



PROVINCIA
DI ROMA
Vice Presidenza
Assessorato Tutela Ambientale



Pianificazione Energetica ed Ambientale nel territorio dei Castelli Romani (PiEnA)

Premessa

Con delibera n. 899/46 del 5 novembre 2003 la Provincia di Roma ha approvato il progetto denominato “Pianificazione Energetica ed Ambientale dei Castelli Romani – PiEnA”

Il piano si è dato i seguenti obiettivi:

- **analisi dei consumi energetici**
- **analisi delle criticità ambientali del territorio e campagne di valutazione della qualità dell'aria per l'individuazione di fattori di rischio**
- **incentivazione all'uso di fonti energetiche eco compatibili anche mediante progetti pilota di installazione di collettori solari per la produzione di acqua calda sanitaria negli edifici pubblici**
- **promozione di politiche di ecoefficienza e utilizzo di fonti energetiche rinnovabili e/o alternative attraverso la formazione dei tecnici comunali e l'affiancamento in attività di risparmio energetico e utilizzo delle fonti energetiche rinnovabili;**
- **sensibilizzazione dei giovani verso i problemi ambientali attraverso attività didattiche finalizzate allo sviluppo della conoscenza dei problemi dell'ambiente**
- **collaborazione internazionale e adesione a progetti comunitari**
- **proposta di piano d'azione finalizzato al risparmio energetico ed al consumo intelligente.**

Il progetto è stato avviato, in fase prototipale, nel territorio dei Castelli Romani per poter essere esteso in altre aree del territorio provinciale.

La valutazione dello stato ambientale di un dato territorio è di notevole complessità per la presenza contemporanea di dinamiche demografiche ed economiche, di flussi emissivi di inquinanti atmosferici e di condizioni meteorologiche variabili che costituiscono fattori di vulnerabilità e di pressione sull'ambiente.

L'area del Parco dei Castelli Romani è di notevole interesse ambientale per la forte valenza naturalistica dovuta alla presenza di habitat e di zone a protezione speciale, ma è sottoposta ad un processo di espansione demografica sempre crescente che potrebbe compromettere il suo sviluppo sostenibile.

Il lavoro che presentiamo non completa tutti gli obiettivi indicati dal Piano in quanto è in corso di elaborazione il Piano Energetico Provinciale che, a partire dall'analisi dei consumi e delle potenzialità energetiche di tutto il territorio provinciale, dovrà definire dei piani d'azione finalizzati al risparmio energetico ed al consumo intelligente per le varie parti del territorio provinciale in funzione delle specificità locali.

Per l'area dei Castelli Romani in questa relazione ci siamo limitati a riportare alcune informazioni relativamente ai consumi energetici soffermandoci con maggiore attenzione all'analisi delle criticità ambientali (rifiuti, acque, rumore ed inquinamento elettromagnetico) con particolare riferimento alla qualità dell'aria che risulta essere un indicatore fondamentale per determinare la pressione delle attività antropiche e dei consumi energetici sul territorio.

1. Assetto del territorio

Il Parco dei Castelli Romani, secondo la suddivisione in montagna, collina e pianura stabilita dall'ISTAT, ha una prevalenza di comuni collinari, ovvero con caratteri altimetrici compresi tra 300 e 700 metri sul livello del mare. L'aspetto geologico più significativo dei Castelli Romani è rappresentato dal domine vulcanico dei Monti Albani che ha avuto origine dalla stessa fase tettonica dei monti Volsini, Cimini e Sabatini. Da un punto di vista morfologico il complesso vulcanico dei Colli Albani è caratterizzato dall'esistenza di un edificio centrale ben sviluppato, con una tipica forma conica debolmente inclinata, troncata nella parte sommitale dove si individuano ampie depressioni di collasso calderico, in alcuni casi colmati da bacini lacustri come i laghi di Castel Gandolfo e di Nemi.

I 15 comuni che ricadono nell'area del Parco dei Castelli Romani hanno complessivamente un'estensione di 43.536 ettari ed una popolazione residente di 274.058 ab. (dati aggiornati al 2004). In tabella 1.1 sono riportati il numero dei residenti, la superficie, la densità abitativa e l'altitudine.

Tabella 1.1: residenti, superficie, densità abitativa e altitudine [Elaborazioni su dati ISTAT]

Comune	popolazione residente (2004)	Densità abitativa (ab/kmq) 2004	Superficie (Kmq)	Altitudine (metri s.l.m.) min e max
Albano Laziale	34.806	1.462	23,80	110/565
Ariccia	17.885	974	18,36	125/650
Castel Gandolfo	8.539	580	14,71	155/519
Frascati	19.882	887	22,41	89/550
Genzano di Roma	22.334	1.231	18,15	106/480
Grottaferrata	19.004	1.035	18,36	149/670
Lanuvio	10.540	240	43,91	64/326
Lariano	10.846	402	27,00	242/891
Marino	36.708	1.406	26,10	128/480
Monte Compatri	8.785	360	24,38	47/773
Monte Porzio Catone	8.372	894	9,36	185/680
Nemi	1.892	257	7,36	316/675
Rocca di Papa	13.665	340	40,18	390/956
Rocca Priora	10.764	383	28,07	300/768
Velletri	50.036	442	113,21	56/939
totale	274.058	700	391,45	164/661 (media)
Roma	2.542.003	1.978	1.285,30	0/377
Totale Provincia	3.758.015	702	5.351,81	-----

In **tabella 1.2** sono riportate le superfici boscate afferenti ad aziende agricole dei 15 comuni degli anni 1990 e 2000 e le relative variazioni. La disaggregazione a livello comunale delle superfici boscate è stata calcolata partendo dall'area boschiva dell'intera Provincia di Roma relativa alle aziende agricole pari a 68.475,02 ettari (anno 2000), secondo i dati dell'Osservatorio regionale risorse agricole.

Occorre tener conto che, secondo la carta di Uso del Suolo, la superficie boscata totale della Provincia di Roma si stende per complessivi 133.813,61 ha (pari a circa il 25% della superficie provinciale totale).

Tabella 1.2: superficie boschiva (90-00) riferita alle aziende agricole, variazioni e percentuale sul totale della superficie [Elaborazioni su dati ISTAT]

Comune	Superficie boscata aziende agricole anno 2000 (ha)	Superficie boscata aziende agricole anno 1990 (ha)	Variazione anni 90-00 (ha)	Variazione percentuale 90-00
Albano Laziale	6,65	125,48	-118,83	-94,70%
Ariccia	39,29	118,01	-78,72	-66,71%
Castel Gandolfo	0,77	6,04	-5,27	-87,25%
Frascati	149,99	74,34	75,65	101,76%
Genzano di Roma	12	22,17	-10,17	-45,87%
Grottaferrata	20,66	136,73	-116,07	-84,89%
Lanuvio	6,12	3,2	2,92	91,25%
Lariano	824,62	1.041,86	-217,24	-20,85%
Marino	3,37	43,57	-40,2	-92,27%
Monte Compatri	154,44	232,17	-77,73	-33,48%
Monte Porzio Catone	55,27	114,06	-58,79	-51,54%
Nemi	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Rocca di Papa	2.177,96	2.202,31	-24,35	-1,11%
Rocca Priora	594,39	793,3	-198,91	-25,07%
Velletri	754,8	2.213,91	-1459,11	-65,91%
Totale	4.800,33	7.127,15	-2.326,82	-32,65%
Roma	9.726,03	11.175,68	-1.449,65	-12,97%
Totale Provincia	68.475,02	79.847,67	-11.372,65	-14,24%

A conferma del notevole incremento delle attività antropiche e dell'erosione delle aree verdi e naturali (sebbene riferita ad una parte dell'intero patrimonio boschivo), dalla tabella si evidenzia un decremento della superficie boschiva su quasi tutti i comuni dell'area.

Nella tabella 1.3 sono riportati i dati relativi al totale della superficie boscata (agricola più demaniale) relativa all'anno 2000 con il calcolo della percentuale di superficie boscata sulla superficie totale del territorio.

Tabella 1.3 - dati relativi al totale della superficie boscata anno 2000

Comuni	superficie boscata (dati Carta Uso del Suolo) ha	superficie totale (2004) ha	sup boscata/sup totale %
Albano Laziale	187	2393	8%
Ariccia	202	1819	11%
Castel Gandolfo	188	1463	13%
Frascati	89	2267	4%
Genzano di Roma	85	1833	5%
Grottaferrata	289	1819	16%
Lanuvio	119	4395	3%
Lariano	1001	2700	37%
Marino	96	2510	4%
Monte Compatri	176	2434	7%
Monte Porzio Catone	362	935	39%
Nemi	218	720	30%
Rocca di Papa	2432	3999	61%
Rocca Priora	1200	2798	43%
Velletri	1711	12960	13%
totale	8.354	45.045	19%
Roma	15448	130771	12%
Totale Provincia	133.362	538.092	25%

Si evidenzia una media di superficie boscata inferiore alla media della Provincia e che tende ad avvicinarsi percentualmente a quella della città di Roma.

La zona del Parco è un'area di notevole interesse per studi ed applicazioni delle tematiche relative allo sviluppo sostenibile, in quanto si tratta di un'area protetta ad elevata fruizione da parte dei cittadini, sia residenti, sia provenienti dal resto della provincia ed in particolare dalla città di Roma. Tale area infatti ha una forte valenza naturalistica dovuta alla presenza di siti di interesse

comunitario (SIC) per la presenza di habitat e/o specie indicate nella direttiva europea “Habitat” (92/43/CEE) e di zone a protezione speciale (ZPS) per le specie dell’avifauna, secondo la direttiva europea “Uccelli” (79/409/CEE) . Nell’area del Parco, al tempo stesso, si assiste ad un processo di espansione e di sviluppo economico dei vari comuni che determina una diversificazione ed un aumento di attività antropiche sia produttive sia ricreative, che possono determinare un impatto negativo sulla qualità dell’ambiente.

Nel contesto europeo, il territorio dei Castelli Romani rientra nella tipologia di aree per le quali è consentito l’utilizzo in modo integrato di quasi tutti gli strumenti finanziari e di programmazione concertata che la Comunità Europea, lo Stato Italiano e la Regione Lazio hanno individuato per favorire lo Sviluppo locale.

Presenta, in particolare, le seguenti caratteristiche:

- alcuni dei 15 comuni dei quali è composto (Albano, Ariccia, Velletri, Lariano, Rocca di Papa, Rocca Priora, Monteporzio Catone) sono inseriti negli assi prioritari di intervento e nelle misure d’azione del DOCUP obiettivo 2 della Regione Lazio per gli anni 2000-2006;
- sono presenti quattro SIC (Siti di Importanza Comunitaria) e una ZPS (Zona di Protezione Speciale);
- sono presenti siti archeologici e culturali di grande valore;
- in territorio limitrofo è situata l’Università di Tor Vergata, nell’area di Frascati vi sono importanti centri di ricerca (ESA_ESRI, Istituto di Fisica nucleare, CNR, etc.)
- l’area è attraversata da tre linee ferroviarie: Albano – Roma, Frascati – Roma, Velletri – Roma; sul territorio è insediato l’aeroporto di Ciampino;
- per quanto riguarda la viabilità, l’area è attraversata dalla Via Appia , dalla Via dei Laghi, Via Anagnina, Via Tuscolana e fiancheggiata dall’Autostrada Roma-Napoli;
- a circa 30 km vi sono i porti turistici di Anzio e Nettuno.

In **tabella 1.4** sono riportate le unità locali dell’industria, del commercio e dei servizi presenti nel territorio messe a confronto con Roma e con il totale della Provincia compresa Roma.

Tabella 1.4: Unità locali per settore di attività economica per comune. [Censimento ISTAT 2001]

comune	industria	commercio	altri servizi	istituzioni	totale
Albano Laziale	555	638	695	94	1.982
Ariccia	407	344	343	35	1.129
Castel Gandolfo	-	186	154	3	343
Frascati	34	529	769	102	1.434
Genzano di Roma	49	464	561	54	1.128
Grottaferrata	63	348	445	45	901
Lanuvio	183	147	131	40	501
Lariano	38	195	225	8	466
Marino	420	420	439	53	1.332
Monte Compatri	262	163	123	26	574
Monte Porzio Catone	50	171	158	22	401
Nemi	4	52	37	7	100
Rocca di Papa	185	180	184	47	596
Rocca Priora	118	139	144	31	432
Velletri	745	1.263	991	301	3.300
Totale	3.113	5.239	5.399	868	14.619
Roma	26.414	62.043	90.395	9.010	187.862
Totale Provincia	37.077	84.551	113.529	12.535	247.692

2. Inventario delle emissioni

Per lo studio dell'inquinamento atmosferico di una data area è indispensabile la conoscenza di tutte le sorgenti di emissione di inquinanti atmosferici; a partire dall'inventario delle emissioni vengono elaborate le strategie di intervento e di pianificazione per la tutela della qualità dell'aria.

La Provincia di Roma, nell'ambito delle proprie competenze istituzionali e in conformità a quanto previsto dall'art.5 del DPR 203/88, ha realizzato nel 1998 l'inventario delle emissioni in atmosfera su tutto il territorio provinciale. L'unità territoriale considerata è il Comune e gli inquinanti presi in considerazione sono il monossido di carbonio (CO), gli ossidi di azoto (NO_x), gli ossidi di zolfo (SO_x), le polveri sospese totali (PM10) e i composti organici volatili (COV). Le emissioni sono state stimate a partire dai dati quantitativi sui combustibili, carburanti in attività industriali e produttive utilizzando appositi fattori di emissione.

Le attività produttive e non produttive considerate per l'analisi delle emissioni in atmosfera sono:

- produzione di energia;
- raffinerie industriali;
- riscaldamento civile;
- trasporti stradali ed altre tipologie di trasporto;
- uso di solventi;
- distribuzione di gas naturale e di combustibili liquidi;
- smaltimento dei rifiuti solidi urbani;
- agricoltura.

Sono state considerate inoltre anche le emissioni di inquinanti di origine naturale, che rientrano nella categoria chimica dei composti organici volatili (COV).

Gli obiettivi e le modalità di utilizzo degli inventari sono molteplici, dipendono dal contesto istituzionale interessato, dalla scala territoriale e dalla tipologia dell'utente. A livello locale questi sono strumenti essenziali per la gestione della qualità dell'aria, poiché consentono di identificare le sorgenti territoriali, responsabili dell'inquinamento atmosferico. Gli inventari delle emissioni inoltre rappresentano un elemento di conoscenza fondamentale per la costruzione e l'applicazione di modelli di previsione e di dispersione.

I dati relativi alle emissioni di inquinanti in atmosfera nei 15 comuni del Parco dei Castelli Romani (riportati in **tabella 2.1, 2.2, e 2.3**) sono stati selezionati dall'inventario provinciale.

Tabella 2.1: Emissioni *diffuse* di inquinanti (t/anno) per comune [Inventario Provinciale delle Emissioni, 1998]

Comune	CO	COV	NOX	PSF	SOX
Albano Laziale	2501,30	774,70	389,50	53,30	43,70
Ariccia	1339,00	3054,50	213,50	94,90	34,00
Ciampino	2657,10	797,00	427,10	57,90	42,80
Frascati	1521,60	557,90	253,30	34,20	26,00
Genzano di Roma	1619,60	505,80	262,30	35,60	25,80
Grottaferrata	1324,10	460,70	207,60	29,20	18,50
Lanuvio	685,70	321,30	139,30	18,60	13,90
Lariano	723,10	222,40	108,30	16,40	10,70
Marino	2609,10	789,90	412,40	56,70	40,80
Monte Porzio Catone	655,60	171,90	95,80	16,70	10,30
Montecompati	599,10	277,70	109,80	15,70	9,80
Nemi	152,60	55,50	23,60	4,50	2,20
Rocca di Papa	942,60	325,60	146,40	20,10	13,80
Rocca Priora	717,10	292,00	107,50	14,90	7,30
Velletri	3889,70	1351,90	620,50	102,50	61,70

Tabella 2.2: Emissioni *lineari* di inquinanti (t/anno) per comune [Inventario Provinciale delle Emissioni, 1998]

Comune	CO	COV	NOX	PSF	SOX
Albano Laziale	39,60	6,40	15,00	0,10	0,40
Ariccia	76,20	12,30	28,90	0,20	0,70
Castel Gandolfo	60,70	9,80	23,00	0,20	0,60
Ciampino	226,40	87,00	93,90	0,10	7,20
Frascati	397,40	54,40	242,10	76,80	6,60
Genzano di Roma	52,30	8,50	19,80	0,10	0,50
Grottaferrata	83,60	12,50	28,50	0,20	0,70
Lanuvio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Lariano	266,70	40,50	113,40	11,50	2,90
Marino	nd	nd	nd	nd	nd
Monte Porzio Catone	62,40	8,40	43,70	16,10	1,20
Montecompati	148,40	20,90	87,50	26,20	2,40
Nemi	25,90	4,20	9,80	0,10	0,20
Rocca di Papa	nd	nd	nd	nd	nd
Rocca Priora	101,30	15,10	34,50	0,30	0,90
Velletri	468,00	75,80	177,40	1,30	4,40

Tabella 2.3: Emissioni *puntuali* di inquinanti (t/anno) per comune [Inventario Provinciale delle Emissioni, 1998]

Comune	CO	COV	NOX	PSF	SOX
Ariccia	9,50	66,50	40,90	0,70	1,00
Velletri	4,40	54,80	46,50	3,60	80,40

Da un esame dei dati si rileva che le emissioni diffuse dei composti organici volatili (COV), notevolmente più elevate rispetto a quelle degli ossidi di azoto, sono da attribuire anche a sorgenti naturali per la presenza di ampie zone boschive nel territorio.

3. Consumi energetici *

I maggiori consumi di energia nel territorio dei 15 comuni del Parco Regionale dei Castelli Romani sono attribuibili al riscaldamento civile (combustibile), ai trasporti (carburante) e all'uso dell'energia elettrica. Ai fini della valutazione dei consumi energetici di una determinata area, rivestono una grande importanza sia il settore della mobilità, ed in particolare i trasporti pubblici e privati, sia il settore dei consumi di energia elettrica per utenti pubblici e privati. Nelle **tabella 3.1** sono riportate le varie tipologie di veicoli utilizzati nei vari comuni. I dati dei singoli comuni sono confrontati con quelli di Roma e di tutta la Provincia compresa Roma.

Tabella 3.1: Tipologie di veicoli in uso nei Comuni dei Castelli Romani [ACI, 2003]

Comune	2002	2003	2002	2003	2002	2003
	autobus		autocarri trasporto merci		autovetture	
Albano Laziale	20	21	1.534	1.640	20.691	21.108
Ariccia	66	66	1.331	1.360	11.693	12.053
Castel Gandolfo	1	1	391	467	5.139	5.179
Frascati	14	15	939	1.004	12.848	13.003
Genzano di Roma	21	25	1.041	1.077	13.335	13.732
Grottaferrata	4	4	465	486	11.242	11.547
Lanuvio	5	5	548	560	5.707	5.947
Lariano	22	24	644	679	5.627	5.922
Marino	12	12	1.551	1.612	21.339	22.180
Monte Compatri	1	1	515	538	5.134	5.517
Monte Porzio Catone	1	1	266	294	5.670	6.019
Nemi	-	-	108	109	1.130	1.170
Rocca di Papa	-	-	586	633	8.034	8.332
Rocca Priora	9	9	418	455	6.086	6.399
Velletri	87	89	3.054	3.138	29.526	30.511
Roma	6.934	6.827	152.910	158.568	1.941.964	1.962.175
Totale Provincia	8.064	8.006	207.170	224.467	2.632.500	2.684.608

Comune	2002	2003	2002	2003	2002	2003
	motocicli		alti veicoli		totale	
Albano Laziale	2.050	2.210	840	902	25.135	25.881
Ariccia	1.179	1.261	864	905	15.133	15.645
Castel Gandolfo	583	635	170	189	6.284	6.471
Frascati	1.395	1.513	473	468	15.669	16.003
Genzano di Roma	1.250	1.335	374	396	16.021	16.565
Grottaferrata	1.248	1.358	365	370	13.324	13.765
Lanuvio	472	517	279	291	7.011	7.320
Lariano	409	454	207	210	6.909	7.289
Marino	2.415	2.605	716	744	26.033	27.154
Monte Compatri	459	514	217	235	6.326	6.805
Monte Porzio Catone	535	570	176	176	6.648	7.060
Nemi	152	164	40	39	1.430	1.482
Rocca di Papa	784	841	222	228	9.626	10.034
Rocca Priora	473	539	223	224	7.209	7.626
Velletri	2.676	2.891	1.118	1.145	36.461	37.774
Roma	253.393	274.975	71.061	71.706	2.426.263	2.474.252
Totale Provincia	320.129	348.778	98.369	99.970	3.266.234	3.365.832

Negli ultimi decenni l'evoluzione del sistema sociale e produttivo ha determinato un significativo incremento della mobilità, per lavoro, per studio e per tempo libero.

Un'analisi sulla mobilità nell'area romana condotta dall'Ufficio Studi della Provincia di Roma ottenuta suddividendo il territorio provinciale in 9 sub bacini riassume, nella **tabella 3.2**, la mobilità pendolare extracomunale.

Tabella 3.2 : dati da censimento ISTAT 1991

Sub bacino	Spostamenti/ per giorno
1 – Aurelia	54.000
2 – Cassia/Braccianese	16.000
3 – Flaminia/Tiberina	32.000
4 – Salaria	42.000
5 – Tiburtino	66.000
6 – Tiburtino Est	13.000
7 – Casilino	56.000
8 – Castelli	148.000
9 - Litorale	63.000

Dai dati si evince il numero rilevante di spostamenti giornalieri nell'area dei 15 Comuni dei Castelli Romani rispetto agli altri bacini del territorio provinciale.

La **tabella 3.3** riassume i consumi di energia elettrica dei comuni dei Castelli Romani nei vari settori di utilizzo (il totale dei consumi è confrontato con il totale dei consumi di Roma e di tutta la provincia compresa Roma.)

Tabella 3.3 : Consumi di energia elettrica (espressi in kWh) fornita dall'ENEL [ENEL, 2004]

Comune	agricoltura	domestico	industria	terziario	totale
Albano Laziale	1.145.738	38.695.442	24.712.489	32.494.811	97.048.480
Ariccia	1.849.679	21.385.527	37.284.951	24.432.934	84.953.091
Castel Gandolfo *	185.653	11.786.923	3.224.730	10.265.003	25.462.309
Frascati	1.821.027	25.298.154	3.506.466	116.327.809	146.953.456
Genzano di Roma	1.283.558	24.629.863	3.547.911	21.953.477	51.414.809
Grottaferrata	254.501	25.466.120	4.821.166	16.480.194	47.021.981
Lanuvio	3.101.428	11.543.345	9.730.310	5.072.613	29.447.696
Lariano	203.007	13.291.081	4.984.330	6.356.614	24.835.032
Marino	2.197.408	41.515.700	6.004.976	28.317.758	78.035.842
Monte Compatri	687.934	9.879.744	12.925.425	7.523.618	31.016.721
Monte Porzio Catone	473.192	9.991.866	1.440.951	7.372.825	19.278.834
Nemi	131.289	2.299.162	2.533.057	3.756.957	8.720.465
Rocca di Papa	177.095	16.419.116	4.276.440	17.939.358	38.812.009
Rocca Priora	461.016	12.535.288	7.381.367	5.889.591	26.267.262
Velletri	9.812.180	58.046.988	19.034.492	47.038.915	133.932.575
Totale					843.200.562
Roma					2.506.994.816
Totale Provincia					6.911.416.194

* = il dato di Castel Gandolfo include anche la voce "estero"

La **tabella 3.4** riassume i consumi di gas dei comuni dei Castelli Romani nei vari settori di utilizzo (i consumi sono confrontati con i consumi di Roma).

Tabella 3.4 : Consumi di gas (espressi in MC) [gestori 2001]

Comune	totale
Albano Laziale	9.913.783
Ariccia	n.d.
Castel Gandolfo *	2.416.349
Frascati	12.204.626
Genzano di Roma	6.868.458
Grottaferrata	8.197.070
Lanuvio	n.d.
Lariano	1.583.750
Marino	10.306.851
Monte Compatri	2.472.688
Monte Porzio Catone	2.006.436
Nemi	766.859
Rocca di Papa	2.313.742
Rocca Priora	2.651.860
Velletri	n.d.
Totale	61.702.472
Roma	1.180.085.537

I dati innanzi indicati sono stati utilizzati ai fini della predisposizione del Bilancio Energetico Provinciale; infatti la Provincia di Roma sta redigendo un proprio Piano Energetico al fine di fornire all'ente uno strumento di pianificazione energetica ed ambientale in grado di relazionarsi costruttivamente con gli altri strumenti di pianificazione e programmazione della amministrazione e finalizzato a migliorare la qualità della vita nel rispetto delle esigenze di crescita economica e di tutela dell'ambiente. Tra le finalità del piano sono compresi gli obblighi derivanti dalla sottoscrizione, da parte dell'Italia, del protocollo di Kyoto con il conseguente impegno alla riduzione delle emissioni di CO₂; sebbene il Paese sia in notevole ritardo rispetto agli impegni presi è pur vero che il contributo degli enti locali può risultare determinante e proficuo.

Attualmente è stato completato il Bilancio Energetico Provinciale che è lo strumento che, sinteticamente, descrive i flussi di un sistema energetico in tutte le sue fasi, dalla produzione e/o importazione, fino agli usi finali, delle varie fonti energetiche nei diversi settori d'impiego ed è la base sulla quale programmare gli scenari energetici futuri con conseguente progettazione e distribuzione sul territorio delle varie fonti di energia e dei nuovi impianti di produzione.

Si tratta, in sostanza di un quadro di sintesi delle attività che incidono direttamente o indirettamente, nei consumi energetici.

il Bilancio Energetico prevede l'acquisizione delle seguenti informazioni:

- inquadramento territoriale dell'area di studio
- caratterizzazione ambientale
- caratteri insediativi
- trasporti e mobilità provinciale
- l'economia provinciale
- analisi dei sistemi elettrico, petrolifero, di trasporto del gas,
- analisi dei consumi
- definizione del saldo energetico in entrata ed in uscita
- definizione degli indicatori energetici *
- bilancio energetico tendenziale** e bilancio ambientale***.

Particolare importanza assumono gli indicatori energetici* in quanto sono un modo efficace per classificare le modalità d'uso finale dal punto di vista delle potenzialità del risparmio energetico.

Confrontando gli indicatori della provincia con quelli della regione di appartenenza e dell'Italia, è possibile individuare le criticità di ogni settore. I settori meno efficienti meriteranno un'attenzione prioritaria nella fase successiva di valutazione degli interventi di razionalizzazione energetica.

Nel Bilancio Energetico Tendenziale** (BET) si identificano, sulla base dei trend storici dei consumi settoriali, consumi e fabbisogni energetici annui per settore e per fonte energetica fino al 2020.

Sulla base di tali risultati è possibile evidenziare gli elementi di criticità per il sistema energetico provinciale, in termini di sicurezza degli approvvigionamenti e delle forniture, di diversificazione delle fonti, di dipendenza estera, di rispetto dei vincoli ambientali.

Secondo i dati raccolti è' ragionevole attendersi fino al 2020, rispetto all'intero territorio della Provincia di Roma, una crescita della domanda finale complessiva di energia con un tasso medio annuo oscillante tra 1,7% (Alta Crescita) e 0,7% (Bassa Crescita).

La domanda energetica quindi dovrebbe passare dalle 7.500 ktep/a del 2003 a 9.600 ktep/a del 2020 nell'ipotesi Alta Crescita e 8.400 ktep/a nell'ipotesi Bassa Crescita.

Tali valutazioni preliminari, oltre a testimoniare la necessità di interventi di razionalizzazione, sono fondamentali per la stima degli effetti dei piani di azione che si intende intraprendere.

L'obiettivo del Bilancio Ambientale*** è quello di dare una dimensione in termini ambientali al sistema energetico provinciale e di valutarne le implicazioni sullo scenario emissivo regionale e nazionale. Dall'analisi dei dati emerge che, se l'attuale crescita dei consumi e dell'uso delle risorse sull'intero territorio provinciale venisse confermato, si avrebbe un aumento tendenziale dei gas serra di circa il 60% tra il 1997 ed il 2020.

I dati forniti attestano la necessità di definire piani d'azione per migliorare l'efficienza energetica e ridurre i consumi.

I settori di intervento dei Piani di Azione dovranno riguardare i consumi energetici relativi a trasporti, settore civile, industria, commercio, agricoltura, etc. il che comporta prioritariamente la necessità di interconnessione e interazione con tutti gli strumenti di programmazione, pianificazione ed intervento territoriale della Amministrazione Provinciale a cui dovrà seguire l'interazione e la condivisione degli obiettivi con gli altri soggetti che operano nel territorio (Comuni, aziende locali, associazioni di imprese, ecc).

Per iniziare ad avviare concretamente alcune azioni finalizzate al miglioramento del risparmio e dell'efficienza energetica, sono stati avviati i progetti “*Castelli Solari*” e “*Paese del Sole*”

Per la realizzazione del progetto “*Castelli Solari*” è stato previsto un impegno finanziario di 619.748,28 Euro, cofinanziato dal Ministero dell'Ambiente fino al 30% dell'investimento.

Il progetto consiste nella installazione di collettori solari per la produzione di acqua calda sanitaria negli edifici pubblici (scuole, impianti sportivi).

Con questo progetto si intende promuovere l'utilizzo delle fonti di energia rinnovabili ed in particolare dell'energia solare, in modo da giungere all'adozione di un utilizzo sistematico e sempre più esteso di tali fonti nel territorio provinciale.

Fanno parte del progetto i Comuni di Albano Laziale Anzio, Ariccia, Castel Madama, Frascati, Genzano, Grottaferrata, Marino, Monteporzio Catone, Nettuno, Rocca Di Papa, Velletri.

Per la predisposizione degli studi di fattibilità ci si è avvalsi della collaborazione tecnico-scientifica dell'Università degli Studi di Roma "La Sapienza" ed esattamente del Centro Interuniversitario di Ricerca per lo Sviluppo Sostenibile.

Saranno installati 12 impianti solari termici per la produzione di acqua calda sanitaria e/o il riscaldamento dell'acqua delle piscine nel territorio dei dodici comuni della provincia di Roma innanzi indicati. Il progetto prevede inoltre la posa in opera di altrettanti sistemi di monitoraggio atti a misurare l'energia termica consumata dall'utenza sotto forma di calore e l'energia fornita dall'impianto solare.

Il progetto "Castelli Solari" prevede, inoltre, la realizzazione di materiale divulgativo (opuscoli, pubblicazioni e CD), l'organizzazione di un Convegno inerente lo sviluppo delle fonti di energia rinnovabile, l'estensione della convenzione con il C.I.R.P.S. relativa alla redazione di altri progetti preliminari per la fornitura di impianti solari termici ad altri comuni dei castelli Romani oltre che al monitoraggio degli impianti stessi.

Nell'ambito del progetto "*Paese del Sole*" sono stati realizzati corsi di formazione e tutoraggio per i tecnici comunali per l'avvio di azioni locali a sostegno e promozione dell'uso dell'energia solare nell'ambito dello sviluppo del solare termico in collaborazione con la Onlus Reseda.

** i dati relativi ai consumi energetici riportati in questo capitolo sono ripresi dal "Bilancio Energetico Provinciale" redatto dalla Società AICOM per conto della Provincia di Roma.*

4. La gestione dei rifiuti *

L'area analizzata riguarda i 15 comuni dei Castelli Romani; in essi risiede circa il 23% di tutta la popolazione della Provincia di Roma (escludendo Roma e Fiumicino), con una produzione di rifiuti solidi urbani al 2005 pari a circa 165.000 tonnellate.

Questi comuni presentano un livello di produzione pro-capite pari a 592 kg/abitante/anno che, confrontato con il dato provinciale al 2004 di 663 kg/abitante/anno mostra come essi siano, nel loro stile di consumo, più vicini alla realtà regionale, contraddistinta da un livello di produzione pro-capite di 597 Kg/abitante/anno. L'area dei Castelli Romani, pertanto, contribuisce ad abbassare la media provinciale, pur mantenendo quasi inalterato lo scarto che la separa dal dato nazionale, attestato su ben altri livelli di eccellenza (533 kg/abitante/anno).

L'ultimo anno evidenzia una leggera flessione della produzione pro-capite di rifiuti, a dimostrazione di un atteggiamento di minor consumo, i cui effetti risultano vanificati dall'aumento della produzione complessiva, determinato dalla crescita demografica che sta caratterizzando tutta la Provincia.

Tabella 4.1 : Andamento della produzione Rifiuti e RD nell'area di riferimento.

Anno	Popolazione	RI ¹ (Tonn)	RD (Tonn)	RSU (Tonn)	RI pro-capite (Kg/ab. Anno)	RD pro-capite (Kg/ab. Anno)	RSU pro-capite (kg/ab. Anno)
1998	267.771 ²	124.560	n.d		465,17	n.d	
1999	267.771	130.418	n.d		487,05	n.d	
2000	264.391 ³	139.353	n.d		527,07	n.d	
2001	261.011	144.712	n.d		554,43	n.d	
2002	261.602	147.070	2.391	149.462	562,19	9,14	571,33
2003	268.083	147.942	5.793	153.736	551,85	21,61	573,46
2004	274.466	158.182	5.812	163.993	576,33	21,17	597,50
2005	278.742	160.452	4.614 ⁴	165.066	575,63	16,55	592,18

Note: ¹ Rifiuti indifferenziati, smaltiti in discarica ² Popolazione 1999 ³ Popolazione stimata sul 1999 e 2001 ⁴ Dati incompleti.

Due sono le discariche di riferimento dei 15 comuni dell'area: quella di Cecchina, con una media di 10 conferitori mensili, costituiti esclusivamente dai comuni e quella di Colle Fagiolaro (localizzata presso il comune di Colleferro) che presenta una media di 32,5 smaltitori mensili, 2,5 dei quali sono soggetti privati. Inoltre, nel comune di Velletri, risulta presente una discarica, composta da due bacini, che è stata chiusa nel corso dell'ultimo decennio.

