



**POLITECNICO DI MILANO**  
**DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA**  
**IDRAULICA, AMBIENTALE,**  
**INFRASTRUTTURE VIARIE, RILEVAMENTO**

**Sezione Ambientale**

**ZIGNAGO POWER S.r.l.**

**CARATTERIZZAZIONE DELLE PRESENZE ATMOSFERICHE DI  
PARTICOLATO ULTRAFINE E NANOPOLVERI NELL'AREA DI  
INSEDIAMENTO DELL'IMPIANTO DI COGENERAZIONE A  
BIOMASSE DI FOSSALTA DI PORTOGRUARO**

**Risultati della campagna di misure "ante operam"**

a cura di:

proff. Michele Giugliano e Stefano Cernuschi  
(responsabili scientifici)  
ing. Giovanni Lonati  
ing. Giovanna Ripamonti

<b>DATA</b>	<b>REDATTO</b>	<b>RELAZIONE N°</b>
Settembre 2011	Sezione Ambientale	714.1102.90.90

Caratterizzazione delle presenze atmosferiche di particolato ultrafine e nanopolveri nell'area di insediamento dell'impianto di cogenerazione a biomasse di Fossalta di Portogruaro.

*Risultati della campagna di misura "ante operam".*

## INDICE

<b>1</b>	<b>Premessa.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Modalità di esecuzione dei rilevamenti.....</b>	<b>1</b>
2.1	<i>Siti di campionamento .....</i>	<i>1</i>
2.2	<i>Strumentazione utilizzata.....</i>	<i>2</i>
2.3	<i>Calendario dei campionamenti.....</i>	<i>4</i>
<b>3</b>	<b>Risultati.....</b>	<b>4</b>
3.1	<i>Caratterizzazione meteorologica della campagna.....</i>	<i>4</i>
3.2	<i>Presenze di ultrafine e nanopolveri .....</i>	<i>7</i>
3.2.1	<i>Sito A .....</i>	<i>7</i>
3.2.2	<i>Sito B .....</i>	<i>10</i>
<b>4</b>	<b>Considerazioni conclusive.....</b>	<b>16</b>

# 1 Premessa

Nell'ambito delle attività previste dal piano di monitoraggio della qualità dell'aria nella zona di insediamento dell'impianto di cogenerazione a biomasse di Fossalta di Portogruaro, la società Zignago Power ha affidato al DIIAR l'esecuzione di campagne di misura per la caratterizzazione delle presenze e le distribuzioni dimensionali di polveri ultrafini e nanopolveri, intese come materiale con dimensioni inferiori a 100 nm e 50 nm, rispettivamente. L'indagine, formulata e concordata con ARPA Veneto, responsabile del coordinamento del piano complessivo di monitoraggio, prevede la realizzazione di due campagne finalizzate a valutare, rispettivamente, la situazione attuale e quella dopo l'entrata in esercizio dell'impianto, in siti rappresentativi dell'area comunale di Fossalta di Portogruaro.

La relazione illustra le modalità di esecuzione ed i risultati della prima campagna, relativa alla situazione "ante operam".

## 2 Modalità di esecuzione dei rilevamenti.

### 2.1 Siti di campionamento

Le misure sono state effettuate nei siti A e B individuati da ARPA Veneto e localizzati in prossimità dell'impianto in costruzione (Figura 2.1). Le loro caratteristiche sono di seguito riassunte:

- **Sito A:** localizzato a sud-ovest dell'impianto in costruzione, ad una distanza di circa 1100 m. in linea d'aria in una zona residenziale al limite meridionale dell'abitato di Villanova Santa Margherita. Gli strumenti sono stati posizionati al margine di una strada a fondo chiuso utilizzata per l'accesso alle case che si affacciano su di essa;
- **Sito B:** localizzato a Nord, Nord-Ovest dell'impianto in costruzione, ad una distanza di circa 250 m. in zona agricola. Gli strumenti sono stati posizionati nel giardino di una villetta non abitata.

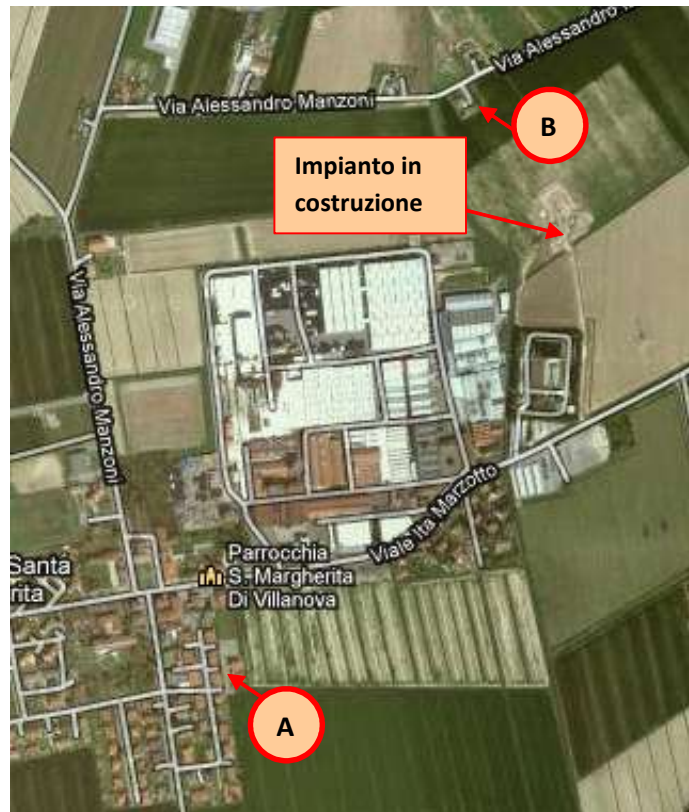


Figura 2.1 – Localizzazione dei siti di campionamento.

## 2.2 Strumentazione utilizzata

Le campagne di rilevamento hanno utilizzato due distinte tipologie di apparati, destinati rispettivamente alla misura della concentrazione totale in numero del particolato ed alla sua distribuzione dimensionale. Le loro principali caratteristiche sono sintetizzate in seguito:

- Contatore CPC-TSI 3775

Lo strumento TSI 3775 è un contatore di particelle a condensazione (CPC) in grado di fornire in tempo reale la concentrazione in numero di particelle nell'intervallo dimensionale compreso tra 4 nm e 3  $\mu$ m. Il principio di misura si basa sulle proprietà ottiche di deviazione della luce delle particelle: l'apparato è dotato infatti di un rilevatore ottico costituito da un fascio laser e da un foto-rilevatore. Tuttavia, a causa delle loro dimensioni ridotte, le particelle ultrafini e le nanopolveri diffondono debolmente il segnale luminoso; al fine di renderle rilevabili con tecniche ottiche, si rende pertanto necessario un preventivo ingrandimento delle particelle presenti nel flusso campione, che lo strumento effettua tramite la condensazione sulla loro superficie di un liquido di lavoro (butanolo). L'apparecchio è così costituito da tre sezioni principali, disposte in serie: un saturatore, un condensatore ed un rilevatore ottico. Nel saturatore il liquido di lavoro viene vaporizzato e diffuso all'interno del flusso campionato; nel condensatore, raggiunte le condizioni di sovrassaturazione, condensa sulle particelle che fungono da nuclei di condensazione; il flusso attraversa quindi l'apparato ottico di conteggio, ove le particelle vengono quantificate

numericamente. Il flusso è alimentato allo strumento mediante una pompa che opera con una portata di 1.5 l/min.

- Strumento TSI 3031 UFPMonitor

Lo strumento TSI 3031 è un contatore e classificatore di particelle basato sul principio di misura della mobilità elettrica. L'apparecchio lavora nell'intervallo dimensionale compreso tra 20 nm ed 1  $\mu\text{m}$ , disaggregando la distribuzione in sei classi granulometriche (Tabella 2.1), ed è costituito da tre unità principali: un caricatore a diffusione, che ha il compito di fornire una carica costante per unità di superficie alle particelle presenti nel flusso campionato, una colonna DMA (Differential Mobility Analyzer), che classifica le particelle per intervalli dimensionali sulla base della diversa mobilità elettrica, ed un elettrometro, che legge il segnale elettrico generato del passaggio delle particelle cariche.

Tabella 2.1: Classi dimensionali rilevate dallo strumento TSI 3031

Classe	Intervallo ( $\mu\text{m}$ )
Classe 1	0,02-0,03
Classe 2	0,03-0,05
Classe 3	0,05-0,07
Classe 4	0,07-0,10
Classe 5	0,10-0,20
Classe 6	0,20-1,00

Il funzionamento dello strumento può essere così descritto: il flusso prelevato, aspirato da una pompa di portata pari a 16,7 l/min, attraversa un ciclone di taglio granulometrico 1  $\mu\text{m}$ , viene convogliato in una camera di equalizzazione e quindi inviato al caricatore dove per diffusione le particelle acquistano una carica positiva. Le particelle così cariche raggiungono la colonna DMA dove vengono classificate sequenzialmente, in base alla mobilità elettrica acquisita, nei diversi intervalli dimensionali. Le particelle di ogni classe così separata vengono inviate all'elettrometro che registra il segnale elettrico generato, convertendolo in termini del numero di particelle. L'analisi dell'intero spettro dimensionale richiede circa 10 minuti, con lo strumento che fornisce quindi una misura completa con risoluzione temporale pari a 10 minuti.

