

Cliente ENEL SpA**Oggetto** Centrale Enel di Genova: valutazione del contributo all'inquinamento aerodisperso.**Ordine** AQ 6000010956 – Attingimento n° 4000118051 del 12-06-2006 (L40553X)**Note** Rev. 0

PUBBLICATO A7007646 (PAD - 924897)

La parziale riproduzione di questo documento è permessa solo con l'autorizzazione scritta del CESI.

N. pagine 50 **N. pagine fuori testo** -**Data** 04/05/2007**Elaborato** Sonlieti Walter (CESI ATM), Pertot Cesare (CESI ATM), Maspero Mario (CESI ATM)
A7007646 3753 AUT A7007646 3840 AUT A7007646 3270 AUT**Verificato** Carboni Gabriele (CESI ATM)
A7007646 3709 VER**Approvato** Fiore Antonio (CESI AMB)
A7007646 3743 APP

Mod. RAPP v. 01

Indice

1	PREMESSA	3
2	SCHEMA DEL PROGETTO.....	4
3	PIANO DELL'INDAGINE	5
3.1	Le postazioni di misura	5
3.2	Le misure effettuate.....	6
3.3	Individuazione delle condizioni meteorologiche di interesse: i tipi di tempo	9
3.4	Disponibilità dei dati e documentazione	11
4	LE SORGENTI DI EMISSIONE DEGLI INQUINANTI ATMOSFERICI	13
4.1	Inventario regionale delle emissioni.....	13
4.2	Le condizioni emissive nel periodo di indagine	15
4.2.1	La centrale Enel di Genova	15
4.2.2	Il traffico veicolare	16
4.2.3	Il porto di Genova.....	16
4.2.4	Il riscaldamento domestico.....	18
5	RISULTATI DELLA CAMPAGNA D'INDAGINE: ANALISI FENOMENOLOGICA	19
5.1	Qualità dell'aria: particolato aerodisperso fine	19
5.2	Qualità dell'aria: inquinanti gassosi	22
5.3	Correlazione tra immissioni ed emissioni	27
5.4	Microinquinanti atmosferici: metalli pesanti nel particolato.....	29
5.5	Microinquinanti atmosferici: IPA, Diossine e n-paraffine nel particolato	31
6	VALUTAZIONE DELL'APPORZIONAMENTO DEI DIVERSI CONTRIBUTI MEDIANTE L'APPLICAZIONE DEL CMB8.....	36
6.1	Prima valutazione CMB8	36
6.2	Le problematiche del PM secondario	37
6.3	Il contributo dei comparti elettrico e del traffico sulle concentrazioni di PM ₁₀	37
6.4	Valutazioni definitive delle attribuzioni del CMB8 ai diversi settori	40
7	CONCLUSIONI	43
	APPENDICE 1 - IL PARTICOLATO SECONDARIO	44
	RIFERIMENTI CITATI NEL TESTO.....	49

STORIA DELLE REVISIONI

Numero revisione	Data	Protocollo	Lista delle modifiche e/o dei paragrafi modificati
0	04/05/2007	A7007646	Prima emissione

1 PREMESSA

Allo scopo di valutare il contributo della centrale termoelettrica di Genova all'inquinamento urbano, con particolare riferimento alle polveri sospese ritenute particolarmente critiche, l'Amministrazione Comunale ed Enel SpA hanno concordato l'opportunità di effettuare uno studio di approfondimento e misure sperimentali di inquinanti gassosi e particolato in diverse postazioni.

Tale studio, la cui proposta operativa è contenuta nel documento Cesi A5058421¹, è stato condiviso e avviato all'esecuzione nei primi mesi del 2006 conferendo a CESI l'incarico dell'esecuzione delle misure sperimentali e dell'applicazione della modellistica di recettore e al Dipartimento di Fisica dell'Università di Genova (DIFI) la supervisione dell'attività di CESI e la fornitura delle previsioni meteorologiche in automatico.

Nel presente rapporto si presentano i risultati delle fasi sperimentali e modellistica previste rimandando ai diversi rapporti di settore, redatti nel corso dell'indagine, gli aspetti specifici più strettamente legati ad ogni argomento.

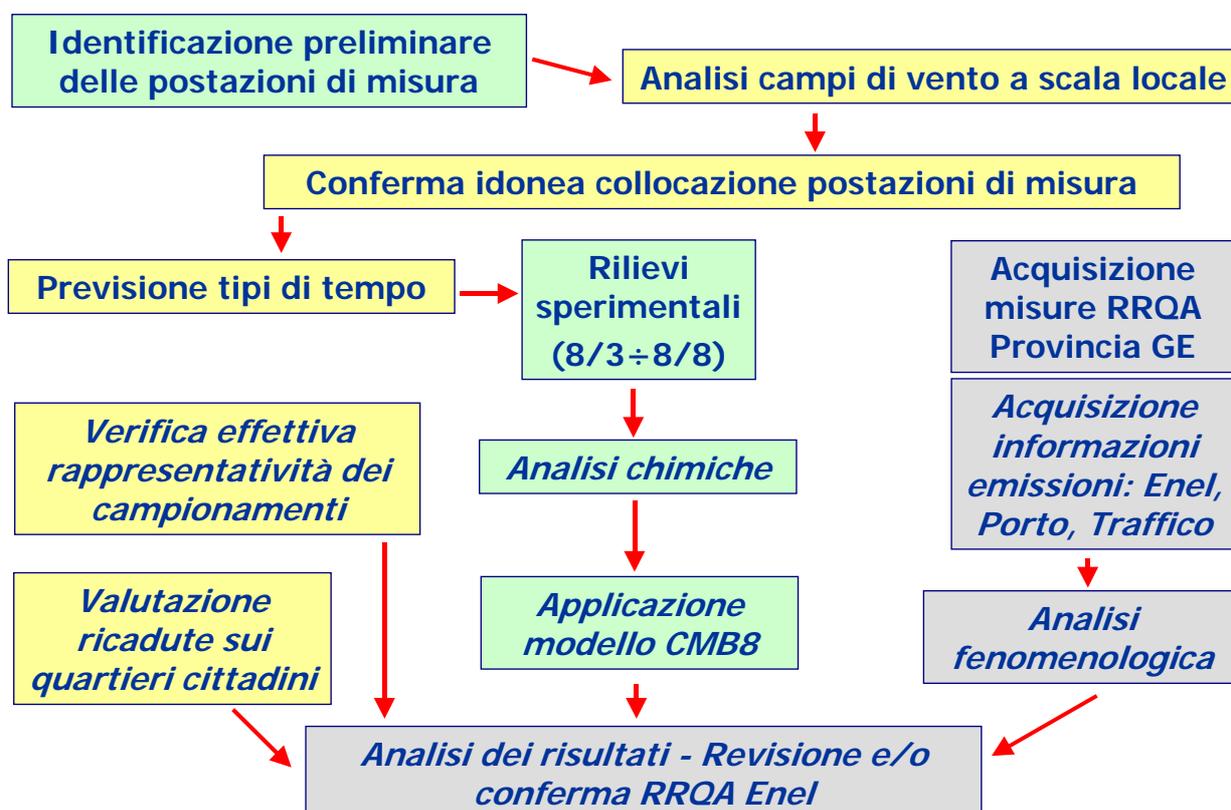
2 SCHEMA DEL PROGETTO

Per consentire il raggiungimento degli obiettivi prefissati, si è proceduto secondo le seguenti linee principali di attività:

- Analisi fenomenologica dell'inquinamento misurato in ambito urbano, allo scopo di valutare qualitativamente l'incidenza della centrale ed individuare le condizioni meteorologiche particolarmente critiche.
- Esecuzione di una attività sperimentale specifica in postazioni definite ad hoc in aree di ricaduta del pennacchio della centrale.
- Applicazione della modellistica di recettore mediante il modello CMB8. Tale modello consente di attribuire a ciascuna sorgente considerata sul territorio ed in particolare alla centrale Enel il relativo contributo all'inquinamento di polveri misurato in ambiente,.

E' prevista inoltre la revisione e/o conferma della collocazione delle postazioni della rete di misura della qualità dell'aria gestita da Enel.

Le attività si sono svolte secondo lo schema seguente:



Tale programma, concordato con il Comune di Genova negli incontri preliminari è stato sviluppato nel corso del 2006 con la scelta delle postazioni di misura, l'esecuzione dei campionamenti sulla base dei tipi di tempo, l'analisi fenomenologica degli eventi riscontrati e l'applicazione modellistica di recettore. Tutte queste attività sono state affiancate dall'attività di DIFI (Università di Genova) che ha effettuato la supervisione della scelta delle postazioni, implementato la catena modellistica previsionale dei campi meteorologici, effettuato le valutazioni modellistiche delle zone di ricaduta del pennacchio della Centrale e verificato la rappresentatività dei campionamenti effettuati.

In corso d'opera è stato richiesto, dal comune di Genova, un approfondimento modellistico per la valutazione delle ricadute della centrale sui diversi quartieri cittadini.

3 PIANO DELL'INDAGINE

3.1 Le postazioni di misura

Le postazioni di misura che sono state considerate nell'ambito dell'indagine, sono quelle della rete della Provincia di Genova (ARPA), quelle della rete della Centrale ENEL e quella dell'Aeronautica Militare alle quali sono state affiancate altre postazioni, alla cui installazione ha provveduto il CESI, che hanno integrato il set di dati disponibile.

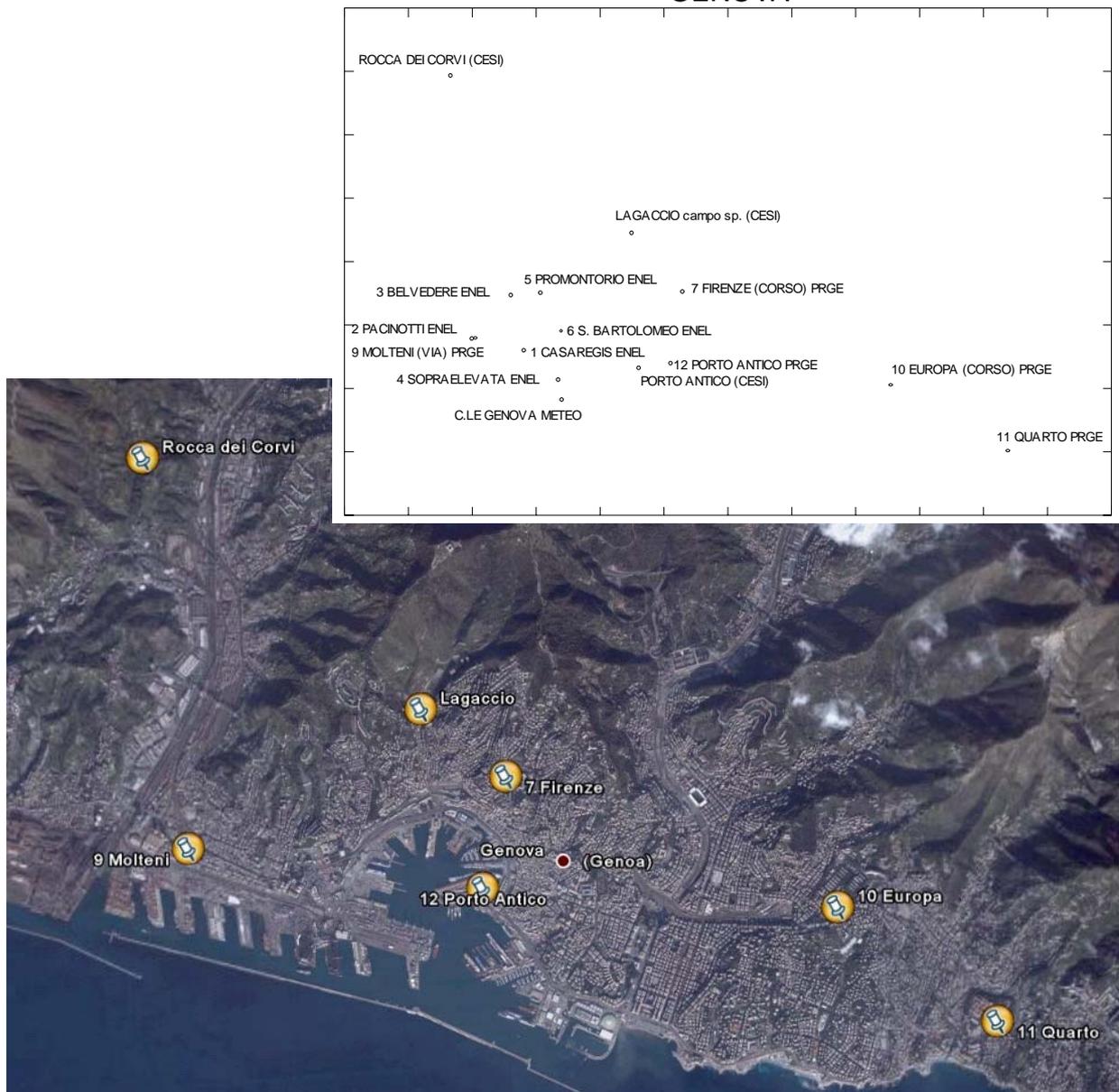
Nella seguente tabella sono presentate tutte le postazioni di misura distribuite nel territorio cittadino e nella periferia della città e sono indicati, per ciascuna di esse, i diversi parametri monitorati e/o acquisiti.

Parametro	PM10	PM2.5	PTS	SO2	NOx / NO2	CO	O3	BTX	IPA	VOC terpeni	NH3	Clorurati	Aldeidi	Metalli su PM10 e PM2.5	METEO
Postazione															
AM (DIFI)															
Ge - Sestri Ponente															☒
Fontanafresca															☒
ENEL															
C.le Enel Genova															☒
1 Casaregis			☒	☒	☒										
2 Pacinotti			☒	☒											
3 Belvedere				☒	☒										■
4 Sopraelevata			☒	☒											
5 Promontorio			☒	☒											
6 S. Bartolomeo			☒	☒											
PR GE															
7 Firenze	☒			☒	☒	☒	☒								
9 Molteni	☒	■	☒*	☒	☒	☒			○●	○●	○●	○●	○●		
10 Europa	☒			☒	☒	☒		☒							
11 Quarto	☒	■		☒	☒	☒	☒	☒	○●	○●	○●	○●	○●		☒
12 Porto Antico				☒			☒								☒
CESI															
Rocca dei Corvi	■	■		■	■	■	■	■	○●	○●	○●	○●	○●	●	■
Porto Antico	■	■		■	■	■	■	■	○●	○●	○●	○●	○●	●	■
Lagaccio Campo Sportivo	■	■		■	■	■	■	■	○●	○●	○●	○●	○●	●	■

- Misure e/o campionamenti in continuo attivati con strumentazione CESI
- Campionamenti in discontinuo attivati con strumentazione CESI
- Analisi chimiche effettuate da CESI
- ☒ Misure in discontinuo già disponibili dalla RRQA Enel/Prov. GE
- * PM10 in continuo

Una descrizione dettagliata delle caratteristiche di queste postazioni di misura è riportata nel rapporto che descrive lo studio fenomenologico della qualità dell'aria di Genova (rapporto Cesi n° A7004876). La loro localizzazione geografica è mostrata in figura.

GENOVA



3.2 Le misure effettuate

La scelta delle misure da effettuare è stata individuata in fase di predisposizione del progetto al fine di integrare le misure già effettuate sul territorio presso le stazioni della provincia di Genova con il rilevamento del set completo dei parametri meteorologici standard, in almeno una postazione significativa, e degli inquinanti convenzionali e dei cosiddetti “nuovi inquinanti” nelle tre postazioni attivate ad hoc.

Le misure in continuo sono state effettuate nelle postazioni CESI nel periodo indicato negli schemi seguenti e parallelamente sono stati raccolti i dati delle altre postazioni fisse presenti sul territorio.

I campionamenti, per le analisi dei microinquinanti, sono stati effettuati nelle giornate indicate nel terzo prospetto.

Una serie il più possibile completa di microinquinanti è stata prevista per i campionamenti sia per una analisi completa dello stato di qualità dell’aria sia per l’applicazione alle diverse matrici ambientali del modello matematico di recettore.

Dati meteorologici																													
		settimane		6/3	13/3	20/3	27/3	3/4	10/4	17/4	24/4	1/5	8/5	15/5	22/5	29/5	5/6	12/6	19/6	26/6	3/7	10/7	17/7	24/7	31/7	7/8			
		eventi		8/3						21/4			9/5						14/6			6/7					8/8		
Postazione																													
AM (DIFI)	Ge - Sestri Ponente																											TA; UR; VV, DV; PA	
	Fontanafresca																											TA; UR; VV, DV; PA	
ENEL	C.le Genova Meteo																											TA; VV, DV; PA	
	1 Casaregis																												
	2 Pacinotti																												
	3 Belvedere																											TA; UR; VV, DV; PA; PR; RG; RN	
	4 Sopraelevata																												
	5 Promontorio																												
	6 S.Bartolomeo																												
PR GE	7 Firenze																												
	9 Molteni																												
	10 Europa																												
	11 Quarto																											TA; UR; VV, DV; PA	
CESI	12 Porto Antico																											VV, DV	
	Rocca dei Corvi																											TA; UR; VV, DV; PA; PR; RG; RN	
	Porto Antico																											TA; UR; VV, DV; PA; PR; RG; RN	
	Lagaccio (campo sportivo)																											TA; UR; VV, DV; PA; PR; RG; RN	

Inquinanti gassosi																													
		settimane		6/3	13/3	20/3	27/3	3/4	10/4	17/4	24/4	1/5	8/5	15/5	22/5	29/5	5/6	12/6	19/6	26/6	3/7	10/7	17/7	24/7	31/7	7/8			
		eventi		8/3						21/4			9/5						14/6							2/8	8/8		
Postazione																													
AM (DIFI)	Ge - Sestri Ponente																												
	Fontanafresca																												
ENEL	C.le Genova Meteo																												
	1 Casaregis																											SO2; NOx	
	2 Pacinotti																											SO2	
	3 Belvedere																											SO2; NOx	
	4 Sopraelevata																											SO2	
	5 Promontorio																											SO2	
	6 S.Bartolomeo																											SO2	
PR GE	7 Firenze																											SO2; NOx	
	9 Molteni																											SO2; NOx; CO	
	10 Europa																											SO2; NOx	
	11 Quarto																											SO2; NOx; CO; O3; BTX	
CESI	12 Porto Antico																											SO2; O3	
	Rocca dei Corvi																											SO2; NOx; CO; O3; BTX	
	Porto Antico																											SO2; NOx; CO; O3; BTX	
	Lagaccio (campo sportivo)																											SO2; NOx; CO; O3; BTX	

Microinquinanti organici																													
		settimane		6/3	13/3	20/3	27/3	3/4	10/4	17/4	24/4	1/5	8/5	15/5	22/5	29/5	5/6	12/6	19/6	26/6	3/7	10/7	17/7	24/7	31/7	7/8			
		eventi		8/3									10/5	11/5		25/5	26/5			20/6	21/6				26/7		8/8		
Postazione																													
AM (DIFI)	Ge - Sestri Ponente																												
	Fontanafresca																												
ENEL	C.le Genova Meteo																												
	1 Casaregis																												
	2 Pacinotti																												
	3 Belvedere																												
	4 Sopraelevata																												
	5 Promontorio																												
	6 S.Bartolomeo																												
PR GE	7 Firenze																												
	9 Molteni																											IPA; VOC; NH3; Aldeidi; Clorurati	
	10 Europa																											IPA; VOC; NH3; Aldeidi; Clorurati	
	11 Quarto																											IPA; VOC; NH3; Aldeidi; Clorurati	
CESI	12 Porto Antico																												
	Rocca dei Corvi																											IPA; VOC; Clor;	
	Porto Antico																											IPA; VOC; Clor;	
	Lagaccio (campo sportivo)																											IPA; VOC; Clor;	

Tipi di tempo

4 5

7 7

5 2.1

5 2.1

5 5 5

I parametri determinati in ciascuna postazione e le corrispondenti frequenze di campionamento sono i seguenti:

<p>Parametri determinati sul particolato PM10 atmosferico:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Metalli ▪ Specie ioniche (Ammonio, Nitrati, Solfati, Cloruri) ▪ Carbonio Organico elementare <p>I campionamenti sono effettuati con frequenza giornaliera</p> 	<p>Parametri organici determinati in fase particolato e gassosa con campionatori medio volume:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ IPA ▪ PCDD/PCDF ▪ n-Paraffine (n-C12÷n-C35) <p>I campionamenti sono effettuati in condizioni meteorologiche significative</p> 	<p>Parametri organici determinati in fase gassosa con campionatori a basso volume:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Aldeidi ▪ Aromatici ▪ Terpeni (d-limonene, α-pinene) ▪ Organici clorurati (diclometano, dicloroetilene, triclorofluorometano) ▪ Alcani, Alcheni (C6÷C7) <p>I campionamenti sono effettuati in condizioni meteorologiche significative</p> 
---	--	---

Nel periodo di indagine, previsto inizialmente della durata minima di tre mesi, si è proceduto all'esecuzione di campionamenti giornalieri di Polveri PM10 ed all'esecuzione di 10 campionamenti discontinui per i parametri organici. L'identificazione delle giornate di campionamento è avvenuta sulla base della previsione dei tipi di tempo e/o delle condizioni meteorologiche ritenute significative, indicate dal Dipartimento di Fisica dell'Università di Genova.

I criteri minimi di scelta sono stati rispettati rilevando almeno un campione in situazioni perturbate e uno in condizioni di bel tempo e di alta pressione (cielo sereno con circolazione debole e di brezza). In realtà, per la particolare sequenza di situazioni meteorologiche che si sono succedute nel corso del periodo di indagine si è avuta una prevalenza di condizioni di bel tempo.

Anche gli altri criteri relativi alla presenza di:

- almeno un campione corrispondente a basse potenze della centrale da associare ad almeno un campione prelevato nelle medesime condizioni meteorologiche e in corrispondenza del massimo carico della centrale;
 - almeno un campione corrispondente ad elevata polverosità ambientale.
- sono stati rispettati.

I campioni selezionati sono stati avviati all'analisi chimica.

- Per l'analisi dei metalli e delle specie ioniche campionate su filtro è stato utilizzato il metodo della lisciviazione e analisi cromatografica secondo ISO 10304 ed ISO14911 e la spettrometria di massa con sorgente al plasma (ICP-MS).

- Il carbonio elementare (EC) e organico (OC) sono stati analizzati utilizzando il metodo termico-ottico con apparecchiatura dedicata secondo il metodo NIOSH 5040.
- Per l'analisi delle specie organiche sono stati utilizzati i metodi US-EPA TO 9A, 11, 13A e 17.

3.3 Individuazione delle condizioni meteorologiche di interesse: i tipi di tempo

Le condizioni meteorologiche del periodo di indagine sono state analizzate mediante la raccolta delle informazioni rese disponibili dal Dipartimento di Fisica dell'Università di Genova (DIFI) che ha prodotto le mappe bariche previste ed osservate ai diversi livelli barici significativi (850 hPa, analisi al suolo, ecc.). Da queste carte bariche si sono definiti i tipi di tempo, per ogni giornata di misura, secondo lo schema di Borghi e Giuliacci in uso presso CESI.

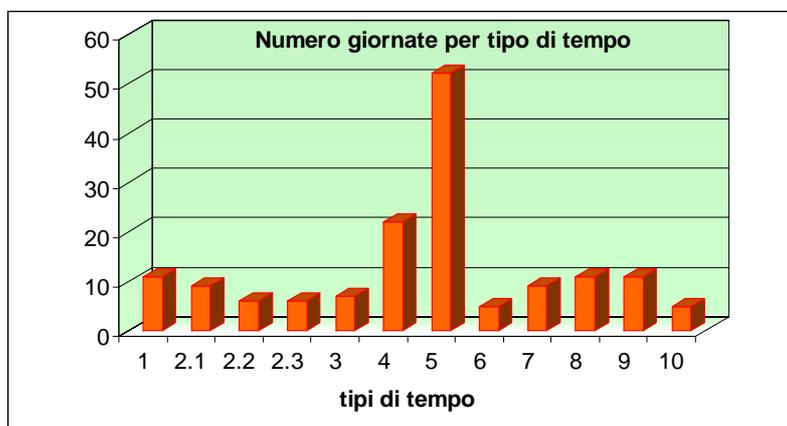
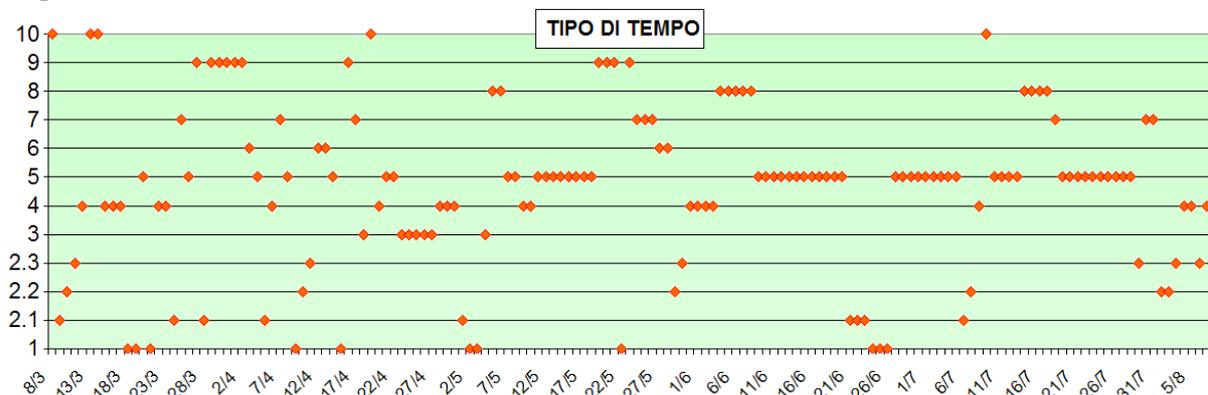
Con riferimento all'inquadramento meteorologico locale e alla classificazione di Borghi e Giuliacci si sono analizzate le condizioni meteorologiche che presentano caratteristiche di criticità o per la loro elevata frequenza di occorrenza o per l'effettiva ridotta capacità di dispersione degli inquinanti emessi in atmosfera. Tra le prime si considerano le condizioni di brezza e quelle di scirocco, tra le seconde, le condizioni di calma di vento e di forte inversione notturna che sono presenti in situazioni di debole circolazione e alta pressione livellata. Queste ultime situazioni sono in genere di breve durata e si presentano anche nelle giornate in cui si è sviluppata una circolazione di brezza nelle ore di transizione.

