Secondo Protocollo d'intesa per il miglioramento della qualità ambientale nell'area portuale di Ravenna

MONITORAGGIO DI PARTICOLATO PM10 IN AREA PORTUALE
Anno 2011

Introduzione
1 – Le campagne di misura
2 – Elaborazione dei dati delle campagne di misura
2.1. Picchi anomali di concentrazione
2.2. Concentrazioni di polveri PM10 rilevate presso i recettori sensibili
2.3. Concentrazioni di PM10 e condizioni meteorologiche
3 – Confronto fra misure e simulazioni
4 – Conclusioni

Introduzione

In quest'ultima parte vengono presentati i risultati della campagna di monitoraggio di polveri PM10 effettuata in area portuale da gennaio a dicembre 2011. Il monitoraggio è stato effettuato in 15 siti utilizzando cinque strumenti per il campionamento delle polveri sottili (skypost), impiegati contemporaneamente in cinque siti di misura, quattro all'interno dell'area portuale, uno all'esterno presso un sito ritenuto sensibile. In particolare i 4 siti di misura sono stati selezionati in maniera tale da coprire in modo omogeneo l'intera area portuale, dalla zona della SAPIR fino alla zona Nord dell'area industriale lungo la Via Baiona, in riva sinistra del Canale Candiano.
In ogni sito di campionamento sono state effettuate 4 campagne di misura della durata di due settimane, per un totale di otto settimane di misure distribuite uniformemente durante l'anno, in conformità con quanto previsto dal D.L.vo 155/2010.

1 – Le campagne di misura

In figura 1 è rappresentata la distribuzione dei siti di campionamento, suddivisi per gruppi di misura. La scelta dei sito di misura è stata fatta in modo da soddisfare due requisiti: durante ogni campagna è stata monitorata una scuola (recettore sensibile) e si è cercato di coprire l'area portuale da Nord a Sud in modo il più possibile omogeneo.
In tabella 1, per ogni sito di misura, sono riportate le date in cui sono stati effettuati i campionamenti e il numero di dati giornalieri disponibili.

Sito	Campagna 1	Campagna 2	Campagna 3	Campagna 4	Num. Dati validi
M-1 A	18/01 – 31/01	05/04 – 19/04	28/06 – 12/07	11/10 – 25/10	59
M-1 B	18/01 – 31/01	05/04 – 19/04	28/06 – 12/07	11/10 – 25/10	59
M-1 C	18/01 – 31/01	05/04 – 19/04	28/06 – 12/07	11/10 – 25/10	59
M-1 D	18/01 – 31/01	05/04 – 19/04	28/06 – 12/07	11/10 – 25/10	59
M-1scuola	18/01 – 31/01	05/04 – 19/04	28/06 – 12/07	11/10 – 25/10	59
M-2 A	08/02 – 23/02	27/04 – 11/05	19/07 – 04/08	01/11 – 19/11	60
M-2 B	08/02 – 23/02	27/04 – 11/05	19/07 – 02/08	01/11 – 19/11	60
M-2 C	08/02 – 23/02	27/04 – 11/05	19/07 – 02/08	01/11 – 15/11	61
M-2 D	08/02 – 23/02	27/04 – 11/05	19/07 – 02/08	01/11 – 15/11	60
M-2scuola	08/02 – 23/02	27/04 – 11/05	19/07 – 02/08	01/11 – 15/11	61
M-3 A	01/03 – 15/03	17/05 – 31/05	23/08 – 08/09	24/11 – 25/12	66
M-3 B	01/03 – 15/03	17/05 – 31/05	23/08 – 06/09	24/11 – 11/12	63
M-3 C	01/03 – 15/03	17/05 – 31/05	23/08 – 31/08	24/11 – 11/12	57
M-3 D	01/03 – 21/03	17/05 – 12/06	23/08 – 06/09	21/12 – 31/12	69
M-3scuola	01/03 – 15/03	17/05 – 31/05	23/08 – 06/09	24/11 – 11/12	60

Tabella 1 – Sintesi delle campagne di misura e del numero di giorni validi

Da sottolineare che il sito M-3D è stato posto in corrispondenza della stazione di monitoraggio SAPIR, in modo tale da poter avere un riscontro fra i dati rilevati dagli strumenti utilizzati per le misure discontinue utilizzati per le campagne di monitoraggio (skypost) e lo strumento posto nella cabina.