I dati acquisiti sono stati utilizzati per valutare le concentrazioni totali del particolato (misure tramite contatore CPC) e le corrispondenti distribuzioni dimensionali, rilevate con l'analizzatore a mobilità elettrica. Entrambe le valutazioni sono state analizzate sia in termini medi giornalieri che in quelli della loro evoluzione temporale nell'arco della giornata.

Nella descrizione dei risultati riportata nei paragrafi seguenti, con i termini nanoparticelle e particelle ultrafini si identificano, rispettivamente, le polveri con dimensioni (diametro) inferiore a 0,050  $\mu\text{m}$  e quelle comprese tra 0,050-0,100  $\mu\text{m}$ .

## 2.3 Calendario dei campionamenti

La campagna sperimentale, condotta secondo il calendario riportato in Tabella 2.2, aveva inizialmente previsto una giornata di campionamento (circa 24h) per sito, posizionando separatamente ed alternativamente gli strumenti in entrambe le localizzazioni. Gli strumenti sono stati posizionati il giorno 11 Aprile: la prima giornata di campionamento, prevista per il 12-13 Aprile, è stata però ripetuta una seconda volta (13-14 Aprile) in seguito ad un malfunzionamento dello strumento TSI3031 posto nel sito A. Per tale motivo si dispone di due giornate di campionamento con strumento TSI3775 nel sito B.

Tabella 2.2: Calendario dei campionamenti

Giorni	Sito A	Sito B
12-13 Aprile	(Malfunzionamento Classificatore TSI3031)	Contatore TSI3775
13-14 Aprile	Classificatore TSI3031	Contatore TSI3775
14-15 Aprile	Contatore TSI3775	Classificatore TSI3031

## 3 Risultati

### 3.1 Caratterizzazione meteorologica della campagna.

I dati relativi ai principali parametri meteorologici (temperatura, umidità, pressione, intensità di precipitazione, velocità e direzione del vento) misurati presso la stazione meteorologica di Arpa Veneto posizionata in località Fossalta di Portogruaro, sono stati analizzati per ottenere un quadro generale delle condizioni meteorologiche durante le campagne di misura. Il periodo 12-15 Aprile è stato caratterizzato da condizioni meteorologiche stabili, con temperature variabili nell'intervallo 5-21°C, umidità relativa nell'intervallo 31-91% ed assenza di fenomeni pluviometrici di rilievo. Le variazioni giornaliere dei principali parametri meteorologici sono riassunte in Tabella 3.1. Le precipitazioni sono state sostanzialmente assenti con la presenza di un solo evento piovoso che, per la breve durata (3 h) e la debole intensità (1 mm/h), non ha alterato le condizioni generali delle misure (Figura 3.1). Il regime di vento (Figura 3.2) appare caratterizzato da velocità variabili nell'intervallo 0-5 m/s, con i valori massimi registrati in corrispondenza del fenomeno piovoso del 12 aprile (Figura 3.1). Come evidenziato dai dati di Tabella 3.2, la zona indagata è stata soggetta ad una variazione giornaliera della direzione di provenienza del vento, attiva durante le ore centrali della giornata nelle quali si assiste ad una rotazione della direzione di provenienza del vento dal settore N-NE al quadrante meridionale.

Tabella 3.1 Variazioni giornaliere dei principali parametri meteorologici

		12-apr	13-apr	14-apr	15-apr
Temperatura (°C)	media	14,6	11,4	10,5	11,8

	min	9,3	6	5	4,8
	max	21,5	16,3	16	16,8
Umidità %	media	63	66	64	50
	min	31	34	35	28
	max	88	90	91	81
Velocità vento (m/s)	media	1,6	2,3	0,8	1,3
	min	0,0	0,1	0,0	0,1
	max	5,0	5,0	2,1	2,1
Eventi di Pioggia (mm/h)	min	0,1	-	-	-
	max	1,1	-	-	-
	durata	3 h	-	-	-

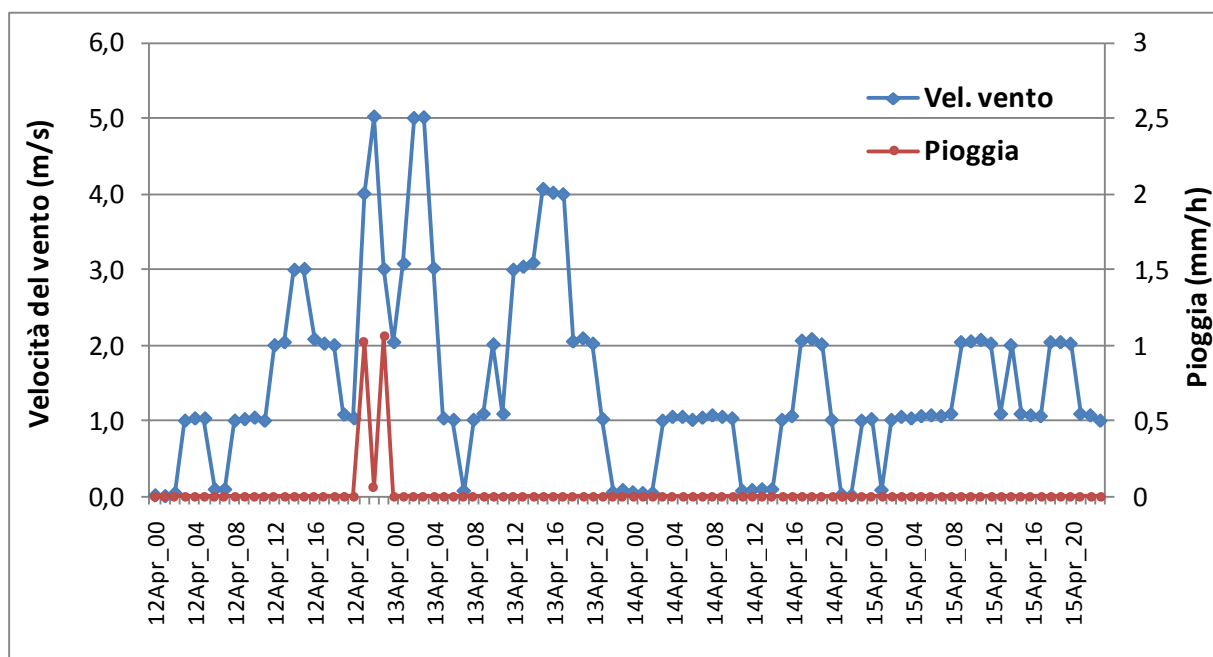


Figura 3.1 Velocità del vento ed altezza delle precipitazioni su base oraria registrate durante le campagne di monitoraggio.

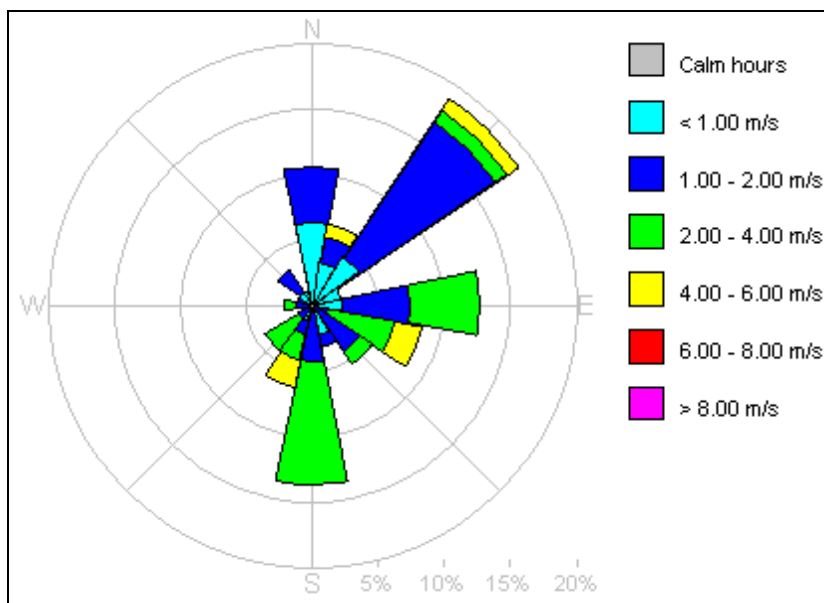


Figura 3.2 - Rosa dei venti rilevata durante l'esecuzione della campagna.

