall'abete, dal toulipier, dal faggio e dall'ayous.

Esistono diverse tipologie di prodotti vernicianti utilizzati dalle aziende intervistate che si differenziano per composizione, proprietà, costi e sistemi di applicazione necessari. Nel distretto della sedia vengono utilizzati principalmente prodotti vernicianti poliuretanici, come è caratteristico delle realtà monoprodotto, mentre nel comparto del mobile vengono utilizzate molte tipologie di prodotti vernicianti, in relazione alle molteplici tipologie di prodotti finiti realizzati. Le vernici poliuretaniche sono quelle più utilizzate e rappresentano circa il 45% rispetto al totale, seguono le vernici UV, che rappresentano circa il 22% del totale e le vernici poliestere che rappresentano il 17%.

Le tinte sono soluzioni ottenute sciogliendo sostanze coloranti e/o disperdendo pigmenti in un solvente organico (per le tinte a solvente) o in acqua (per le tinte ad acqua). Esse conferiscono la colorazione desiderata al supporto legnoso, senza nasconderne le venature.
Nelle tinte a solvente la frazione volatile (circa il 95%) è costituita per intero da solventi organici volatili (alcoli, chetoni e glicoli - eteri); nella frazione volatile delle tinte a base acquosa è quasi sempre presente, oltre all'acqua, una quota (circa il 10%) di solventi organici (generalmente glicoli-eteri).

La scelta tra le due tipologie di prodotto dipende, oltre che dalla colorazione desiderata, dalla tipologia di prodotto finito da realizzare e da fattori quali la specie legnosa, le modalità di applicazione, i tempi di essiccazione imposti dall'organizzazione del ciclo produttivo, la qualità estetica del risultato.

Sono ben 32 le aziende del comparto del mobile che utilizzano esclusivamente tinte a solvente mentre 24 utilizzano sia tinte all'acqua che a solvente: l'86,46% delle tinte utilizzate è a base solvente.
Nel distretto della sedia, invece, le tinte all'acqua rappresentano il 69,97 % del totale di tinte utilizzate dalle aziende intervistate.

Il comparto produttivo della lavorazione del legno e della produzione di mobili di Pordenone rappresenta una realtà completamente diversa rispetto al vicino Distretto della Sedia di Udine; i prodotti finiti o i semilavorati realizzati sono di molteplici tipologie: accanto alla produzione di mobili e componenti (armadi, letti, cucine) si ha la produzione di tavoli, di mobili da giardino, porte, finestre, serramenti, cornici, battiscopa e sedie.
Ciascuna tipologia di prodotto finito prevede cicli di verniciatura specifici con l'impiego di differenti prodotti vernicianti e di adeguate apparecchiature.
Il distretto della sedia rappresenta invece una realtà monoprodotto e nella relativa analisi è stato più facile ricorrere a semplificazioni.

Il processo di verniciatura del mobile è influenzato da molteplici fattori che incidono sulla quantità di vernice utilizzata per unità di prodotto finito e di conseguenza sulla quantità di sostanze organiche volatili potenzialmente emesse.
A seconda della tipologia di prodotti finiti realizzati i principali fattori che influiscono sull'emissione di solventi organici sono i seguenti:

- le caratteristiche chimico–fisiche dei differenti prodotti vernicianti utilizzati e la loro composizione all'applicazione;
- l'utilizzo di differenti impianti e differenti sistemi di applicazione dei prodotti vernicianti che variano a seconda della tipologia di manufatto da realizzare;
- la presenza nel sito produttivo di sistemi di abbattimento delle emissioni di solventi.

Tuttavia, anche per identiche tipologie di prodotti finiti, ci possono essere molte variabili che influiscono sulla quantità di solventi rilasciati in atmosfera, le principali sono in seguito riportate:

- la qualità desiderata della finitura del prodotto (numero di operazioni);
- la tipologia del supporto da verniciare;
- la specie legnosa verniciata;
- la forma e le dimensioni del manufatto da verniciare;
- il tipo di impianto di applicazione utilizzato;
- le prestazioni (efficienza di trasferimento) e le situazioni dell'impianto di applicazione della vernice (se l'impianto lavora a regime oppure in situazioni transitorie di avvio e chiusura);
- la manutenzione dell'impianto;

- la distanza tra sistema di applicazione e pezzo;
- la manualità del verniciatore (per i sistemi manuali);
- la micronizzazione della vernice (per i sistemi a spruzzo);
- il clima (temperatura e umidità) e la velocità dell'aria dell'ambiente di verniciatura.

Tuttavia, anche per identiche tipologie di prodotti finiti, ci possono essere molte variabili che influiscono sulla quantità di solventi rilasciati in atmosfera.

I solventi emessi durante la fase di verniciatura di un manufatto in legno possono, semplificando, essere suddivisi nelle seguenti frazioni:

- *Frazione di solventi che evaporano prima che la vernice giunga sul pezzo.* Sono i solventi leggeri o rapidi quali acetato di etile o metil etil chetone che servono soprattutto a conferire la necessaria fluidità alla vernice e che, esaurito il loro compito, evaporano rapidamente anche lungo il tragitto tra il sistema di applicazione e il pezzo. Generalmente tali solventi vengono captati dai sistemi di aspirazione nella cabina o nella linea di verniciatura e vengono quindi espulsi;
- *Frazione di solvente relativo "all'overspray".* È costituito dalla quota parte di vernice che non finisce sul pezzo e che quindi, se non recuperata, viene persa. La maggior parte del solvente contenuto "nell'overspray" viene captata ed espulsa dalla cabina; una minima parte rimane intrappolata nei rifiuti di raccolta;
- *Solventi emessi dalla fase di essiccazione della finitura del manufatto.* Una volta depositatesi sul pezzo la vernice si distende mentre il solvente continua ad evaporare. La velocità di evaporazione dipende, oltre che dalla tipologia di impianto di essiccazione utilizzato, dalla composizione della frazione solvente, dalla quantità di vernice applicata, dalla temperatura e dalla velocità dell'aria in prossimità della superficie verniciata.

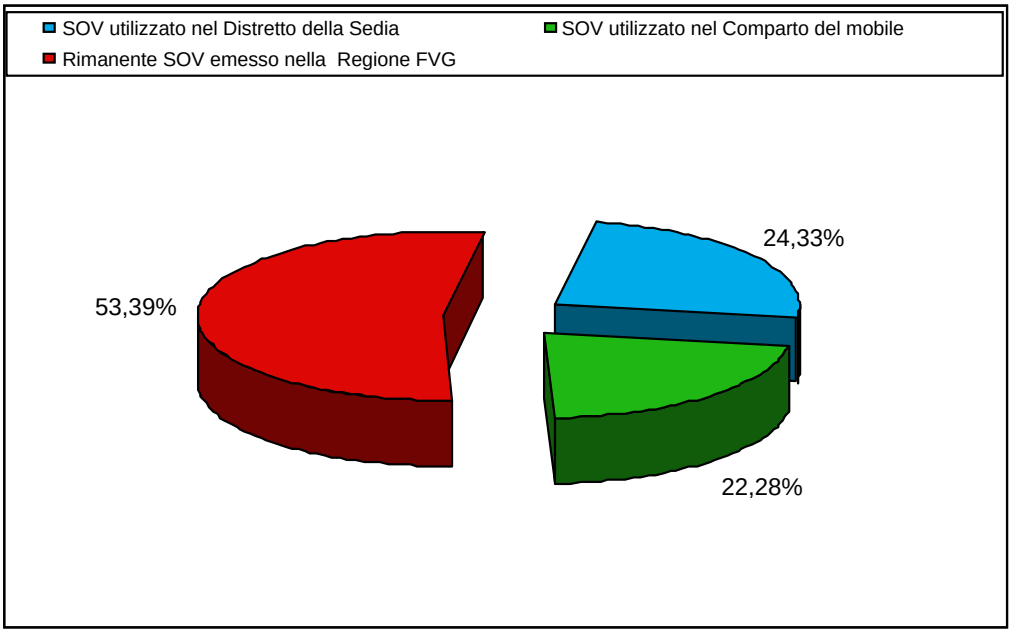
Sono stati analizzati i consumi delle seguenti materie prime contenenti solventi:

- tinte all'acqua e tinte a solvente (e % di diluizione di questi prodotti);
- prodotti vernicianti (e residuo secco e % di diluizione);
- catalizzatori, impregnanti e induritori;
- diluenti utilizzati per i prodotti vernicianti e diluenti utilizzati per le operazioni di pulizia e lavaggio.

Sono state quindi stimate le quantità di solvente organico volatile utilizzate annualmente: circa 5.081 tonnellate, pari a 716 kg / addetto, nelle imprese che effettuano operazioni di verniciatura nel comparto produttivo del mobile e circa 5.547 tonnellate, pari a 1409 kg / addetto, nelle imprese del Distretto della Sedia.
Nel paragrafo precedente si è visto che la stima delle emissioni dovute all'uso di solventi ammonta, nell'intera regione, a circa 22.802 tonnellate annue; emergerebbe quindi che il solvente utilizzato dalle aziende che effettuano "rivestimento delle superfici di legno" insediate in provincia di Pordenone è pari al 22,28% del solvente emesso dall'intera regione, mentre il solvente utilizzato dal Distretto della sedia è pari al 24,33% (*Figura 3.6.3.5c*).

Complessivamente, dal comparto produttivo della verniciatura del legno vengono utilizzate in totale 10.628 tonnellate di solvente all'anno, pari quindi al 46,61 % del solvente emesso dall'intera regione.

Figura 3.6.3.5c *Utilizzo di Solvente Organico Volatile nel Comparto del Mobile e nel Distretto della Sedia rispetto al Solvente Emesso dall'Intera Regione FVG*

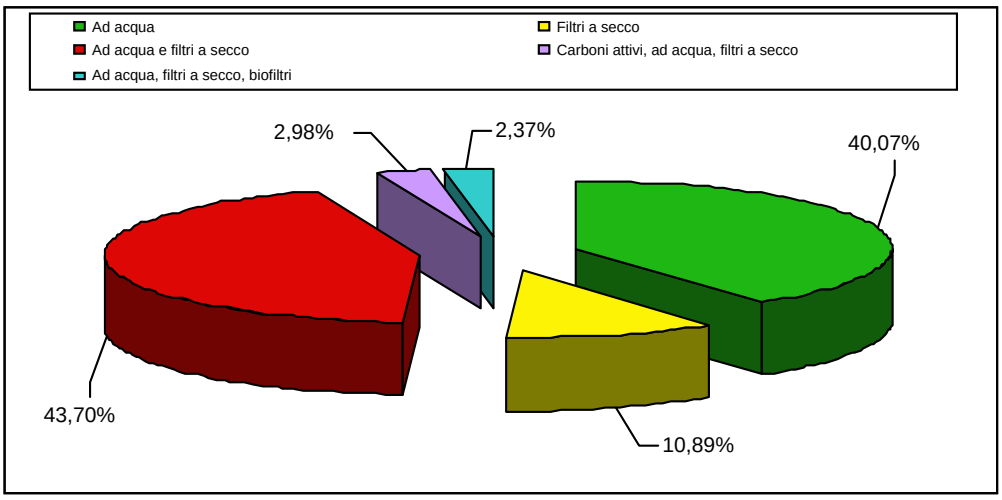


Fonte: *Il censimento del "comparto produttivo del mobile di Pordenone"*, ARPA FVG, Università di Udine e CATAS, 2002

Occorre sottolineare che per la provincia di Udine non sono state considerate tutte le aziende che effettuano operazioni di verniciatura del legno in quanto sono state escluse quelle non insediate nel "Distretto della sedia".
Il quantitativo totale di solvente organico volatile utilizzato dalle aziende non intervistate è stato dedotto in base alla stima del numero totale di addetti impiegati nelle aziende. Tale dato rappresenta una ulteriore conferma che il calcolo del solvente totale utilizzato dall'intero comparto è stato sottostimato. La stima è basata unicamente sulla conoscenza del numero di addetti impiegati dalle imprese; tale dato, per le aziende non intervistate, è stato desunto dai MUD e dal Registro imprese della CCIAA.
Tuttavia nel corso delle interviste è emerso che il numero di addetti dichiarati dai referenti aziendali generalmente è superiore rispetto a quello riportato nelle banche dati considerate. Infine, nel corso delle interviste è emerso che i dati relativi al diluente utilizzato sia per le diluizioni sia per le operazioni di pulizia, lavaggio e per la manutenzione dei macchinari sono generalmente sottostimati dalle imprese in quanto non incidono molto sui costi aziendali. Pertanto, la quantità totale di solvente organico volatile utilizzato è stata stimata per difetto.
In generale, se l'azienda non dispone di sistemi di abbattimento dei solventi tutti i quantitativi di SOV utilizzati possono essere considerati una stima reale dei solventi complessivamente emessi. Risulta quindi fondamentale considerare tutti i sistemi di abbattimento presenti nelle aziende, sia quelli efficaci per l'abbattimento del particolato (filtri a secco e dispositivi di

abbattimento per via umida) sia quelli per l'abbattimento dei solventi (carboni attivi e biofiltri[1]).
In *Figura 3.6.3.5d* viene riportata la percentuale di solvente organico volatile convogliato a ciascun sistema di abbattimento rispetto al totale dell'SOV utilizzato dalle aziende del Comparto del legno di Pordenone che hanno installato un identico impianto di abbattimento nella fase di verniciatura.

Figura 3.6.3.5d *SOV Convogliato a Ciascun Sistema di Abbattimento rispetto al SOV Totale*

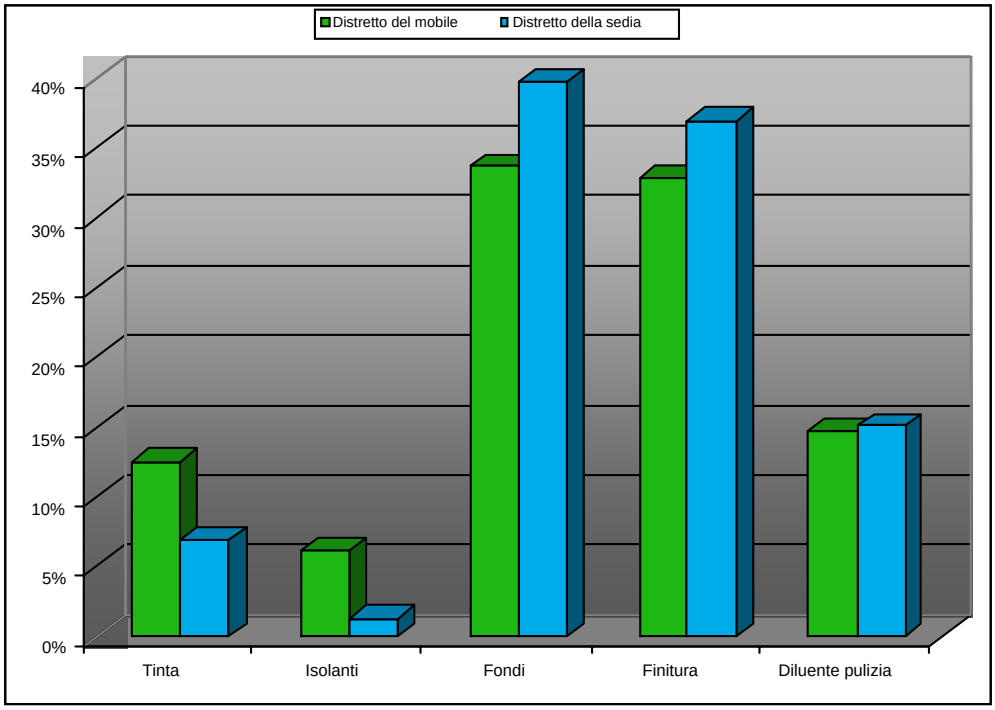


Fonte: *Il censimento del "comparto produttivo del mobile di Pordenone"*, ARPA FVG, Università di Udine e CATAS, 2002

Solo una tra le aziende intervistate nel Comparto del mobile possiede un impianto di abbattimento a carboni attivi. In questo caso, nell'ipotesi che il carbone attivo venga periodicamente sostituito o rigenerato, le sostanze inquinanti di natura organica, che rappresentano il 2,98% del SOV totale, vengono catturate.
I sistemi di filtrazione dell'aria inquinata da prodotti vernicianti (filtri a secco e sistemi ad acqua) sono dispositivi privi di efficacia nella captazione dei vapori di solvente (anche se l'acqua potrebbe teoricamente catturare, almeno parzialmente, i solventi idrofili); questi sistemi sono adottati da aziende che utilizzano circa il 97% del totale dei solventi.
In base a queste considerazioni si può ipotizzare che tutti i solventi utilizzati nei cicli produttivi delle aziende intervistate vengano immessi in atmosfera.
L'utilizzo di solvente organico volatile per addetto impiegato risulta circa la metà nel comparto del mobile rispetto al distretto della sedia.
In *Figura 3.6.3.5e* viene confrontata la quantità di solvente organico volatile utilizzata in ciascuna fase del ciclo produttivo, espressa in percentuale rispetto al totale dei solventi organici utilizzati dalle aziende insediate nei due ambiti territoriali esaminati.

(1) Uno studio sull'efficacia dei biofiltri per l'abbattimento dei solventi organici volatili è in fase di sperimentazione presso il CATAS.

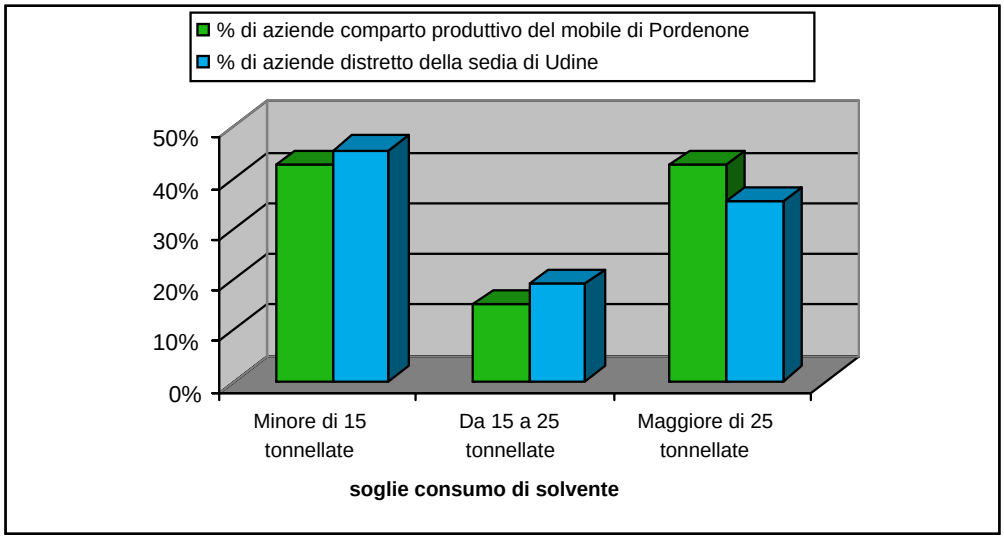
Figura 3.6.3.5e *Percentuale di SOV Utilizzata nelle Differenti Fasi del Ciclo Produttivo*



Fonte: *Il censimento del "comparto produttivo del mobile di Pordenone"*, ARPA FVG, Università di Udine e CATAS, 2002

Da tale rappresentazione emerge che nel Comparto del mobile viene utilizzata una maggiore percentuale di solvente nell'applicazione della tinta, infatti vengono prevalentemente utilizzate tinte a base solvente; nel Distretto della Sedia invece, vengono impiegate prevalentemente tinte a base acquosa.
Nel comparto del mobile viene utilizzata una certa quantità di solvente derivante dall'impiego di isolanti, prodotti praticamente assenti nel Distretto della Sedia.
Per quanto riguarda le fasi di fondo e di finitura, il solvente organico utilizzato è inferiore nel comparto del mobile in quanto i prodotti vernicianti utilizzati presentano un maggior percentuale di residuo secco all'applicazione.
Nel Comparto del mobile, il 57% delle aziende intervistate dovrà rispettare la *Direttiva Europea 99/13/CE* sui solventi; queste aziende consumano mediamente annualmente 69.023,58 kg di solvente organico volatile. In particolare, 28 aziende (delle 66 intervistate) non sono interessate alla Direttiva, 10 hanno consumi di solvente tra 15 e 25 tonnellate, 28 hanno consumi maggiori di 25 tonnellate.
La maggior parte delle aziende interessate alla direttiva è compresa nella macrocategoria ISTAT 34.14 ("fabbricazione di mobili").
In *Figura 3.6.3.5f* è riportata la percentuale di aziende interessate alla Direttiva Europea rispetto al totale della aziende intervistate insediate nei due ambiti territoriali esaminati. Nel comparto pordenonese molte più aziende hanno un consumo di solvente superiore alle 25 tonnellate rispetto al distretto della sedia. Ciò è una conseguenza del fatto che le imprese hanno dimensioni superiori e impiegano un maggior numero di addetti.

Figura 3.6.3.5f *Aziende Interessate alla Direttiva per Soglie di Consumi di Solvente*



Fonte: *Il censimento del "comparto produttivo del mobile di Pordenone"*, ARPA FVG, Università di Udine e CATAS, 2002

Il consumo medio di solvente organico volatile per azienda è il seguente:

- Distretto della sedia:
  - aziende non interessate alla Direttiva: 5.466,82 kg;
  - aziende interessate alla Direttiva: 56.961,43 kg;
- Comparto del mobile:
  - aziende non interessate alla Direttiva: 6.139,73 kg;
  - aziende interessate alla Direttiva: 106.917,49 kg.

La *Tabella 3.6.3.5g* riporta il confronto tra la quantità di solvente organico volatile consumato e la quantità di prodotto verniciante utilizzato (nel 1989 e nel 2000) dalle aziende del Comparto del mobile, insediate in quattro comuni della provincia di Pordenone: Brugnera, Pasiano, Porcia e Prata di Pordenone.

Tabella 3.6.3.5g *Rapporto tra Quantità di Solvente Organico Volatile (SOV) Consumato e Quantità di Prodotto Verniciante Utilizzato (Comuni di Brugnera, Pasiano, Porcia e Prata di Pordenone)*

	Anno 1989	**Anno 2000**
Vernice utilizzata (senza tinte e senza diluente) (kg)	3.893.900	2.203.210
SOV contenuto (kg)	1.770.686	949.566
SOV (kg) / vernice (kg)	45,47%	43,09%

La Tabella mostra una sensibile diminuzione, dal 1989 al 2000, delle quantità di vernici utilizzate e, di conseguenza, anche una potenziale diminuzione di solventi volatili in atmosfera.
Il percorso, quindi, da seguire per contenere le emissioni di SOV in atmosfera deve basarsi su interventi sinergici, riguardanti sia un'ottimizzazione dei processi produttivi e dei sistemi di abbattimento, che un'utilizzazione di vernici a più bassa percentuale di solventi organici.

Riferimenti per la Valutazione

La tutela dell'atmosfera è un problema ambientale che da più di un ventennio domina le politiche comunitarie, con ripercussioni diversificate in settori quali energia, trasporti e sviluppo urbanistico. In particolare, la comunità internazionale ha cercato di porsi delle regole attivando una serie di politiche rivolte alla riduzione delle emissioni di sostanze inquinanti in atmosfera. In senso più ampio le attività comunitarie per tutelare l'aria riguardano un'ampia gamma di problemi tra cui limitare l'impoverimento dello strato di ozono, controllare l'acidificazione, l'ozono troposferico e altri inquinanti e il cambiamento climatico.
Nel ventennio passato l'UE ha compiuto passi importanti, che hanno dato inizio ad una cooperazione internazionale in termini di riduzione delle emissioni atmosferiche, sancita per la prima volta con la Conferenza di Stoccolma delle Nazioni Unite del 1972, nel corso della quale è stato ufficialmente riconosciuto che l'inquinamento atmosferico ha effetti che vanno ben oltre i luoghi ove le sostanze inquinanti sono rilasciate in atmosfera e non rappresenta quindi un fenomeno meramente locale.
Nel 1979 a Ginevra è stata firmata in ambito UNECE (Commissione economica delle Nazioni Unite per l'Europa) la Convenzione delle Nazioni Unite sull'inquinamento atmosferico transfrontaliero a grande distanza (Convention on Long Range Transboundary Air Pollution – CLRTAP).
Dopo la sua entrata in vigore nel 1983, la Convenzione è stata ampliata con diversi protocolli attuativi che si ponevano di volta in volta limiti per l'emissione di diversi inquinanti.
L'ultima deliberazione in ordine di tempo è quella relativa all'incontro del primo dicembre 1999 a Goteborg: gli Stati membri europei e nordamericani dell'UNECE, tra cui l'Italia, si sono posti, tra gli altri, l'obiettivo di ridurre le emissioni di SO_2, NO_x, COV e NH_3 rispettivamente del 63, 41, 40 e 17% nel periodo 1990-2010.
Ciascuno dei paesi membri si è fissato obiettivi specifici, quelli per l'Italia sono riportati nella *Tabella 3.6.3.5h.*

Tabella 3.6.3.5h *Limiti di Emissioni Annuali (in migliaia di Tonnellate) Concordati dall'Italia con l'UNECE e Confronto con le Emissioni della Regione Friuli Venezia Giulia (1997)*

Emissioni	**NO_X**	**COV (no CH_4)**	**SO_2**	**NH_3**
1 - Emissioni Italia (kt)	1686,4	2276,5	3216,8	437,4
2 - Emissioni procapite Italia (kg / ab)	29	39,5	56	7,6
3 - Limite Italia 2010	1000	1159	500	419
4 - Emissioni Regione Friuli Venezia Giulia (kt)	43,7	63,9	36,6	8,6
5 - Emissioni procapite Regione (kg / ab)	37	54	31	7,3
6 - Emissione Regionale in %	2,6	2,8	1,1	2,0

Fonte: ANPA Censimento Nazionale Emissioni - ISTAT, Statistiche Ambientali, Ambiente e Territorio, Annuario 2000

Nella Tabella è anche riportato, in percentuale, il contributo che la Regione Friuli Venezia Giulia determinava a livello nazionale e il valore di emissione procapite nel 1997.

Si osserva che le emissioni di NOx, COV, SO_2 e NH_3 per la Regione Friuli Venezia Giulia sono, rispettivamente, il 2,6%, il 2,8%, l'1,1% ed il 2% di quelle nazionali valutate per l'anno 1997.
Gli impegni alla riduzione delle emissioni sono ad oggi definiti solamente a livello nazionale e non sono stati stabiliti obiettivi per unità territoriali più ridotte quali le regioni e le province: se ne deduce che sarebbe opportuno dotarsi di strumenti di regolazione e normativi differenziati tra autorità Centrale e Autorità Locali per meglio raggiungere gli obiettivi nazionali.
I principali provvedimenti legislativi in materia di emissioni da sorgenti mobili fanno riferimento alle Direttive dell'Unione Europea. Tra le ultime:

- la *Direttiva 441/91* sulle emissioni da veicoli leggeri, recepita con il *Decreto Interministeriale del 28 dicembre 1991*;
- la *Direttiva 542/91* sui veicoli pesanti, recepita per mezzo del *Decreto Interministeriale del 23 marzo 1992*;
- la *Direttiva 55/92* relativa ai test di conformità su strada per i veicoli a motore e i loro rimorchi (emissioni allo scarico), che introduce revisioni biennali per tutti i veicoli circolanti, attuata mediante il *Decreto Legge n.285 del 30 aprile 1992*, che ha introdotto il nuovo Codice della strada.

Si ricorda anche:
- il *Decreto del Ministro dell'Ambiente del 12 luglio 1990*, che limita le emissioni inquinanti degli impianti industriali esistenti.