I tipi di tempo di interesse pertanto sono quelli relativi alle seguenti condizioni meteorologiche:

- presenza di una circolazione di brezza ben sviluppata (tipi di tempo 1, 5 e 7);
- presenza di vento di scirocco (tipi di tempo 2a, 2b, 3, 4 e 9 con caratteristiche cicloniche);

che risultano essere tra le condizioni prevalenti e più significative della circolazione atmosferica del sito. Possono essere analizzate anche le condizioni di vento dai quadranti nordorientali (tipi di tempo 8 e 10), che comportano, in generale, venti forti e freddi generalmente secchi.

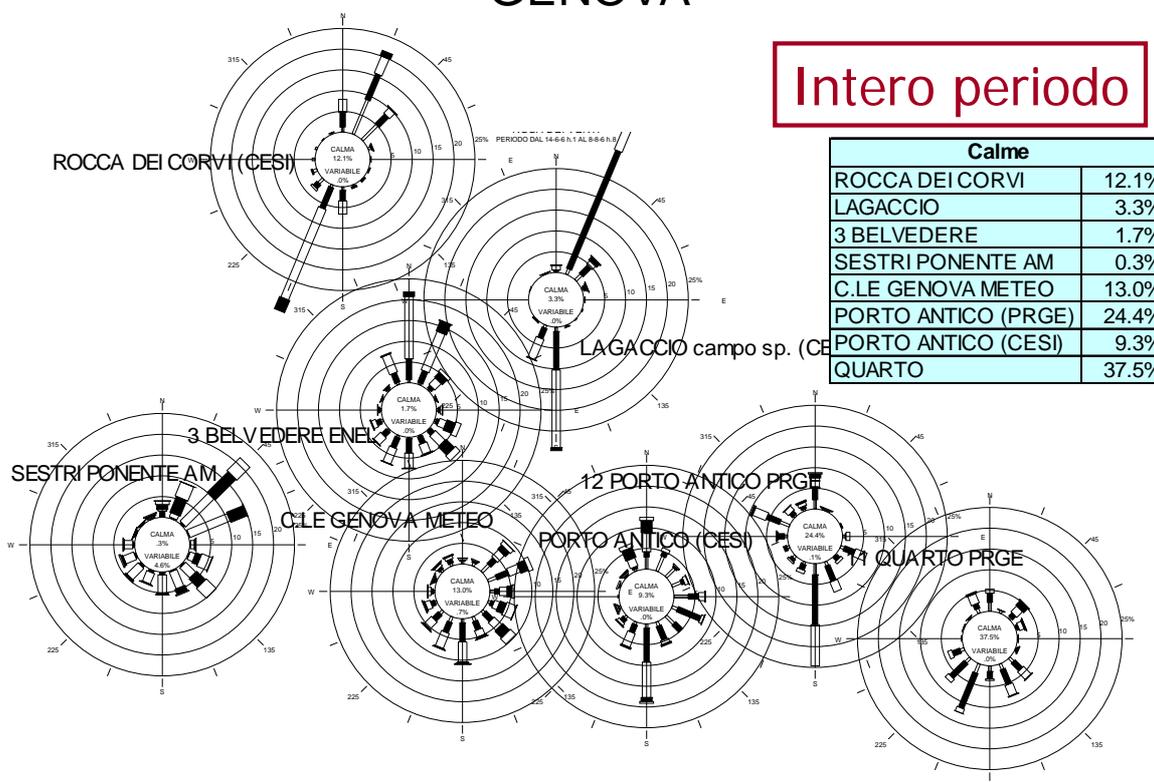
L'andamento temporale dei tipi di tempo riscontrati nel periodo d'indagine è riportato nel seguente prospetto.



Come già accennato, dall'inizio di maggio in poi si sono avuti diversi periodi caratterizzati da alta pressione livellata per diverse giornate consecutive (tipo di tempo 5). La distribuzione delle frequenze di occorrenza evidenzia inoltre una presenza elevata anche del tipo di tempo 4, caratterizzato da un campo barico di bassa pressione abbastanza livellato, che si è riscontrato in particolare nella prima parte del periodo di indagine. La variabilità delle condizioni meteorologiche dei mesi di marzo ed aprile ha determinato la presenza venti settentrionali di più forte intensità, mentre la prevalenza e la costanza delle situazioni anticicloniche da maggio ad agosto ha portato ad una riduzione delle intensità del vento ed all'instaurarsi della circolazione di brezza.

L'**anemologia** dell'area presenta, infatti, per l'intero periodo di indagine, l'andamento delle rose di venti riportato in figura.

GENOVA



Tutte le rose mostrano una polarizzazione per le provenienze settentrionali e quelle meridionali. Si nota una forte componente NNE-SSW nelle rose di Rocca dei Corvi e Lagaccio, interessate dal fenomeno d'incanalamento delle brezze di monte e di valle. La prima, infatti, si trova all'interno della Val Polcevera, mentre la seconda è in una situazione analoga alle pendici dei rilievi che circondano la città di Genova.

Il fenomeno della brezza interessa anche tutte le altre postazioni con accentuazioni specifiche in relazione alla loro posizione geografica. La postazione 3 Belvedere, situata sul crinale che separa la città dalla Val Polcevera, mostra una elevata frequenza delle provenienze da N e da SE anche di intensità più elevata. La postazione di Sestri Ponente registra venti nettamente prevalenti da NE, mentre le due postazioni situate nel Porto Antico accentuano la provenienza da S e, secondariamente, dai settori settentrionali, in accordo con il prevedibile sviluppo della brezza marina.

Gli effetti di questa brezza si sommano a quelli della brezza di valle e/o di pendio nelle ore diurne, come si sommano quelli della brezza di monte e di terra nelle ore notturne. In particolare si nota la netta predominanza di correnti settentrionali notturne e meridionali diurne. La distinzione giorno-notte ha permesso di comprendere come in particolare la prevalenza di correnti da N a 3 Belvedere, e da NE a

Sestri Ponente, è spiegabile con la circolazione di brezza notturna, dal momento che queste componenti compaiono solo nottetempo. Le rose di vento diurne enfatizzano la componente meridionale del vento che giunge alle due postazioni di Porto Antico, ma anche a Lagaccio e Rocca dei Corvi.

La postazione Centrale di Genova, che nelle rose dell'intero periodo presentava una situazione più distribuita e omogenea, nella distinzione giorno-notte mette in evidenza la prevalenza di correnti notturne da NE e diurne da S, SE e SW.

3.4 Disponibilità dei dati e documentazione

La disponibilità dei dati è stata buona per l'intero periodo in tutte le postazioni. In alcune di esse non si è coperto l'intero periodo ma, come si evince dal prospetto seguente, relativo alle sole misure di particolato atmosferico, le postazioni CESI hanno operato nei periodi compresi tra i segnali di inizio e fine dei campionamenti. Nelle postazioni di Porto Antico e Lagaccio, che figurano anche come proseguimento della postazione urbana, si è mantenuto un periodo di sovrapposizione di 15 gg.

Particolato atmosferico		settimane																																					
		6/3	13/3	20/3	27/3	3/4	10/4	17/4	24/4	1/5	8/5	15/5	22/5	29/5	5/6	12/6	19/6	26/6	3/7	10/7	17/7	24/7	31/7	7/8															
eventi		9/3						21/4			9/5				14/6		27/6						30/7	2/8	4/8	8/8													
AM (DIFI)	Ge - Sestri Ponente																																						
	Fontanafresca																																						
ENEL	C.le Genova Meteo																																						
	1 Casaregis																											PTS											
	2 Pacinotti																											PTS											
	3 Belvedere																																						
	4 Sopraelevata																											PTS											
	5 Promontorio																											PTS											
PR GE	6 S.Bartolomeo																											PTS											
	7 Firenze																											PM10											
	9 Molteni	↻																				PM10+PM2.5	↻	PM10															
	10 Europa																											PM10											
CESI	11 Quarto	↻																				PM10+PM2.5	↻	PM10															
	12 Porto Antico																																						
	Rocca dei Corvi										↻																PM10+PM2.5	↻											
	Porto Antico									↻																PM10+PM2.5	↻												
	Lagaccio (campo sportivo)																																						

Nel corso del periodo di indagine si sono svolte riunioni del tavolo tecnico per la verifica dello stato di avanzamento del progetto in cui sono stati presentati risultati intermedi e preliminari, e si sono effettuate le opportune variazioni rese necessarie in corso d'opera. Una prima parte della documentazione è stata consegnata in occasione della terza riunione, mentre la restante è stata consegnata al termine dei lavori. Per avere un quadro completo del lavoro svolto si elencano di seguito i rapporti prodotti.

- La classificazione di tutte le giornate di misura in termini di tipo di tempo è riportata nel rapporto A6023435ⁱⁱ. La descrizione della metodologia adottata e le mappe bariche di riferimento per la classificazione dei tipi di tempo secondo Borghi e Giuliacci, sono riportate in appendice allo stesso rapporto.
- Gli andamenti temporali di tutti i parametri meteorologici sono riportati nei rispettivi Rapporti di Prova, uno per postazione, aventi n° A6012892ⁱⁱⁱ, A6023609^{iv}, A6023599^v, A6023683^{vi}.
- Gli andamenti temporali di tutti i parametri chimici misurati in continuo (valori orari) nelle postazioni di CESI sono riportati nei rapporti di prova A6024302^{vii}, A6024305^{viii}, A6024306^{ix}, A6024654^x, A6024653^{xi}, uno per ciascuna postazione.
- Gli andamenti temporali di tutti i parametri chimici e meteorologici misurati con frequenza oraria nelle postazioni della RRQA di Enel sono riportati nei Rapporti A6032720^{xii} e A6025508^{xiii}.
- Gli andamenti temporali di tutti i parametri chimici e meteorologici misurati con frequenza oraria nelle postazioni della Rete Provinciale di Genova sono riportati nel rapporto A6028803^{xiv}.

- I risultati delle analisi dei campionamenti effettuati nelle 11 giornate selezionate nelle postazioni di CESI e della Provincia di Genova sono riportati nei rapporti di prova A7005558^{xv}, A7005563^{xvi}, A7005561^{xvii}, A7005560^{xviii}, A7005559^{xix}, uno per ciascuna postazione.

Sono stati redatti inoltre i rapporti interpretativi relativi ai seguenti argomenti:

- La presentazione dei dati meteorologici e di qualità dell'aria rilevati in continuo, comprensivi delle misure di particolato fine, e l'analisi fenomenologica dell'inquinamento misurato in ambito urbano, allo scopo di valutare qualitativamente l'incidenza della centrale sono l'oggetto del rapporto A7004876^{xx}.
- La presentazione delle misure dei microinquinanti gassosi rilevati nelle 11 giornate di campionamento e l'analisi fenomenologica condotta allo scopo di valutare qualitativamente l'incidenza della centrale sono l'oggetto del rapporto A7007030^{xxi}.
- L'applicazione del modello di recettore CMB-8 alle matrici ambientali del particolato fine e dei Composti Organici Volatili (fase gassosa), in cui si ottengono le ripartizioni dei contributi tra i diversi settori merceologici, è riportata nel rapporto A7007110^{xxii}.
- La valutazione della composizione del particolato secondario, relativamente al contributo dei comparti elettrico e del traffico, è riportata nel rapporto A7006859^{xxiii}.

4 LE SORGENTI DI EMISSIONE DEGLI INQUINANTI ATMOSFERICI

Ai fini dell'applicazione del modello di recettore è necessario valutare quali altre sorgenti oltre all'emissione della centrale insistono sul territorio o sono presenti nella città di Genova.

Data la complessità delle sorgenti emissive ipotizzabili, essendo Genova caratterizzata da significative attività industriali e dal porto più importante d'Italia, e localizzata fra il mare e la zona collinare, i settori merceologici identificati come responsabili di emissioni inquinanti, sono composti sia da sorgenti di natura antropogenica (trasporto su gomma, trasporto navale, settore energia, settore industria, rifiuti), sia di natura biogenica (aerosol marino trasportato sul continente, erosione suoli con successivo risollevarimento terrigeno e combustione di biomasse).

Complessivamente i settori identificati presso il sito di Genova, utilizzati per l'applicazione del modello di recettore, sono stati così identificati:

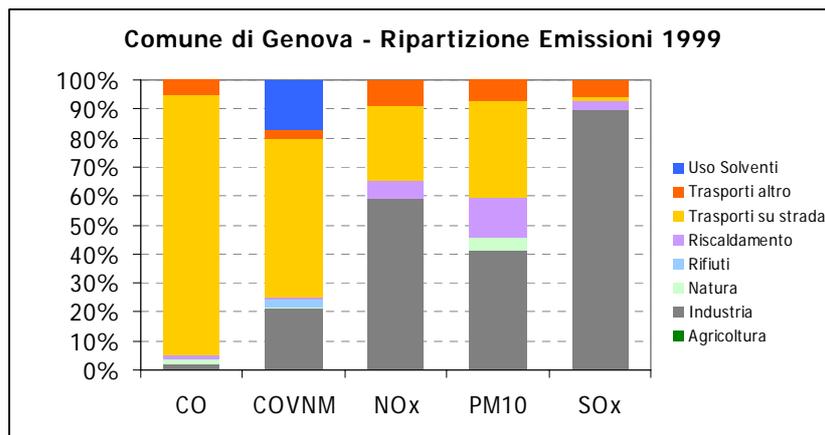
<ul style="list-style-type: none"> • Energia • Trasporto su gomma • Trasporto navale • Impianti termici • Residenziale • Combustione legno • Combustione vegetazione 	<ul style="list-style-type: none"> • crostale/terrigeno • aerosol marino • industria • edile • metallurgico • trattamento rifiuti
---	---

4.1 Inventario regionale delle emissioni

Una caratterizzazione del ruolo dei comparti emissivi nel Comune di Genova è stata condotta utilizzando i dati dell'Inventario delle emissioni in atmosfera ECOZERO redatto dalla Regione Liguria¹. In base alle emissioni relative all'anno 1999, riportate nella seguente tabella, è stata elaborata la ripartizione percentuale per i differenti settori ed inquinanti riportata nel sottostante istogramma a barre. Il quadro che ne emerge evidenzia il dominio dei settori dei trasporti e dell'industria (in cui è incluso l'impianto termoelettrico) per tutti gli inquinanti considerati. Al settore del trasporto stradale è attribuito lo 89% delle emissioni di monossido di carbonio, il 55% di quelle di composti organici volatili, il 26% delle emissioni di ossidi d'azoto, in 34% di polveri PM₁₀. Al settore industriale è attribuito il 90% delle emissioni di biossido di zolfo, il 22% di quelle di composti organici volatili, il 59% delle emissioni di ossidi d'azoto, il 42% di polveri PM₁₀. Ruoli non trascurabili sono comunque attribuiti ai trasporti non stradali (porto ed aeroporto), ed al riscaldamento domestico. Ciò vale soprattutto per le emissioni di particolato che risulta essere l'inquinante dalla distribuzione più diversificata: oltre ai già citati contributi del trasporto stradale (34%) ed industriale (42%), il riscaldamento e l'insieme di porto e aeroporto vi concorrono, infatti, rispettivamente per il 14% ed il 7%.

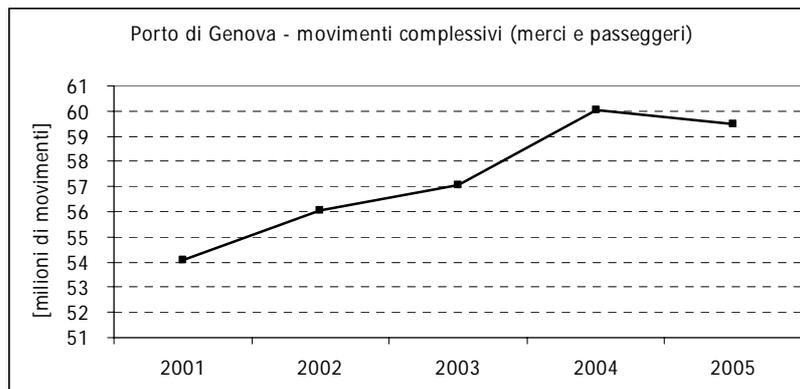
Regione Liguria - Inventario ECOZERO					
Emissioni per il Comune di Genova per l'anno 1999 [tonnellate]					
Settore	CO	COVNM	NO _x	PM ₁₀	SO _x
Agricoltura	0.4	29.9	0.0	0.0	-
Industria	938.4	3 568.0	9 700.3	488.0	11 118.1
Natura	751.2	115.5	0.4	44.4	-
Rifiuti	-	434.5	-	-	-
Riscaldamento	711.4	104.4	1 008.5	164.2	351.1
Trasporti su strada	39 456.8	9 351.5	4 272.9	393.9	197.5
Trasporti altro	2 363.6	498.2	1 437.5	79.9	727.0
Uso Solventi	-	2 917.3	-	2.5	-
Totale	44 221.8	17 019.4	16 419.5	1 173.0	12 393.8

¹ http://www.regione.liguria.it/MenuSezione.asp?page=territor/3_ambie/settori/aria/inventario.htm



Per valutare qualitativamente l'evoluzione tra la situazione al 1999 e quella odierna, si sono reperite le seguenti informazioni.

I dati pubblicati sul sito dell'Autorità Portuale di Genova² evidenziano un aumento dell'attività complessiva, legata soprattutto al settore merci.



Il piano di sviluppo infrastrutturale dell'Aeroporto di Genova "Cristoforo Colombo" S.p.A. evidenzia una domanda in crescita di trasporto passeggeri e merci³.

Per quanto concerne il traffico su strada, i dati riportati nel terzo Rapporto APAT "Qualità dell'ambiente urbano", descrivono per il 2000 ed il 2005 un parco veicolare complessivamente in aumento. Le autovetture sostanzialmente in lieve diminuzione a livello comunale, sono in aumento se si considerano i dati dell'area vasta, su cui è presumibile che la città di Genova eserciti un ruolo attrattore. A questo si aggiunge un notevole incremento della flotta di motocicli (da circa 90'000 unità del 2000 a circa 120'000 nel 2005). E' ragionevole assumere che, in termini emissivi, il beneficio tratto dal rinnovamento del parco veicolare a seguito delle politiche nazionali adottate in materia, sia stato sostanzialmente compensato dalla crescita dei mezzi circolanti.

² <http://www.porto.genova.it/main.jsp?home=true>

³ <http://www.aeroportodigenova.com/home/index.php>

4.2 Le condizioni emissive nel periodo di indagine

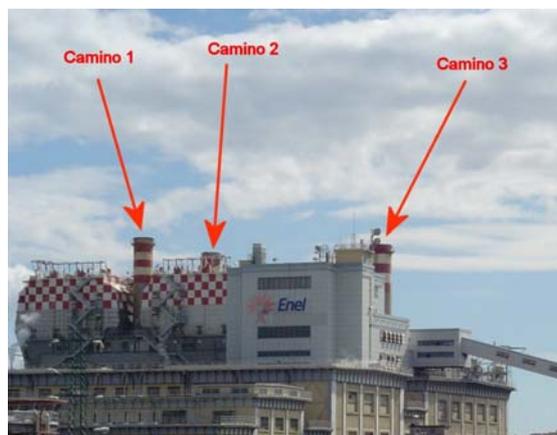
4.2.1 La centrale Enel di Genova

Lo stabilimento è situato nel punto di coordinate UTM N 491700, E 491800 (lat. °N 44.4120; long °E da Mt. Mario 3.5600), sul Ponte S. Giorgio, in prossimità del Molo Nuovo, che cinge il bacino Porto Vecchio, nella parte centrale della zona portuale di Genova.

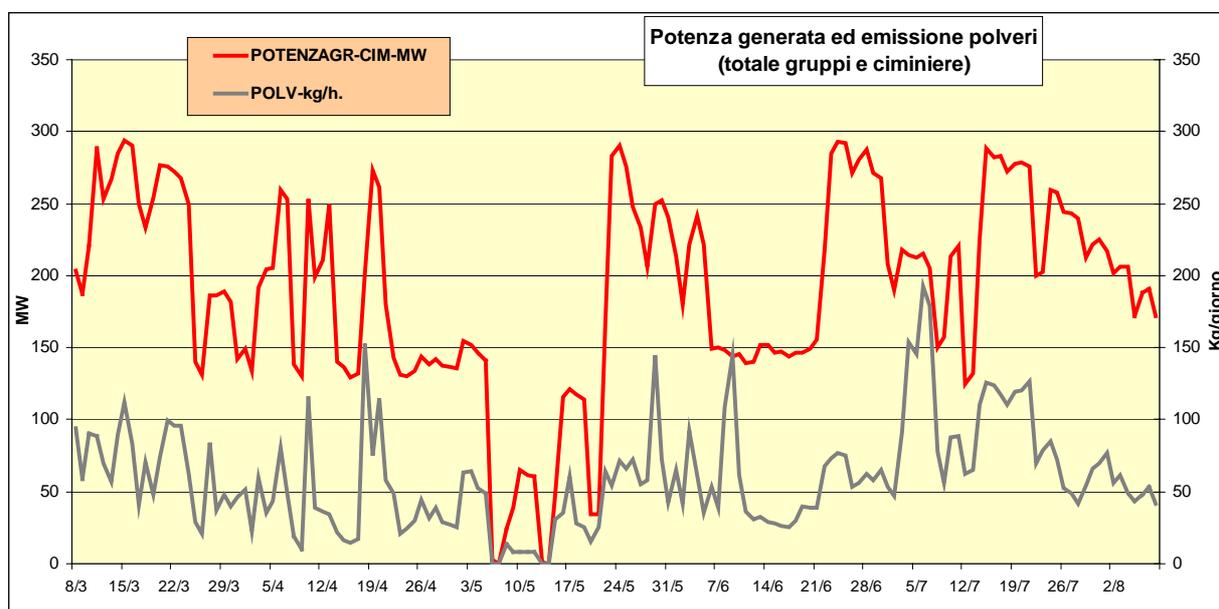
La centrale è alimentata a carbone e in condizioni particolari ad olio combustibile, e funziona con tre gruppi (uno dotato di una caldaia, gli altri di due caldaie ciascuno), ognuno dei quali rilascia i propri scarichi attraverso un diverso camino.

Relativamente alla Centrale si dispone, per ognuno dei tre gruppi funzionanti (e perciò per ogni camino) dei seguenti dati:

- ◆ Emissioni di SO₂, NO_x, CO
- ◆ Emissioni di polveri sottili (PM10)
- ◆ Potenza erogata
- ◆ Temperatura e velocità dei fumi



Ai fini dello studio, che fa riferimento in particolare alla valutazione del contributo alle polveri fini si riporta, nel diagramma seguente, l'andamento dei valori di emissione delle polveri nell'intero periodo d'indagine unitamente alla potenza generata.