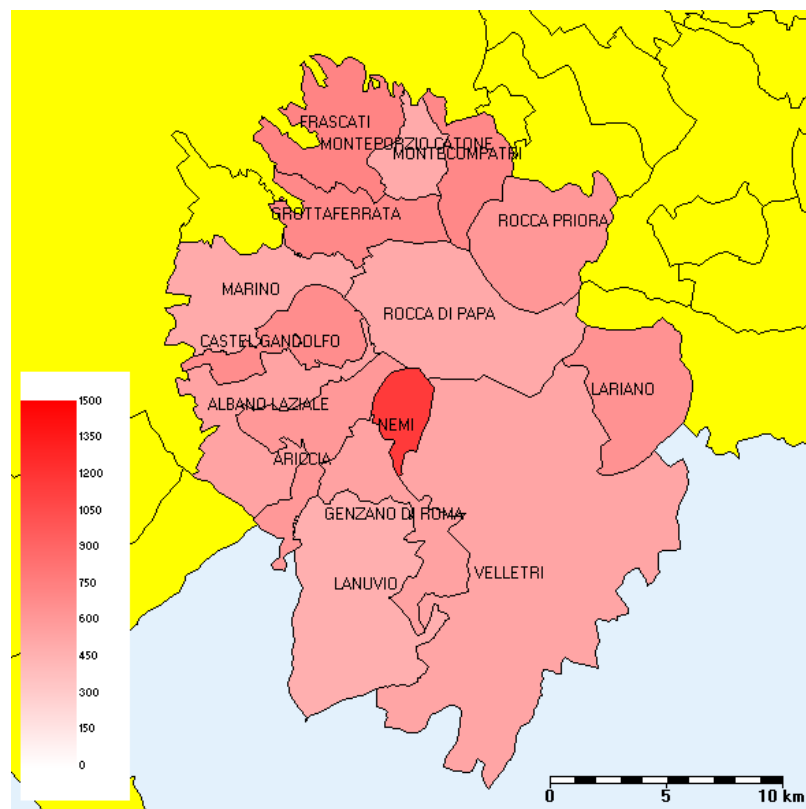
I rifiuti prodotti dai 15 comuni, quindi, vengono smaltiti localmente solo per il 78%, il rimanente viene smaltito a Colle Fagiolata ma il 44% circa dei rifiuti smaltiti nella discarica di Cecchina sono prodotti al di fuori del territorio dei Castelli Romani.

Dall'analisi dei conferimenti mensili realizzati nella discarica di Cecchina emerge un andamento fluttuante che rispetto, al conferimento medio di 12.077 tonnellate, mostra il massimo smaltimento nel mese di agosto (con 14.297 tonnellate) ed il minimo nel mese di febbraio con 8.869 tonnellate, secondo un trend tipico delle zone turistiche.

Tra i comuni locali, tuttavia, quello più turistico sicuramente è Nemi, con un indice di variazione mensile del conferimento pari al 56%. Ciò spiegherebbe anche l'elevato livello di produzione pro-capite di rifiuti che in questo comune arriva a 1161 Kg/abitante/anno.

Il Comune di Albano risulta il più stabile con solo il 27% di variazione mensile.

Figura 4.1: RSU pro-capite (Kg/abitante/anno), 2005



La **tabella 4.2** riporta una sintesi dei dati comunali. La percentuale d'incidenza sulla discarica è il rapporto di quanto conferito annualmente da un comune rispetto a quello ricevuto dalla discarica a cui il comune stesso conferisce. Lo scostamento è uguale a $\frac{(Q_{max}-Q_{min})}{Q_{media}} \times 100$

Dove:

Q_{max} Quantità mensile massima conferita in discarica

Q_{min} Quantità mensile minima conferita in discarica

Q_{media} Quantità mensile media conferita in discarica

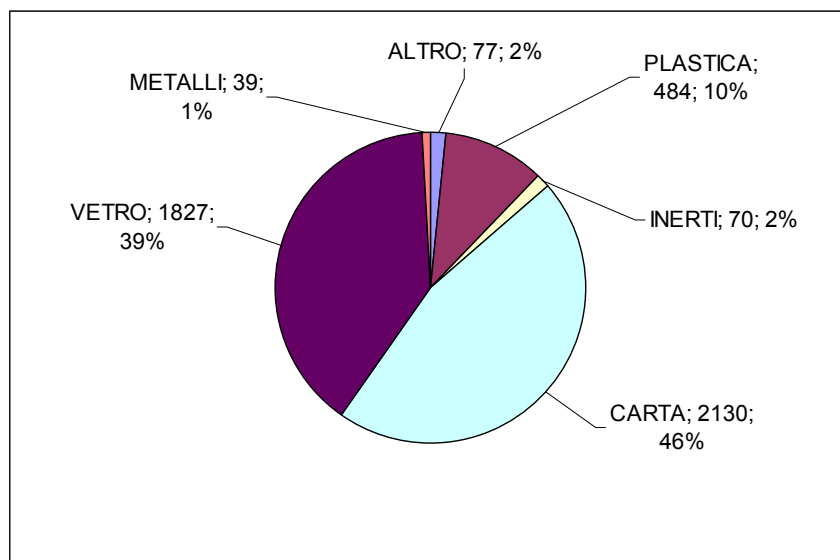
Tabella 4.2: Dettaglio comunale.

Comuni	Abitanti 2005	RSU 2005 (t)	RD 2005 (t)	Mese maggior produzione	RSU/Ab (kg)	RD/ab (kg)	Incidenza % discarica	Scostamento %
ALBANO LAZIALE	36220	19636	642	5	542,	17,7	13,5	27,52
ARICCIA	18017	10844	1252*	5	601,8	69,5	7,5	30,13
CASTEL GANDOLFO	8602	5753	147	5	668,8	17,1	4,0	39,36
FRASCATI	20178	14554	424	5	721,3	21,0	7,8	36,73
GENZANO DI ROMA	22527	12334	542	5	547,5	24,0	8,5	30,75
GROTTAFERRATA	19620	13602	417	5	693,3	21,2	7,3	38,41
LANUVIO	10974	5152	240	5	469,5	21,9	3,6	33,87
LARIANO	11070	7114	155	5	642,6	14,0	3,8	50,79
MARINO	37041	18510	677	5	499,7	18,3	12,8	30,03
MONTECOMPATRI	8976	6267	93	5	698,2	10,4	3,4	38,20
MONTEPORZIO CATONE	8539	4272	211	10	500,2	24,8	2,3	37,67
NEMI	1922	2231	72	8	1160,6	37,6	1,5	55,25
ROCCA DI PAPA	13980	7077	253	5	506,2	18,1	4,9	47,94
ROCCA PRIORA	10765	6560	109	5	609,4	10,1	3,5	55,88
VELLETRI	50311	26553	632	5	527,8	12,6	14,3	41,35

(*)Dati del 2004

Nella predisposizione di una classifica ambientale sui comuni più virtuosi, che tenga conto solo della produzione pro-capite dei rifiuti differenziati ed indifferenziati, al primo posto si posiziona Ariccia, mentre in fondo alla graduatoria troveremmo il comune di Nemi che, con un procapite di indifferenziato quasi pari al doppio di Ariccia, effettua una raccolta differenziata di soli 37,6 Kg pro-capite. Tuttavia l'impatto ambientale non può essere misurato solo sulla produzione pro-capite dei rifiuti. Infatti, per il numero di abitanti, l'incidenza percentuale sul conferito in discarica comporta una diversa classifica dei comuni, tra i quali prevale Albano Laziale, Marino e Velletri.

Figura 4.2: Composizione merceologica della raccolta differenziata (anno 2005).



Dati mancanti del contributo di Ariccia.

** a cura dell'Osservatorio Provinciale Rifiuti*

5. La qualità delle acque dei laghi di Albano e Nemi*

Tutti i laghi raccolgono acque di natura diversa: acque di afflusso meteorico, acque degli immissari, acque di sorgente ed infine acque di rifiuto provenienti da insediamenti urbani, industriali ed agricoli.

I laghi di Albano e Nemi di origine vulcanica possono essere considerati sistemi idraulicamente isolati, ricaricati in maniera pressoché esclusiva dalle precipitazioni che si verificano sulle loro aree, poiché l'interscambio idraulico con gli acquiferi è trascurabile.

Circa il lago di Albano, da una recente stima, ad una perdita di volume ($DV = - 16\ 225\ 400\ m^3$ nel periodo compreso tra il 1984 e il 2003) e ad una perdita di superficie nello stesso periodo ($DS = - 337\ 236\ m^2$) corrisponde un abbassamento del livello del lago pari a $DH = 2.67$ metri.

Più complessa la situazione per il lago di Nemi. I dati pubblicati dalla Provincia di Roma (1998) individuano nel periodo 1993 - 1996 una perdita di 170 cm mentre dati forniti dal WWF (2002) individuano una perdita di 30 cm/anno nel periodo 1996 - 2000.

Gli studi delle precipitazioni comparati con l'abbassamento dei livelli idrometrici hanno messo in evidenza che fino al 1987 esisteva una corrispondenza tra i due fenomeni mentre da quella data in poi i laghi hanno mostrato un generale decremento del loro livello idrometrico non più in relazione con la diminuzione delle precipitazioni. L'abbassamento è da attribuirsi a fattori connessi ad un incremento del numero di abitanti, cui corrisponde un aumentato prelievo delle acque di falda: infatti, il prelievo idrico di tutti i comuni dei Castelli Romani è aumentato mediamente del 48% tra il 1984 e il 1995 (Tanga E. e al. 1998).

I risultati delle numerose campagne di misura effettuate sulle acque dei due laghi hanno messo in evidenza per il lago di Nemi un inquinamento da azoto di tipo organico, derivante dai fertilizzanti utilizzati in agricoltura, mentre per il lago di Albano la componente fondamentale è l'azoto ammoniacale tipico degli scarichi urbani.

I laghi di Albano e di Nemi soffrono di uno stato di eutrofia e di una preoccupante riduzione del volume idrico. Le condizioni trofiche del lago Albano sono sensibilmente peggiorate negli anni e l'inquinamento di questo lago è da attribuirsi a scarichi civili connessi ad una elevata pressione antropica, alla mancanza di un anello fognario circumlacuale e agli scarichi diretti sul lago.

L'inquinamento del lago di Nemi, anche se le sue condizioni sono migliorate rispetto al 1983, è dovuto a limitrofe attività agricole.

L'abbassamento generalizzato dei laghi è conseguenza del sovrasfruttamento della falda idrica albana.

Dalle numerose indagini effettuate da vari enti e ricercatori nel corso degli anni è possibile trarre le seguenti conclusioni:

- le condizioni dei due laghi risultano essere assai preoccupanti;
- lo stato di qualità delle acque è ben lontano dagli standard previsti dalla Legge 152/99;
- una eccessiva urbanizzazione delle zone contigue ha indotto prelievi esasperati dell'acqua di falda e, quindi, un abbassamento dei livelli idrometrici dei due laghi;
- l'abbassamento del livello dei laghi non è correlabile con la diminuzione di piovosità;

Si auspica, quindi:

- la limitazione dei prelievi delle acque dalla falda dell'intero bacino e la cessazione dei prelievi diretti di acqua dal lago Albano;
- un controllo più severo degli scarichi di tipo domestico e civile nel lago Albano e delle attività agricole nel lago di Nemi.

** estratto da una relazione del Prof. Franco Medici del Dipartimento di Ingegneria Chimica dell'Università di Roma "La Sapienza"*

6. Inquadramento climatico

L'interpretazione dei fenomeni di inquinamento atmosferico è di notevole complessità per la presenza contemporanea di processi emissivi, di trasformazioni chimico-fisiche degli inquinanti associati e processi meteorologici di diffusione e di trasporto.

Formalmente è possibile descrivere l'evoluzione temporale della concentrazione al suolo di un inquinante i -esimo (C_i) attraverso la relazione:

$$\frac{\partial C_i}{\partial t} = \alpha[\Phi_i(t)] - \beta(C_i) + Adv - L_s + \sum P_i - \sum L_i$$

Dove:

$$\frac{\partial C_i}{\partial t} = \text{variazione di } C_i \text{ nell'unità di tempo}$$

$$\Phi_i(t) = \text{flussi emissivi dalle sorgenti}$$

$$L_s = \text{perdite di superficie}$$

$$P_i = \text{processi di trasformazione}$$

$$L_i = \text{processi di rimozione}$$

Le proprietà dinamiche dell'atmosfera sono esplicitate nei termini:

α = parametro descrittivo delle condizioni di stabilità dello strato superficiale

$\beta(C_i)$ = parametro descrittivo dei processi di rimescolamento

Adv = parametro descrittivo dei processi di trasporto (vento)

In funzione del tipo di inquinante, i termini Φ , P , L possono avere un peso notevolmente diverso. Per gli inquinanti primari a bassa reattività, come il monossido di carbonio e il benzene, P ed L sono trascurabili, mentre per gli inquinanti secondari come NO_2 e O_3 è trascurabile Φ .

In condizioni di stabilità atmosferica, alta pressione ed assenza di vento, il processo di rimescolamento è trascurabile per cui si ha un accumulo degli inquinanti (episodi acuti), mentre nei periodi di instabilità atmosferica, bassa pressione e presenza di vento, l'atmosfera risulta ben rimescolata per cui gli inquinanti diffondono o vengono trasportati.

Da questa analisi si evince come sia importante la conoscenza dell'evoluzione dinamica dello strato limite planetario facendo uso sia di informazioni meteorologiche classiche sia di risultati ottenuti attraverso sistemi sofisticati quali sondaggi acustici, radiosondaggi ecc.

Nel nostro caso, durante la campagna di monitoraggio sono state misurate, mediante le centraline meteorologiche presenti sulle due unità mobili, la temperatura, la pressione e la direzione e velocità del vento. Tali dati sono stati utilizzati per l'interpretazione dell'evoluzione temporale delle concentrazioni al suolo degli inquinanti in funzione delle fonti di emissione ed della direzione e le velocità del vento.

Inoltre dall'analisi di una serie storica trentennale (1955 – 1985) dei dati rilevati presso le stazioni di Ciampino, Grottaferrata, Pomezia, Rocca di Papa e Velletri, raccolti ed elaborati dall'ENEA, UCEA, UGMAM, è stato possibile evidenziare i principali andamenti relativi alle temperature e ai profili climatici del territorio oggetto dello studio, riportati in **tabella 6.1**.

Tabella 6.1: Stazioni climatiche nel Parco dei Castelli Romani [ENEA, UCEA]

Comune	altitudine m s.l.m.	T media annuale (°C)	mm pioggia annuale	profilo climatico	mesi [riscald /raffred]	indice di comfort	indice stabilità (%)
Ciampino	101	15,3	825	33330	633	3C	48,5
Grottaferrata	300	14,8	913	33420	642	4C	-
Pomezia	37	15,3	817	33420	642	4C	53,6
Rocca di Papa	685	12	-	62400	840	4F	-
Velletri	352	15,3	-	42330	633	3C	-

Il profilo climatico, espresso con una sigla numerica, riassume il numero complessivo di mesi con differenti caratteristiche termiche durante l'anno: la prima cifra indica i mesi molto freddi, la seconda i mesi freddi, la terza i mesi di comfort climatico, la quarta i mesi caldi e la quinta i mesi molto caldi. Il codice relativo ai mesi di riscaldamento e raffreddamento riporta al centro i mesi di confort nei quali non sono necessari (ad esempio: 633 = 6 mesi di riscaldamento, 3 mesi di confort e 3 mesi di raffreddamento). Gli indici di stabilità atmosferica calcolati nelle stazioni di Ciampino e Pomezia sono di circa il 50%.

L'indice di stabilità atmosferica è stato calcolato partendo dalla distribuzione annuale delle frequenze relative delle classi di stabilità di Pasquill e tenendo conto della velocità del vento secondo la seguente equazione:

$$I_s = \frac{\%D + \%E + \%(F + G)}{\%A + \%B + \%C + \%E + \%(F + G)}$$

dove A = situazione estremamente instabile

B = situazione mediamente instabile

C = situazione debolmente instabile

D = situazione neutra adiabatica

E = situazione debolmente stabile

F+G = situazione molto stabile

L'indice si basa sulla valutazione statistica della percentuale di distribuzione delle condizioni di stabilità atmosferica, rappresentative della capacità di evoluzione dell'inquinante negli strati verticali dell'atmosfera.

Al fine di caratterizzare dal punto di vista climatico il territorio in esame, si riportano anche i dati anemometrici relativi alla stazione di Ciampino (**tabella 6.2**): direzioni prevalenti (DP), giorni ventosi (Gven), velocità medie (Vmed) e velocità massime (Vmax) dei venti.

Tabella 6.2: Dati anemometrici medi mensili (1955–1985) per la stazione di Ciampino [ENEA, UCEA]

mesi	DP	G vent	V med	V max
Gennaio	NE - S	10	4,2	6
Febbraio	S - NE	10	4,4	6,2
Marzo	S - NE	11	4,4	6,3
Aprile	S - SO	9	4,32	5,9
Maggio	S - SO	6	4	5,2
Giugno	SO - S	6	4	5,1
Luglio	SO - S	5	4,1	5,1
Agosto	SO - S	5	4	5,2
Settembre	S - SO	6	3,9	5,2
Ottobre	S - NE	8	3,9	5,6
Novembre	S - NE	9	4,3	6,2
Dicembre	NE - S	10	4,2	6,4

Un'analisi del profilo anemologico delle località rilevate evidenzia un contesto territoriale dei valori medi dei venti piuttosto modesti, compresi tra 4 e 5 m/s.

7. Stima della Criticità ambientale

La messa a punto di una metodologia basata sull'applicazione di un modello matematico che combina gli indici di qualità dell'aria misurati sperimentalmente con i fattori di vulnerabilità e di pressione sull'ambiente (emissioni, densità abitativa, numero di autovetture e di imprese, meteorologia, ecc) ha consentito di effettuare una classificazione di tutti i Comuni della Provincia di Roma in funzione della loro criticità ambientale.

I fattori ambientali composti in modo algebrico forniscono degli indici aggregati (IA) per singoli inquinanti che, confrontati con i corrispondenti indici della qualità dell'aria (IQA), consentono di attribuire ad ogni valore di IA un corrispondente valore di IQA in modo da costituire una scala di riferimento (**tabella 7.1**). I valori di IQA vengono calcolati nei Comuni dotati di un sistema di monitoraggio della qualità dell'aria secondo i criteri previsti dalla normativa del DM n.60/02.

Gli inquinanti considerati sono: NO₂, PM10, CO e Benzene; gli indici aggregati sono stati normalizzati a 100 per garantire la loro confrontabilità.

Tabella 7.1 - Classi di riferimento, IA e IQA per i vari inquinanti

Classe	IA	IQA			
		NO ₂	PM10	CO	Benzene
A	20	26	20	5	2,0
B	40	32	28	7	3,5
C	75	40	40	10	5,0
D	91	56	43	16	10
E	100	>56	>43	>16	>10

L'individuazione delle classi è basata sui criteri definiti dal DM 60 del 2002 per quanto riguarda la tutela della salute umana, utilizzando i valori limite, i margini di valutazione superiore ed inferiore ed i margini di tolleranza.

Le classi vengono così individuate:

Classe A	Soglia di valutazione inferiore
Classe B	Soglia di valutazione superiore
Classe C	Valore limite
Classe D	Valore limite più margine di tolleranza
Classe E	Maggiore della classe D

- la soglia di valutazione inferiore è un valore di concentrazione dell'inquinante considerevolmente contenuto e tale da non rendere necessarie misure ma di ricorrere solo a modellizzazioni o stime;
- la soglia di valutazione superiore è un valore di concentrazione dell'inquinante sufficientemente contenuto ma tale da consigliare di affiancare misure e tecniche di modellizzazione;
- il margine di tolleranza è la percentuale dei valori limite che possono essere superati ma che devono essere progressivamente ridotti entro una certa data.

Gli indici aggregati calcolati e confrontati con gli indici di qualità dell'aria misurati consentono di determinare la classe di appartenenza del comune munito di stazione di misura. La classe di appartenenza del Comune privo di stazione è definita proporzionalmente all'indice aggregato sulla base della scala individuata dai Comuni forniti di sistema di monitoraggio.

Nella **tabella 7.2** viene riportata la classificazione dei 15 Comuni dei Castelli Romani presi in esame dalla nostra indagine e non muniti di stazione fissa di monitoraggio.

Tabella 7.2 – Classificazione dei Comuni dei Castelli Romani relativa ad ogni singolo inquinante

Comune	NO ₂	PM10	Benzene	CO
Albano Laziale	C	C	C	B
Ariccia	C	C	C	A
Castel Gandolfo *	B	B	B	A
Frascati	B	B	C	A
Genzano di Roma	B	C	C	A
Grottaferrata	B	B	C	A
Lanuvio	B	B	B	A
Lariano	B	B	B	A
Marino	C	C	C	B
Monte Compatri	B	B	C	A
Monte Porzio Catone	B	B	B	A
Nemi	A	A	B	A
Rocca di Papa	B	B	C	A
Rocca Priora	B	B	B	A
Velletri	C	C	C	B

Gli indici di qualità dell'aria, stimati mediante gli indici aggregati, saranno confrontati con gli indici di qualità ottenuti attraverso il monitoraggio degli inquinanti nei vari comuni.

8. Campi elettromagnetici*

Nell'ambito del progetto PiEnA è stato realizzato uno studio specifico per valutare l'esposizione ai campi elettrici e magnetici della popolazione residente presso il Comune di Rocca di Papa vista la sua vicinanza con gli impianti di tele e radio diffusione installati su Monte Cavo (uno dei siti a maggior concentrazione di antenne radio-TV dell'intero territorio nazionale).

8.1 Normativa

Le disposizioni relative ai limiti di campo elettrico generato alle frequenze comprese tra 100 KHz e 300 GHz sono contenute nel Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 8 luglio 2003 (GU n.199 del 28 agosto 2003).

Nella **tabella 8.1.1** sono riportati i limiti di esposizione e i valori di attenzione fissati dal Decreto. Tali limiti, definiti per il campo elettrico, il campo magnetico e la densità di potenza in base alla frequenza della radiazione considerata non si applicano ai lavoratori professionalmente esposti.

Tabella 8.1.1: limiti di esposizione fissati dal Decreto

	Intensità di campo elettrico E (V/m)	Intensità di campo magnetico H (A/m)	Densità di potenza (W/m²)
Limiti di esposizione			
0,1 < f ≤ 3 MHz	60	0,2	-
3 < f ≤ 3000 MHz	20	0,05	1
3 < f ≤ 300 GHz	40	0,01	4

Il citato Decreto fissa anche gli obiettivi di qualità per la progressiva minimizzazione dell'esposizione, come valori di immissione dei campi EM misurati all'aperto in aree intensamente frequentate intese anche come superfici edificate ovvero attrezzate permanentemente per il soddisfacimento di bisogni sociali, sanitari e ricreativi. Questi valori di campo elettrico, di campo magnetico e della densità di potenza mediati su un'area equivalente alla sezione verticale del corpo umano e su qualsiasi intervallo di 6 minuti, per frequenze comprese tra 0,1 MHz e 300 GHz sono riportati in **tabella 8.1.2**.

Tabella 8.1.2: Obiettivi di qualità fissati dal Decreto

	Intensità di campo elettrico E (V/m)	Intensità di campo magnetico H (A/m)	Densità di potenza(W/m²)
Obiettivi di qualità 0,1 MHz < f ≤ 300GHz	6	0,016	0,10 (3MHZ-300GHz)

8.2 Campagna di misure

Il monitoraggio dei livelli di campo è stato effettuato sul terrazzo di un convento di suore che ospita un asilo nido, presenta una visibilità diretta delle antenne ed è situato in una zona abitata.

Le misure sono state effettuate, con due diversi strumenti di misura per verificarne l'accuratezza e per una verifica più accurata dei valori di campo.

La **tabella 8.2.1** riporta i valori misurati in uno dei punti del terrazzo dove sono stati rilevati i valori più alti di campo elettrico.

Tabella 8.2.1: Valori misurati

	PMM 8053 + EP 330 (100 kHz – 3 GHz)		W&G EMR-300+Type 18.0 (100 kHz – 3 GHz)	
Altezza misura (m)	 E (V/m)	Tipo di misura	 E (V/m)	Tipo di misura
1.50	3.4	Media su 6 minuti	3.4	Media su 6 minuti

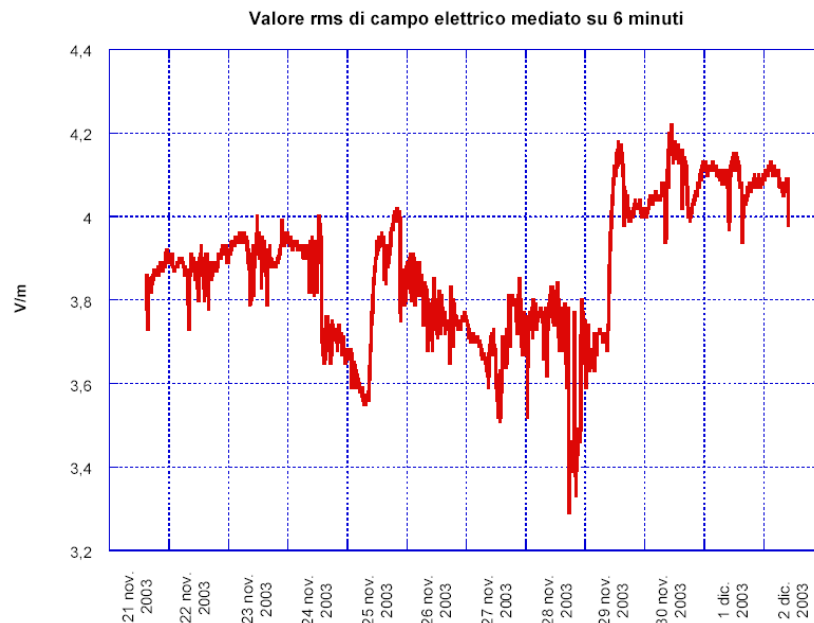
E' stato, quindi, effettuato un monitoraggio continuo con una centralina a larga banda PMM 8055 equipaggiata con sonda EP 330 al fine di monitorare gli andamenti giornalieri dei livelli di campo.

Il monitoraggio è stato effettuato lungo un arco di 11 giorni (dal 21 novembre al 2 dicembre 2003).

Il tracciato dei valori di campo RMS, mediato su sei minuti, registrato dalla centralina è mostrato in **figura 8.2.1**.

La figura mostra livelli di campo compresi tra 3.4 e 4.2 V/m. Il tracciato non evidenzia variazioni periodiche giornaliere nei livelli di campo, ma fluttuazioni probabilmente attribuibili a fenomeni atmosferici, a drift nell'elettronica della centralina di monitoraggio ed a variazioni nelle potenze irradiate da una o più sorgenti di Monte Cavo. A quest'ultima causa sono probabilmente da attribuirsi brusche variazioni rilevate la sera del 28 novembre e a mezzogiorno del 29 novembre.

FIG. 8.2.1



Come ultimo passo si è deciso di individuare i contributi al campo totale misurato con la strumentazione a larga banda, dovuti alle singole emittenti radio e TV ed a eventuali stazioni radio base di telefonia cellulare. A tal fine è stata eseguita una scansione della banda di frequenze di interesse con una tecnica di rivelazione selettiva posizionando l'antenna a dipolo conico ad una quota di 150 cm dal pavimento del terrazzo.

Le misure sono state effettuate pilotando l'analizzatore di spettro Willtek 9101 tramite PC collegato con link seriale e utilizzando un software dedicato.

Un'analisi preliminare condotta al fine di rivelare i contributi in frequenza superiori a circa 0.1 V/m ha evidenziato la presenza di numerose emittenti radio FM, alcuni canali televisivi, e nessun contributo significativo dalla banda di telefonia GSM. Di conseguenza si è proceduto a compiere un'analisi dettagliata nell'intera banda radio FM ed in corrispondenza dei canali TV rilevati. Combinando i contributi di tutte le radio e le TV si ottiene un valore totale di 3.0 V/m, in buon accordo con quanto misurato con la strumentazione a banda larga.

Tuttavia, le misure a banda stretta hanno consentito di discriminare i singoli contributi. In particolare il maggior contributo al campo complessivo è quello dovuto alle emittenti radio FM (2.9 V/m rispetto a 0.6 V/m delle emittenti televisive).

All'interno della banda radio, la maggior parte delle emittenti fornisce contributi singoli compresi tra 0.2 e 0.5 V/m con alcune eccezioni. Per quel che riguarda la banda televisiva, i contributi delle singole emittenti variano tra 0.1 e 0.2 V/m.

Dopo aver analizzato in modo dettagliato i livelli di campo esistenti sul terrazzo del convento si è voluto verificare se i livelli di campo misurati in tale sito erano superati in altri siti in posizione prossima a Monte Cavo. Utilizzando il misuratore di campo a larga banda Wandel&Goltermann EMR-300 con sonda Type 18.0 sensibile ai campi tra 100 kHz e 3 GHz si è effettuata una misura esplorativa.

Una prima zona potenzialmente interessata da livelli di campo elevati è quella di campi di Annibale per via della sua posizione elevata. In tale zona si sono esplorati tre siti sensibili, posti in corrispondenza di una scuola materna, di una scuola elementare e del campo sportivo ottenendo i seguenti risultati:

1. Scuola materna: campo complessivo compreso tra 1.0 e 1.3 V/m
2. Scuola elementare: campo complessivo compreso tra 0.5 e 0.8 V/m
3. Campo sportivo: campo complessivo compreso tra 1.0 e 1.5 V/m

I precedenti risultati evidenziano come i valori di campo siano inferiori rispetto a quelli misurati sul terrazzo del convento in quanto la zona di campi di Annibale, benché più vicina alle antenne di Monte Cavo, si trova molto angolata rispetto alla loro direzione di puntamento.

Una seconda zona esplorata è stata quella della fortezza (belvedere) che risulta meno angolata rispetto alla direzione di puntamento delle antenne. I valori misurati in tale zona sono risultati compresi tra 4 e 5 V/m. Dall'indagine esplorativa condotta tale zona risulta pertanto quella in cui si riscontrano i maggiori livelli di campo.

8.3 Conclusioni

I valori di campo misurati a Rocca di Papa, nel sito prescelto, risultano inferiori agli obiettivi di qualità indicati dalla normativa vigente.

Occorre inoltre aggiungere che il Consiglio Mondiale della Sanità (WHO), sulla base di una approfondita revisione della letteratura scientifica ha concluso che “le attuali evidenze non depongono per effetti negativi per la salute dell’esposizione a campi magnetici e radiofrequenza a bassa intensità. I dati della maggioranza delle ricerche promosse dalle organizzazioni internazionali indicano che non ci sono evidenze per definire i campi ad alta frequenza mutageni o teratogeni.

Tuttavia, nel caso esaminato, andrebbe presa in considerazione non solo la compatibilità elettromagnetica degli impianti posti su Monte Cavo, ma anche l’aspetto paesaggistico ed i problemi archeologici determinati dalla presenza delle numerose antenne di trasmissione Radio e TV che, senza regole e controlli, sono state installate nel corso degli anni sull’antico Mons Albanus dei romani, centro di culto antichissimo consacrato a Giove Laziale dovrebbe al più presto tornare ad assumere la fisionomia ecocompatibile che le spetta nel contesto del vulcano laziale.

La presenza di tali impianti rimane, pertanto, un indicatore di criticità ambientale da tenere in considerazione.

** Il testo è una sintesi di una ricerca realizzata in collaborazione con i Dipartimenti di Ingegneria delle tre Università Statali di Roma.*

L'intera ricerca è disponibile presso il Servizio Tutela Aria ed Energia della Provincia di Roma.

9. Caratterizzazione acustica del territorio

Si definisce inquinamento acustico l'introduzione di rumore nell'ambiente abitativo o nell'ambiente esterno tale da provocare fastidio o disturbo al riposo ed alle attività umane, pericolo per la salute pubblica, deterioramento degli ecosistemi, dei beni materiali, dei monumenti, dell'ambiente abitativo o dell'ambiente esterno o tale da interferire con le legittime fruizioni degli ambienti stessi (Legge 447/95).

La Legge 447/95 fissa i principi fondamentali in materia di tutela dell'ambiente esterno e dell'ambiente abitativo dall'inquinamento acustico e rinvia a successivi decreti la regolamentazione delle varie attività rumorose al fine di perseguire gli obiettivi della legge.

L'insieme delle misure che la legislazione italiana prevede sia necessario adottare per ridurre il danno ambientale derivante dal rumore si può riassumere in attività di:

- **prevenzione** (classificazione acustica del territorio)
- **risanamento** nelle parti di territorio dove sono stati riscontrati superamenti dei limiti di legge
- **controllo** del rispetto dei limiti

Ai Comuni è affidato il Compito di suddividere le varie zone del proprio territorio in 6 classi in funzione del loro uso prevalente; ad ogni classe vengono assegnati dei limiti massimi di rumorosità ed in particolare limiti:

- **di emissione** (valore massimo di rumore che può essere emesso da una sorgente sonora, misurato in prossimità della sorgente stessa)
- **di immissione** (valore massimo che può essere immesso da uno o più sorgenti sonore nell'ambiente abitativo o nell'ambiente esterno misurato in prossimità del ricettore)
- **di attenzione** (rumore che segnala la presenza di un potenziale rischio per la salute umana o per l'ambiente)
- **di qualità** (livello di rumore da conseguire con le tecniche di risanamento per realizzare gli obiettivi di tutela previsti dalla legge).

La caratterizzazione acustica dei territori comunali, preliminare all'attività di risanamento, è pertanto un indicatore ambientale fondamentale per valutare la qualità ambientale del territorio.

La procedura di approvazione della zonizzazione prevede l'approvazione, da parte del Consiglio Comunale di una zonizzazione preliminare che viene trasmessa ai Comuni limitrofi, alla Provincia ed alla Regione ed affissa all'albo comunale per eventuali osservazioni. Trascorsi 30 giorni o

recepite le eventuali osservazioni il piano viene approvato in via definitiva e diviene un allegato al piano regolatore.

Al fine di facilitare le attività di controllo dell'inquinamento acustico la Legge 447/95 dispone che i Comuni debbano adeguare i propri regolamenti locali di igiene e sanità o polizia municipale prevedendo apposite norme contro l'inquinamento acustico, con particolare riferimento al controllo, al contenimento ed all'abbattimento delle emissioni sonore derivanti dalla circolazione degli autoveicoli e dall'esercizio di attività che impiegano sorgenti sonore.

E' buona prassi, pertanto, in fase di approvazione delle zonizzazioni acustiche, apportare adeguate modifiche ai regolamenti Comunali soprattutto per dare certezze alle disposizioni contenute nei piani.

Nell'area dei Castelli Romani secondo le informazioni in possesso della Provincia di Roma la situazione delle zonizzazioni acustiche alla data di marzo 2006 è la seguente:

COMUNE	Data di redazione o adozione della zonizzazione preliminare	Data di adozione della zonizzazione definitiva	Sono state apportate modifiche ai Regolamenti Comunali
ALBANO LAZIALE	11/03/2003	no	no
ARICCIA	15/12/2005	no	no
CASTEL GANDOLFO	no	no	no
FRASCATI	09/04/2003	no	no
GENZANO DI ROMA	27/05/2004	28/02/2005	si
GROTTAFERRATA	27/09/2004	no	no
LANUVIO	23/02/2004	09/05/2005	no
LARIANO	12/08/2002	no	si
MARINO	10/02/2003	03/09/2003	no
MONTECOMPATRI	01/10/2005	no	no
MONTEPORZIO CATONE	30/09/2002	no	no
ROCCA DI PAPA	18/06/2004	30/09/2005	no
ROCCA PRIORA	no	no	no
VELLETRI	no	no	no

Dall'esame della tabella si evince che in base ai dati in possesso della Provincia di Roma, su 14 Comuni solo 3 risultano non aver ancora proceduto alla redazione del piano di zonizzazione acustica sebbene solo di 4 Comuni si ha la certezza circa l'approvazione della classificazione definitiva. Inoltre, secondo i dati in nostro possesso, solo due Comuni hanno apportato le necessarie modifiche ai Regolamenti Comunali ai fini del contenimento dell'inquinamento acustico.