In definitiva, tutta la recente legislazione è rivolta a introdurre limiti e misure in grado di ridurre alla fonte le emissioni di tutte le sostanze inquinanti, sia in fase di "progettazione" di sistemi sempre più efficienti nel diminuire le concentrazioni allo scarico di sostanze inquinanti, sia imponendo sistemi di manutenzione programmata in grado di impedire il deterioramento dei sistemi di abbattimento.
La *Direttiva 1999/13/CE* sulla "limitazione delle emissioni di composti organici volatili dovute all'uso di solventi organici in talune attività e in taluni impianti" è stata approvata dal Parlamento europeo nel marzo 1999 e deve ancora essere trasposta all'interno della legislazione (dall'UE era stato imposto come limite temporale di recepimento il 1° Aprile del 2001).
Tale direttiva prevede una riduzione di due terzi dei composti organici volatili che vengono rilasciati nell'atmosfera in seguito all'utilizzazione di solventi nell'industria.
La Direttiva, che mira a "prevenire o a ridurre gli effetti diretti e indiretti delle emissioni di composti organici volatili nell'ambiente, principalmente nell'aria, e i rischi potenziali per la salute umana mediante misure e procedure da attuare per quanto riguarda specifiche attività", è focalizzata sulle emissioni derivanti dalle attività manifatturiere e stabilisce una soglia di consumi di solventi, al di sopra della quale gli impianti devono adeguarsi ai valori limite di emissione convogliata e diffusa.
In particolare per l'attività di "rivestimento di superfici in legno", la soglia di coinvolgimento nella direttiva è fissata a 15 tonnellate/anno; le aziende il cui consumo di solvente è al di sotto di tale valore non sono coinvolte.
I consumi vanno determinati tenendo conto di tutte le sostanze in grado di emettere solventi: materiali di processo e materiali ausiliari.

Nel caso di un processo di verniciatura, bisogna considerare i solventi contenuti nei materiali di verniciatura, i solventi utilizzati per la diluizione, i solventi utilizzati nel lavaggio delle attrezzature, dei macchinari, degli ambienti di lavoro e nelle manutenzioni degli impianti.
Per le aziende che superano il limite di consumo annuo di solvente di 15 tonnellate la direttiva indica due possibili strategie per il contenimento delle emissioni.
La prima possibilità è quella di utilizzare sistemi di abbattimento che consentano il rispetto di determinate concentrazioni limite misurate a camino descritte nell'*Allegato 2A* della Direttiva e riassunte nella *Tabella 3.6.3.5i*.

Tabella 3.6.3.5i *Limiti dell'Allegato 2A per le Operazioni di Verniciatura del Legno*

Attività	**Soglie di consumo di solventi in t/anno**	**Valori limite di emissione negli scarichi gassosi (mgC/Nm³)**		**Valori di emissione diffusa (% di input di solvente) sia per impianti nuovi sia per esistenti**
Rivestimento delle superfici in legno (maggiore di 15 tonnellate)	15-25	100	per processi di applicazione di rivestimento ed essiccazione in condizioni di confinamento	25 %
	Maggiore di 25	50 75	per processi di essiccazione per processi di applicazione del rivestimento	20 %

Le aziende che decideranno di rispettare la direttiva secondo queste modalità dovranno utilizzare impianti di abbattimento dopo il convogliamento delle emissioni; una volta all'anno dovranno dimostrare di rispettare i limiti previsti dalla Direttiva, sia per le emissioni a camino, sia per le emissioni fuggitive.
La seconda strada possibile è quella di modificare il ciclo produttivo in modo da raggiungere, entro un certo tempo, "l'emissione bersaglio" come descritto nell'*Allegato 2B*; ciò ha la finalità di ridurre la formazione delle emissioni all'origine secondo un piano di riduzione.
La riduzione delle emissioni si può ottenere in molteplici modi: agendo lungo la linea produttiva, utilizzando prodotti vernicianti a più alto residuo solido, migliorando l'efficienza di trasferimento dei sistemi di applicazione, migliorando la gestione dell'impianto; gli interventi possono coinvolgere la combinazione delle soluzioni precedentemente elencate.
Lo schema di riduzione viene realizzato presentando un piano con il quale ci si impegna a ridurre le emissioni di solventi dell'impianto; il punto di arrivo del processo di riduzione delle emissioni si chiama emissione bersaglio e deve essere raggiunto entro una data definita; un gradino intermedio nel processo di riduzione delle emissioni deve essere raggiunto ad una data antecedente, oltre la quale non si può emettere una quantità di solventi annua superiore ad una volta e mezza l'emissione bersaglio.
Mentre la Direttiva comunitaria prevede che l'emissione bersaglio, al 31/10/07 e al 31/10/04 rispettivamente per gli impianti esistenti e per gli impianti nuovi, venga raggiunta attraverso una sola tappa intermedia (emissione bersaglio maggiorata del 50%) rispettivamente al 31/10/05 e al 31/10/01, una bozza di decreto ministeriale per il recepimento della direttiva prevede un'ulteriore tappa intermedia (emissione bersaglio maggiorata del 25%).

3.6.3.6 Scheda dell'Indicatore 6-6: Stazioni di Monitoraggio della Qualità dell'Aria

Codice Indicatore	*6-6*
Tematica	*Aria*
Sottotematica	*Qualità dell'Aria*
Indicatore	*Stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria*
Tipo	*Risposta*
Obiettivo	*Iindividuare la distribuzione sul territorio regionale delle stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria al fine di valutare se lo stato di qualità dell'aria è sufficientemente monitorato*
Riferimenti	*DPCM 28/3/83 e dal DPR 203/88* *DM Ambiente 20/05/1991 (per classificazione rete di monitoraggio)* *D.Lgs.4 agosto 1999, n.351*
Dati necessari	*Numero stazioni di monitoraggio e inquinanti rilevati*
Fonte	*Rete Provinciale di rilevamento dell'inquinamento atmosferico, Provincia di Pordenone, Rapporto Annuale 1998* *Provincia di Gorizia, Atti del Convegno Modelli previsionali e monitoraggio della qualità dell'aria, 1997* *Regione FVG, Direzione Regionale dell'Ambiente, Studio finalizzato all'acquisizione di elementi conoscitivi per la predisposizione del Piano Regionale di risanamento e tutela della qualità dell'aria, 1999* *Regione FVG, Direzione Regionale delle Foreste* *ARPA FVG, Dipartimenti provinciali di Gorizia, Pordenone, Udine e Trieste* *Comune di Udine, Settore Ecologia* *Rete Rilevamento della Qualità dell'Aria attorno alla Centrale Termoelettrica di Monfalcone, 2001* *Descrizione Ubicazione Laboratorio Mobile Comune di Gorizia e Comuni Limitrofi*
Disponibilità	**Ambito Spaziale**: *provinciale* **Aggiornamento**: *variabile* **Periodo**: *variabile*

Descrizione, Calcolo e Valutazione

L'obiettivo dell'indicatore in esame è quello di individuare la distribuzione sul territorio regionale delle stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria al fine di valutare se la stessa è sufficientemente monitorata.
Sul territorio della Regione Friuli Venezia Giulia sono presenti centraline appartenenti alla rete regionale di rilevamento, suddivisa tra reti provinciali e comunali, e ad una rete privata gestita dall'ENEL.
Nella *Tabella 3.6.3.6a* viene riportato l'elenco di tutte le stazioni di rilevamento dislocate sul territorio regionale, con l'indicazione della tipologia di ciascuna stazione, una breve descrizione delle principali caratteristiche del luogo di ubicazione, il dettaglio di tutti gli inquinanti misurati ed il periodo di disponibilità dei dati.

Tabella 3.6.3.6a Stazioni di Monitoraggio della Qualità dell'Aria Dislocate sul Territorio Regionale

Rete di Monitoraggio	Nome Stazione	Tipologia di Stazione	Ubicazione	Inquinanti Misurati							Dati Utilizzati (Periodo)	Osservazioni
				Benzene	NO_X NO_2/NO	SO_2	CO	O_3	NMHC	PTS		
Rete Provinciale Pordenone												
	Pordenone Centro	C	Viale Marconi, 44 28,5 m s.l.m. 12°39'34''long.Est 45°57'48''lat.Nord		☐	☐	☐	☐	☐	☐	1998-2001	stazione ubicata in zona urbana di Pordenone
	Brugnera	B	Via Villavarda 17 m s.l.m. 12°32'14''long.Est 45°53'48''lat.Nord			☐				☐	1998-2001	stazione ubicata nella zona industriale del mobile
	Prata di Pordenone	B	Via XX Settembre 14 m s.l.m. 12°36'02''long.Est 45°53'49''lat.Nord		☐	☐	☐			☐	1998-2001	stazione ubicata nella zona industriale del mobile
	Sequals	industriale	Via Friuli loc. Lestans 183 m s.l.m. 12°53'18''long.Est 46°09'50''lat.Nord			☐				☐	1998-2001	stazione ubicata in zona di operatività di cementifici
	Fanna	industriale	Via circonvallaz. nuova 262,5 m s.l.m. 12°44'58''long.Est 46°11'00''lat.Nord			☐				☐	1998-2001	stazione ubicata in zona di operatività di cementifici
	Caneva	industriale	Via Marconi 45,5 m s.l.m. 12°26'43''long.Est 45°58'02''lat.Nord			☐				☐	1998-2001	stazione ubicata nella zona di estrazione e lavorazione del carbonato di calcio

Rete di Monitoraggio	Nome Stazione	Tipologia di Stazione	Ubicazione	Inquinanti Misurati							Dati Utilizzati (Periodo)	Osservazioni
				Benzene	NO_X NO_2/NO	SO_2	CO	O_3	NMHC	PTS		
	Porcia	industriale	Via Correr 28,5 m s.l.m. 12°37'09''long.Est 45°57'31''lat.Nord							▭	1998-2001	stazione ubicata in zona urbana
Rete Provinciale Udine (*)												
	Osoppo	industriale			▭	▭		▭	▭	▭	dati non disp.	
	Tolmezzo	extraurbana			▭	▭		▭	▭		dati non disp.	
	S.Giorgio di Nogaro	industriale			▭	▭			▭	▭	dati non disp.	
	S.Giovanni al Natisone	extraurbana			▭	▭		▭	▭		dati non disp.	
	Lignano	extraurbana			▭	▭					dati non disp.	
	Tarvisio	extraurbana				▭				▭	dati non disp.	
	Torviscosa	industriale			▭	▭			▭	▭	dati non disp.	
(*) attualmente la rete è in manutenzione straordinaria												
Rete Comunale Udine												
	P.le Osoppo	B/C			▭	▭	▭				1998-2001	
	P.le XXVI Luglio	B/C			▭	▭	▭				1998-2001	
	Via Manzoni	B/C		▭	▭	▭	▭	▭			1998-2001	
	Via Cairoli	A			▭	▭	▭	▭			1998-2001	
	S.Osvaldo	D			▭			▭			1998-2001	
	P.le D'Annunzio	B/C			▭	▭	▭				1998-2001	
Gorizia												
	Monfalcone	industriale	Da rilocare		▭	▭	▭			▭		
	Lucinico	industriale	Da rilocare		▭	▭				▭	dati non disp.	
Rete ENEL R.Q.A. Gorizia												
	Doberdò del Lago	industriale			▭	▭				▭	1998-2000	
	Monfalcone	industriale			▭	▭				▭	1998-2000	
	Ronchi dei Legionari	industriale			▭	▭				▭	1998-2000	

Rete di Monitoraggio	Nome Stazione	Tipologia di Stazione	Ubicazione	Inquinanti Misurati							Dati Utilizzati (Periodo)	Osservazioni
				Benzene	NO_X NO_2/NO	SO_2	CO	O_3	NMHC	PTS		
	Fossalon	industriale			▭	▭				▭	1998-2000	
	Papariano di Fiumicello	industriale			▭	▭				▭	1998-2000	
Rete Provinciale Trieste												
	P.zza Goldoni	B/C		▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭*	1998-2001	*Dal 2001 i dati sono disponibili come PM10
	P.zza Libertà	B/C			▭	▭	▭				1998-2001	
	Monte San Pantaleone	extraurbana	stazione ubicata nei pressi di area industriale		▭	▭	▭	▭	▭		1998-2001	
	P.zza Vico	B/C			▭	▭	▭				1998-2001	
	EZIT Illy Caffè	industriale			▭	▭	▭				1998-2001	
	P.zza Vittorio Veneto	B/C		▭			▭				1998-2001	
	Via Battisti	B/C		▭			▭				1998-2001	
	Via Carpineto	B			▭	▭	▭			▭*	1998-2001	*Dal 2001 i dati sono disponibili come PM10
	P.zza Garibaldi	B/C		▭							1998-2001	
Rete Regionale Direzione Foreste F.V.G.												
	Claut (PN)	extraurbana remota	-		▭	▭		▭			1998-2001	
	Sutrio (UD)	extraurbana remota	1750 m s.l.m.		▭	▭		▭			1998-2001	
	Venzone (UD)	extraurbana remota	-		▭	▭		▭			1998-2001	
	Stregna (UD)	extraurbana remota	625 m s.l.m.		▭	▭		▭			1998-2001	
	Doberdò del Lago (GO)	extraurbana remota	120 m s.l.m.		▭	▭		▭			1998-2001	

La *Tabella 3.6.3.6a* evidenzia una buona distribuzione delle stazioni a copertura dell'intero territorio regionale.
Si precisa, inoltre, che l'ubicazione delle centraline è stata scelta con il criterio di andare ad interessare zone potenzialmente caratterizzate da problemi di inquinamento atmosferico (zone ad alta densità di traffico, poli artigianali e industriali, ecc.).

Riferimenti per la Valutazione

I riferimenti per la valutazione sono:

- *DPCM 28/3/83*, *DPR 203/88* e *DM Ambiente 25/11/1994*;
- *DM Ambiente 20/05/1991*, per classificazione delle stazioni di reti fisse di monitoraggio della qualità dell'aria.

3.6.3.7 Scheda dell'Indicatore 6-7: Concentrazioni di Ossidi di Azoto (NO_X), di Biossido di Zolfo (SO_2), di Monossido di Carbonio (CO), di Particelle Sospese Totali (PTS), di Ozono (O_3), di Benzene, di Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) Rilevate dalle Stazioni di Monitoraggio

Codice Indicatore	*6-7*
Tematica	*Aria*
Sottotematica	*Qualità dell'aria*
Indicatore	*Concentrazioni di Ossidi di Azoto (NO_X), di Biossido di Zolfo (SO_2), di Monossido di Carbonio (CO), di Particelle Sospese Totali (PTS), di Ozono (O_3), di Benzene, di Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) rilevate dalle stazioni di monitoraggio*
Tipo	*Stato*
Obiettivo	*Vvalutare la qualità dell'aria su un breve, medio e lungo periodo sulla base dei limiti imposti dalla legislazione vigente*
Riferimenti	*DM 25/11/1994, DM 16/05/1996, DPR 203/1988, DPCM 28/05/1983*
Dati necessari	*Concentrazioni di Ossidi di Azoto (NO_X), di Biossido di Zolfo (SO_2), di Monossido di Carbonio (CO), di Particelle Sospese Totali (PTS), di Ozono (O_3), di Benzene, di Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) rilevate dalle stazioni di monitoraggio*
Fonte	*Rete Provinciale di rilevamento dell'inquinamento atmosferico, Provincia di Pordenone, Rapporto Annuale 1998* *ARPA FVG, Dipartimenti Provinciali di Gorizia, Pordenone, Trieste e Udine, Dati di monitoraggio della qualità dell'aria* *ARPA FVG, Dipartimento Provinciale Trieste, Relazioni sulla qualità dell'aria urbana negli anni 1998-2001* *Comune di Udine, Settore Ecologia, Banca Dati della Rete di Monitoraggio Qualità dell'aria, anni 1994-2001* *Regione FVG, Direzione Regionale delle Foreste, La qualità dell'aria e delle deposizioni atmosferiche sulle foreste del FVG nel 1994* *Regione FVG, Direzione Regionale delle Foreste, La qualità dell'aria e delle deposizioni atmosferiche sulle foreste del FVG nel 1995* *Regione FVG, Direzione Regionale dell'Ambiente, Studio finalizzato all'acquisizione di elementi conoscitivi per la predisposizione del Piano Regionale di risanamento e tutela della qualità dell'aria*
Disponibilità	**Ambito Spaziale:** *provinciale* **Aggiornamento:** *annuale e variabile* **Periodo:** *variabile (generalmente 1997-2001)*

Descrizione, Calcolo e Valutazione

L'obiettivo dell'indicatore prescelto è valutare la qualità dell'aria su un breve, medio e lungo periodo sulla base dei limiti imposti dalla legislazione vigente, riassunti assieme ai relativi riferimenti di legge nelle *Tabelle 3.6.3.7aa ÷ 3.6.3.7af* del successivo paragrafo *Riferimenti per la Valutazione*.
Una valutazione della qualità dell'aria su breve periodo è fornita dalla frequenza di rispetto dei valori guida di qualità dell'aria e dalla frequenza degli *episodi acuti di inquinamento atmosferico*, calcolata come giorni in cui sussiste lo stato di attenzione e/o allarme degli inquinanti normati (NO_2, CO, PTS, SO_2, O_3). Questo dato indica, inoltre, i periodi di criticità, a fronte dei quali è opportuno prendere provvedimenti urgenti di limitazione delle emissioni per riportare la situazione a limiti di accettabilità.
La valutazione della qualità dell'aria su lungo periodo (anno) è data, oltre che dal rispetto dei valori guida applicabili, dal numero di violazioni degli standard di qualità per alcuni inquinanti (NO_2, CO, PTS, O_3, SO_2) e degli obiettivi di qualità per altri (benzene, PM10 ed IPA). Tale numero indica, inoltre, l'eventuale necessità di intervenire con una politica di piano, volta a

individuare le azioni e l'ambito spazio-temporale per riportare la qualità dell'aria stabilmente entro i limiti.
Per il calcolo dell'indicatore in aree urbane si è fatto riferimento, quando possibile, alle misure in continuo rese disponibili dalla rete regionale di rilevamento (reti provinciali e reti comunali) e dalla rete privata gestita dall'ENEL. Per la provincia di Gorizia sono disponibili i dati relativi alla rete di rilevamento industriale ENEL di Monfalcone, unitamente ai risultati di alcune campagne di monitoraggio condotte con laboratorio mobile in diverse località; la rete ENEL, di tipo industriale, rileva essenzialmente NO_x, SO_2 e PTS; i dati completi coprono il triennio 1998-2000.
La qualità dell'aria in aree extraurbane remote è stimata sulla base dei rilievi delle stazioni della Rete Regionale Direzione Foreste F.V.G. (si veda *Indicatore 6-6*), i cui valori sono confrontati con i limiti per la protezione della vegetazione imposti dalla legislazione vigente e/o suggeriti dai principali riferimenti europei non ancora recepiti.
Nelle *Tabelle 3.6.3.7a ÷ 3.6.3.7v*, vengono riportati, per ogni inquinante e stazione ubicata nei centri abitati:

- il trend storico del numero di superamenti del livello di attenzione e allarme, se previsto, disaggregato per provincia;
- il trend storico dei valori di concentrazione previsti dalla legislazione vigente per ciascun inquinante, disaggregati per provincia, al fine di individuare potenziali violazioni degli obiettivi di qualità dell'aria (solo per PM10, benzene ed IPA) o degli standard di qualità dell'aria (per NO_2, CO, PTS, SO_2, O_3).

Per le stazioni poste in ambiente forestale è stata infine realizzata un'unica Tabella di sintesi (*Tabella 3.6.3.7z*).

Ossidi di Azoto

Le *Tabelle 3.6.3.7a ÷ 3.6.3.7d* riportano, per le quattro province, i valori disponibili della concentrazione media oraria massima, del 98° percentile delle medie orarie rilevate nell'arco di un anno e della mediana delle medie orarie rilevate nell'arco di un anno di NO_2, per gli anni dal 1998 al 2001 (laddove disponibili); viene inoltre indicato il numero di volte che, nel corso di ciascun anno, si è avuto il superamento del Livello di Attenzione (LAT), pari a 200 $\mu g/m^3$, e del Livello di Allarme (LAL), pari a 400 $\mu g/m^3$.

Tabella 3.6.3.7a *NO_2: Valori della Concentrazione Media Oraria Massima, del 98° Percentile Annuale e della Mediana (1998-2000) - Pordenone, Rete Provinciale*

Anno	Mediana annua ($\mu g/m^3$)	Massima Conc. Media Oraria ($\mu g/m^3$)	98° Percentile ($\mu g/m^3$)	Numero di superamenti del LAT (conc. > 200 $\mu g/m^3$)	Numero di superamenti del LAL (conc. > 400 $\mu g/m^3$)
Stazione di Pordenone Centro					
1998	44,0	147,2	86,1	0	0
1999	42,7	224,3	162,9	3	0
2000	67,6	197,5	107,5	0	0
2001	61,6	117,3	105,9	0	0
Stazione di Prata					
2000	31,5	87,1	53,3	0	0

Le stazioni di Prata e di Pordenone Centro non evidenziano superamenti del valore limite del 98° percentile. Presso la stazione di Prata, il valore della mediana e del 98° percentile sono di elevata qualità: quest'ultimo valore è pari al 26% del valore limite ed al 39% del valore guida. Nella stazione di Pordenone Centro e nel biennio 2000-2001 il valore della mediana supera il valore guida previsto dalla legislazione attuale, mentre per gli anni 1998-1999 è ad esso prossimo, ma sempre inferiore. I dati evidenziano l'importante contributo del traffico sull'andamento di questo inquinante: le concentrazioni massime a Prata sono poco più del 50% di quelle registrate a Pordenone centro.

Tabella 3.6.3.7b *NO_2: Valori della Concentrazione Media Oraria Massima, del 98° Percentile Annuale e della Mediana (1998-2001) – Trieste, Rete Provinciale*

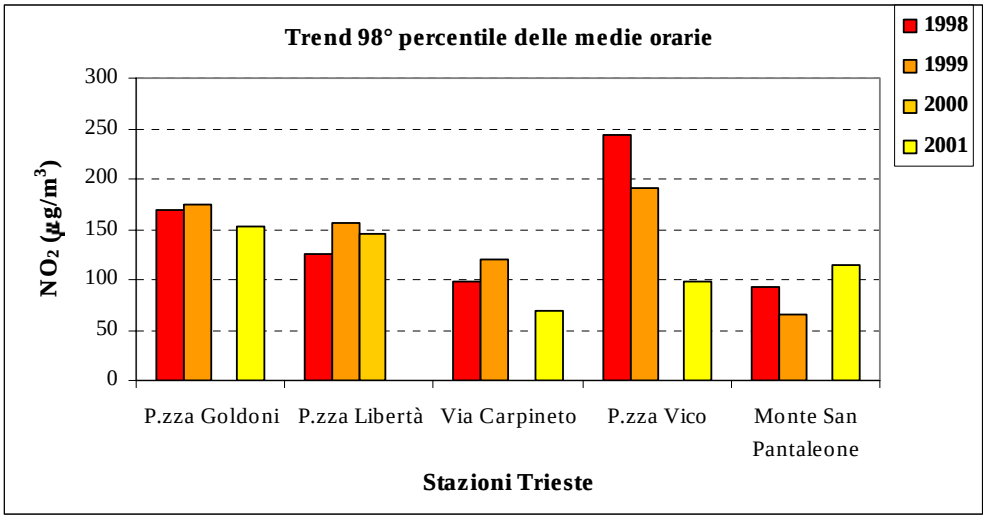
Anno	Mediana annua (µg/m³)	Massima Conc. Media Oraria (µg/m³)	98° Percentile (µg/m³)	Numero di superamenti del LAT (conc. > 200 µg/m³)	Numero di superamenti del LAL (conc. > 400 µg/m³)
Stazione di P.zza Goldoni					
1998	54	310	169	6	0
1999	38	245	174	37	0
2000 (*)	-	-	-	-	-
2001	45	201	152	1	0
Stazione di P.zza Libertà					
1998	56	245	125	2	0
1999	70	317	157	14	0
2000	-	-	145	-	-
2001 (**)	-	-	-	-	-
Stazione di Via Carpineto					
1998	26	189	98	0	0
1999	27	267	120	5	0
2000 (*)	-	-	-	-	-
2001	16	108	69	0	0
Stazione di P.zza Vico					
1998	72	700	244	250	35
1999	62	390	190	17	0
2000 (*)	-	-	-	-	-
2001	38	162	98	0	0
Stazione di Monte San Pantaleone					
1998	23	235	92	1	0
1999	12	148	66	0	0
2000 (*)	-	-	-	-	-
2001	19	186	114	0	0

(*) Dato non disponibile per problemi collegati a carenze nel servizio di manutenzione della rete di monitoraggio: non è stata raggiunta la frequenza di rilevamento sufficiente a validare i dati analitici
(**) Numero di rilievi insufficiente

Tutte le stazioni della rete di Trieste sono di tipo urbano, anche se installate in zone prossime al centro città o in periferia. Nella stazione di Piazza Vico, e solo nel 1998, si osserva il superamento del limite riferito al 98° percentile. In particolare, in tale stazione, si sono manifestati anche i soli episodi di superamento del Limite di Allarme, ma la qualità dell'aria sembra nettamente migliorata nel periodo di riferimento.
Il 98° percentile e la concentrazione oraria massima sono indicativi dei fenomeni di inquinamento acuto. Viceversa i valori della mediana sono maggiormente indicativi dello stato di qualità dell'aria come esso si manifesta

nel corso dell'anno. Nelle stazioni della rete di Trieste il 98° percentile e quindi i fenomeni di inquinamento acuto non evidenziano nel periodo di riferimento significative variazioni (*Figura 3.6.3.7a*), mentre la mediana, ossia l'indicatore del livello di inquinamento medio, mostra, in alcune stazioni, un trend in riduzione, manifestazione di un miglioramento della qualità dell'aria con il passare degli anni.