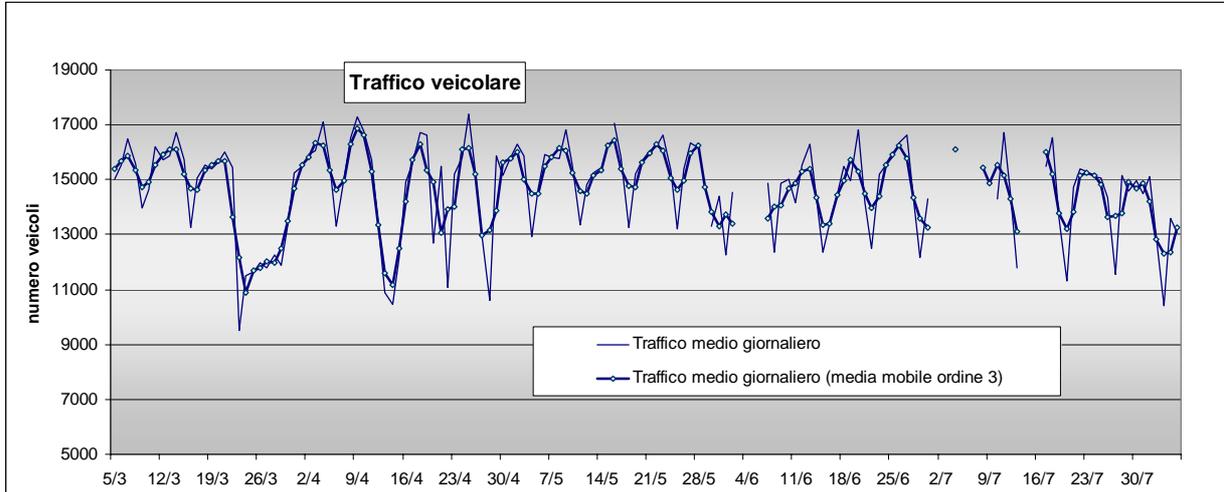
L'emissione di polveri non è direttamente correlata con il carico dell'impianto ma a specifiche condizioni di gestione dello stesso e del sistema di abbattimento presente: i valori si mantengono bassi anche per carichi elevati.

Nel periodo d'indagine si sono avuti vari periodi di calo della produzione energetica, con la fermata di uno o di due gruppi; alcuni giorni di fermata pressoché totale si sono riscontrati nel periodo dal 6 al 15 Maggio.

4.2.2 Il traffico veicolare

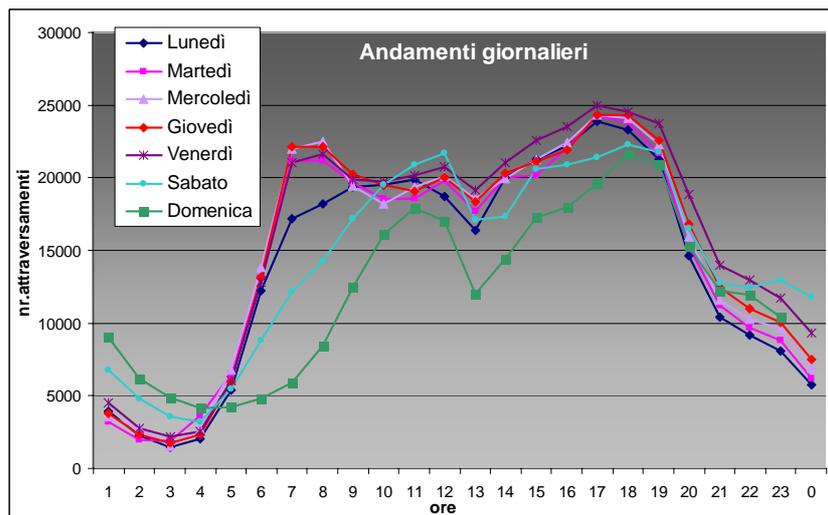
Genova è una città di più di 600 mila abitanti, ed è attraversata da una fitta rete stradale, sia urbana che extraurbana ed autostradale e di conseguenza vi è giornalmente una grande quantità di veicoli che transita sulla sua rete viaria.

Nella figura seguente è riportato l'andamento temporale del volume di traffico riscontrato nel periodo d'indagine.



Il Comune di Genova, ha fornito i dati relativi ad un centinaio di spire conta-traffico installate in posizioni stradali ritenute particolarmente rappresentative della mole di traffico che insiste sulla città. Di queste sono state selezionate quelle che presentavano la più elevata disponibilità di dati (per un totale di 44).

L'andamento del volume di traffico è regolare in tutto il periodo d'indagine, se si escludono le diminuzioni di marzo e aprile. L'andamento orario è riportato nella figura seguente e mostra le variazioni tipiche dei diversi giorni della settimana.



4.2.3 Il porto di Genova

Il porto di Genova occupa una posizione di primaria importanza a livello nazionale: il traffico navale che vi transita è imponente.

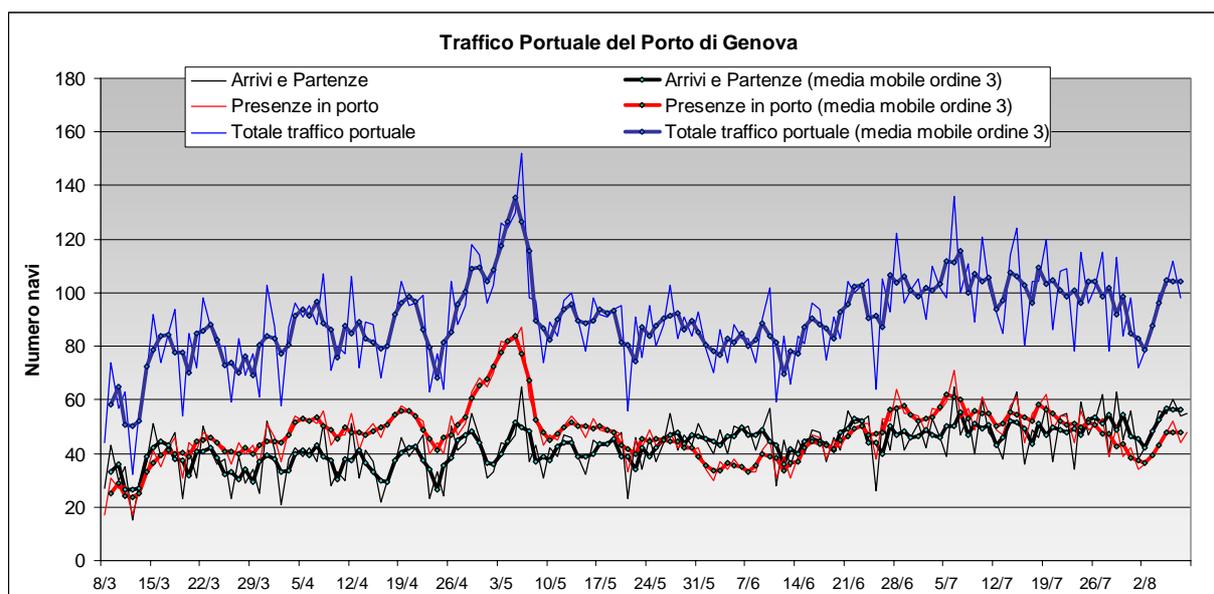
Grazie ai registri che riportano i movimenti e le attività che hanno interessato i diversi moli del porto di Genova, si è riusciti a ottenere le informazioni necessarie alla definizione quantitativa del traffico navale che interessa la città. La stretta vicinanza di vaste porzioni del porto al centro storico cittadino, rende la comprensione del fenomeno delle emissioni navali imprescindibile per lo studio dell'inquinamento atmosferico.

Per quanto riguarda il traffico navale si è deciso di considerare in modo parallelo l'andamento temporale di queste diverse quantità:

- ◆ numero di arrivi in porto;
- ◆ numero di partenze;
- ◆ totale di arrivi e partenze;
- ◆ numero di navi ormeggiate.

Nel grafico seguente viene mostrato l'andamento dei parametri citati considerando:

- ◆ le navi giunte in porto;
- ◆ le navi che lasciano il porto;
- ◆ la somma delle navi che giungono e lasciano il porto (e la relativa media mobile di ordine 3);
- ◆ le navi ormeggiate in porto (e la relativa media mobile di ordine 3);
- ◆ il totale del traffico portuale definito come la somma delle navi che giungono e lasciano il porto e di quelle che rimangono ormeggiate (e la relativa media mobile di ordine 3).



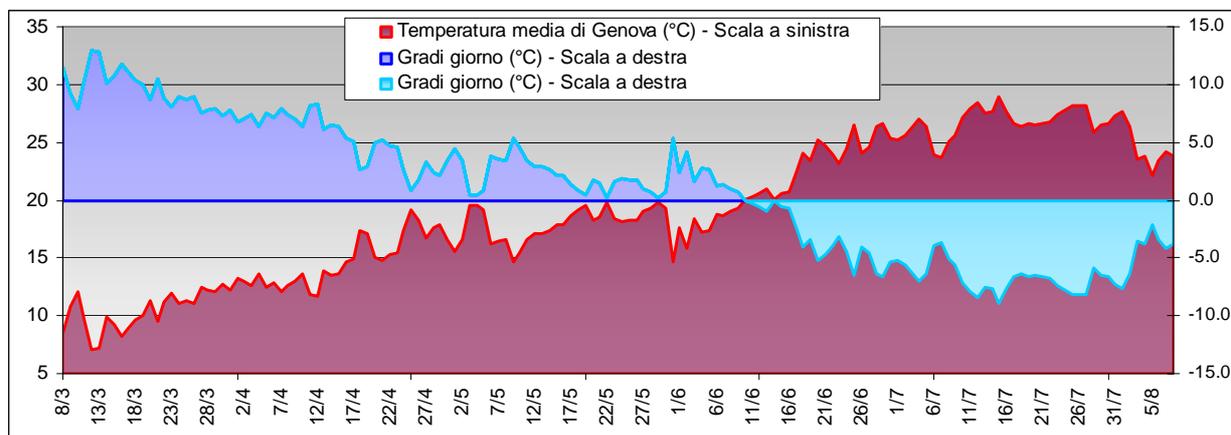
Il traffico portuale in termini di arrivi e partenze è abbastanza regolare, e, a volte, quasi coincidente. Ancora più grande è la concordanza (specialmente nella seconda metà del periodo d'indagine) tra l'andamento della somma di arrivi e partenze e quello delle presenze di navi ormeggiate in porto. Un caso di manifesta discrepanza emerge all'inizio di maggio, quando il numero di presenze aumenta sensibilmente in concomitanza di un numero maggiore di arrivi rispetto a quello delle partenze per un periodo di circa una settimana (27/4-3/5).

Ai fini delle emissioni in atmosfera, considerando il fatto che le navi in ormeggio devono mantenere attivi i servizi di bordo, e quindi contribuiscono anche se in maniera ridotta, come parametro che quantifica il traffico portuale è stato assunto quello che somma in sé ognuno dei conteggi considerati, ovvero il totale di arrivi, partenze e presenze in porto.

4.2.4 Il riscaldamento domestico

Visto che il periodo di durata dello studio (dall'8/3/06 all'8/8/06) ha compreso parte della stagione invernale e tutta quella primaverile, anche il riscaldamento degli edifici è stato incluso tra fonti di emissione atmosferica. Fino alla primavera inoltrata, infatti, il riscaldamento domestico è frequentemente in funzione.

Per la sua quantificazione, si è deciso di ricorrere al metodo dei "gradi giorno" rispetto a 20 °C.



Poiché la temperatura media supera i 20 gradi intorno al 10 di Giugno, e non scende più sotto questo limite, ha senso considerare l'utilizzo del riscaldamento domestico fino ad una data immediatamente antecedente.

Nella postazione di Rocca dei Corvi, in Val Polcevera, caratterizzata dalle temperature più rigide tra quelle registrate in quanto è la più remota e situata alla quota più elevata, si superano definitivamente i 20 °C solo il 17 di giugno. È possibile pertanto che l'accensione del riscaldamento nei sobborghi di Genova, o nei centri abitati situati nelle zone collinari, si sia avuta anche fino a questa data.

A scopo cautelativo però, per non incorrere in un errore di metodo, si è deciso di considerare solo il periodo fino al 31 Maggio nell'applicazione di tutti i calcoli svolti nell'analisi fenomenologica.

5 RISULTATI DELLA CAMPAGNA D'INDAGINE: ANALISI FENOMENOLOGICA

I risultati della campagna d'indagine possono essere analizzati innanzi tutto in termini di valutazione dello stato della qualità dell'aria nell'area urbana di Genova e delle aree limitrofe.

La presentazione degli andamenti medi giornalieri dell'intero periodo è riportata nel rapporto n° A7004876, relativo all'analisi fenomenologica.

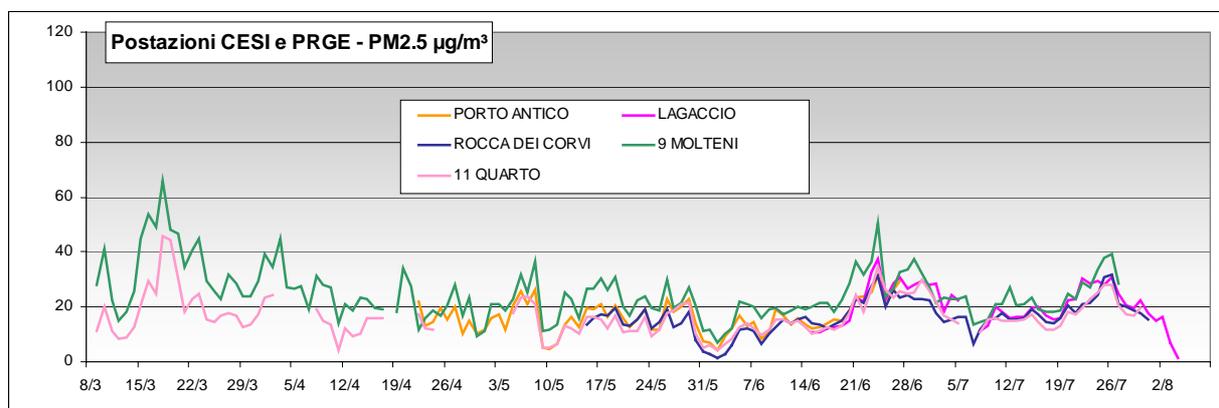
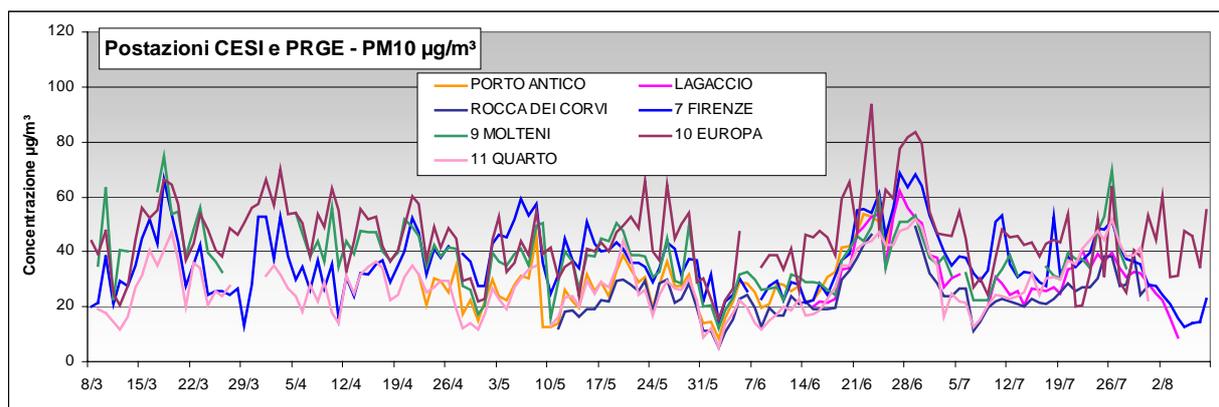
Nello stesso rapporto sono riportate anche le elaborazioni dei dati meteorologici con le rose dei venti totali, diurne, notturne e per tipo di tempo.

La presentazione dei risultati delle analisi chimiche per la valutazione dei microinquinanti atmosferici, effettuate nei giorni di campionamento, è riportata nel rapporto n° A7007030.

Nel presente rapporto si illustrano i risultati salienti e si rimanda ai rapporti citati per le elaborazioni e le presentazioni di dettaglio.

5.1 Qualità dell'aria: particolato aerodisperso fine

In termini di qualità dell'aria si presenta l'andamento temporale del particolato atmosferico fine analizzato in specifico per il PM10 ed il PM2.5.



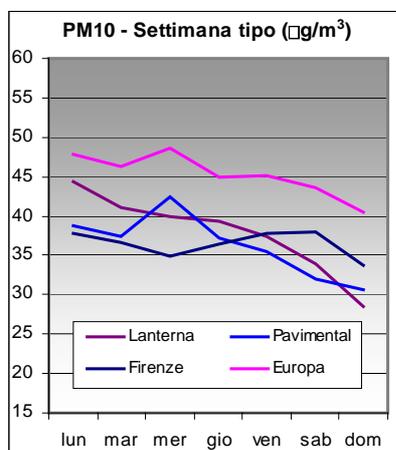
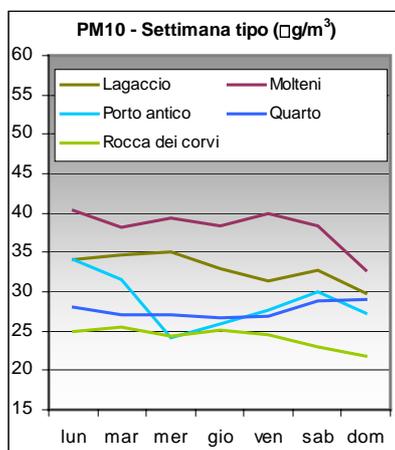
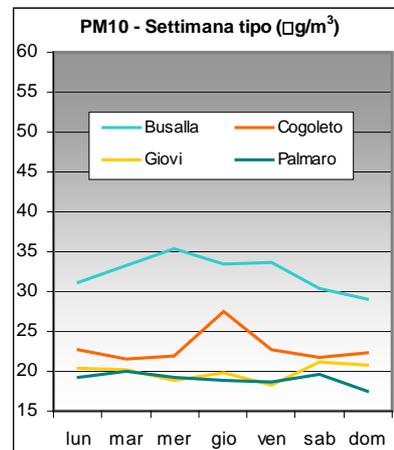
I valori del PM10 risultano abbastanza elevati portando al superamento della soglia di 50 µg/m³ in diverse postazioni site nell'area urbana. In particolare nel periodo dal 20 al 30 giugno si è riscontrato un rialzo generalizzato a valori molto elevati e continui. Anche il PM2.5, sia pur con minore evidenza ha

manifestato lo stesso andamento, evidenziando invece molto più chiaramente del PM10 il secondo evento avvenuto in luglio esattamente ad un mese di distanza dal primo.

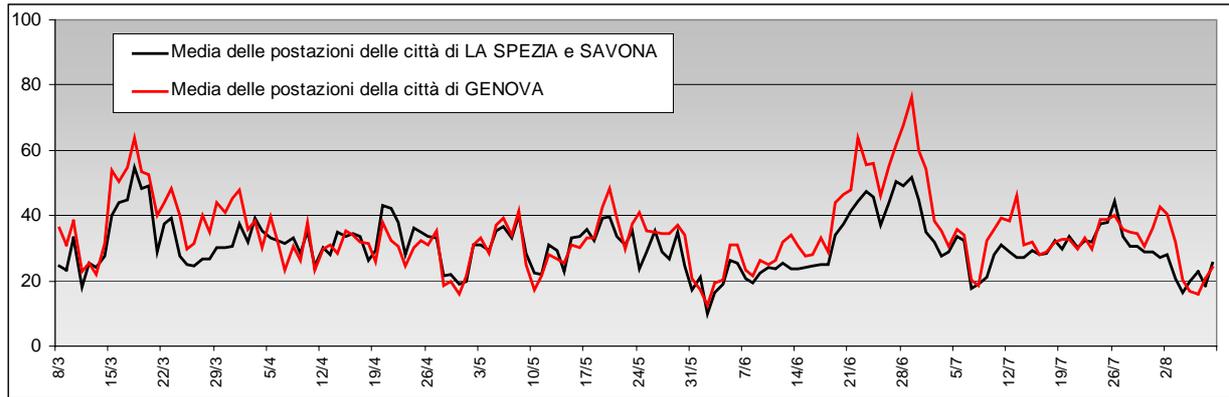
Analizzando la seguente tabella si riscontra una concentrazione media sui 5 mesi superiore al limite annuale per la postazione di Viale Europa. Valori molto elevati si riscontrano anche nelle altre postazioni, in particolare in quelle più direttamente interessate dal traffico veicolare come Via Molteni e Corso Firenze. La postazione di Lagaccio presenta un valore simile a quello di Corso Firenze, ad indicare come anche in questa zona periferica vi sia in ogni modo un effetto legato alle emissioni locali.

PARAMETRO	CONCENTRAZIONE RILEVATA NEL PERIODO DI CAMPAGNA ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)							RIFERIMENTI DM 2.4.02. N° 60 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
	Porto Antico	Rocca dei corvi	Lagaccio	9 Molteni	11 Quarto	7 Firenze	10 Europa	
Inizio	22-apr-06	30-mag-03	15-giu-06	8-mar-06	8-mar-06	8-mar-06	8-mar-06	Limite finale e data di raggiungimento
Fine	27-giu-06	25-lug-03	4-ago-06	8-ago-06	8-ago-06	8-ago-06	8-ago-06	
Dati 24 h n°	67	77	49	141	153	152	152	40 01.01.2005
Media	29	24	33	38	27	33	42	

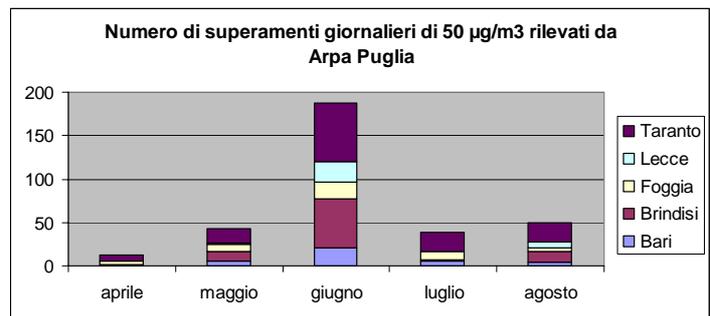
Le postazioni attivate da Cesi, con l'esclusione di Via Molteni già inizialmente considerata come riferimento per l'inquinamento da traffico veicolare, si collocano in posizione intermedia tra quelle urbane e quelle classificabili di fondo. Esse presentano andamenti specifici e possono evidenziare, quando presente, il contributo della centrale.

**Postazioni cittadine
rete Provincia GE**

Postazioni CESI

**Postazioni esterne
all'area urbana
rete Provincia GE
classificabili di fondo**


Un'analisi preliminare per l'interpretazione dei rialzi di fine giugno e fine luglio è stata effettuata confrontando le misure rilevate nell'intero comprensorio ligure. Si riporta nel grafico seguente l'andamento medio rilevato.



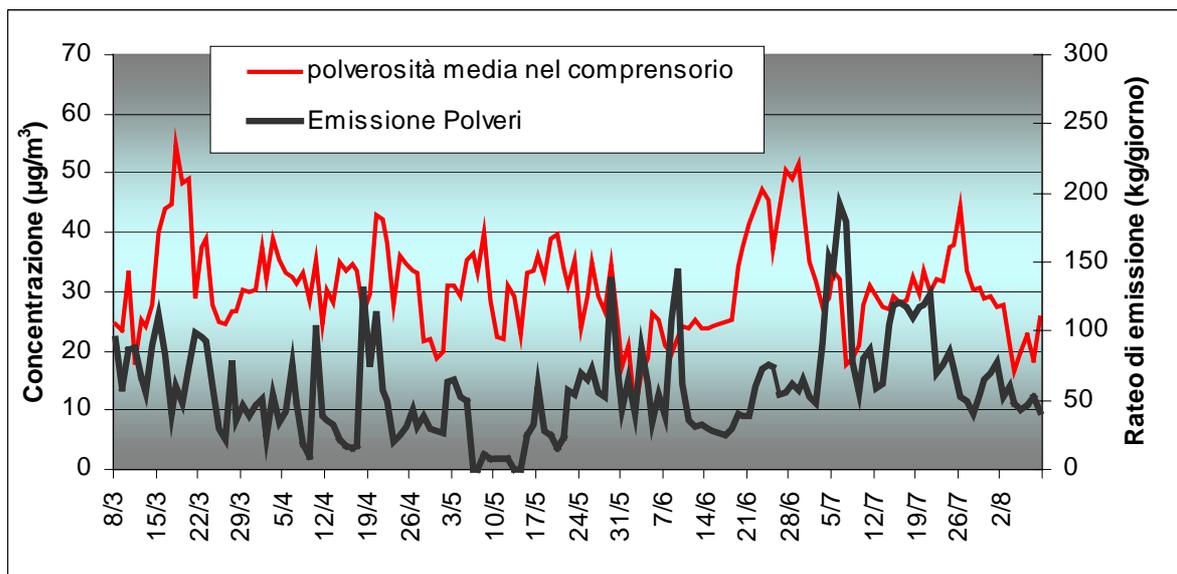
La correlazione è sorprendente e indica chiaramente come questo rialzo non sia da imputare a sorgenti locali, bensì a fenomeni di più grande scala, almeno regionale. Anche se non è possibile dimostrare la dimensione nazionale del fenomeno, si segnala che anche in Puglia nel mese di giugno si sono riscontrati molti più superamenti che non nei mesi precedenti e seguenti.