Tabella 3.2 - Medie orarie della direzione di provenienza del vento

Orario	12-apr	13-apr	14-apr	15-apr
0	NNO	E	N	E
1	SSE	E	N	ENE
2	N	ESE	NE	NE
3	N	ESE	NNE	NE
4	NE	ESE	N	N
5	NE	NO	NE	NNE
6	N	NO	NE	NNE
7	NNE	NO	NE	N
8	N	ONO	NE	NE
9	NE	O	NE	NE
10	N	O	NE	E
11	SSE	SO	NE	ESE
12	S	SO	ENE	E
13	SSO	SO	SSE	ESE
14	S	SO	NE	SSE
15	S	SSO	E	E
16	S	SSO	S	SE
17	SE	SSO	S	S
18	SE	S	S	E
19	SE	S	S	ESE
20	SE	S	S	ESE
21	NNE	SSO	SO	E
22	NE	E	NNE	E
23	ESE	E	N	NE



## 3.2 Presenze di ultrafine e nanopolveri

### 3.2.1 Sito A

Per il sito A sono disponibili i dati riguardanti i giorni 13-14 aprile (TSI 3031, distribuzione granulometrica delle concentrazioni in numero di particelle) e 14-15 aprile (TSI 3775, numero totale di particelle). Nello specifico, la distribuzione dimensionale delle particelle è stata misurata per 24 ore consecutive dalle 10.15 del 13 Aprile 2011 con risoluzione temporale pari a 10 minuti, mentre la concentrazione totale in numero delle particelle è stata rilevata, sempre per circa 22 ore consecutive, dalle ore 15.30 del 14 Aprile, con risoluzione temporale pari ad 1 minuto.

L'andamento temporale delle concentrazioni totali è rappresentato nella Figura 3.3 mentre i principali parametri della statistica descrittiva dei valori misurati sono riassunti in Tabella 3.3. In particolare, la concentrazione media giornaliera è risultata pari a  $1,6 \cdot 10^4$  particelle/cm<sup>3</sup>, con intervalli di variazione compresi tra un minimo di  $5,4 \cdot 10^3$  ed un massimo di  $5,2 \cdot 10^4$  particelle/cm<sup>3</sup>.

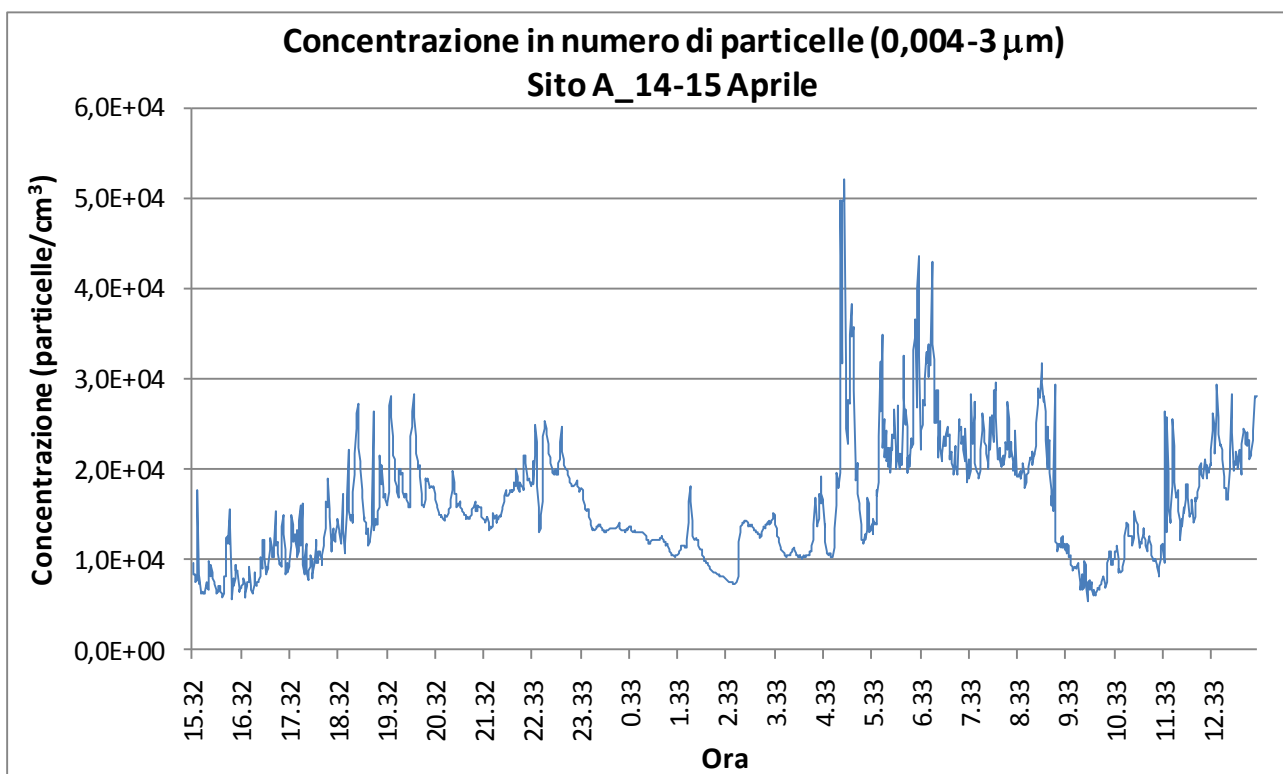


Figura 3.3 - Sito A: Andamento delle concentrazioni in numero delle particelle durante la campagna giornaliera di misura del 14-15 Aprile.

Tabella 3.3 – Sito A: parametri della statistica descrittiva delle concentrazioni in numero di particelle.

Parametro	TSI 3775 0,004 - 3 µm
Media	15919
Deviazione Standard	6423
Minimo	5360
Massimo	52100
Mediana	14600
1°quartile	11300
3°quartile	19925
Intervallo interquartile	8625

Il complesso dei dati rilevati è stato successivamente elaborato per determinare l'evoluzione giornaliera dei valori medi su base oraria, riportata nella Figura 3.4. I risultati così ottenuti mostrano concentrazioni orarie variabili nell'intervallo  $7,9 \cdot 10^3 - 2,7 \cdot 10^4$  particelle/cm<sup>3</sup>, con i valori massimi rilevati nelle prime ore del mattino, quando si osserva un aumento sia dei livelli di concentrazione sia della loro dispersione. Il confronto dell'andamento delle concentrazioni medie orarie con i valori medi di velocità del vento registrati nelle stesse ore, anch'essi rappresentati nella Figura 3.4, non evidenzia particolari correlazioni. Analogamente, la rosa delle concentrazioni riportata in Figura 3.5, che rappresenta le concentrazioni medie orarie misurate in corrispondenza delle diverse direzioni del vento, non mostra apprezzabili variazioni delle misure associate alla provenienza del vento stessa.

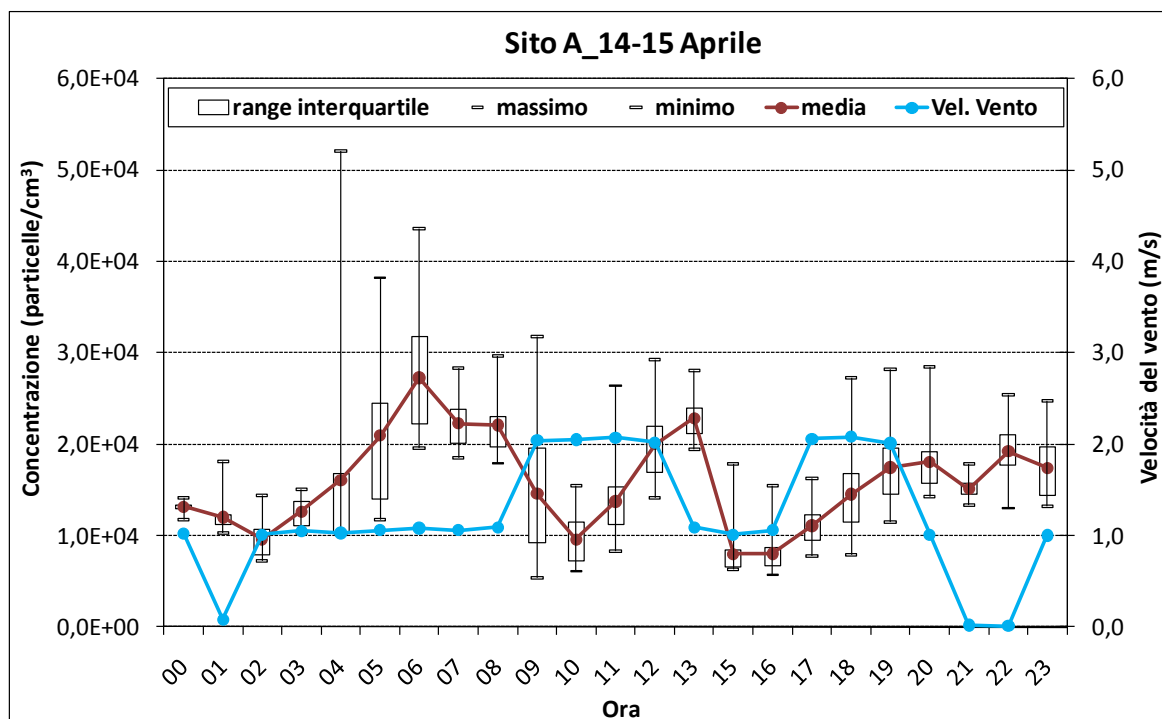


Figura 3.4 – Sito A: evoluzione giornaliera delle statistiche descrittive della concentrazione oraria di particelle e della velocità media del vento durante la campagna di misura del 14-15 Aprile.