Figura 3.6.3.7a *NO_2: Trend 1998-2001 del 98° Percentile Annuale delle Medie Orarie di NO_2 nelle Stazioni della Rete Provinciale di Trieste*



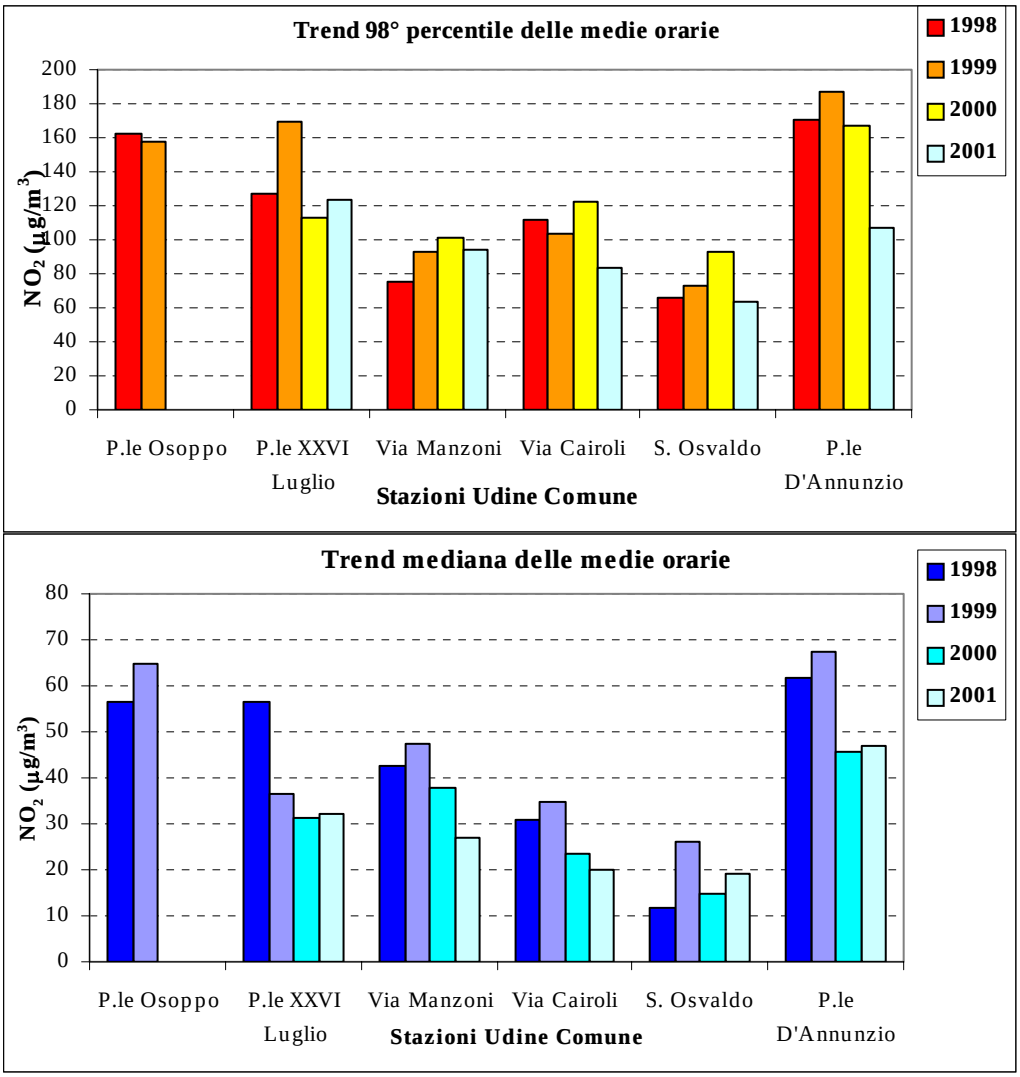
Valore Limite per il 98° Percentile delle medie orarie = 200 µg / m³

Tabella 3.6.3.7c *NO_2: Valori della Concentrazione Media Oraria Massima, del 98° Percentile Annuale e della Mediana (1998-2001) – Udine, Rete Comunale*

Anno	Mediana annua (µg/m³)	Max Conc. Media Oraria (µg/m³)	98° Percentile (µg/m³)	Numero di superamenti del LAT (conc. > 200 µg/m³)	Numero di superamenti del LAL (conc. > 400 µg/m³)
Stazione di P.le Osoppo					
1998	56	348	162	51	0
1999	65	286	158	27	0
2000	-	-	-	-	-
2001	-	-	-	-	-
Stazione di P.le XXVI Luglio					
1998	56	196	128	0	0
1999	37	327	170	42	0
2000	31	291	113	3	0
2001	32	302	124	10	0
Via Manzoni					
1998	42	95	75	0	0
1999	48	122	93	0	0
2000	38	271	101	2	0
2001	27	149	94	0	0
Via Cairoli					
1998	31	238	111	8	0
1999	35	160	104	0	0
2000	23	287	122	4	0
2001	20	134	83	0	0
S. Osvaldo					
1998	12	183	66	0	0
1999	26	111	73	0	0
2000	15	160	92	0	0
2001	19	167	63	0	0
P.le D'Annunzio					
1998	62	276	170	38	0
1999	67	264	186	48	0
2000	46	279	167	64	0
2001	47	178	107	0	0

In tutte le stazioni ubicate nel Comune di Udine il 98° percentile si è mantenuto, nel quadriennio 1998-2001, sempre al di sotto del limite di legge (200 µg / m³), raggiungendo, tuttavia, in alcune stazioni, valori superiori al valore guida (135 µg / m³); ciò è attribuibile al fatto che le stazioni sono ubicate in pieno centro cittadino, caratterizzato da elevato traffico veicolare.
Anche il valore della mediana si è mantenuto, in quasi tutte le stazioni, al di sotto del valore guida; fanno eccezione le stazioni di P.le D'Annunzio e di P.le Osoppo per le quali, sia nel 1998 che nel 1999, la mediana si attesta al di sopra del valore di riferimento; nella stazione di P.le D'Annunzio si è registrato, tuttavia, un certo miglioramento nel corso dell'anno 2000, confermato nel 2001.
In *Figura 3.6.3.7b* è mostrato il trend 1998-2001 del 98° percentile annuale delle medie orarie di NO_2 e della mediana annuale delle medie orarie. Come già visto per la città di Trieste, mentre il 98° percentile non evidenzia un trend ben definito, in quattro stazioni su sei il livello di inquinamento medio (indicato dal valore della mediana) mostra un miglioramento.

Figura 3.6.3.7b *NO_2: Trend 1998-2001 del 98° Percentile Annuale delle Medie Orarie di NO_2 e della Mediana Annuale delle Medie Orarie di NO_2 per le Stazioni della Rete Comunale di Udine*



Valore Limite per il 98° Percentile delle medie orarie = 200 µg / m³
Valore Guida per la Mediana delle medie orarie = 50 µg / m³

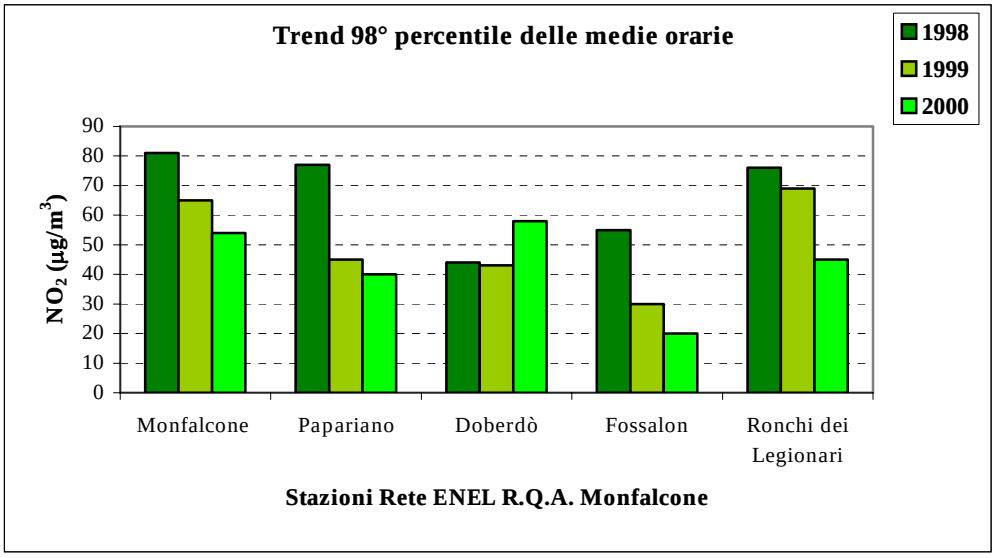
Tabella 3.6.3.7d *NO_2: Valori della Concentrazione Media Annua e del 98° Percentile Annuale (1998-2000) – Gorizia, Rete ENEL R.Q.A. di Monfalcone*

Anno	Media Annua (μg/m³)	98° Percentile (μg/m³)	Numero di superamenti del LAT (conc. > 200 μg/m³)	Numero di superamenti del LAL (conc. > 400 μg/m³)
Stazione di Monfalcone				
1998	-	81	-	-
1999	18	65	-	-
2000	13	54	-	-
Stazione di Papariano di Fiumicello				
1998	-	77	-	-
1999	11	45	-	-
2000	9	40	-	-
Stazione di Doberdò del Lago				
1998	-	44	-	-
1999	9	43	0	0
2000	16	58	0	0
Stazione di Fossalon di Grado				
1998	-	55	-	-
1999	7	30	-	-
2000	4	20	-	-
Stazione di Ronchi dei Legionari				
1998	-	76	-	-
1999	18	69	-	-
2000	10	45	-	-

Le stazioni di questa rete non sono ubicate all'interno di grossi centri urbani, per cui i valori registrati sono generalmente di qualità e ben inferiori a quelli già visti per le città di Udine, Trieste e Pordenone. Dal 1998 al 2000 si può osservare, in linea di massima, un miglioramento progressivo e generalizzato per tutte le Stazioni prese in esame, con la sola eccezione della stazione di Doberdò del Lago per la quale il valore del 98° percentile è tornato a crescere nell'anno 2000.

Nella *Figura 3.6.3.7c* è mostrato il trend 1998-2000 del 98° percentile delle medie orarie rilevate nell'arco di un anno di NO_2 per le stazioni della rete ENEL R.Q.A. di Monfalcone.

Figura 3.6.3.7c *NO_2: Trend 1998-2000 del 98° Percentile Annuale delle Medie Orarie di NO_2 per le Stazioni della Rete ENEL R.Q.A. di Monfalcone*



Valore Limite per il 98° Percentile delle medie orarie = 200 µg / m³

Biossido di Zolfo

Le *Tabelle 3.6.3.7e ÷ 3.6.3.7h* riportano, per le quattro province, i valori disponibili della mediana delle concentrazioni medie delle 24 ore e del 98° percentile delle medie delle 24 ore rilevate nell'arco di un anno di SO_2 per gli anni dal 1998 al 2001 (laddove disponibili); viene, inoltre, indicato il numero di volte che, nell'arco di ciascun anno, si è avuto il superamento del Livello di Attenzione (LAT), pari a 125 µg / m³, e del Livello di Allarme (LAL), pari a 250 µg / m³.

Tabella 3.6.3.7e *SO_2: Valori della Mediana Annuale e del 98° Percentile Annuale (1998-2001) – Pordenone, Rete Provinciale*

Anno	Mediana annuale (µg/m³)	98° Percentile (µg/m³)	Numero di superamenti del LAT (conc > 125 µg/m³)	Numero di superamenti del LAL (conc. > 250 µg/m³)
Stazione di Pordenone Centro				
1998	3	14,3	0	0
1999	4,8	15,1	0	0
2000	4,6	14,1	0	0
2001	4,6	14,0	0	0
Stazione di Brugnera				
1998	1,6	12,5	0	0
1999	3,9 (*)	6,5 (*)	-	-
2000	7,6 (*)	37,9 (*)	-	-
Stazione di Caneva				
1998	1,5	12,3	0	0
1999	1,9 (*)	6,3 (*)	-	-
2000	2,5 (*)	14,3 (*)	-	-
Stazione di Fanna				
1998	2,8	11,3	0	0
1999	1,2 (*)	7,1 (*)	-	-
2000	2,4 (*)	10,9 (*)	-	-
Stazione di Prata				
1998	1,5	9,0	0	0
1999	-	-	-	-
2000	0,6 (*)	4,3 (*)	-	-
Stazione di Sequals				
1998	3,4	16,0	0	0
1999	2,1 (*)	8,9 (*)	-	-
2000	3,5 (*)	16,3 (*)	-	-

(*) Dato valutato sulla base dei valori medi mensili

In tutte le stazioni i valori registrati sono nettamente di qualità. D'altra parte questa è la situazione che ormai si registra nella maggior parte delle città italiane, per il sempre più diffuso utilizzo del gas metano come combustibile negli impianti di riscaldamento domestico, oltre al fatto che il tenore di zolfo dei combustibili per auto è andato rapidamente decrescendo nel corso degli anni.

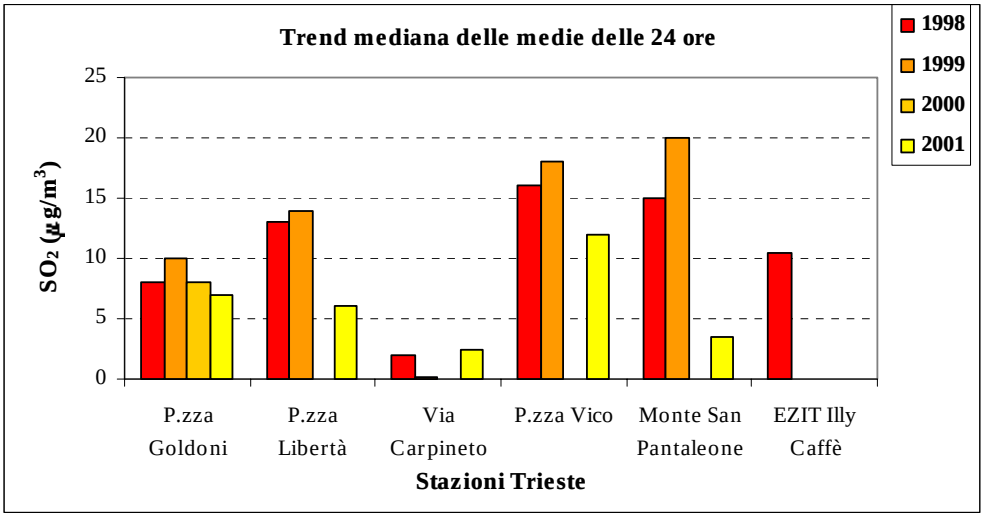
Tabella 3.6.3.7f *SO_2: Valori della Mediana Annuale e del 98° Percentile Annuale (1998-2001) – Trieste, Rete Provinciale*

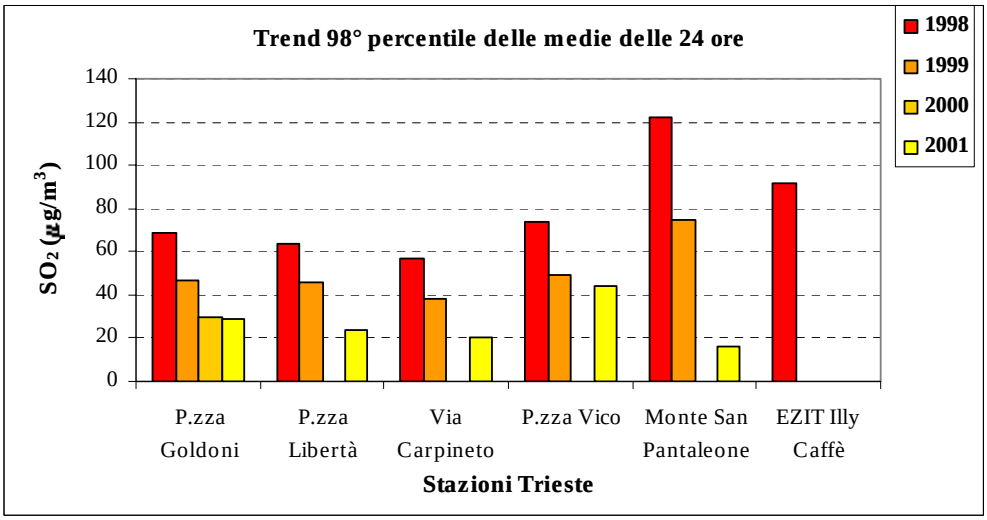
Anno	Mediana annuale (µg/m³)	98° Percentile (µg/m³)	Numero di superamenti del LAT (conc > 125 µg/m³)	Numero di superamenti del LAL (conc. > 250 µg/m³)
Stazione di Piazza Goldoni				
1998	8	69	0	0
1999	10	47	0	0
2000	8	30	0	0
2001	7	29	0	0
Stazione di Piazza Libertà				
1998	13	64	0	0
1999	14	46	0	0
2000 (*)	-	-	-	-
2001	6	24	0	0
Stazione di Monte San Pantaleone				
1998	2	57	1	0
1999	0	38	0	0
2000 (*)	-	-	-	-
2001	2	20	0	0
Stazione di Piazza Vico				
1998	16	74	0	0
1999	18	49	0	0
2000 (*)	-	-	-	-
2001	12	44	0	0
Stazione di Via Carpineto				
1998	15	122	0	0
1999	20	75	0	0
2000 (*)	-	-	-	-
2001	3	16	0	0
Stazione di EZIT Illy Caffè				
1998	10	92	1	0
1999	-	-	-	-
2000 (*)	-	-	-	-
2001 (**)	-	-	-	-

(*) Dato non disponibile per problemi collegati a carenze nel servizio di manutenzione della rete di monitoraggio: non è stata raggiunta la frequenza di rilevamento sufficiente a validare i dati analitici
(**) Stazione spenta

Anche a Trieste le concentrazioni di SO_2 sono generalmente di qualità. La stazione di via Carpineto evidenzia le maggiori concentrazioni del 98° percentile, attribuibili alle emissioni discontinue e saltuarie di gas dalla cokeria del vicino stabilimento siderurgico, che è in fase di ristrutturazione, come sembra emergere dal valore decisamente più basso registrato nel 2001. La *Figura 3.6.3.7d* mostra il trend 1998-2001 dei valori assunti dalla mediana delle concentrazioni medie delle 24 ore e dal 98° percentile delle medie delle 24 ore rilevate nell'arco di un anno di SO_2 per le stazioni della rete provinciale di Trieste.

Figura 3.6.3.7d *SO_2: Trend 1998-1999 del 98° Percentile Annuale e della Mediana delle Medie delle 24 Ore nelle Stazioni della Rete Provinciale di Trieste*





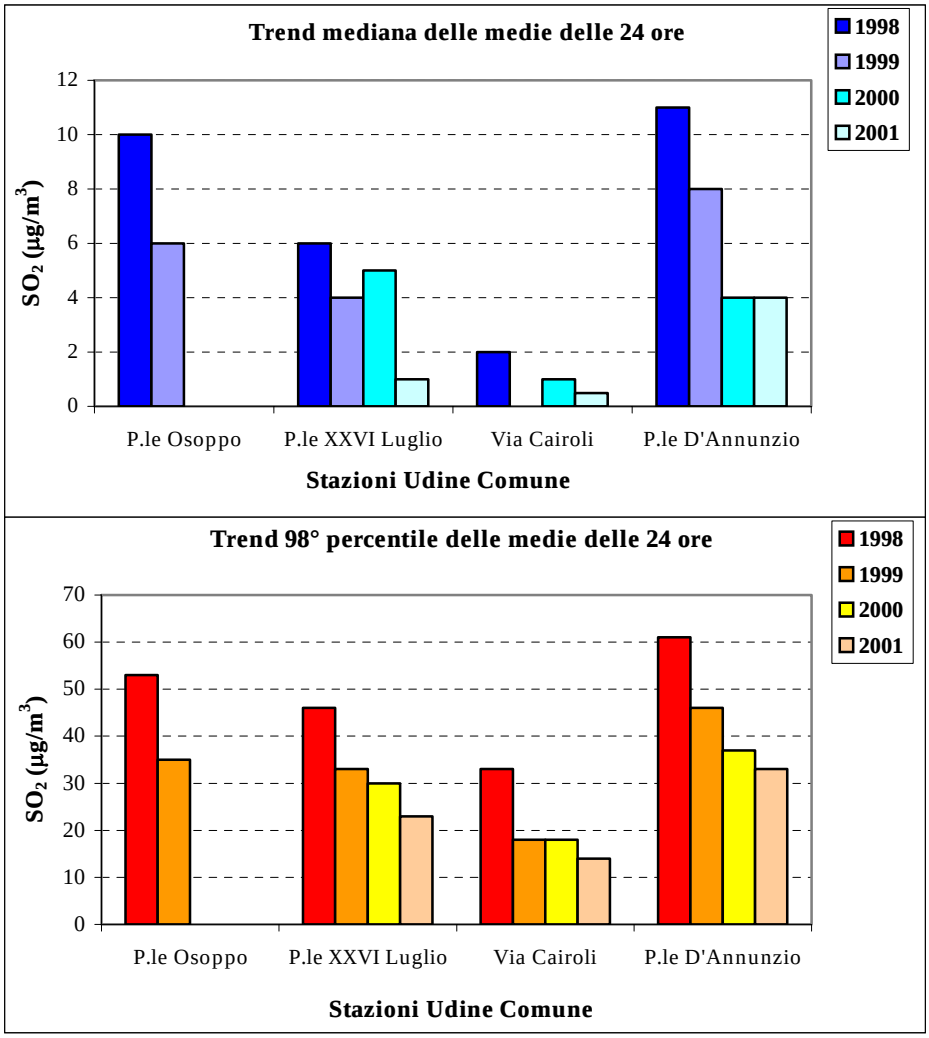
Valore Limite per la Mediana delle medie giornaliere = 80 µg / m³
Valore Limite per il 98° Percentile delle medie giornaliere = 250 µg / m³

Tabella 3.6.3.7g *SO_2: Valori della Mediana Annuale e del 98° Percentile Annuale (1998-2001) – Udine, Rete Comunale*

Anno	Mediana annuale (µg/m³)	98° Percentile (µg/m³)	Numero di superamenti del LAT (conc > 125 µg/m³)	Numero di superamenti del LAL (conc. > 250 µg/m³)
Stazione di P.le Osoppo				
1998	10	53	0	0
1999	6	35	0	0
2000	-	-	-	-
2001	-	-	-	-
Stazione di P.le XXVI Luglio				
1998	6	46	0	0
1999	4	33	0	0
2000	5	30	0	0
2001	1	23	0	0
Via Cairoli				
1998	2	33	0	0
1999	0	18	0	0
2000	1	18	0	0
2001	1	14	0	0
P.le D'Annunzio				
1998	11	61	0	0
1999	8	46	0	0
2000	4	37	0	0
2001	4	33	0	0

Anche in questa città, in tutte le stazioni sia il valore della mediana annuale che quello del 98° percentile annuale risultano sensibilmente al di sotto dei rispettivi valori limite. E' tuttavia significativa la riduzione dei valori di concentrazione manifestatasi nel quadriennio considerato, a fronte di valori già bassi registrati all'inizio del periodo. La *Figura 3.6.3.7e* mostra il trend 1998-2001 dei valori assunti dalla mediana delle concentrazioni medie delle 24 ore e dal 98° percentile delle medie delle 24 ore rilevate nell'arco di un anno di SO_2 per le stazioni della rete comunale di Udine.

Figura 3.6.3.7e *SO_2: Trend 1998-2001 del 98° Percentile Annuale e della Mediana delle Medie delle 24 Ore nelle Stazioni della Rete Comunale di Udine*



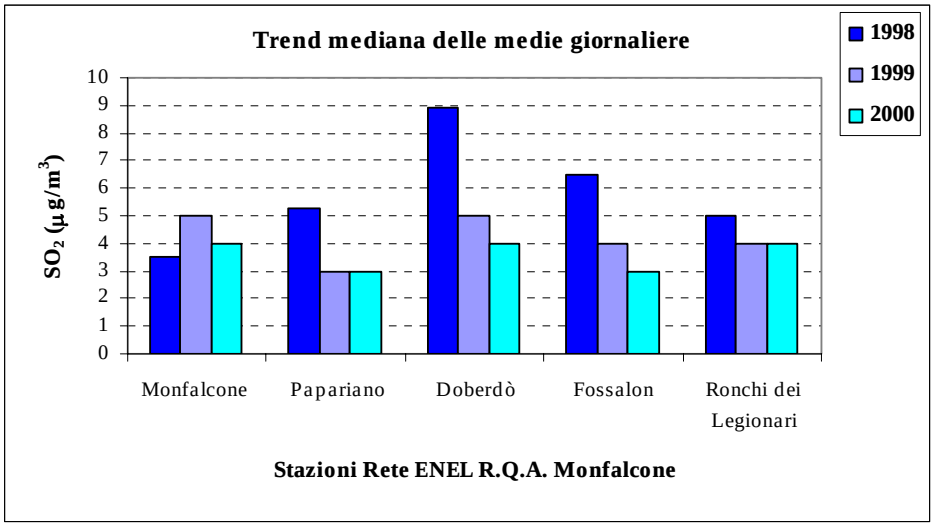
Valore Limite per la Mediana delle medie giornaliere = 80 µg / m³
Valore Limite per il 98° Percentile delle medie giornaliere = 250 µg / m³

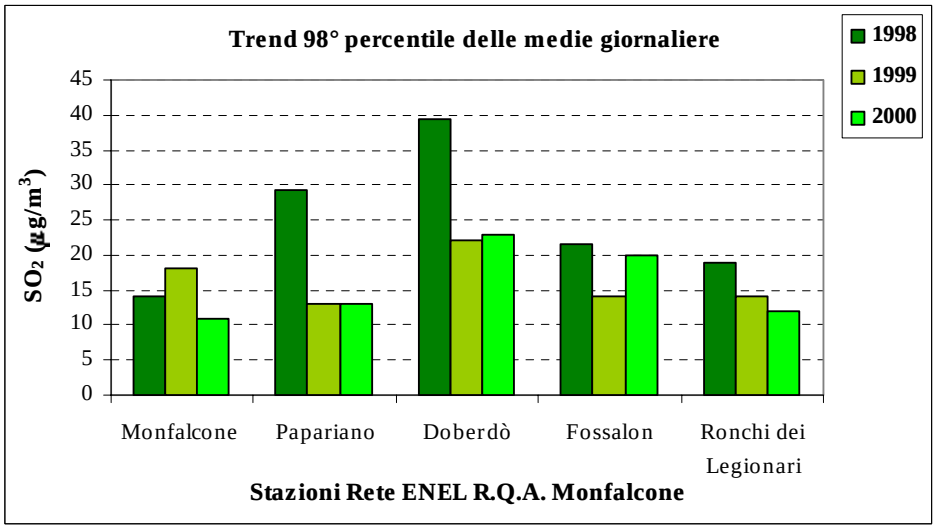
Tabella 3.6.3.7h *SO_2: Valori della Mediana Annuale e del 98° Percentile Annuale (1998-2000) – Gorizia, Rete ENEL R.Q.A. di Monfalcone*

Anno	Mediana annuale (µg/m³)	98° Percentile (µg/m³)	Numero di superamenti del LAT (conc > 125 µg/m³)	Numero di superamenti del LAL (conc. > 250 µg/m³)
Stazione di Monfalcone				
1998	4	14	0	0
1999	5	18	0	0
2000	4	11	0	0
Stazione di Papariano di Fiumicello				
1998	5	30	0	0
1999	3	13	0	0
2000	3	13	0	0
Stazione di Doberdò del Lago				
1998	9	40	0	0
1999	5	22	0	0
2000	4	23	0	0
Stazione di Fossalon di Grado				
1998	7	22	0	0
1999	4	14	0	0
2000	3	20	0	0
Stazione di Ronchi dei Legionari				
1998	5	19	0	0
1999	4	14	0	0
2000	4	12	0	0

I valori sono di qualità in tutte le stazioni. Nella stazione di Doberdò le concentrazioni risultano mediamente più elevate che altrove, probabilmente a causa della prossimità all'area industriale ed alla Centrale ENEL. Comunque, nel corso del quadriennio si registra una notevole riduzione del livello di inquinamento anche in questa stazione, probabilmente dovuto ad una riduzione delle emissioni di origine industriale.
La *Figura 3.6.3.7f* mostra il trend 1998-2000 dei valori assunti dalla mediana delle concentrazioni medie delle 24 ore di SO_2 e dal 98° percentile annuale delle medie delle 24 ore di SO_2 per le stazioni della rete ENEL R.Q.A. di Monfalcone.

Figura 3.6.3.7f *SO_2: Trend 1998-2000 della Mediana Annuale e del 98° Percentile Annuale per le stazioni della Rete ENEL R.Q.A. di Monfalcone*





Valore Limite per la Mediana delle medie giornaliere = 80 µg / m³
Valore Limite per il 98° Percentile delle medie giornaliere = 250 µg / m³

Monossido di Carbonio

Le *Tabelle 3.6.3.7i ÷ m* riportano, per tre delle quattro province, i valori disponibili del 98° percentile delle medie orarie rilevate nell'arco di un anno per gli anni dal 1999 al 2001; vengono inoltre indicati:

- il numero di volte che, nell'arco di ciascun anno, la concentrazione media nelle 8 ore ha superato il valore limite di 10 mg / m³ (laddove disponibili);
- il numero di volte che, nell'arco di ciascun anno, la concentrazione media oraria ha superato il valore limite di 40 mg / m³, il Livello di Attenzione (LAT), pari a 15 mg / m³, e il Livello di Allarme (LAL), pari a 30 mg / m³.