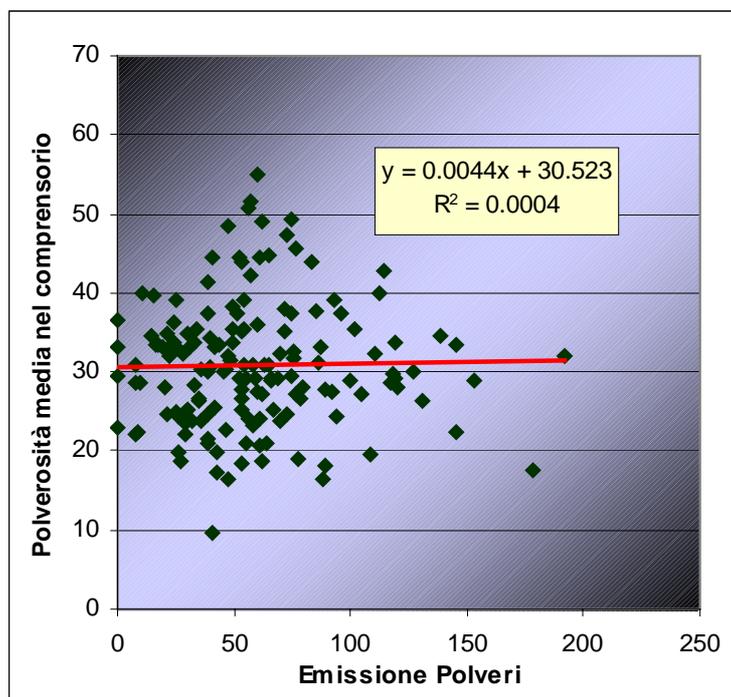
La situazione meteorologica associata a quest'evento mostra una prolungata presenza del tipo di tempo 5 (dal 9 al 20 giugno), determinato da un'estensione eccezionale dell'anticiclone delle Azzorre all'Europa centrale. L'arrivo di una perturbazione tra il 21 ed il 23 ha permesso il primo ridursi delle concentrazioni. La ripresa delle condizioni anticicloniche il 26 giugno ne ha determinato di nuovo, un ulteriore rialzo.

La situazione meteorologica che determina la riduzione della concentrazione di particolato atmosferico, è quella che induce sul sito venti settentrionali di più elevata intensità. Ciò è emerso dall'analisi della correlazione con i dati di vento misurati in sito.

La correlazione con l'emissione della centrale è stata ricercata mettendo in relazione l'emissione giornaliera di polveri dal camino con l'andamento del PM10 nell'intero periodo, e valutandone la retta di correlazione.



I risultati mostrati in figura mostrano l'assenza pressoché assoluta di correlazione, indicando come il particolato emesso dalla centrale non possa essere la causa dei particolari rialzi riscontrati.

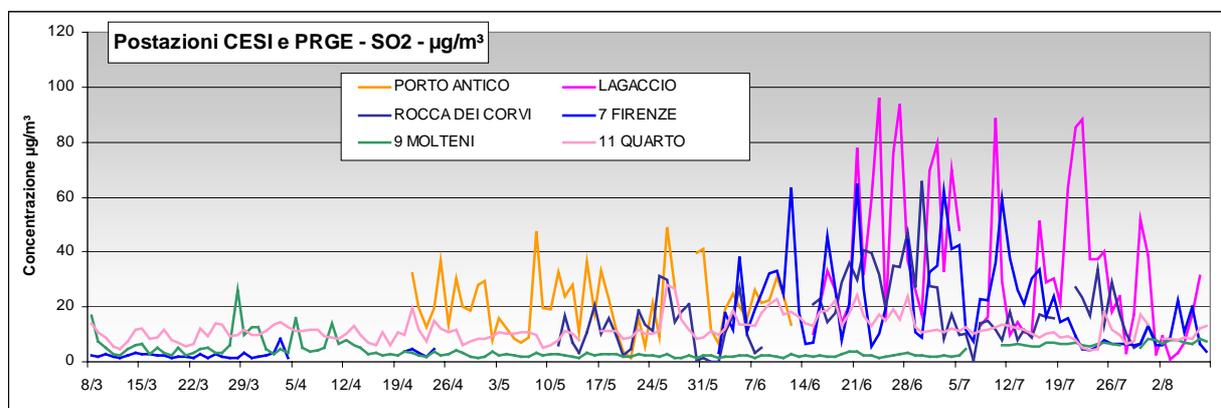


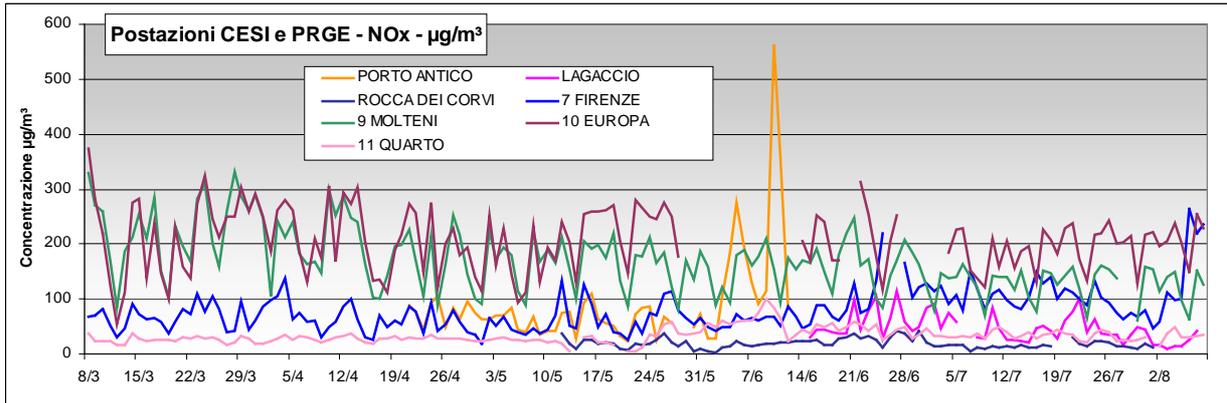
Con questo non è assolutamente affermata l'assenza di effetti delle emissioni della centrale sull'inquinamento urbano di Genova in termini di particolato ma è necessario un approfondimento per valutarne il contributo effettivo rispetto alle altre sorgenti che insistono sul territorio.

5.2 Qualità dell'aria: inquinanti gassosi

L'analisi fenomenologia si è rivolta in particolare anche agli altri inquinanti gassosi rilevati nelle diverse postazioni di misura e ne ha analizzato gli andamenti in funzione delle direzioni del vento e della correlazione con i parametri di emissione.

In particolare si sono analizzati gli andamenti degli ossidi di zolfo e degli ossidi di azoto che presentano gli andamenti riportati in figura.



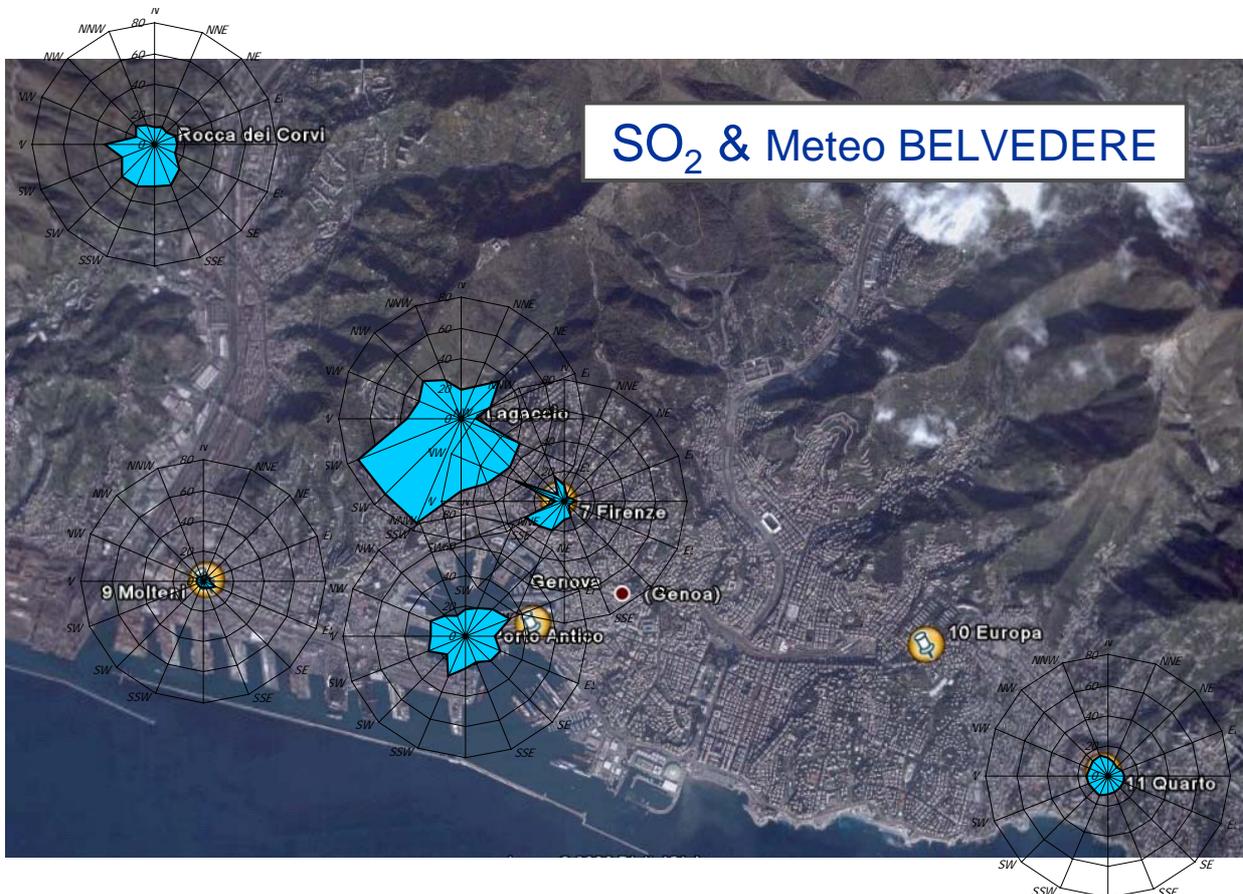


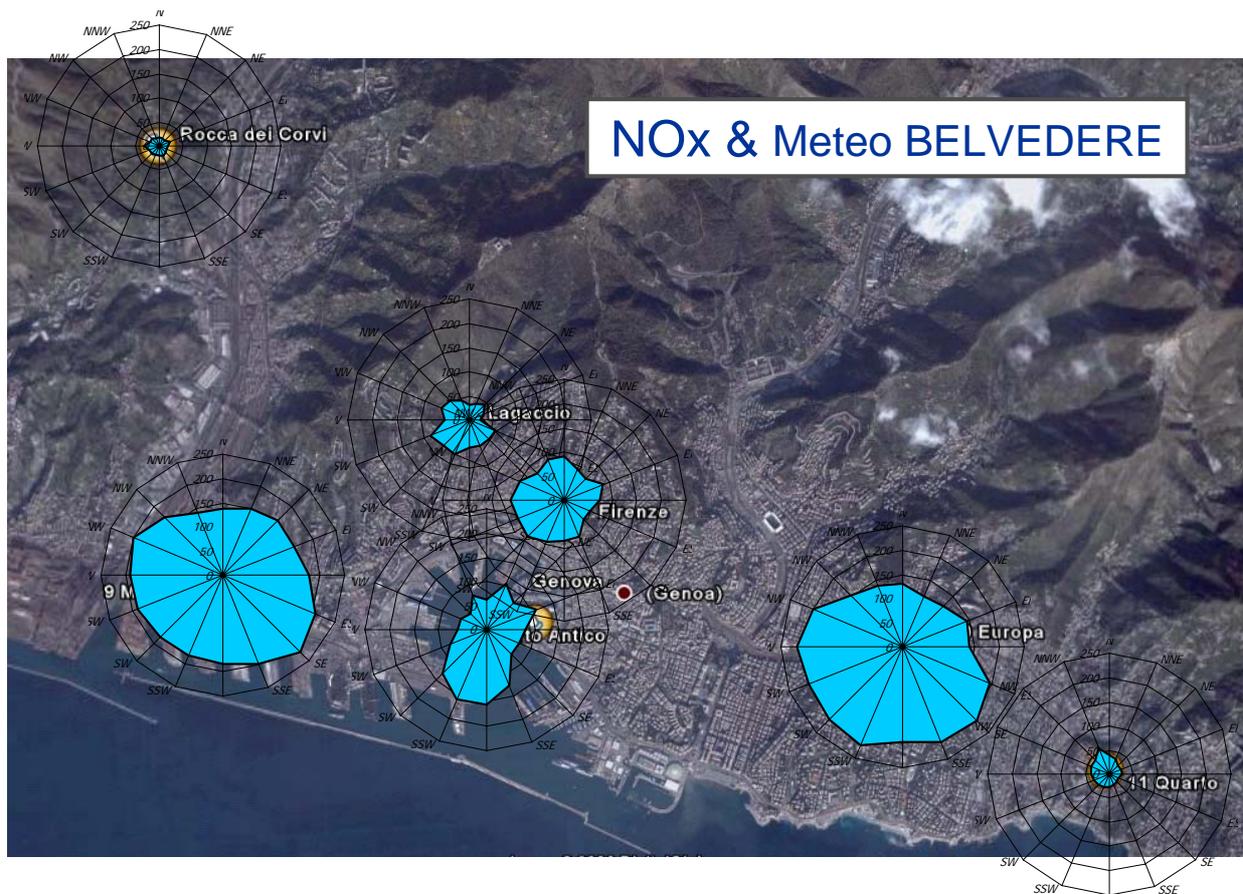
Per quanto riguarda la SO₂ si denotano valori notevolmente bassi a Via Molteni, mentre si evidenzia un incremento delle concentrazioni nel periodo di giugno e luglio che interessa le postazioni di Via Firenze e Lagaccio.

Gli NO_x confermano la caratteristica di postazione urbana per Via Molteni (che presenta concentrazioni simili a Corso Europa) ed in parte anche per Corso Firenze. Non si hanno variazioni nelle concentrazioni medie di Porto Antico e Lagaccio, se si esclude il caso di rialzo, nella prima di esse, legato ad una particolare situazione di movimento di rimorchiatori in porto, segnalato dagli operatori durante un controllo.

Una prima valutazione delle situazioni di rialzo in funzione delle condizioni di trasporto degli inquinanti è stata realizzata calcolando le cosiddette rose di vento-concentrazione.

Quest'elaborazione si riferisce al calcolo della concentrazione media per ciascuna direzione di provenienza del vento e dà evidenza delle direzioni associate ai valori più alti riscontrati o a contributi costantemente elevati. Per l'elaborazione sono stati utilizzati i dati di vento di Belvedere.





Le direzioni indicate dalle rose di SO₂ mostrano le concentrazioni più elevate essere associate a provenienze diverse per ciascuna postazione, direzioni che si possono ricondurre in molti casi alla sorgente costituita dalla centrale Enel.

Le direzioni indicate dalle rose di NO_x, invece, mostrano concentrazioni mediamente più omogenee in funzione della direzione di provenienza, anche se solo in alcuni casi si possono ricondurre alla sorgente costituita dalla centrale Enel.

L'analisi del valore medio non porta ad una indicazione significativa in quanto lo stesso valore può essere ottenuto dal contributo di pochi valori di picco o da una costanza di valori mediamente elevati.

L'utilizzo dei dati di vento di una singola stazione meteorologica per tutte le postazioni di qualità dell'aria, su un sito così orograficamente complesso, può essere fuorviante poiché la stazione meteorologica può non essere rappresentativa di tutto il territorio considerato.

Per questi motivi è stata predisposta un'elaborazione più completa per l'attribuzione delle condizioni di sottovento alla centrale Enel, e selezionare così le reali concentrazioni da considerare. Inoltre, non si effettueranno più i confronti con il solo valore medio ma anche con la mediana, il minimo, il massimo e i quartili della distribuzione dei dati.

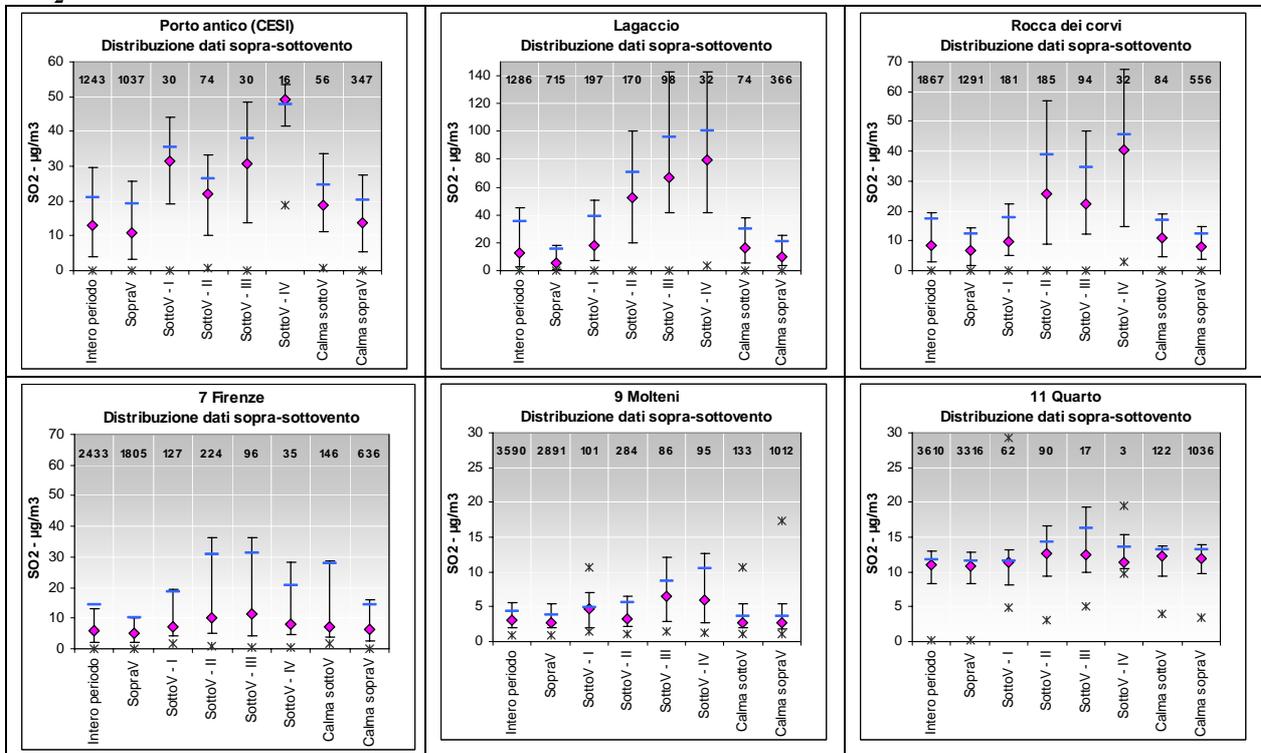
Considerando i settori indicati in figura sono state elaborate diverse classi di sottovento e di sopravvento in funzione della rappresentatività delle stazioni meteorologiche disponibili sul territorio e delle condizioni di intensità del vento. Per la descrizione dettagliata del metodo di selezione si rimanda al citato rapporto di analisi fenomenologica (n° A7004876).

Le classi di valutazione della distribuzione dei dati, riportate nelle figure, sono relative all'intero periodo; alle condizioni di sopravvento, a quattro condizioni di sottovento (valutate in base alla significatività della postazione meteorologica che definisce tale condizione) e a due condizioni di calma (una delle quali verifica l'eventuale presenza di sottovento). La classe IV di sottovento è quella che lo definisce pressoché assoluto. Per ciascuna classe è indicato in alto il numero dei casi.

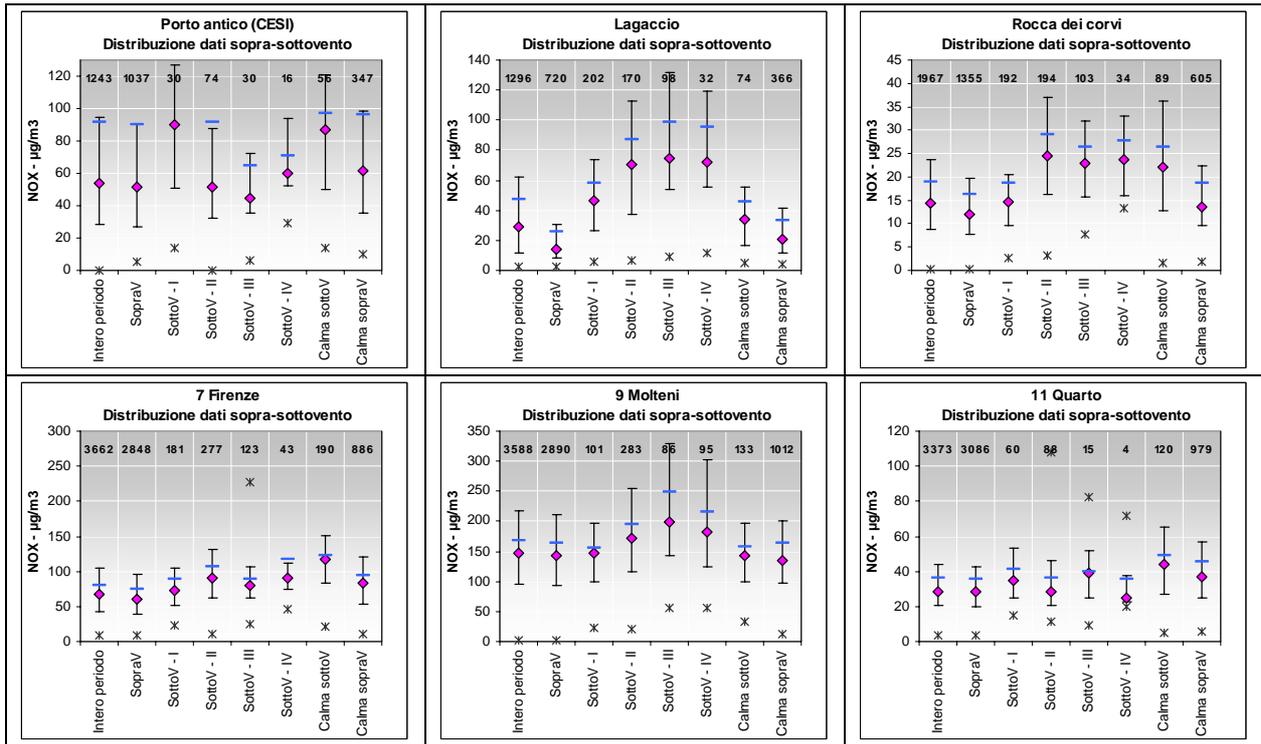
Per SO₂ ed NO_x si sono effettuate le elaborazioni sia sui dati orari che su quelli giornalieri mentre per il PM10 è stato possibile valutare solo i dati sulle 24 ore.



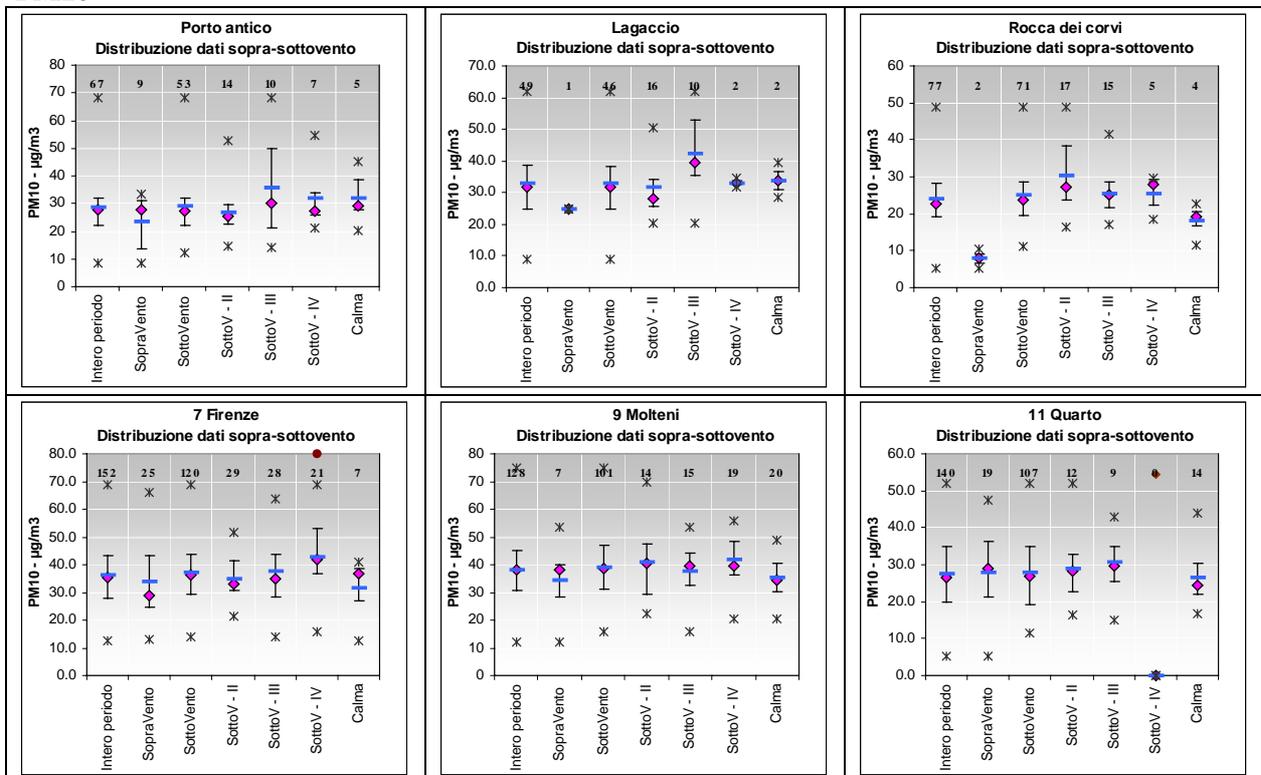
SO₂



NOx



PM10



Sia in termini di SO₂ che di NO_x le postazioni che evidenziano un contributo della centrale Enel, qualora si verificassero le condizioni di sottovento, sono Lagaccio, Rocca dei Corvi e Porto Antico. Nelle postazioni di Via Molteni e Corso Firenze il rialzo, presente solo per la terza e la quarta classe di sottovento, non risulta significativamente diverso dalle condizioni di sopravento e/o di calma. Nella

postazione di Quarto, invece, le condizioni di calma presentano concentrazioni più elevate di quelle del sottovento.