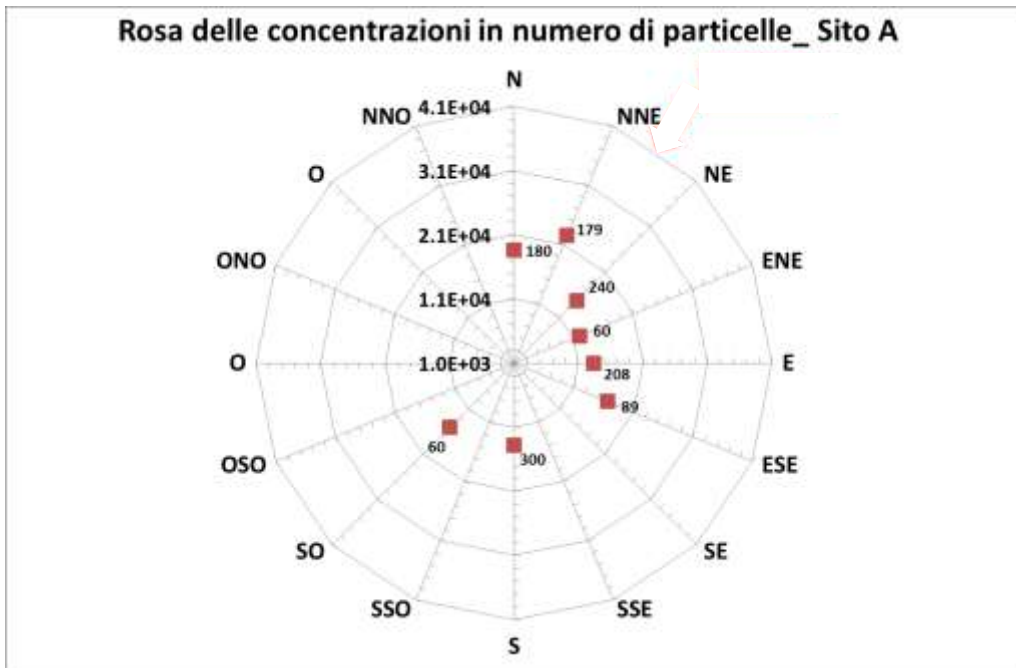


Figura 3.5 – Sito A - Rosa delle concentrazioni di particelle durante la campagna giornaliera di misura del 14-15 Aprile. Il numero riportato a fianco dei simboli indica i dati di concentrazione disponibili per ognuna delle direzioni di provenienza del vento.

Per ciò che si riferisce alla distribuzione dimensionale delle concentrazioni, i dati rilevati ed elaborati in termini medi giornalieri, riportati in Figura 3.6, indicano una struttura che appare unimodale, con la moda corrispondente alla classe più fine (0,020 - 0,030  $\mu\text{m}$ ) e quindi collocata nella frazione delle nanopolveri. Le acquisizioni sono anche state elaborate come distribuzioni medie rappresentative di periodi temporali caratteristici della giornata (Mattino 6:00-10:00, Pomeriggio 11:00-17:00, Sera 18:00-23:00, Notte 0:00-5:00) (Figura 3.7). I risultati non indicano particolari variazioni nella struttura generale, con distribuzioni che mantengono caratteristiche di unimodalità e mode sempre nella classe dimensionale più fine, con quest'ultima che appare leggermente più consistente nelle ore mattutine e pomeridiane rispetto ai corrispondenti periodi serali e notturni.

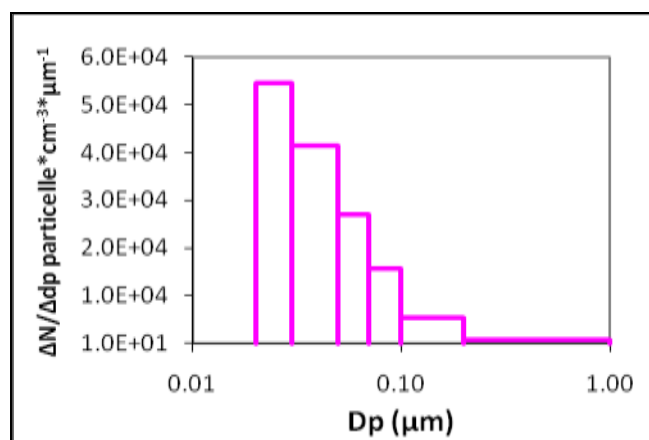


Figura 3.6 – Sito A: Distribuzione dimensionale media giornaliera delle concentrazioni in numero di particelle.

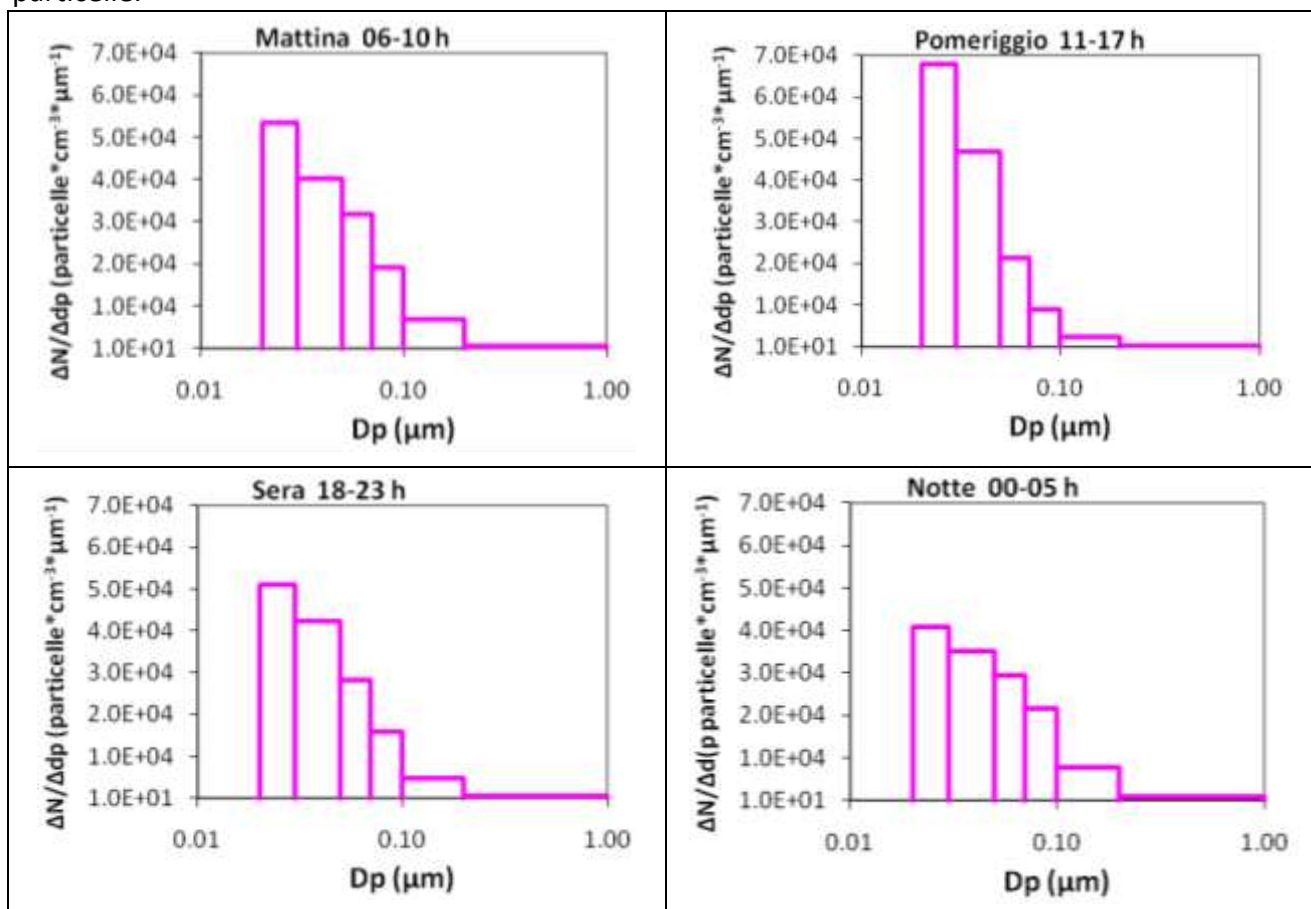


Figura 3.7 - Sito A: evoluzione in periodi caratteristici della giornata della distribuzione dimensionale delle concentrazioni in numero di particelle.