Tabella 3.6.3.7i *CO: Numero di Superamenti e 98° Percentile Annuale (1998-2001) – Pordenone, Rete Provinciale*

Anno	98° percentile (mg/m³)	Numero superamenti del valore limite (> 40 mg/m³)	Numero di superamenti del LAL (> 30 mg/m³)	Numero di superamenti del LAT (> 15 mg/m³)
Stazione di Pordenone Centro				
1998	4,8	0	0	2
1999	4,5	0	0	0
2000	4,6 (*)	-	-	-
2001	-	-	-	-
Stazione di Brugnera				
1998	3,7	0	0	2
1999	-	-	-	-
2000	3,5 (*)	-	-	-
Stazione di Prata				
1998	4,1	0	0	2
1999	3,1 (*)	-	-	-
2000	2,0 (*)	-	-	-

(*) Dato valutato sulla base dei valori medi mensili

Nelle stazioni prese in esame si registrano soltanto sporadici superamenti del Livello di Attenzione soltanto per l'anno 1998.

Tabella 3.6.3.7l *CO: Numero di Superamenti e 98° Percentile Annuale (1998-2001) – Trieste, Rete Provinciale*

Anno	98° percentile (mg/m³)	Numero di superamenti del valore limite (> 40 mg/m³)	Numero di superamenti del LAL (> 30 mg/m³)	Numero di superamenti del LAT (> 15 mg/m³)	Numero di superamenti del valore limite in 8 ore (> 10 mg/m³)
Stazione di Piazza Goldoni					
1998	8,9	0	0	9	7
1999	7,8	0	0	2	3
2000	7,3	0	0	0	0
2001	6,3	1	2	4	2
Stazione di Piazza Libertà					
1998	4,1	0	0	0	0
1999	4,2	0	0	1	0
2000	3,8	0	0	0	0
2001	3,5	0	0	0	0
Stazione di Monte San Pantaleone					
1998	1,9	0	0	0	0
1999	1,6	0	0	0	0
2000 (*)	-	-	-	-	-
2001	1,6	0	0	0	0
Stazione di Piazza Vico					
1998	8,3	0	0	18	3
1999	7,3	0	0	4	2
2000 (*)	-	-	-	-	-
2001	6,1	0	0	0	0
Stazione di Via Carpineto					
1998	3,5	0	0	0	0
1999	3,1	0	0	0	0
2000 (*)	-	-	-	-	-
2001	2,2	0	0	0	0
Stazione di EZIT Illy Caffè					
1998	2,5	0	0	0	0
1999	-	-	-	-	-
2000 (*)	-	-	-	-	-
2001 (**)	-	-	-	-	-
Stazione di via Battisti					
1998	11,3	0	0	31	12
1999	10,0	0	0	10	8
2000	9,1	0	0	9	9
2001	8,8	0	0	3	0
Stazione di Piazza Vittorio Veneto					
1998	4,7	0	0	2	2
1999	4,5	0	0	0	0
2000 (*)	-	-	-	-	-
2001 (***)	-	-	-	-	-

(*) Dato non disponibile per problemi collegati a carenze nel servizio di manutenzione della rete di monitoraggio: non è stata raggiunta la frequenza di rilevamento sufficiente a validare i dati analitici
(**) Stazione spenta
(***) Numero di misure insufficienti a validare i dati analitici

In linea generale nel quadriennio 1998-2001 si può osservare, un miglioramento progressivo e generalizzato per tutte le stazioni prese in esame. Il numero di superamenti dei valori limiti, del Livello di Attenzione e del Livello di Allarme, laddove registrati, è andato, infatti, progressivamente diminuendo, con la sola eccezione della stazione di Piazza Goldoni.

Tabella 3.6.3.7m *CO: Numero di Superamenti e 98° Percentile Annuale (1998-2001) – Udine, Rete Comunale*

Anno	98° percentile (mg/m³)	Numero di superamenti del valore limite (> 40 mg/m³)	Numero di superamenti del LAL (> 30 mg/m³)	Numero di superamenti del LAT (> 15 mg/m³)
Stazione di P.le Osoppo				
1998	9,7	0	0	29
1999	7,6	0	0	3
2000	-	-	-	-
2001	-	-	-	-
Stazione di P.le XXVI Luglio				
1998	6,4	0	0	6
1999	5,7	0	0	1
2000	4,5	0	0	0
2001	3,8	0	0	0
Via Cairoli				
1998	3,3	0	0	0
1999	3,0	0	0	0
2000	2,6	0	0	0
2001	3,5	0	0	0
P.le D'Annunzio				
1998	5,3	0	0	2
1999	4,6	0	0	0
2000	3,7	0	0	0
2001	4,8	0	0	0
Via Manzoni				
1998	4,6	0	0	0
1999	4,3	0	0	0
2000	3,4	0	0	0
2001	2,8	0	0	0

Anche per il comune di Udine nel periodo 1998-2001 si può osservare un miglioramento progressivo e generalizzato per tutte le stazioni prese in esame, dovuto essenzialmente alla riduzione delle emissioni specifiche avvenuta nel periodo di riferimento, conseguenti al rinnovo del parco auto. Il numero di superamenti dei valori limite, del Livello di Attenzione e del Livello di Allarme, registrati nelle stazioni di Piazzale Osoppo, di Piazzale XXVI Luglio e di Piazzale D'Annunzio è progressivamente diminuito.

Polveri Totali Sospese

Le *Tabelle 3.6.3.7n, 3.6.3.7o e 3.6.3.7q* riportano, per tre delle quattro province, i valori della media aritmetica annuale delle concentrazioni medie delle 24 ore e del 95° percentile delle medie delle 24 ore rilevate nell'arco di un anno di polveri, per gli anni dal 1999 al 2001 (laddove disponibili); viene inoltre indicato il numero di volte che, nell'arco di ciascun anno, la concentrazione media delle 24 ore ha superato il Livello di Attenzione (LAT), pari a 150 $\mu g / m^3$, e il Livello di Allarme (LAL), pari a 300 $\mu g / m^3$.
Anche le polveri sono un inquinante determinato dal traffico, a causa di emissioni da motori, dell'usura dell'asfalto e dei pneumatici e del risollevamento delle polveri depositate sulle strade, da impianti industriali e di riscaldamento.

L'apporto del traffico urbano risulta, comunque, considerevole, come si desume raffrontando, a titolo esemplificativo, i valori rilevati nella stazione di Pordenone centro, ove anche gli altri inquinanti da traffico sono elevati, con quelli registrati nelle rimanenti stazioni della rete, dislocate tutte in piccoli centri.

Tabella 3.6.3.7n *PTS: Media Aritmetica Annuale, Numero di Superamenti del LAL e del LAT e 95° Percentile Annuale (1998-2001) – Pordenone, Rete Provinciale*

Anno	Media aritmetica annuale ($\mu g/m^3$)	95° Percentile ($\mu g/m^3$)	Numero di superamenti del LAL (conc. > 300 $\mu g/m^3$)	Numero di superamenti del LAT (conc. >150 $\mu g/m^3$)
Stazione di Pordenone Centro				
1998	61,8	125,3	1	12
1999	67,2	140,0	0	6
2000	66,6		-	-
2001	45,7	-	-	-
Stazione di Brugnera				
1998	43,4	90,1	0	4
1999	-	-	-	-
2000	-	-	-	-
2001	-	-	-	-
Stazione di Caneva				
1998	62,9	127,7	0	7
1999	50,3	134,0 (*)	-	-
2000	34,4	65,1 (*)	-	-
2001	-	-	-	-
Stazione di Fanna				
1998	25,4	52,4	0	0
1999	23,3	40,4 (*)	-	-
2000	34,4	70,1 (*)	-	-
2001	21,4	-	0	0
Stazione di Porcia				
1998	38,8	67,6	0	0
1999	41,0	86,2 (*)	-	-
2000	43,2	87,4 (*)	-	-
2001	30,3	-	0	0
Stazione di Prata				
1998	40,3	80,9	0	3
1999	39,1	76,9 (*)	-	-
2000	43,6	75,6 (*)	-	-
2001	25,6	-	0	0
Stazione di Sequals				
1998	26,0	51,8	0	0
1999	20,0	20,7 (*)	-	-
2000	36,2	63,9 (*)	-	-
2001	-	-	-	-

(*) Dato valutato sulla base dei valori medi mensili

Per tutte le stazioni dove vengono misurate le polveri, si può osservare che sia i valori della media aritmetica annuale delle concentrazioni medie delle 24 ore che quelli del 95° percentile risultano al di sotto dei rispettivi valori limite. Per la stazione di Pordenone Centro, per la quale sono disponibili più dati, si può osservare che nel 1998 si sono avuti 12 superamenti del Livello di Attenzione, pari a 150 $\mu g / m^3$, ed 1 superamento del Livello di Allarme, pari a 300 $\mu g / m^3$;

nel 1999 il numero dei superamenti è sceso, rispettivamente, a 6 e 0, evidenziando così una tendenza al miglioramento.

Tabella 3.6.3.7o *PTS: Media Aritmetica Annuale, Numero di Superamenti del LAL e del LAT e 95° Percentile Annuale (1998-2001) – Trieste, Rete Provinciale*

Anno	Media aritmetica annuale (μg/m³)	95° Percentile (μg/m³)	Numero di superamenti del LAL (conc. > 300 μg /m³)	Numero di superamenti del LAT (conc. >150 μg/m³)
Stazione di Piazza Goldoni				
1998	42	119	0	0
1999 (*)	-	-	-	-
2000 (**)	-	-	-	-
Stazione di Via Carpineto				
1998	33	65	0	0
1999 (*)	-	-	-	-
2000	44	84	0	0

(*) Dato non disponibile per problemi collegati a carenze nel servizio di manutenzione della rete di monitoraggio: non è stata raggiunta la frequenza di rilevamento sufficiente a validare i dati analitici
(**) Nell'anno 2000 il campionamento nella presente stazione non è stato effettuato

Si evidenzia una scarsa disponibilità di misure. I valori della media aritmetica annuale e del 95° percentile elaborati a partire dai dati misurati presso le stazioni di Via Carpineto e di Piazza Goldoni risultano comunque al di sotto dei rispettivi valori limite.

La *Tabella 3.6.3.7p* si riferisce ai valori limite previsti dalla *Direttiva europea 1999/30/CE del 22 aprile 1999*, di prossimo recepimento, relativamente al valore limite annuale per la protezione della salute umana, che risultava, per l'anno 2001, pari a 46.4 μg / m³, ed al valore limite di 24 ore, che, sempre per il 2001, era fissato in 70 μg / m³.
La Direttiva prescrive che quest'ultimo limite non debba essere superato più di 35 volte l'anno: nell'arco del 2001, nelle due postazioni monitorate, non si sono riscontrati superamenti dei suddetti limiti.

Tabella 3.6.3.7p *PM10: Valore limite Annuale, Numero di Superamenti del Valore Limite di 24 Ore (2001) – Trieste, Rete Provinciale*

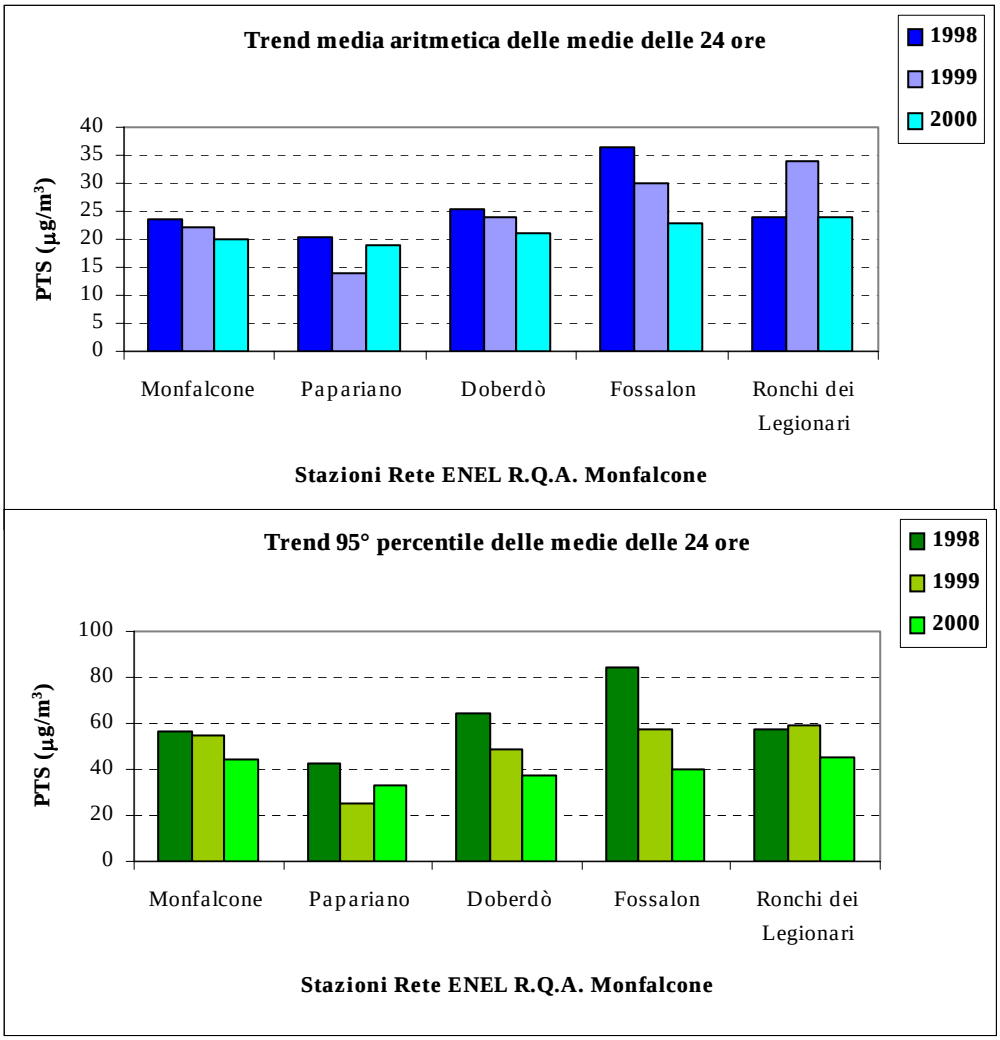
	Media aritmetica annuale (μg/m³)	Numero di superamenti del valore limite di 24 ore
Stazione di Piazza Goldoni	38	23
Stazione di Via Carpineto	37	22

Tabella 3.6.3.7q *PTS: Media Aritmetica Annuale, Numero di Superamenti dell' LAL e dell'LAT e 95° Percentile Annuale (1998-2000) – Gorizia, Rete ENEL R.Q.A. di Monfalcone*

Anno	Media aritmetica annuale (µg/m³)	95° Percentile (µg/m³)	Numero di superamenti del LAL (conc. > 300 µg /m³)	Numero di superamenti del LAT (conc. >150 µg/m³)
Stazione di Monfalcone				
1998	24	56	0	0
1999	22	55	0	0
2000	20	44	0	0
Stazione di Papariano di Fiumicello				
1998	20	42	0	1
1999	14	25	0	0
2000	19	33	0	0
Stazione di Doberdò del Lago				
1998	25	65	0	0
1999	24	49	0	0
2000	21	37	0	0
Stazione di Fossalon di Grado				
1998	36	84	0	0
1999	30	57	0	0
2000	23	40	0	0
Stazione di Ronchi dei Legionari				
1998	24	58	0	1
1999	34	59	0	0
2000	24	45	0	0

Si osserva che in tutte le stazioni prese in esame sia il valore della media aritmetica annuale che quello del 95° percentile annuale risultano significativamente al di sotto dei rispettivi valori limite. Nel 1998 si registrano due superamenti del Livello di Attenzione, pari a 150 µg / m³, nelle due stazioni di Ronchi dei Legionari e di Papariano di Fiumicello.
Nella *Figura 3.6.3.7g* è mostrato il trend 1998-2001 della media aritmetica annuale delle concentrazioni medie delle 24 ore e del 95° percentile delle medie delle 24 ore rilevate nell'arco di un anno di PTS per le stazioni della Rete ENEL.

Figura 3.6.3.7g *PTS: Trend 1998-2000 del 95° Percentile Annuale e della Media Aritmetica per le Stazioni della Rete ENEL R.Q.A. di Monfalcone*



Valore Limite per il 95° Percentile delle medie delle 24 ore = 300 µg / m³
Valore Limite per la Media Aritmetica delle medie delle 24 ore = 150 µg / m³

Ozono

Le *Tabelle 3.6.3.7r ÷ 3.6.3.7t* riportano, per tre delle quattro province, i valori disponibili della concentrazione media oraria massima per gli anni dal 1999 al 2001; viene inoltre indicato il numero di volte che, nell'arco di ciascun anno, la concentrazione media oraria ha superato il Livello di Attenzione (LAT), pari a 180 µg / m³, e il Livello di Allarme (LAL), pari a 360 µg / m³.

Tabella 3.6.3.7r *Ozono: Concentrazione Massima Oraria, Numero di Superamenti del LAL e del LAT (1998-2001) – Pordenone, Rete Provinciale*

Anno	Concentrazione Massima Oraria (µg/m³)	Numero di superamenti del valore limite (conc. > 200 µg /m³)	Numero di superamenti del LAL (conc. > 360 µg /m³)	Numero di superamenti del LAT (conc. > 180 µg /m³)
Stazione di Pordenone Centro				
1998	176	0	0	0
1999 (*)	-	-	-	-
2000 (*)	-	-	-	-
2001	190	0	0	2

(*) Misuratore non attivo

Presso la stazione di Pordenone centro, negli anni 1998 e 2001, non sono stati registrati superamenti del valore limite, pari a 200 µg / m³ (da non raggiungere più di una volta al mese) e del Livello di Allarme, pari a 360 µg / m³; il Livello di Attenzione, pari a 180 µg / m³ è stato superato, nel 2001, due volte.

Tabella 3.6.3.7s *Ozono: Concentrazione Massima Oraria, Numero di Superamenti dell'LAL e dell'LAT (1998-2000) – Trieste, Rete Provinciale*

Anno	Concentrazione Massima Oraria (µg/m³)	Numero di superamenti del valore limite (conc. > 200 µg /m³)	Numero di superamenti del LAL (conc. > 360 µg /m³)	Numero di superamenti del LAT (conc. > 180 µg /m³)
Stazione di Piazza Goldoni				
1998	325	3	0	4
1999	90	0	0	0
2000	151	0	0	0
2001	176	0	0	0
Stazione di Monte San Pantaleone				
1998	200	1	0	4
1999	231	1	0	1
2000 (*)	-	-	-	-
2001 (*)	-	-	-	-

(*) Negli anni 2000-2001 il campionamento nella presente stazione non è stato effettuato

Si evidenziano sporadici superamenti del valore limite e del Livello di Attenzione. La stazione di Piazza Goldoni mostra, inoltre, una tendenza, negli ultimi tre anni, ad un aumento della concentrazione massima oraria.

Tabella 3.6.3.7t *Ozono: Concentrazione Massima Oraria, Numero di Superamenti dell'LAL e dell'LAT (1998-2001) – Udine, Rete Comunale*

Anno	Concentrazione Massima Oraria (µg/m³)	Numero di superamenti del valore limite (conc. > 200 µg /m³)	Numero di superamenti del LAL (conc. > 360 µg /m³)	Numero di superamenti del LAT (conc. > 180 µg /m³)
Stazione di S.Osvaldo				
1998	192	0	0	13
1999	142	0	0	0
2000	206	1	0	12
2001	240	7	0	32
Stazione di Via Manzoni				
1998	74	0	0	0
1999	159	0	0	0
2000	203	1	0	20
2001	192	0	0	1
Via Cairoli				
1998	210	6	0	43
1999	192	0	0	8
2000	215	6	0	34
2001	222	9	0	35

Delle tre reti di monitoraggio dell'ozono, quella di Udine presenta una maggiore disponibilità di misure. Si evidenziano superamenti sia del valore limite che del Livello di Attenzione. Negli ultimi tre anni, si registra un aumento complessivo della concentrazione massima oraria.

Benzene

Nell'aprile del 2001 è stata avviata la prima campagna annuale, su scala regionale, finalizzata all'accertamento delle concentrazioni di benzene nell'aria dei quattro capoluoghi di provincia della regione Friuli Venezia Giulia. La campagna di monitoraggio è stata estesa ad un anno al fine di esplorare tutte le condizioni ambientali che possono influenzare i processi di accumulo e di dispersione dell'inquinante nell'atmosfera urbana delle città in studio.
Come indicatore statistico è stata utilizzata la media annua, il cui limite attuale, rappresentato dall'obiettivo di qualità indicato dal *DM 25/11/1994*, è di 10 µg / m³. La direttiva europea *2000/69/CE* (in fase di recepimento) ridurrà, al 1 gennaio 2010, tale limite a 5 µg / m³. Lo scopo ultimo dell'indagine è quello di pervenire a informazioni adeguate sulla qualità dell'aria, in ambiente urbano, da rendere disponibili al pubblico.
Nel seguito, dopo un breve cenno alla metodologia d'indagine utilizzata, si illustrano i risultati preliminari di tale campagna, che si concluderà nel marzo 2002.

- Metodologia d'indagine

Le linee guida europee prodotte sulla base della *Direttiva 96/62/CE* del Consiglio del 27 settembre 1996, "*Guidelines Report on Preliminary Assessment under EC Air Quality Directives*", hanno costituito il riferimento per la strategia di campionamento e di misura adottate per l'esecuzione del monitoraggio.
Tali linee guida prevedono:

- massima copertura spaziale, attraverso la costruzione di una griglia dell'area di interesse tenendo conto della densità dei siti di campionamento;
- installazione dei campionatori diffusivi laddove si applicano i limiti (zone pedonali, fondo urbano, rurale, ecc.);
- densità dei siti di campionamento in funzione essenzialmente della popolazione, della variabilità spaziale dei livelli di inquinamento, a sua volta dipendente dalla distribuzione delle sorgenti, dall'orografia locale e dalle condizioni climatiche locali. Nel caso di agglomerati con popolazione di 250.000 abitanti le linee guida propongono l'installazione di 30 campionatori e di 60 per 1.000.000 di abitanti.
- definizione del livello di fondo dell'inquinante, con collocazione di celle nella griglia rappresentative di situazioni a bassa criticità ambientale, quali quelle, ad esempio relative ad aree non a ridosso di vie di circolazione ad elevata intensità di traffico veicolare;
- caratterizzazione dei "punti caldi", scegliendo i siti in prossimità di sorgenti emissive importanti quali incroci, strade molto trafficate, insediamenti industriali, ecc.;
- rappresentatività della durata di campionamento.

Sulla base dei criteri sopra esposti, in ogni città è stata costruita una griglia dell'area in esame, suddividendo la stessa in maglie caratterizzate da una superficie di 500 m x 500 m, così da coprire omogeneamente l'intera area urbana. Tale metodologia non è stata seguita nella dislocazione dei punti di campionamento a Trieste, per la particolare orografia di questa città. Per l'esecuzione dello studio è stata adottata una metodica di prelievo che prevede l'impiego di campionatori passivi di tipo diffusivo. Nel caso particolare è stato utilizzato il campionatore passivo a simmetria radiale "Radiello", certificato ISO.
L'affidabilità del campionatore è stata valutata dall'ente certificatore, esponendolo sia ad un'atmosfera standard che ai siti effettivi di campionamento. L'errore sistematico massimo trovato è stato pari al 4,45%, con una riproducibilità caratterizzata da un coefficiente di variazione che oscilla tra 2,5% e 22% per 120 campionatori esposti per 4 - 5 giorni a concentrazioni di benzene comprese tra 1,5 - 47 $\mu g / m^3$. Le prestazioni sono risultate equivalenti, per linearità di risposta e riproducibilità delle misure, ai campionatori classici.

➢ Risultati dello studio intercollaborativo

La prima fase della campagna, che si è protratta da settembre 2000 a marzo 2001, è stata caratterizzata dalla standardizzazione delle metodiche analitiche adottate dai laboratori dei quattro Dipartimenti provinciali e da uno studio collaborativo tra gli stessi, in conformità alle linee guida europee, al fine di accertare l'affidabilità delle misure e, quindi, la qualità dei dati che successivamente si sarebbero ottenuti.
Operativamente è stato messo a punto un protocollo secondo il quale ogni laboratorio doveva provvedere ad esporre in un sito di campionamento, per la durata di 1-2 settimane, cinque campionatori passivi. Due dei campionatori esposti dovevano essere analizzati dal laboratorio responsabile della loro installazione, mentre gli altri tre venivano affidati a ciascuno dei restanti

laboratori regionali per la determinazione del benzene su di essi adsorbito. Questa procedura si è resa necessaria al fine di accertare la riproducibilità *intra* ed *inter* laboratorio e verificare se l'incertezza massima consentita fosse ≤ 30%, come richiesto dalle linee guida. Il protocollo sopra richiamato è stato ripetuto per cinque volte di seguito. La variabilità percentuale sperimentalmente accertata tra i quattro laboratori è oscillata tra un minimo del 4% ad un massimo del 18%, rientrando pertanto entro il tetto del 30% consentito. Le concentrazioni in aria di benzene misurate durante lo studio sono risultate comprese tra circa 3 µg / m^3 e 31 µg / m^3.
Parallelamente al ring test, il laboratorio di Trieste ha posto a confronto le concentrazioni di benzene, rilevate in siti caratterizzati da una alta densità abitativa e traffico elevato, ottenute impiegando sia campionatori passivi che attivi (captazione su fiale di carbone attivo mediante pompe aspiranti). Tale studio di correlazione ha evidenziato un buon accordo tra le due metodiche di campionamento.

- Mappatura delle città capoluogo di provincia

Il numero dei campionatori collocati è stato diverso per ogni città.
Nell'ubicazione dei campionatori passivi, per quanto possibile, sono stati privilegiate le scuole elementari, le case di riposo e gli ospedali oltre che, naturalmente, piazze e parchi pubblici, per poter valutare l'esposizione delle fasce più a rischio della popolazione.
In generale, la densità dei campionatori è stata condizionata prevalentemente dai fattori meteoclimatici, geo-orografici e da situazioni contingenti, oltre che dalla densità e distribuzione della popolazione residente, tanto che ne sono stati installati in eccesso, in particolare a Trieste.
Nella distribuzione spaziale dei campionatori, i "punti caldi", legati cioè a fonti emissive importanti, hanno inciso per il 20%; il 75% dei campionatori è stato posizionato privilegiando il livello di fondo per l'inquinante, mentre il 5% dei campionatori è stato riservato a celle periferiche, distanti da fonti emissive al fine di stabilire il *field blank*.
I campionatori sono stati esposti mensilmente per periodi di circa 15 giorni che, normalmente, coincidevano con le prime due settimane del mese. In tal modo è stata realizzata una copertura temporale sufficiente ad evidenziare l'andamento delle concentrazioni tra le stagioni più calde e quelle più fredde e consentire la correlazione alla normativa di riferimento.