Si tratta di una situazione non del tutto soddisfacente sebbene non dissimile dal resto del territorio provinciale. Sarebbe peraltro auspicabile, da parte degli amministratori locali, una maggiore attenzione ai problemi dell'abbattimento dell'inquinamento acustico, elemento necessario per una seria politica di sviluppo sostenibile.

10. Attività di educazione ambientale

Nell'ambito del progetto PiEnA sono state realizzate alcune attività di educazione ambientale in alcune scuole dei Castelli Romani con la collaborazione degli insegnanti e degli studenti.

Gli studenti hanno avuto così la possibilità, mediante una diretta sperimentazione, di acquisire concetti fondamentali di: chimica, fisica, biologia ed informatica. Gli esperimenti eseguiti, oltre ad un significato didattico, hanno avuto un valore sociale in quanto hanno messo gli studenti a diretto contatto con i problemi della società moderna e hanno fornito informazioni utili agli Enti locali per la valutazione della qualità ambientale del territorio. Le scuole secondarie superiori che hanno aderito al progetto e le relative sperimentazioni svolte nelle ore dell'insegnamento delle discipline scientifiche, sono:

- ITIS Vallauri – Velletri : valutazione dei livelli di campo elettromagnetico e mappatura territoriale mediante l'applicazione di un modello previsionale.
- Istituto Tecnico Agrario – Velletri: monitoraggio di indicatori biologici (Licheni) per la valutazione degli effetti dell'inquinamento atmosferico nel territorio comunale.
- ITIS E. FERMI – Frascati: determinazione della radioattività naturale (Radon) in ambiente outdoor ed indoor mediante la tecnica dei campionatori passivi.
- Liceo Classico J.Joice – Ariccia: sviluppo di un sistema informativo mediante l'uso di dati satellitari come indicatore ambientale per il territorio comunale.

Per la complessità delle varie tematiche, le sperimentazioni hanno fornito informazioni di carattere parziale sulla valutazione della qualità ambientale ma consentito interessanti risultati sulla sensibilizzazione dei giovani verso le problematiche ambientali riguardanti il proprio territorio.

11. Inquinamento atmosferico

La Provincia di Roma, nell'ambito del progetto Piena sulla pianificazione energetica ambientale del Parco, ha effettuato uno studio sulla valutazione della qualità dell'aria non essendo il comprensorio dotato di stazioni fisse di monitoraggio. Infatti la rete di monitoraggio della Regione Lazio, gestita dall' A.R.P.A. ed operante nel territorio provinciale, è costituita da 19 stazioni fisse di cui 12 nel Comune di Roma e le rimanenti 7 nei comuni di Allumiere, Civitavecchia, Colleferro (n. 2), Guidonia, Pomezia e Segni.

In questa relazione vengono riportati i risultati delle campagne di monitoraggio effettuate nei comuni di Ariccia, Marino, Frascati, Albano, Velletri e Rocca di Papa nel periodo Febbraio-Ottobre 2005; sono stati determinati gli inquinanti previsti dalla normativa vigente (SO_2 , NO_x , CO, O_3 , Benzene e PM10) ed alcuni indici specifici quali il Carbonio nel particolato e gli Idrocarburi Policiclici Aromatici (I.P.A.).

Le concentrazioni medie orarie e giornaliere degli inquinanti sono state elaborate secondo i criteri della normativa e confrontati con i rispettivi valori limite, mentre per il rispetto dei limiti annuali sono state ipotizzate solo linee di tendenza. L'interpretazione degli andamenti giornalieri dei vari inquinanti in funzione dei flussi emissivi e delle condizioni meteorologiche prevalenti hanno consentito l'individuazione delle principali sorgenti di emissione e la valutazione ambientale complessiva del territorio.

Sono state valutate anche le dinamiche di alcuni fattori di pressione sull'ambiente quali la densità abitativa, la superficie boschiva, l'inventario delle emissioni, i consumi energetici e lo smaltimento dei rifiuti.

Biossido di Zolfo (SO_2)

Il biossido di zolfo deriva dalla combustione dei combustibili fossili (olio combustibile, gasolio, carbone) contenenti zolfo. Le principali fonti di emissione sono le centrali termoelettriche, le raffinerie di petrolio e gli impianti di riscaldamento domestico. L' SO_2 in atmosfera viene ossidato a SO_3 che in presenza di umidità si trasforma in acido solforico (HSO_4). L'acido solforico contribuisce alla formazione delle piogge e delle deposizioni acide, che recano danni alla vegetazione, alla fauna ittica (acidificazione dei laghi) e corrodono edifici e monumenti .

Il biossido di zolfo è un gas incolore ed irritante delle mucose e dell'apparato respiratorio. In seguito a lunghe esposizioni dell'organismo umano, può alterare la funzionalità respiratoria. Gli asmatici sono i soggetti più a rischio.

Negli ultimi anni si è avuta una diminuzione delle emissioni di biossido di zolfo grazie al miglioramento della qualità dei combustibili utilizzati e a una maggiore efficienza degli impianti di combustione.

Biossido di azoto (NO₂)

Durante i processi di combustione ad alta temperatura l'azoto presente nell'aria combinandosi con l'ossigeno si trasforma in ossido di azoto. Nell'ambiente esterno l'NO si ossida rapidamente a biossido di azoto (NO₂) che è quindi un inquinante secondario in quanto non è emesso direttamente nell'atmosfera, ma deriva da processi di trasformazione.

L'NO₂ causa irritazioni alle vie respiratorie e modeste alterazioni della funzionalità respiratoria, in particolare sui soggetti asmatici. Per lunghe esposizioni a dosi elevate può causare enfisemi polmonari e diminuzione della resistenza alle infezioni batteriche.

Il biossido di azoto (NO₂) in atmosfera si trasforma in acido nitrico (HNO₃) contribuendo alla formazione di nebbie e piogge acide. L'NO₂ è, insieme agli idrocarburi reattivi, un precursore dello smog fotoschimico.

Monossido di carbonio (CO)

Il monossido di carbonio è un prodotto della combustione incompleta dei combustibili. La fonte più rilevante è costituita dagli autoveicoli a benzina che arrivano al 70% delle emissioni totali ed il restante 30% è ascrivibile alle emissioni degli impianti per la produzione di energia, gli inceneritori e ad alcune attività produttive.

Le concentrazioni di CO negli ambienti esterni sono molto variabili e legate alla presenza di traffico intenso soprattutto in concomitanza con ingorghi ed incolonnamenti in generale nelle ore di punta.

Il monossido di carbonio si lega all'emoglobina del sangue formando carbossiemoglobina che impedisce il trasporto dell'ossigeno nell'organismo. A basse dosi diminuisce la resistenza allo sforzo fisico; ad alte dosi può essere letale per avvelenamento o asfissia negli ambienti chiusi o in casi di mal funzionamento delle stufe domestiche.

Ozono (O₃)

L'ozono è un gas di colore azzurro pallido con un forte potere ossidante. Nella stratosfera, nella fascia compresa tra i 20 e i 60 km dal suolo è presente ad una concentrazione di 40-60 µg/m³.

Nella troposfera (da 0 a 20 km) l'ozono si forma per reazione degli ossidi di azoto con i composti organici volatili (COV) in presenza di radiazione solare. L'ozono troposferico è un inquinante secondario che può essere trasportato anche a grande distanza dal luogo di formazione.

Esso è considerato un indicatore dello smog fotochimico, in quanto è il più abbondante prodotto del processo stesso.

L'ozono provoca irritazione agli occhi a concentrazioni intorno ai 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; per valori più elevati si riscontrano sintomi a carico delle vie respiratorie e aumenta l'incidenza degli attacchi asmatici nei soggetti normali.

Benzene (C₆H₆)

Il benzene viene emesso dai gas di scarico dei veicoli a motore e dalle perdite di evaporazione durante lo stoccaggio e la distribuzione dei prodotti petroliferi e soprattutto dei carburanti per autotrazione.

Indagini epidemiologiche hanno rilevato un incremento dell'incidenza di leucemia in soggetti esposti al benzene, inoltre esperimenti condotti su animali hanno confermato questo effetto cancerogeno. Secondo l'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) il rischio aumenta all'aumentare dell'esposizione; un individuo esposto ad una concentrazione di 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di benzene ha una probabilità su 250.000 di sviluppare la leucemia.

Polvere respirabile (particolato sospeso sottile) PM10 e PM2,5

Con il termine di polvere respirabile si intende l'insieme delle particelle solide e liquide presenti nell'atmosfera di dimensioni comprese tra un millesimo di micron (1 μm) e 10 micron (10 μ). Le fonti di emissioni sono di origine naturale ed antropica. Nelle prime rientrano le erosioni del suolo, il trasporto di materiale da aree secche, le eruzioni vulcaniche ecc.. Le polveri di origine antropica sono costituite da una componente carboniosa emessa direttamente dai processi di combustione e da una frazione inorganica di origine secondaria formata da solfati, da nitrati, da metalli ed altre sostanze.

Le polveri sottili sono in generale irritanti per l'apparato respiratorio. La loro pericolosità è dovuta soprattutto alle sostanze nocive che contengono e che sono adsorbite sulla loro superficie: si tratta di metalli, idrocarburi policiclici aromatici, specie acide ecc.. Gli effetti negativi sull'ambiente consistono nella diminuzione della trasparenza dell'aria, nell'annerimento e corrosione dei monumenti e degli edifici, etc.

Le polveri, sulla base dei più recenti studi epidemiologici, sembrano essere l'inquinante atmosferico maggiormente correlato con gli effetti sanitari sia a breve che a lungo termine. In

particolare, minori sono le dimensioni delle polveri e maggiori sono gli effetti sulla salute. Tali effetti si dividono in effetti acuti (aumento della tosse, aumento nell'utilizzo di broncodilatatori, aumento dei ricoveri ospedalieri giornalieri per acutizzazione delle patologie respiratorie) ed effetti cronici (aumento della mortalità generale e della morbilità).

Materiale carbonaceo totale (TC)

Il materiale carbonaceo, costituito da un insieme di classi di sostanze contenenti atomi di carbonio, viene classificato in due principali componenti: carbonio elementare (EC) e carbonio organico (OC). Il carbonio elementare è essenzialmente un inquinante primario emesso direttamente dai processi di combustione ed ha una struttura grafitica. Il carbonio organico è costituito da idrocarburi, acidi organici, aldeidi, chetoni, ecc.

Le particelle carboniose possono essere dannose per l'apparato respiratorio ed aumentano la loro pericolosità a causa dei composti nocivi che contengono. Tali composti possono legarsi alle particelle carboniose per condensazione di sostanze solubili a bassa temperatura di vapore, o per adsorbimento chimico-fisico di specie gassose.

Le particelle carboniose, per il loro elevato potere adsorbente delle radiazioni solari, possono determinare impatti negativi sul clima e sulla riduzione di visibilità.

Idrocarburi policiclici aromatici (IPA)

Gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) si formano durante la combustione incompleta dei combustibili e la loro principale fonte di emissione sono gli scarichi degli autoveicoli, i grandi impianti industriali, gli inceneritori, etc. Gli IPA sono una famiglia di circa 30 composti, di cui il più noto è il benzo(a)pirene, considerato il più rappresentativo di tutta la categoria per le sue accertate proprietà carcinogeniche.

In generale si può affermare che gli IPA hanno un'azione cancerogena. Più noti sono gli effetti cancerogeni sull'apparato respiratorio, meno conosciuti risultano invece quelli sull'apparato digerente. Indagini epidemiologiche hanno evidenziato il ruolo di questi inquinanti nello sviluppo del cancro al polmone, in particolare per il più noto tra questi, il benzo(a)pirene. Secondo l'OMS 9 persone su 100.000 esposte nell'arco di una vita a $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di benzo(a)pirene corrono il rischio di contrarre il cancro.

11.1 Normativa

Nel corso degli ultimi anni, a livello comunitario, è emersa l'esigenza di omogeneizzare il quadro normativo, le tecniche di valutazione dell'inquinamento atmosferico e la pianificazione degli interventi e delle azioni finalizzate ad un miglioramento della qualità dell'aria.

Sul piano normativo la UE ha introdotto una direttiva quadro (96/62 CE) che recepisce gli obiettivi e le azioni generali di intervento per migliorare la qualità dell'aria e un insieme di direttive "figlie" specifiche per le azioni da intraprendere per le singole sostanze inquinanti. A livello italiano il recepimento della direttiva quadro avvenuta con il D.Lgs.351/99 e quello della direttiva applicativa avvenuta con il DM 60/2002 hanno introdotto nel nostro paese un approccio innovativo basato essenzialmente sui seguenti criteri:

- Definizione attraverso il piano di "zonizzazione del territorio" di una classificazione di aree omogenee secondo la criticità ambientale al fine di attuare una azione coordinata di monitoraggio;
- Individuazione di un "sistema" di valori limite di concentrazione per le diverse sostanze inquinanti in funzione della protezione della salute e della vegetazione (D.M.60/2002 riportato nelle **tabella 11.1.1**);
- Individuazione di criteri e metodo omogenei di valutazione della qualità dell'aria attraverso tecniche sperimentali (stazioni di misura fisse e mobili) e modellistiche;
- Individuazione di criteri e metodi per la messa a punto di "piani di risanamento" della qualità dell'aria.

Per quanto riguarda i valori limiti di concentrazione di ozono, il nuovo riferimento normativo è rappresentato dal D.Lgs.21/05/2004 (**tabella 11.1.2**).

Tabella 11.1.1 – Valori limite previsti per gli anni 2005 o 2010

INQUINANTE	PERIODO DI MEDIAZIONE	VALORI LIMITE ANNI 2005 o 2010	MARGINE DI TOLLERANZA	MAX NUMERO DI SUPERAMENTI PREVISTI PER ANNO CIVILE
SO ₂	1 ora	350 µg/m ³	nessuno	24
	24 ore	125 µg/m ³	nessuno	3
NO ₂	1 ora	200 µg/m ³	100 µg/m ³ . Tale valore è ridotto il 1 gennaio 2001 e, successivamente, ogni 12 mesi, secondo una percentuale annua costante, per raggiungere lo 0% al 1 gennaio 2010.	18
	1 anno	40 µg/m ³	20 µg/m ³ . Tale valore è ridotto il 1 gennaio 2001 e, successivamente, ogni 12 mesi, secondo una percentuale annua costante, per raggiungere lo 0% al 1 gennaio 2010.	/
PM10	24 ore	50 µg/m ³	nessuno	35 (7 entro 2010)
	1 anno	40 µg/m ³	nessuno	/
Benzene	1 anno	5 µg/m ³	5 µg/m ³ . Tale valore è ridotto il 1 gennaio 2006 e, successivamente, ogni 12 mesi, secondo una percentuale annua costante, per raggiungere lo 0% al 1 gennaio 2010	/
CO	media mobile massima giornaliera su 8 ore	10 mg/m ³	nessuno	/

Tabella 11.1.2 – valori limite per O₃ secondo il D.M. 16 maggio 1996

INQUINANTE	DESCRIZIONE DEL LIMITE	VALORE LIMITE	NOTE
Ozono	Valore limite per la protezione della salute umana: media 8 ore massima giornaliera	120 µg/m ³	valore bersaglio Da non superare più di 25 giorni per anno civile come media sui tre anni
	Valore limite per la protezione della salute umana: media 8 ore massima giornaliera nell'arco di un anno civile	120 µg/m ³	obiettivo a lungo termine
	Valore limite orario	180 µg/m ³	soglia d'informazione e allarme

11.2 Piano dell'indagine

Le campagne di monitoraggio nel territorio dei Castelli Romani sono state eseguite in sei comuni con il seguente calendario:

Tabella 11.2.1 – calendario delle campagne di monitoraggio

<i>Comune</i>	<i>località</i>	<i>inizio</i>	<i>fine</i>
Ariccia	Liceo "J. Joyce" (RM2)	04/02/2005	30/03/2005
Marino	P.zza S. Barbara (RM1)	18/03/2005	01/05/2005
Frascati	P.zza del Gesù (RM2)	01/04/2005	31/05/2005
Velletri	P.zza Garibaldi (RM1)	23/06/2005	18/07/2005
	Via Mattoccia (RM1)	22/07/2005	28/08/2005
Albano	Pavona (RM2)	09/09/2005	30/10/2005
	Cecchina (RM1)	01/10/2005	30/10/2005
Rocca di Papa	P.zza Garibaldi (RM2)	09/08/2005	07/09/2005

I rilevamenti sono stati effettuati con due unità mobili (RM1 e RM2) dotate delle seguenti apparecchiature:

RM1:

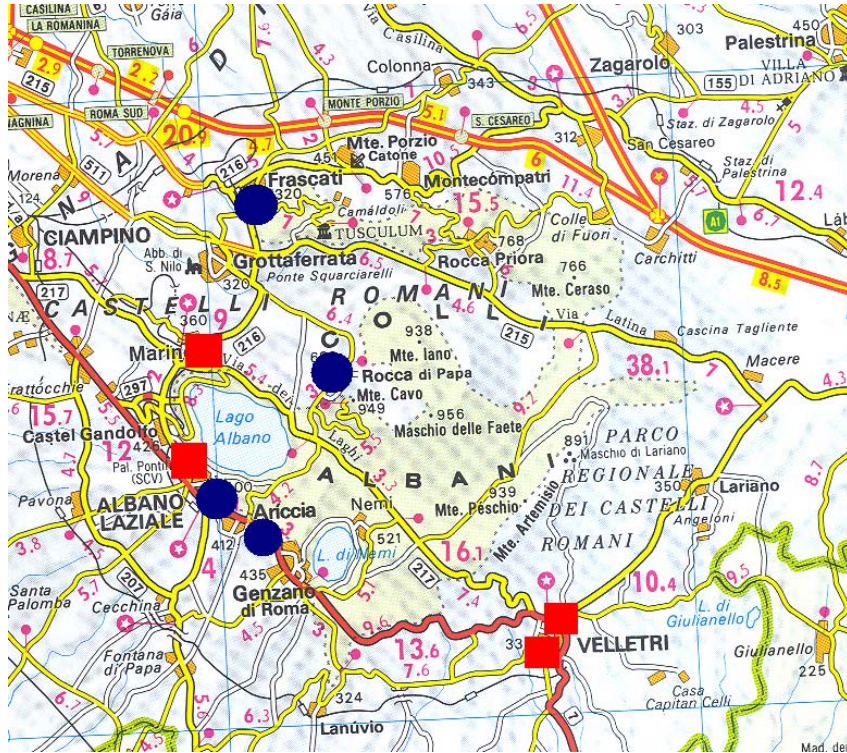
- analizzatore a fluorescenza per SO₂
- analizzatore a chemiluminescenza per NO_x
- analizzatore a fotozonizzazione per Benzene e Toluene
- analizzatore a nastro ad attivazione dei raggi β per PM10
- analizzatore termico con rivelatore non dispersivo (NDIR)
- analizzatore a fotoionizzazione per IPA

RM2:

- analizzatore a chemiluminescenza per NO_x
- analizzatore con rivelatore a IR per CO
- analizzatore a fotometria UV per O₃
- analizzatore a fotozonizzazione per Benzene e Toluene
- analizzatore ad adsorbimento dei raggi β per PM10

Nella **figura 11.2.1** che segue sono indicati i siti di monitoraggio delle unità mobili RM1 e RM2:

FIG. 11.2.1 cartografia Castelli Romani



RM1



RM2



11.3 Risultati

Le concentrazioni orarie e giornaliere di SO₂, NO₂, CO, O₃, PM10 e Benzene ottenute nelle campagne di monitoraggio effettuate nei Comuni di Ariccia, Marino, Frascati, Rocca di Papa, Velletri ed Albano sono stati confrontati con i rispettivi valori limite previsti dal DM n. 60/02 e DM 16.05.96.

Il confronto con i valori limite annuali, per la brevità del periodo di campionamento, fornisce solo delle previsioni di tendenza annuale.

Nei Comuni di Ariccia, Marino e Velletri sono stati determinati la frazione carboniosa presente nelle polveri sottili (PM10) e gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) totali. Per gli IPA la normativa prevede un limite annuale di un nanogrammo per metro cubo solo per il benzo(a)pirene.

La determinazione degli IPA totali è comunque di notevole importanza per ricavare indicazioni molto utili per un eventuale ricorso alla speciazione dei vari costituenti la classe di composti. La complessità delle metodiche analitiche per determinare i singoli componenti limita infatti la diffusione e la continuità dei rilevamenti.

La presenza del carbonio e degli IPA nelle polveri sottili è di notevole ausilio per valutare la loro origine antropica. Infatti il materiale carbonaceo (TC), costituito da una frazione di carbonio elementare (EC) e da una di carbonio organico (OC), viene emesso dai processi di combustione. Il carbonio elementare ha una struttura grafitica ed è un inquinante primario mentre il carbonio organico è costituito da un insieme di classi di composti che possono essere di origine primaria e secondaria. Gli IPA sono una classe di composti organici aventi come struttura due o più anelli benzenici.

Nelle aree urbane i TC e gli IPA vengono emessi essenzialmente dal traffico autoveicolare per cui essi possono essere considerati indici specifici delle polveri sottili. La loro determinazione, unitamente a quella della massa totale delle polveri sottili, consente di valutare in modo appropriato l'efficacia delle azioni e degli interventi adottati sulla riduzione del traffico. Comunque il TC e gli IPA per le loro proprietà tossiche rivestono una notevole importanza per una valutazione più approfondita della qualità dell'aria in particolare nelle aree urbane.

In questa indagine i siti di campionamento nei vari comuni dei Castelli Romani sono stati scelti in funzione dell'esposizione dei cittadini cioè in aree dove essi risiedono abitualmente.

Una prima analisi dei dati viene condotta per singolo Comune e, in conclusione, i dati sono discussi complessivamente per avere un quadro generale di tutto il territorio dei Castelli Romani.

E' da tener presente, inoltre, che le concentrazioni medie giornaliere di PM10 misurate nei Comuni di Marino, Albano Cecchina e Velletri in entrambe le postazioni, possono essere sottostimate per il tipo di analizzatore a nastro utilizzato. L'analizzatore ad adsorbimento di raggi β

è stato programmato per campionamenti biorari con il riscaldamento della testina di prelievo ad una temperatura di 50°C. Il riscaldamento della linea di campionamento, applicato per mantenere stabile la temperatura e per eliminare l'interferenza dell'umidità sul filtro, può portare ad una perdita che varia dal 5% al 15% di particolato in seguito all'evaporazione di specie quali nitrato e solfato di ammonio. L'utilizzo di tale strumento è utile per valutare fenomeni di trasporto e per lo studio della natura delle particelle sottili in quanto consente il confronto degli andamenti giornalieri della massa delle particelle con il materiale carbonaceo campionato alla medesima temperatura.

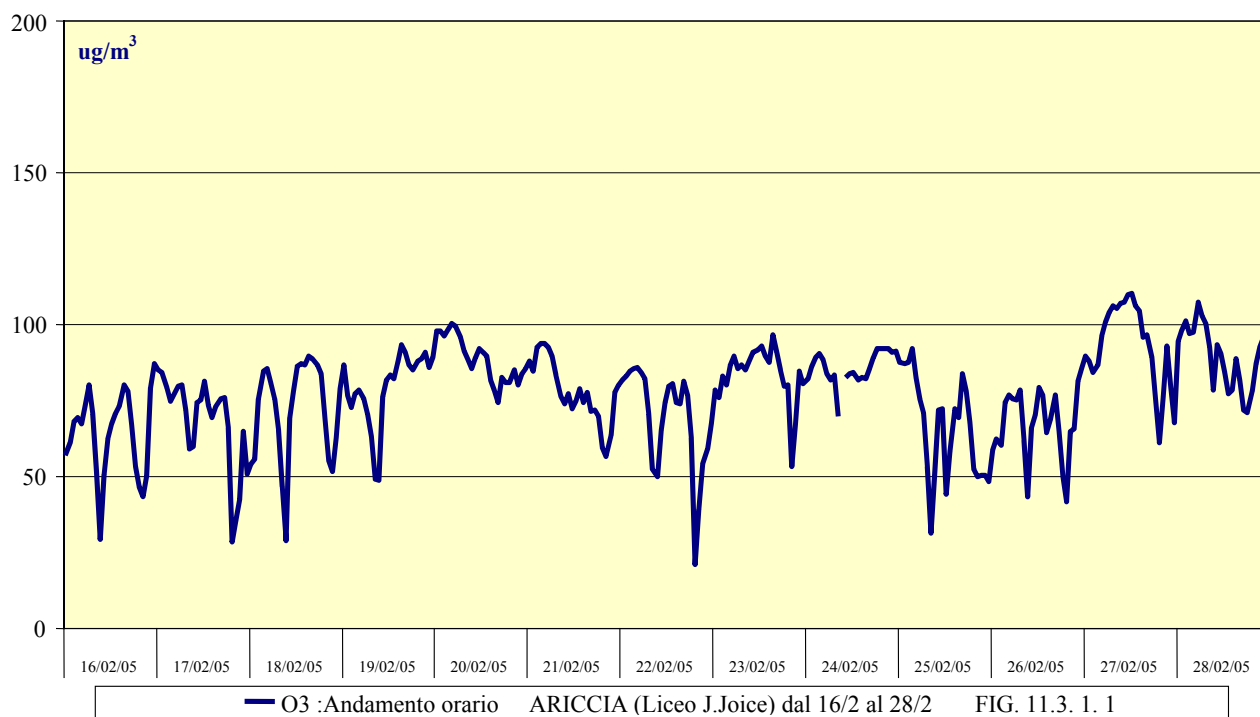
11.3.1 Ariccia

I rilevamenti sono stati effettuati nel cortile antistante il Liceo Joyce situato in un'area periferica a ridotto traffico autoveicolare e ricca di vegetazione dal 4 febbraio 2005 al 30 marzo 2005 con l'unità mobile RM2.

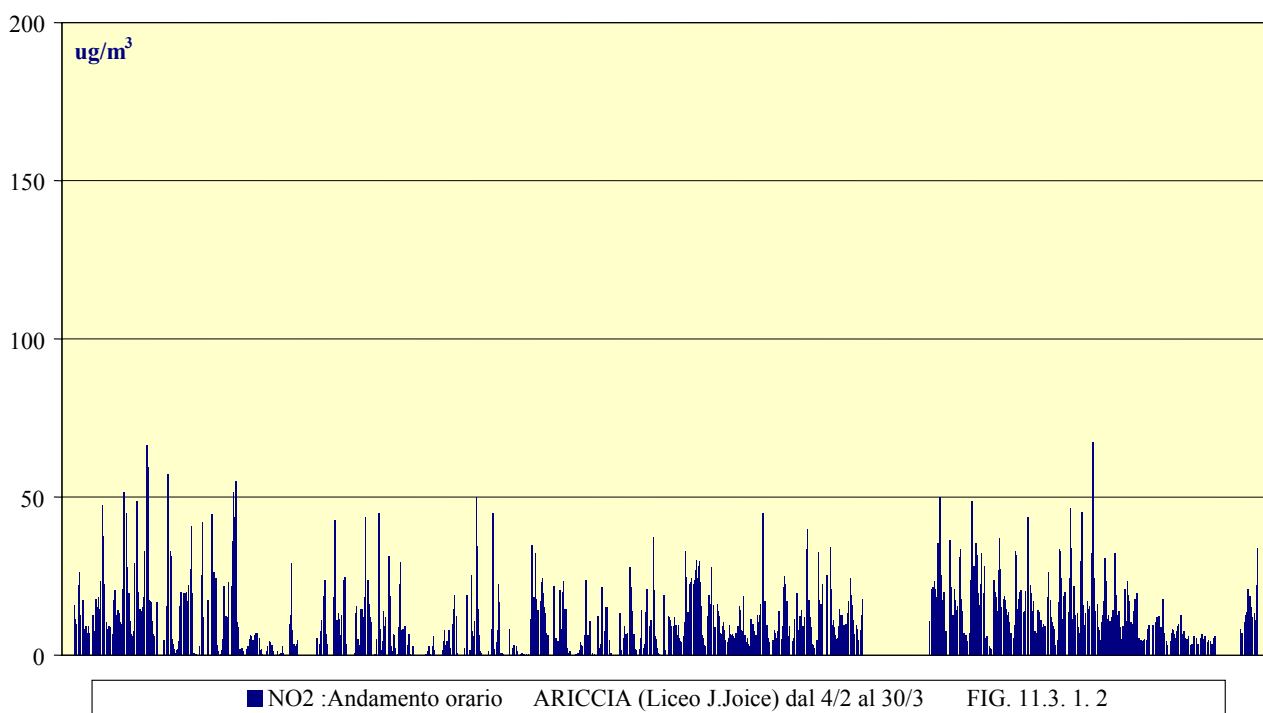
Nella **tabella 11.3.1.1** sono riassunti i valori medi, massimi e minimi delle concentrazioni orarie di NO₂, CO, Ozono e Benzene e quelli giornalieri di PM10 relativi al periodo febbraio-marzo 2005; i valori limite giornalieri di tutti gli inquinanti non sono stati mai superati e i valori di O₃ che variano intorno agli 80 micro grammi al metro cubo (**figura 11.3.1.1**) sono da considerare di origine naturale.

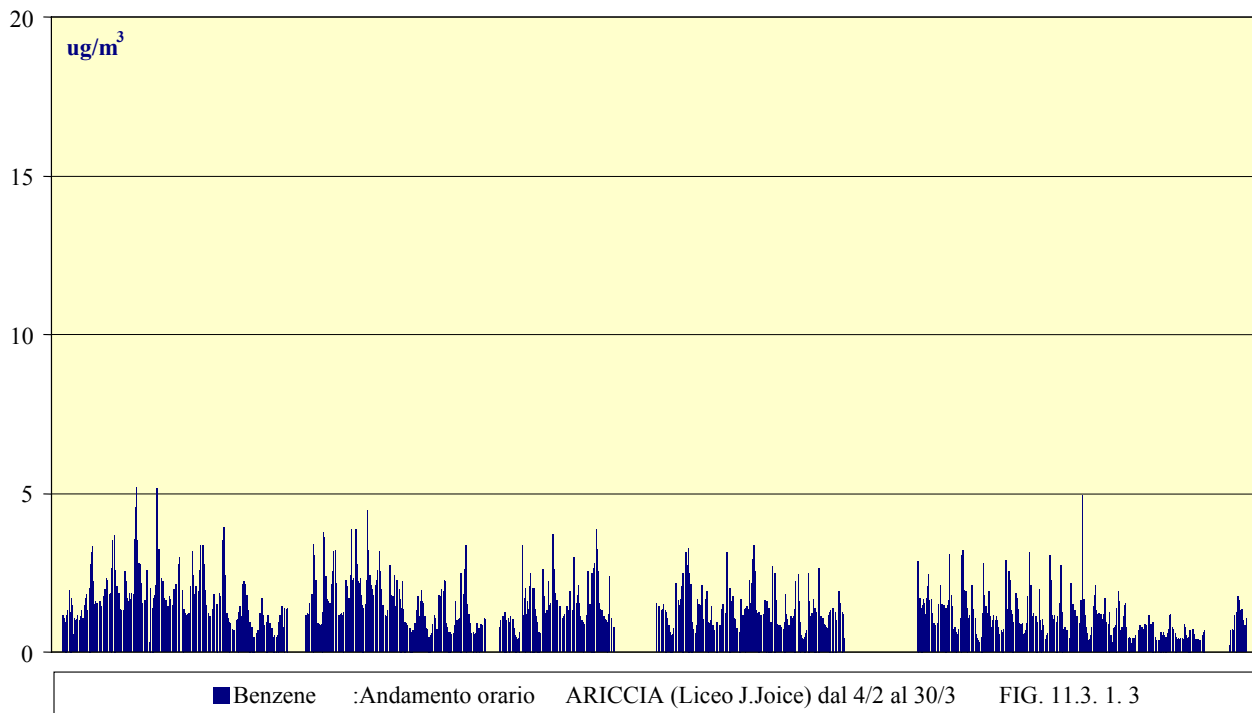
Tabella 11.3.1.1 : Dati riassuntivi di Ariccia (Liceo J.Joice) relativi al periodo Febbraio-Marzo/2005

Inquinante	O₃ (ug/m ³)	CO (mg/m ³)	PM10 (ug/m ³)	NO₂ (ug/m ³)	BENZENE (ug/m ³)
Dati validi	1049	1160	951	1240	1107
Valore massimo	144,73	2,09	46,95	71,17	5,21
Valore medio	80,01	0,79	25,74	12,28	1,40
Valore minimo	8,00	0,06	8,25	0,00	0,22
Limite di Legge	180 (ora)	10 (8 ore)	50 (giorno)	200 (ora)	5 (anno)
n° Superamenti limite	0	0	0	0	2

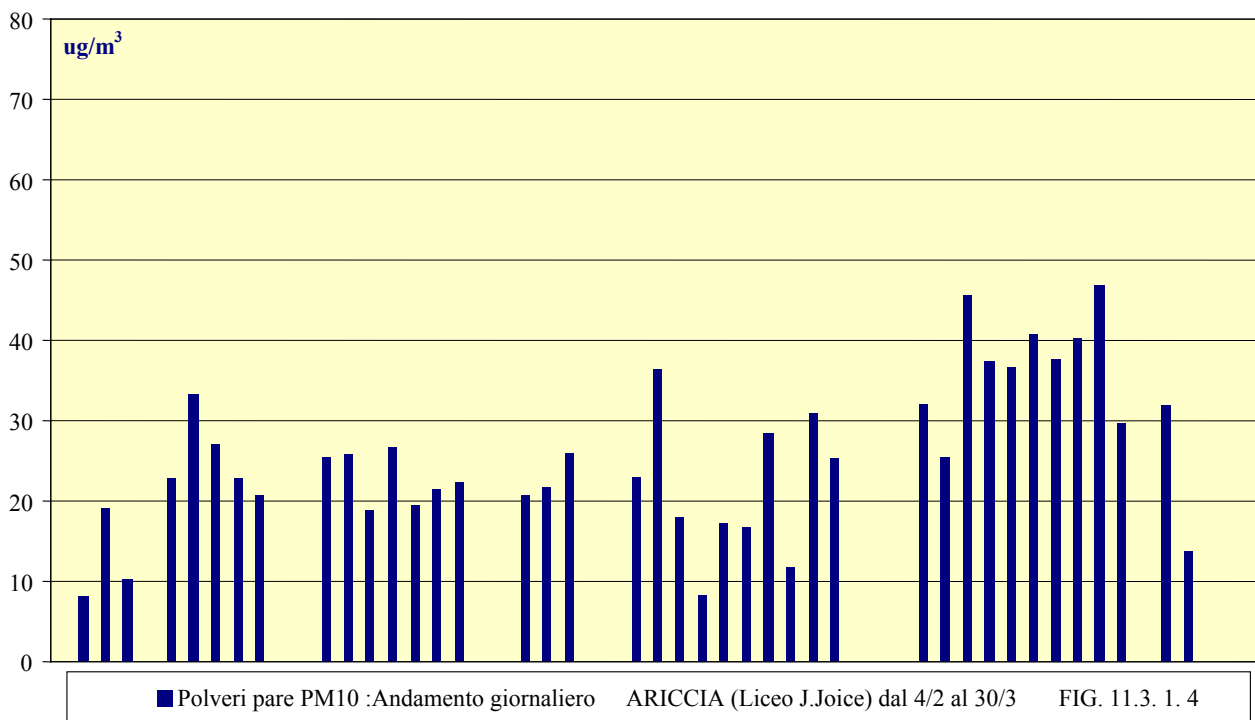


Nelle **figure 11.3.1.2 e 11.3.1.3** sono riportati gli andamenti giornalieri di NO₂ e Benzene relativi all'intero periodo di misure; il loro buon accordo evidenzia che essi provengono dal traffico autoveicolare.