### 3.2.2 Sito B

Per il già citato malfunzionamento dello strumento TSI 3031 nel sito A nei giorni 12-13 Aprile, le concentrazioni totali nel sito B dispongono delle acquisizioni relative a due periodi giornalieri consecutivi di rilevamento (12-13 aprile e 13-14 aprile, strumento TSI 3775) e ad una giornata di misure per la valutazione della distribuzione dimensionale (14 aprile, strumento TSI 3031).

Gli andamenti temporali ed i parametri della statistica descrittiva delle concentrazioni totali sono rappresentati nelle Figure 3.8 e 3.9 e riassunti nella Tabella 3.4. Le concentrazioni medie rilevate nei due giorni di misura sono rispettivamente pari a  $1,9 \cdot 10^4$  e  $2,4 \cdot 10^4$  particelle/cm $^3$ , con valori massimi particolarmente significativi, anche di un ordine di grandezza superiore rispetto ai valori medi. Inoltre, tanto l'analisi degli andamenti temporali dei dati misurati (risoluzione di un minuto) quanto quella dei valori medi orari, riportati nelle Figure 3.10 e 3.11, evidenziano, in entrambe le giornate, la presenza di apprezzabili aumenti delle concentrazioni durante le ore

centrali della giornata, indicativamente dalle 11 alle 19, nelle quali si osserva la presenza di picchi istantanei piuttosto elevati, dell'ordine di  $2\cdot 5\cdot 10^5$  particelle/cm<sup>3</sup>, a fronte di concentrazioni medie orarie variabili nell'intervallo  $2\cdot 7\cdot 10^4$  particelle/cm<sup>3</sup>.

L'analisi comparata delle concentrazioni orarie e della velocità del vento evidenzia un incremento di quest'ultime nelle stesse ore in cui si verificano gli aumenti della concentrazione, e precisamente nell'intervallo 11-19 di entrambe le giornate (Figure 3.10 e 3.11). La rosa delle concentrazioni (Figura 3.12) mostra come i valori orari più elevati siano tendenzialmente associati alle direzioni di provenienza da Sud-Ovest, Ovest-Sud-Ovest e Sud. In particolare, l'analisi di dettaglio delle ore diurne dei giorni 12-13 Aprile, caratterizzate dai livelli di concentrazione più elevati, evidenzia quanto segue:

- durante tali ore in entrambe le giornate il vento aumenta di intensità;
- lo stesso periodo temporale è caratterizzato da una rotazione nella direzione del vento, che nelle ore mattutine e serali proviene prevalentemente da Nord-Nord Est-Est, mentre nelle ore centrali della giornata, quando si osserva l'aumento delle concentrazioni, tende a disporsi dai quadranti meridionali (Tabella 3.2 e Figura 3.13).

Il complesso dei dati disponibili indicherebbe l'intervento di fenomeni che, nei periodi diurni tra le 11 e le 19 circa dei giorni 12-13 aprile hanno influenzato in maniera evidente la presenza del particolato, in concomitanza con venti prevalentemente orientati da S-SO. Gli elementi disponibili non consentono di identificarne univocamente la natura che, in linea con la complessità dei meccanismi che governano la dinamica delle popolazioni di ultrafine e nanopolveri, potrebbe essere tanto di origine naturale (processi di nucleazione atmosferica, trasporto di aerosol marino o di masse d'aria ricche di nano particolato) che riconducibile ad attività emissive di origine antropica, quali quelle associate a processi industriali di vario tipo.

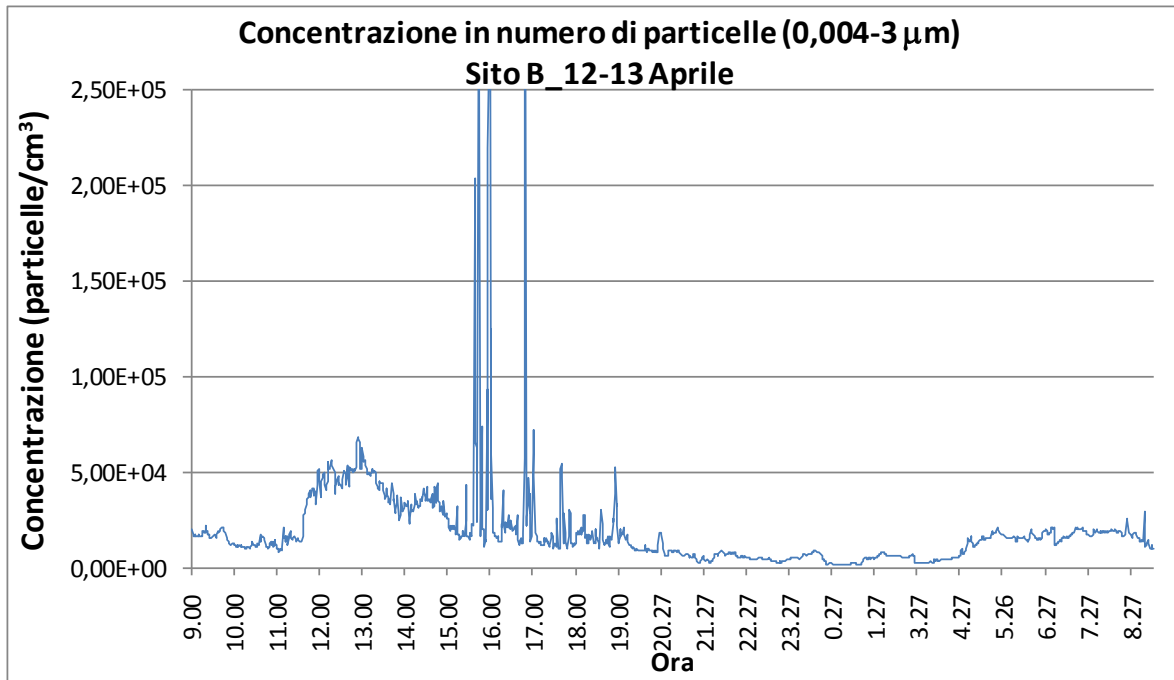


Figura 3.8 - Sito B: Andamento delle concentrazioni in numero di particelle durante la campagna giornaliera di misura del 12-13 Aprile.

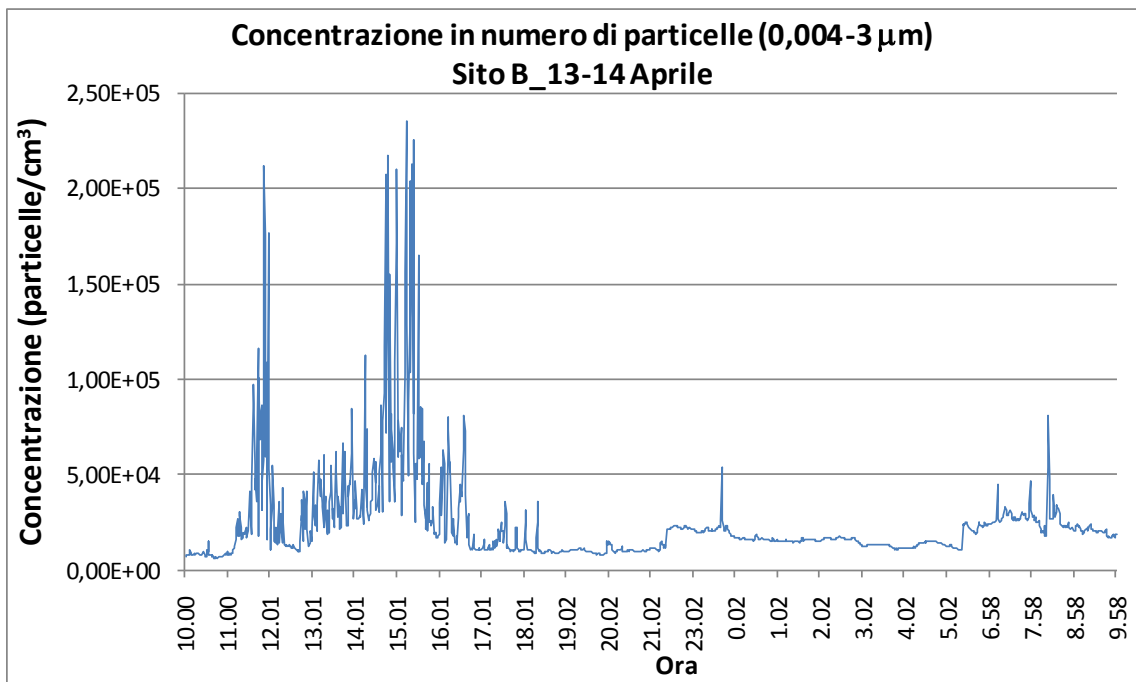


Figura 3.9 - Sito B: Andamento delle concentrazioni in numero di particelle durante la campagna giornaliera di misura del 13-14 Aprile.