- Monitoraggio atmosferico del benzene con campionatori passivi nel centro urbano di Udine

La copertura spaziale del centro urbano di Udine è stata realizzata suddividendo il territorio in 18 zone, all'interno delle quali sono state individuate le postazioni di campionamento. Tre postazioni hanno interessato aree della città ad alto traffico veicolare, tredici aree residenziali, parchi urbani e scuole e due aree periferiche. La copertura temporale è stata conseguita esponendo i campionatori passivi per un periodo di 16 giorni consecutivi in ogni mese.
La mappa dei rilevamenti del benzene effettuati nella città di Udine nel periodo aprile - dicembre 2001 è riportata in *Figura 3.6.3.7h* (riportata in fondo al Capitolo).

I dati rilevati evidenziano un sostanziale rispetto del valore obiettivo su base annua di 10 µg / m³. Le maggiori concentrazioni di benzene sono state raggiunte nelle postazioni di p.le Cella e p.le Oberdan (contrassegnate, rispettivamente, con le lettere R e Q in Figura), caratterizzate da un traffico veicolare molto intenso, che presentano valori medi sul periodo oggetto di indagine rispettivamente di 7,3 µg / m³ e 7,0 µg / m³, con valori massimi, registrati nel corso del mese di dicembre 2001, pari a 10,3 e 11,4 µg / m³. I valori più bassi di inquinante (pari a 0,5 µg / m³) sono stati osservati nei mesi di giugno e luglio 2001, nell'area verde periferica di via Pozzuolo, presso le scuole materne di Paparotti e di via Baldasseria ed il campo sportivo di Cormor Basso (contrassegnate, rispettivamente, con le lettere S, D, H e I in Figura).
Le concentrazioni di benzene rilevate, com'era nelle previsioni, raggiungono valori più elevati nei mesi invernali. Durante tali periodi, nei luoghi con elevato traffico è stato raggiunto, e talvolta superato, il limite di legge. Nelle aree verdi periferiche sono stati trovati i valori più bassi di benzene, anche se in alcuni mesi le concentrazioni riscontrate sono comunque paragonabili a quelle rilevate in ambiti residenziali.

- Monitoraggio atmosferico del benzene con campionatori passivi nel centro urbano di Pordenone

Il rilevamento dei livelli di benzene è stato realizzato attraverso la suddivisione del territorio comunale in 13 zone. Entro tali celle sono stati collocati i campionatori passivi, in siti individuati in conformità ai criteri sopra menzionati.
La mappa dei rilevamenti del benzene effettuati nella città di Pordenone nel periodo aprile 2001 - gennaio 2002 è riportata in *Figura 3.6.3.7i* (riportata in fondo al Capitolo).
In ciascuna stazione di monitoraggio la media annuale nel periodo in indagine non ha mai ecceduto il valore obiettivo per il benzene; la situazione ambientale, limitatamente alla presenza di questo inquinante nell'aria urbana, è perciò da ritenersi abbastanza soddisfacente. Ad eccezione della stazione sita nella piazza-incrocio di Borgomeduna (postazione contrassegnata con la lettera A in Figura), dove si registra una media complessiva, per i primi nove mesi di campionamento, di 5,7 µg / m³, le medie sul periodo rientrano entro la soglia dei 5 µg / m³ prevista dalla *Direttiva Europea 2000/69/CE*.
In ciascun sito le concentrazioni maggiori di benzene sono state registrate durante la stagione invernale tanto che la soglia dei 10 µg / m³ è stata superata in tre occasioni. Ciò si è verificato in corrispondenza di un punto "caldo", la postazione di Borgomeduna, ma anche nella postazione di Via Montecavallo, inserita nella zona residenziale "Le Grazie" (contrassegnata con la lettera C in Figura). Questo fatto è attribuibile al ridotto grado di rimescolamento che ha luogo durante i mesi più freddi, che provoca l'accumulo degli inquinanti negli strati inferiori dell'atmosfera. Il valore minimo di 0,5 µg / m³ è stato registrato in via Centauro, nella zona residenziale periferica di Pordenone (contrassegnata con la lettera H in Figura), mentre il valore massimo di 13,7 µg / m³ si è verificato nel mese di gennaio 2002 nella piazza-incrocio di Borgomeduna interessata da un traffico veicolare molto intenso.

- Monitoraggio atmosferico del benzene con campionatori passivi nel centro urbano di Gorizia

Il territorio del comune di Gorizia è stato suddiviso in cinque zone entro le quali sono stati collocati sei campionatori passivi. In particolare sono stati individuati cinque postazioni caratterizzate come zone di fondo urbano o comunque con peculiarità pedonali e/o di periferia, ed un sito, qualificato come "punto caldo", in corrispondenza di un incrocio con strade interessate da volume di traffico medio - intenso e con un impianto di distribuzione del carburante nelle vicinanze.
La mappa dei rilevamenti del benzene effettuati nella città di Gorizia nel periodo aprile - dicembre 2001 è riportata in *Figura 3.6.3.7l* (riportata in fondo al Capitolo).
Il sito contraddistinto con la lettera A in Figura, p.le Saba, è il "punto caldo", mentre un'ulteriore postazione ubicata in p.le Saba, e la postazione di Corso Italia (taxi) (contrassegnata con la lettera C in Figura), sono state utilizzate per la fase di standardizzazione delle metodologie di campionamento e messa a punto della metodiche analitiche.
I valori di concentrazione del benzene su base annua, rilevati nei vari punti, sono stati per tutte le postazioni al di sotto dei 10 µg/m³, obiettivo di qualità vigente, e anche, per tutte le postazioni, al di sotto dei 5 µg/m³, soglia prevista dalla *Direttiva Europea 2000/69/CE*. I valori più elevati delle misure mensili, sono stati osservati nel periodo invernale. Da sottolineare, infine, che il valore massimo mensile, pari a 9,5 µg/m³, misurato nel corso della campagna di rilievi nel comune di Gorizia, è stato rilevato in p.le Saba, nel mese di dicembre.

- Monitoraggio atmosferico del benzene con campionatori passivi nel centro urbano di Trieste

Le 43 postazioni individuate sono state distribuite in varie zone della città, in modo da fornire un'esaustiva rappresentazione della diffusione dell'inquinante. Le stazioni di campionamento sono state dislocate in tre zone differenziate tra loro per la tipologia dell'agglomerato abitativo interessato, così suddivise:

- Zona A, centro cittadino ad elevata densità abitativa ed intensità di traffico veicolare (n° 18 postazioni);
- Zona B, centro cittadino ad elevata densità abitativa (n° 15 postazioni);
- Zona C, aree periferiche ad elevata densità abitativa attigue ad insediamenti industriali (n° 10 postazioni).

La mappa dei rilevamenti del benzene effettuati nella città di Trieste nel periodo aprile 2001 - gennaio 2002 è riportata in *Figura 3.6.3.7m* (riportata in fondo al Capitolo).
Un'analisi approfondita della distribuzione dell'inquinante ha evidenziato la criticità di talune aree (valori medi di concentrazione di benzene > 10 µg/m³) comprese nella zona A, la quale, pertanto, dovrà essere indagata in maggior dettaglio al fine di pervenire ad una mappatura più puntuale in grado di fornire uno strumento efficace per una nuova definizione o per

l'aggiornamento del piano di regolamentazione del traffico nel centro urbano di Trieste.
I dati rilevati nelle postazioni della zona C non eccedono il valore obiettivo di 10 µg / m³ su base annuale e si attestano al disotto di esso. E' comunque opportuno protrarre anche per l'anno 2002 il monitoraggio in tali siti, in quanto essi risultano inseriti in agglomerati residenziali (rioni di Chiarbola, Servola e Valmaura), a diretto contatto con insediamenti industriali, potenziali fonti emissive dell'inquinante.
Dai dati rilevati nella zona B emerge una situazione di limitato inquinamento da benzene, tale da non rappresentare, alla luce della normativa vigente, rischio per la popolazione residente e da non giustificare quindi il proseguimento del monitoraggio; la concentrazione media rilevata si attesta, infatti, al disotto di 6 µg / m³.
A titolo di confronto la successiva *Tabella 3.6.3.7u* riporta i valori disponibili della concentrazione media annuale di benzene (valutata come media mobile dei valori giornalieri di benzene registrati), per gli anni dal 1998 al 2000, ricavati dai dati misurati in continuo in alcune delle stazioni della rete fissa provinciale; il valore di riferimento (obiettivo di qualità) è pari a 15 µg / m³ fino al 31 / 12 / 1998 e a 10 µg / m³ a partire al 1° gennaio 1999.

Tabella 3.6.3.7u *Benzene: Concentrazione Media Annuale (1998-2001) – Trieste, Rete Provinciale*

Anno	**Concentrazione Media Annuale (µg/m³)**
Stazione di Piazza Goldoni	
1998	36
1999	24
2000	14
2001	10
Stazione di Via Vittorio Veneto	
1998	32
1999	16
2000	8
2001	-
Stazione di Via Battisti	
1998	28
1999	33
2000	18
2001	15
Stazione di Piazza Garibaldi	
1998	19
1999	24
2000	23
2001	16

Nel quadriennio 1998-2001 i valori della concentrazione media annuale di benzene, pur mantenendosi generalmente al di sopra del valore di riferimento (obiettivo di qualità), denotano, nella quasi totalità delle stazioni, una tendenza al miglioramento, tanto che nella postazione di Piazza Vittorio Veneto, per l'anno 2000, è stato raggiunto tale obiettivo.

Idrocarburi Policiclici Aromatici -IPA (Benzo(a)pirene)

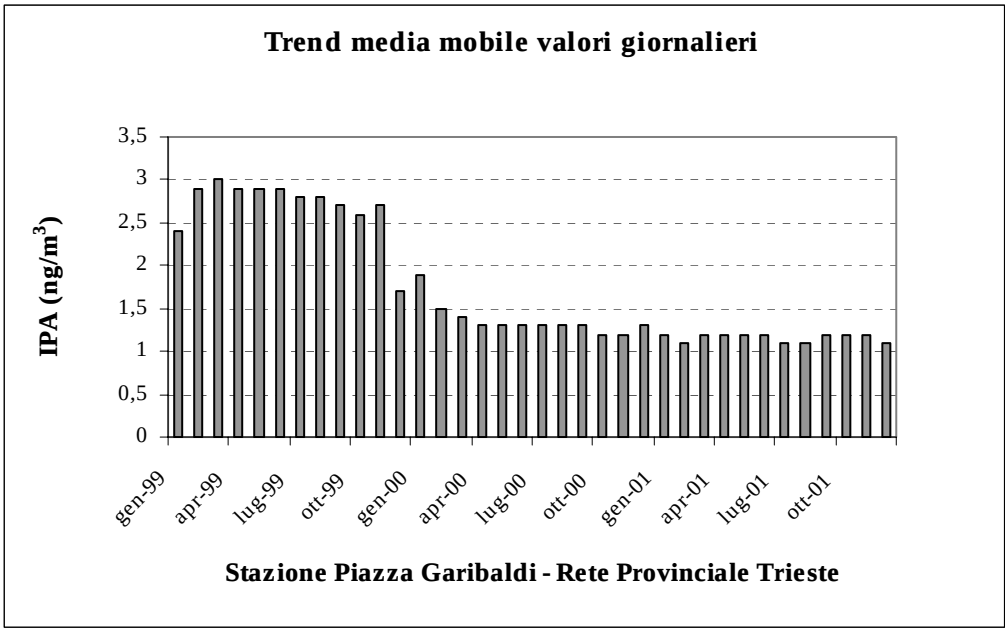
Nella città di Trieste, è operativa una postazione per la rilevazione degli IPA a prelevamento sequenziale di campioni d'aria, mediante captazione di particolato su filtro, localizzata in Piazza Garibaldi, sito particolarmente rappresentativo della situazione determinata dal traffico veicolare urbano. Con riferimento a quanto disposto dal *DM 25/11/1994* ed, in particolare, all'obiettivo di qualità in vigore dal 1° gennaio 1999, pari ad 1,0 ng / m^3, da intendersi come media mobile dei valori giornalieri della concentrazione atmosferica di benzo(a)pirene, la successiva *Tabella 3.6.3.7v* riporta le medie trascinate relative al triennio 1999-2001.

Tabella 3.6.3.7v *IPA: Medie Mobili dei Valori Giornalieri Relative al Triennio 1999-2001 – Trieste, Rete Provinciale (ng/m^3)*

Data	Stazione di Piazza Garibaldi
31-gen-99	2,40
28-feb-99	2,90
31-mar-99	3,00
30-apr-99	2,90
31-mag-99	2,90
30-giu-99	2,90
31-lug-99	2,80
31-ago-99	2,80
30-set-99	2,70
31-ott-99	2,60
30-nov-99	2,70
31-dic-99	1,70
31-gen-00	1,90
29-feb-00	1,50
31-mar-00	1,40
30-apr-00	1,30
31-mag-00	1,30
30-giu-00	1,30
31-lug-00	1,30
31-ago-00	1,30
30-set-00	1,30
31-ott-00	1,20
30-nov-00	1,20
31-dic-00	1,30
31-gen-01	1,20
28-feb-01	1,10
31-mar-01	1,20
30-apr-01	1,20
31-mag-01	1,20
30-giu-01	1,20
31-lug-01	1,10
31-ago-01	1,10
30-set-01	1,20
31-ott-01	1,20
30-nov-01	1,20
31-dic-01	1,10

Come evidenziato dai dati riportati in tabella, e dall'annesso grafico (*Figura 3.6.3.7n*) il trend indica, nel corso del triennio in esame, una progressiva diminuzione dei valori di concentrazione atmosferica di benzo(a)pirene, raggiungendo, nell'anno 2000, valori lievemente superiori all'obiettivo di qualità.

Figura 3.6.3.7n *IPA: Trend 1999-2001 delle Medie Trascinate per la Stazione di Piazza Garibaldi della Rete Provinciale di Trieste (ng/m³)*



Concentrazioni di Inquinanti Atmosferici in Stazioni Forestali

La conoscenza della concentrazione di inquinanti atmosferici in siti distanti dalle principali sorgenti emissive, ed in particolare presso siti forestali, è importante sia ai fini della protezione della vegetazione che ai fini dello studio dei fenomeni di dispersione degli inquinanti stessi. Sin dal 1991 è attiva in Friuli Venezia Giulia una rete di monitoraggio con stazioni poste in ambienti forestali, differenziati per altitudine e posizione geografica. La descrizione di dettaglio di ogni stazione è fornita nel successivo indicatore *Caratteristiche Chimiche delle Deposizione Atmosferiche*, in quanto tale indicatore è quasi interamente sviluppato sulla base dei rilievi svolti in tali postazioni. In questa sezione si ritiene sufficiente una descrizione sintetica, riportata nella successiva *Tabella 3.6.3.7z*.

Tabella 3.6.3.7z *Concentrazioni di Alcuni Inquinanti nelle Stazioni Forestali (1998-2001)*

Anno	Concentrazione Media Annua NO_X ($\mu g/m^3$ come NO_2)	Concentrazione Media Annua NO_2 ($\mu g/m^3$)	Concentrazione Massima Oraria O_3 ($\mu g/m^3$)	Numero di Superamenti del Limite per l'Ozono (200$\mu g/m^3$)
Stazione di Claut				
Stazione occidentale in zona montuosa				
1998	22.7	13,4	240	2
1999	25.3	13,5	205	1
2000	31.1	15,6	172	0
2001	39.9	25,0	208	3
Stazione di Doberdò				
Stazione in zona carsica				
1998	16.5	9,4	244	1
1999	25.4	22,0	187	0
2000	27.8	16,2	267	6
2001	27.1	6,5	177	0
Stazione di Tribil – Stregna				
Stazione orientale in zona montuosa				
1998	16.5	13,9	298	6
1999	19.7	15,4	139	0
2000	17.1	14,6	129	0
2001	8.3	7,7	144	0
Stazione di Tugliezzo – Venzone				
Stazione centro settentrionale, in zona motuosa				
1998	25.3	19,5	214	3
1999	35.3	28,2	265	14
2000	30.5	19,8	145	0
2001	11.2	6,1	166	0
Stazione di Zoncolan – Sutrio				
Stazione settentrionale in zona montuosa ad elevata quota (oltre 1.700 m slm)				
1998	17.4	9,6	274	5
1999	23.7	12,9	230	1
2000	28.8	15,7	147	0
2001	19.1	5,1	153	0

I due inquinanti presi a riferimento nella precedente Tabella sono tra i più studiati per i loro effetti sulla vegetazione, sia a livello di ricerca (mediante esperimenti di laboratorio) che sul campo: il biossido di azoto e l'ozono.
Per gli ossidi di azoto è la *Direttiva 99/30/CE,* in fase di recepimento, che stabilisce il valore limite, fissato in 30 $\mu g / m^3$, riferito alla media annua della concentrazione complessiva di monossido e biossido. I punti di campionamento concernenti la protezione degli ecosistemi e della vegetazione dovrebbero essere situati a più di 20 km dagli agglomerati urbani e di 5 km da aree edificate o impianti industriali ed autostrade.
Dai dati di *Tabella 3.6.3.7z* si può osservare che tale limite è superato nelle stazioni di Claut, negli anni 2000 e 2001, e Tugliezzo, nel 1999 e 2000. Occorre, comunque, ricordare che alcune stazioni sono poste in luoghi relativamente antropizzati, ove il limite per la protezione della vegetazione a rigore non è applicabile. Ad ulteriore conforto, si osservi che in tutte le stazioni è ampiamente rispettato il limite (valido dal 2010) stabilito dalla *Direttiva 99/30/CEE* per la protezione della popolazione: 40 $\mu g / m^3$ di NO_2.
Le concentrazioni degli inquinanti primari, cioè quelli direttamente emessi dalle sorgenti artificiali, sono massime in relativa prossimità della sorgente. Gli inquinanti secondari, cioè quelli che si formano dagli inquinanti primari a

seguito di complesse reazioni chimiche in atmosfera, possono avere la loro massima concentrazione in lontananza dal punto di emissione dei primari. Ciò è vero soprattutto per l'ozono, le cui concentrazioni possono risultare maggiori in zone collinari e montuose rispetto ai centri urbani. Tra le stazioni in esame il maggior numero di superamenti, comunque assai limitato, avviene nella stazione di Tugliezzo-Venzone.

Riferimenti per la Valutazione

I primi standard di qualità dell'aria sono stati definiti in Italia dal *DPCM 28/03/1983* relativamente ad alcuni parametri, modificati quindi dal *DPR 203 del 24/05/1988* che, recependo alcune Direttive Europee, ha introdotto oltre a nuovi valori limite, i valori guida, intesi come "obiettivi di qualità" cui le politiche di settore dovevano tendere.
Con il successivo *Decreto del Ministro dell'Ambiente del 15/04/1994* (aggiornato con il *Decreto del Ministro dell'Ambiente del 25/11/1994*) sono stati introdotti i *livelli di attenzione* (situazione di inquinamento atmosferico che, se persistente, determina il rischio che si raggiunga lo stato di allarme) ed i *livelli di allarme* (situazione di inquinamento atmosferico suscettibile di determinare una condizione di rischio ambientale e sanitario), valido per gli inquinanti in aree urbane.
Tale decreto ha inoltre introdotto i valori obiettivo per alcuni nuovi inquinanti atmosferici non regolamentati con i precedenti decreti: PM_{10} (frazione fine delle particelle sospese), benzene e IPA (idrocarburi policiclici aromatici).
Nelle *Tabelle 3.6.3.7aa ÷ 3.6.3.7ae* sono riportati i principali valori normativi nazionali per la qualità dell'aria, mentre nella *Tabella 3.6.3.7af* sono riportati i principali riferimenti europei sulla qualità dell'aria, non ancora recepiti.
Ultimo atto normativo, il *D.Lgs. n. 351 del 04/08/1999* recepisce la *Direttiva 96/62/CEE* in materia di valutazione e gestione della qualità dell'aria, rimandando a decreti attuativi l'introduzione dei nuovi standard di qualità.

Tabella 3.6.3.7aa Standard di Qualità dell'Aria (escluso Ozono)

Sostanza	Standard - Valori Limite di Qualità dell'Aria		Normativa
Biossido di Zolfo (SO_2)	80 µg / m³	• mediana delle concentrazioni medie di 24 ore nell'arco di 1 anno (1 aprile - 31 marzo)	*DPR 203/1988*
	130 µg / m³	• mediana delle concentrazioni medie di 24 ore rilevate durante l'inverno (1 ottobre - 31 marzo)	
	250 µg / m³	• 98° percentile delle concentrazioni medie di 24 ore rilevate nell'arco di un anno (1 aprile - 31 marzo)	
Particelle Sospese Totali	150 µg / m³	• media aritmetica delle concentrazioni medie di 24 ore rilevate nell'arco di 1anno (1aprile - 31 marzo)	*DPCM 30/1983*
	300 µg / m³	• 95° percentile delle concentrazioni medie di 24 ore rilevate nell'arco di 1 anno (1aprile – 31 marzo)	
Biossido di Azoto (NO_2)	200 µg / m³	• 98° percentile annuale (1 gennaio - 31 dicembre) delle concentrazioni medie di 1 ora	*DPR 203/1988*
Monossido di Carbonio (CO)	40 mg / m³	• concentrazione media di 1 ora	*DPCM 30/1983*
	10 mg / m³	• concentrazione media di 8	
Piombo (Pb)	2 µg / m³	• media aritmetica delle concentrazioni medie di 24 ore rilevate in un anno (1 gennaio – 31 dicembre)	*DPCM 30/1983*
Fluoro (F)	20 µg / m³	• concentrazione media di 24 ore dalle 0 alle 24	*DPCM 30/1983*
	10 µg / m³	• media mensile delle concentrazioni medie di 24 ore	
HC totali* (escluso metano)	200 µg / m³	• concentrazione media di 3 ore consecutive in periodi del giorno secondo parere dell'Autorità Regionale	*DPCM 30/1983*

Nota: per valori limite di qualità dell'aria si intendono i limiti massimi di accettabilità delle concentrazioni e i limiti massimi di esposizione, relativi ad inquinanti nell'ambiente esterno, destinati a proteggere in particolare la salute umana.
** da adottarsi in caso di superamento significativo dello standard dell'ozono*

Tabella 3.6.3.7ab Valori Guida di Qualità dell'Aria

Sostanza	Valore Guida - di Qualità dell'Aria		Normativa
Biossido di Zolfo (SO_2)	40-60 µg / m³	• media aritmetica delle concentrazioni medie di 24 ore rilevate nell'arco di 1 anno (1aprile – 31 marzo)	*DPR 203/1988*
	100-150 µg / m³	• concentrazione media di 24 ore	
Particelle Sospese (misurate col metodo dei fumi neri)	40-60 µg di fn eq. / m³	• media aritmetica delle concentrazioni medie di 24 ore rilevate nell'arco di 1 anno (1 aprile - 31 marzo)	*DPR 203/1988*
	100-150 µg di fn eq. / m³	• concentrazione media di 24 ore	
Biossido di Azoto (NO_2)	50 µg / m³	• 50° percentile delle concentrazioni medie di 1 ora rilevate durante l'anno annuale (1 gennaio - 31 dicembre)	*DPR 203/1988*
	135 µg / m³	• 98° percentile delle concentrazioni medie di 1 ora rilevate durante l'anno annuale (1 gennaio - 31 dicembre)	

Nota: per valori guida di qualità dell'aria si intendono i limiti delle concentrazioni e di esposizione, relativi ad inquinanti nell'ambiente esterno, destinati:

- *alla prevenzione a lungo termine in materia di salute e di protezione dell'ambiente*
- *al miglioramento della protezione della salute e del benessere della popolazione*
- *a costituire parametri di riferimento per l'istituzione di zone specifiche di protezione ambientale per le quali è necessaria una particolare tutela della qualità dell'aria*

Tabella 3.6.3.7ac *Obiettivi di Qualità dell'Aria*

Sostanza	Obiettivo di Qualità dell'Aria da Rispettare dal 1/01/1999		Normativa
PM_{10}	40 µg / m³	• media annuale	*DM Ambiente 25/11/1994*
Benzene	10 µg / m³	• media annuale	*DM Ambiente 25/11/1994*
IPA (idrocarburi policiclici aromatici)	1 ng / m³	• media annuale (riferimento al benzo(a)pirene)	*DM Ambiente 25/11/1994*

Note: gli obiettivi di qualità individuano il valore medio annuale di riferimento da raggiungere e rispettare a partire da una determinata data

Tabella 3.6.3.7ad *Livelli di Attenzione e Allarme nelle Aree Urbane*

Sostanza	Livelli di Attenzione	Livelli di Allarme		Normativa
Particelle Sospese Totali	150* µg / m³	300* µg / m³	• media giornaliera	*DM Ambiente 25/11/1994*
Ozono (O_3)	180** µg / m³	360** µg / m³	• media oraria	*DM Ambiente 25/11/1994*
CO	15*** mg / m³	30*** mg / m³	• media oraria	*DM Ambiente 25/11/1994*

*Note: * per il 50% delle stazioni installate di tipo A, B e C*
*** per una qualsiasi stazione installata di tipo A o D*
**** per il 50% delle stazioni installate di tipo A e C*

Tabella 3.6.3.7ae *Livelli di Concentrazione di Ozono*

Sostanza	Limite di Qualità dell'Aria per la Protezione della Salute		Normativa
Ozono (O_3)	110 µg / m³	• concentrazione media di 8 ore (media mobile trascinata calcolata ogni ora sulla base degli 8 valori orari relativi agli intervalli h / h-8)	*DM Ambiente 16/05/1996*
Ozono (O_3)	200 µg / m³	• concentrazione media di 1 ora da non raggiungersi più di una volta al mese	*DPCM 30/1983*
Ozono (O_3)	180* µg / m³ 360** µg / m³	• media oraria	*DM Ambiente 25/11/1994*
Sostanza	**Limite di Qualità dell'Aria per la Protezione della Vegetazione**		**Normativa**
Ozono (O_3)	200 µg / m³	• concentrazione media di 1 ora	*DM Ambiente 16/05/1996*
	65 µg / m³	• concentrazione media di 24 ore	

*Note: * Livello di Attenzione*
*** Livello di Allarme*

Tabella 3.6.3.7af *Valori Limite di Qualità dell'Aria (Direttiva 99/30/CE del 22/04/1999 e Direttiva 00/69/CE del 16/11/2000)*

Sostanza	Valore limite di Qualità dell'Aria		Entrata in Vigore
NO_2	200 (300*) µg / m³	• Concentrazione oraria da non superare più di 18 volte all'anno	01 / 01 / 2010
	40 (60*) µg / m³	• Concentrazione media annuale	01 / 01 / 2010
	400 µg / m³	• Livello di allarme (definito per 3 ore consecutive in un area uguale o superiore a 100 km² o l'intero agglomerato se inferiore a 100 km²)	
NO_X	30 µg / m³	• Concentrazione annuale per la protezione della vegetazione ($NO+NO_2$) (da rispettare a più di 20 km dagli agglomerati o a più di 5 km da altre aree edificate o impianti industriali o autostrade)	19 / 07 / 2001
SO_2	125 µg / m³	• concentrazione su 24 ore da non superare più di 3 volte all'anno	01 / 01 / 2005
	350 (500*) µg / m³	• concentrazione oraria da non superare più di 24 volte al anno	01 / 01 / 2005
	500 µg / m³	• livello di allarme (definito per 3 ore consecutive per in un area uguale o superiore a 100 km² o l'intero agglomerato se inferiore a 100 km²)	19 / 07 / 2001
	20 µg / m³	• Valore limite per la protezione degli ecosistemi (concentrazione media annuale)	
PM_{10}	40 (48*) µg / m³	• Concentrazione media annuale (la seconda fase prevede il limite di 20 µg / m³ entro il 2010)	01 / 01 / 2005
	50 (75*) µg / m³	• Concentrazione su 24 ore da non superare più di 35 volte all'anno (la seconda fase prevede che tale limite non sia superato più di 7 volte all'anno)	01 / 01 / 2005
Pb	0,5 (1*) µg / m³	• Concentrazione media annuale	01 / 01 / 2005 (01 / 01 / 2010 presso le aree industriali)
Benzene**	5 µg / m³		Vedi nota **
CO**	10 mg / m³		Vedi nota **

Note: * tale valore rappresenta il margine di tolleranza all'entrata in vigore della Direttiva, con un decremento costante ogni anno al fine di annullare il margine di tolleranza in corrispondenza dell'entrata in vigore del valore limite
** Valore fissato dalla *Direttiva CEE/CEEA/CE n° 69 del 16/11/2000*

Valutazione della Qualità del Dato

Nelle Tabelle dell'*Indicatore 6-7*, alcuni dati sono, a volte, mancanti, in quanto per essi non viene raggiunta la frequenza di rilevamento sufficiente a consentirne la validazione. Ciò viene attribuito, in taluni casi, a problemi collegati a carenze nel servizio di manutenzione della rete di monitoraggio. L'ARPA FVG, che ha acquisito la proprietà della maggior parte delle reti di monitoraggio nel biennio 2000-2001, ha avviato un importante e capillare servizio di manutenzione straordinaria ed evolutiva, al fine di garantire l'efficienza delle stesse, l'uniformità e l'omogeneità dei sistemi di acquisizione,

trasmissione ed elaborazione dati, la continuità e la qualità dei dati raccolti ed, infine, la continuità dell'informazione all'utenza.
Una volta assicurata la completa funzionalità della rete regionale, verrà, altresì, avviato un programma di adeguamento della strumentazione alle esigenze maturate nel corso degli anni di gestione della stessa ed alle esigenze connesse alle variazioni normative avvenute (*D.Lgs.351/99, Direttive europee 99/30/CE e 00/69/CE*).
In particolare si possono già prevedere, visti i risultati, situazioni di carenza per quanto concerne le polveri: è questo, infatti, un parametro che acquisirà particolare rilievo, considerati i limiti previsti della succitata *direttiva europea 99/30/CE*, con la diffusione della valutazione del PM10 e PM2,5, le frazioni fini delle polveri.
Ulteriore impegno deriverà dall'esigenza di gestire la rete in un indispensabile regime di qualità, che impone considerevoli aggravi sia per la dotazione di personale da immettere nella gestione stessa della rete sia per le caratteristiche intrinseche delle posizioni di ubicazione delle stazioni che andranno opportunamente standardizzate.
Uno sforzo considerevole dovrà, dunque, essere indirizzato alla partecipazione a circuiti di intercalibrazione con laboratori di grado gerarchicamente più elevato.
A completamento di tutto ciò, potrà essere avviata la fase successiva di accreditamento della rete.