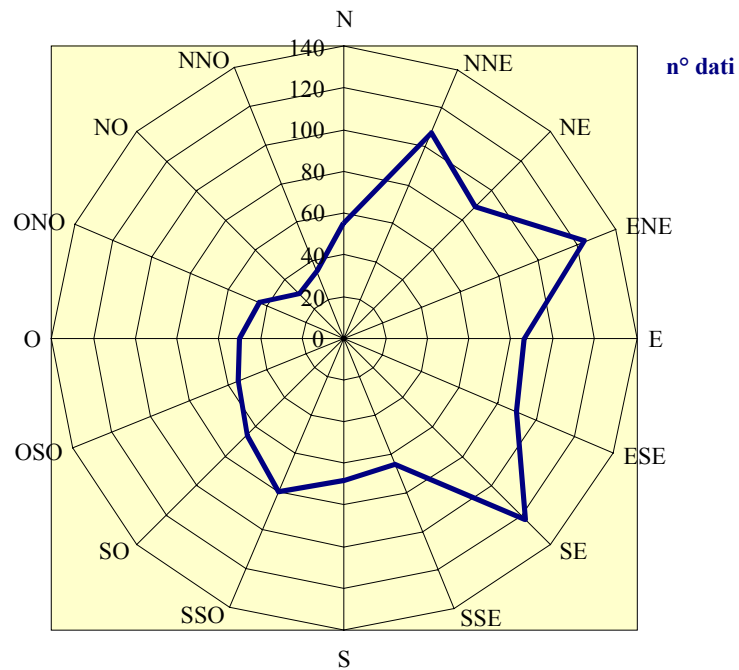




Le concentrazioni di PM10 dell'intero periodo, riportate in **figura 11.3.1.4** sono più elevate nel periodo primaverile rispetto a quello invernale, molto probabilmente per un apporto di particolato biogenico derivante dalla vegetazione durante il periodo più caldo.



La rosa dei venti riportata in **figura 11.3.1.5** mostra che durante il periodo di campionamento c'è stata una variabilità delle direzioni del vento che ha favorito la dispersione degli inquinanti.



— Direzioni dei Venti :Prevalenze ARICCIA (Liceo J.Joice) dal 4/2 al 30/3 FIG. 11.3. 1. 5

11.3.2 Marino

Il sito prescelto per il campionamento è stato Piazza S.Barnaba, situata nel centro storico della città e fiancheggiata da una via a senso unico. La campagna di misure è stata effettuata con l'unità mobile RM1 dal 18 marzo 2005 al 1 maggio 2005.

I dati orari di SO₂, NO₂, Benzene e IPA e i giornalieri di PM10 sono riassunti nella **tabella 11.3.2.1**; SO₂ ed NO₂ risultano al di sotto dei valori limite, il PM10 ha superato il limite per un solo giorno e le concentrazioni orarie di Benzene sono risultate per 62 volte superiori al limite annuale, pur con un valore medio molto al di sotto dei 5 micro grammi al metro cubo a dimostrazione della sua elevata variabilità.

Nella **tabella 11.3.2.2** sono riportate le concentrazioni medie giornaliere di PM10, TC, EC ed OC misurate nei periodi 18 marzo-21 marzo 2005 e 19 aprile-1 maggio 2005; il valore medio del PM10 è di 28,2 microgrammi per metro cubo con un massimo di 51,4 micro grammi per metro cubo, il rapporto TC su PM10 varia dal 7% al 20% con un valore medio del 13% ed il rapporto OC/EC ha un andamento quasi costante tra il 60% ed il 70%. I dati confrontati con quelli ottenuti in una campagna di monitoraggio effettuata a Roma nel periodo febbraio – aprile 2005 in Via Tiburtina evidenziano un contenuto di carbonio nel particolato di Marino significativamente più basso. Infatti a Roma il rapporto TC/PM10 è mediamente compreso tra il 30% ed il 40% con una concentrazione media di PM10 di 35 microgrammi per metro cubo, mentre a Marino ad una concentrazione di PM10 del 20% inferiore corrisponde una diminuzione di TC superiore al 60%.

Questo confronto mostra che la percentuale di polveri sottili di origine antropica è la componente più strettamente influenzata dall'intensità del traffico. Questo ribadisce ancora una volta che la componente carboniosa è il parametro più significativo per individuare le sorgenti di polveri in una data area e di conseguenza per adottare gli opportuni provvedimenti.

Le concentrazioni medie giornaliere di Benzene, Toluene ed IPA totali relative all'intero periodo sono riportate nella **tabella 11.3.2.3**; il Benzene ed il Toluene sono presenti in atmosfera in forma gassosa come incombusti o in seguito a formazione durante la combustione e vengono emessi dalle autovetture ed in parte dalla distribuzione e dai serbatoi delle autovetture per evaporazione dei carburanti, mentre gli IPA provengono dai gas di scarico come particelle sub microbiche e si ritrovano nelle particelle sottili in seguito a processi di adsorbimento e condensazione.

Tabella 11.3.2.1: Dati riassuntivi di Marino relativi al periodo Marzo-Aprile/2005

Inquinante	SO₂ (ug/m ³)	NO₂ (ug/m ³)	BENZENE (ug/m ³)	PM10 (ug/m ³)
Dati validi	988	989	980	104
valore massimo	36,31	144,62	17,56	51,42
valore medio	9,88	29,65	2,29	28,21
valore minimo	0,47	0,04	0,26	9,81
Limite di Legge	350 (ora)	200 (ora)	5 (anno)	50 (giorno)
n° Superamenti limite	0	0	62	1

Tabella 11.3.2.2: Concentrazioni giornaliere del materiale carbonaceo e delle polveri fini (PM10) misurate nel Comune Marino relativi al periodo Marzo-Aprile/2005

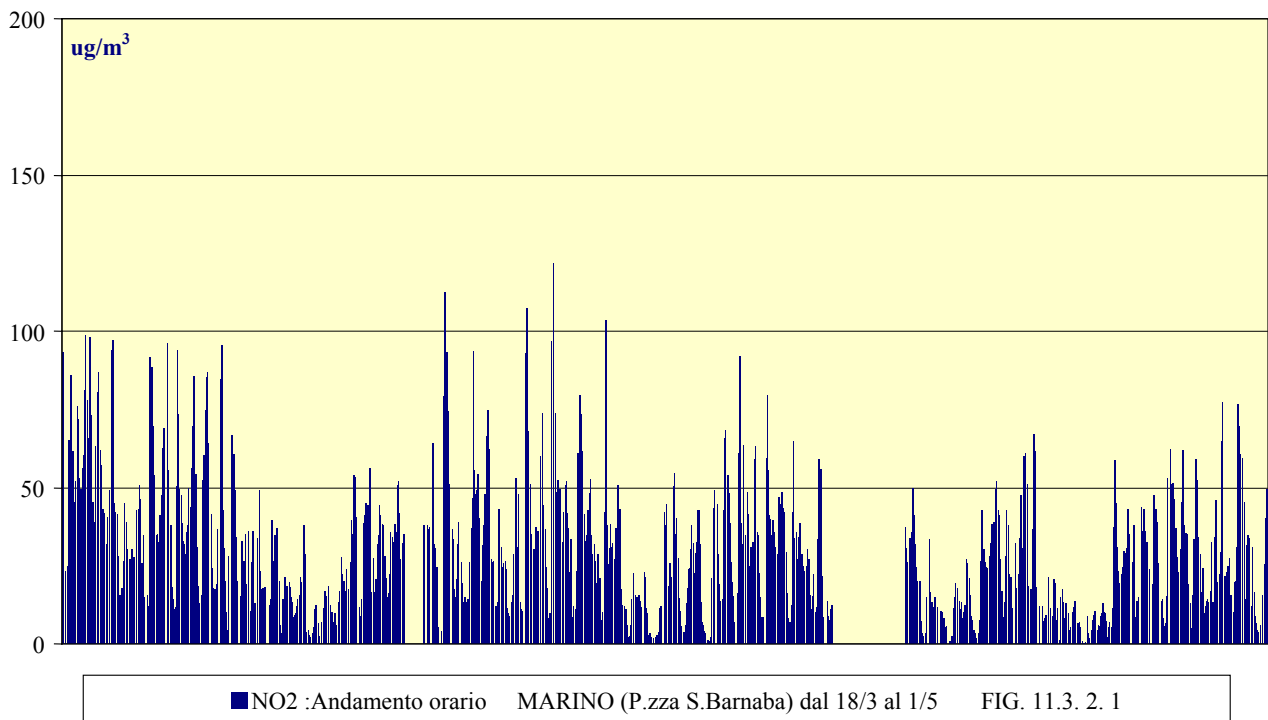
Data	dati validi giornalieri OC (ug/m ³)	dati validi giornalieri EC (ug/m ³)	dati validi giornalieri TC (ug/m ³)	dati validi giornalieri PM10 (ug/m ³)	dati validi rapporto giornaliero OC/EC	dati validi rapporto giornaliero TC/PM10
18/03/05	2,88071	4,33028	7,21099	45,08683	67%	16%
19/03/05	3,51978	5,05677	8,57656	51,42134	70%	17%
20/03/05	2,83425	3,89743	6,73168	34,48790	73%	20%
21/03/05	2,36581	3,38695	5,75275	29,35405	70%	20%
19/04/05	0,76470	1,03575	1,80046	20,49401	74%	9%
20/04/05	0,52997	0,71710	1,24707	19,99719	74%	6%
21/04/05	0,83506	1,32670	2,16176	14,28370	63%	15%
22/04/05	1,03664	1,66019	2,69683	20,74242	62%	13%
23/04/05	1,46184	2,47699	3,93883	26,70432	59%	15%
24/04/05	0,77787	1,17210	1,94997	9,81229	66%	20%
25/04/05	0,62089	0,98880	1,60969	21,48766	63%	7%
26/04/05	0,87384	1,38788	2,26172	34,52931	63%	7%
27/04/05	1,10153	1,73996	2,84149	27,82217	63%	10%
28/04/05	1,64457	2,91748	4,56204	27,82217	56%	16%
29/04/05	1,18652	2,01348	3,20000	28,31900	59%	11%
30/04/05	1,36394	2,32216	3,68610	30,30629	59%	12%
01/05/05	1,48185	2,19585	3,67769	36,88922	67%	10%

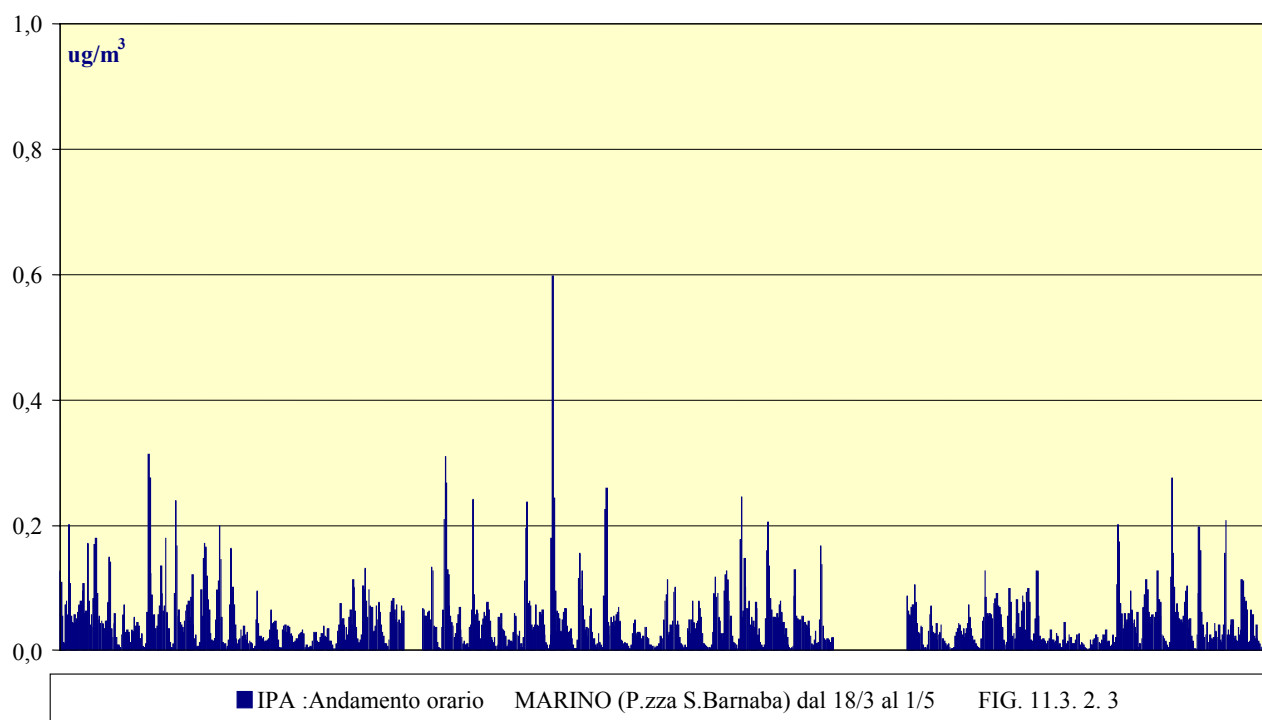
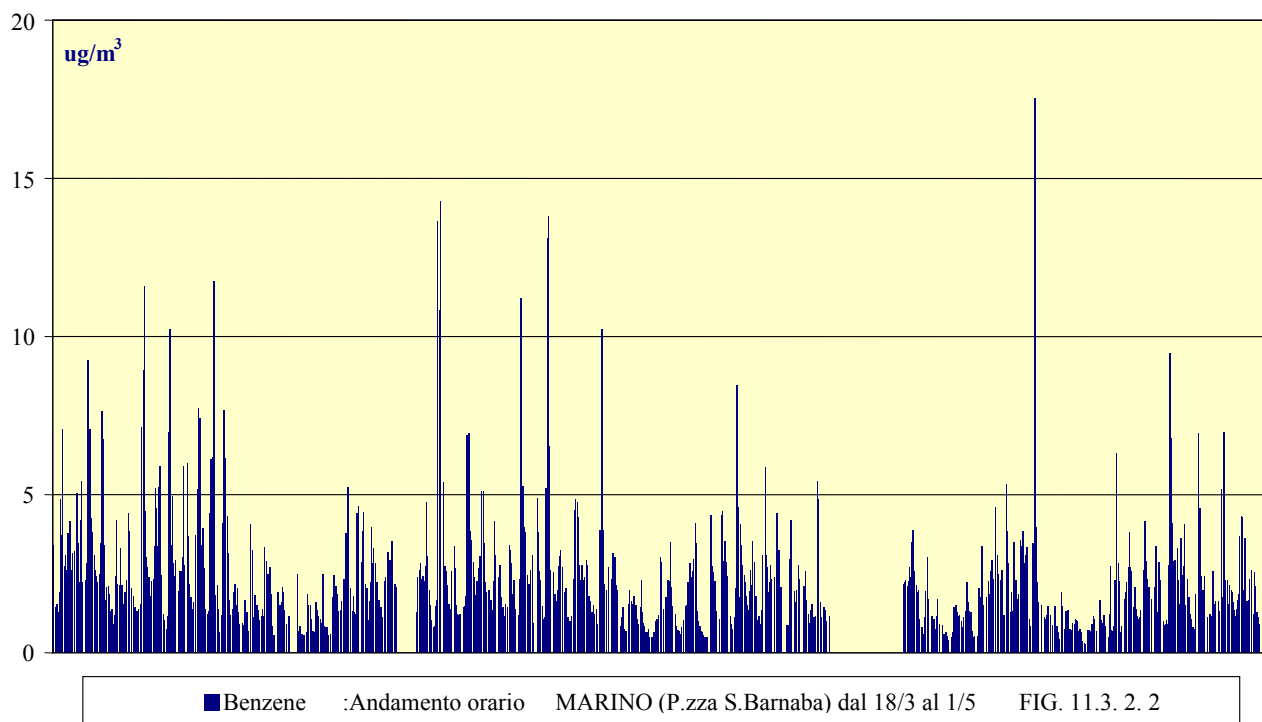
Tabella 11.3.2.3: Concentrazioni giornaliere di Benzene, Toluene ed Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) rilevate nel Comune di Marino e relative al periodo Marzo-Aprile/2005

Data	dati validi giornalieri IPA (ug/m³)	dati validi giornalieri BENZENE (ug/m³)	dati validi giornalieri TOLUENE (ug/m³)	dati validi giornalieri rapporto IPA/BENZENE	dati validi giornalieri rapporto TOLUENE/ BENZENE
18/03/05	0,07257	3,44691	15,86645	2,11%	4,60
19/03/05	0,07426	3,88153	14,56831	1,91%	3,75
20/03/05	0,03142	2,26142	7,95269	1,39%	3,52
21/03/05	0,07878	3,56660	16,05057	2,21%	4,50
22/03/05	0,06206	3,37012	14,08627	1,84%	4,18
23/03/05	0,07008	3,79510	13,41940	1,85%	3,54
24/03/05	0,03786	2,47819	8,18607	1,53%	3,30
25/03/05	0,02675	1,64776	5,58653	1,62%	3,39
26/03/05	0,02451	1,42519	5,07459	1,72%	3,56
27/03/05	0,01911	1,06716	3,25827	1,79%	3,05
28/03/05	0,03825	1,91639	6,33587	2,00%	3,31
29/03/05	0,05265	2,56320	10,49340	2,05%	4,09
30/03/05	0,04658	2,28169	9,01865	2,04%	3,95
31/03/05	0,06414	2,47111	8,75512	2,60%	3,54
01/04/05	0,06961	3,68457	10,52042	1,89%	2,86
02/04/05	0,05240	2,92940	8,25647	1,79%	2,82
03/04/05	0,02566	2,12172	5,58555	1,21%	2,63
04/04/05	0,06036	3,35552	9,90962	1,80%	2,95
05/04/05	0,07678	3,41483	12,40945	2,25%	3,63
06/04/05	0,04192	2,33767	7,62782	1,79%	3,26
07/04/05	0,05284	2,40487	8,58545	2,20%	3,57
08/04/05	0,02067	1,22288	3,71235	1,69%	3,04
09/04/05	0,03926	1,51769	4,91436	2,59%	3,24
10/04/05	0,03179	1,58373	4,78490	2,01%	3,02
11/04/05	0,05320	2,00470	6,94802	2,65%	3,47
12/04/05	0,06146	2,43942	9,13514	2,52%	3,74
13/04/05	0,05928	2,49753	9,53793	2,37%	3,82
14/04/05	0,03792	2,06300	16,13614	1,84%	7,82
15/04/05	0,03614	1,75362	6,30328	2,06%	3,59
18/04/05	0,06056	2,47495	9,31940	2,45%	3,77
19/04/05	0,02407	1,15001	4,54268	2,09%	3,95
20/04/05	0,02616	1,07924	3,65220	2,42%	3,38
21/04/05	0,05266	1,97424	7,67814	2,67%	3,89
22/04/05	0,04956	2,45464	8,12206	2,02%	3,31
23/04/05	0,03185	2,32916	6,22224	1,37%	2,67
24/04/05	0,01740	0,98908	3,26026	1,76%	3,30
25/04/05	0,01372	0,81133	2,62291	1,69%	3,23
26/04/05	0,05632	2,14535	8,08027	2,63%	3,77
27/04/05	0,05651	2,25049	9,59423	2,51%	4,26
28/04/05	0,06503	2,72678	11,31804	2,39%	4,15
29/04/05	0,04011	1,90028	7,66028	2,11%	4,03
30/04/05	0,05153	2,41185	9,31233	2,14%	3,86

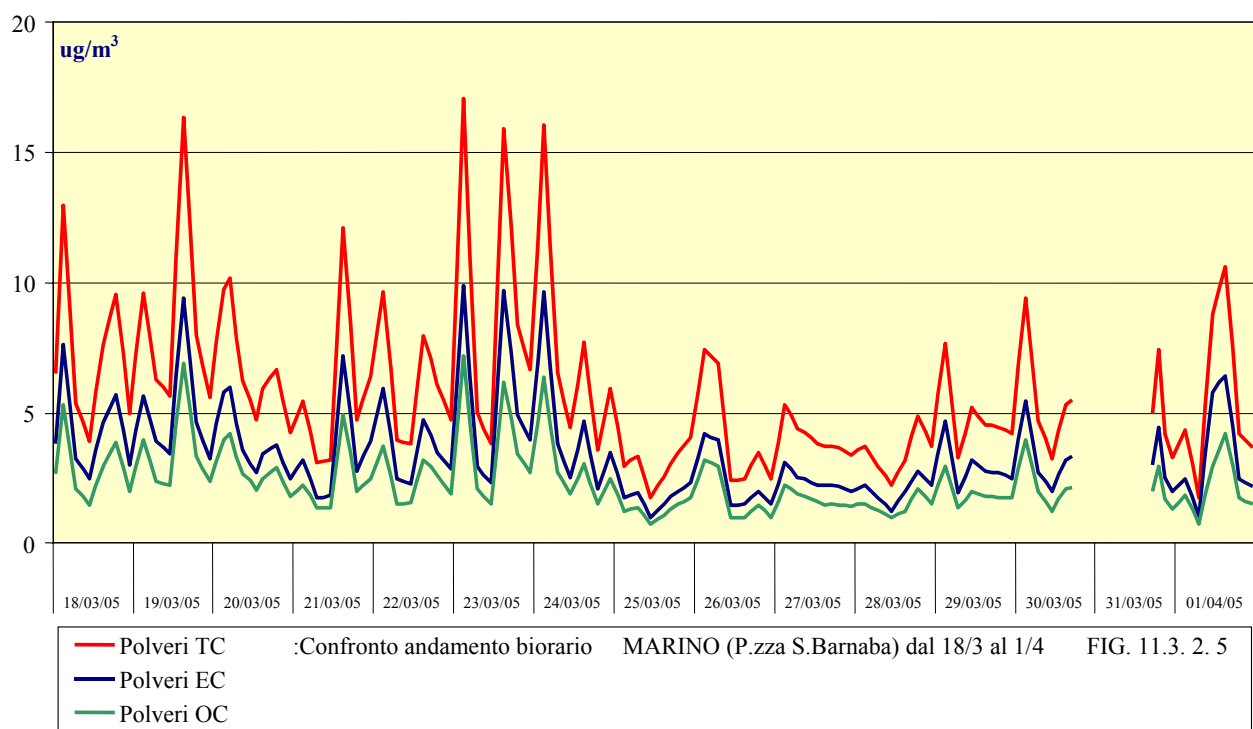
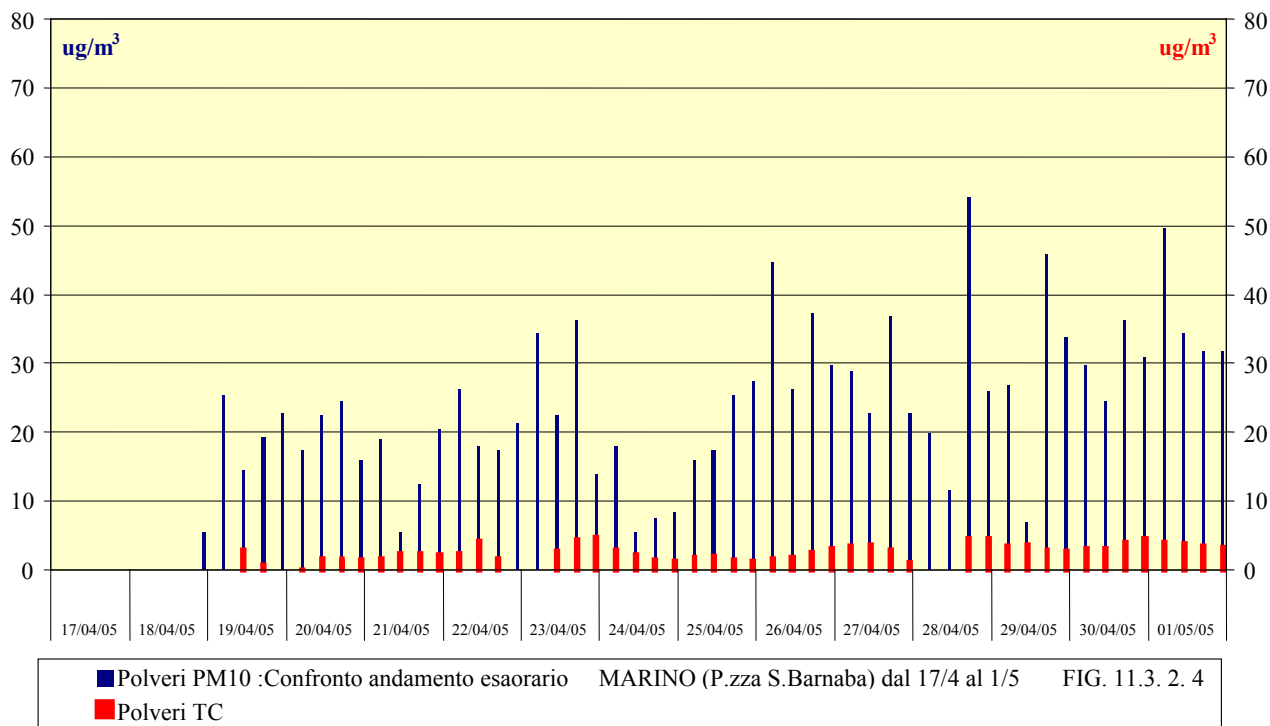
Da un'analisi dei dati della tabella si osserva che il rapporto Toluene/Benzene varia da 3,5 al 4 mentre la percentuale di IPA rispetto al Benzene oscilla tra l'1,5% ed il 2,5%; l'andamento pressoché costante dei due rapporti sta a significare che i tre inquinanti vengono emessi dalla stessa sorgente.

Le figure 11.3.2.1 – 11.3.2.3 mostrano le concentrazioni orarie di NO₂, Benzene ed IPA dell'intero periodo; sono evidenti i numerosi valori delle concentrazioni orarie di Benzene che hanno superato il limite annuale.

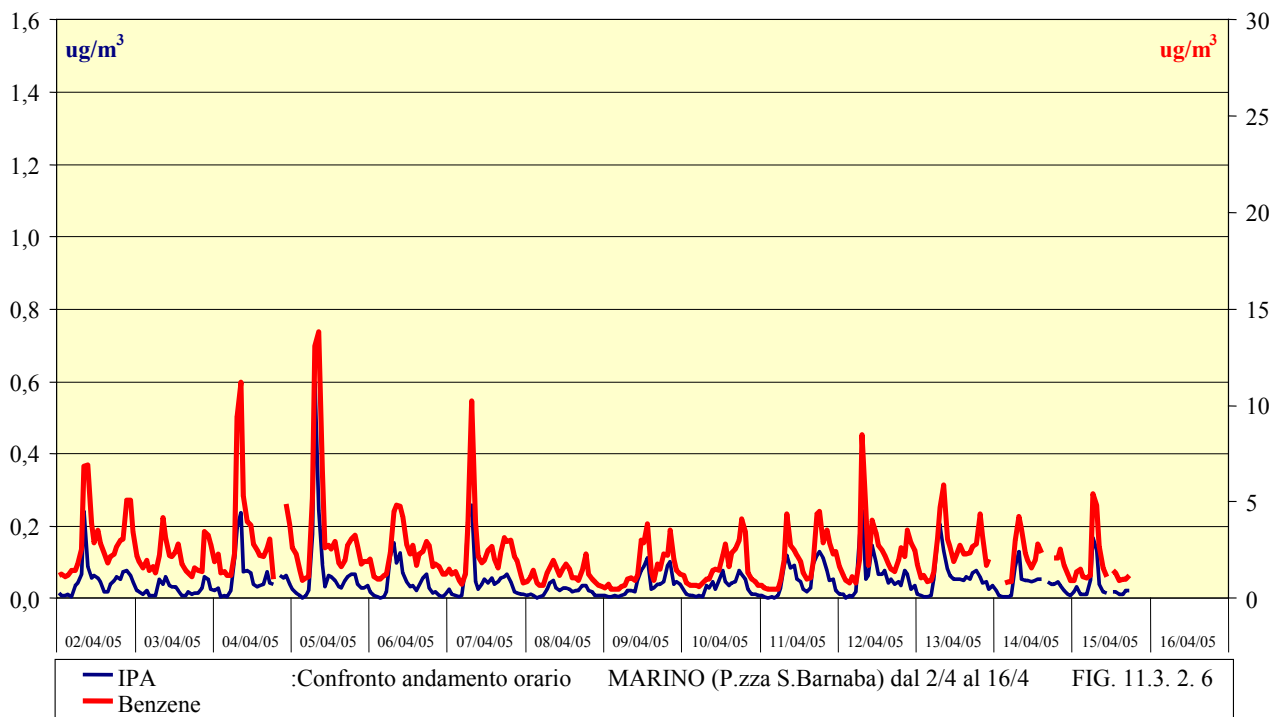




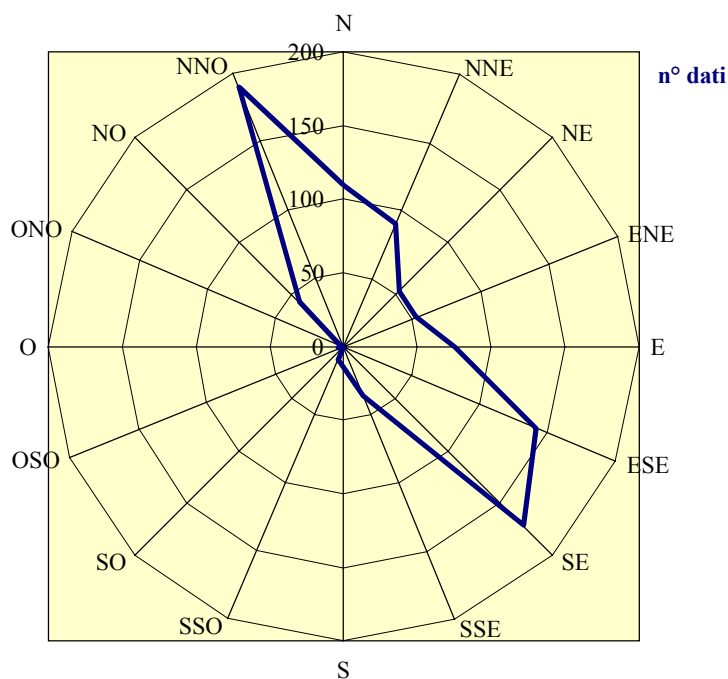
Gli andamenti di TC e PM10 e quelli di TC con EC ed OC riportati nelle **figure 11.3.2.4 e 11.3.2.5** confermano ancora una volta per il loro buon accordo che la fonte principale di inquinamento nell'area presa in esame è il traffico autoveicolare.



La **figura 11.3.2.6** evidenzia anche il buon accordo degli andamenti giornalieri di IPA e Benzene emessi entrambi dal traffico.



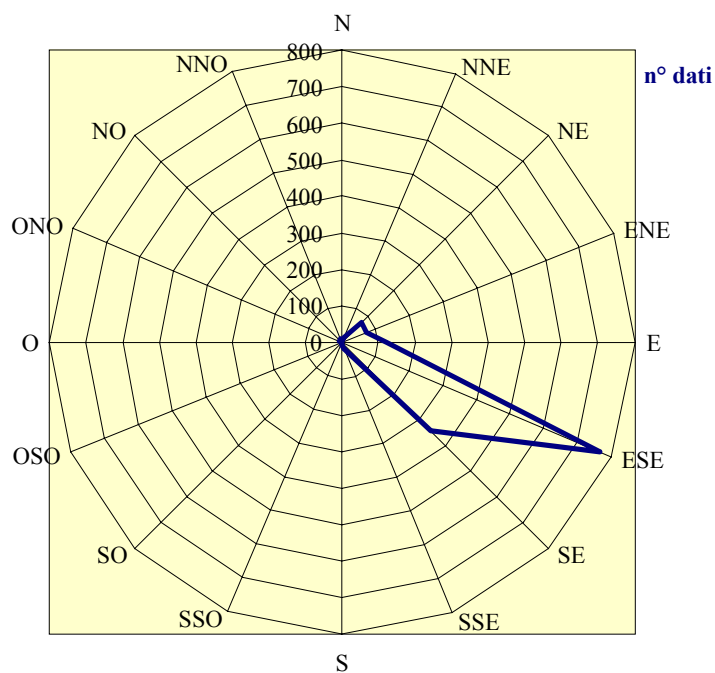
Per quanto riguarda le condizioni anemologiche la rosa dei venti della **figura 11.3.2.7** mostra che i venti prevalenti per l'intero periodo di campionamento sono stati quelli di provenienza NO e dal settore SE ed ESE.



Direzioni dei Venti :Prevalenze MARINO (P.zza S.Barnaba) dal 18/3 al 1/5 FIG. 11.3. 2. 7

11.3.3 Frascati

L'unità mobile RM2 per il monitoraggio è stata posizionata nel periodo 1 aprile 2005 al 31 maggio 2005 nel centro storico all'interno di Piazza del Gesù circondata da monumenti e palazzi e comunicante con il resto della città tramite una sola strada a senso unico. L'area, quindi, è poco influenzata in modo diretto dai flussi emissivi e, come ben evidenzia la rosa dei venti riportata in **figura 11.3.3.1**, i processi di trasporto e di diffusione degli inquinanti non sono favoriti in quanto il vento può provenire da una sola direzione (SE).



— Direzioni dei Venti :Prevalenze FRASCATI (P.zza Del Gesù) dal 1/4 al 31/5 FIG. 11.3. 3. 1

Nella **tabella 11.3.3.1** sono mostrate le concentrazioni medie orarie di NO₂, CO, Benzene ed O₃ e quelle giornaliere di PM₁₀; le concentrazioni medie di CO e Benzene sono molto basse ma i massimi di Benzene sono risultati superiori 37 volte al limite annuale.