Tabella 3.4 - Sito B: parametri della statistica descrittiva delle concentrazioni in numero di particelle.

Parametro	12-13 Aprile	13-14 Aprile
	TSI 3775 0,004 - 3 $\mu\text{m}$	TSI 3775 0,004 - 3 $\mu\text{m}$
Media	18662	23858
Deviazione Standard	27765	25120
Minimo	1650	6360
Massimo	563000	235000
Mediana	14600	16600
1°quartile	6820	11500
3°quartile	19500	24700
Intervallo interquartile	12680	13200

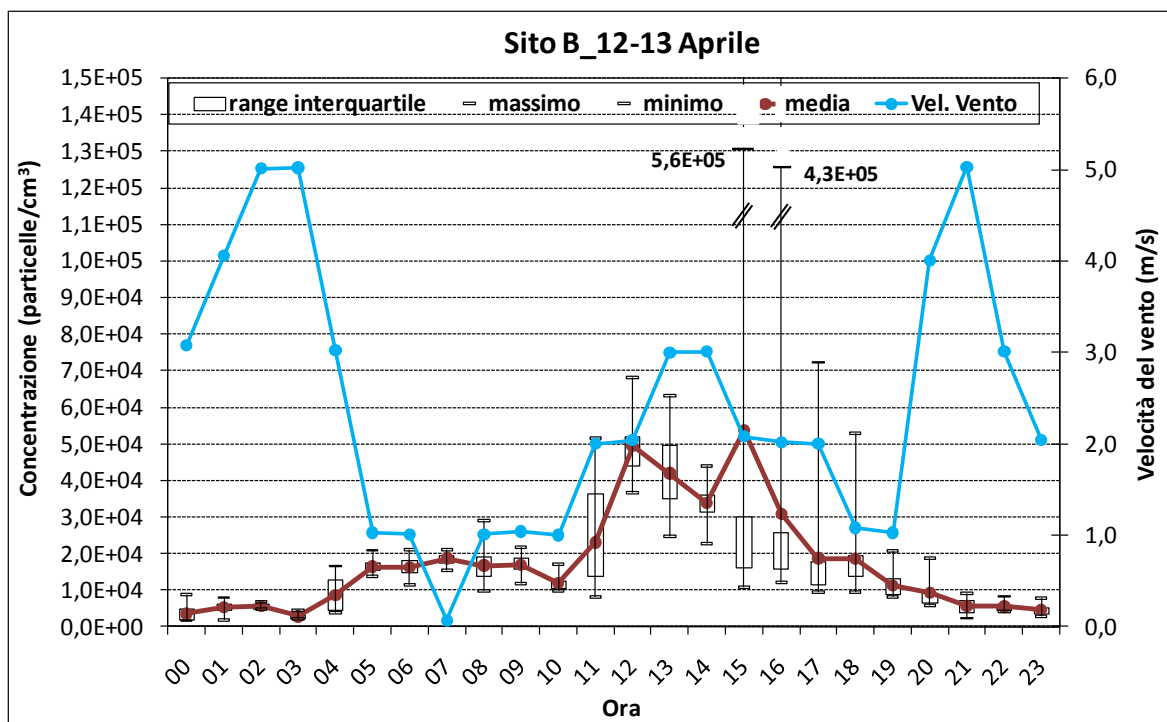


Figura 3.10 – Sito B: evoluzione giornaliera delle statistiche descrittive della concentrazione oraria di particelle e della velocità media del vento durante la campagna di misura del 12-13 Aprile.

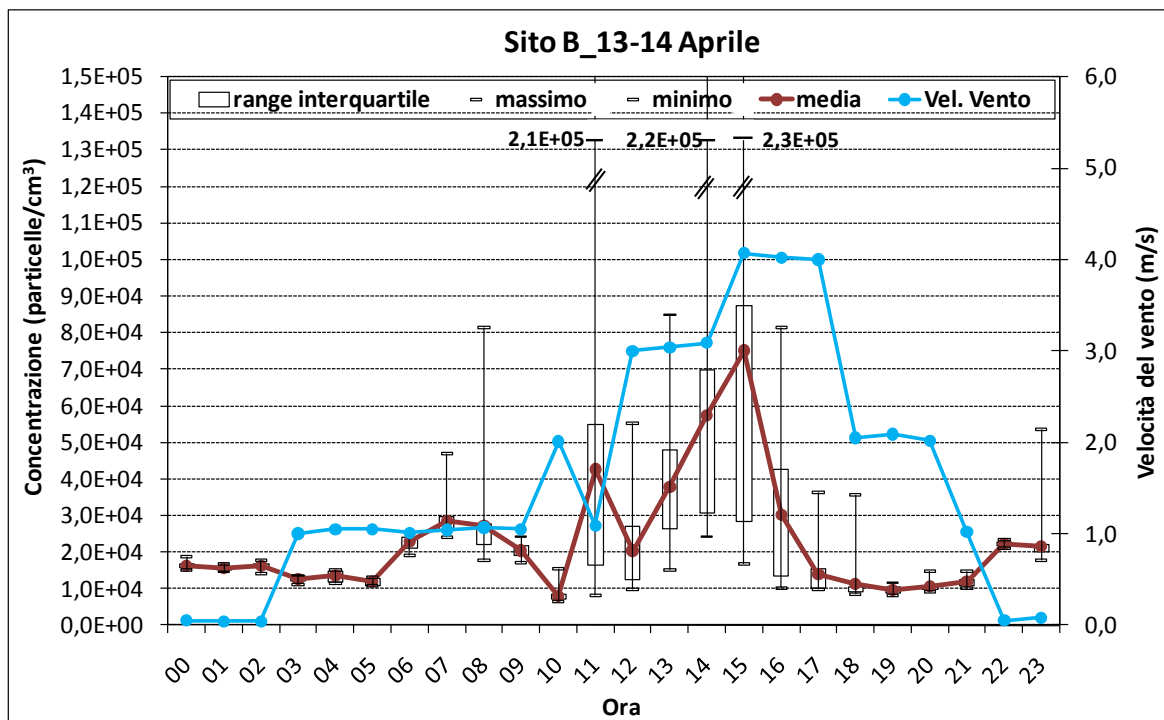


Figura 3.11 – Sito B: evoluzione giornaliera delle statistiche descrittive della concentrazione oraria di particelle e della velocità media del vento durante la campagna di misura del 13-14 Aprile.

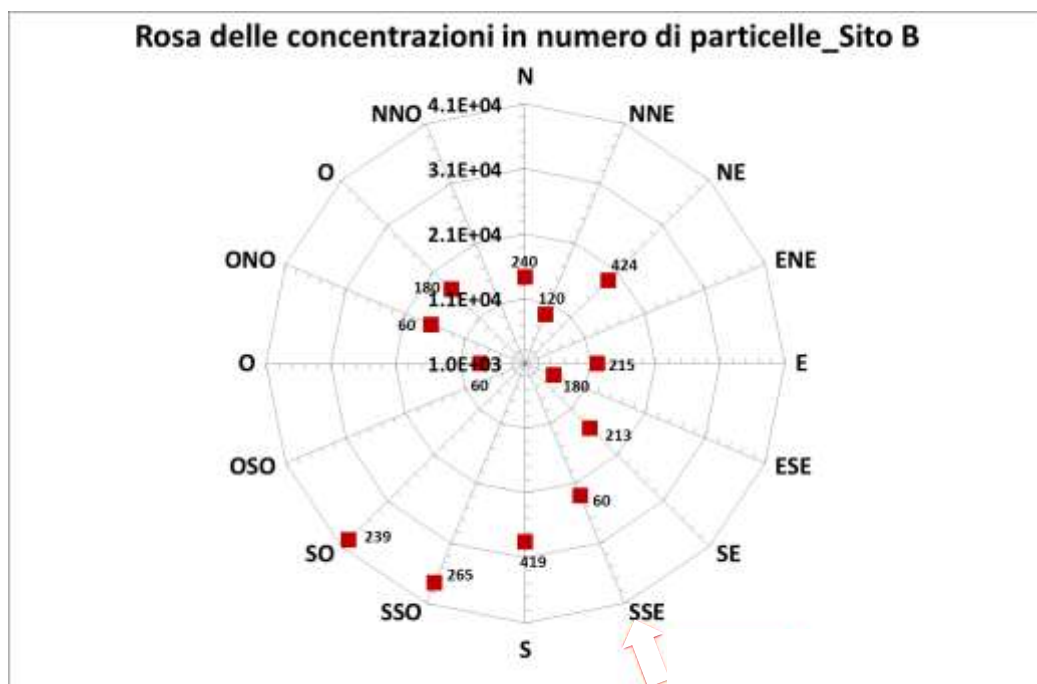


Figura 3.12 – Sito B - Rosa delle concentrazioni di particelle durante le campagna giornaliere di misura. Il numero riportato a fianco dei simboli indica i dati di concentrazione disponibili per ognuna delle direzioni di provenienza del vento.