3.6.3.8 Scheda dell'Indicatore 6-8: Monitoraggio Biologico della Qualità dell'Aria

Codice Indicatore	*6-8*
Tematica	*Aria*
Sottotematica	*Qualità dell'aria*
Indicatore	*Monitoraggio Biologico della qualità dell'aria*
Tipo	*Risposta*
Obiettivo	*Valutare lo stato dell'ambiente mediante l'uso di organismi viventi*
Riferimenti	*Badin G. & P.L. Nimis, 1996, Biodiversity of Epiphytic Lichens and Air Quality in the Province of Gorizia (Ne Italy)* *Castello M. & Gasparo D., 1988, Lichens as Bioincators and Bioaccumulators of Air Pollution. A Case Study at Macerata (Italy).* *Cisuachi C. & P.L. Nmos., 1997, Lichens, Air Pollution and Lung Cancer, Neture.* *Cisuachi .C., Braca M. & P.L. Ninms., 1996, Methodological Aspects of an Ecological Study on the Association Between Two Biological Indicators., Statist. Appl.* *Nimis P.L., 1985, Urban Lichen Studies in Italy. Ist.: the Town of Trieste. Studia Geobot.* *Nimis P.L., 1985, Urban Lichen Studies in Italy. II: the Town of Udine. Gortania.* *Nimis P.L., 1985, Urban Lichen Studies in Italy. III: The City of Roma. Ann. Bot.* *Nimis P.L., Castello M. & Perotti M., 1990, Lichens as Biomonitors of $S0_2$ Pollution in the Town of La Spezia (N Italy). Lichenologist.* *Nimis P.L., Gasparo D., Giovani C., & Padovani R., 1989, Radiocontamination Maps of Macrofungi in Northeastern Italy (Friuli-Venezia Giulia) following the Chernobyl Accident. Gortania.*
Dati necessari	*Dati di Monitoraggio biologico della qualità dell'aria*
Fonte	*Provincia di Gorizia, Direzione Territorio e Ambiente, 2001, La qualità dell'aria in provincia di Gorizia - Licheni come sentinelle ambientali* *Provincia di Gorizia, Giugno 1997, Modelli previsionali e monitoraggio della qualità dell'aria (Atti del Convegno)* *Provincia di Pordenone, Assessorato all'Ambiente, Università di Trieste (Dipartimento di Biologia), 2001, Deposizioni di metalli nella pedemontana pordenonese - Uno studio basato sui licheni come bioaccumulatori* *Ecothema, Provincia di Udine, Servizio Tutela Ambientale, 2000, Biomonitoraggio della qualità dell'aria nella provincia di Udine* *ARPA FVG Dipartimento Provinciale di Trieste Relazione sulla qualità dell'aria urbana nell'anno 2000*
Disponibilità	**Ambito Spaziale**: *provinciale* **Aggiornamento**: *variabile* **Periodo**: *1999 - 2000*

Descrizione, Calcolo e Valutazione

L'impiego di combustibili fossili come fonte di energia e l'incremento delle attività industriali e dei trasporti hanno condotto ad un progressivo degrado della qualità dell'aria, imponendo la creazione di metodiche atte a rilevarlo in tempi relativamente brevi e a costi contenuti. È in quest'ottica che si colloca il biomonitoraggio, ovvero il rilevamento delle alterazioni ambientali effettuato mediante l'uso di organismi viventi. Il concetto di base è che molti organismi sono reattivi all'inquinamento; le conseguenti modificazioni che subiscono forniscono informazioni correlabili al processo di deterioramento del loro ambiente di vita. Tali variazioni si manifestano in modo più o meno evidente a tre livelli diversi: accumulo delle sostanze inquinanti negli organismi; modificazioni morfologiche o strutturali degli organismi; modificazioni nella composizione delle comunità animali e vegetali. Inoltre gli organismi viventi,

fornendo una valutazione sintetica dello stato di un ambiente, sono un ottimo complemento ai controlli chimico-fisici, effettuati mediante centraline automatiche, che producono informazioni puntiformi sulla qualità e quantità di sostanze inquinanti presenti nell'ambiente.
Un buon indicatore biologico deve possedere le seguenti caratteristiche:

- accertata sensibilità agli agenti inquinanti considerati;
- ampia distribuzione in tutto il territorio in esame;
- scarsa mobilità;
- ciclo vitale lungo;
- eventuale capacità di accumulo di sostanze inquinanti.

I licheni, ed in particolare quelli epifiti, sono in grado di fornire ottime indicazioni sulla qualità dell'ambiente, in quanto il loro metabolismo dipende essenzialmente dall'atmosfera.
Le principali caratteristiche che fanno dei licheni dei buoni indicatori dell'inquinamento atmosferico, sono riassumibili nei seguenti punti:

- elevata capacità di assorbimento di sostanze prelevate dall'atmosfera;
- resistenza agli stress ambientali: in caso di stress idrico i licheni rallentano le proprie attività metaboliche per cui aumenta la loro resistenza ai contaminati atmosferici; la resistenza a basse temperature permette un'attività continua, anche nel periodo invernale, quando i livelli di inquinamento atmosferico sono generalmente più elevati;
- impossibilità di liberarsi periodicamente delle parti vecchie o intossicate: i licheni non hanno la possibilità di liberarsi delle sostanze contaminanti accumulate nel tallo tramite meccanismi di escrezione attiva, come avviene invece nel caso delle piante superiori;
- lento accrescimento e grande longevità del lichene: la lentezza del metabolismo sembra la causa della maggior resistenza nei centri cittadini dei licheni crostosi rispetto a quelli foliosi, mentre la notevole longevità permette di ottenere dai licheni una stima dell'inquinamento su tempi lunghi;
- sensibilità agli agenti inquinanti.

Relativamente a quest'ultimo punto è stata dimostrata un'azione depressiva sull'attività fotosintetica, sulla base di esperimenti di fumigazione ed esposizione controllata, per le seguenti sostanze: anidride solforosa, idrocarburi, ozono, nitrato di peracetile, piombo, zinco e cadmio, fluoruri.
Le singole specie licheniche presentano diversi gradi di tolleranza rispetto alle sostanze inquinanti: il fatto che la maggior parte delle specie più sensibili all'inquinamento atmosferico sia legata a condizioni di oceanicità climatica è probabilmente dovuto all'effetto depressivo sull'attività fotosintetica che molte sostanze dimostrano in condizioni di elevata umidità atmosferica.
Attualmente sono disponibili delle "scale di tolleranza" delle specie licheniche nei confronti della concentrazione media atmosferica di anidride solforosa, che permettono di stimare il grado di inquinamento a partire dalla flora lichenica del posto.
I licheni possono essere impiegati per valutare la qualità dell'aria secondo due principali strategie:

- come bioindicatori, quando si correlano determinate intensità di disturbo ambientale e variazioni del loro aspetto esteriore, della loro copertura, della ricchezza floristica (approccio indiretto floristico);
- come bioaccumulatori, sfruttando la loro capacità di assorbire sostanze dall'atmosfera: si tratta di un approccio diretto basato sull'analisi delle concentrazioni delle sostanze nei talli lichenici.

Il passo successivo all'identificazione delle risposte dei licheni all'inquinamento atmosferico è stato quello di quantificare l'informazione fornita dai bioindicatori sulla qualità dell'aria. L'*Index of Atmospheric Purity* (*I.A.P.*), proposto da De Sloover nel 1964, fornisce una valutazione quantitativa del livello di inquinamento atmosferico basandosi sul numero, frequenza e tolleranza delle specie licheniche presenti nell'area considerata. La formula di Le Blanc & De Sloover considera il numero di specie presenti nel rilievo, un fattore di tossitolleranza, la combinazione della frequenza e della copertura delle specie.
Studi più recenti condotti da una *équipe* diretta da K. Ammann (Università di Berna) hanno saggiato la predittività di 20 diverse formule I.A.P. rispetto a 8 inquinanti atmosferici (anidride solforosa, ossidi di azoto, cloro, piombo, rame, zinco, cadmio e polveri) dimostrando che la formula di I.A.P. che ha presentato la correlazione massima con i dati diretti di inquinamento è una delle formule più semplici, in quanto si limita alla semplice somma delle frequenze di tutte le specie presenti entro un reticolo di rilevamento composto di 10 unità. II metodo standardizzato proposto dagli autori svizzeri permette di predire i tassi di inquinamento da dette sostanze con una certezza pari al 98%; risulta molto interessante per l'alta predittività, per la relativa facilità di esecuzione, per la bassa soggettività ed alta riproducibilità dei dati. II vantaggio principale del metodo, applicato anche in Italia, risiede nel fatto che nel calcolo dell'I.A.P. non è previsto alcun fattore di tolleranza attribuito alle singole specie, il che rende la metodica molto più oggettiva di quelle adottate da tutti gli altri autori precedenti.
In regione Friuli Venezia Giulia sono stati condotti studi di biomonitoraggio tramite licheni come bioindicatori dell'alterazione della qualità dell'aria nelle provincie di Gorizia, Udine e Triste, e come bioaccumulatori nella provincia di Pordenone.

Biomonitoraggio nella Provincia di Gorizia

Nel 2000 la Provincia di Gorizia, Direzione Territorio e Ambiente, ha commissionato al Dipartimento di Biologia dell'Università di Trieste uno studio applicativo della metodica di biomonitoraggio esteso a tutto il territorio provinciale e ad aree limitrofe potenzialmente interessate dalle emissioni della centrale elettrica di Monfalcone.
L'estensione dell'area di studio è stata definita in base al modello diffusionale dei fumi emessi dalla centrale termoelettrica ENEL di Monfalcone, integrata con i risultati di un precedente studio sulla biodiversità lichenica e qualità dell'aria condotto in tutta la provincia di Gorizia (Badin & Nimis, 1996). L'area di studio ha interessato una superficie di circa 650 km^2 e su di essa sono state posizionate 128 stazioni di campionamento, di cui 48 relative allo studio precedente (vedi sopra). In provincia di Udine sono stati 12 i comuni interessati dallo studio: Aiello del Friuli, Aquileia, Bagnaria Arsa,

Campolongo al Torre, Cervignano del Friuli, Fiumicello, Ruda, San Giorgio di Nogaro, Tapogliano, Terzo d'Aquileia, Torviscosa e Villa Vicentina. In provincia di Trieste è stato considerato il solo comune di Duino Aurisina. Il Territorio oggetto dell'indagine è stato esteso alle seguenti unità geomorfologiche:

- la parte sudorientale della pianura friulana;
- la Laguna di Grado;
- una porzione del Carso goriziano e triestino;
- il distretto del Collio;
- l'alta pianura isontina.

Applicando una tecnica di biomonitoraggio basata sul metodo sviluppato in Svizzera da Herzig & Urech (1991), è stato calcolato per ciascuna stazione il valore della Biodiversità Lichenica della stazione (BLs) che costituisce un indice di qualità dell'aria. I valori così ottenuti sono stati poi confrontati con una scala convenzionale di "naturalità / alterazione", ripartita in sette classi, delimitate da specifici valori di BLs, che esprimono il grado di deviazione da condizioni "naturali" (non inquinate), identificando eventuali stati di "alterazione". A ciascuna classe viene associato un colore identificativo per i riporti cartografici, come risulta dalla *Tabella 3.6.3.8a*, dove viene riportata la scala convenzionale di "naturalità / alterazione", valida esclusivamente per aree site nella fascia submediterranea (vegetazione potenziale di boschi misti con querce decidue).

Tabella 3.6.3.8a *Classi di Naturalità/Alterazione in Relazione ai Valori di BLs*

BLs	Naturalità	Colore
0	alterazione molto alta	cremisi (A)
da 1 a 10	alterazione alta	rosso (B)
da 11 a 20	alterazione media	arancione (C)
da 21 a 30	naturalità bassa	giallo (D)
da 31 a 40	naturalità media	verde chiaro (E)
da 41 a 50	naturalità alta	verde scuro (F)
> 50	naturalità molto alta	blu (G)

Con tali dati è stata ricavata la carta della Biodiversità Lichenica delle stazioni (BLs), riportata in *Figura 3.6.3.8a* (riportata in fondo al Capitolo), dove ai valori della biodiversità lichenica vengono sovraimposte le ricadute di NO_X, valutate nel corso di uno studio svolto dall'ENEL nel 1998 sulla Centrale Termoelettrica di Monfalcone.
Si possono fare le seguenti considerazioni:

- la Zona B (colore rosso) si posiziona in corrispondenza del centro cittadino di Monfalcone e di Gorizia;
- la Zona C (colore arancione) interessa il centro abitato di Aquileia e Monfalcone;
- la Zona D (colore giallo) interessa gli abitati di Perteole, Saciletto, Aquileia, il comune di San Canzian d'Isonzo, quello di Gradisca d'Isonzo, Farra d'Isonzo, Redipuglia, Monfalcone, Duino-Aurisina;
- la Zona E (colore verde chiaro) si ritrova nelle zone a sud-ovest di Torviscosa e di Perteole; nella zona centrale dell'area di studio compresa

tra Terzo d'Aquileia, Aquileia, Turriaco, Staranzano e Isola Morosini; a Grado; in tutta la porzione orientale dell'area di studio da Romans d'Isonzo a Sistiana, fatta eccezione per le zone più elevate del Carso (Iamiano e Doberdò del Lago).

Nel complesso quindi l'alterazione ambientale evidenziata appare debole: in nessuna area della provincia di Gorizia e della bassa pianura friulana vengono toccati livelli di alterazione ambientale elevati; le aree che meritano maggior attenzione sono il centro della città di Gorizia, la città di Monfalcone e la sua area industrializzata, ove l'alterazione è presumibilmente dovuta a emissioni derivanti dal traffico veicolare e dal riscaldamento. L'aria delle zone del Collio, del Carso e una parte della pianura isontina si distingue, invece, per l'ottima qualità. L'effetto delle emissioni della centrale di Monfalcone è evidente a una certa distanza dalla centrale ma si traduce comunque in un'alterazione debole. In definitiva, complessivamente, la provincia di Gorizia e la bassa pianura friulana presentano valori relativamente alti di biodiversità lichenica, il che suggerisce che i fenomeni di inquinamento atmosferico siano di lieve entità e limitati ai due maggiori centri urbani: Gorizia e Monfalcone.

Biomonitoraggio nella Provincia di Pordenone

Nel marzo 1999 l'Amministrazione Provinciale di Pordenone ha commissionato al Dipartimento di Biologia dell'Università di Trieste uno studio per il monitoraggio ambientale in sei zone campione della pedemontana pordenonese. Scopo primario dello studio era quello di valutare se l'attività produttiva di alcuni grossi impianti industriali della pedemontana avesse causato il rilascio di metalli in traccia.
Sono stati ricercati i seguenti dieci elementi: alluminio (Al), calcio (Ca), cadmio (Cd), cromo (Cr), ferro (Fe), manganese (Mn), mercurio (Hg), nichel (Ni), rame (Cu) e zinco (Zn).
La metodica utilizzata nel lavoro, recentemente standardizzata e adottata dall'Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (ANPA), deriva da una sintesi di quanto proposto nei numerosi studi svolti in Italia e all'estero negli ultimi anni (Nimis e Collaboratori).
Gli organismi viventi scelti per lo studio sono stati i licheni, in quanto ottimi accumulatori di metalli in traccia e ampiamente utilizzati in studi di biomonitoraggio ambientale.
L'area di indagine ha interessato zone situate intorno a singoli impianti industriali, identificati dall'Ufficio Ecologia della Provincia di Pordenone come possibili fonti inquinanti da metalli, e precisamente:

- la zona circostante il Cementificio CEMENTIZILLO (Fanna, Pordenone), comprendente diversi insediamenti industriali, un centro urbano di media grandezza (Maniago), con un'area industriale di grandi dimensioni subito a sud, e diversi abitati più piccoli;
- la zona circostante il Cementificio UNICEM (Travesio, Pordenone), che tocca l'incisura del letto del Tagliamento a est e a sud-est e non ospita altri impianti industriali di grandi dimensioni, ad eccezione dello stabilimento della Filatura S. Carlo presso Lestans e di un'industria di prodotti esplosivi nella parte sud-occidentale, che confina con la zona industriale sopra Istrago;

- la zona circostante l'inceneritore MISTRAL (Spilimbergo, Pordenone), che si caratterizza per la presenza di numerosi insediamenti industriali e strade di intenso traffico; tutta l'area non urbanizzata è occupata da colture agrarie (soia, mais, viti, frutteti, qualche prato stabile), eventualmente divise da filari di alberi ceduati. Al momento del campionamento l'inceneritore Mistral non era ancora funzionante, dopo una lunga serie di lavori di potenziamento;
- la zona circostante l'impianto di selezione RSU SNUA (Aviano), nel cui ambito è prevista la realizzazione di in inceneritore a letto fluido della frazione combustibile derivata dai rifiuti, dove sono presenti, oltre al citato impianto, una cava di ghiaia ed alcuni impianti industriali, in prossimità dell'aeroporto militare di Aviano;
- la zona circostante le Fornaci CROVATO (Rauscedo, Pordenone), a prevalente attività agricola e con qualche insediamento industriale nella porzione sud-orientale;
- la zona circostante le Fornaci ERMACORA (Arzene, Pordenone), a prevalente attività agricola e con piccoli insediamenti industriali in prossimità del greto del Meduna.

I risultati dei campionamenti sono stati elaborati ottenendo le seguenti carte:

- valori di naturalità / alterazione per tutti i metalli;
- indice sintetico di naturalità;
- carico totale dei metalli;
- indice sintetico di tossicità potenziale.

In particolare, l'indice sintetico di naturalità è stato calcolato come proposto da Nimis e Collaboratori nel 1999. La matrice delle concentrazioni dei metalli di ciascuna zona è stata trasformata in una matrice in cui i dati di concentrazione sono stati sostituiti dai corrispondenti valori ordinali delle sette classi di naturalità / alterazione ambientale, riportate in *Tabella 3.6.3.8b*; da questa viene costruita una nuova matrice che riporta, per ogni stazione, il numero di metalli che rientrano in ogni classe, e quindi l'indice sintetico di naturalità (che assume valori tra 0 e 10).

Tabella 3.6.3.8b *Scala Percentili dei Livelli Naturalità/Alterazione Ottenuti sulla Base dei Valori di Concentrazione dei Metalli nei Licheni (Concentrazioni in ppm)*

Percentili	Naturalità	Colore	Al	Cd	Cr	Cu	Fe
20°perc.	naturalità molto alta staz	blu	< 312	< 0,17	< 1,52	< 5,73	< 288,8
50°perc.	naturalità alta	verde scuro	541	0,29	2,47	7,90	448
75°perc.	naturalità media	verde chiaro	920	0,43	3,58	11	668
90°perc.	Naturalità / alterazione bassa	giallo	1475	0,74	5,57	15,90	1032,6
95°perc.	alterazione media	arancione	2068	0,98	7,17	20,82	1362
98°perc.	alterazione alta	rosso	3089	1,40	9,61	35,27	1669,8
	alterazione molto alta	cremisi	>3089	>1,40	>9,61	>35,27	>1669,8

			Hg	Mn	Ni	Zn
20°perc.	naturalità molto alta	blu	< 0,06	< 16,5	< 0,99	< 24,9
50°perc.	naturalità alta	verde scuro	0,1	22	1,86	31,35
75°perc.	naturalità media	verde chiaro	0,150	28	2,93	39
90°perc.	Naturalità / alterazione bassa	giallo	0,2	40,91	4,22	47,15
95°perc.	alterazione media	arancione	0,230	47,22	5,21	54
98°perc.	alterazione alta	rosso	0,278	62,62	7,10	83,26
	alterazione molto alta	cremisi	>0,278	>62,62	>7,10	>83,26

Una stazione ha valori tanto più elevati di indice sintetico di naturalità quanto maggiore è il numero di metalli che hanno bassi valori di contaminazione, corrispondenti appunto alle prime due classi percentili. Perciò località con alti valori di questo indice godono di condizioni naturali, mentre località con bassi valori sono evidentemente esposte ad una ricaduta di metalli, a causa di qualche attività perturbatrice.
La *Figura 3.6.3.8b* (riportata in fondo al Capitolo) riporta l'indice sintetico di naturalità.
Si osserva che la zona circostante il Cementificio UNICEM gode di condizioni nettamente migliori delle altre, con un'estesa porzione in cui l'indice sintetico di naturalità è superiore a 7. Condizioni abbastanza buone sono registrate anche in corrispondenza del centro di Maniago, mentre nella zona circostante l'inceneritore MISTRAL sono presenti condizioni di bassa naturalità nella zona industriale del Cosa. I valori mediamente più bassi di questo indice vengono comunque registrati nella zona circostante le Fornaci CROVATO, soprattutto in corrispondenza del settore nord-occidentale.
In conclusione, lo studio condotto ha evidenziato che l'insieme delle aree indagate non è sottoposto, in genere, ad una ricaduta particolarmente elevata dei metalli considerati.

Biomonitoraggio nella Provincia di Udine

Nel corso dell'anno 2000 è stato condotto per conto della Provincia di Udine uno studio di biomonitoraggio mirato a valutare la qualità dell'aria su tutto il territorio provinciale e ad individuare le aree maggiormente interessate da fenomeni di alterazione della qualità dell'aria.

L'indagine è stata condotta individuando 141 stazioni in cui effettuare i rilievi della flora lichenica presente sul tronco di piante di Tiglio, con una densità pari a circa una stazione ogni 34.7 km^2. Le stazioni sono state scelte in modo da coprire uniformemente tutto il territorio sotto ai 1.000 m di quota dove fosse possibile ritrovare le condizioni standard per il rilevamento, cercando di realizzare almeno una stazione per ogni comune, compresi i più piccoli.
Il metodo di biomonitoraggio della qualità dell'aria utilizzato ha ripreso in larga misura le indicazioni fornite dall'ANPA e si è basato sul calcolo della biodiversità lichenica su tronchi d'albero, intesa come somma delle frequenze delle specie licheniche presenti entro un reticolo di area costante. E'stato quindi definito un "Indice di Purezza Atmosferica" (I.A.P.), calcolato, per ciascuna stazione, come media aritmetica delle frequenze totali dei rilievi effettuati in quella stazione. Valori di I.A.P. elevati indicano migliore qualità dell'aria mentre valori bassi segnalano situazioni di degrado.
Con i valori di I.A.P. assegnati a ciascuna stazione sono state elaborate carte bi-tridimensionali della qualità dell'aria mediante apposite tecniche di interpolazione che consentono di calcolare valori di I.A.P. in base a valori di I.A.P. misurato sul campo e di procedere poi all'unione di punti di pari valore di I.A.P., determinando la creazione di linee di isoqualità dell'aria. Fra le linee di isoqualità dell'aria sono comprese porzioni di territorio con inquinamento simile. In accordo con le Linee Guida sulle metodiche di monitoraggio standardizzate curate dall'ANPA, sono state definite, pertanto, 7 fasce di qualità dell'aria, leggermente ampliate nel range, a ciascuna delle quali corrisponde un range di valori assunti dall'I.A.P. Questa scala convenzionale di "naturalità / alterazione" è riportata in *Tabella 3.6.3.8c*.

Tabella 3.6.3.8c *Classi di Naturalità/Alterazione in Relazione ai Valori di I.A.P.*

IAP	Naturalità	Colore
< 5	alterazione molto alta	nero
da 5,1 a 10	alterazione alta	rosso
da 10,1 a 20	alterazione media	arancione
da 20,1 a 30	Naturalità / alterazione bassa	giallo
da 30,1 a 50	naturalità media	verde
da 50,1 a 70	naturalità alta	azzurro
> 70	naturalità molto alta	blu

La *Figura 3.6.3.8c* (riportata in fondo al Capitolo) riporta la carta bidimensionale della qualità dell'aria nella provincia di Udine.
Si osservano i picchi di qualità dell'aria elevata nelle Stazioni di Ravascletto, Treppo Grande e Lignano.
Le condizioni della qualità dell'aria peggiorano, anche se in nessun caso si raggiunge il livello del deserto lichenico, nella parte centrale dell'area di studio, dove infatti si hanno i valori massimi di densità abitativa e il grosso delle attività industriali di un certo impatto.
Rimane ancora da confermare, a causa della scarsità di stazioni (insufficiente numero di tigli in loco), il sensibile cambiamento della qualità dell'aria riscontrato lungo parte del confine nord-orientale.