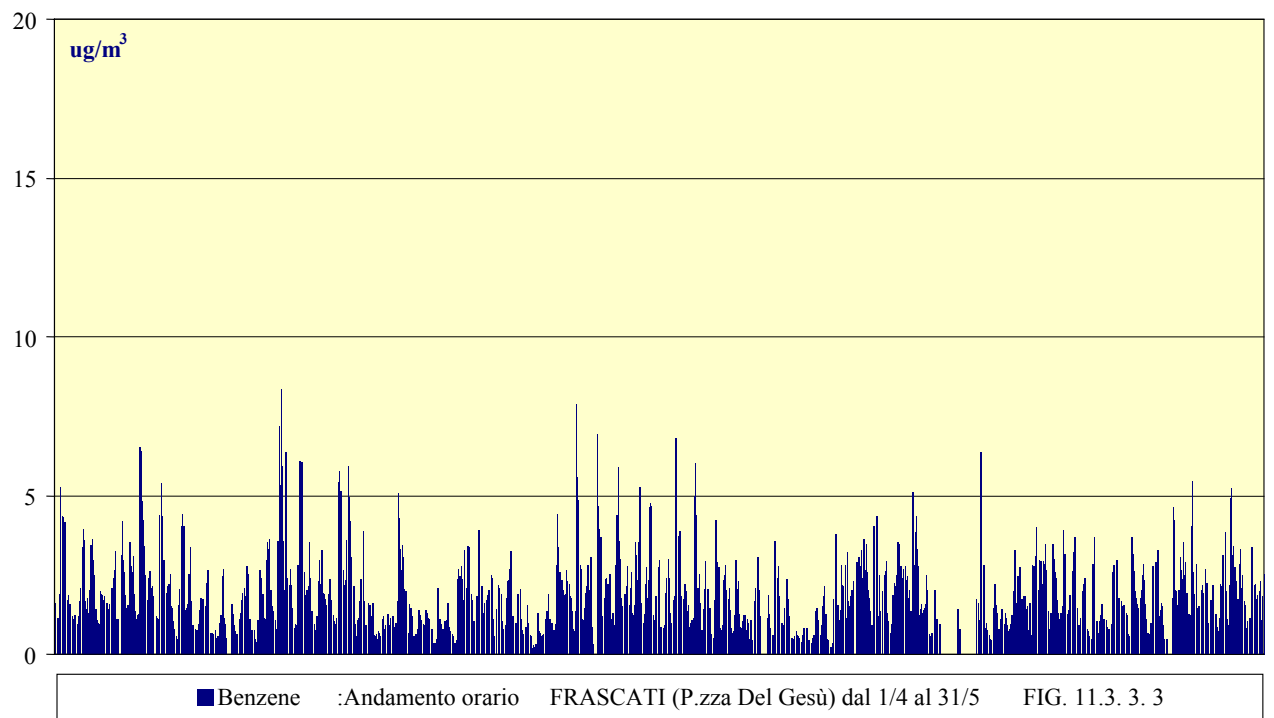
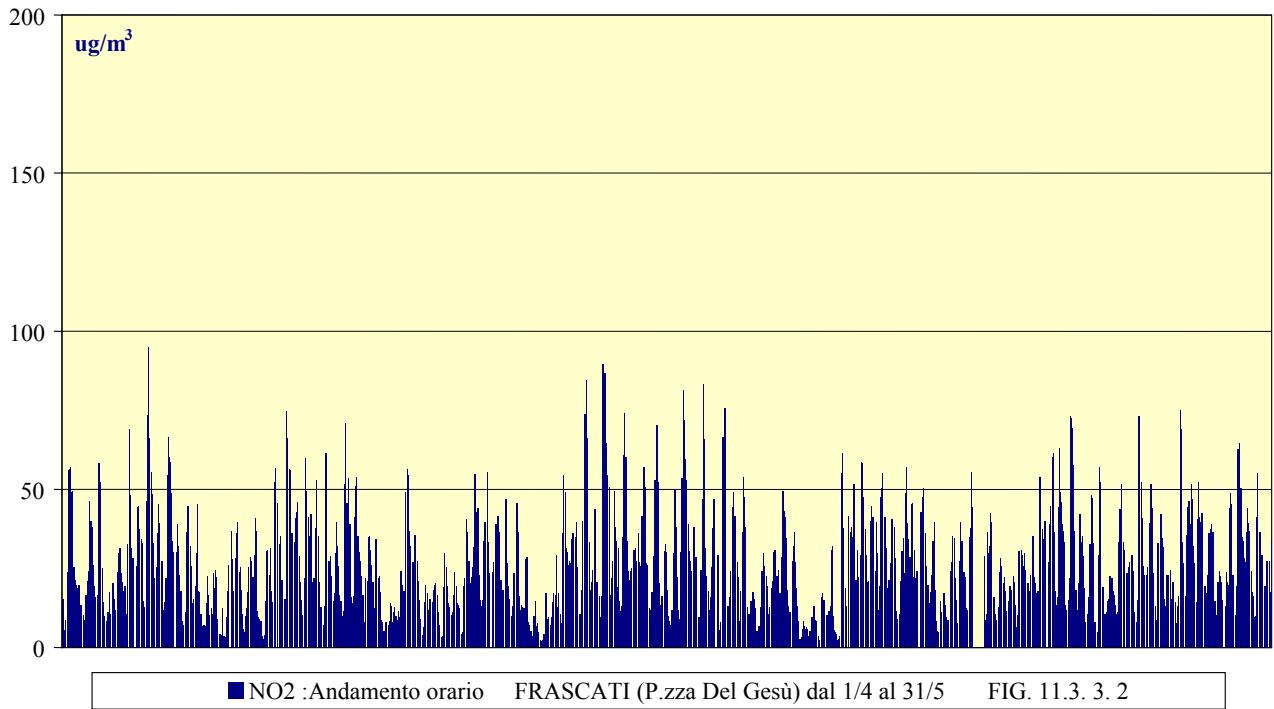
Tabella 11.3.3.1: Dati riassuntivi di Frascati relativi al periodo Aprile-Maggio/2005

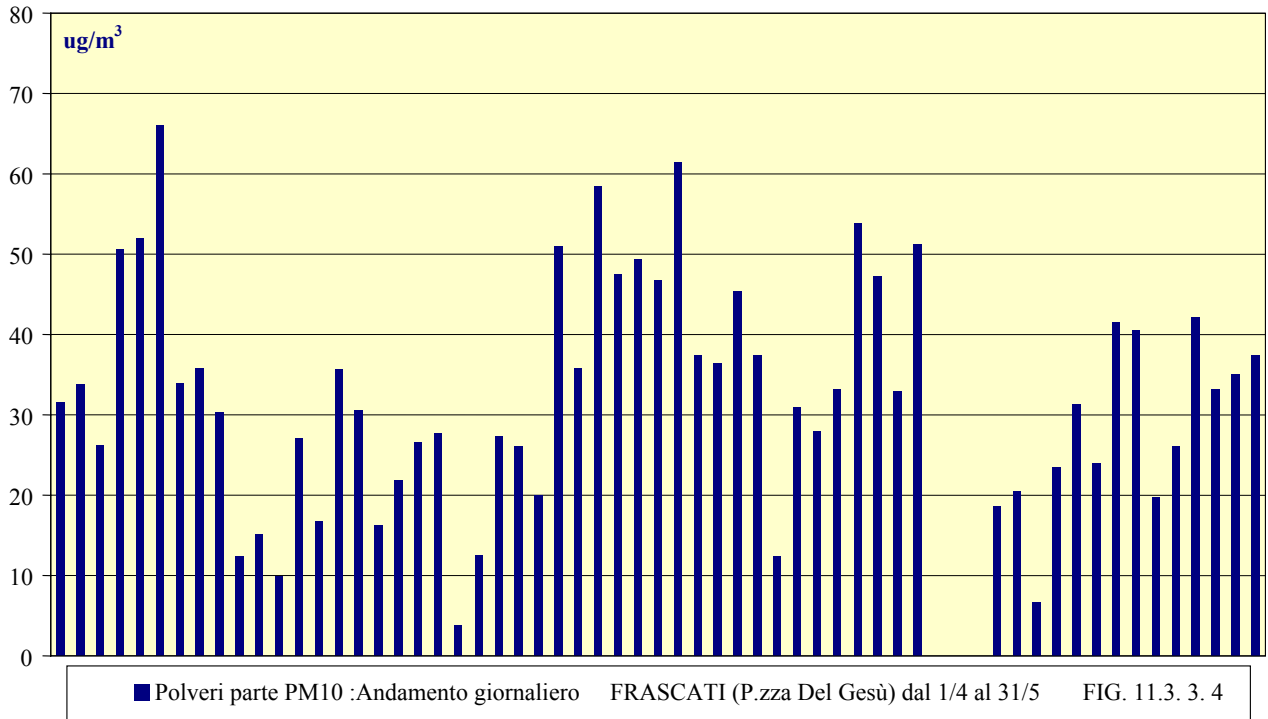
Inquinante	O₃ (ug/m ³)	CO (mg/m ³)	PM10 (ug/m ³)	NO₂ (ug/m ³)	BENZENE (ug/m ³)
Dati validi	1445	1406	1392	1439	1404
Valore massimo	147,15	2,50	66,14	95,00	12,71
Valore medio	76,29	0,73	32,57	25,05	1,86
Valore minimo	4,89	0,05	3,75	1,84	0,22
Limite di Legge	180 (ora)	10 (8 ore)	50 (giorno)	200 (ora)	5 (anno)
n° Superamenti limite	0	0	8	0	37

Questo comportamento è da attribuire ai diversi meccanismi di dispersione dei due inquinanti aventi pesi molecolari differenti. Il CO, più leggero dell'aria, tende a diffondere facilmente in verticale mentre il Benzene per la mancanza di fenomeni di trasporto e per la sua maggiore pesantezza può dar luogo a istantanei episodi di accumulo.

L'ozono non ha evidenziato fenomeni di smog fotochimico e molto probabilmente per la bassa intensità della radiazione solare nella Piazza. Le concentrazioni giornaliere di PM10 hanno superato 8 volte il valore limite; l'inquinamento particellare, oltre che dalle emissioni, può essere influenzato anche dai fenomeni di ristagno per la scarsa ventilazione.

Gli andamenti orari di NO₂ e Benzene e quelli giornalieri di PM10 sono mostrati nelle **figure 11.3.3.2, 11.3.3.3, 11.3.3.4**; gli andamenti dei tre inquinanti sono in buon accordo fra loro e testimoniano la loro provenienza dalla stessa sorgente.





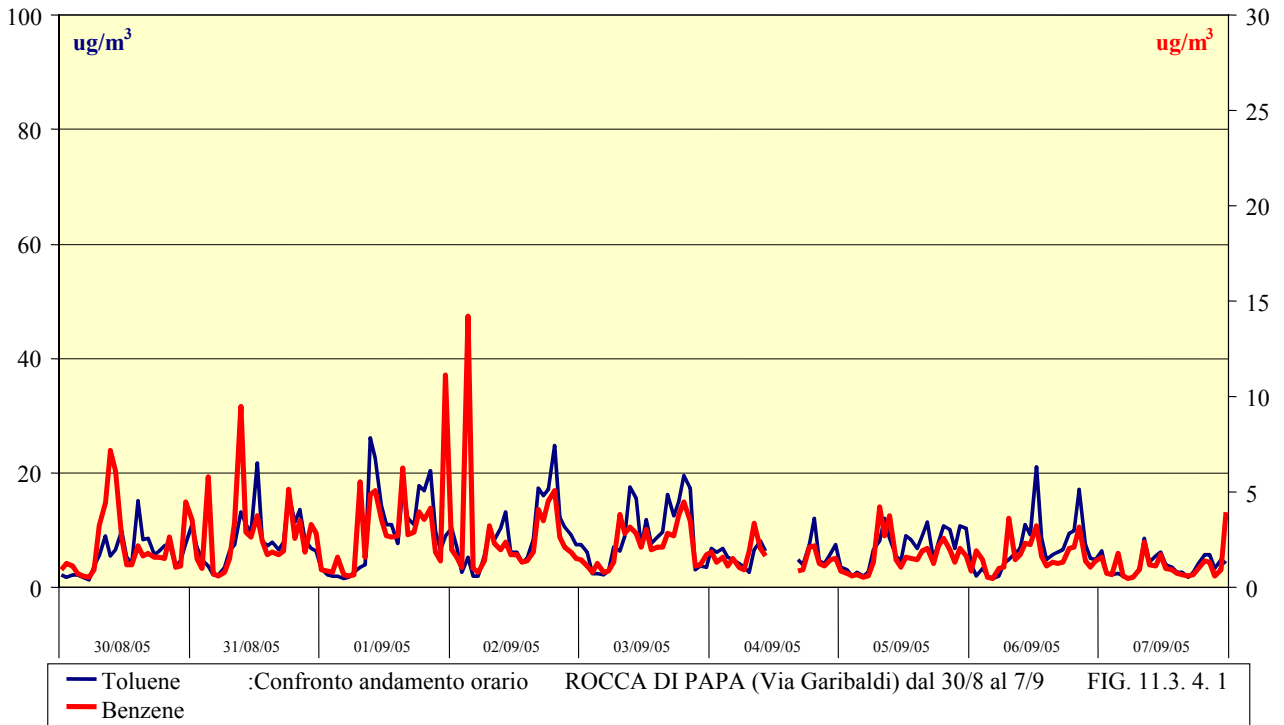
11.3.4 Rocca di Papa

L'unità mobile RM2 è stata posizionata in Via Garibaldi dal 9 agosto 2005 al 7 settembre 2005. Nella **tabella 11.3.4.1** vengono riassunti le misure di NO₂, CO, O₃, PM10 e Benzene; i valori limite non sono mai stati superati.

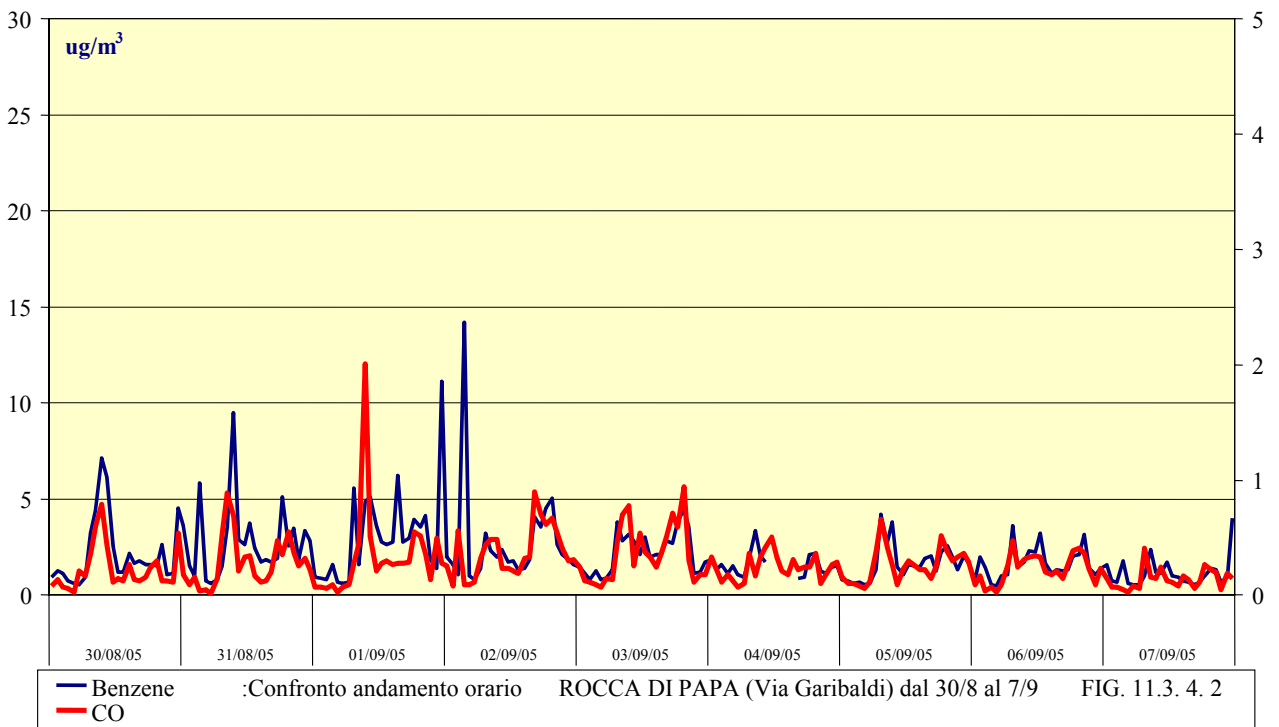
Tabella 11.3.4.1: Dati riassuntivi di Rocca di Papa relativi al periodo Agosto-Settembre/2005

Inquinante	O₃ (ug/m ³)	CO (mg/m ³)	PM10 (ug/m ³)	NO₂ (ug/m ³)	BENZENE (ug/m ³)
Dati validi	717	717	624	715	712
Valore massimo	142,77	2,00	49,95	46,80	14,22
Valore medio	89,46	0,73	25,94	13,33	1,93
Valore minimo	49,70	0,02	0,63	1,04	0,26
Limite di Legge	180 (ora)	10 (8 ore)	50 (giorno)	200 (ora)	5 (anno)
n° Superamenti limite	0	0	0	0	25

Le concentrazioni medie orarie di Benzene sono risultate per 25 volte superiori a 5 micro grammi per metro cubo ma da un esame dell'andamento giornaliero riportato in **figura 11.3.4.1** i picchi massimi non sono solo da attribuire al traffico autoveicolare per la discordanza con quelli del Toluene.

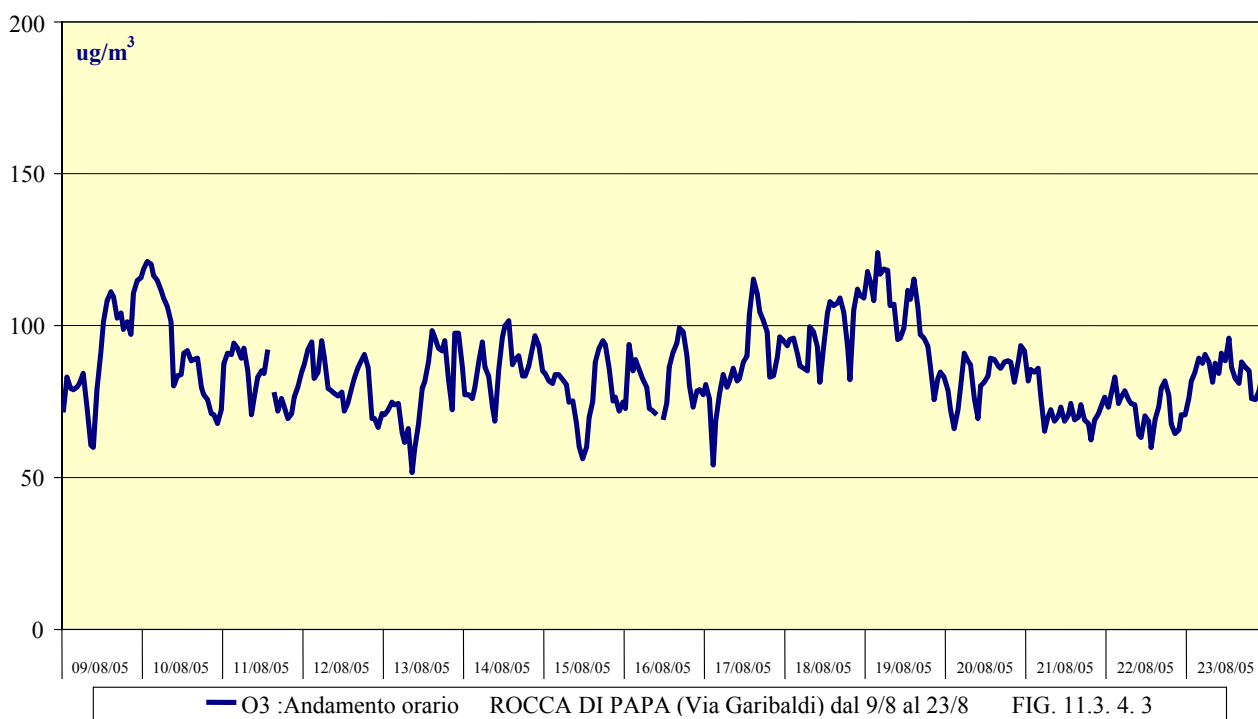


Questa discordanza viene rilevata in **figura 11.3.4.2** anche dagli andamenti giornalieri del Benzene confrontati con il CO che viene considerato indice specifico da traffico.

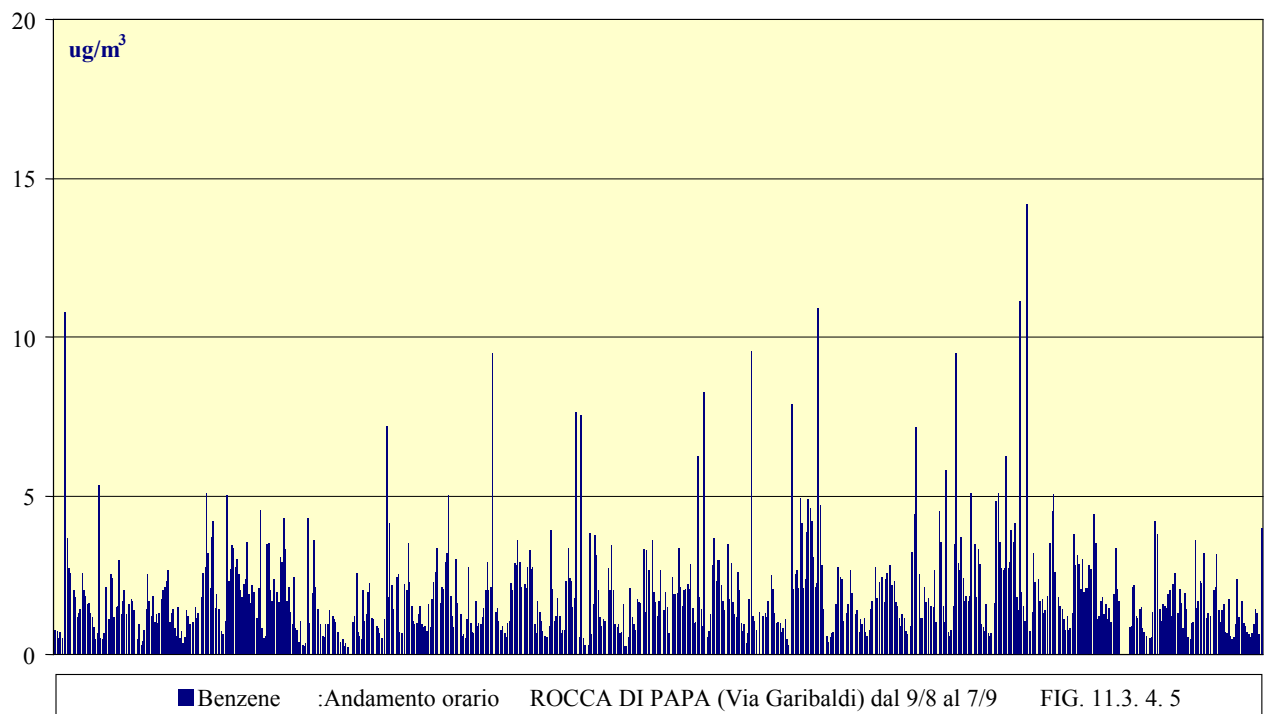
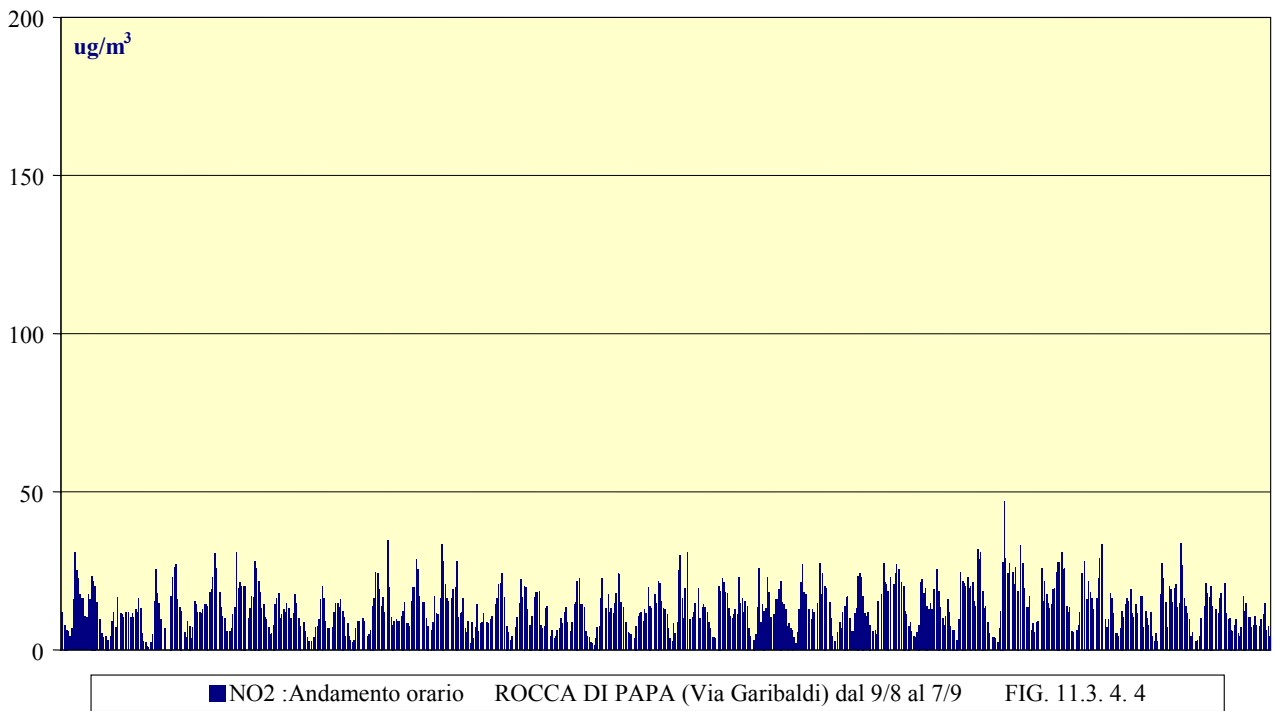


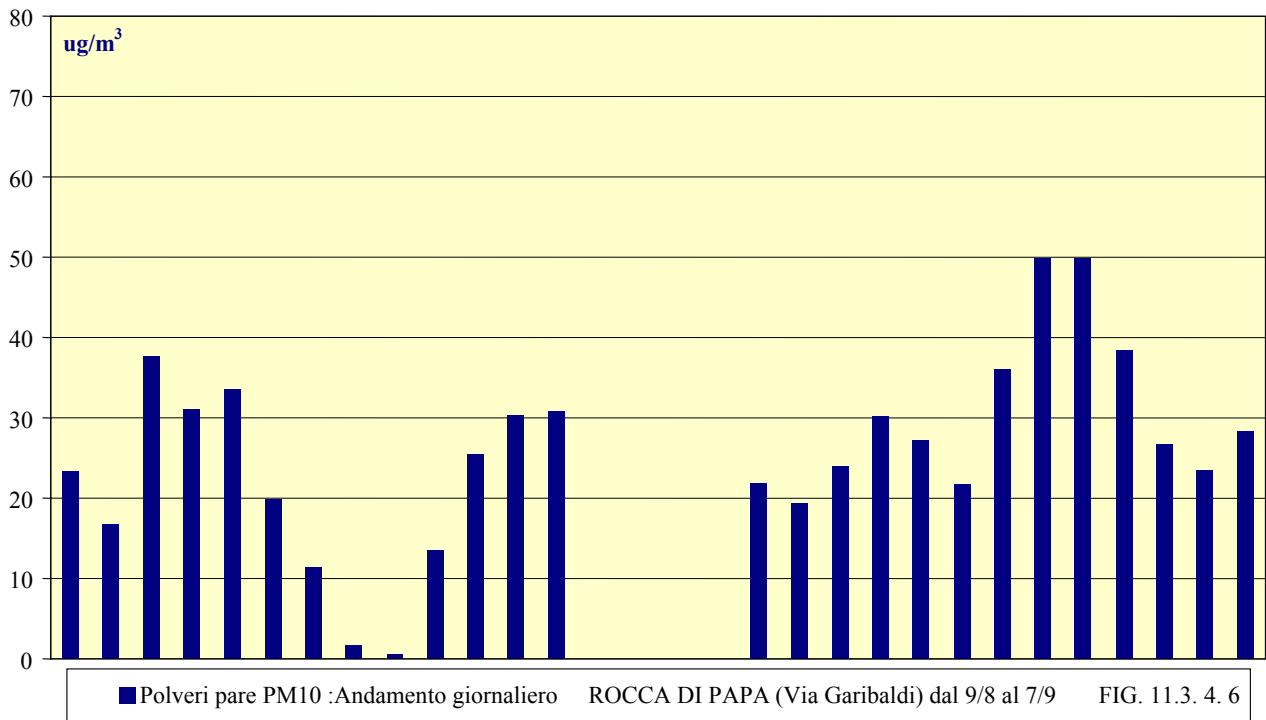
Infatti nei giorni 31-31/08 e il 2/09/05 il Benzene presenta dei picchi massimi che gli altri due inquinanti non hanno e ciò fa supporre una sporadica e breve emissione di Benzene da una sorgente locale diversa dal traffico.

I valori di PM10 e di Ozono riportati nella **tabella 11.3.4.1** sono prevalentemente attribuibili entrambi ad una origine naturale; in particolare tale considerazione vale per l'Ozono il cui andamento giornaliero, come evidenziato in **figura 11.3.4.3**, risulta pressoché costante sia di notte che di giorno ed i valori oscillano intorno agli 80 microgrammi per metro cubo, caratteristici di un'area remota con una media altitudine.



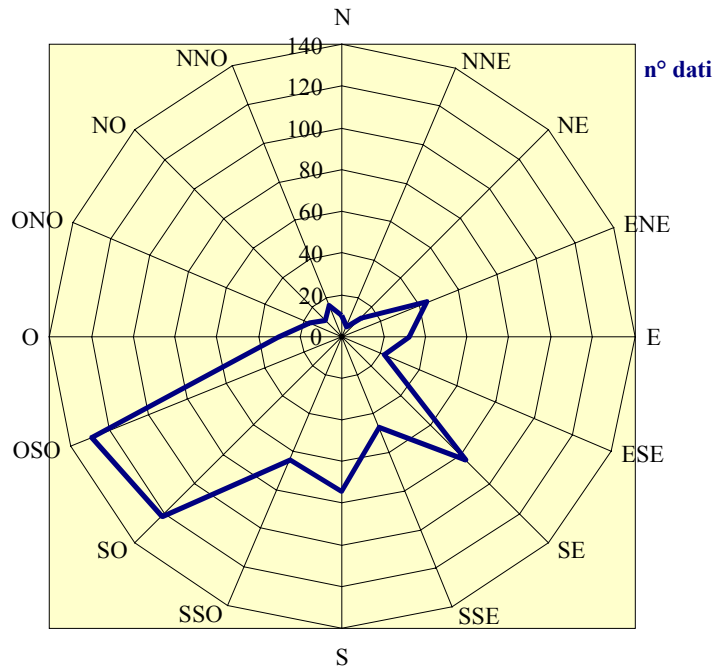
Nelle **figure 11.3.4.4 e 11.3.4.5** sono riportati gli andamenti delle concentrazioni orarie di NO₂ e Benzene e nella **figura 11.3.4.6** quelle giornaliere di PM10.





L'andamento giornaliero del Benzene conferma la presenza dei picchi massimi sopra descritti e gli andamenti giornalieri del PM10 evidenziano che in due giorni i valori hanno raggiunto i 50 microgrammi al metro cubo.

La rosa dei venti riportata in **figura 11.3.4.7** mostra una prevalenza dei venti provenienti da un solo settore (OSO e SO). E' da precisare che le misure del vento effettuate al suolo sono utili per l'interpretazione dei dati di inquinamento misurati alla stessa altezza ma non sono rappresentative per l'intero territorio in quanto le misure dovrebbero essere effettuate al disopra del tessuto urbano in modo che esse non abbiano interferenza per la presenza di palazzi o ostacoli.



— Direzioni dei Venti :Prevalenze ROCCA DI PAPA (Via Garibaldi) dal 9/8 al 7/9 FIG. 11.3. 4. 7

11.3.5 Albano

Nel Comune di Albano sono state effettuate due campagne di misura (contemporanee per un periodo di un mese): nell'area di Pavona (RM2) dal 9 settembre al 30 ottobre 2005 ed in quella di Cecchina (RM1) dal 1 ottobre al 30 ottobre 2005.