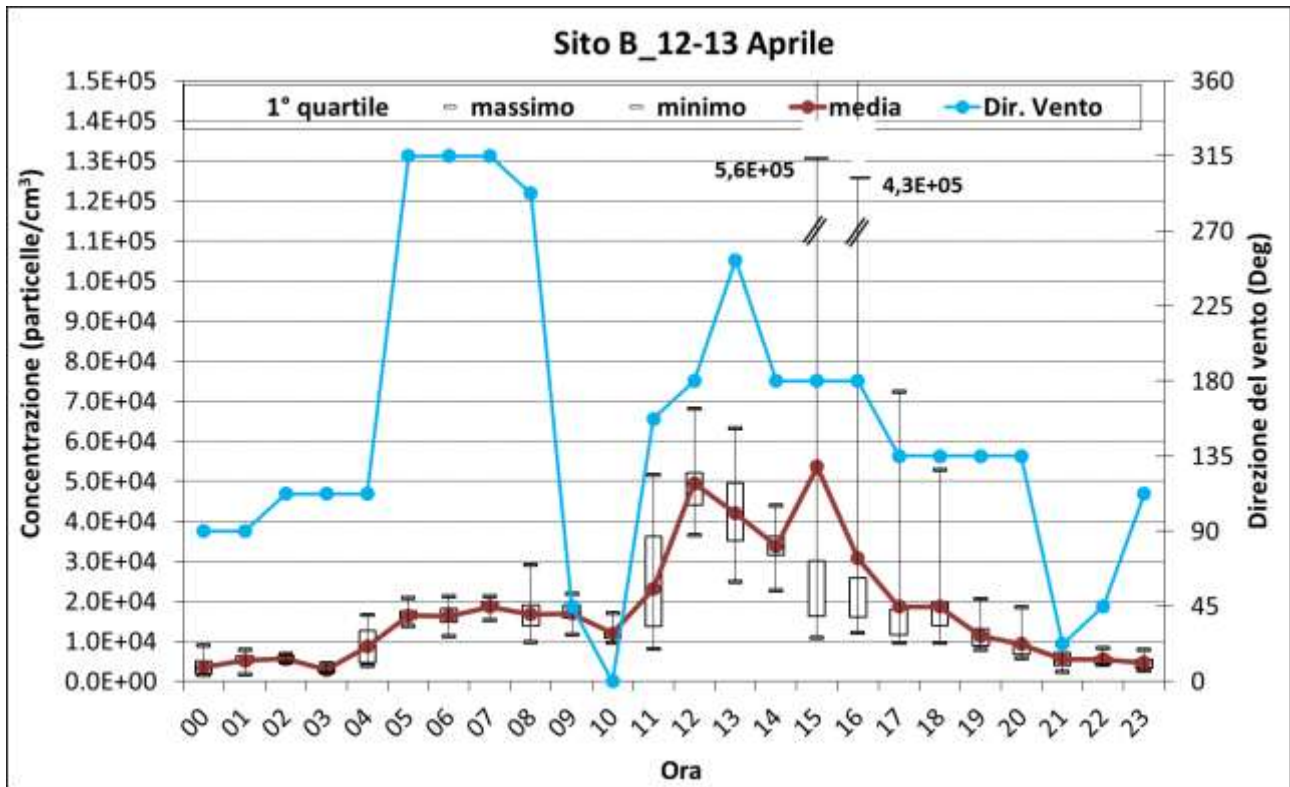


Figura 3.13 – Sito B: evoluzione giornaliera delle statistiche descrittive della concentrazione oraria di particelle e della direzione di provenienza del vento (12-13 Aprile 2011).

Come per il sito A, la distribuzione dimensionale rilevata in termini medi giornalieri è unimodale, con la moda collocata nella classe più fine (0,020-0,030  $\mu\text{m}$ ) e quindi ancora appartenente alla frazione nanoparticolata (Figura 3.14). Le distribuzioni elaborate per periodi rappresentativi della giornata (Figura 3.15) appaiono anch'esse di struttura unimodale, con moda sempre collocata nelle nanopolveri e con la classe più fine che mostra un leggero incremento nelle ore mattutine rispetto agli altri periodi della giornata.

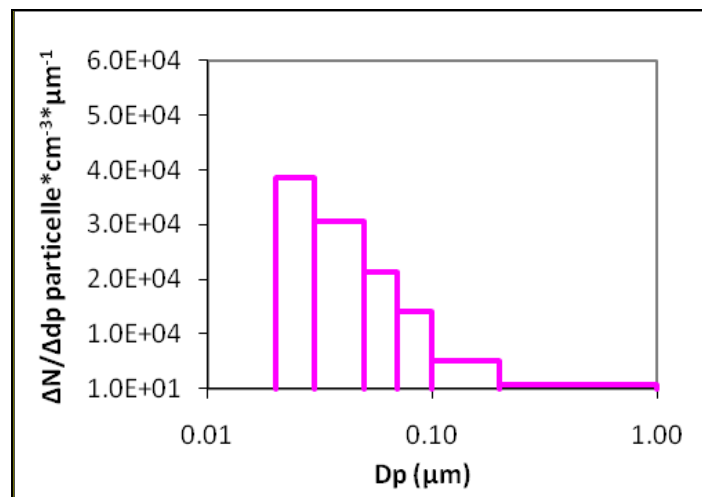


Figura 3.14 – Sito B: Distribuzione dimensionale media giornaliera delle concentrazioni in numero di particelle.