Biomonitoraggio nella Provincia di Trieste

Nel corso dell'anno 2000 il Dipartimento di Trieste dell'ARPA FVG ha condotto uno studio sulla qualità dell'aria nel territorio urbano del Comune di Trieste e nel Comune di Muggia basandosi sull'uso dei licheni epifiti quali bioindicatori, per studiare l'impatto sulla naturalità dell'ambiente di sostanze estranee immesse in atmosfera come conseguenza delle attività umane (traffico, riscaldamento, industrie, ecc.).
Sono state seguite le linee guida indicate dall'ANPA nel Workshop "*Biomonitoraggio della qualità dell'aria sul territorio nazionale*", tenuto a Roma nel novembre 1998, che derivano da un'elaborazione del metodo sviluppato da Hering e Urech nel 1991.
A seconda della biodiversità delle popolazioni licheniche rinvenute sugli alberi esaminati si ottengono dei valori di *BLs* (Biodiversità Lichenica della stazione), classificabili in sette classi di naturalità / alterazione, che rispecchiano la qualità dell'aria (*Tabella 3.6.3.8d*).

Tabella 3.6.3.8d *Classi di Naturalità/Alterazione in Relazione ai Valori di BLs*

Classe	BLs	Naturalità	Colore
1	= 0	Alterazione molto alta (deserto lichenico)	Viola
2	da 1 a 10	Alterazione alta	Rosso
3	da 11 a 20	Alterazione media	Arancione
4	da 21 a 30	Naturalità / alterazione bassa	Giallo
5	da 31 a 40	Naturalità media	Verde Brillante
6	da 41 a 50	Naturalità alta	Verde Scuro
7	> 50	Naturalità molto alta	Turchese

Sono state considerate 30 stazioni già oggetto di studio per conto della Provincia dall'Università di Trieste (Nimis e coll.) nel 1992. Si è voluto in questo modo valutare l'eventuale variazione avvenuta nella qualità ambientale nel corso degli ultimi 8 anni.
I risultati dei biomonitoraggi condotti nel 1992 e nel 2000 sono riportati nelle *Figure 3.6.3.8d* e *3.6.3.8e* (riportate in fondo al Capitolo); un confronto è invece riportato in *Tabella 3.6.3.8e*.

Tabella 3.6.3.8e Confronto Biomonitoraggio 1992 - 2000

Prog.	Stazioni di Prelievo	1992		2000	
		BLs	Classe	BLs	Classe
8	Via Costalunga	0	7	0	7
10	Viale Sanzio	0	7	0	7
12	Via Pascoli	0	7	0	7
13	Piazza Hortis	0	7	0	7
16	Via Caboto	0	7	0	7
4	Via Pitacco	0	7	5	6
5	Via Pola	0	7	1	6
11	Giardino Tommasini (via Giulia)	0	7	6	6
14	Giardino Basevi (via Veronese)	0	7	9	6
21	Via Boveto	0	7	4	6
20	Via Boegan	0	7	13	5
23	Via Cordaroli	0	7	12	5
6	Strada Vecchia dell'Istria	1	6	7	6
7	Statale 202 (+ per Piazzale de Gasperi)	4	6	6	6
22	Salita di Gretta	6	6	10	6
1	Via San Pasquale	3	6	17	5
24	MUGGIA Via Tonello	8	6	20	5
25	MUGGIA Santuario Muggia Vecchia	6	6	17	5
2	Domio	9	6	30	4
9	Via Petracco	8	6	30	4
15	Via Cosulich	9	6	29	4
26	Via Valerio	9	6	22	4
27	Strada per Basovizza	10	6	23	4
28	Strada nuova per Opicina	10	6	28	4
17	AQUILINIA Via di Zaule	11	5	24	4
30	Strada nuova per Opicina (prima dell'obelisco)	19	5	40	3
18	Via Maovaz	21	4	63	1
19	Via San Pasquale	21	4	56	1
29	Conconello	21	4	57	1
3	OPICINA Strada per Monrupino	44	2	56	1

Dall'analisi delle Figure e della Tabella si è riscontrato un significativo miglioramento nel corso di questo periodo.
I siti con deserto lichenico (classe 7) sono passati da 12 a 5, e quelli con alterazione alta sono diminuiti da 12 a 8; complessivamente gli indici riscontrati di situazione atmosferica pesantemente compromessa (classi 6 e 7) sono diminuiti in 8 anni da 24/30 (80%) a 13/30 (43%).
L'indubbio miglioramento della qualità dell'aria che risulta dai dati sopra riportati può essere ragionevolmente messo in relazione con l'aumento dei veicoli circolanti a benzina senza piombo e con la progressiva metanizzazione degli impianti di riscaldamento.
Si prevede di estendere lo studio a tutta la superficie della provincia di Trieste e di approfondire il collegamento tra i dati risultanti da questo biomonitoraggio e quelli rilevati dalle centraline sparse sul territorio, per integrare in un'unica prospettiva i rilevamenti delle varie indagini svolte sul territorio.

Riferimenti per la Valutazione

L'Agenzia Nazionale per la Protezione Ambientale (ANPA), sulla base di quanto previsto dalla normativa e dalle direttive comunitarie, ha avviato un'opera di promozione di metodiche integrate e innovative, relative al monitoraggio ed al controllo dell'ambiente.
Nel novembre 1998 1'ANPA ha organizzato a Roma il workshop Biomonitoraggio della qualità dell'aria sul territorio nazionale al quale sono intervenuti i maggiori esperti italiani nel campo del biomonitoraggio per fare il punto sulle attuali conoscenze.
Risultato di quel primo incontro è stata, nel corso del 1999, la redazione delle prime Linee Guida sulle metodiche di monitoraggio standardizzate.
L'Agenzia, inoltre, nell'ambito della collaborazione con l'omologo sistema europeo ed in qualità di National Focal Point dell'Agenzia Europea per l'Ambiente (EEA), intende definire nel prossimo futuro un indice per la valutazione della qualità dell'aria che risulti compatibile con analoghi strumenti europei.
Alcuni riferimenti in tema di biomonitoraggio sono:

- Badin G. & P.L. Nimis, *Biodiversity of Epiphytic Lichens and Air Quality in the Province of Gorizia (Ne Italy)*, 1996;
- Castello M. & Gasparo D., *Lichens as Bioincators and Bioaccumulators of Air Pollution. A Case Study at Macerata (Italy)*, 1988;
- Cisuachi C. & P.L. Nmos., *Lichens, Air Pollution and Lung Cancer, Neture*, 1997;
- Cisuachi .C., Braca M. & P.L. Ninms., *Methodological Aspects of an Ecological Study on the Association Between Two Biological Indicators*, Statist. Appl., 1996;
- Nimis P.L., *Urban Lichen Studies in Italy. Ist.: the Town of Trieste*, Studia Geobot, 1985;
- Nimis P.L., *Urban Lichen Studies in Italy. II: the Town of Udine*, Gortania, 1985;
- Nimis P.L., *Urban Lichen Studies in Italy. III: The City of Roma*, Ann. Bot., 1985;
- Nimis P.L., Castello M. & Perotti M., *Lichens as Biomonitors of $S0_2$ Pollution in the Town of La Spezia (N Italy)*, Lichenologist, 1990;
- Nimis P.L., Gasparo D., Giovani C., & Padovani R., *Radiocontamination Maps of Macrofungi in Northeastern Italy (Friuli-Venezia Giulia) following the Chernobyl Accident*, Gortania, 1989.

Valutazione della Qualità del Dato

I dati riguardanti il biomonitoraggio, ovverosia il rilevamento delle alterazioni ambientali effettuato mediante l'uso di organismi viventi, nei diversi territori provinciali sono completi e aggiornati.

3.6.3.9 Scheda dell'Indicatore 6-9: Caratteristiche Chimiche delle Deposizioni Atmosferiche

Codice Indicatore	*6-9*
Tematica	*Aria*
Sottotematica	*Qualità dell'aria*
Indicatore	*Caratteristiche Chimiche delle Deposizioni Atmosferiche*
Tipo	*Stato*
Obiettivo	*Valutare, a livello regionale, le caratteristiche chimiche (pH, concentrazioni di solfati, nitrati e ammonio) delle deposizioni atmosferiche*
Riferimenti	*ENEL. 1991. Le piogge acide. I quaderni dell'Energia* *Morsevi, L., E. Emani, G. Tartari & E. Elli. 1991. Deposizioni acide umide. In: L. MorseVi (ed.). Le piogge acide, Maggioli, Bologna.* *Mosello, R. 1993. Rapporto sull'attività della Rete RIDEP nel quinquennio 1988-1992. Documenta Ist. ital. Idrobiol.* *Gruppo di Studio. 1987. Deposizioni atmosferiche nel Nord Italia. Rapporto finale anni 1983-1984. Quaderni Ingegneria Ambientale, 6.* *Fuzzi, S. 1991. Deposizione di inquinanti dovuta a goccioline di nube o nebbia. In: Le piogge acide, Maggioli, Bologna.* *Brown, K.A., T.M. Roberts & L.W. Blank. 1987. Interaction between ozone and cold sensitivity in Norway spruce: a factor contributing to the forest decline in Central Europe. New Phytol.* *CEC. 1989. European Community Forest Haelth Report 1987-88. Commission of the EC, Directorate General for Agricolture, Luxembourg.*
Dati necessari	*Concentrazioni degli ioni presenti nelle deposizioni umide.*
Fonte	*Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia, Direzione Regionale delle Foreste Servizio della Selvicoltura, La qualità dell'aria e delle deposizioni atmosferiche sulle foreste del FVG nel 1994* *Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia, Direzione Regionale delle Foreste Servizio della Selvicoltura, La qualità dell'aria e delle deposizioni atmosferiche sulle foreste del FVG nel 1995*
Disponibilità	**Ambito Spaziale**: *regionale* **Aggiornamento**: *variabile* **Periodo**: *1998 - 2000*

Descrizione, Calcolo e Valutazione

Uno dei fenomeni più rilevanti dell'inquinamento atmosferico su larga scala è rappresentato oggi dall'acidificazione, ovverosia dalle deposizioni acide, che si formano prevalentemente con le emissioni di origine antropica di tre inquinanti gassosi quali il biossido di zolfo (SO_2) e gli ossidi di azoto (NO_X). Un'ulteriore inquinante, riscontrabile nelle deposizioni atmosferiche, è l'ammoniaca (NH_3).
A seconda della natura dell'inquinante e delle caratteristiche climatiche della regione interessata, si può avere una deposizione *secca* o una deposizione *umida*: per composti poco solubili in acqua o poco volatili e in regioni e stagioni aride prevarrà la deposizione secca, cioè la formazione di particelle più dense dell'aria o l'assorbimento dell'inquinante da parte di altre particelle già presenti, e la sua discesa gravitazionale, oppure l'assorbimento delle sostanze presenti sotto forma di gas o di aerosol direttamente sulla superficie su cui vengono deposte.
La deposizione per via umida si ha invece quando le minuscole goccioline d'acqua che costituiscono le nubi inglobano particelle in soluzione e composti solubili. La deposizione avviene poi in sospensione o in soluzione nelle gocce di pioggia, nei fiocchi di neve e nei chicchi di grandine e nella condensazione della nebbia. Nel caso delle deposizioni umide si fa un'ulteriore distinzione tra

rain-out e *wash-out:* il primo si verifica quando si ha deposizione delle sostanze inglobate nelle goccioline che costituiscono le nubi e con esse trasportate, mentre il secondo consiste nella cattura, da parte della deposizione, delle sostanze presenti localmente nell'atmosfera. Nel caso di *wash-out* le fasi iniziali della deposizione sono caratterizzate da tenori più elevati di inquinanti e di altre sostanze presenti nel particolato atmosferico, la cui concentrazione tuttavia si riduce con il progressivo dilavamento .
Tra le varie forme di deposizione, quella umida é più facile da campionare e per essa é più semplice confrontare campioni ottenuti con apparecchiature diverse. Il campionamento avviene, generalmente, con campionatori automatici dotati di un sensore di pioggia che ne causa l'apertura all'inizio della precipitazione e la chiusura al termine (*campionatori wet*). Nella costruzione delle reti di monitoraggio il campionatore wet rappresenta ad oggi il miglior compromesso per ottenere con continuità e affidabilità misure attendibili e confrontabili della deposizione umida.
Per la deposizione secca, invece, la misura é molto più complessa e meno significativa, in quanto nel meccanismo della deposizione stessa gioca un ruolo determinante la superficie su cui le particelle si depongono o vengono adsorbite. Pertanto valori di deposizione misurati, ad esempio, in contenitori di polietilene non sono assolutamente riportabili alla deposizione che interessa una foresta o un ecosistema acquatico. Ciò ha indotto a sostituire le misure dirette su superfici artificiali con valori calcolati a partire dalla concentrazione degli inquinanti e da stime della velocità di sedimentazione. Comunque sia effettuata, la misura della deposizione secca é complessa e non é economicamente realistico sviluppare una fitta rete di monitoraggio. Appare invece più realistico stimare la deposizione secca attraverso misure delle concentrazioni degli inquinanti nell'aria e una valutazione delle velocità di deposizione a partire dalle caratteristiche della superficie recettrice.
Nelle deposizioni umide si ritrovano quasi tutte le sostanze emesse nell'atmosfera da fonti naturali o artificiali, anche se quelle in forma ionica, comunemente indicate come macrocostituenti, sono presenti in concentrazioni notevolmente superiori alle altre. I macrocostituenti, misurati negli studi di deposizione, sono rappresentati da:

- ioni positivi (cationi) quali ammonio, calcio, magnesio, sodio, potassio e idrogeno;
- ioni negativi (anioni) quali solfato, nitrato, cloruro e bicarbonato.

Il solfato, il nitrato e lo ione idrogeno provengono dalla dissoluzione nelle gocce di pioggia degli acidi solforico e nitrico derivanti dall'ossidazione degli ossidi di zolfo e di azoto presenti nell'atmosfera. Il sodio, il cloruro, parte del solfato, del magnesio e, in misura minore, del calcio, del sodio e del potassio derivano dal trasporto verso l'entroterra dell'aerosol marino, cioè dell'acqua di mare dispersa nell'atmosfera dal moto ondoso. Il grosso del calcio, del magnesio, del sodio, del potassio e del bicarbonato deriva dai minerali del suolo. La reazione basica dell'ammoniaca origina invece l'ammonio. Le emissioni della vegetazione forestale e delle attività umane portano alla formazione di anioni degli acidi deboli, soprattutto formico ed acetico. Sciogliendosi in acqua l'anidride carbonica contenuta nell'atmosfera si trasforma in acido carbonico che, se indisturbato, si dissocia in uguali quantità

di ioni idrogeno e bicarbonato, impartendo così una leggera acidità (pH = 5,6) alle deposizioni atmosferiche.
In presenza di sostanze basiche, che sottraggono ioni idrogeno, la solubilità dell'anidride carbonica aumenta così come la quantità di acido carbonico che, dissociandosi, libera ulteriori ioni idrogeno (che vanno a compensare quelli sottratti) e ioni bicarbonato che rimangono in soluzione.
Quando si è in presenza invece di sostanze acide che producono ioni idrogeno, questi tendono a legarsi allo ione bicarbonato producendo acido carbonico. Via via che il bicarbonato viene consumato, rimane in soluzione una certa quantità di ioni idrogeno che conferisce alla deposizione un carattere acido.
Gli effetti delle deposizioni acide sono fra i più vari ed includono la defoliazione o la ridotta vitalità delle piante e, negli ecosistemi con substrati minerali non reattivi agli acidi, la moria dei pesci e la diminuzione di diversità biologica di animali acquatici in laghi, fiumi e torrenti o cambiamenti nella chimica dei suoli.
Nel 1988 il Ministero dell'Ambiente, con la collaborazione del CNR Istituto Italiano di Idrobiologia di Pallanza (NO), ha reso operativa la prima rete nazionale di campionamento delle deposizioni atmosferiche (rete RIDEP), costituita da 172 stazioni, gestite da 44 Enti differenti, sparse sul territorio nazionale, di cui una decina nel Friuli Venezia Giulia. Il progetto era volto a coordinare tutte quelle reti che, nel corso degli anni ottanta, avevano operato con modalità diverse, producendo quindi risultati non confrontabili.
Nell'ambito di tale attività di coordinamento, sono state poi messe a punto metodologie e protocolli comuni per il campionamento, il controllo di qualità dei dati prodotti e sono state avviate campagne di intercalibrazione tra i laboratori partecipanti alla rete. L'attività sistematica di raccolta ed elaborazione dei dati della rete si è conclusa alla fine degli anni '90.
Attualmente rimangono attivi in Regione 6 punti di prelievo, di cui 5 coincidenti con le centraline della rete di rilevamento della qualità dell'aria realizzata in siti remoti dalla Direzione Regionale Foreste, che cura a tutt'oggi il prelievo dei campioni di deposizioni umide. In *Tabella 3.6.3.9a* sono riportati, per ciascuna stazione presa in considerazione, l'ubicazione, l'altidudine s.l.m. ed il tipo di campionatore**.**

Tabella 3.6.3.9a *Campionatori Wet per la Raccolta delle Deposizioni Atmosferiche*

Comune	**Località**	**Altitudine (m s.l.m.)**	**Campionatore (W wet; A aria)**
Castions di Strada (UD)	Mas del Bosc	9	W
Claut (PN)	Case Oliva-Urban	558	WA
Doberdò del Lago (GO)	loc. Solvay	120	WA
Stregna (UD)	loc. Varch	598	WA
Sutrio (UD)	Vetta M. Zoncolan	1710	
Venzone (UD)	loc. Tugliezzo	550	WA

Tali stazioni sono rappresentative delle diverse tipologie forestali presenti in Regione, dal bosco planiziale di Castions fin oltre il limite della vegetazione arborea, a Sutrio. Tutte le stazioni sono localizzate nell'area prealpina ed alpina della Regione, con la sola eccezione delle stazioni di Castions e di Doberdò che si trovano in prossimità della costa, rispettivamente in pianura e sui primi contrafforti del Carso. Le stazioni di Claut, più a Ovest, e di Stregna,

più ad Est, sono ubicate in zona montuosa, che rappresenta il primo ostacolo per le masse d'aria umida provenienti dall'Adriatico e arricchitesi di inquinanti sulla pianura.
La stazione di Venzone, invece, essendo localizzata sui sistemi montuosi più interni rispetto alla pianura, risulta leggermente schermata rispetto al mare ed alle sorgenti di inquinamento della pianura stessa. La stazione di Sutrio è infine ubicata sulla sommità del Monte Zoncolan, e dispone quindi della migliore schermatura rispetto ai venti provenienti da Sud, mentre è più accessibile agli inquinanti eventualmente provenienti dalle regioni alpine anche trasfrontaliere.
Un aspetto importante del protocollo di raccolta dati, che può influenzare notevolmente i risultati del monitoraggio, é la frequenza di campionamento. Generalmente vengono considerate quattro diverse strategie di prelievo: mensile, evento per evento, giornaliero e settimanale. Quest'ultimo è quello che rappresenta il miglior compromesso tra le strategie di campionamento per le reti di monitoraggio. Infatti, il campione non rimane esposto per un periodo troppo lungo tale da subire alterazioni chimico-fisiche sostanziali, il numero di campioni non é eccessivo e la regolarità dei prelievi può semplificare la gestione.
Coerentemente con il protocollo della Rete Nazionale RIDEP é stato scelto il campionamento settimanale.
Per confrontare le concentrazioni misurate nelle deposizioni in stazioni diverse si utilizzano espressioni sintetiche dei risultati, che differiscono nella formulazione matematica e nel loro uso per la valutazione degli effetti ambientali. In particolare, nel nostro caso sono stati utilizzati:

a. *i valori mediani di concentrazione*, ottenuti dall'analisi dei campioni raccolti con frequenza settimanale;
b. *la deposizione areale annua* dei singoli ioni, che rappresenta la quantità di inquinante depositatasi su di un'area unitaria;
c. *la concentrazione media ponderata sui volumi*, che si ottiene dividendo la deposizione per la quantità di precipitazione annua.

Le *Figure 3.6.3.9a, 3.6.3.9b* e *3.6.3.9c* (riportate in fondo al Capitolo) mostrano il trend 1998-2000 della deposizione areale annua di acidità e dei pH mediano e minimo su base settimanale in ciascuna delle stazioni attive della rete.
Si osserva che la deposizione di acidità è relativamente omogenea su tutta la regione, con un leggero aumento nelle aree più piovose (es.: stazione di Venzone) e nella parte orientale della regione (es.: stazione di Stregna). I valori si mantengono generalmente costanti nel passaggio dal 1998 al 2000, con la sola eccezione della stazione di Stregna per la quale si registra un andamento decrescente della deposizione di acidità.
Il valore mediano del pH, leggermente acido, indica che la maggior parte degli eventi di precipitazione trasporta acidità, seppure in piccola quantità.
Anche il valore del pH minimo evidenzia un certo trasporto di acidità, da parte degli eventi di precipitazione. Si deve ricordare, tuttavia, che i valori di pH minimo si riferiscono ai campioni settimanali e non ai singoli eventi di precipitazione. Pertanto il valore minimo di pH misurato in aree particolarmente piovose (es.: stazione di Venzone) potrebbe nascondere valori inferiori eventualmente riportabili a piccoli eventi avvenuti in una settimana piovosa e diluiti da successive precipitazioni meno acide.

Le *Figure 3.6.3.9d, 3.6.3.9e* e *3.6.3.9f* (riportate in fondo al Capitolo) mostrano il trend 1998-2000 delle concentrazioni mediane nelle deposizioni umide (solfati, nitrati e ammonio) in ciascuna delle stazioni della rete regionale.
Coerentemente con la modesta acidità delle deposizioni, le concentrazioni mediane degli inquinanti sono significative, ma non elevate. Dall'esame della loro distribuzione geografica, si rileva che il territorio regionale può essere distinto in due aree: una comprendente la costa, la pianura e i primi contrafforti alpini (stazioni di Doberdò del Lago, Castions di Strada e Stregna), contraddistinta da livelli più elevati di tutti gli inquinanti, ed una seconda area, limitata alla parte più settentrionale della regione (stazioni di Sutrio, Venzone e Claut) con concentrazioni minori.
Tale situazione può essere facilmente spiegata se si osserva che la maggior parte delle precipitazioni avviene con venti provenienti dall'Adriatico e che le valli più settentrionali si trovano schermate dai primi rilievi alpini, su cui si scaricano grandi quantità di precipitazioni.
Il passaggio dal 1998 al 1999 è caratterizzato da un miglioramento progressivo e generalizzato per tutte le stazioni prese in esame, mentre l'anno 2000 è contrassegnato per lo più da un'inversione di tendenza, con aumento delle concentrazioni mediane degli inquinanti (solfati, nitrati e ammonio) in quasi tutte le stazioni.
Il quadro d'assieme dell'andamento temporale 1998-2000 delle deposizioni areali annue dei composti dello zolfo e dell'azoto, riportato nelle *Figure 3.6.3.9g, 3.6.3.9h* e *3.6.3.9i* (riportate in fondo al Capitolo), è simile ai precedenti, ma è notevolmente influenzato dalle ampie differenze nella piovosità delle diverse zone: i valori più alti di deposizione si trovano infatti nelle stazioni di media latitudine, nelle aree più piovose (stazioni di Stregna e Venzone).

Riferimenti per la Valutazione

La Conferenza delle Nazioni Unite svoltasi a Stoccolma nel 1972 ha sancito la necessità di avviare una stretta cooperazione a livello internazionale sul grave tema dell'inquinamento atmosferico, riconoscendo che esso non rappresenta un fenomeno meramente locale, ma che i suoi effetti vanno ben oltre i luoghi ove le sostanze inquinanti vengono rilasciate in atmosfera.
Alla conferenza di Stoccolma seguì nel 1979 la firma a Ginevra di una convenzione internazionale per proteggere l'ambiente e la salute dall'inquinamento atmosferico transfrontaliero, all'interno della quale sono stati inseriti i relativi protocolli attuativi di controllo e riduzione dell'inquinamento atmosferico a larga scala.
I riferimenti per la valutazione dei fenomeni di acidificazione vanno proprio ricercati all'interno di questi protocolli e sono basati su un approccio finalizzato a ridurre unicamente le emissioni in atmosfera di sostanze acidificanti. In seguito, il progredire delle conoscenze scientifiche sull'inquinamento atmosferico ed i suoi effetti ha portato ad introdurre, con il Protocollo di Oslo del 1994 (ratificato dall'Italia con la *Legge n. 207 del 18 giugno 1998*), un approccio di tipo diverso, ovverosia basato sugli effetti, per cui le riduzioni delle emissioni in atmosfera vengono fissate a seconda della capacità o meno di tollerare certe deposizioni di inquinante. Ciò ha

comportato la necessità di introdurre riferimenti quantitativi degli effetti, ossia alla definizione dei concetti di *carico critico* e di *livello critico*.
Il *carico critico* è definito come "una stima quantitativa dell'esposizione ad uno o più inquinanti, al di sotto della quale non avvengono significativi effetti dannosi su determinati elementi sensibili dell'ambiente" (principalmente ecosistemi lacustri e forestali).
Il *livello critico* è definito come "la concentrazione in atmosfera di un dato inquinante al di sopra del quale si verificano effetti avversi diretti ad un sistema ricettore" (piante, ecosistemi, materiali, ma anche l'uomo).
Attualmente non sono stati ancora approvati valori di riferimento per carichi e livelli critici.
La focalizzazione sugli effetti dell'inquinamento transfrontaliero ha poi condotto a trattare in modo integrato l'acidificazione, l'eutrofizzazione e la formazione di ozono troposferico giungendo così al cosiddetto Protocollo "multi inquinanti -multi effetti", firmato nel dicembre 1999 a Goteborg (Svezia). La sua applicazione comporterà ulteriori riduzioni degli ossidi di azoto.

Valutazione della Qualità del Dato

I dati riguardanti le caratteristiche chimiche (pH, concentrazioni di solfati, nitrati, ammonio, zolfo, azoto ammoniacale e azoto nitrico) delle deposizioni acide nei diversi territori provinciali sono completi ed aggiornati.