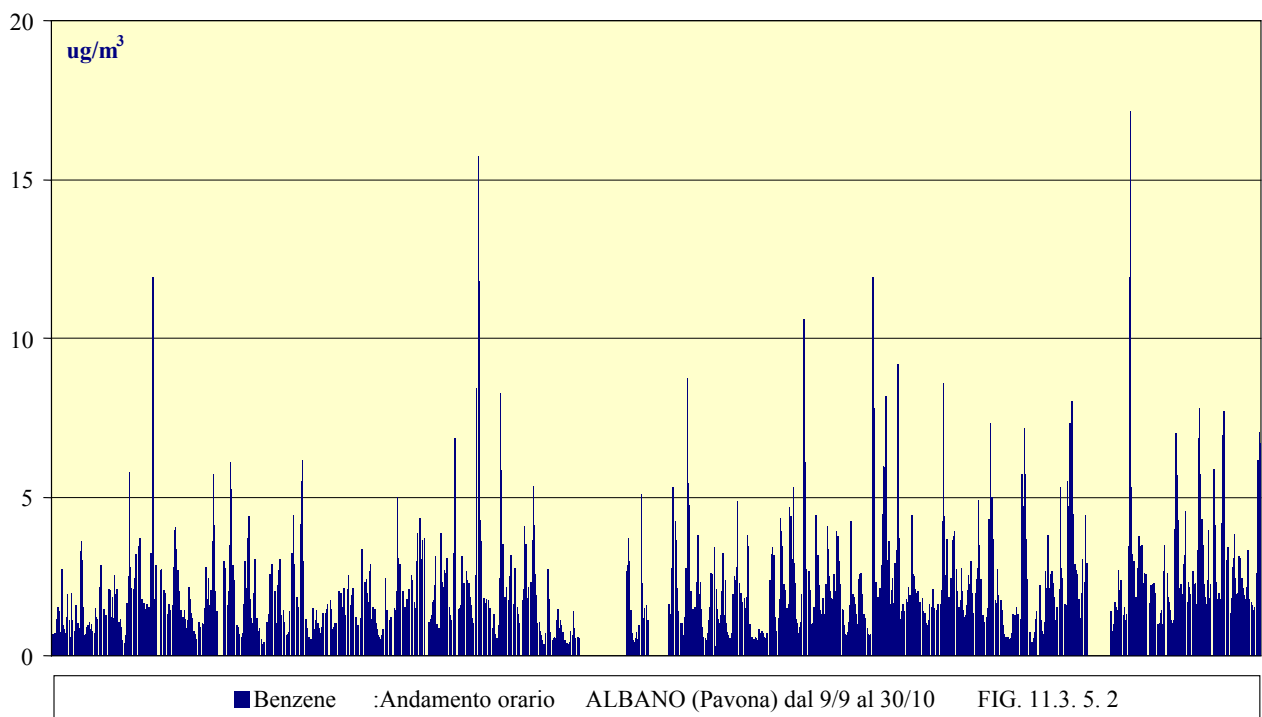
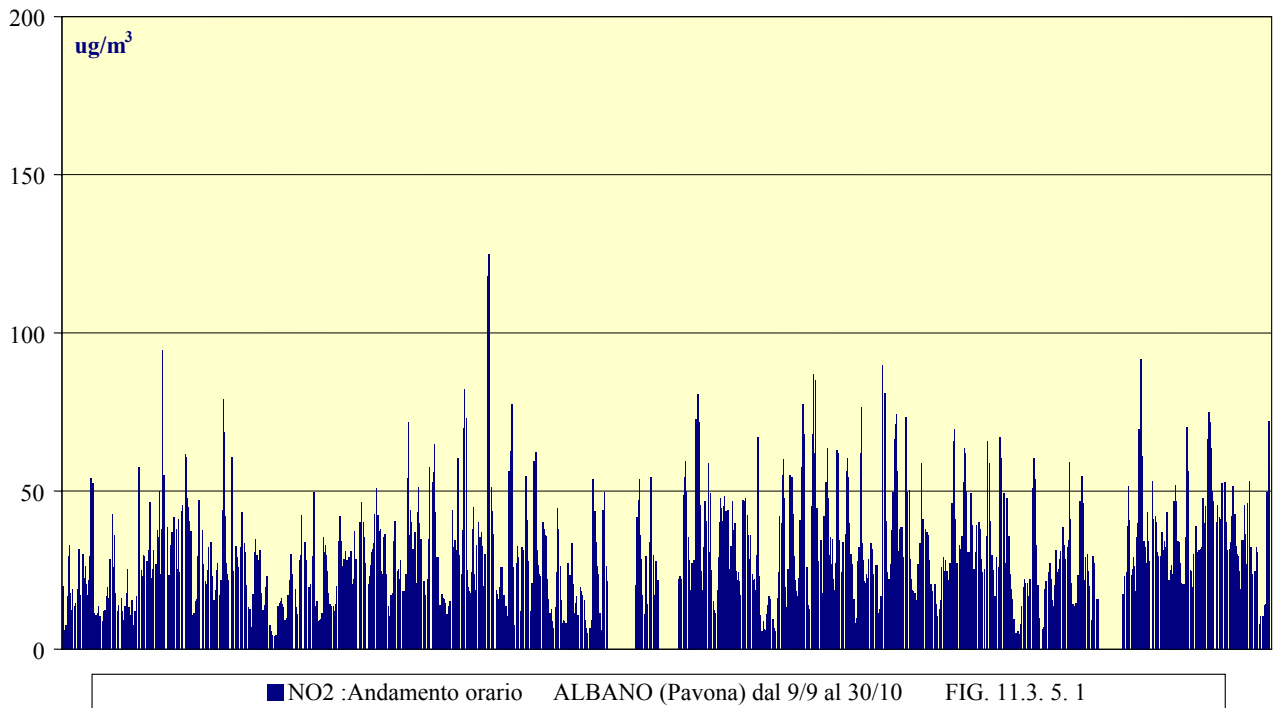
Pavona

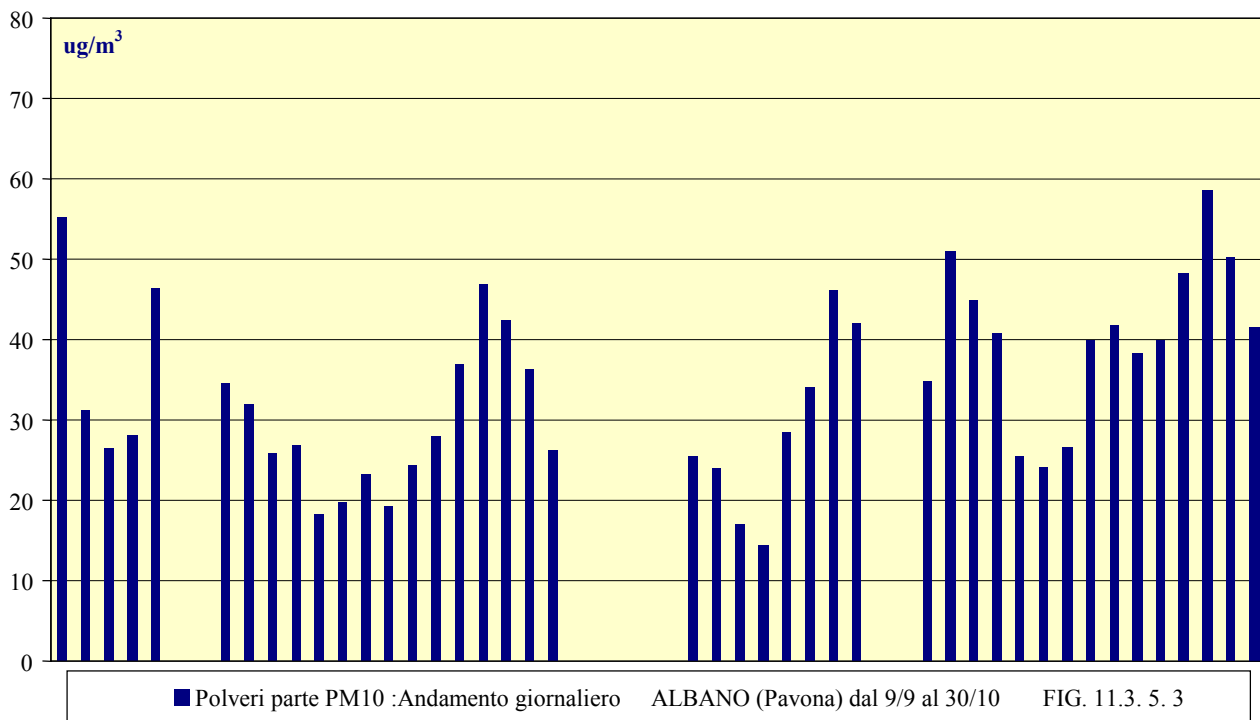
Nella **tabella 11.3.5.1** vengono riportati i dati orari di NO₂, CO, Benzene ed O₃ relativi all'intero periodo di misura che non hanno mai superato i rispettivi valori limite, i valori giornalieri di PM10 che hanno superato il limite di 50 microgrammi per metrocubo per quattro volte. Le concentrazioni medie orarie di Benzene hanno superato il limite annuale per 57 volte, con un valore medio 2,10 microgrammi per metro cubo.

Tabella 11.3.5.1: Dati riassuntivi di Albano (Pavona) relativi al periodo Settembre-Ottobre/2005

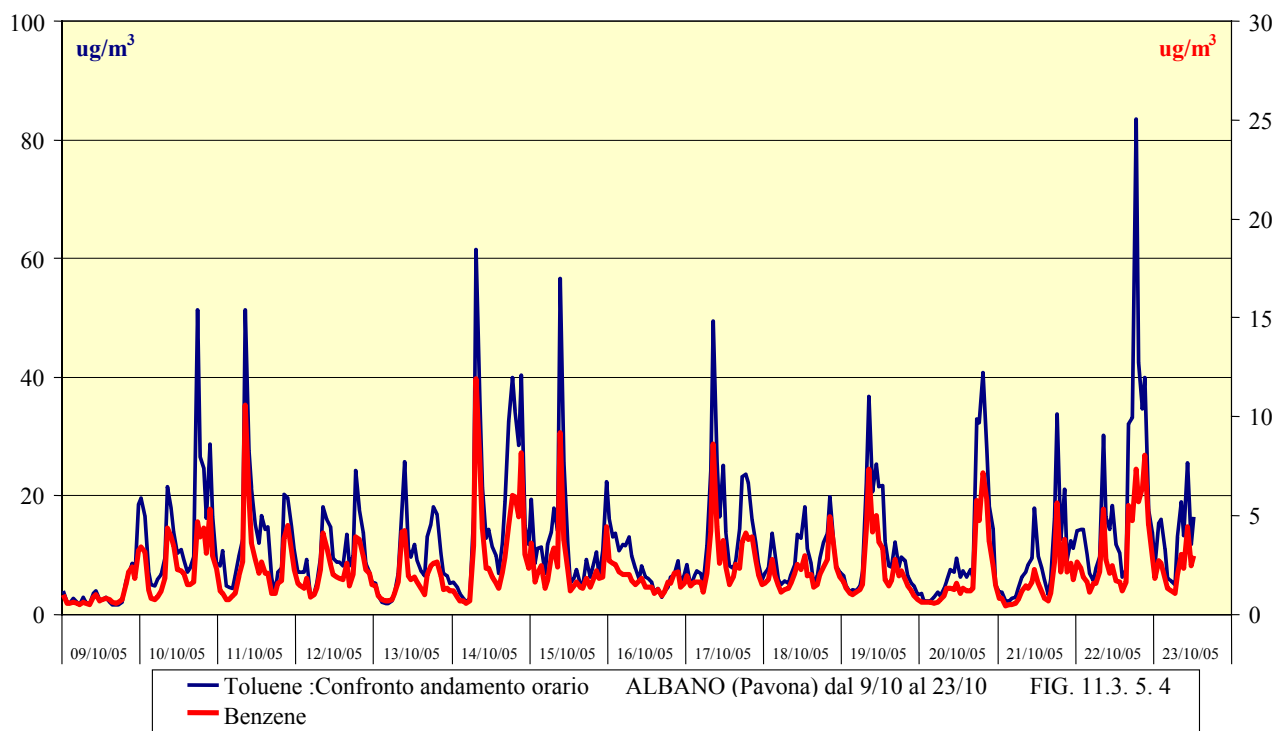
Inquinante	O₃ (ug/m ³)	CO (mg/m ³)	PM10 (ug/m ³)	NO₂ (ug/m ³)	BENZENE (ug/m ³)
Dati validi	1170	1170	1033	1169	1144
Valore massimo	112,91	5,28	58,69	125,28	17,18
Valore medio	43,52	0,64	34,12	29,78	2,10
Valore minimo	0,10	0,05	14,48	3,76	0,31
Limite di Legge	180 (ora)	10 (8 ore)	50 (giorno)	200 (ora)	5 (anno)
n° Superamenti limite	0	0	4	0	57

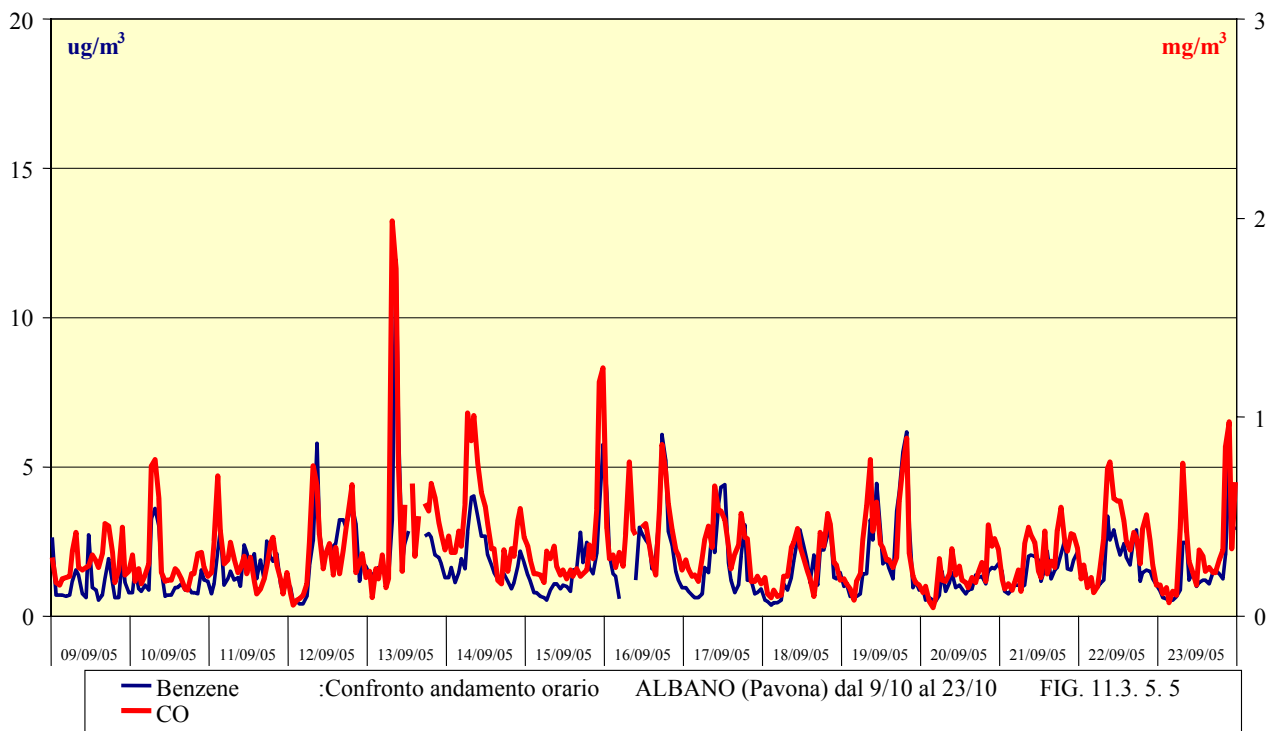
Nelle **figure 11.3.5.1, 11.3.5.2, 11.3.5.3** vengono mostrati gli andamenti di NO₂, Benzene e PM10 dell'intero periodo; gli andamenti mostrano un buon accordo e mettono in evidenza che il PM10 supera frequentemente il valore limite annuale di 40 microgrammi per metrocubo.



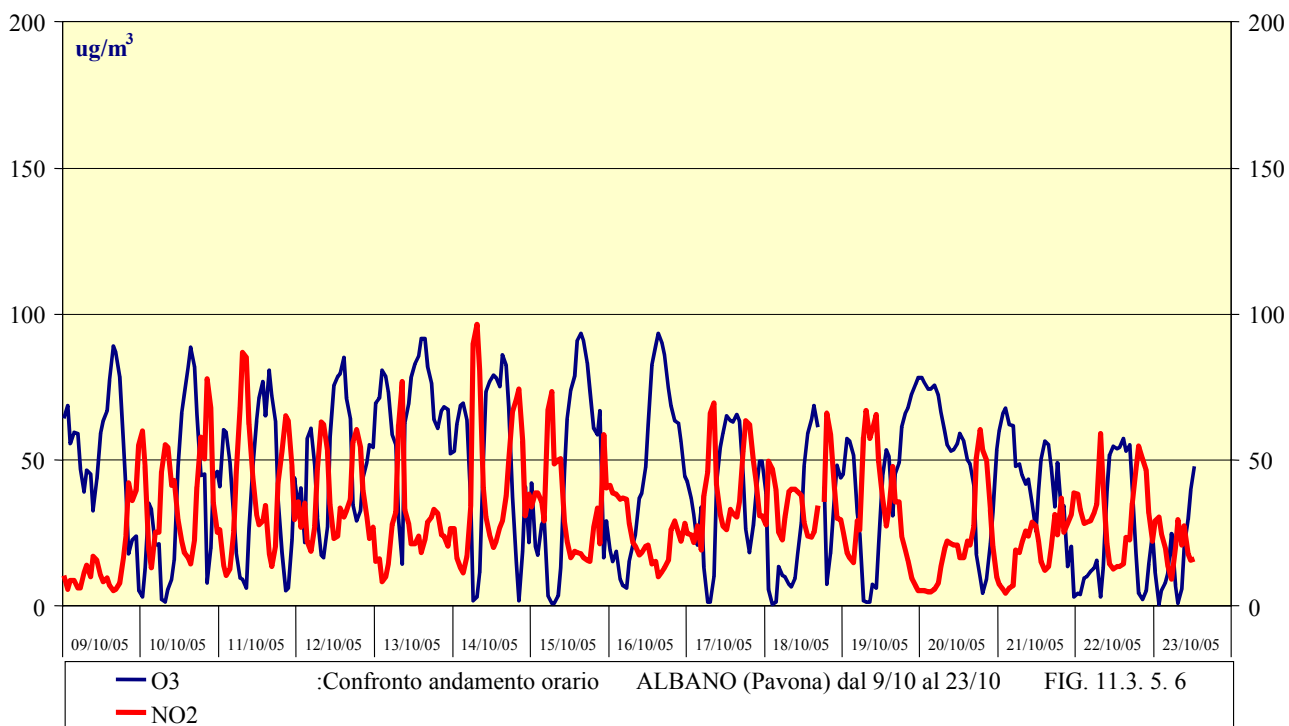


Le figure 11.3.5.4 e 11.3.5.5 mostrano gli andamenti del Benzene con quelli del Toluene e del CO relativi a 15 giorni di misura; in entrambe le figure i profili dei due inquinanti si sovrappongono e confermano, quindi, che la sorgente primaria di inquinamento atmosferico nell'area di Pavona è il traffico autoveicolare.

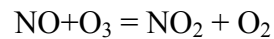




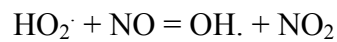
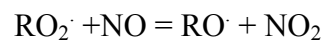
Nella **figura 11.3.5.6** vengono riportati gli andamenti di NO₂ e O₃ relativi a 15 giorni di campionamento; gli andamenti complementari dei due inquinanti indicano che per tutto il periodo di campionamento si sono avute condizioni di instabilità atmosferica che favoriscono il rimescolamento dei bassi strati dell'atmosfera.



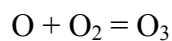
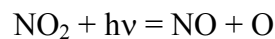
Infatti in condizioni di instabilità atmosferica (bassa pressione e presenza di vento) l'Ossido di azoto emesso dai gas di scarico degli autoveicoli viene trasformato rapidamente a Biossido di Azoto per mezzo dell'Ozono secondo la reazione:



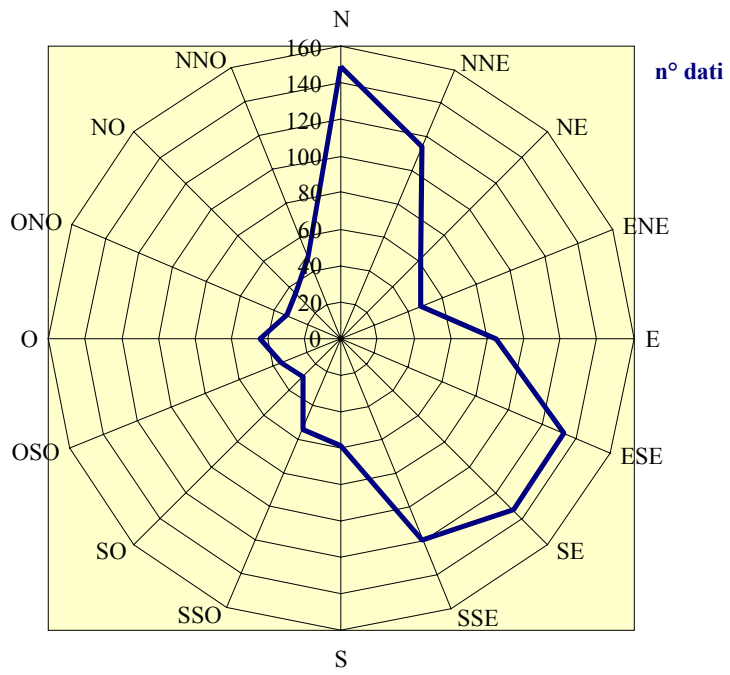
Di conseguenza ad un aumento di NO_2 corrisponde una diminuzione di O_3 . In condizioni di stabilità atmosferica (alta pressione ed assenza di vento) intervengono altre reazioni radicaliche che fanno aumentare il Biossido di Azoto quali:



Tali reazioni turbano l'equilibrio $\text{NO}_2\text{-O}_3$ e portano ad un accumulo di O_3 in seguito alla fotodissociazione di NO_2 in eccesso secondo le seguenti reazioni:



Durante l'intero periodo di monitoraggio per il persistere di condizioni d'instabilità atmosferica non si sono verificati episodi significativi di smog fotochimico. Le condizioni sono state generate dai venti provenienti prevalentemente dai settori N e NNE e da quelli SSE ed ESE come riportato nella **figura 11.3.5.7**.



— Direzioni dei Venti :Prevalenze ALBANO (Pavona) dal 9/9 al 30/10 FIG. 11.3. 5. 7

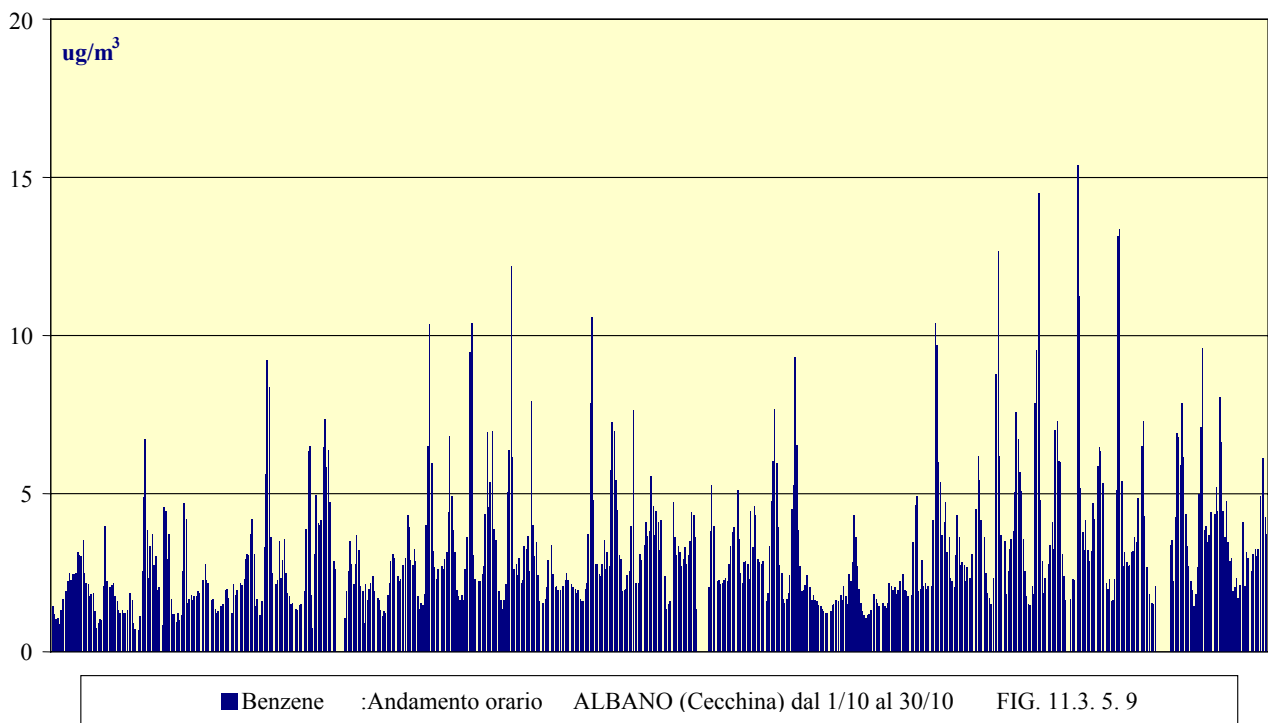
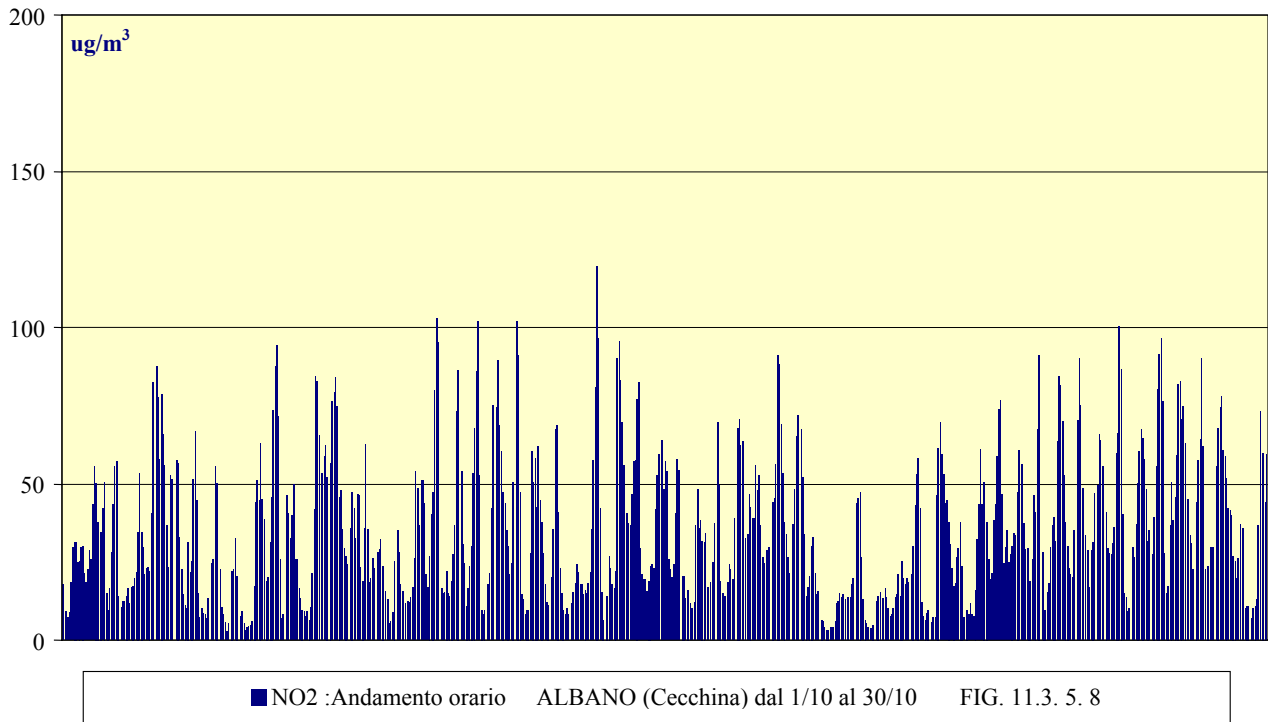
Cecchina

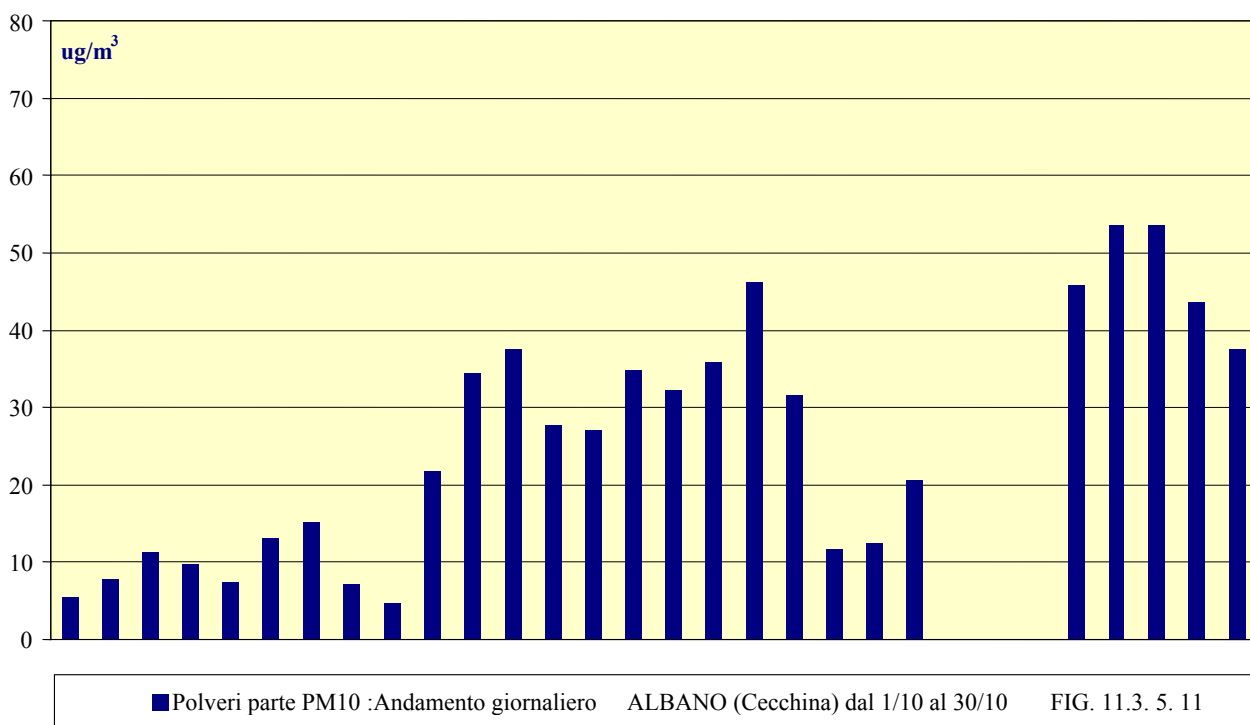
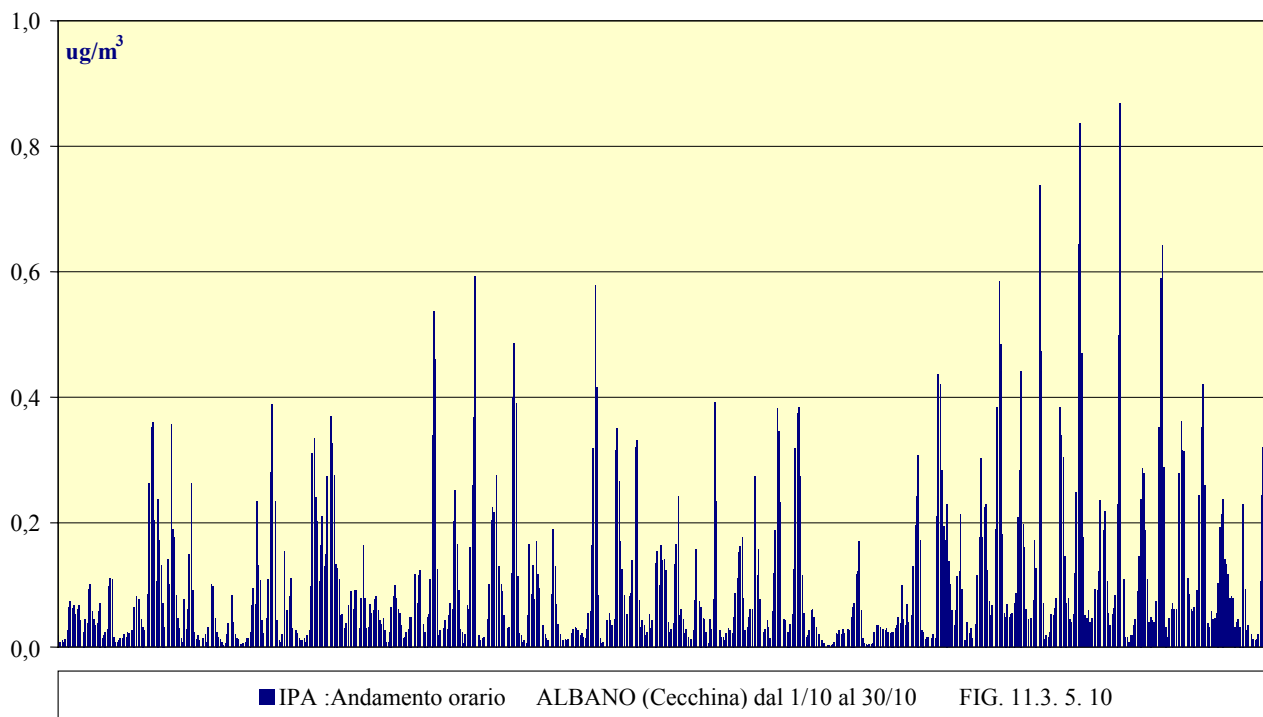
Nella **tabella 11.3.5.2** sono riassunti i dati di SO₂, NO₂, Benzene e PM10; solo il PM10 ha superato il limite giornaliero per due volte e le concentrazioni orarie di Benzene sono risultate 92 volte maggiori di 5 microgrammi per metrocubo (limite annuale) con una concentrazione media di 3,16 microgrammi per metrocubo.

Tabella 11.3.5.2: Dati riassuntivi di Albano (Cecchina) relativi al periodo Ottobre/2005

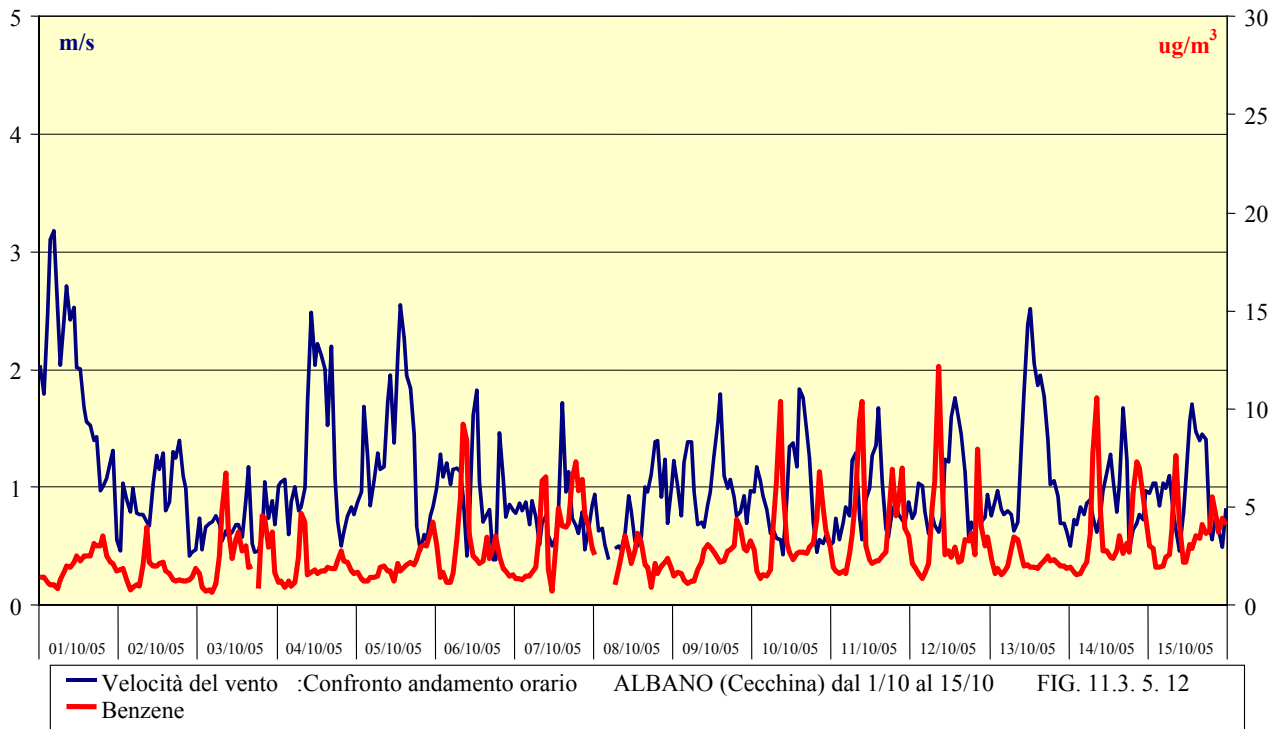
Inquinante	SO₂ (ug/m ³)	NO₂ (ug/m ³)	BENZENE (ug/m ³)	PM10 (ug/m ³)
Dati validi	687	718	700	332
valore massimo	19,92	119,76	15,40	53,62
Valore medio	6,91	35,16	3,16	25,57
valore minimo	0,05	2,91	0,69	4,68
Limite di Legge	350 (ora)	200 (ora)	5 (anno)	50 (giorno)
n° Superamenti limite	0	0	92	2

Nelle **figure 11.3.5.8, 11.3.5.9, 11.3.5.10, e 11.3.5.11** vengono riportati gli andamenti giornalieri delle concentrazioni orarie di NO₂, Benzene, IPA e quelli giornalieri di PM10.