Nelle condizioni di sottovento l'incremento delle concentrazioni, rispetto alle condizioni di sopravvento o di calma, può essere stimato per le situazioni di picco (valori orari) in un fattore che varia da 2 (a Rocca dei Corvi) a 6 (a Lagaccio), mentre per le medie giornaliere non si supera il fattore 3, neppure a Lagaccio. A Porto Antico la SO₂ presenta i valori più elevati nelle condizioni di calma sopravvento.

In relazione alle concentrazioni medie giornaliere per il Particolato fine non si rileva alcun incremento se non un lieve accenno, in condizioni non completamente sottovento, nella postazione di Lagaccio.

Una analisi alternativa, fatta sul PM10 selezionando le postazioni che risultavano esser influenzate dal pennacchio della centrale (sulla base delle elaborazioni fornite da DIFI) da quelle sopravvento e/o di fondo (esterne al territorio del Comune di Genova), ha mostrato solo in 2 casi su 11 la presenza di una tendenza all'incremento. In generale i valori sopravvento e/o di fondo sono dello stesso ordine di grandezza di quelli di sottovento.

5.3 Correlazione tra immissioni ed emissioni

A completamento di quest'analisi fenomenologica si sono considerate anche le altre sorgenti presenti sul territorio valutandone la correlazione con le concentrazioni misurate. Tra le sorgenti presenti sul territorio si sono considerate quelle indicate al capitolo 4 ovvero la Centrale Enel, il traffico veicolare, il traffico portuale ed il riscaldamento.

Per ogni postazione sono state pertanto messe in relazione le concentrazioni misurate dei diversi parametri chimici di qualità dell'aria con i corrispondenti valori di emissione giornalieri.

Per la centrale Enel, essendo disponibili i relativi dati di emissione, il confronto è stato valutato direttamente per specie chimica, mentre per il traffico stradale, l'attività portuale e il riscaldamento in confronto è stato fatto con la variabile surrogato per cui è ipotizzabile una proporzionalità con l'emissione.

I risultati sono riportati nelle tabelle seguenti che mostrano in evidenza le correlazioni più significative in termini statistici.

Porto antico						
Correlazioni	Presenze in porto	Arrivi e Partenze	Totale traffico portuale	Traffico veicolare	Emissione C.le ENEL	Riscaldamento
PM10	0.0849	0.1410	0.1324	0.0432	0.1230	-0.3326
SO ₂	-0.1484	0.0474	-0.0905	0.0087	0.0907	0.1582
NO _x	-0.2090	0.1776	-0.0749	-0.1836	0.0492	-0.0936

9 Molteni						
Correlazioni	Presenze in porto	Arrivi e Partenze	Totale traffico portuale	Traffico veicolare	Emissione C.le ENEL	Riscaldamento
PM10	0.0870	-0.0128	0.0477	0.2612	0.0067	0.3093
NO _x	-0.0769	-0.0705	-0.0856	0.4228	0.1212	0.3683

Lagaccio						
Correlazioni	Presenze in porto	Arrivi e Partenze	Totale traffico portuale	Traffico veicolare	Emissione C.le ENEL	Riscaldamento
PM10	0.2808	0.0837	0.1979	0.2095	-0.0786	n.p.
SO ₂	0.3036	0.0983	0.2192	0.0095	0.4050	n.p.
NO _x	0.3548	0.1235	0.2614	0.1103	0.2053	n.p.

Rocca dei corvi

Correlazioni	Presenze in porto	Arrivi e Partenze	Totale traffico portuale	Traffico veicolare	Emissione C.le ENEL	Riscaldamento
PM10	0.3040	0.1696	0.2692	0.2017	0.0130	-0.6876
SO2	0.2803	0.1489	0.2428	0.1561	0.4840	-0.3395
NOx	0.2253	0.1453	0.2089	0.4311	0.1790	0.4900

7 Firenze

Correlazioni	Presenze in porto	Arrivi e Partenze	Totale traffico portuale	Traffico veicolare	Emissione C.le ENEL	Riscaldamento
PM10	0.4153	0.1757	0.3487	0.2512	0.0079	-0.2257
SO2	0.3077	0.3279	0.3494	-0.0041	-0.1672	-0.4864
NOx	0.1266	0.3465	0.2674	-0.0151	0.2558	0.0651

10 Europa

Correlazioni	Presenze in porto	Arrivi e Partenze	Totale traffico portuale	Traffico veicolare	Emissione C.le ENEL	Riscaldamento
PM10	0.1011	0.0141	0.0689	0.1408	0.0078	0.1290
NOx	-0.0797	0.1665	0.0451	0.3428	0.1072	-0.0060

11 Quarto

Correlazioni	Presenze in porto	Arrivi e Partenze	Totale traffico portuale	Traffico veicolare	Emissione C.le ENEL	Riscaldamento
PM10	0.1557	0.1222	0.1625	-0.0429	-0.0253	0.0603
SO2	-0.0602	0.1946	0.0700	0.0697	0.0720	-0.2152
NOx	-0.0909	0.3027	0.1106	0.0797	0.0963	0.0136

La postazione di Porto Antico non presenta correlazioni significative con nessuna delle sorgenti considerate. In merito al PM10, la correlazione più elevata è con il traffico portuale seguita dalla centrale Enel.

Si conferma per Via Molteni il suo carattere di postazione per il controllo del traffico veicolare, anche se la postazione riscontrano correlazioni significative anche con il riscaldamento, sia per il PM10, sia per gli ossidi di azoto.

Lagaccio presenta un'alta correlazione con le emissioni della centrale Enel relativamente all'SO₂. La correlazione con gli ossidi di azoto è invece ridotta in quanto emerge la presenza del contributo delle emissioni portuali per le navi ferme in rada. Questa correlazione è confermata dal totale del traffico portuale ed è omogenea per tutti i parametri inquinanti: in particolare per il PM10 essa è preponderante rispetto a quella della centrale Enel.

A Rocca dei Corvi si ritrova un'alta correlazione con la Centrale Enel per la SO₂, mentre per gli NOx si evidenzia il contributo del traffico veicolare e del riscaldamento. Il PM10 è invece maggiormente correlato con le presenze in Porto.

Nella postazione di Corso Firenze non si riscontra correlazione con la centrale Enel se non, ma solo in parte, per gli ossidi di azoto. Questi si presentano correlati maggiormente con gli arrivi e le partenze delle navi dal Porto. In questa postazione la SO₂ è invece pressoché completamente correlata con le attività portuali, ed il PM10 lo è sia con le presenze in porto che con il traffico veicolare.

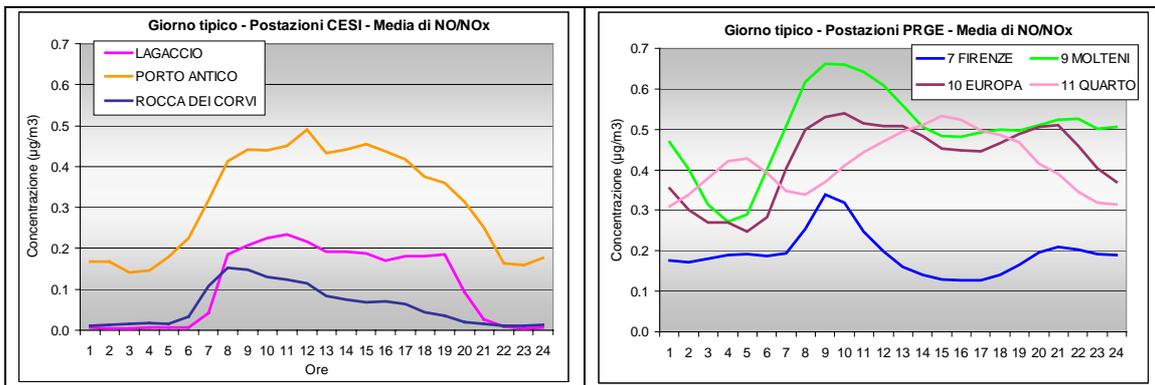
Corso Europa conferma la sua caratteristica di rilevamento dell'inquinamento da traffico a cui somma il contributo degli arrivi e delle partenze delle navi dal porto.

Lo stesso accade per la stazione di Quarto che maggiormente presenta questa correlazione sia per gli NOx che per la SO₂ e il PM10, mostrando l'assenza di correlazione sia con il traffico, che con il riscaldamento e con la centrale Enel.

In conclusione l'incidenza della centrale Enel è verificata per la SO₂ nelle postazioni di Lagaccio e Rocca dei Corvi mentre per gli NO_x si riscontra solo in seconda battuta nelle stesse postazioni e in Corso Firenze.

Relativamente agli ossidi d'azoto, al fine di verificare se le sorgenti che contribuiscono sono vicine o lontane, si può analizzare il rapporto NO/NO_x. Considerando che alle emissioni il rapporto tra NO ed NO₂ è decisamente sbilanciato verso l'NO e che l'NO₂ si forma come reazione secondaria in atmosfera, ne consegue che il rapporto NO/NO_x è elevato e quindi si può affermare che il contributo proviene in questo caso da sorgenti vicine, mentre, se prevale l'effetto di sorgenti lontane, questo rapporto diminuisce.

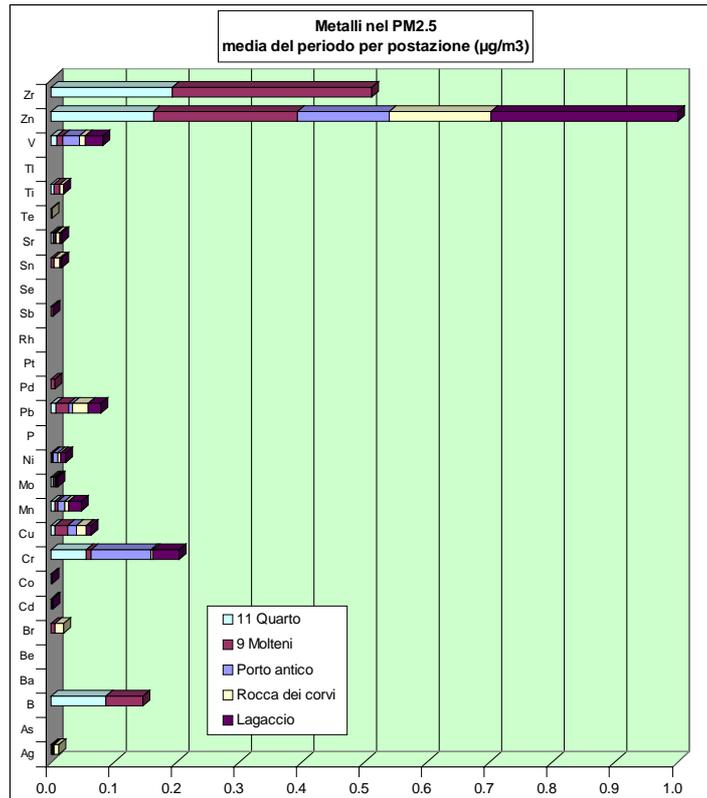
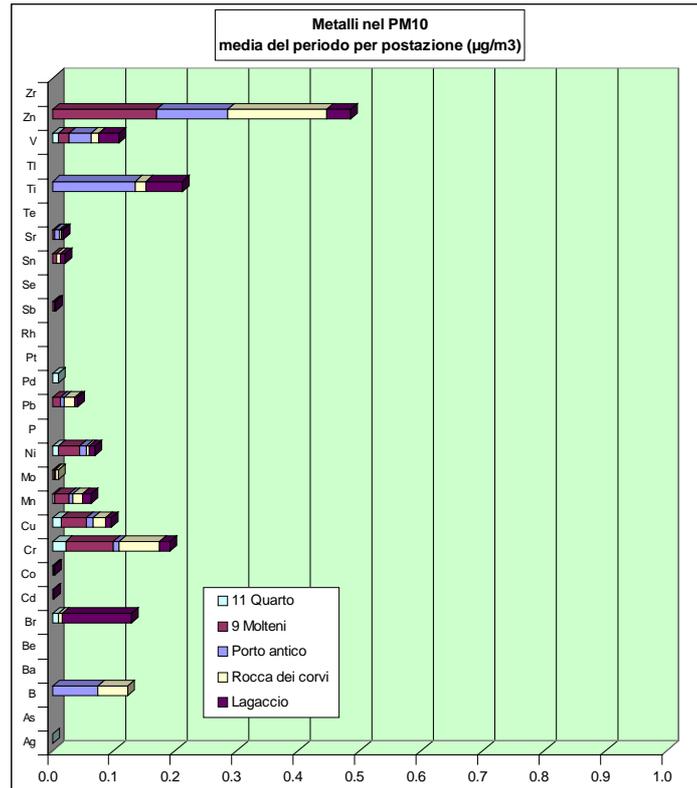
L'andamento tipico del rapporto NO/NO_x è mostrato nelle figure seguenti per le postazioni di CESI e per quelle della Provincia di Genova.



Si conferma la presenza di sorgenti vicine nelle postazioni di Via Molteni, Corso Europa, Quarto e Porto Antico, mentre è prevalente l'effetto di sorgenti lontane nelle altre postazioni. Nelle prime tre postazioni la sorgente più vicina è quella del traffico veicolare mentre a Porto Antico è quella del traffico navale.

5.4 Microinquinanti atmosferici: metalli pesanti nel particolato

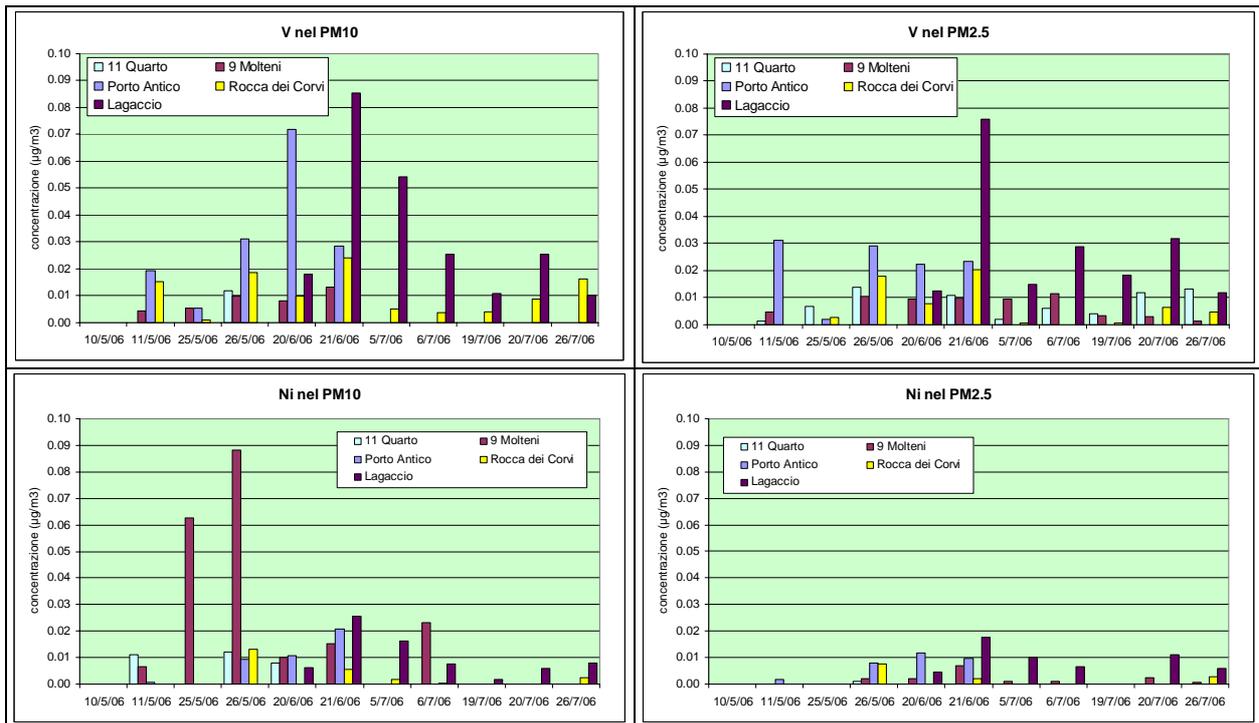
Le analisi eseguite sui campioni di polvere fine ed ultrafine, raccolti giornalmente nelle postazioni attivate da CESI, hanno permesso di rilevare la presenza dei metalli pesanti nell'area urbana di Genova. Le giornate scelte sono le stesse in cui sono stati effettuati i campionamenti speciali di misura dei microinquinanti, giornate significative per le condizioni meteorologiche individuate con i tipi di tempo.



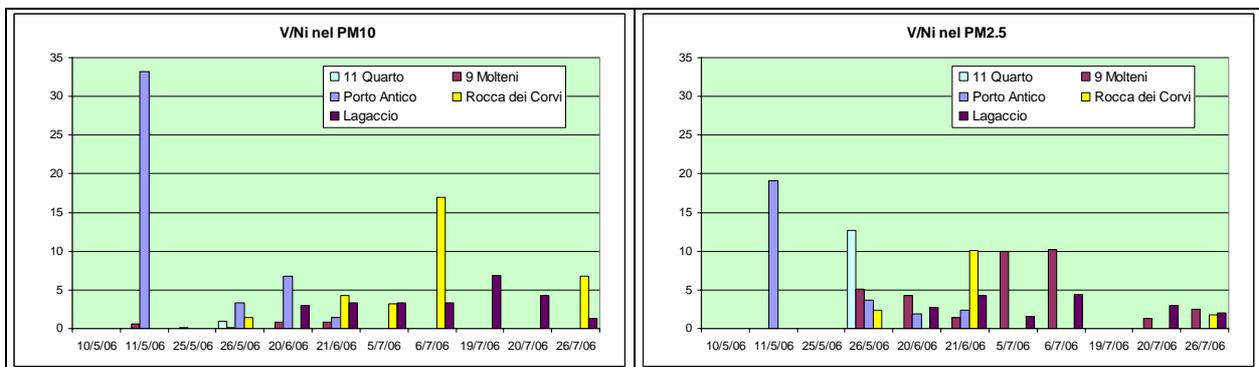
Elementi indicatori della presenza della centrale Enel, considerando che il combustibile principale utilizzato è il carbone, possono essere identificati dal Se e dall'As.

Elementi indicatori della presenza di combustione di olio pesante sono invece il Ni ed il V.

L'andamento di questi metalli nelle diverse postazioni per ciascuna giornata di campionamento è riportato nelle figure seguenti. I valori di As e Se sono risultati sempre inferiori al limite di rilevabilità in tutte le postazioni, quindi si riportano solo gli andamenti di V e Ni.



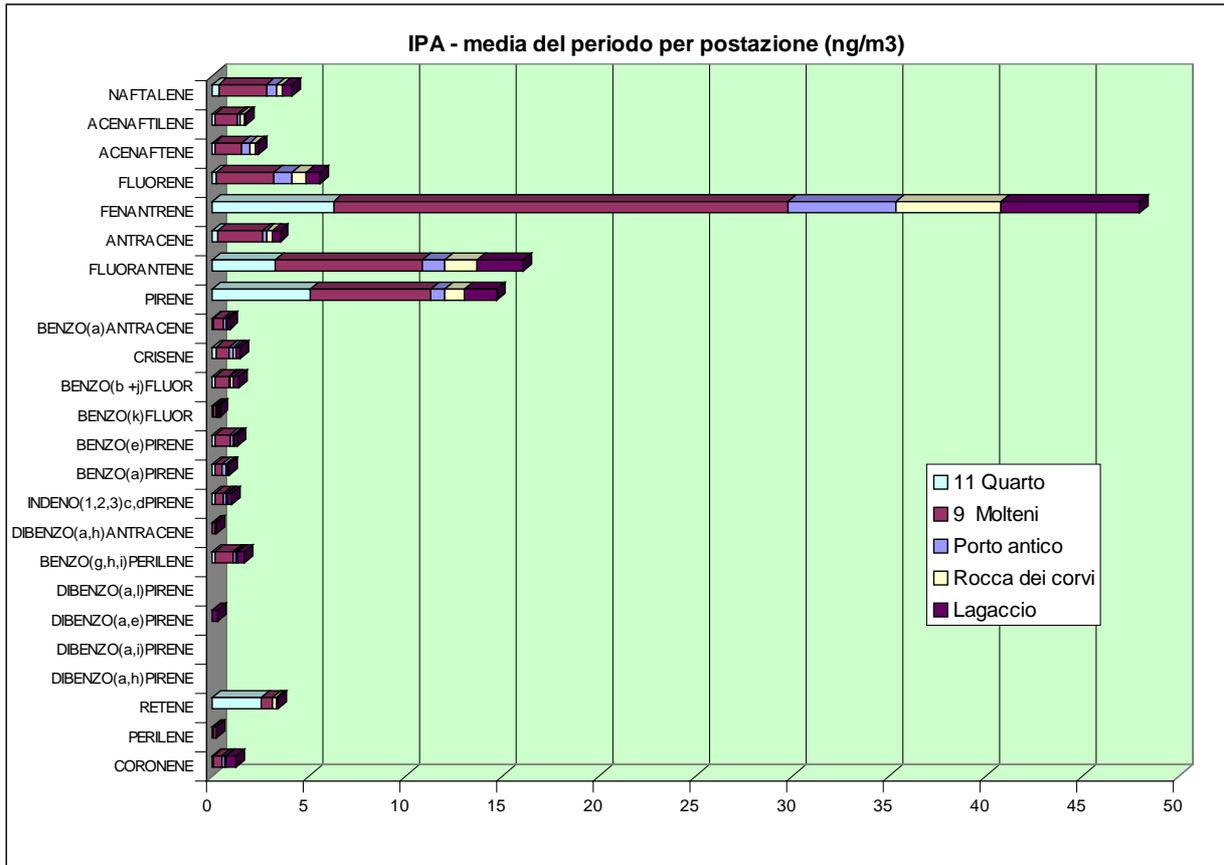
I valori più elevati sia di Vanadio che di Nichel si riscontrano a Via Molteni in maggio, e a Porto Antico e Lagaccio in giugno. In luglio a Lagaccio si conferma l'andamento specifico. Nella postazione di Rocca dei Corvi il Vanadio è quasi sempre presente mentre il Nichel lo è solo in alcuni giorni. Il rapporto V/Ni, mostrato nelle figure seguenti mostra valori abbastanza omogenei nelle diverse postazioni con valore medio intorno a 5. Una situazione particolare si riscontra a Porto Antico l'11 maggio e a Rocca dei Corvi il 6 luglio.



La presenza di V e Ni può essere associata a emissione da sorgenti di combustione che utilizzano gasolio e/o olio combustibile. Non risulta evidente un contributo specifico della combustione a carbone nella Centrale Enel quanto piuttosto un contributo del traffico navale.

5.5 Microinquinanti atmosferici: IPA, Diossine e n-paraffine nel particolato

L'analisi degli IPA nei campioni di particolato e della fase gassosa (PUF, per la raccolta di quelli volatili) mostra la presenza dei composti riportati in figura.