3.6.4 Conclusioni

Sottotematica Sintesi Meteo-Climatica della Regione Friuli Venezia Giulia

È oramai assodato che il clima mondiale subisce delle variazioni che si manifestano su scale di tempi diverse. Gli studi geologici mettono in luce che in passato la Terra ha sperimentato dei climi completamente diversi da quello che oggi osserviamo, con un'alternanza di periodi freddi, cioè con temperatura media del pianeta inferiore a quella odierna, e periodi caldi in cui la temperatura media del globo era maggiore dell'attuale.
Attraverso le serie storiche di temperatura al suolo, negli ultimi anni, la comunità scientifica internazionale è giunta alla conclusione che la temperatura media superficiale del pianeta sta aumentando rispetto ai valori tipici registrati all'inizio del secolo scorso. Inoltre le misure eseguite recentemente indicano che l'aumento è particolarmente marcato negli ultimi decenni. Queste considerazioni sono state immediatamente collegate a possibili effetti antropici sulla composizione chimica della troposfera e della stratosfera. Molte attività umane producono considerevoli quantità di gas serra ed è un fatto inconfutabile che le quantità prodotte dall'uomo non sono trascurabili rispetto a quelle già esistenti in natura. I gas serra hanno la proprietà di essere opachi alle radiazioni infrarosse, cioè quelle che in prevalenza vengono emesse dalla superficie terrestre verso lo spazio, quindi trattengono parte dell'energia irradiata dal nostro pianeta causandone un aumento della temperatura. Oltre ai gas serra, si producono anche composti chimici che favoriscono la dissociazione dell'ozono stratosferico con conseguente riduzione della schermatura della radiazione ultravioletta. Importanti sono anche gli aerosol, cioè dei nuclei di condensazione che favoriscono la formazione delle nubi e la loro resistenza al dissolvimento. Mentre è inevitabile attribuire a cause naturali le variazioni dei climi passati, per esempio effetti astronomici dovuti alle caratteristiche peculiari dell'orbita e dell'asse di rotazione terrestre, eruzioni vulcaniche, derive continentali o impatti meteorici, per il cambiamento in atto non è chiaro se esso è completamente attribuibile all'uomo o se esistono anche delle forzanti naturali. Vista l'importanza del problema, la comunità internazionale ha deciso di costituire dei gruppi di esperti per lo studio dei cambiamenti climatici globali in atto; tra questi gruppi vi è l'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), organizzato sotto l'egida delle Nazioni Unite. Nel 2001, l'IPCC ha completato il suo terzo rapporto sullo stato della ricerca sui cambiamenti climatici ed in tale rapporto ha concluso che la temperatura superficiale media terrestre è aumentata di 0.6°C nel corso del XX secolo e che le temperature registrate negli ultimi decenni sono le più elevate dell'ultimo millennio. Il riscaldamento osservato nell'ultimo secolo è fuori dalla variabilità rilevata nel millennio; altre osservazioni riportano la diminuzione della copertura nevosa terrestre complessiva, compresi i ghiacciai artici, ed un sensibile innalzamento del livello medio del mare. Anche la temperatura dei primi otto chilometri di troposfera ha subito un incremento, seppur di minor entità rispetto a quello registrato per la superficie e con una indeterminazione notevolmente superiore a causa della brevità delle serie temporali. Preso atto di questi cambiamenti l'IPCC ha eseguito numerose simulazioni climatiche globali, attraverso sofisticati modelli numerici, per prevedere l'evoluzione del clima nel presente secolo. Va precisato che la simulazione numerica di un

sistema così complesso come l'atmosfera terrestre non è cosa facile ed è affetta da numerose fonti di indeterminazione, perciò i risultati prodotti debbono essere valutati con notevole spirito critico. Solo per fare un esempio, ricordiamo che è chiaro l'effetto positivo dei gas serra nei confronti del riscaldamento troposferico, ed è altrettanto chiaro l'effetto negativo prodotto dall'aumento della copertura nuvolosa a causa dell'aumento degli aerosol, ma non si è ancora compreso in quale rapporto si combineranno in futuro questi due elementi.
Ad ogni modo alcune caratteristiche dei cambiamenti climatici futuri sembrano essere sufficientemente confermate da dover essere prese in seria considerazione:

- il riscaldamento globale previsto per fine secolo e individuato in temperature medie al suolo superiori alle attuali di un valore compreso tra 1.4°C e 5.8°C. Di questo ampio intervallo, metà indeterminazione è dovuta all'incertezza dei futuri scenari di inquinamento antropico, mentre l'altra metà dipende dalla incertezza dei modelli nella simulazione del clima dato lo scenario;
- il corrispondente aumento del livello medio del mare è previsto tra 0.12 e 0.88 metri, principalmente dovuto all'espansione termica dell'acqua degli oceani;
- la precipitazione globale, ed in particolare l'intensità della stessa, dovrebbe aumentare;
- è verosimile un aumento del numero della frequenza degli eventi estremi caldi ed una diminuzione di quelli estremi freddi;
- le zone continentali interne potrebbero essere affette da un progressivo inaridimento, specie durante le estati;
- la diminuzione della superficie terrestre coperta da nevi o ghiacci dovrebbe continuare progressivamente;
- sono inoltre possibili variazioni della frequenza e dell'ampiezza di fenomeni globali quali El Nino e cambiamenti delle circolazioni monsoniche.

L'ARPA FVG, attraverso l'Osservatorio Meteorologico Regionale, manifesta notevole interesse per il problema dei cambiamenti climatici, soprattutto per le ripercussioni su scala regionale dei cambiamenti stessi. Il problema degli effetti climatici locali indotti da cambiamenti globali è ancora aperto sia perché non sono sufficientemente chiari i livelli di alterazione dei processi meteo-climatici coinvolti nel cambiamento locale, sia perché, come illustrato qui sopra, non è ben definito lo scenario globale futuro. I fisici, i climatologi e i meteorologi dell'OSMER mantengono costantemente alta la loro attenzione sui cambiamenti climatici interagendo con gli esperti del settore, in particolare quelli operanti in regione. Periodici scambi di opinione tra l'OSMER e la PWC del Centro di Fisica Teorica di Miramare, tra l'altro direttamente coinvolta nei lavori dell'IPCC, mantengono al corrente la nostra agenzia sullo stato della conoscenza riguardante cambiamenti climatici globali.
Per quanto riguarda le variazioni del clima regionale, l'ARPA mantiene continuamente aggiornate le serie storiche dei rilevamenti meteorologici eseguiti attraverso le stazioni gestite dall'OSMER, che vengono integrate, per gli anni precedenti al 1990, con i dati messi a disposizione dal Servizio

Idrografico e Mareografico Nazionale. Gli studi di natura climatica eseguiti presso l'OSMER vengono confrontati con analoghi lavori eseguiti da altri esperti del settore, al fine di pervenire ad una individuazione degli eventuali cambiamenti in atto in regione. Nella recente tavola rotonda sui cambiamenti climatici, organizzata dall'Unione Meteorologica del Friuli Venezia Giulia, tenutasi a Udine nel mese di marzo 2002, alla quale oltre all'ARPA, hanno partecipato anche gli esperti dell'Università di Trieste, dell'Istituto Nazionale di Oceanografia e Geofisica Sperimentale, dell'Istituto Talassografico di Trieste del CRN e dell'Istituto Nautico, sono emersi i seguenti punti che riguardano le variazioni del clima in regione:

- è assodato che il clima mondiale sta cambiando, ma esistono ancora notevoli incertezze sulla natura del cambiamento, antropico, naturale o misto e sull'entità dei cambiamenti futuri;
- le ripercussioni dei cambiamenti climatici globali su quelli regionali non sono chiare, almeno per quanto riguarda regioni come il Fruli Venezia Giulia, cioè estremamente complesse dal punto di vista meteo-climatico;
- le serie temporali di temperatura, precipitazione, vento ed altre variabili meteorologiche fino ad oggi a disposizione sono affette da incertezze di misura che vanno prese in seria considerazione al fine di eseguire analisi realistiche dell'evoluzione del clima regionale;
- dalle analisi fino ad ora eseguite in regione dagli esperti intervenuti alla tavola rotonda non ci sono elementi concordi che indichino sicuri e chiari cambiamenti del clima regionale;
- la maggiore o minore frequenza ed ampiezza degli eventi meteorologici estremi in regione, ad oggi, non può essere messa in discussione a causa dell'esiguo volume delle informazioni fino ad ora raccolte.

Sottotematica Qualità dell'Aria

Per quanto concerne la sottotematica "Qualità dell'Aria" sono state identificate e quantificate le pressioni esercitate, in termini di entità e distribuzione, delle sorgenti di emissione di inquinanti fisse e mobili.

Nel 1997, le emissioni complessive di *Monossido di Carbonio* CO per la Regione Friuli Venezia Giulia erano stimate in quasi 140.000 tonnellate. La sorgente predominante è rappresentata dal traffico autoveicolare.
Le emissioni di *Composti Organici Volatili* COV sono risultate, nel 1997, pari a circa 64.000 tonnellate. Le principali attività sorgenti di emissione risultano l'utilizzo di solventi (35,7%) e a seguire il traffico autoveicolare (34,8% del totale). Un contributo abbastanza significativo proviene dall'agricoltura, in particolare dall'allevamento (15,4%).
In particolare, la stima delle emissioni dovute all'uso di solventi ammonta, nell'intera regione, a circa 22.802 tonnellate annue.
Nel comparto produttivo della verniciatura del legno vengono utilizzate in totale 10.628 tonnellate di solvente l'anno, pari quindi al 46.61% del solvente emesso dall'intera regione.
Le emissioni di COV per la Regione Friuli Venezia Giulia sono circa il 2,8% di quelle nazionali valutate per l'anno 1997.

La sorgente principale di *Ossidi di Azoto NOx* è risultata il traffico autoveicolare (quasi il 48% delle emissioni totali). Un notevole contributo alle emissioni è inoltre fornito dalla produzione energetica (19,5%) e dalla combustione industriale (17,7%). Le emissioni di NOx per la Regione Friuli Venezia Giulia sono risultate circa il 2,6% di quelle nazionali valutate per l'anno 1997.
Nel 1997 le emissioni complessive di *Polveri Totali Sospese* PTS ammontavano a quasi 8500 tonnellate. Anche in questo caso, la sorgente predominante di PTS è il traffico autoveicolare (40,1% del totale). Altri contributi sono da attribuire ai processi di combustione connessi con le attività industriali (13,5%) e non (impianti di combustione commerciali ed istituzionali, impianti residenziali e impianti nell'agricoltura 23%).
I settori che contribuiscono maggiormente all'emissione di SO_2 sono quelli della produzione di energia (81,6% del totale) e della combustione industriale (2,7%) e non (riscaldamento, etc.) (9,8%). Il traffico diesel risponde per l'1,8% delle emissioni totali. Le emissioni di SO_2 per la Regione Friuli Venezia Giulia sono risultate circa l'1,1% di quelle nazionali valutate per l'anno 1997.
Nel 1997 le emissioni complessive di NH_3 ammontavano a circa 8600 tonnellate, di cui il 92,6% proviene dal macrosettore dell'agricoltura.
Le emissioni di NH_3 per la Regione Friuli Venezia Giulia sono circa il 2% di quelle nazionali valutate per l'anno 1997.
Il confronto dei dati attualmente disponibili e datati 1997 con quelli relativi ad anni più recenti permetterà di quantificare il trend e contribuirà alla valutazione delle possibilità di raggiungimento degli obiettivi che l'Italia si è posta nei diversi protocolli internazionali volti alla riduzione delle emissioni di sostanze inquinanti in atmosfera.
Dall'analisi delle emissioni si è quindi passati alla valutazione dello stato di qualità dell'aria.
Con l'applicazione dei limiti di emissione dagli impianti industriali previsti dal *DM del 12 luglio 1990*, con la diffusione della metanizzazione e con l'introduzione di combustibili a basso tenore di zolfo, a partire dai primi anni '90 i valori di SO_2 registrati in tutta la regione sono generalmente di qualità.
Miglioramenti progressivi e generalizzati sono stati rilevati anche per il *Monossido di Carbonio* (CO). Il numero di superamenti dei valori limite, del Livello di Attenzione e del Livello di Allarme, è andato progressivamente diminuendo in tutto il territorio regionale.
La situazione del *Biossido di Azoto* (NO_2) è, invece, abbastanza disomogenea:

- per tutte le stazioni ubicate nel Comune di Udine il 98° percentile si è mantenuto, nel quadriennio 1998-2001, sempre al di sotto del limite di legge (200 $\mu g/m^3$); anche il valore della mediana, ossia un indicatore del livello di inquinamento medio, è risultato inferiore, in quasi tutte le stazioni, al valore guida previsto dalla vigente normativa (50 $\mu g/m^3$); inoltre, in quattro stazioni su sei, il livello di inquinamento medio mostra un miglioramento; fanno eccezione le stazioni di P.le D'Annunzio e di P.le Osoppo per le quali sia nel 1998 che nel 1999 la mediana si attesta al di sopra del valore di riferimento; nella stazione di P.le D'Annunzio si è registrato, tuttavia, un certo miglioramento nel corso dell'anno 2000, confermato nel 2001;

- in alcune stazioni della rete di Trieste, di tipo urbano, la mediana mostra un trend in riduzione, manifestazione di un miglioramento della qualità dell'aria con il passare degli anni; il 98° percentile, e quindi i fenomeni di inquinamento acuto, non evidenziano, invece, significative variazioni, pur rimanendo quasi sempre al di sotto del limite imposto dalla vigente normativa;
- nelle due stazioni della rete provinciale della città di Pordenone che misurano gli NO_X non si evidenziano superamenti del valore limite del 98° percentile, mentre in una di esse (Pordenone Centro) il valore della mediana supera il valore guida previsto dalla legislazione attuale, nel biennio 2000-2001;
- nella provincia di Gorizia, le stazioni di cui si ha la disponibilità di dati non sono ubicate all'interno di grossi centri urbani e registrano quindi valori generalmente di qualità e ben inferiori a quelli già visti per le città di Udine, Trieste e Pordenone.

Relativamente alle *Polveri Totali Sospese* (*PTS*), il valore della media aritmetica annuale e quello del 95° percentile annuale risultano costantemente al di sotto dei rispettivi valori limite in tutto il territorio regionale. Si registrano, tuttavia, sporadici superamenti del Livello di Attenzione, comunque in diminuzione passando dal 1998 al 2001.
Per quanto riguarda il particolato PM10, solo nella città di Trieste si dispone di serie complete di dati per l'anno 2001. Tali rilevazioni mostrano un sostanziale rispetto, per l'anno in esame, dei limiti riguardanti la media annuale ed il valore sulle 24 ore previsti dalla *Direttiva Europea 99/30/CE*, in fase di recepimento.
Nelle città di Udine e Pordenone, i dati a disposizione, rilevati da due centraline, si riferiscono solo agli ultimissimi mesi dell'anno 2001 e, pertanto, non sono stati chiaramente presi in considerazione ai fini del presente Rapporto.
Per quanto concerne i livelli di smog fotochimico, il cui tracciante è l'*Ozono* (O_3), occorre considerare che quest'ultimo è un inquinante secondario, cioè che si forma a partire dagli inquinanti direttamente emessi dal traffico e dall'industria a seguito di complesse reazioni chimiche in atmosfera, favorite dalla radiazione solare.
Delle tre reti di monitoraggio dell'ozono, quella di Udine presenta una maggiore disponibilità di misure. Si evidenziano superamenti sia del valore limite che del livello di attenzione. Negli ultimi tre anni, si registra un aumento complessivo della concentrazione massima oraria.
Nell'aprile del 2001 è stata avviata la prima campagna annuale, su scala regionale, finalizzata all'accertamento, mediante campionatori passivi tipo "Radiello", delle concentrazioni di *Benzene* nell'aria dei quattro capoluoghi di provincia della regione Friuli Venezia Giulia. I risultati parziali della campagna, che terminerà nel 2002, hanno evidenziato, in tutti e quattro i centri urbani interessati, un sostanziale rispetto del valore limite di legge, con sporadici superamenti dello stesso durante il periodo invernale in zone cittadine ad intenso traffico veicolare. Soltanto nella città di Trieste, un'analisi approfondita della distribuzione dell'inquinante ha evidenziato la criticità di talune aree (valori medi di concentrazione di benzene > 10 $\mu g / m^3$), comprese in una zona ad elevata densità abitativa ed intensità di traffico veicolare, la

quale, pertanto, dovrà essere indagata in maggior dettaglio al fine di pervenire ad una mappatura più puntuale in grado di fornire uno strumento più efficace per una nuova definizione o per l'aggiornamento del piano di regolamentazione del traffico nel centro urbano di Trieste.
Nella città di Trieste, infine, una postazione per la rilevazione degli *Idrocarburi Policiclici Aromatici* ha evidenziato, nel triennio 1999-2001, una progressiva diminuzione dei valori di concentrazione atmosferica di benzo(a)pirene, che, nell'anno 2001, sono risultati lievemente superiori all'obiettivo di qualità in vigore dal 1° gennaio 1999 (1,0 ng / m^3).
Oltre che con rilievi strumentali la qualità dell'aria è stata oggetto di indagine mediante tecniche di biomonitoraggio lichenico.
In provincia di Gorizia, Udine e Trieste il rilevamento delle alterazioni ambientali è stato effettuato attraverso lo studio della distribuzione territoriale delle specie licheniche. I risultati *per la Provincia di Gorizia* indicano che in nessuna area del territorio provinciale e della bassa pianura friulana vengono toccati livelli di alterazione ambientale elevati. *In Provincia di Udine* si osservano i picchi di qualità dell'aria elevata nelle stazioni di Ravascletto, Treppo Grande e Lignano. Le condizioni della qualità dell'aria peggiorano, anche se in nessun caso si raggiunge il livello del deserto lichenico, nella parte centrale dell'area di studio, dove infatti si hanno i valori massimi di densità abitativa ed il grosso delle attività industriali di un certo impatto. Per quanto concerne *la Provincia di Trieste*, il confronto fra due campagne di biomonitoraggio, condotte rispettivamente nel 1992 e nel 2000, evidenzia un significativo miglioramento con il passare degli anni, ragionevolmente attribuibile all'aumento dei veicoli circolanti a benzina senza piombo ed alla progressiva metanizzazione degli impianti di riscaldamento.
In *Provincia di Pordenone* i licheni sono stati utilizzati per la ricerca dei metalli, sfruttando le loro proprietà di bioaccumulo: l'insieme delle aree esaminate non è sottoposto, in genere, ad una ricaduta particolarmente elevata dei metalli indagati.
La deposizione di acidità è relativamente omogenea su tutta la regione, con un leggero aumento nelle aree più piovose (es.: stazione di Venzone) e nella parte orientale della regione (es.: stazione di Stregna). I valori del pH mediano e di quello minimo, leggermente acidi, indicano che la maggior parte degli eventi di precipitazione apporta acidità, seppure in misura limitata. Le concentrazioni mediane degli inquinanti (solfati, nitrati e ammonio) e le deposizioni areali annue dei composti dello zolfo e dell'azoto sono significative, ma non elevate.

3.6.5 Bibliografia

Le fonti di informazione consultate sono:

- AA.VV, *Annali Idrologici*, Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale, IPS, Roma dal 1961 al 1994;
- AA.VV., *Inquinamento atmosferico ed acustico nell'intorno del polo industriale di Rivoli di Osoppo - Buia*, UU.SS.LL. n° 4 e n° 6, gennaio 1994;
- AA.VV., *Inquinamento atmosferico ed acustico nell'intorno del polo industriale di Rivoli di Osoppo - Buia*, Az. Serv. San. n° 3 e n° 4, marzo 1998;
- ANPA, *Emissioni in Atmosfera e qualità dell'aria in Italia*, Serie stato dell'ambiente n. 6/1999;
- ARPA FVG Dipartimento Provinciale di Trieste, *Relazione sulla qualità dell'aria urbana nell'anno 2000*;
- Badin G. & P.L. Nimis, *Biodiversity of Epiphytic Lichens and Air Quality in the Province of Gorizia (Ne Italy)*, 1996;
- Brown, K.A., T.M. Roberts & L.W. Blank, *Interaction between ozone and cold sensitivity in Norway spruce: a factor contributing to the forest decline in Central Europe*, New Phytol, 1987;
- Carniel R., Ceschia M., Micheletti S., *Short analysis of rainfall trends in Friuli-Venezia Giulia from 1951 to 1986*, Il Nuovo Cimento C, vol. 13, n° 5, set-ott 1990, 885-888;
- Castello M. & Gasparo D., *Lichens as Bioincators and Bioaccumulators of Air Pollution. A Case Study at Macerata (Italy)*, 1988;
- CEC, *European Community Forest Haelth Report 1987-88*, Commission of the EC, Directorate General for Agricolture, Luxembourg, 1989;
- Ceschia M., Linussio A., Micheletti S., *Trend analysis of mean monthly maximum and minimum surface temperatures of the 1951-1990 period in Friuli-Venezia Giulia*, Il Nuovo Cimento C, vol. 17, n° 4, lug-ago 1994, 511-521;
- Ceschia M., Micheletti St., Carniel R., *Rainfall over Friuli Venezia Giulia: High Amounts and Strong Geographical Gradients*, 1991, Theor. Appl. Climatol. 43,175-180;
- Ceschia M, Micheletti S. and Carniel R., *A preliminary study of the wind in Friuli: an indication of sea-plain-mountain breeze*, 1991, Wetter und Leben, 43, 99-113;
- Cicogna A., Salvador M., Micheletti S., *Heavy rainfall in Friuli - Venezia Giulia : new data for a climatic extreme*?, MAP Newsletter, n° 4, 1996, 2-6;
- Cicogna A., Salvador M., Micheletti S., *Piogge intense da primato europeo*, AER, n° 12/96, 1996, 14-15;
- Cicogna A., Micheletti S., Nordio S., Salvador M., *Precipitation in the Friulian Alpine Foreland: a new outlook for old records?*, ICAM 1998, Torino, 14-19 settembre 1998;
- Cicogna A., Nordio S., Micheletti S., *Diurnal course of Rainfall in the Plain of Friuli-Venezia Giulia: Evaluation of Hourly Measurements*, Theoretical and Applied Climatology, n° 65, 2000, 175-180;
- Cisuachi C. & P.L. Nmos., *Lichens, Air Pollution and Lung Cancer, Neture*, 1997;
- Cisuachi .C., Braca M. & P.L. Ninms., *Methodological Aspects of an Ecological Study on the Association Between Two Biological Indicators*, Statist. Appl., 1996;

- CLRTAP, *Convention on Long Range Transboundary Air Pollution*, 1979;
- Ecothema, Provincia di Udine, Servizio Tutela Ambientale, *Biomonitoraggio della qualità dell'aria nella provincia di Udine*, 2000;
- ENEL, *Il controllo della qualità dell'aria nelle zone circostanti le centrali termoelettriche*, 1996;
- ENEL, *Le piogge acide. I quaderni dell'Energia*, 1991;
- European Environmental Agency, *Review of Corinair90 – Proposals for air emissions 1994*, 1995;
- European Environmental Agency, *Environment in the European Union at the Turn of Century*, 1999;
- European Environmental Agency, EMEP / Corinair, *Atmospheric Emissions Inventory Guidebook*, 1996;
- European Environmental Agency, *Air Pollution in Europe, Environmental monograph n.4*, 1997;
- European Environmental Agency, *Towards a Transport and Environment Reporting Mechanism (TERM) for the EU – Technical Report n. 18*, 1999;
- Fuzzi, S., *Deposizione di inquinanti dovuta a goccioline di nube o nebbia. In: Le piogge acide*, Maggioli, Bologna, 1991;
- Gentilli J, *Il Friuli, i climi*, 1964, Camera di Commercio Industria ed Artigianato di Udine;
- Giaiotti D. e F. Stel, *A comparison between subjective and objective thunderstorm forecasts*, 2001, Atmos. Res., 56, 111-126;
- Giaiotti D., E. Gianesini, F. Stel, *Heuristic considerations pertaining to hailstone size distributions in the plain of Friuli*, 2001, Atmos. Res., 56, 111-126;
- Giaiotti D., Manzato A., Micheletti S., Nordio S. e Stel F., *The climatology of Hail in the Plain of Friuli Venezia Giulia*, 2001, IAMAS 2001, section 5.1 Clouds and Precipitation;
- Giaiotti D., Manzato A., Micheletti S., Nordio S. e Stel F., *The katabatic flows in the Julian Alps as a local magnification factor in the thermal anomalies of Autumn-Winter 2000-2001*, 2001, MAP newsletter, 15, 214;
- Giaiotti D., Micheletti S., Stefanuto L., *A first analysis of snow climatology in the Friulian Alps: a compendium of nordic and mediterranean characteristics?*, ICAM 1998, Torino, 14-19 settembre 1998;
- Giorgi F., *Cambiamenti climatici: una sintesi del rapporto IPCC*, 2001, 51-55, Pubblicazione UMFVG;
- Gruppo di Studio, *Deposizioni atmosferiche nel Nord Italia. Rapporto finale anni 1983-1984*. Quaderni Ingegneria Ambientale, 6, 1987;
- ISTAT, *Le stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria*, Collana Informazioni n.79, 1998;
- ISTAT, Statistiche Ambientali, Ambiente e Territorio, *Annuario 2000*;
- Manzato A., *Nuova versione del programma Sound Analysis e la statistica di tutti gli indici calcolati*, 2001, Rapporto interno OSMER ARPA FVG;
- Micheletti S., *Meteorologia del nord-est: l'Osservatorio meteo regionale del Friuli Venezia Giulia*, Nimbus, n° 21-22, 2001, 133-137;
- Micheletti S., Salvador M., *Appunti di meteorologia per il Friuli Venezia Giulia*, Centro Servizi Agrometeorologici, 2000;
- Morgan G., *La grandine*, 1990, pp. 150, Pubblicazione ERSA;

- Morgan G., *Temporali, fisica delle nubi, manifestazioni grandinigene e loro prevenzione. Studi relativi alla regione Friuli Venezia Giulia*, 1991, pp. 130, Pubblicazione ERSA;
- Morsevi, L., E. Emani, G. Tartari & E. Elli, *Deposizioni acide umide*. In: L. MorseVi (ed.). Le piogge acide, Maggioli, Bologna, 1991;
- Mosello, R., *Rapporto sull'attività della Rete RIDEP nel quinquennio 1988-1992*. Documenta Ist. ital. Idrobiol., 1993;
- Nimis P.L., *Urban Lichen Studies in Italy. Ist.: the Town of Trieste*, Studia Geobot, 1985;
- Nimis P.L., *Urban Lichen Studies in Italy. II: the Town of Udine*, Gortania, 1985;
- Nimis P.L., *Urban Lichen Studies in Italy. III: The City of Roma*, Ann. Bot., 1985;
- Nimis P.L., Castello M. & Perotti M., *Lichens as Biomonitors of $S0_2$ Pollution in the Town of La Spezia (N Italy)*, Lichenologist, 1990;
- Nimis P.L., Gasparo D., Giovani C., & Padovani R., *Radiocontamination Maps of Macrofungi in Northeastern Italy (Friuli-Venezia Giulia) following the Chernobyl Accident*, Gortania, 1989;
- Polli S., *Il clima delle doline del Carso triestino*, 1961, Istituto Tecnico Talassografico, Trieste;
- Polli S., *Il clima della Regione*, 1971, Enciclopedia Monografica del Friuli Venezia Giulia, Vol. 1 Il Paese, pp. 443-488;
- Polli S., *Valori medi ed estremi del Clima di Trieste*, 1950, Istituto Tecnico Talassografico, Trieste;
- Polli S., *Valori Normali del Clima di Trieste*, 1970, Istituto Tecnico Talassografico, Trieste;
- Provincia di Gorizia, Direzione Territorio e Ambiente, *La qualità dell'aria in provincia di Gorizia - Licheni come sentinelle ambientali*, 2001;
- Provincia di Gorizia, *Modelli previsionali e monitoraggio della qualità dell'aria* (Atti del Convegno), Giugno 1997;
- Provincia di Pordenone, Assessorato all'Ambiente, Università di Trieste (Dipartimento di Biologia), *Deposizioni di metalli nella pedemontana pordenonese - Uno studio basato sui licheni come bioaccumulatori*, 2001;
- Provincia di Pordenone, *Rapporto Annuale 1998* Rete Provinciale di rilevamento dell'inquinamento atmosferico;
- Regione FVG, Direzione Regionale delle Foreste, *La qualità dell'aria e delle deposizioni atmosferiche sulle foreste del FVG nel 1994*;
- Regione FVG, Direzione Regionale delle Foreste, *La qualità dell'aria e delle deposizioni atmosferiche sulle foreste del FVG nel 1995*;
- Regione FVG, Direzione Regionale dell'Ambiente, *Studio finalizzato all'acquisizione di elementi conoscitivi per la predisposizione del Piano Regionale di risanamento e tutela della qualità dell'aria*;
- Stefanuto L., Micheletti S., Nordio S., *Neveadis in Friûl*, Neve e Valanghe, n° 37, 1999, 6-17;
- Stravisi F., *La Bora a Trieste*, 2001, 23-35, Pubblicazione UMFVG;
- Thierry R.L. *Les pluies dans le Frioul. Les situations à l'origine de leur abondance. Une approche par l'image satellite*. 1990. p.53 - Thèse pour le Doctorat Université de Rennes2;

- Villi V., Caleffa G., Gatto G., Mori G., *Distribuzione spazio temporale delle piogge intense nel Triveneto- cartografia* - 1986. Quaderno di Ricerca n° 7 - C.N.R and Regione Veneto.