I quattro inquinanti rappresentati nelle figure mostrano gli stessi andamenti e una variabilità temporale da attribuire soprattutto alle condizioni meteorologiche. In **figura 11.3.5.12** l'andamento del Benzene è confrontato con la velocità del vento; infatti da un esame della figura si osserva che l'andamento dell'inquinante è complementare a quello della velocità del vento poiché l'aumento di questo favorisce la dispersione del benzene e ne diminuisce la concentrazione.

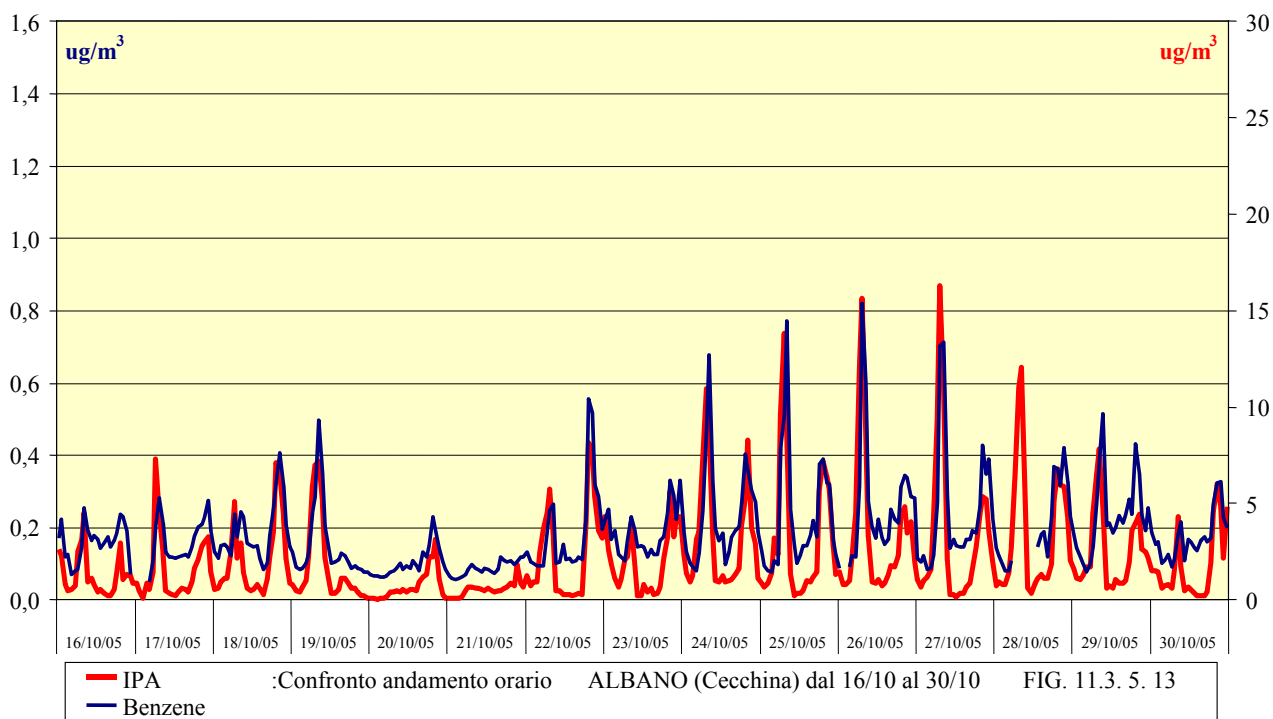


Nella **tabella 11.3.5.13** vengono riportate le concentrazioni giornaliere di Benzene, Toluene ed IPA ; I rapporti Toluene/Benzene variano dal 5 al 7 e quelli di IPA e Benzene dall'1% al 3%, valori caratteristici di aree urbane in un periodo autunnale.

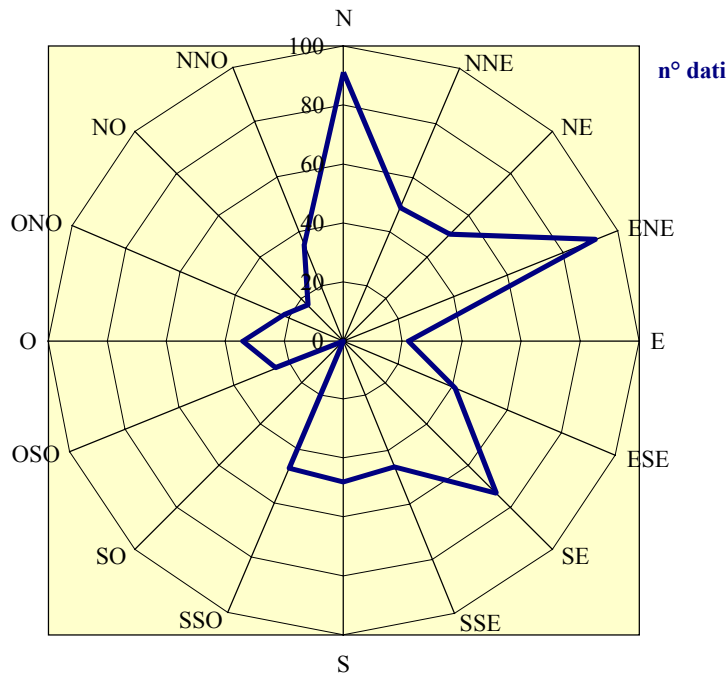
Tabella 11.3.5.3 : Concentrazioni giornaliere di Benzene, Toluene ed Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) rilevate nel Comune di Albano (Cecchina) e relative al periodo Ottobre/2005

Data	dati validi giornalieri IPA (ug/m ³)	dati validi giornalieri BENZENE (ug/m ³)	dati validi giornalieri TOLUENE (ug/m ³)	dati validi giornalieri rapporto IPA/BENZENE	dati validi giornalieri rapporto TOLUENE/ BENZENE
01/10/05	0,04621	2,07419	16,48071	2,23%	7,95
02/10/05	0,04034	1,65112	11,10045	2,44%	6,72
03/10/05	0,14662	2,66449	15,27215	5,50%	5,73
04/10/05	0,05038	1,95652	15,80384	2,58%	8,08
05/10/05	0,04113	2,08986	16,47658	1,97%	7,88
06/10/05	0,10179	2,95864	20,12115	3,44%	6,80
07/10/05	0,16684	3,65982	22,06307	4,56%	6,03
08/10/05	0,06672	2,28758	16,95633	2,92%	7,41
09/10/05	0,05828	2,42198	19,31814	2,41%	7,98
10/10/05	0,12039	3,57552	23,52909	3,37%	6,58
11/10/05	0,13692	3,89250	24,03022	3,52%	6,17
12/10/05	0,11649	3,63073	22,87561	3,21%	6,30
13/10/05	0,03748	2,19685	17,39387	1,71%	7,92
14/10/05	0,13439	3,88291	26,85494	3,46%	6,92
15/10/05	0,10302	3,49096	23,12946	2,95%	6,63
16/10/05	0,07038	3,00150	19,85237	2,34%	6,61
17/10/05	0,08208	3,06356	20,55941	2,68%	6,71
18/10/05	0,11017	3,48437	20,19795	3,16%	5,80
19/10/05	0,09049	2,76296	15,67722	3,27%	5,67
20/10/05	0,03861	1,92717	13,73742	2,00%	7,13
21/10/05	0,02927	1,63951	13,24295	1,79%	8,08
22/10/05	0,13016	3,47971	23,03547	3,74%	6,62
23/10/05	0,10706	3,50492	23,39544	3,05%	6,68
24/10/05	0,17235	4,37164	26,63084	3,94%	6,09
25/10/05	0,17331	4,30119	25,46657	4,03%	5,92
26/10/05	0,18044	4,92399	28,05548	3,66%	5,70
27/10/05	0,16912	4,48476	26,44602	3,77%	5,90
28/10/05	0,17987	3,88860	23,43861	4,63%	6,03
29/10/05	0,13187	4,28867	25,26600	3,07%	5,89
30/10/05	0,09425	3,25484	20,57926	2,90%	6,32

Nella **figura 11.3.5.13** il buon accordo tra gli andamenti degli IPA e del Benzene confermano che il traffico autoveicolare è la sorgente primaria di inquinamento.



La rosa dei venti relativa al periodo di rilevamento riportata nella **figura 11.3.5.13** mette in evidenza una netta prevalenza dei venti provenienti da N, ENE e SE.



E' da osservare, infine, che sia i livelli di inquinamento che le condizioni meteorologiche di Pavona e Cecchina sono confrontabili e che entrambe le aree sono interessate dalla medesima sorgente prevalente di inquinamento atmosferico determinata dal traffico autoveicolare.

11.3.6 Velletri

Nel Comune di Velletri sono state effettuate due campagne di monitoraggio, entrambe con l'unità mobile RM1; la prima dal 26 giugno 2005 al 18 luglio 2005 a Piazza Garibaldi in un'area centrale e sede del capolinea degli autobus ACOTRAL; la seconda dal 22 luglio al 28 agosto 2005 in un'arteria (Via Mattoccia) ad intenso traffico autoveicolare.

In entrambi i siti i valori di concentrazione di PM10 potrebbero essere sottostimati per vari motivi quali la metodologia di campionamento utilizzata, come già premesso, la natura del particolato prevalentemente di origine biogenica durante la stagione calda o il livello di umidità presente nell'atmosfera. In tali circostanze le misure sono poco significative per la verifica del rispetto del limite indicato dalla normativa., ma utili per il confronto con altri inquinati.

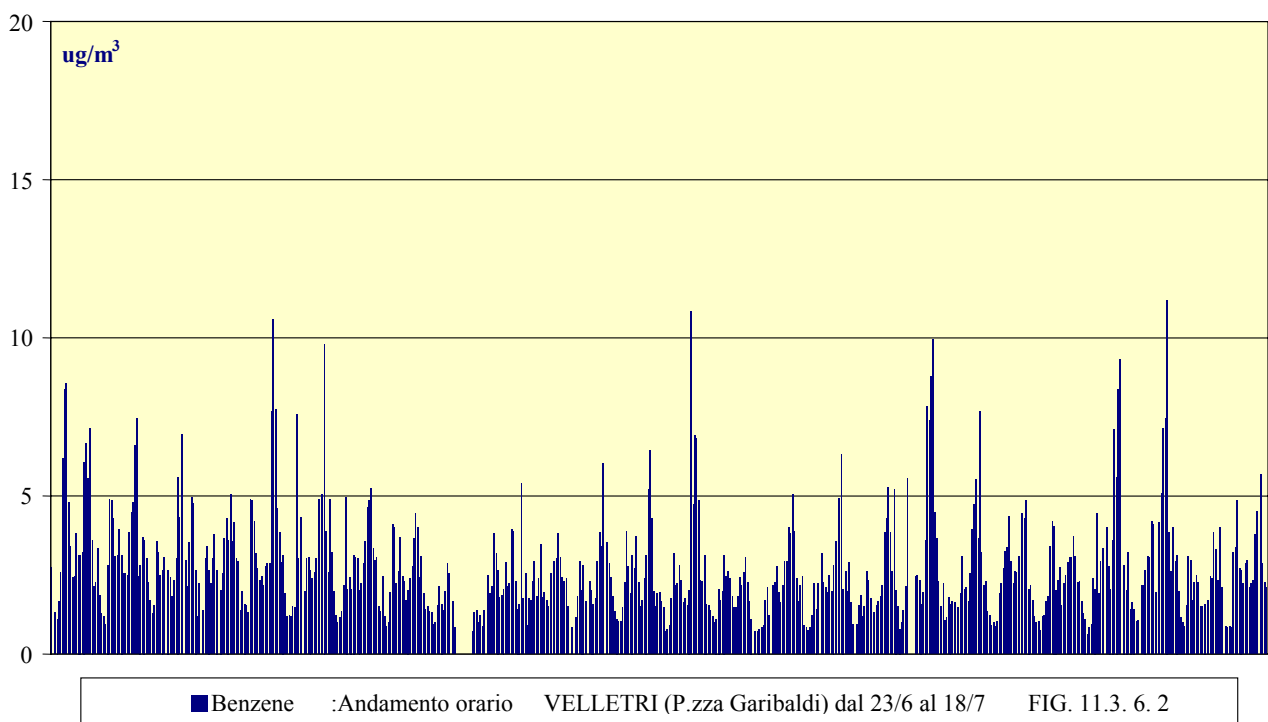
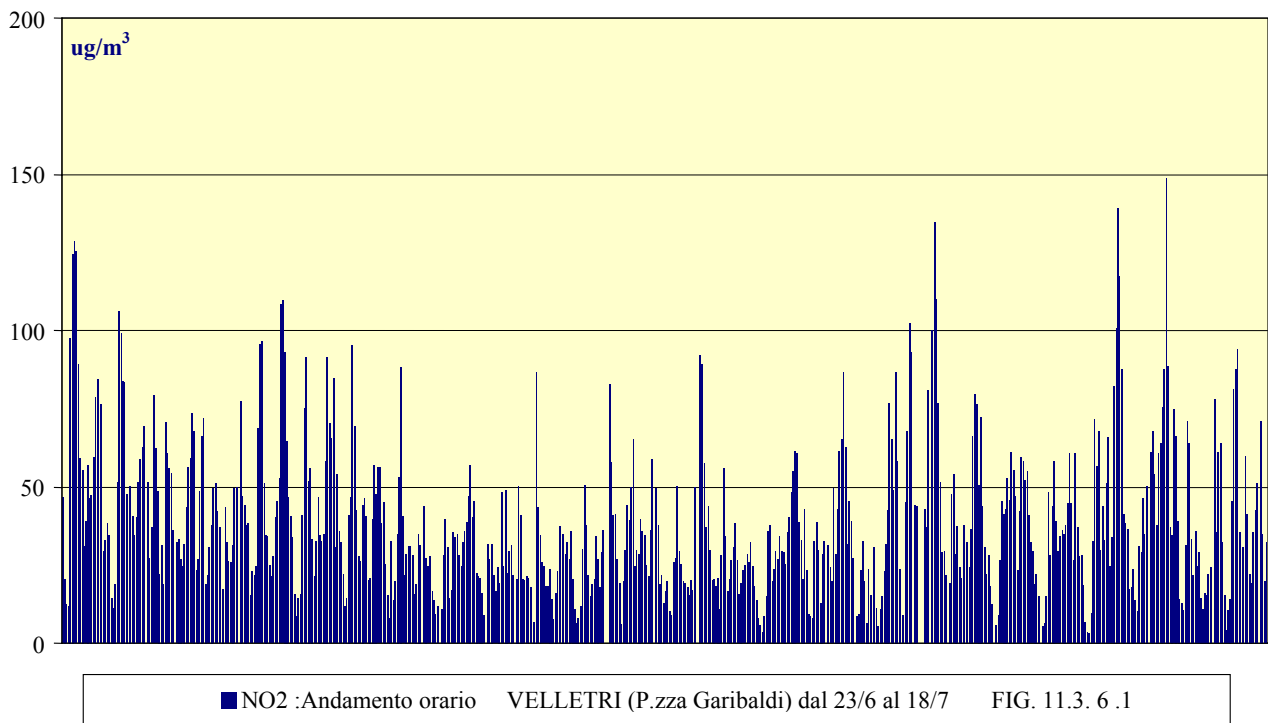
P.zza Garibaldi

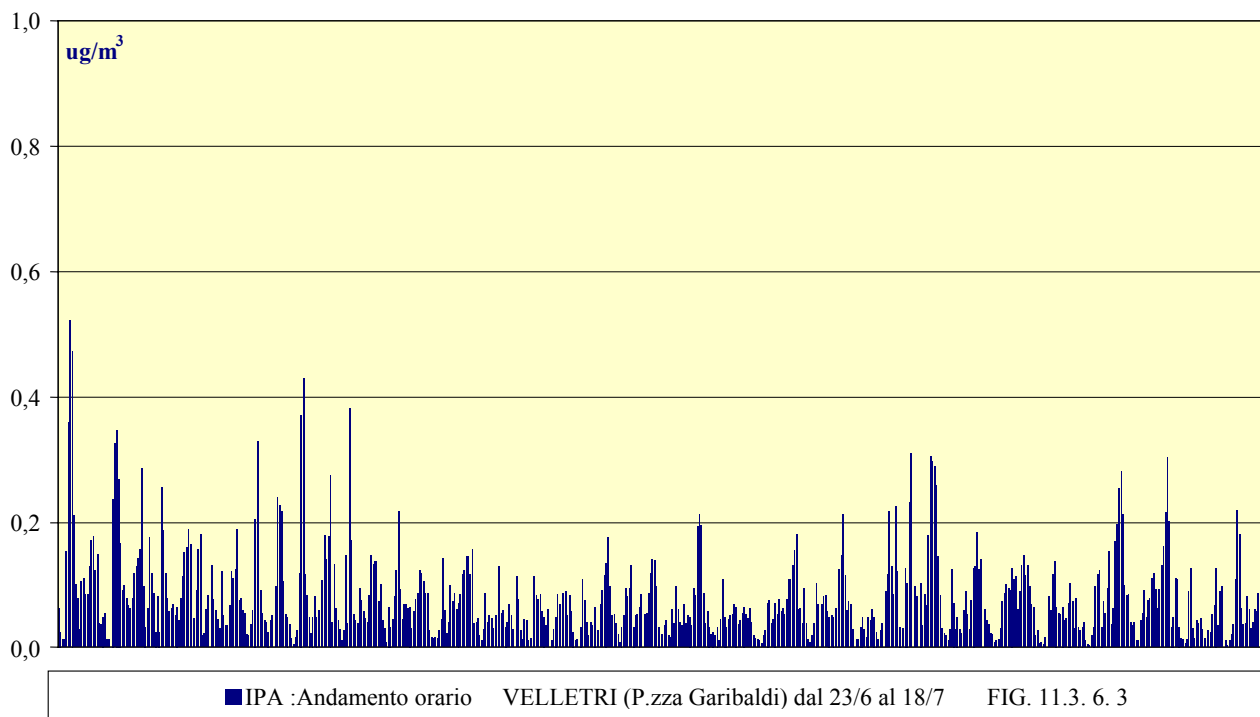
Nella **tabella 11.3.6.1** vengono riassunte le concentrazioni medie orarie di SO₂, NO₂ e Benzene e quelle giornaliere di PM10. I valori limite corrispondenti non sono mai stati superati; solo quelle del Benzene sono risultati superiori 49 volte rispetto al limite annuale, mentre per le polveri si ribadisce quanto precedentemente sottolineato.

Tabella 11.3.6.1: Dati riassuntivi di Velletri (P.zza Garibaldi) relativi al periodo Giugno-Luglio/2005

Inquinante	SO₂ (ug/m³)	NO₂ (ug/m³)	BENZENE (ug/m³)	(ug/m³)
Dati validi	619	617	612	312
valore massimo	11,59	148,52	11,22	31,30
valore medio	4,47	38,94	2,78	17,92
	0,00	3,40	0,65	8,07
Limite di Legge	350 (ora)	200 (ora)		50 (giorno)
n° Superamenti limite	0	0	49	0

Nelle **figure 11.3.6.1, 11.3.6.2, 11.3.6.3** vengono riportati gli andamenti giornalieri delle concentrazioni orarie di NO₂, Benzene e IPA. Anche in questo caso gli andamenti dei tre inquinanti mostrano un buon accordo e i livelli di concentrazione del Biossido di Azoto sono leggermente superiori rispetto a quelli riscontrati in altri siti.





Nella **tabella 11.3.6.2** vengono riportate le concentrazioni giornaliere di PM10, TC, EC ed OC; i rapporti OC/EC oscillano tra il 60% ed il 70%, e sono in accordo con quelli di altri siti, mentre i rapporti TC/PM10 sono mediamente maggiori, probabilmente per i valori di PM10 sottostimanti.

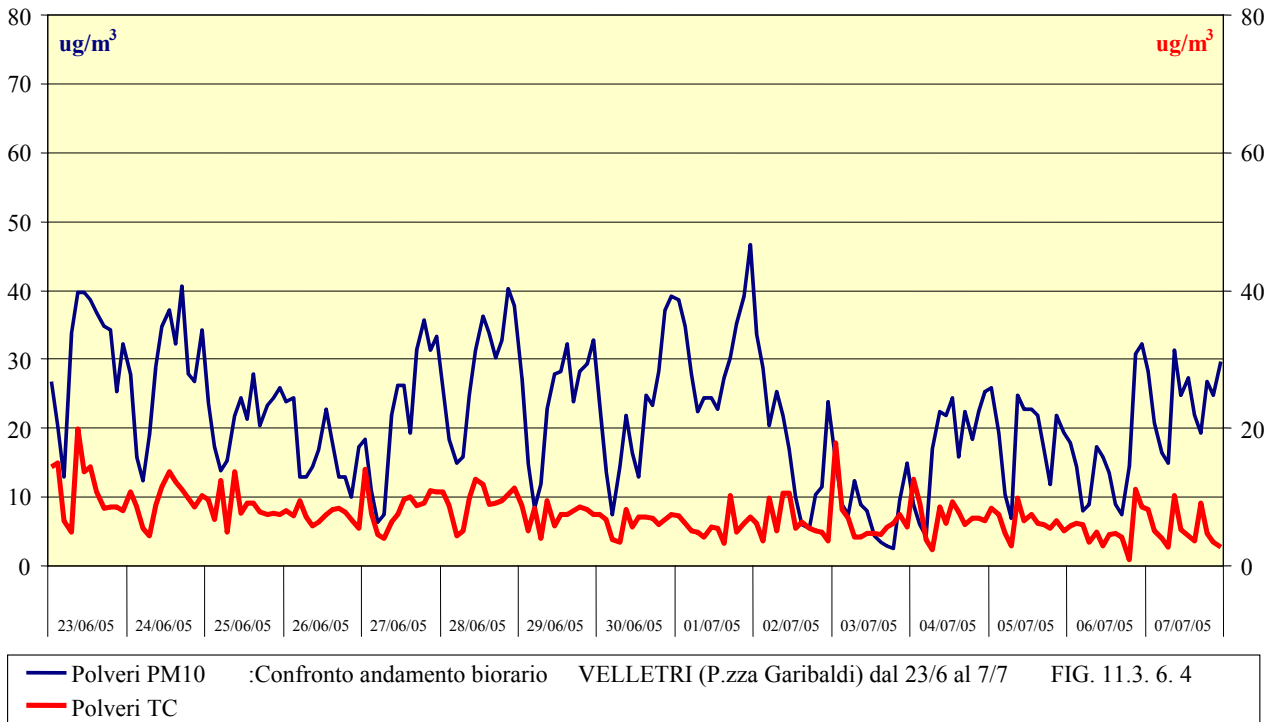
Tabella 11.3. 6. 2: Concentrazioni giornaliere del materiale carbonaceo e delle polveri fini (PM10) misurate nel Comune di Velletri (P.zza Garibaldi) relativi al periodo Giugno-Luglio/2005

Data	dati validi giornalieri OC (ug/m ³)	dati validi giornalieri EC (ug/m ³)	dati validi giornalieri TC (ug/m ³)	dati validi giornalieri PM10 (ug/m ³)	dati validi rapporto giornaliero OC/EC	dati validi rapporto giornaliero TC/PM10
23/06/05	4,26382	6,83887	11,10269	31,29994	62%	35%
24/06/05	3,83228	5,73542	9,56771	28,15339	67%	34%
25/06/05	3,39256	5,25415	8,64671	21,65327	65%	40%
26/06/05	3,06678	4,28924	7,35602	16,60222	71%	44%
27/06/05	3,45009	5,17905	8,62914	22,39850	67%	39%
28/06/05	3,73869	5,64206	9,38075	28,52601	66%	33%
29/06/05	2,97519	4,45455	7,42973	24,01318	67%	31%
30/06/05	2,62657	3,75105	6,37762	21,94308	70%	29%
01/07/05	2,46242	3,42974	5,89216	31,17574	72%	19%
02/07/05	2,51146	3,93637	6,44783	17,84428	64%	36%
03/07/05	2,78096	3,91852	6,69948	8,23901	71%	81%
04/07/05	3,21125	3,97478	7,18603	17,43026	81%	41%
05/07/05	2,66175	3,72817	6,38992	18,75512	71%	34%
06/07/05	2,22641	3,08072	5,30713	15,81558	72%	34%
07/07/05	2,20911	3,08155	5,29066	23,88897	72%	22%
08/07/05	1,86232	2,68401	4,54634	14,82193	69%	31%

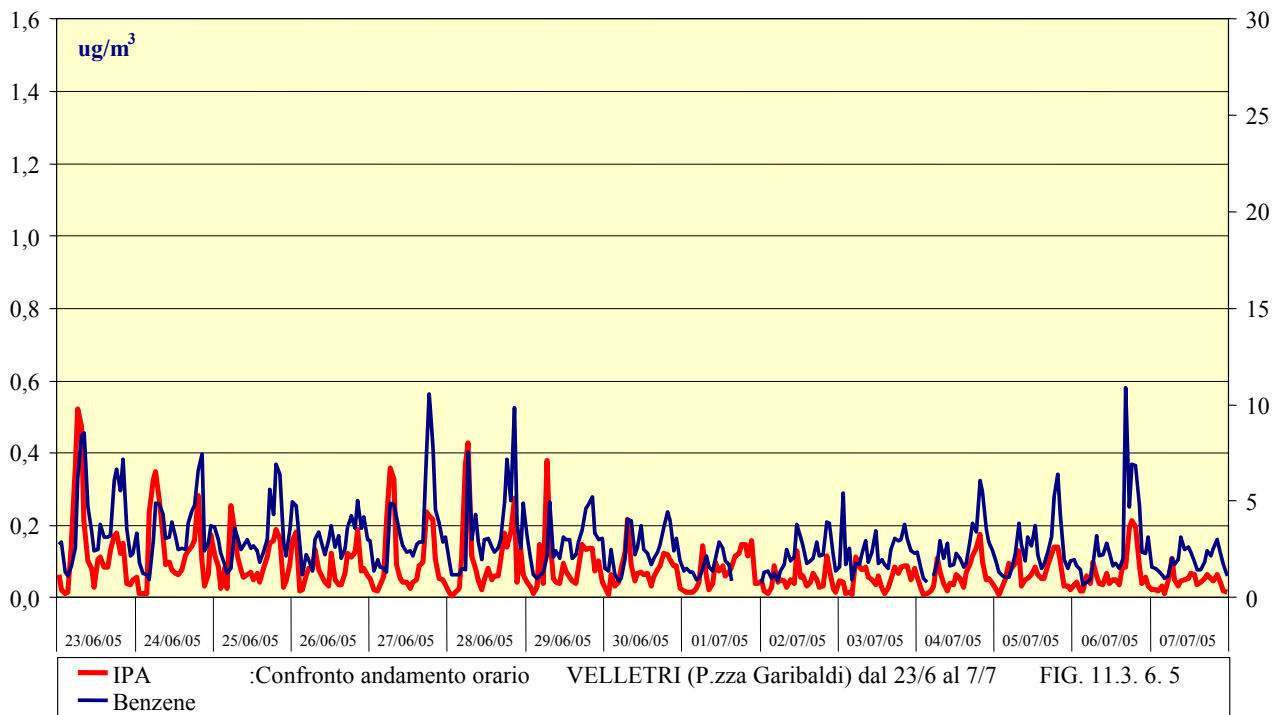
Nella **figura 11.3.6.4** sono riportati gli andamenti di PM10 e TC relativi a 15 giorni di misura; il non accordo tra gli andamenti della massa del particolato e della componente carboniosa testimonia l'anomalia dei rapporti TC/PM10 rilevati. Nella **tabella 11.3.6.3** vengono riportate le concentrazioni giornaliere di Benzene, Toluene ed IPA; i rapporti IPA/Benzene sono mediamente del 3% e quelli del rapporto Toluene/Benzene, mediamente del 5%, valori simili a quelli misurati nell'area di Cecchina (Albano); i valori leggermente superiori a quelli di altre aree urbane sono da attribuire molto probabilmente a una maggiore presenza di traffico diesel.

Tabella 11.3.6.3: Concentrazioni giornaliere di Benzene, Toluene ed Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) rilevate nel Comune di Velletri (P.zza Garibaldi) relativi al periodo Giugno-Luglio/2005

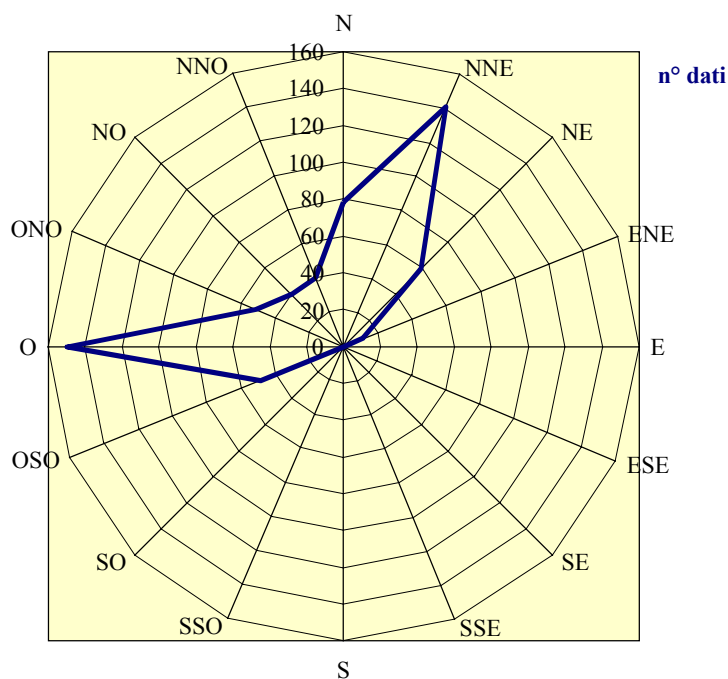
Data	dati validi giornalieri IPA ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	giornalieri BENZENE ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	dati validi giornalieri TOLUENE ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	dati validi giornalieri rapporto IPA/BENZENE	dati validi giornalieri rapporto TOLUENE/
23/06/05	0,13749	3,97751	19,82965	3,46%	4,99
24/06/05	0,12968	3,44632	17,73965	3,76%	5,15
25/06/05	0,09805	3,14054	16,48548	3,12%	5,25
26/06/05	0,08418	3,13264	16,94671	2,69%	5,41
27/06/05	0,10604	3,60878	18,98376	2,94%	5,26
28/06/05	0,11110	3,47636	18,69589	3,20%	5,38
29/06/05	0,08990	2,82034	17,00852	3,19%	6,03
30/06/05	0,07537	2,51487	14,64264	3,00%	5,82
01/07/05	0,07334	1,63028	10,35219	4,50%	6,35
02/07/05	0,04943	2,10655	12,35119	2,35%	5,86
03/07/05	0,05599	2,45021	13,38855	2,29%	5,46
04/07/05	0,06008	2,52499	13,68608	2,38%	5,42
05/07/05	0,06844	2,52542	13,63502	2,71%	5,40
06/07/05	0,07017	2,96191	18,24800	2,37%	6,16
07/07/05	0,04431	1,92543	11,83417	2,30%	6,15
08/07/05	0,06675	2,20000	11,98323	3,03%	5,45
09/07/05	0,07165	2,44103	12,73341	2,94%	5,22
10/07/05	0,06208	2,19475	11,66586	2,83%	5,32
11/07/05	0,13308	3,74490	17,12378	3,55%	4,57
12/07/05	0,06940	2,61319	12,89376	2,66%	4,93
13/07/05	0,07600	2,57758	12,24135	2,95%	4,75
14/07/05	0,05277	2,31189	12,38449	2,28%	5,36
15/07/05	0,09727	3,24081	17,50255	3,00%	5,40
16/07/05	0,09203	3,47396	17,55494	2,65%	5,05
17/07/05	0,04887	2,26042	14,19384	2,16%	6,28
18/07/05	0,06203	2,64225	16,06858	2,35%	6,08



Nella **figura 11.3.6.5** sono riportati gli andamenti giornalieri di Benzene e IPA che mostrano un buon accordo.



La rosa dei venti riportata in **figura 11.3.6.6** mostra che i venti durante la campagna di misura hanno spirato solo da due direzioni: O e dal settore NNE.