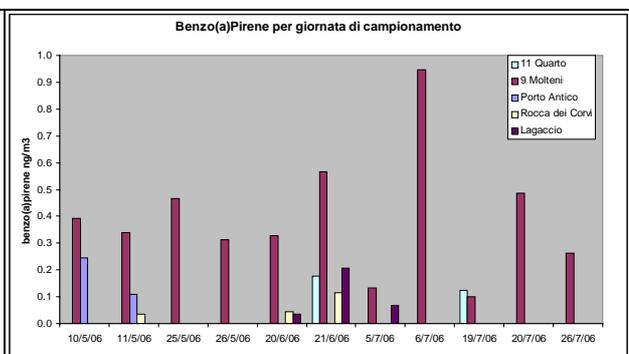
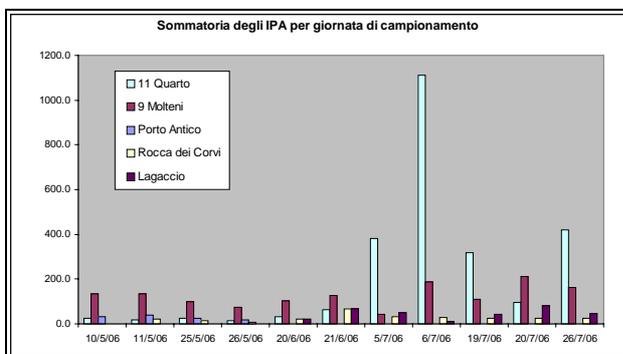


La presenza di retene può essere associata alla combustione da vegetazione ed in particolare a quella di piante di tipo resinoso. Nel periodo di indagine si è verificato tra l'altro un episodio di incendio boschivo.

Gli IPA provengono da qualsiasi processo di combustione: pertanto in base al solo profilo (rapporti relativi tra i diversi composti) non si possono fare assunzioni definitive.

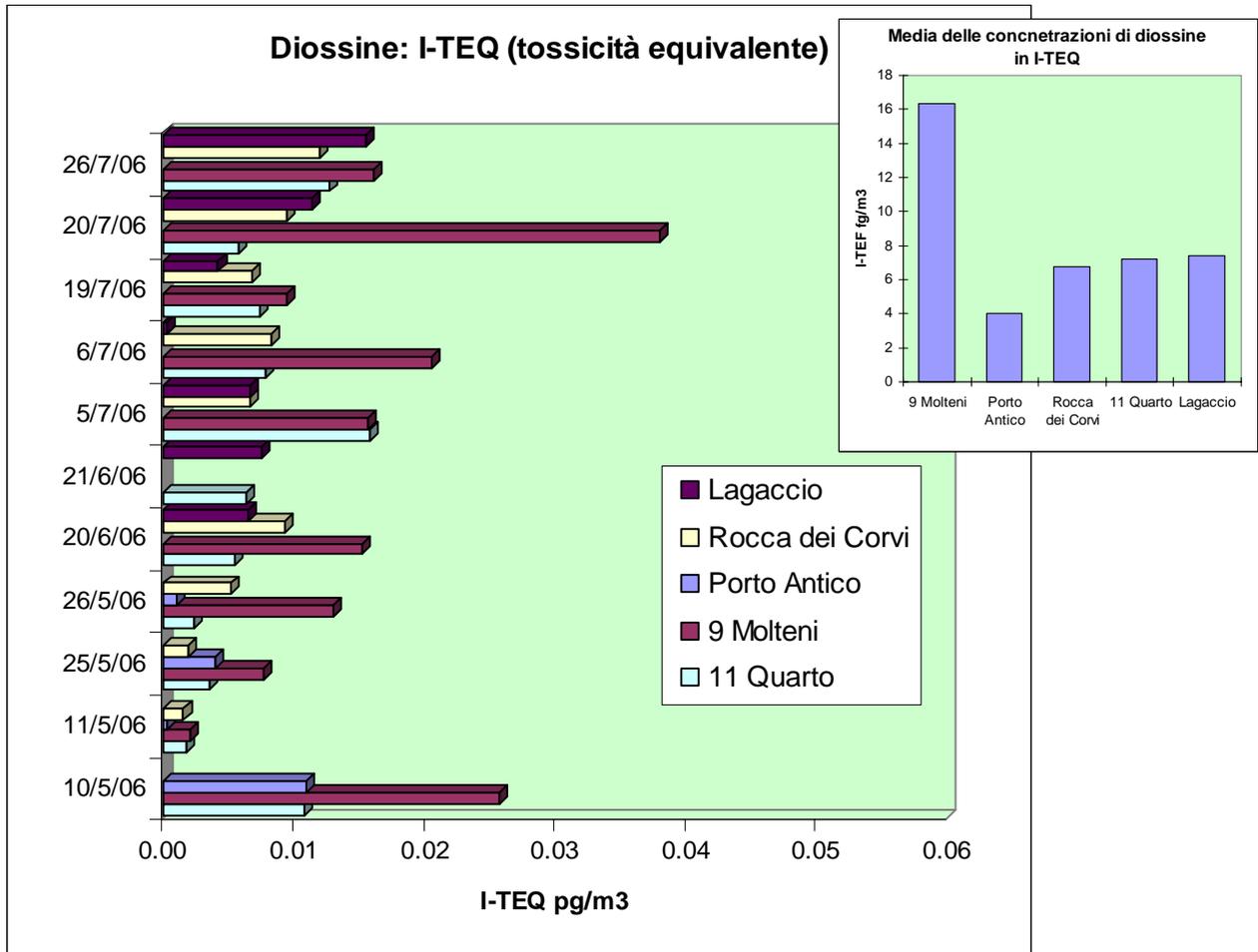
Si rimanda pertanto all'applicazione del modello di recettore, che utilizza profili reali di emissione, per pesare il contributo dei processi legati al traffico, alla centrale Enel e agli altri processi di combustione.

L'andamento nelle diverse giornate di misura mostra un incremento degli IPA totali nella seconda metà del periodo di misura in particolare nella postazione di Quarto. Il benzo(a)Pirene è sempre presente nella postazione di Via Molteni con valori mediamente elevati anche se sempre inferiori al limite normativo. A Porto Antico è presente solo in maggio, mentre a Lagaccio, a Quarto, e a Rocca dei Corvi lo si ritrova nei campionamenti tra la fine di giugno e l'inizio di luglio.



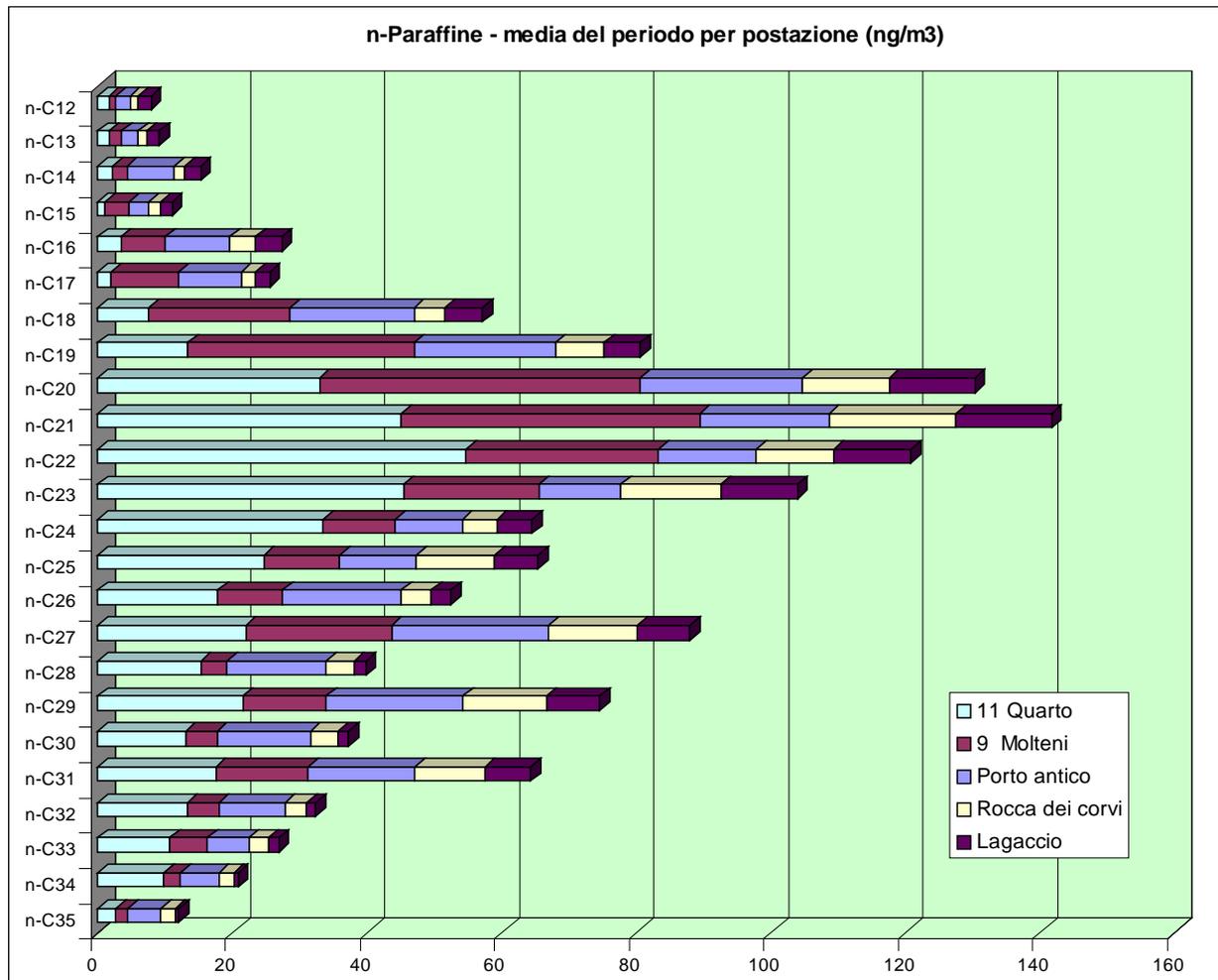
Da queste considerazioni si conferma ulteriormente il contributo del traffico veicolare (in particolare diesel) a Via Molteni, mentre nelle altre postazioni si presenta in funzione della sua maggiore o minore influenza.

Negli stessi campioni sono state analizzate anche le Diossine: si riporta nella figura seguente la concentrazione in aria espressa come tossicità equivalente nelle diverse giornate di misura e nelle diverse postazioni.



Si riscontra la presenza di diossine in tutte le postazioni di misura e in tutte le giornate di campionamento con valori comparabili a quelli misurati in altre aree urbane. I valori più elevati sono stati rilevati nella postazione di Via Molteni, mentre i minimi lo sono stati a Porto Antico per la sua vicinanza al mare e la sua maggiore esposizione al ricambio delle masse d'aria. Esiste in ogni caso un inquinamento diffuso come evidenziato dalla costanza dei valori medi nelle postazioni di Quarto, Lagaccio e Rocca dei Corvi.

Nel grafico seguente sono riportati i valori medi delle concentrazioni dei n-alcani misurati nelle diverse postazioni. Per questi composti, peraltro non normati, non è rilevante il valore del singolo composto ma l'andamento del profilo complessivo, che già da molti anni è utilizzato come indicatore della possibile sorgente emissiva.

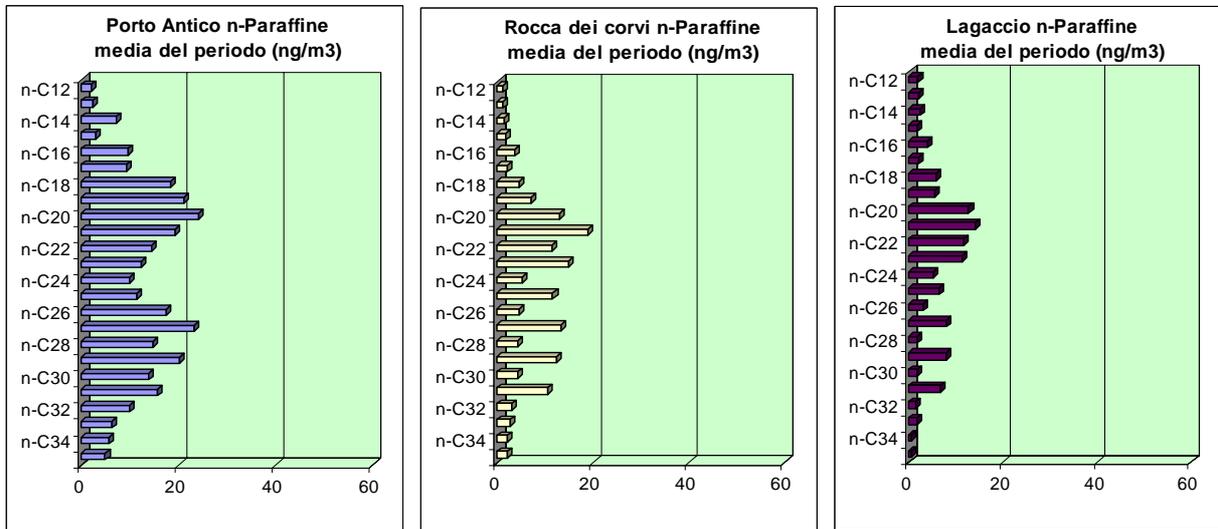
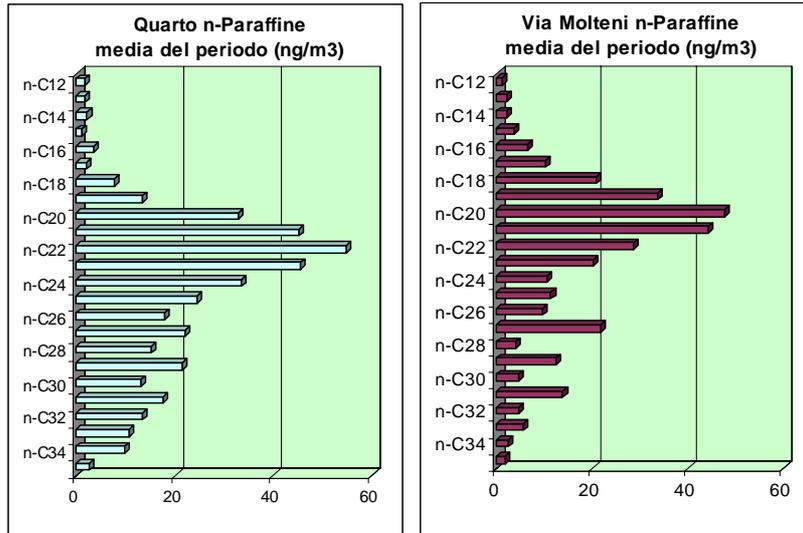


Nel nostro caso in tutte le postazioni il profilo è tipico di emissioni veicolari, in quanto il massimo si presenta in corrispondenza di C20 o C21 (configurazione determinata dalla combustione di gasolio e benzina). Per i C>25 si possono evidenziare contributi anche da n-alcani di origine biogenica e tipicamente con quelli aventi numero di atomi di carbonio dispari.

Allo scopo di evidenziare le caratteristiche delle cinque postazioni si sono messi in grafico i profili singolarmente.

Risulta evidente che:

- ◆ In tutte le postazioni è presente la sorgente traffico identificabile con il tipico profilo dei composti tra C16 e C24 e massimo a C20.
- ◆ Il secondo massimo della distribuzione bimodale presente nella postazione di Porto Antico, è attribuibile al traffico navale. Un profilo analogo si riscontra anche nella postazione di Quarto per le paraffine C>25.
- ◆ Le influenze biogeniche sono molto evidenti a Rocca dei Corvi e Lagaccio dove i n-alcani dispari sono sempre maggioritari rispetto a quelli pari nell'intervallo C24 – C36.



Non è possibile allo stato attuale identificare contributi specifici della combustione a carbone, ma solo stimare nei vari campioni gli apporti agli n-alcani dovuti alle due macrocategorie relative ai contributi antropogenico e biogenico. È per altro possibile stimare la ripartizione tra n-alcani biogenici ed antropogenici attraverso un apposito metodo di calcolo. I risultati dettagliati sono riportati nel rapporto citato di n° A7007030 e riassunti nella tabella che segue.

postazione	% n-alcani antropogenici	% n-alcani biogenici
Via Molteni	78-96	4-22
Porto Antico	85-96	4-15
Rocca di Corvi	52-90	10-48
Quarto	71-98	2-29
Lagaccio	72-87	13-28

6 VALUTAZIONE DELL'APPORZIONAMENTO DEI DIVERSI CONTRIBUTI MEDIANTE L'APPLICAZIONE DEL CMB8

L'applicazione di un modello di recettore permette l'attribuzione del contributo di ciascuna sorgente attraverso il raffronto tra i profili degli inquinanti associati alle emissioni specifiche ed il livello dei medesimi inquinanti misurati in aria ambiente.

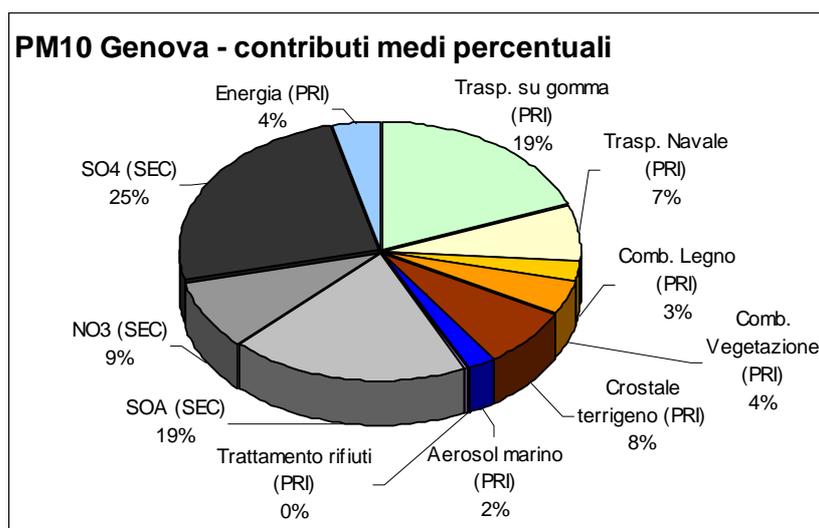
Per quanto concerne il particolato atmosferico, l'analisi consente l'attribuzione dei differenti contributi in termini di *componente primaria*. La componente secondaria, contemplata nelle componenti relative a solfati, nitrati e composti organici, è stimata come quantitativo complessivo senza distinzione tra i contributi dei settori emissivi.

Il dettaglio delle risultanze di tale applicazione nell'area urbana di Genova è riportato nel già citato documento n° A7007110 "Centrale di Genova: applicazione del modello di recettore CMB8 ai dati di polvere fine (PM10 e PM2.5) e di composti organici volatili (VOC) rilevati nel periodo 8 marzo-8 agosto 2006" dove sono illustrati i risultati dell'applicazione del modello recettore CMB8 (Chemical Mass Balance, versione 8.0, DRI, University of Nevada System, di riferimento per US-EPA), a valle della campagna sperimentale svolta, per le matrici ambientali del particolato fine ed ultrafine e dei Composti gassosi Organici Volatili.

6.1 Prima valutazione CMB8

In occasione della IV riunione del tavolo tecnico sono stati presentati i risultati della modellazione di recettore per la valutazione degli apporti di ogni singolo settore merceologico considerato.

In estrema sintesi, i risultati sono riassunti nella seguente figura che riporta l'apportamento medio sui giorni di analisi e su tutte le postazioni rilevate. Al particolato primario si attribuisce complessivamente il 47% della massa totale; i contributi primari principali afferiscono al trasporto su gomma (19%), a quello navale (7%) ed al settore elettrico (4%). Altre componenti non trascurabili sono quelle legate a processi di combustione di legno e vegetazione e, soprattutto, al risollevarimento di suoli. Notevole importanza ricopre il particolato secondario, cui si attribuisce il 53% della massa complessiva; costituito soprattutto da solfati (25% del PM₁₀ totale) e particelle derivate da precursori gassosi organici (SOA, 19%), anche se non trascurabili sono i nitrati (9%).



PRI= primario; SEC = secondario

L'importante ruolo svolto dalla componente secondaria rende necessario l'approfondimento sulla sua origine e sull'attribuzione alle differenti sorgenti in base all'emissione dei precursori gassosi da loro emessi.

Queste ripartizioni ottenute per il PM10 sono confermate dalle elaborazioni sul PM2.5 per la matrice particolato. Ripartizioni simili si ritrovano per la matrice particellare e gassosa dei Composti Organici Volatili.

6.2 Le problematiche del PM secondario

Lo stato della qualità dell'aria in un sito è il risultato della somma di contributi prodotti da una molteplicità di fattori riassumibili in:

- emissioni di sorgenti presenti sul territorio;
- trasporto da territori limitrofi di masse d'aria inquinate;
- processi di trasformazione e produzione in atmosfera che generano nuovi apporti inquinanti che non risultano essere attribuibili direttamente ad alcuna sorgente;

Differenti tipologie di sorgenti assumono ruoli differenti in funzione dell'orizzonte temporale e della scala spaziale assunta. Sorgenti puntuali, diffuse, lineari, in quota o al suolo, sono soggette a condizioni di diffusione e dispersione diverse tra loro e che ne modificano le relazioni con i livelli di concentrazione in aria, ed in particolare quella al suolo, direttamente a contatto con la popolazione.

Per alcuni inquinanti, detti *secondari*, la complessità della relazione che intercorre tra emissione ed immissione non si ferma a fenomeni di trasporto e dispersione, ma è ulteriormente complicata dai processi di trasformazione e di produzione che occorrono in atmosfera. Il termine "secondari" deriva proprio dal fatto che essi non sono emessi direttamente dalle sorgenti, ma si formano in atmosfera secondariamente alla trasformazione di precursori dalla natura anche profondamente diversa. E' il caso, ad esempio, di ozono e biossido d'azoto (inquinanti secondari gassosi) e del particolato secondario, ovvero di particelle che si formano in atmosfera per trasformazione di precursori originariamente emessi in forma gassosa (tra cui i principali sono biossido di zolfo, ossidi di azoto, composti organici volatili e ammoniaca). In questo modo, le polveri atmosferiche misurate in aria ambiente sono costituite da una frazione primaria, emessa già in forma particellare dalle sorgenti, e da una componente secondaria originatasi in atmosfera a partire da una miscela di sostanze gassose presenti in atmosfera.

Un approfondimento relativo alla composizione del particolato atmosferico nelle sue componenti granulometriche, alle reazioni chimiche che determinano le trasformazioni dei precursori e gli effetti sulla salute sono riportate in Appendice 1 - Il particolato secondario.

6.3 Il contributo dei comparti elettrico e del traffico sulle concentrazioni di PM₁₀.

Sistemi modellistici composti da modelli meteorologici e modelli di chimica e trasporto (CTM) consentono di simulare non solo il ruolo delle emissioni dirette sulla qualità dell'aria ambiente, ma anche quello delle produzioni secondarie, grazie ad appositi moduli chimici che riproducono i processi che avvengono in atmosfera. Tali modelli, consentono quindi di riprodurre le complesse relazioni che intercorrono tra l'emissione di un inquinante e la sua concentrazione al suolo su un territorio. In altre parole consentono di passare dal quadro emissivo fornito da un inventario delle emissioni (*pressione sul comparto atmosfera*) alle concentrazioni di inquinanti in aria (*stato del comparto atmosfera*). Allo stato attuale dello sviluppo scientifico, le prestazioni di questi strumenti risultano essere decisamente buone per gli inquinanti primari e per i secondari correlati all'inquinamento da ozono. Per quanto concerne il particolato atmosferico, la riproduzione modellistica risulta ancora sottostimare gli effettivi livelli di polveri misurati in aria ambiente. Ciò è dovuto sostanzialmente all'assenza negli input emissivi di alcuni contributi primari (aerosol marino, risospensione...) e di un'ancora lacunosa rappresentazione della produzione della frazione secondaria organica. In ogni caso le validazioni con i dati sperimentali

presenti in numerosi casi in letteratura evidenziano l'utilità di tali strumenti anche per l'analisi della problematica relativa alle polveri, soprattutto in termini di variazioni relative nei confronti tra scenari.

Modificando opportunamente il quadro emissivo fornito ai modelli, si rende, infatti, possibile stimare gli effetti indotti da tali modifiche sui livelli di inquinamento dell'aria ambiente. In tal modo si possono valutare gli effetti futuri dell'adozione di una politica di sviluppo o indagare sul ruolo attuale dei differenti comparti emissivi presenti sul territorio; ovvero valutare la quota parte della concentrazione in aria attribuibile a sorgenti locali e di quella proveniente da territori limitrofi.

In questo ambito ENEL e CESI hanno concordato di effettuare una valutazione dell'incidenza del settore elettrico nel comprensorio genovese, in cui l'ENEL è presente con la centrale termoelettrica di Genova. È stata condotta pertanto l'analisi riportata nel rapporto n° A7006859 che si avvale dei risultati del Progetto di Ricerca di Sistema SCENARI, svolto da CESI nel triennio 2003-2005 e finanziato dal Ministero delle attività Produttive.