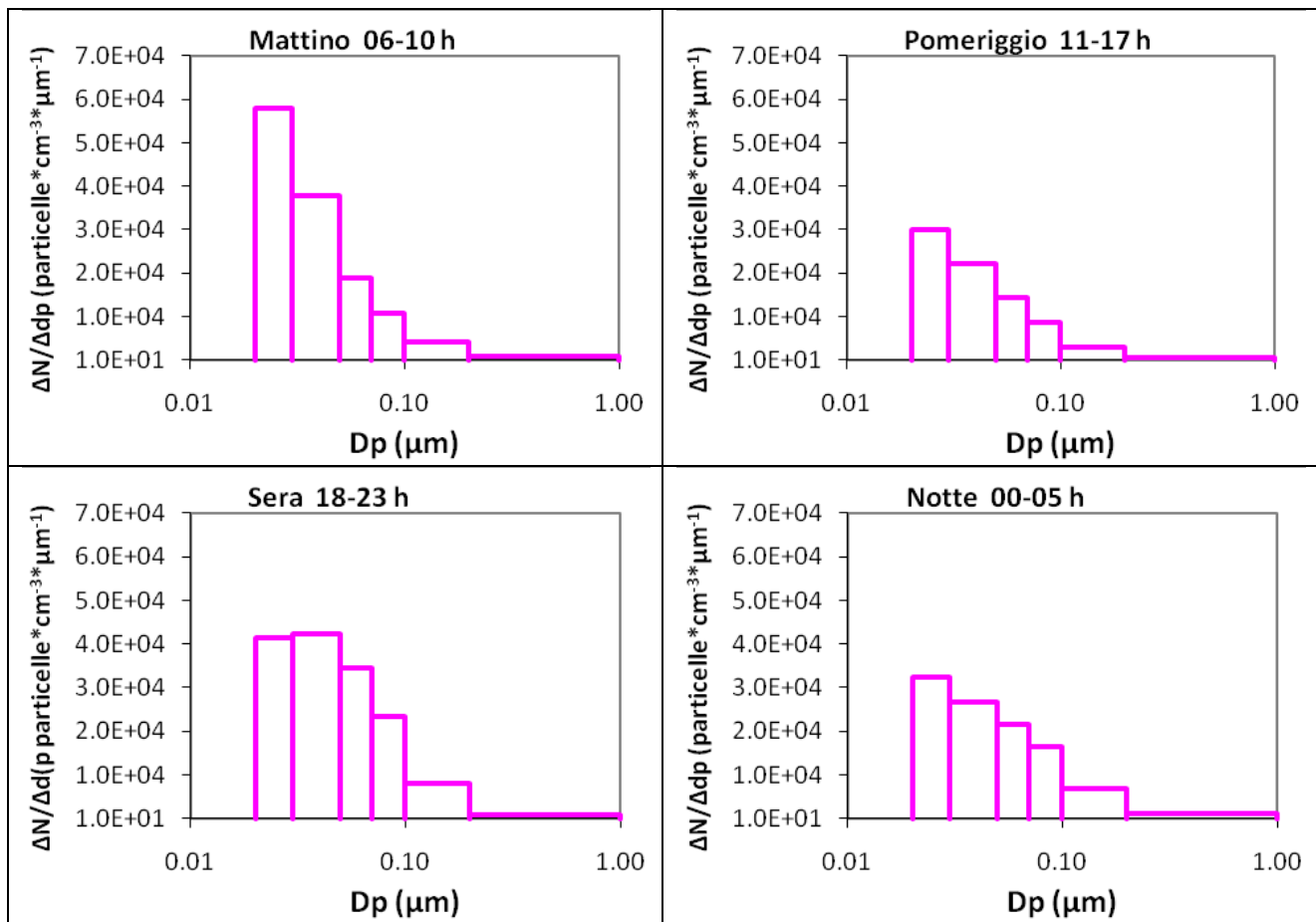


Figura 3.15 – Sito B: Variazione giornaliera della distribuzione dimensionale delle concentrazioni in numero di particelle.

#### 4 Considerazioni conclusive.

Il complesso dei dati rilevati mostra una situazione omogenea nei due siti indagati in termini di presenze di particolato descritte come concentrazione in numero di particelle e relativa distribuzione dimensionale. Entrambi i siti appaiono caratterizzati da concentrazioni medie in numero di circa  $1-3 \cdot 10^4$  particelle/cm<sup>3</sup> per l'intervallo dimensionale 0,004-3 μm (Figura 4.1), con rispettive distribuzioni dimensionali unimodali caratterizzate da moda nella classe delle nanopolveri. Nei periodi di misura si sono osservati due eventi di aumento significativo delle concentrazioni presso il sito B, ripetutisi per due giorni consecutivi (12-13 Aprile) nelle ore centrali della giornata (indicativamente 11-19 h). Tali eventi sono presumibilmente determinati da un cospicuo aumento delle concentrazioni in numero di particelle che hanno sostanzialmente interessato le nanopolveri, come suggerito dalle distribuzioni dimensionali rilevate nel sito di campionamento A durante le stesse ore del 13 Aprile che mostrano un incremento significativo

dell'importanza degli intervalli appartenenti alla classe nano polveri rispetto alla situazione media giornaliera (Figura 4.2). L'analisi del regime anemologico evidenzia, nelle stesse ore dell'evento, una variazione della direzione di provenienza del vento che ruota dal quadrante settentrionale a quello meridionale in associazione ad un aumento di velocità. Gli incrementi osservati del numero di particelle lasciano pertanto supporre la presenza di un fenomeno che ha influenzato significativamente la presenza di nanopolveri in entrambi i siti soltanto nelle ore centrali della giornata ed in concomitanza con venti provenienti da S-SO. Gli elementi disponibili non consentono di identificarne univocamente la natura, che potrebbe essere tanto di origine naturale (processi di nucleazione atmosferica, trasporto di aerosol marino o di masse d'aria ricche di nano particolato) che riconducibile ad attività emissive di origine antropica, quali quelle associate a processi industriali di vario tipo.

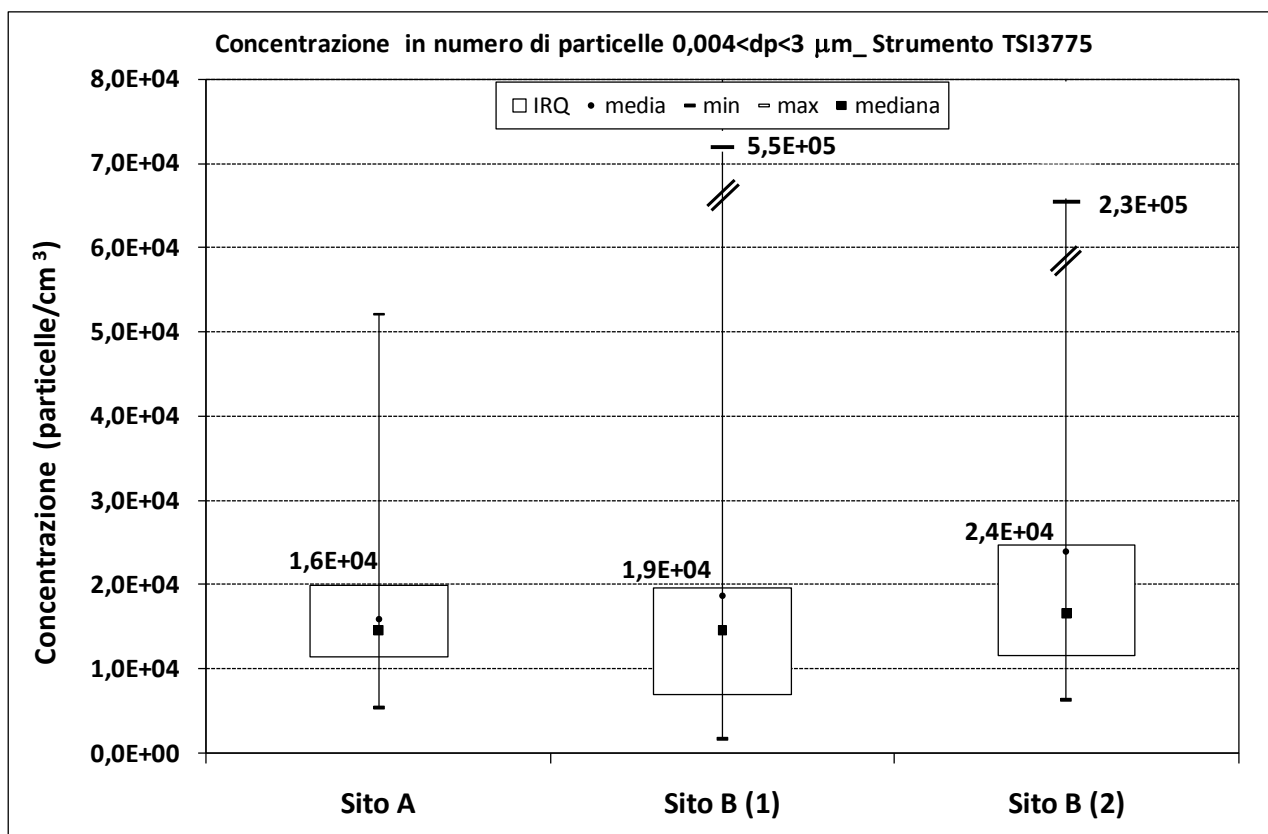


Figura 4.1 Confronto tra le statistiche descrittive delle concentrazioni in numero di particelle rilevate nei due siti di indagine.

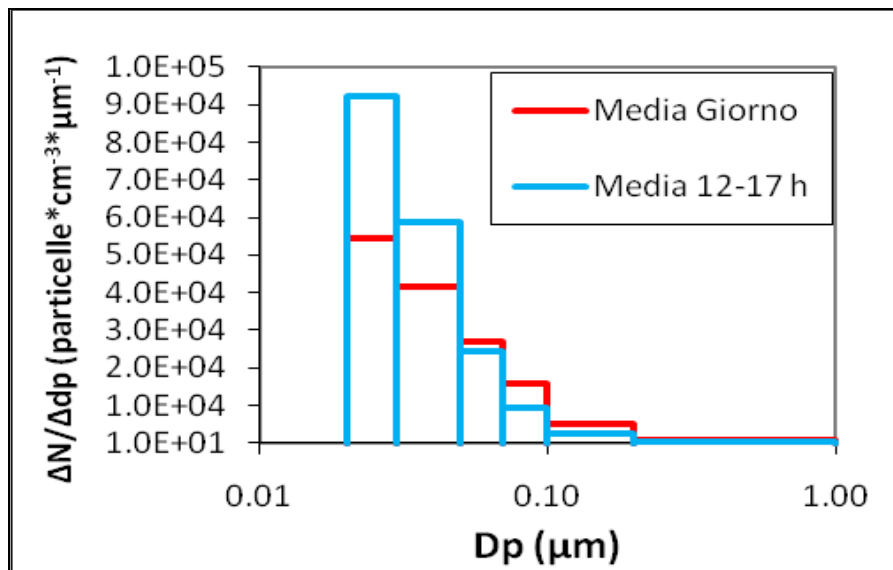


Figura 4.2 - Sito A: Confronto della distribuzione dimensionale media giornaliera delle particelle con quella rilevata durante gli eventi di incremento delle concentrazioni totali (valori medi nell'intervallo temporale 12.00-17.00 del 13 Aprile).