— Direzioni dei Venti :Prevalenze VELLETRI (P.zza Garibaldi) dal 23/6 al 18/7 FIG. 11.3. 6. 6

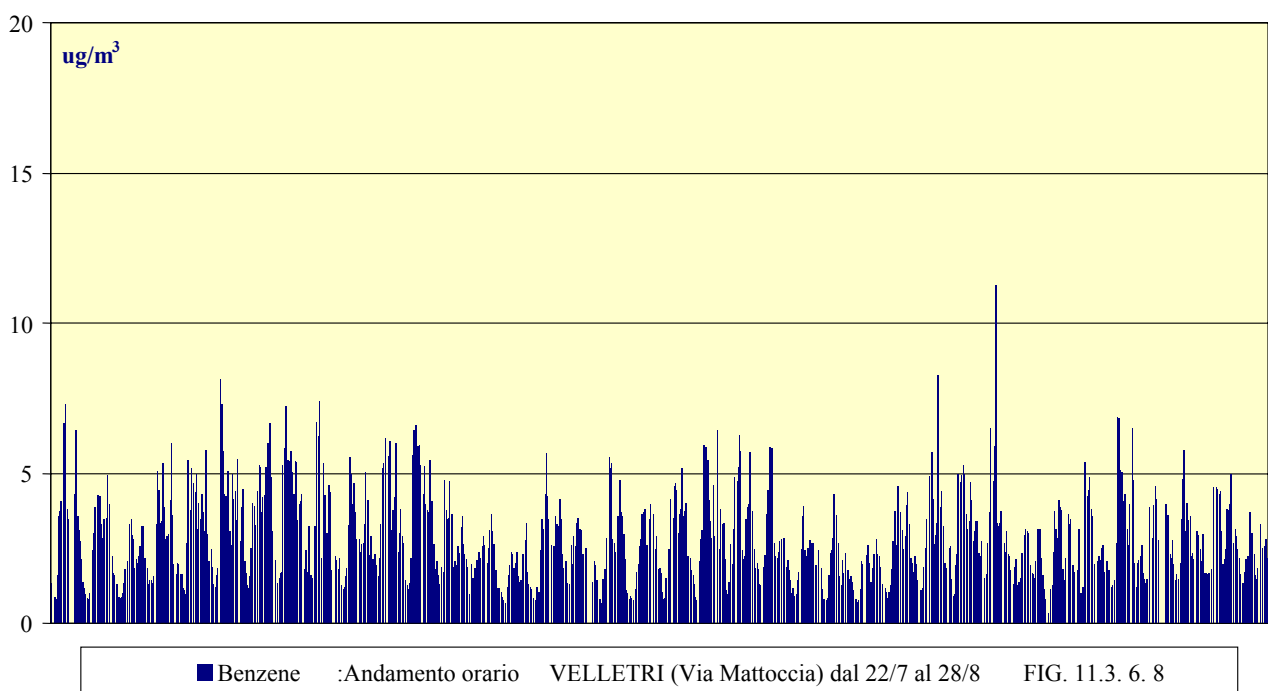
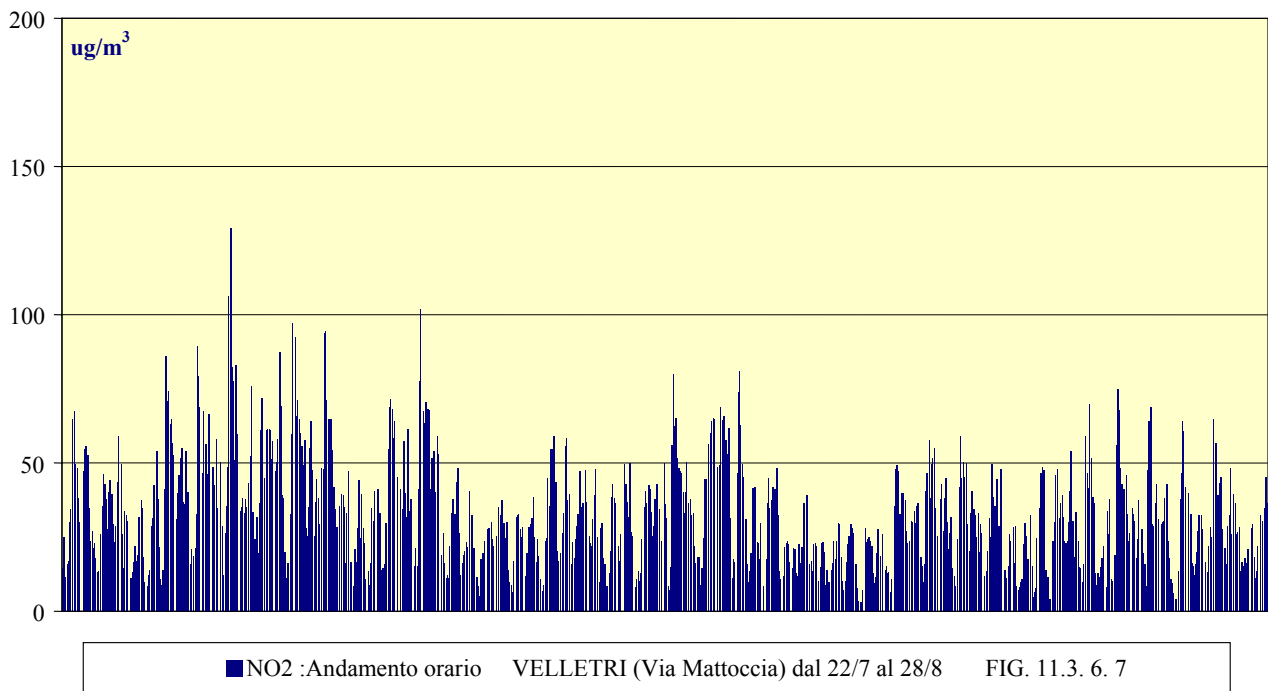
Via Mattoccia

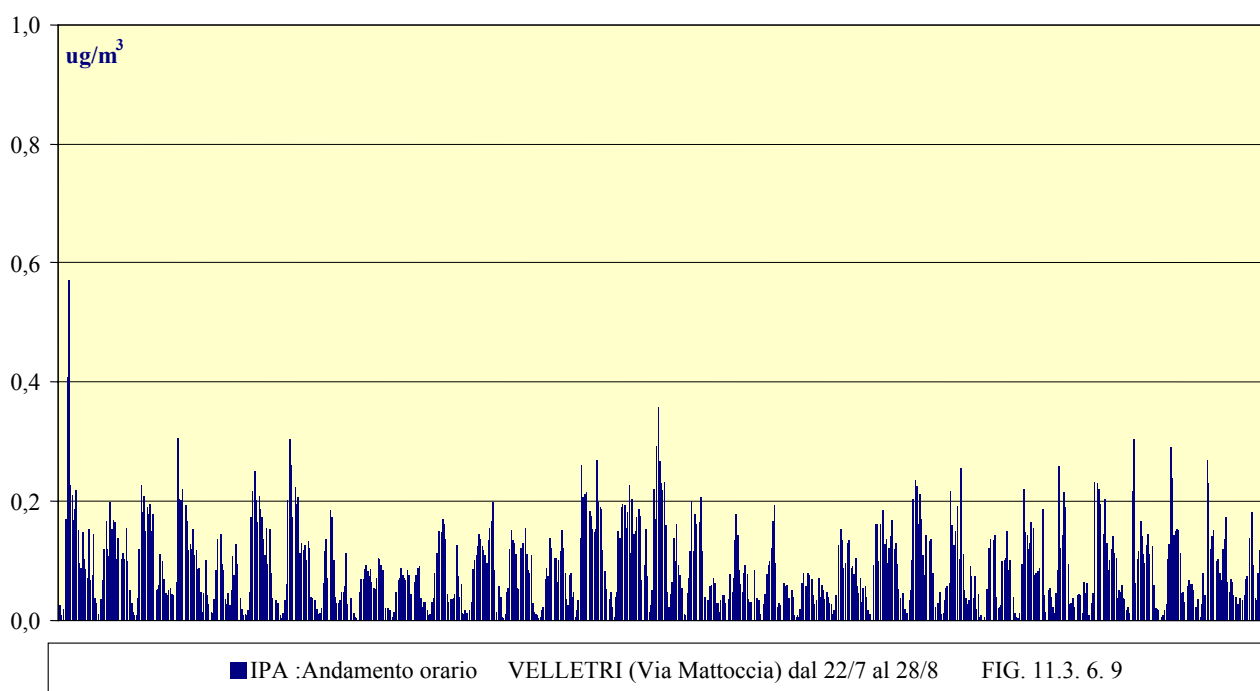
Nella **tabella 11.3.6.4** sono riportate le concentrazioni medie orarie di SO₂, NO₂ e Benzene e quelli giornalieri di PM10;

Tabella 11.3.6.4: Dati riassuntivi di Velletri (Via Mattoccia) relativi al periodo Luglio-Agosto/2005

Inquinante	SO ₂ (ug/m ³)	NO	BENZENE (ug/m ³)	PM10 (ug/m ³)
	904	902	900	442
	13,45	129,37	11,28	42,85
	6,98	32,79	2,83	21,46
	0,35	2,95	0,36	5,05
	350 (ora)	200 (ora)	5 (anno)	50 (giorno)
n° Superamenti limite	0	0	82	0

i valori di SO₂ ed NO₂ sono molto al di sotto dei rispettivi limiti e il valore medio di Benzene di 2,83 microgrammi per metro cubo non fa prevedere il superamento del limite annuale di 5 microgrammi per metro cubo anche se i valori massimi orari lo hanno superato 82 volte. I valori di PM10 sono piuttosto contenuti, come quelli di Piazza Garibaldi, e possono essere giustificati dagli stessi motivi. Nelle **figure 11.3.6.7, 11.3.6.8, 11.3.6.9** sono mostrati gli andamenti giornalieri delle concentrazioni di NO₂, Benzene ed IPA dell'intero periodo;





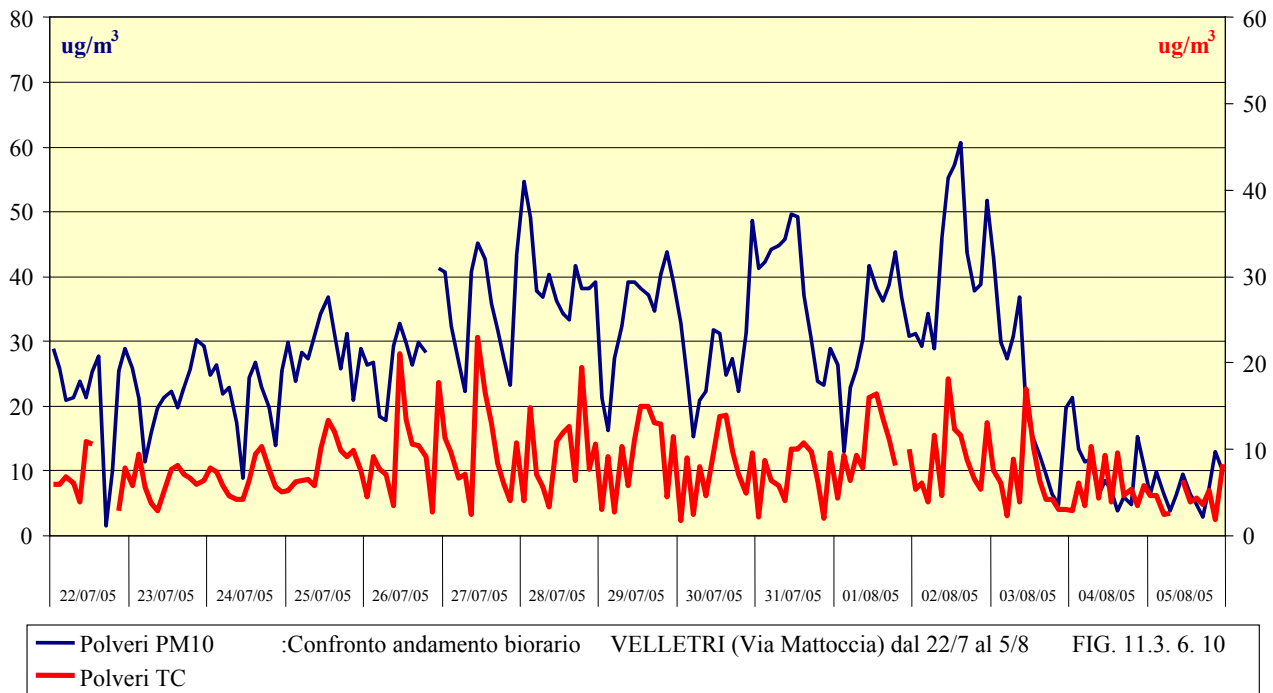
i tre inquinanti hanno gli stessi andamenti sia per le concentrazioni più elevate che per quelle minime e sono influenzati, più che dal flusso emissivo, dalle condizioni meteorologiche.

Nella **Tabella 11.3. 6. 5** sono indicate le concentrazioni medie giornaliere di PM10, TC, OC ed EC;

Tabella 11.3. 6. 5: Concentrazioni giornaliere del materiale carbonaceo e delle polveri fini (PM10) misurate nel Comune di Velletri (Via Mattoccia) relativi al periodo Luglio-Agosto/2005

Data	dati validi giornalieri OC (ug/m ³)	dati validi giornalieri EC (ug/m ³)	dati validi giornalieri TC (ug/m ³)	dati validi giornalieri PM10 (ug/m ³)	dati validi rapporto giornaliero OC/EC	dati validi rapporto giornaliero TC/PM10
22/07/05	2,76869	4,01458	6,78328	21,73607	69%	31%
23/07/05	2,33680	3,91868	6,25548	22,19150	60%	28%
24/07/05	2,77473	3,78444	6,55917	21,28065	73%	31%
25/07/05	3,46851	5,07353	8,54204	29,10563	68%	29%
26/07/05	3,97711	6,11897	9,76466	27,91250	65%	35%
27/07/05	3,65490	6,29557	9,95047	34,36370	58%	29%
28/07/05	3,66361	5,90916	9,57277	39,99438	62%	24%
29/07/05	3,55219	5,97773	9,52991	34,11528	59%	28%
30/07/05	3,02176	4,90168	7,92344	27,78077	62%	29%
31/07/05	2,89430	4,26485	7,15915	38,37970	68%	19%
01/08/05	4,04697	6,20811	10,25508	32,04518	65%	32%
02/08/05	3,39803	5,61130	9,00933	42,85111	61%	21%
03/08/05	2,53425	3,89421	6,42845	21,32205	65%	30%
10/08/05	3,01812	5,20947	8,22760	24,26159	58%	34%
11/08/05	3,89448	5,86020	9,75468	34,28089	66%	28%
12/08/05	2,73900	4,82844	7,56744	34,73631	57%	22%
13/08/05	2,76576	3,94364	6,70940	32,29359	70%	21%
14/08/05	2,83819	4,19666	7,03485	17,09904	68%	41%
15/08/05	2,70471	4,02162	6,72633	15,07034	67%	45%

i rapporti OC/EC variano dal 60% al 70% e quelli di TC/PM10 variano dal 20% al 35% con un valore medio del 27%. Nella **figura 11.3.6.10** è mostrato un confronto degli andamenti delle concentrazioni biorarie di PM10 e TC relativi al periodo 22/07- 03/08/05.

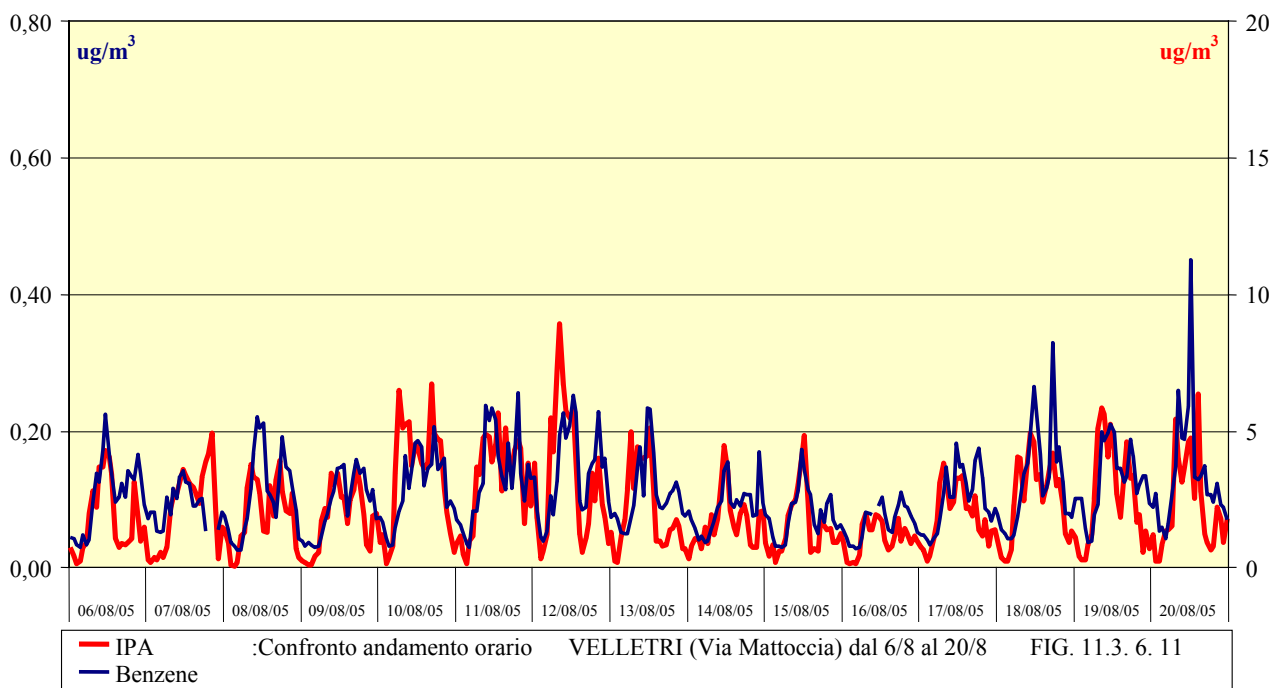


I due andamenti sono in buon accordo, ma in alcuni giorni i valori assoluti dei due inquinanti si differenziano a favore delle polveri sottili e molto probabilmente per un contributo particellare non attribuibile al traffico autoveicolare. Le concentrazioni medie giornaliere di Benzene, Toluene ed IPA ed i valori dei rapporti Toluene/Benzene ed IPA/Benzene, riportati in **tabella 11.3.6.6** , confermano un significativo contenuto della frazione carboniosa nelle polveri sottili.

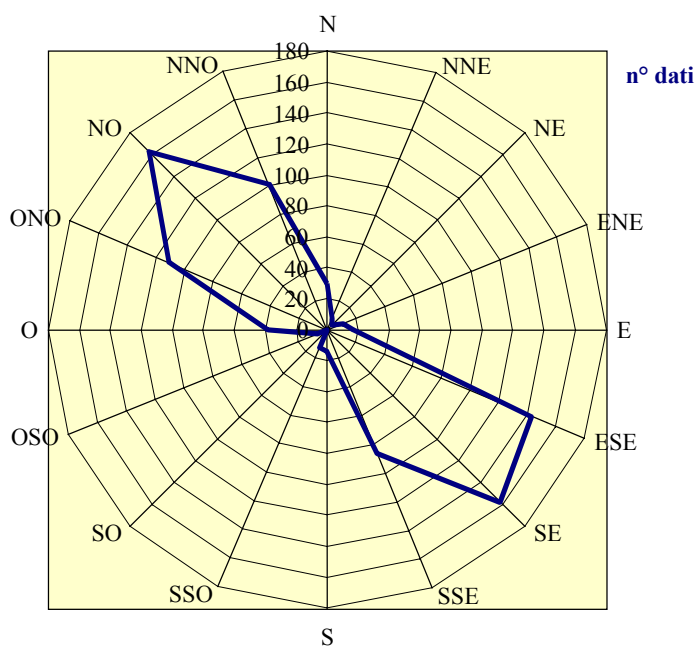
Tabella 11.3.6.6: Concentrazioni giornaliere di Benzene, Toluene ed Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) rilevate nel Comune Velletri (Via Mattoccia) relative al periodo Luglio-Agosto/2005

Data	dati validi giornalieri IPA (ug/m ³)	dati validi giornalieri BENZENE (ug/m ³)	dati validi giornalieri TOLUENE (ug/m ³)	dati validi giornalieri rapporto IPA/BENZENE	dati validi giornalieri rapporto TOLUENE/BENZENE
01/08/05	0,10666	3,72968	21,99306	2,86%	5,90
02/08/05	0,11840	3,76065	22,42590	3,15%	5,96
03/08/05	0,06527	2,59157	16,68060	2,52%	6,44
04/08/05	0,05674	2,12735	13,13248	2,67%	6,17
05/08/05	0,05099	1,66661	10,08466	3,06%	6,05
06/08/05	0,07096	2,68041	15,30019	2,65%	5,71
07/08/05	0,08643	2,26089	13,77531	3,82%	6,09
08/08/05	0,07795	2,67978	26,61135	2,91%	9,93
09/08/05	0,07292	2,32022	14,18852	3,14%	6,12
10/08/05	0,13525	2,93459	16,89438	4,61%	5,76
11/08/05	0,12844	3,34793	18,08170	3,84%	5,40
12/08/05	0,13497	3,47001	20,69984	3,89%	5,97
13/08/05	0,08544	2,71662	16,87349	3,14%	6,21
14/08/05	0,06701	2,19569	13,98796	3,05%	6,37
15/08/05	0,06168	1,97212	11,77145	3,13%	5,97
16/08/05	0,04400	1,67616	9,42898	2,63%	5,63
17/08/05	0,07764	2,51401	13,12086	3,09%	5,22
18/08/05	0,10157	3,15327	15,61743	3,22%	4,95
19/08/05	0,10444	3,23954	17,55882	3,22%	5,42
20/08/05	0,09116	3,37417	18,25103	2,70%	5,41
21/08/05	0,06527	2,13710	12,86899	3,05%	6,02
22/08/05	0,08654	2,22283	11,86069	3,89%	5,34
23/08/05	0,07583	2,62940	15,24002	2,88%	5,80
24/08/05	0,11834	3,26820	17,78663	3,62%	5,44
25/08/05	0,09479	2,92743	16,57349	3,24%	5,66
26/08/05	0,08345	2,76541	15,93259	3,02%	5,76
27/08/05	0,10447	3,11253	18,40414	3,36%	5,91
28/08/05	0,07656	2,26367	14,82307	3,38%	6,55

Infatti i valori di Toluene/Benzene variano dal 5% al 6% e quelli IPA/Benzene intorno al 3%, entrambi più elevati rispetto a quelli misurati normalmente nelle aree urbane per le concentrazioni più basse di Benzene emesse dagli automezzi diesel. Infatti gli andamenti di Benzene ed IPA riportati nella **figura 11.3.6.11** che sono in buon accordo, mostrano valori di IPA superiori al Benzene specialmente nelle ore di punta del traffico. La formazione degli IPA, infatti, è favorita dalle emissioni prodotte dalla combustione del gasolio che viene bruciato in condizioni meno ossidanti.

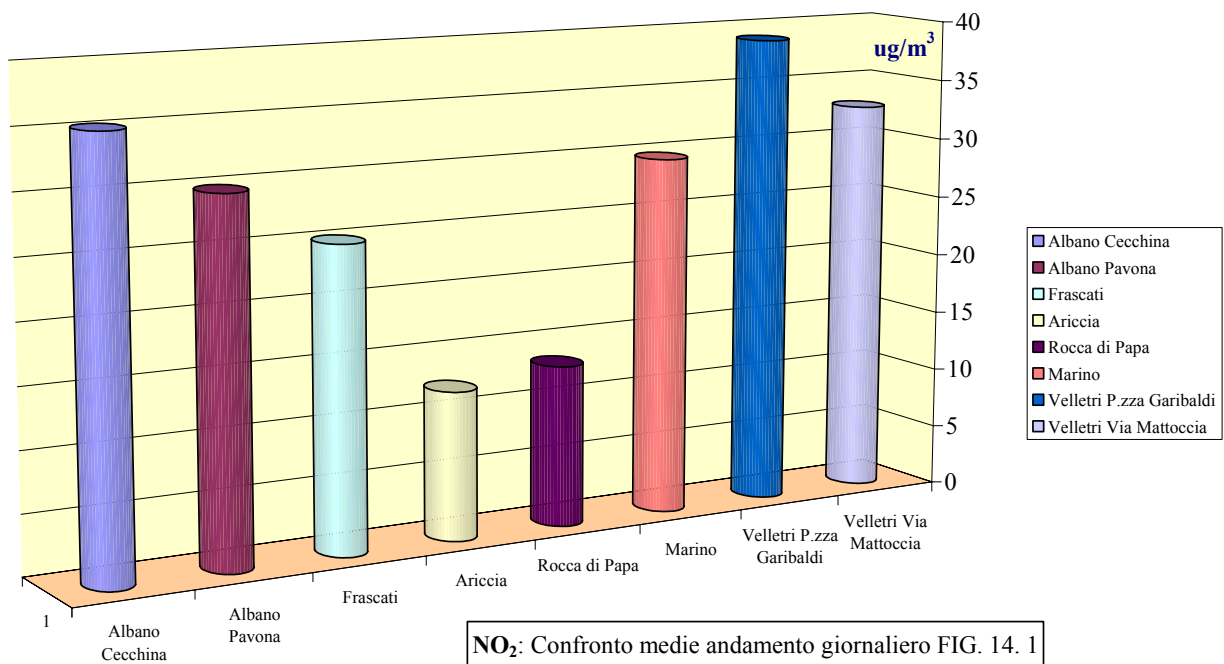


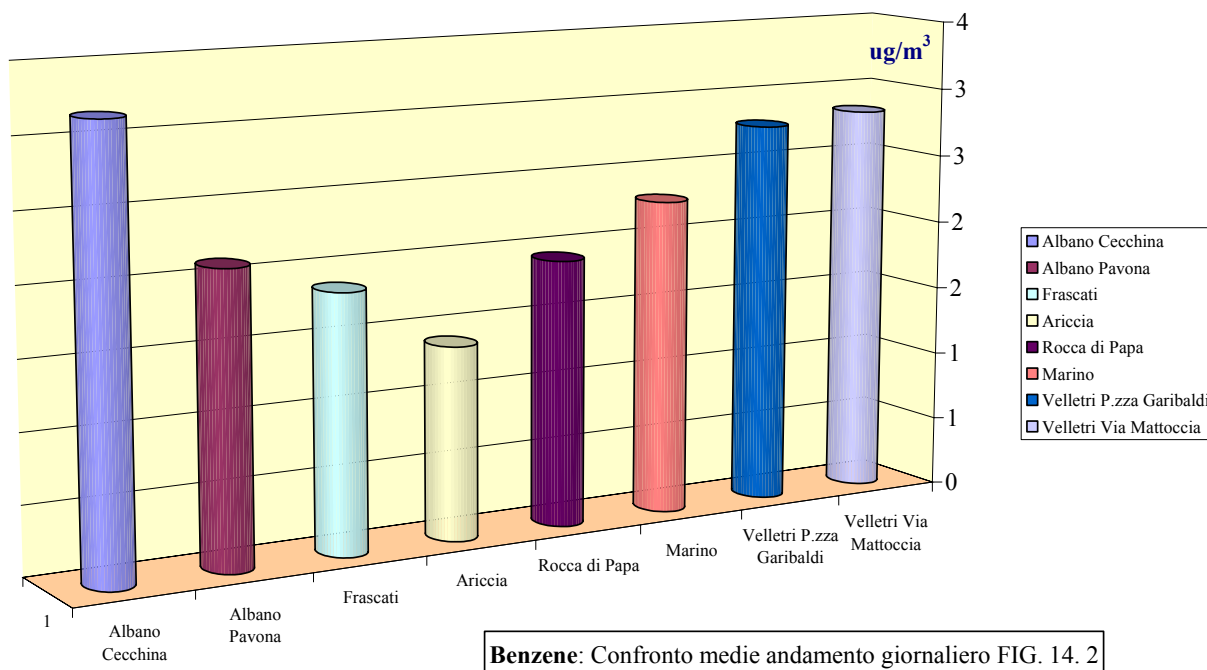
La rosa dei venti riportata in **figura 11.3.6.12** mostra che i venti durante la campagna di misura hanno spirato solo da due direzioni: da NO e dal settore SE-ESE.



14. Conclusioni

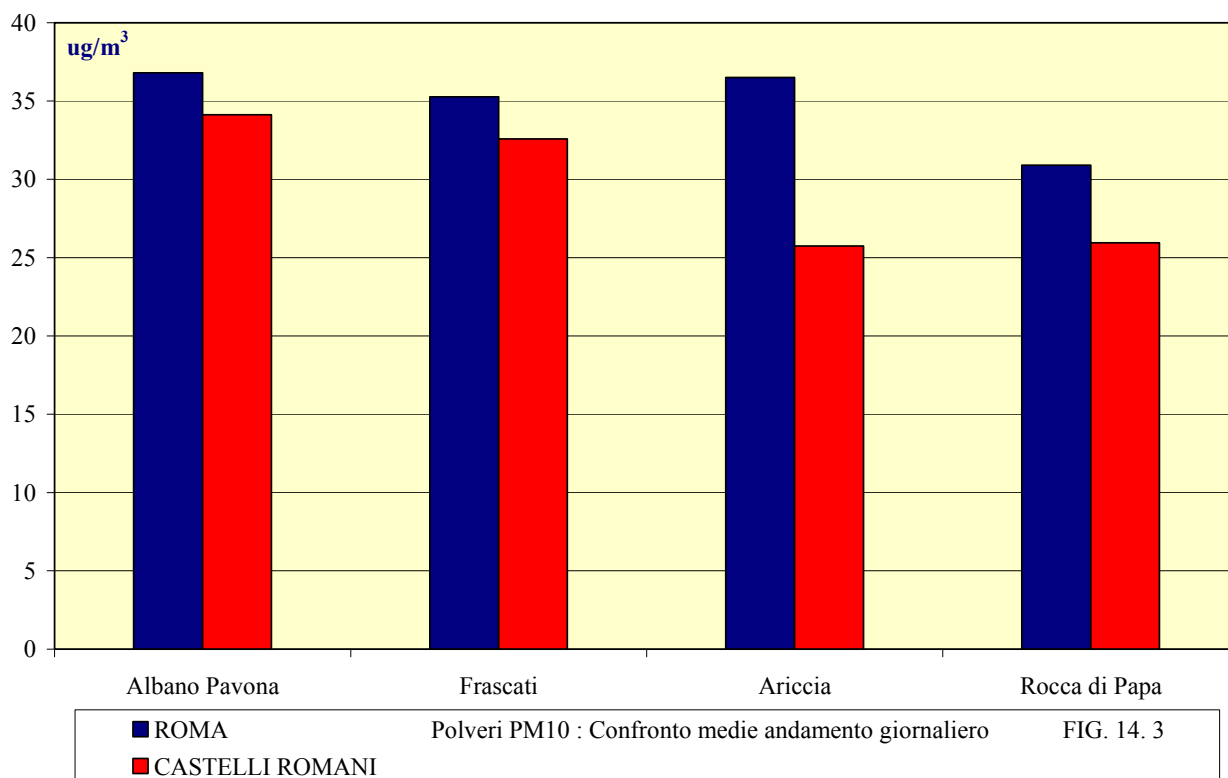
Dai risultati ottenuti da questa indagine si possono trarre delle conclusioni sulla situazione complessiva del comprensorio del Parco dei Castelli Romani. Nelle **figure 14.1** e **14.2** vengono riportate le medie delle concentrazioni di NO_2 e Benzene relative ai periodi di campionamento effettuate nei cinque comuni; i livelli più elevati dei due inquinanti sono stati rilevati ad Albano e Velletri e quelli più contenuti ad Ariccia e Rocca di Papa.





I dati di Frascati e Marino risentono del fatto che essi sono rappresentativi dell'inquinamento misurato nei centri storici sottoposti a traffico limitato. I livelli di concentrazione giornaliera di NO₂ sono molto al di sotto del valore limite e, per la sua formazione di origine secondaria, presentano una distribuzione spaziale piuttosto omogenea, mentre il Benzene, pur non superando il valore limite annuale, presenta in quasi tutti i comuni frequenti concentrazioni massime orarie maggiori di 5 µg/m³. Il comportamento del Benzene, essendo in buon accordo con quelli del Monossido di Carbonio e degli I.P.A., indica che la sua sorgente emissiva principale è il traffico autoveicolare, così come avviene per l'Ossido di Azoto che viene rapidamente trasformato a Biossido di Azoto nell'atmosfera.

Nella **figura 14.3** sono mostrate le medie delle concentrazioni giornaliere di PM₁₀ relative ai periodi di campionamento effettuati nei comuni di Ariccia, Frascati, Rocca di Papa ed Albano e quelle della città di Roma ottenute mediando i dati giornalieri di 5 stazioni fisse (Arenula, Perestrello, Fermi, Cinecittà e Villa Ada) della rete di monitoraggio relativi agli stessi periodi.



I dati di Roma sono prossimi al valore limite annuale di 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e sono un'estrapolazione dei dati rappresentativi delle diverse situazioni ambientali della città: centro storico, zona ad elevato traffico, quartiere residenziale, periferia e parco.

Gli istogrammi della figura evidenziano che i livelli di concentrazione di PM10 di Albano e Frascati sono inferiori a quelli di Roma del 7,5% e quelli di Ariccia e Rocca di Papa rispettivamente del 24% e del 16%.

Questo confronto fornisce utili indicazioni sulla distribuzione ubiquitaria delle polveri sottili nel territorio provinciale. Le polveri sottili sono un inquinante molto complesso per la loro origine naturale ed antropogenica. Il particolato generato dalle attività dell'uomo è costituito da una componente carboniosa emessa direttamente dal traffico autoveicolare e più in generale dai processi di combustione, mentre quello da sorgenti naturali dall'erosione delle rocce, dal trasporto, dalla vegetazione, ecc..

Di conseguenza, lo scarto medio tra i livelli di PM10 di Frascati ed Albano e quelli di Roma è solo in parte correlabile alla differenza di intensità di traffico delle due aree, mentre le concentrazioni piuttosto elevate di Ariccia e Rocca di Papa evidenziano un consistente fondo di particolato di origine naturale. Infatti l'abbondante vegetazione presente nel territorio dei due comuni può apportare un contributo di particolato biogenico specialmente nelle stagioni più calde.

Le polveri sottili (PM10) ed il Benzene sono i parametri ambientali più critici ed indicano che il traffico autoveicolare urbano ed extracomunale è la sorgente principale dell'inquinamento atmosferico del Parco.

Inoltre la presenza di una consistente componente carboniosa nel particolato fine e di una non trascurabile quantità di I.P.A. nell'atmosfera rafforza la necessità di interventi e misure nel settore della mobilità. La mobilità sia pubblica che privata negli ultimi decenni, a causa dell'evoluzione del sistema sociale e produttivo, ha subito un notevole incremento. Da un'analisi della mobilità dell'area romana si evince che il numero di spostamenti giornalieri pendolari nell'area dei 15 comuni del Parco è notevolmente maggiore rispetto agli altri bacini del territorio.

Le amministrazioni comunali devono tenere costantemente sotto controllo questo fenomeno, specialmente in quelle aree a maggiore densità abitativa e prevedere fin da ora azioni ed interventi nei programmi di pianificazione e coordinamento del territorio. Il Parco dei Castelli Romani è un'area protetta ad elevata fruizione da parte dei cittadini sia residenti sia provenienti dal resto della provincia ed in particolare dalla città di Roma per cui dovrebbe essere garantita la sostenibilità ambientale; dalle caratteristiche generali del territorio in funzione delle dinamiche demografiche ed economiche si assiste ad un processo di espansione e di sviluppo che determina un aumento di attività antropiche le quali possono determinare un impatto negativo sull'ambiente.

A conferma di ciò si evidenzia un decremento della superficie boschiva riguardante tutti i comuni il che ha portato l'area dei Castelli ad una percentuale di superficie boschiva inferiore alla media provinciale e che tendenzialmente si avvicina alla media della città di Roma.

Un'eccessiva urbanizzazione nelle zone contigue ha creato un impatto negativo sulle acque dei laghi di Albano e Nemi che soffrono di uno stato di eutrofia e di una preoccupante riduzione del loro volume idrico.

L'inquinamento del lago di Albano è una conseguenza degli scarichi civili e quello del lago di Nemi è attribuibile alle limitrofe attività agricole. L'abbassamento generalizzato delle acque dei due laghi è conseguenza dello sfruttamento delle acque della falda dell'intero bacino.

E' da mettere in evidenza che i risultati di questa indagine, per il Benzene ed il PM10, confermano la classificazione nella Classe C dei comuni del Parco, stimata mediante un modello matematico, corrispondente ad una criticità ambientale prossima ai valori limiti della normativa.

Per quanto riguarda l'inquinamento elettromagnetico, i valori di campo misurati a Rocca di Papa, sono risultati inferiori agli obiettivi di qualità indicati dalla normativa vigente.

Tuttavia, occorre considerare non solo la compatibilità elettromagnetica degli impianti posti su Monte Cavo, ma anche l'aspetto paesaggistico ed i problemi archeologici determinati dalla presenza delle numerose antenne di trasmissione Radio e TV che, sono state installate nel corso degli anni sull'antico Mons Albanus dei romani.

A cura di:

Dipartimento IV "Servizi di Tutela Ambientale"
Servizio n. 3 "Tutela Aria ed Energia"

Via Tiburtina, 691 – 00159 – ROMA

Tel. 06 67663126/

Fax 06 67663391

Email: tutelaaria@provincia.roma.it

Dirigente: dott. arch. Salvatore Nicoletti

Funzionario Coordinatore: dott.ssa Patrizia Prignani

Tecnici di laboratorio: Vittorio Leonardi - Marco Maso

Consulente : dott. Domenico Brocco