L'analisi è basata sui dati estratti da simulazioni modellistiche annuali a scala nazionale, relative all'anno 2000, che hanno riprodotto i seguenti scenari:

- **Caso Base:** ricostruzione della qualità dell'aria per l'anno meteorologico 1999 e quadro emissivo per l'anno 2000;
- **Caso Noel:** ricostruzione in assenza delle emissioni dell'intero settore elettrico nazionale;
- **Caso Notr:** ricostruzione in assenza delle emissioni dell'intero settore dei trasporti nazionale (stradali, navali ed aerei);

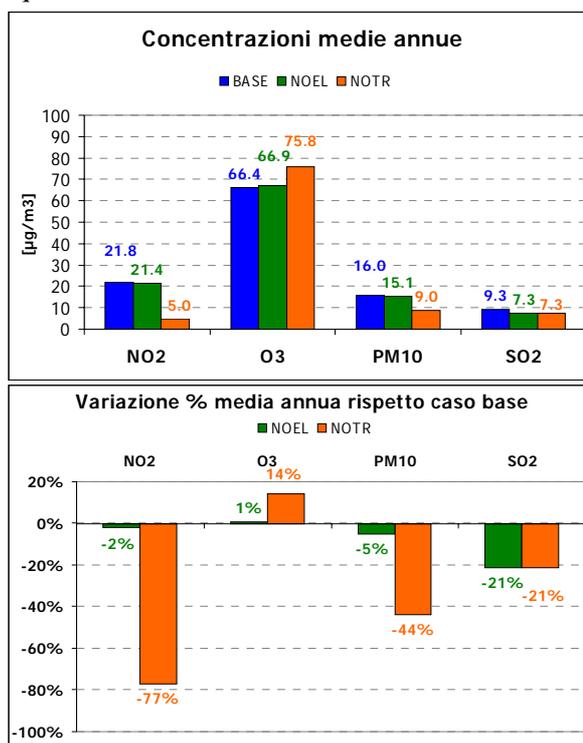
Interessando gli interi sistemi nazionali, le variazioni degli stati di qualità dell'aria riportate fanno quindi riferimento ad azioni di portata ben maggiore che non lo spegnimento della sola Centrale da un lato, o del sistema genovese dei trasporti (stradale, aereo e navale) dall'altro. Tuttavia, il confronto effettuato all'interno del comprensorio genovese è reso sicuramente lecito dalle seguenti considerazioni:

1. Per il settore elettrico la stima è cautelativa: sono considerati, infatti, anche gli effetti sulla qualità dell'aria di numerose altre sorgenti del settore elettrico (tutte quelle nazionali) e non solo dell'impianto di Genova;
2. Le emissioni del settore dei trasporti, situate a bassa quota, riflettono effetti sicuramente molto più localizzati che non le emissioni puntuali in quota.

Nell'istogramma sono riportate le stime relative alle concentrazioni medie annue calcolate dal modello CAMx nella cella di Genova per le tre simulazioni. Nel secondo istogramma sono riportate le riduzioni percentuali rispetto al caso base ottenute nei due scenari esaminati (NoEL e NoTR).

Prendendo in considerazione il PM10, l'eliminazione delle emissioni del settore elettrico incide per il 5% in termini di concentrazione media annua e per il 2% sulla concentrazione massima oraria. Le corrispondenti riduzioni ottenibili in assenza delle emissioni dei trasporti sono ben maggiori e pari al 44% e al 30% rispettivamente.

In termini di composizione del particolato totale per settore, lavorando per differenza rispetto alle simulazioni condotte è possibile calcolare la composizione della media annua del PM10 attribuibile al settore elettrico e a quello dei

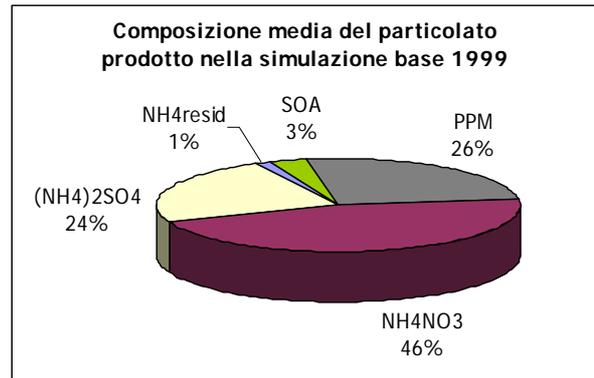


trasporti

Il grafici a lato è relativo alla concentrazione media annua di PM10 prodotto dal modello CAMx per il caso base. Essa è composta per il 26% da particolato primario e per il 74% da particolato secondario.

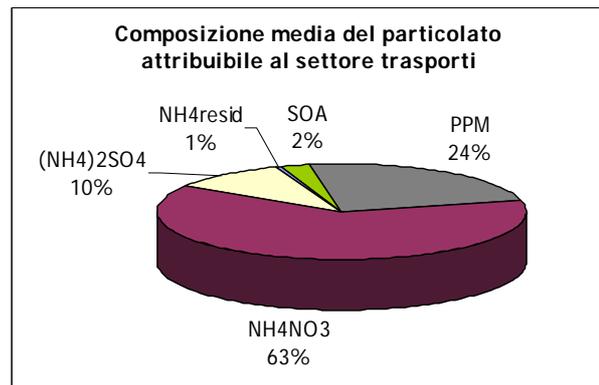
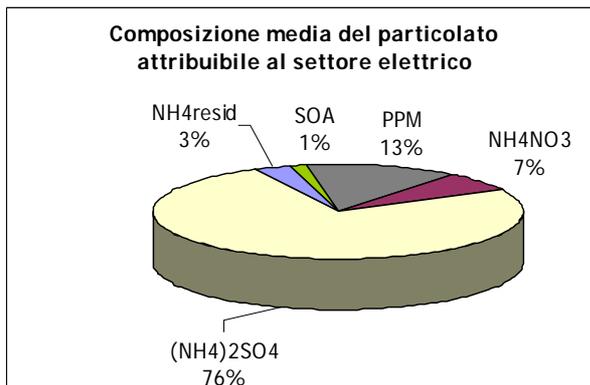
Rispetto alle informazioni ottenibili da campagne sperimentali è lecito attendersi una sottostima della frazione primaria, per l'assenza nell'input emissivo di contributi quali la risospensione, la sabbia sahariana e l'aerosol marino.

La frazione secondaria è composta prevalentemente da nitrati (46% del PM totale), seguiti da solfati (24%) e SOA (3%).

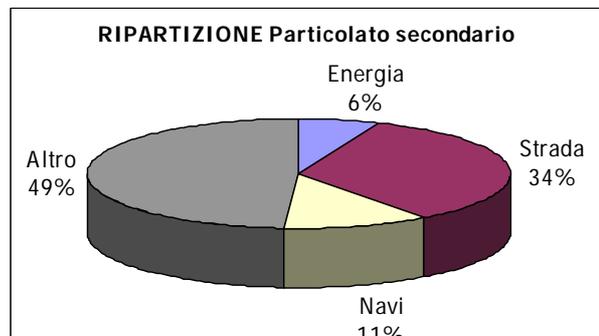
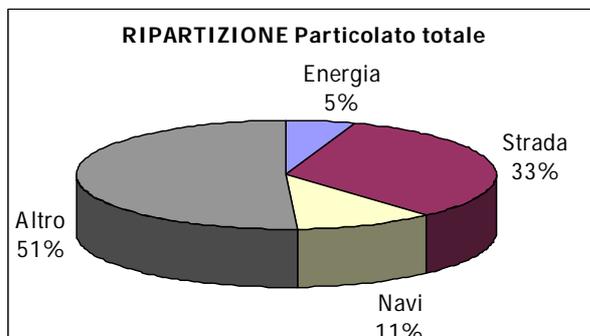


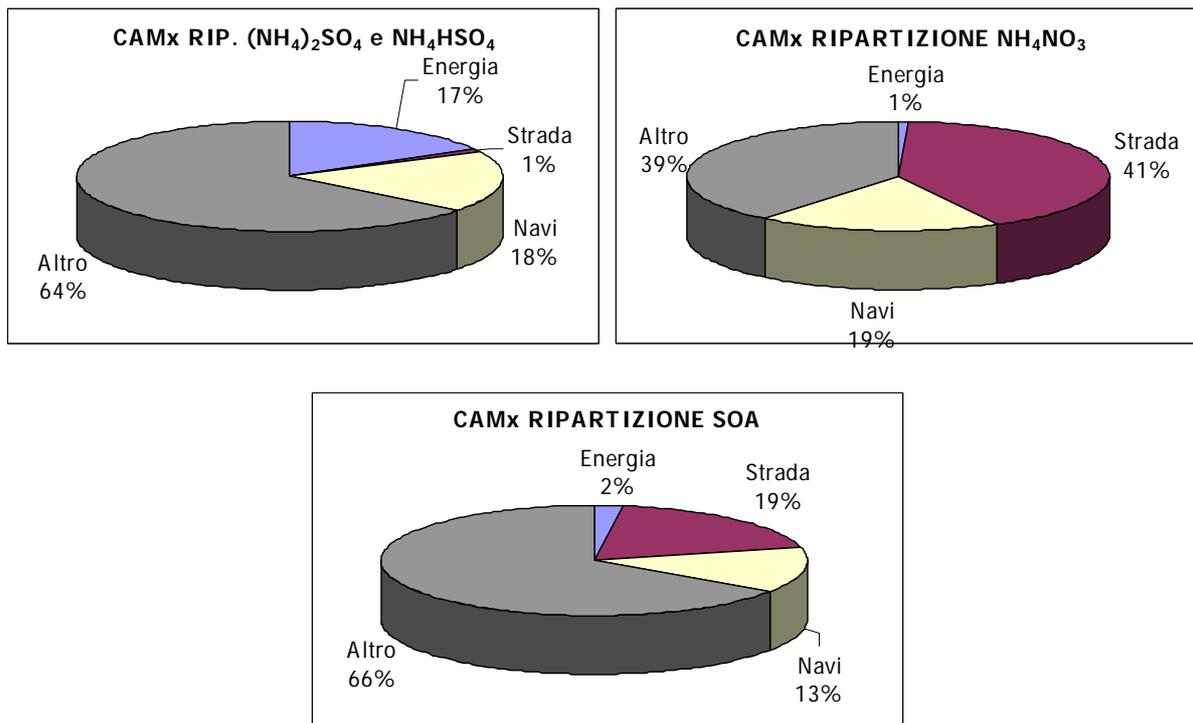
Il particolato attribuibile, direttamente o indirettamente, al settore elettrico risulta composto da una frazione primaria (PPM) pari al 13%, e da una frazione secondaria prevalentemente composta da solfati (76% di (NH4)2SO4).

Il particolato attribuibile, direttamente o indirettamente, al settore dei trasporti risulta composto da una frazione primaria (PPM) pari al 24%, e da una frazione secondaria prevalentemente composta da nitrati (63% di NH4NO3).



I seguenti grafici a torta riportano invece la ripartizione del particolato, e delle sue frazioni, per i settori "energia", "trasporti su strada", "trasporti navali" e "altro", come dedotta sempre dai risultati della simulazione condotta con il modello CAMx.





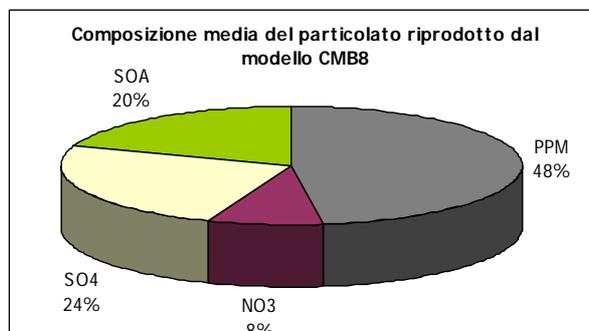
Al settore energia risultano attribuiti il 17% dei solfati ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ e NH_4HSO_4), l'1% dei nitrati (NH_4NO_3) ed il 2% del secondario organico (SOA).

La quota di solfati attribuita al settore dei trasporti (strade più navi) risulta comparabile a quella del settore elettrico, nonostante quantitativamente le emissioni siano inferiori. Ciò è spiegabile per la diversa tipologia di sorgenti. Sempre rispetto al settore elettrico, le quote del settore dei trasporti per le restanti componenti risultano essere maggiori, per la preponderanza nella emissione dei relativi precursori gassosi (NO_x e VOC).

6.4 Valutazioni definitive delle attribuzioni del CMB8 ai diversi settori

La principale limitazione dell'analisi condotta con il modello CMB8, basata sui dati misurati durante la campagna d'indagine, è rappresentata dall'impossibilità di attribuire la frazione secondaria ai differenti settori emissivi. Per ovviarvi, si sono utilizzate le ripartizioni presentate nel paragrafo precedente.

L'analisi del particolato mediante il modello CMB8 ha riportato la composizione media nell'area urbana di Genova riportata nella sottostante figura.



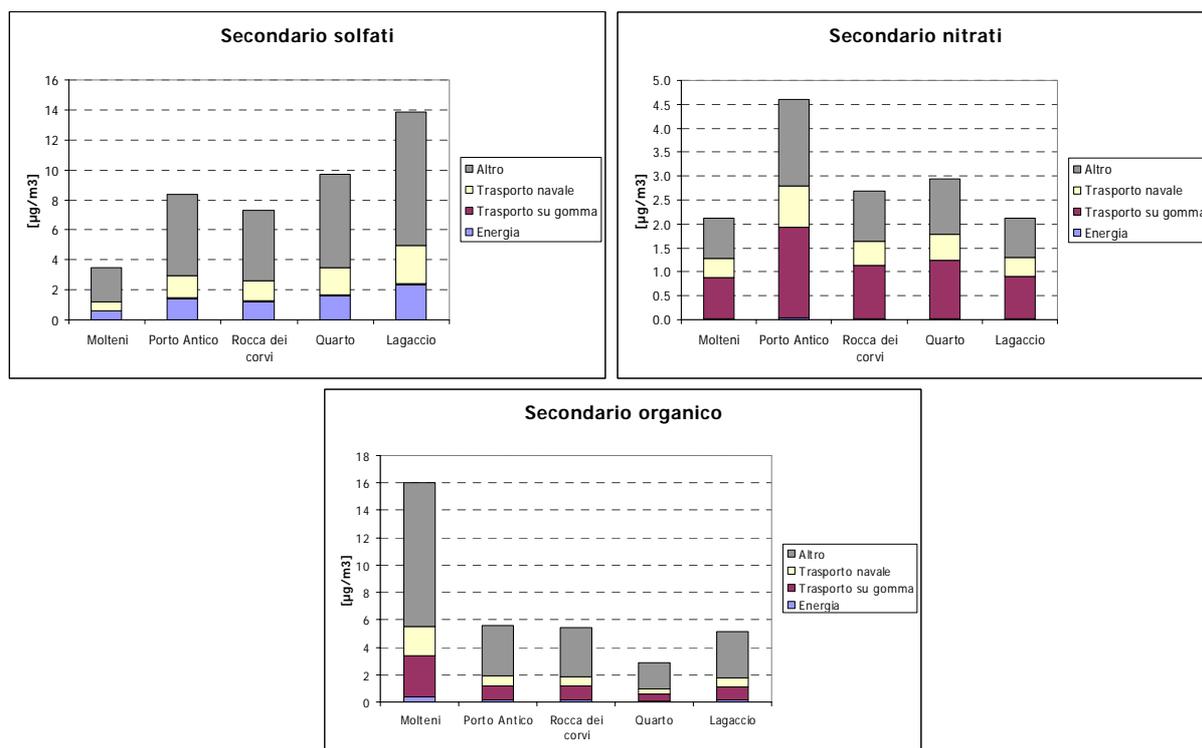
I quantitativi di secondario calcolati in ogni postazione con il modello CMB8 sono stati ripartiti tra i settori *energia*, *trasporti stradali*, *trasporti navali* e *altro* secondo le proporzioni ottenute dalle

elaborazioni presentate al paragrafo precedente. Tali ripartizioni sono riportate negli istogrammi seguenti e sono calcolate per ciascuna postazione. La quota di solfati attribuibile al settore energia varia nelle postazioni da circa $0.5\mu\text{g}/\text{m}^3$ a Molteni, a circa $2\mu\text{g}/\text{m}^3$ a Lagaccio. Dello stesso ordine di grandezza sono i contributi del traffico navale (principale emettitore di SO_2 tra i trasporti), mentre la quota attribuita ai trasporti su gomma è trascurabile per la limitata emissione di biossido di zolfo.

Per quanto riguarda i nitrati, il ruolo svolto dall'energia è trascurabile, mentre al settore dei trasporti si arriva ad attribuire fino a $2.8\mu\text{g}/\text{m}^3$ (a Porto Antico) prevalentemente (per circa due terzi) originati dalle emissioni del traffico su gomma.

Un comportamento analogo è riscontrabile nella frazione organica del particolato secondario.

Infine, si noti come un apporto notevole (il 65% circa di solfati e SOA; il 40% di nitrati) provenga da masse d'aria provenienti da zone esterne all'area di studio o si producano nell'area a partire da emissioni non afferibili ai comparti energia e trasporti (indicati con "altro" in figura).



Questi contributi secondari sono stati quindi sommati a quelli primari già attribuiti dal modello CMB8, consentendo di ottenere, per i settori energia e trasporti, una stima dei contributi complessivi (primario più secondario).

Nel seguito si riportano le torte così aggiornate per le differenti postazioni e per la media sul territorio.

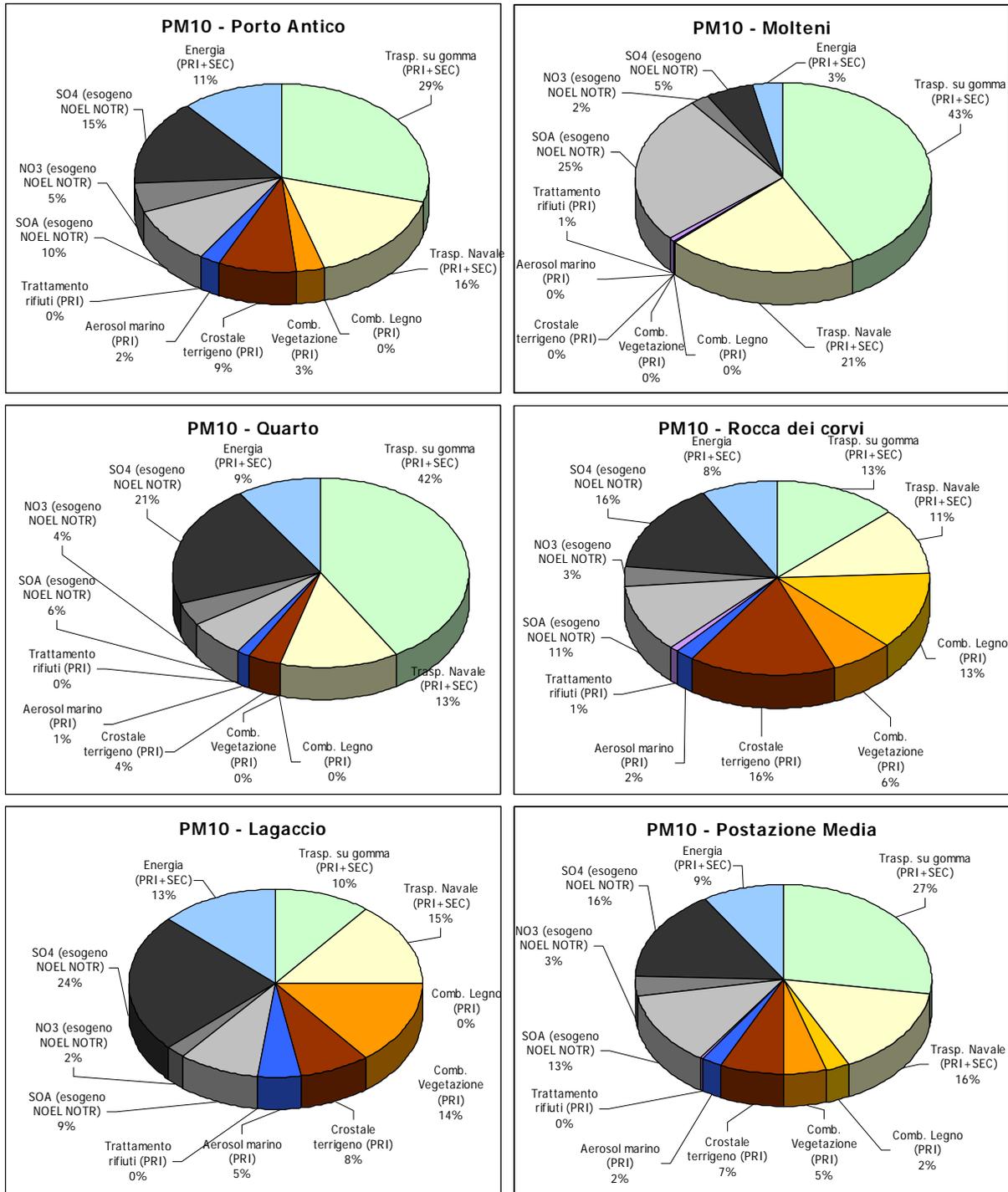
Per quest'ultima situazione, il settore elettrico contribuisce alla concentrazione media giornaliera del particolato fine PM_{10} con una quota - complessiva dei contributi primari e secondari - pari al 9%.

Nelle singole postazioni l'entità di tale contributo è però influenzata da fattori locali, tanto più forti quanto più complesso e disomogeneo è il tessuto emissivo del sito esaminato. In altre parole, è importante valutare le differenze tra le diverse postazioni, poiché la specifica localizzazione le rende sensibili a sorgenti diverse.

La variabilità del contributo del settore energia si presenta con un minimo pari al 3% a Via Molteni ed un massimo pari al 13% a Lagaccio.

Analogamente, il contributo attribuibile al trasporto su gomma varia dal 10% a Lagaccio al 43% a Molteni; quello attribuibile al trasporto navale è compreso tra l'11% a Rocca dei Corvi e il 21% sempre a Molteni.

Come detto in precedenza, il contributo secondario, indicato come esogeno nei diagrammi, resta ancora non attribuito a sorgenti specifiche in quanto è, in primo luogo, proveniente da apporti esterni all'area d'indagine e, in secondo luogo, non sono quantificabili le produzioni locali da precursori gassosi di settori diversi da energia e trasporti. In particolare, non è stato possibile stimare i contributi ai nitrati ed al secondario organico delle sorgenti biogeniche, delle combustioni di vegetazione e legno e del trattamento dei rifiuti.



7 CONCLUSIONI

Allo scopo di valutare il contributo della centrale termoelettrica di Genova all'inquinamento urbano, con particolare riferimento alle polveri fini sospese è stato effettuato uno studio di approfondimento che si è avvalso di misure sperimentali del particolato fine ed ultrafine, degli inquinanti gassosi, e dei microinquinanti atmosferici in diverse postazioni.

Tale studio, è stato avviato all'esecuzione nei primi mesi del 2006 sotto la supervisione del Dipartimento di Fisica dell'Università di Genova (DIFI) ed ha visto proseguire l'attività sperimentale fino all'agosto dello stesso anno. Il Cesi ha integrato le misure effettuate in due postazioni della Provincia di Genova ed ha attivato altre due postazioni di rilevamento che hanno coperto tre siti significativi per le valutazioni di impatto della centrale.

L'analisi fenomenologica ha evidenziato:

- L'assenza di correlazione tra i dati giornalieri di PM₁₀ e l'emissione di polveri dai camini della centrale;
- Il carattere di più grande scala dell'andamento delle concentrazioni medie giornaliere di PM₁₀ soprattutto per le situazioni particolari riscontrate in giugno e luglio;
- La presenza nelle rose di vento-concentrazione degli inquinanti gassosi (SO₂ ed NO_x) e solo per alcune postazioni, di valori medi di concentrazione più elevati per masse d'aria provenienti dai quadranti meridionali.
- L'assenza di variazioni significative nelle concentrazioni giornaliere di PM₁₀ tra le condizioni di sottovento e quelle di sopravvento alla centrale in tutte le postazioni.
- Concentrazioni trascurabili, o assenza pressoché totale, degli elementi indicatori della combustione del carbone, quali l'arsenico e il selenio, mentre sono presenti Vanadio e Nichel, tipici elementi traccianti della combustione dell'olio, in tutte le postazioni.
- La presenza del retene negli IPA, composto indicatore della combustione di piante resinose, e la maggior presenza di Benzo(a)pirene nelle postazioni maggiormente influenzate dal traffico veicolare.
- La presenza di un profilo delle n-paraffine (n-alcani) tra C₁₆ e C₂₄ con massimo a C₂₀ che è indicatore della sorgente traffico veicolare. La presenza di un secondo massimo della distribuzione bimodale riscontrata nelle postazioni di Porto antico e Quarto, attribuibile al trasporto navale. La presenza di valori elevati degli n-alcani dispari, maggioritari rispetto a quelli pari tra C₂₄ e C₃₆, e legati alle influenze biogeniche nelle postazioni di Rocca dei Corvi e Lagaccio;

L'analisi modellistica di recettore, effettuata su tutte le informazioni sperimentali rilevate, ha evidenziato che:

- L'analisi del particolato secondario in termini di nitrati, solfati e ammonio, ha consentito di attribuirne una quota parte alle diverse sorgenti presenti sul territorio;
- Il settore energia contribuisce alla concentrazione media giornaliera del particolato fine PM₁₀ con una quota -comprensiva dei contributi primari e secondari- pari al 9%. Tale valore è il risultato dell'incremento del contributo primario (4%) con la percentuale di particolato secondario stimata in base a studi modellistici effettuati sul territorio italiano ed europeo.
- La variabilità del contributo al PM₁₀ è differente tra le diverse postazioni, in quanto la loro specifica localizzazione e la relativa esposizione le rende sensibili a sorgenti diverse.

Le risultanze dello studio, sia per quanto riguarda gli aspetti anemologici sia per le condizioni rilevate di qualità dell'aria, confermano che l'area principalmente interessata dalle ricadute delle emissioni della centrale è localizzata nelle direzioni settentrionali e nordoccidentali rispetto all'impianto. In quest'area peraltro sono già presenti le postazioni della Rete di Rilevamento della Qualità dell'Aria esistente. Un miglioramento potrebbe essere finalizzato al monitoraggio della zona di Lagaccio.

APPENDICE 1 - IL PARTICOLATO SECONDARIO

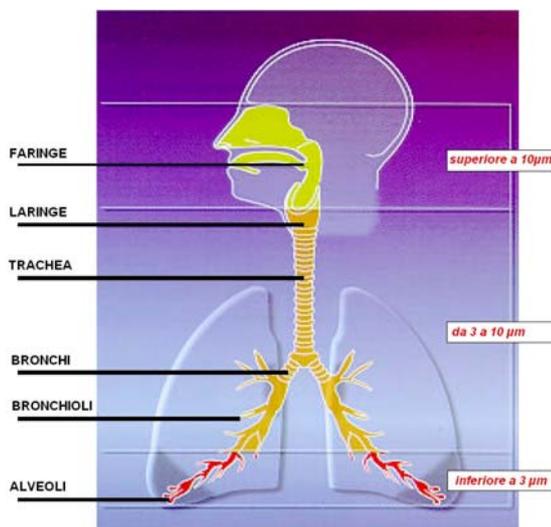
Lo stato della qualità dell'aria in un sito è il risultato della somma di contributi prodotti da una molteplicità di fattori riassumibili in:

- emissioni di sorgenti presenti sul territorio;
- trasporto da territori limitrofi di masse d'aria inquinate;
- processi di trasformazione e produzione in atmosfera che generano nuovi apporti inquinanti che non risultano essere attribuibili direttamente ad alcuna sorgente;

Per alcuni inquinanti, detti *secondari*, la complessità della relazione che intercorre tra emissione ed immissione non si ferma a fenomeni di trasporto e dispersione, ma è ulteriormente complicata dai processi di trasformazione e di produzione che occorrono in atmosfera. Il termine "secondari" deriva proprio dal fatto che essi non sono emessi direttamente dalle sorgenti, ma si formano in atmosfera secondariamente alla trasformazione di precursori dalla natura anche profondamente diversa. E' il caso, ad esempio, di ozono e biossido d'azoto (inquinanti secondari gassosi) e del particolato secondario, ovvero di particelle che si formano in atmosfera per trasformazione di precursori originariamente emessi in forma gassosa (tra i principali biossido di zolfo, ossidi di azoto, composti organici volatili, ammoniaca).

In questo modo, le polveri atmosferiche misurate in aria ambiente sono costituite da una frazione primaria, emessa già in forma particellare dalle sorgenti, ed una rilevante componente secondaria originatasi in atmosfera a partire da una miscela di sostanze gassose presenti in atmosfera. In generale, le polveri atmosferiche sono costituite da particelle di diametro compreso tra qualche nanometro ed alcune decine di μm . Tuttavia, è ormai assodato che la pericolosità per l'uomo è riconducibile principalmente alla loro frazione sottile.

Studi svolti in numerose città europee⁴, hanno evidenziato una correlazione tra l'incremento della concentrazione in aria ambiente di polveri fini ed una maggiore incidenza di malattie respiratorie. Tale effetto è dovuto all'aumento della profondità di penetrazione nell'apparato respiratorio delle polveri inalate, al diminuire della loro dimensione granulometrica. Se la frazione di dimensione maggiore a $10\mu\text{m}$ raggiunge la faringe, quella compresa tra $3\mu\text{m}$ e $10\mu\text{m}$ riesce a spingersi fino a bronchi e bronchioli. La frazione inferiore ai $3\mu\text{m}$ supera anche questo livello arrivando ad interessare gli alveoli polmonari. Gli effetti nocivi generati dalle polveri non si limitano alla salute umana, ma si esercitano anche sull'ambiente, esplicandosi soprattutto in termini di riduzione della visibilità, variazione del bilancio radiativo ed alterazione dei processi fotochimici di produzione dell'ozono troposferico.

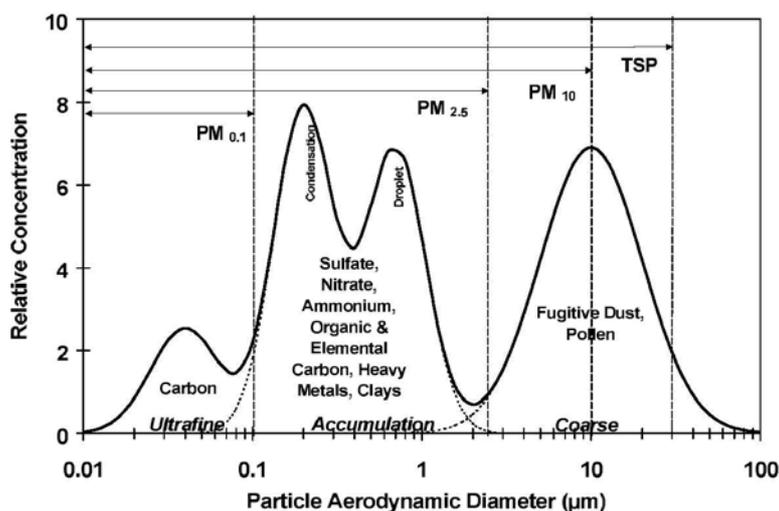


Fonte: CITEPA "Inventaire des émissions de particules primaires - 2001"

La complessità della problematica relativa all'inquinamento atmosferico delle polveri fini deriva direttamente da quella della loro natura e formazione. La tipica distribuzione granulometrica del particolato atmosferico presenta tre principali aree ad elevata concentrazione di particelle, cui corrispondono particelle che differiscono per natura e genesi.

⁴ Fonte: Organizzazione Mondiale della Sanità - Centro europeo ambiente e salute

La frazione a dimensioni più piccole, detta particolato ultrafine, è costituita da particelle di diametro inferiore a circa $0,08\mu\text{m}$ emesse direttamente da processi di combustione o che condensano conseguentemente al raffreddamento di un gas combusto. Solitamente queste particelle hanno tempo di residenza in atmosfera inferiore ad un'ora, poiché coinvolte in processi di coagulazione e nucleazione che le trasferiscono a classi granulometriche maggiori. Di conseguenza, questa frazione, detta anche di *nucleazione*, è riscontrabile solo in prossimità delle sorgenti d'emissione o comunque in presenza di particelle appena formate in atmosfera.



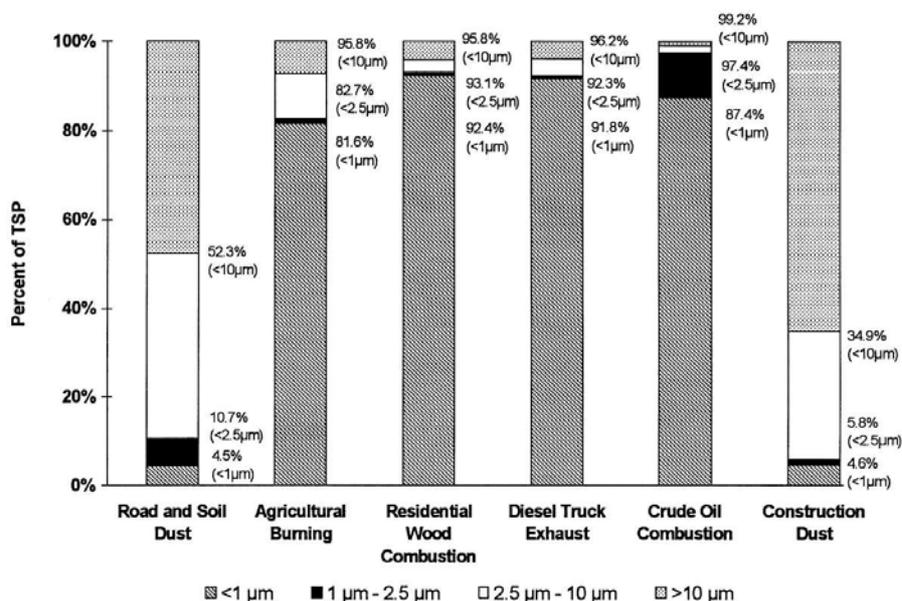
Fonte: US-EPA

Scorrendo la scala dei diametri particellari oltre gli $0,08\mu\text{m}$ si entra nella successiva frazione, detta di *accumulazione*. La compongono particelle con diametro compreso all'incirca tra $0,08\mu\text{m}$ e $2\mu\text{m}$. Oltre alle particelle provenienti dalla frazione precedente per accrescimento, ricadono in questa frazione anche quelle dovute alla conversione in forma particolare di molecole gassose (come solfati, nitrati e metalli pesanti), quelle prodotte dalla condensazione di specie volatili, nonché quelle costituenti la frazione più fine delle polveri dei materiali cristallini. La frazione di accumulazione presenta due valori modali nella distribuzione di frequenza. Il primo, a circa $0,2\mu\text{m}$, è relativo alle particelle prodotte dalla condensazione di gas; il secondo, a circa $0,7\mu\text{m}$, è dovuto alle particelle accresciute per nucleazione ed altre reazioni che avvengono in fase umida all'interno delle gocce d'acqua presenti in atmosfera. La solubilità di molti reagenti fa sì che l'intensità di questo secondo picco sia correlato all'umidità relativa dell'aria, soprattutto quando questa supera il 70%.

L'unione delle frazioni di nucleazione e di accumulazione costituisce la frazione *fine* del particolato, spesso identificato come $\text{PM}_{2,5}$ in quanto costituito da particelle di diametro inferiore a $2,5\mu\text{m}$. Come si è detto, questa frazione comprende la maggior parte dei solfati, dei nitrati e dei composti di carbonio organico ed elementare. Molte delle sostanze appena citate non sono emesse direttamente dalle sorgenti, ma si formano secondariamente all'emissione di precursori primari. Per tale motivo, esse rientrano nel già citato particolato *secondario*, indicando con tale termine la frazione di particolato presente in atmosfera non per emissione diretta ma per formazione chimica e fisica a partire da sostanze gassose.

Riprendendo la distribuzione granulometrica, la restante frazione di particolato, detta *grossolana* (coarse), è costituita da particelle di diametro maggiore di $2,5\mu\text{m}$ e presenta un valore modale attorno ai $10\mu\text{m}$. A differenza del particolato fine, il particolato grossolano è costituito pressoché interamente da particolato primario, cioè emesso direttamente dalla sorgente ed è quindi praticamente privo di particolato secondario formatosi in atmosfera a seguito di reazioni chimiche. Materiale di origine geologica (generato da processi meccanici come erosione, frantumazione, abrasione, risospensione), vegetale (pollini, spore e frammenti di piante), ne sono i costituenti principali anche se è possibile trovarvi contributi minori dovuti alle particelle più grosse generate da processi di combustione di combustibili solidi e liquidi. Da quanto detto emerge chiaramente che per caratterizzare completamente le polveri, emesse da una sorgente o presenti in aria ambiente, non è sufficientemente quantificarne la

massa, come per gli inquinanti gassosi, ma è necessario descriverne la distribuzione granulometrica e la composizione chimica, elementi differenti a seconda della tipologia della sorgente.



Fonte: US-EPA

Tra le misure di polveri più comuni effettuate nelle postazioni di monitoraggio della qualità dell'aria si hanno quelle relative alle frazioni $PM_{2.5}$, PM_{10} e TSP (il particolato sospeso totale). Essendo ritenute le frazioni più significative per la descrizione della qualità atmosferica, tali classi sono state assunte dalla normativa come riferimento. La massa campionata è proporzionale all'integrale della curva di distribuzione, limitato superiormente dal rispettivo valore diametrico della classe dimensionale. Essendo frutto dell'interazione tra le emissioni generate dall'insieme delle attività antropiche (e naturali) presenti sul territorio ed i complessi meccanismi di trasporto, diffusione, dispersione e trasformazione chimica che queste subiscono in atmosfera, le polveri presenti nell'aria ambiente contengono quindi non solo i contributi del particolato primario emesso dalle sorgenti, ma anche quelli del particolato secondario generatosi dalla rimescolanza in atmosfera di tutti i composti gassosi e particellari emessi da tutte le sorgenti, secondo processi fortemente dipendenti anche da parametri fisici dell'ambiente in cui essi avvengono (umidità atmosferica, radiazione solare, temperatura, ecc.).

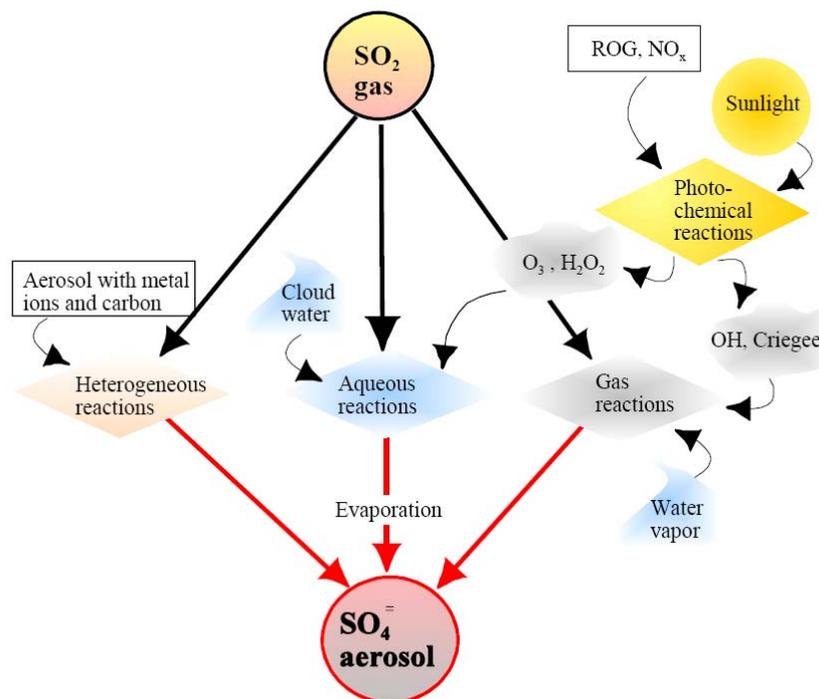
Dal punto di vista chimico, il PM in aria ambiente può essere ripartito nelle seguenti frazioni:

Componente	Processo	Primario o Secondario	Classe dimensionale prevalente
Polvere minerale	processi naturali ed antropici di risospensione, strofinamento, macinazione ed erosione	primario	$2.5\mu m < PM < 10\mu m$
Sale marino (NaCl)	aerosol marino	primario	$2.5\mu m < PM < 10\mu m$
Carbonio elementare (EC)	processi di combustione	primario	$2.5\mu m$
Materiale organico (OM)	emissione diretta, bioaerosol, da precursori gassosi VOC	Primario (POA) e secondario (SOA)	$2.5\mu m$
Nitrati (NO_3^-)	da precursori gassosi NO_x , NH_3	secondario	$2.5\mu m$
Solfati (SO_4^{--})	da precursori gassosi SO_2 , NH_3	secondario	$2.5\mu m$
Ammonio (NH_4^+)	da precursori gassosi NH_3	secondario	$2.5\mu m$

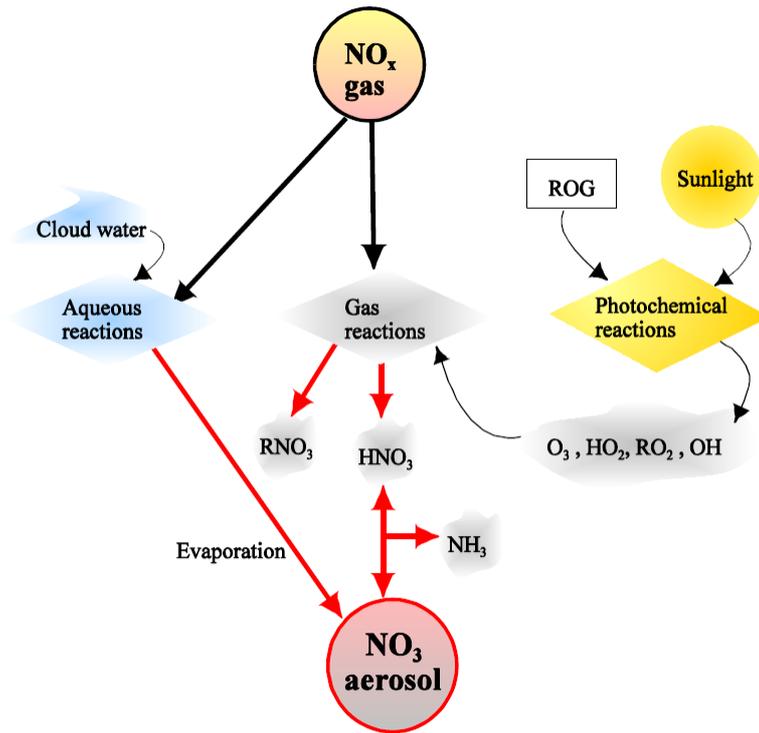
Volendo determinare il ruolo di una singola sorgente sulla concentrazione di polveri in aria ambiente, è necessario tenere presente che da un lato si ha una emissione diretta di particolato primario e di precursori gassosi (SO_2 , NO_2 , VOC, NH_3) e dall'altro si misura l'insieme indistinto dei contributi di particolato primario di tutte le sorgenti e di secondario prodotto dalla reazione di tutti i precursori gassosi emessi da tutte le sorgenti secondo complessi processi chimici. Un altro fattore da considerare è la tipologia della sorgente, soprattutto in ambiti spaziali e temporali ristretti. Le tipologie di sorgenti assumono ruoli differenti in funzione dell'orizzonte temporale e della scala spaziale assunta. Sorgenti puntuali, diffuse, lineari, in quota o al suolo, sono soggette a condizioni di diffusione e dispersione diverse tra loro e che ne modificano le relazioni con i livelli di concentrazione in aria, ed in particolare quella al suolo, direttamente a contatto con la popolazione.

Nei diagrammi riportati nella pagina seguente sono rappresentati, in forma semplificata, i principali processi di formazione delle due componenti più significative del particolato secondario: l'ossidazione del biossido di zolfo e quella degli ossidi d'azoto.

I processi chimici avvengono in fase sia gassosa, sia liquida sia eterogenea. Parte delle sostanze ossidanti presenti in atmosfera, e coinvolte nei processi di formazione di solfati e nitrati, sono prodotte da processi fotochimici. La principale differenza tra i due processi consta nell'irreversibilità della produzione di solfato, mentre quella del nitrato risulta essere reversibile e determinata dall'equilibrio con l'acido nitrico e l'ammoniaca.



ossidazione del biossido di zolfo



ossidazione degli ossidi di azoto

RIFERIMENTI CITATI NEL TESTO

- i Rapporto n° A5058421 “Centrale termoelettrica di Genova – Valutazione del contributo della centrale all’inquinamento aerodisperso – Aggiornamento della proposta di indagine al 19 dicembre 2005.”
- ii Rapporto n° A6023435 “Sito di Genova: definizione dei tipi di tempo riscontrati nel periodo di misure in continuo (8 marzo - 8 agosto 2006) e nelle giornate di campionamento.”
- iii Rapporto di Prova n° A6012892 “Meteorologia della Postazione di Belvedere – Genova. Misura dei parametri meteoroclimatici con stazione rilocabile per un periodo di tempo variabile.” Periodo dal 08/03/2006 al 08/08/2006. CESI
- iv Rapporto di Prova n° A6023609 “Meteorologia della Postazione di Porto Antico – Genova. Misura dei parametri meteoroclimatici con stazione rilocabile per un periodo di tempo variabile.” Periodo dal 21/04/2006 al 13/06/2006. CESI
- v Rapporto di Prova n° A6023599 “Meteorologia della Postazione di Rocca dei Corvi – Genova. Misura dei parametri meteoroclimatici con stazione rilocabile per un periodo di tempo variabile.” Periodo dal 09/05/2006 al 02/08/2006. CESI
- vi Rapporto di Prova n° A6023683 “Meteorologia della Postazione di Lagaccio – Genova. Misura dei parametri meteoroclimatici con stazione rilocabile per un periodo di tempo variabile.” Periodo dal 14/06/2006 al 08/08/2006. CESI
- vii Rapporto di Prova n° A6024302: “Aria ambiente della Postazione di Porto Antico – Genova. Misura di più parametri di qualità dell’aria con stazione rilocabile dotata di strumentazione automatica per un periodo di tempo variabile.”. Periodo dal 20/04/2006 al 13/06/2006. CESI
- viii Rapporto di Prova n° A6024305: “Aria ambiente della Postazione di Rocca dei Corvi – Genova. Misura di più parametri di qualità dell’aria con stazione rilocabile dotata di strumentazione automatica per un periodo di tempo variabile.” Periodo dal 10/05/2006 al 02/08/2006. CESI
- ix Rapporto di Prova n° A6024306 “Aria ambiente della Postazione di Lagaccio – Genova. Misura di più parametri di qualità dell’aria con stazione rilocabile dotata di strumentazione automatica per un periodo di tempo variabile.” Periodo dal 14/06/2006 al 08/08/2006. CESI
- x Rapporto di Prova n° A6024654 “Polverosità nell’area del comune di Genova: postazione di Via Molteni. Misura del parametro di qualità dell’aria PM2.5 con campionatori gravimetrici automatici per un periodo di tempo variabile.” Periodo dal 09/03/2006 al 31/07/2006. CESI
- xi Rapporto di Prova n° A6024653 “Polverosità nell’area del comune di Genova: postazione di Quarto. Misura del parametro di qualità dell’aria PM2.5 con campionatori gravimetrici automatici per un periodo di tempo variabile.” Periodo dal 09/03/2006 al 31/07/2006. CESI
- xii Rapporto n° A6032720 “Qualità dell’aria nelle postazioni RRQA della Centrale Enel di Genova dal 08/03/06 al 08/08/06” CESI
- xiii Rapporto n° A6025508 “Meteorologia della postazione della Centrale Enel di Genova dal 01/03/06 al 31/08/06.” CESI
- xiv Rapporto n° A6028803 “Qualità dell’aria e meteorologia nelle postazioni della RRQA della Provincia di Genova dal 08/03/06 al 08/08/06” CESI
- xv Rapporto di Prova n° A7005558 “Aria ambiente della Postazione di Via Molteni – Genova. Misura di Microinquinanti Atmosferici con campionatori automatici e discontinui per un periodo di tempo variabile.” Periodo dal 10-05-2006 al 27-07-2006. CESI

-
- xvi Rapporto di Prova n° A7005563 “Aria ambiente della Postazione di Lagaccio – Genova. Misura di Microinquinanti Atmosferici con campionatori automatici e discontinui per un periodo di tempo variabile.” Periodo dal 10-05-2006 al 27-07-2006. CESI
- xvii Rapporto di Prova n° A7005561 “Aria ambiente della Postazione di Rocca dei Corvi – Genova. Misura di Microinquinanti Atmosferici con campionatori automatici e discontinui per un periodo di tempo variabile.” Periodo dal 10-05-2006 al 27-07-2006. CESI
- xviii Rapporto di Prova n° A7005560 “Aria ambiente della Postazione di Porto Antico – Genova. Misura di Microinquinanti Atmosferici con campionatori automatici e discontinui per un periodo di tempo variabile.” Periodo dal 10-05-2006 al 27-07-2006. CESI
- xix Rapporto di Prova n° A7005559 “Aria ambiente della Postazione di Quarto – Genova. Misura di Microinquinanti Atmosferici con campionatori automatici e discontinui per un periodo di tempo variabile.” Periodo dal 10-05-2006 al 27-07-2006. CESI
- xx Rapporto n° A7004876 “Centrale ENEL di Genova: analisi fenomenologica delle misure ambientali (inquinanti gassosi e particolato) effettuate dal 8 marzo al 8 agosto 2006”. CESI
- xxi Rapporto n° A7007030 “Centrale ENEL di Genova: analisi fenomenologica delle misure ambientali (metalli pesanti e microinquinanti) effettuate dal 8 marzo al 8 agosto 2006”. CESI
- xxii Rapporto n° A7007110 “Centrale di Genova: applicazione del modello di recettore CMB8 ai dati di polvere fine (PM10 e PM2.5) e di composti organici volatili (VOC) rilevati nel periodo 8 marzo-8 agosto 2006”. CESI
- xxiii Rapporto n° A7006859 “Ruolo del settore energia e del settore trasporti sulla qualità dell’aria nel comprensorio di Genova”. CESI