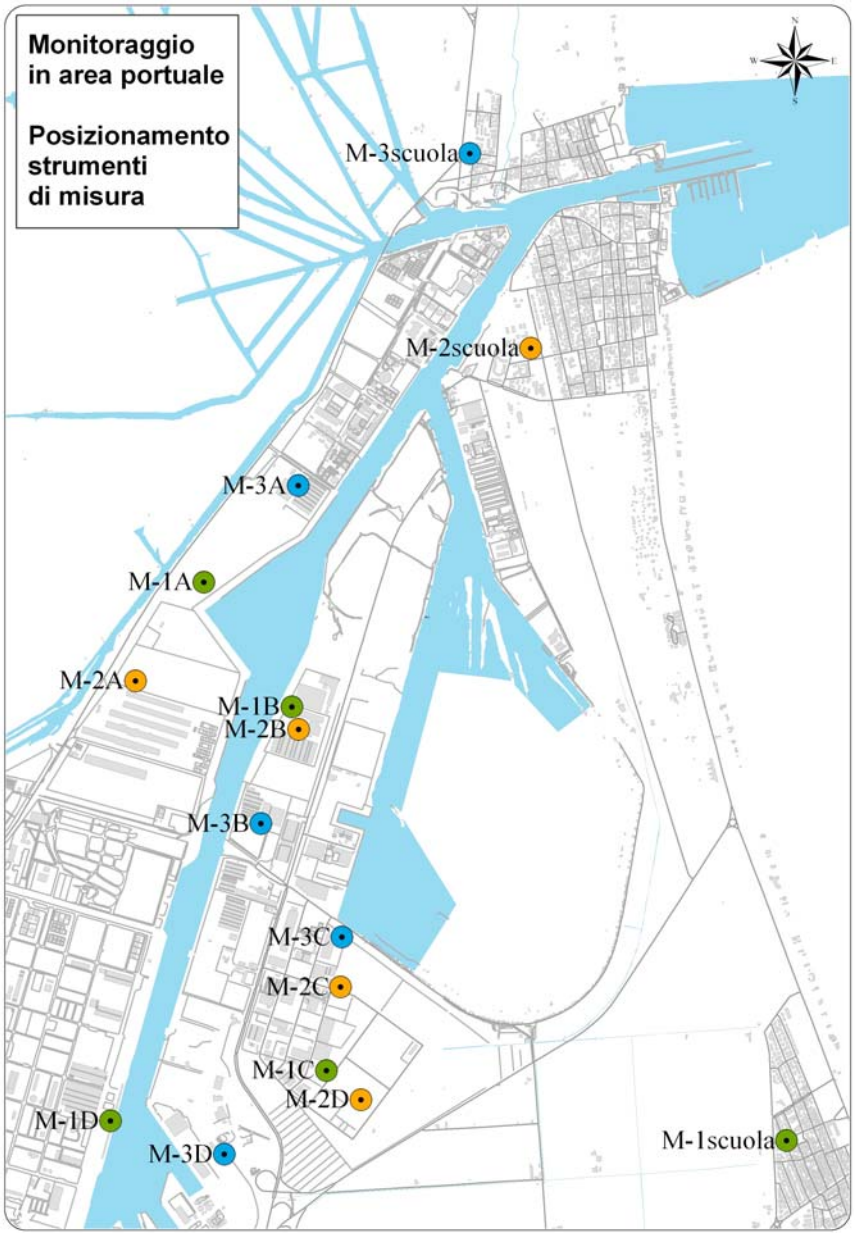
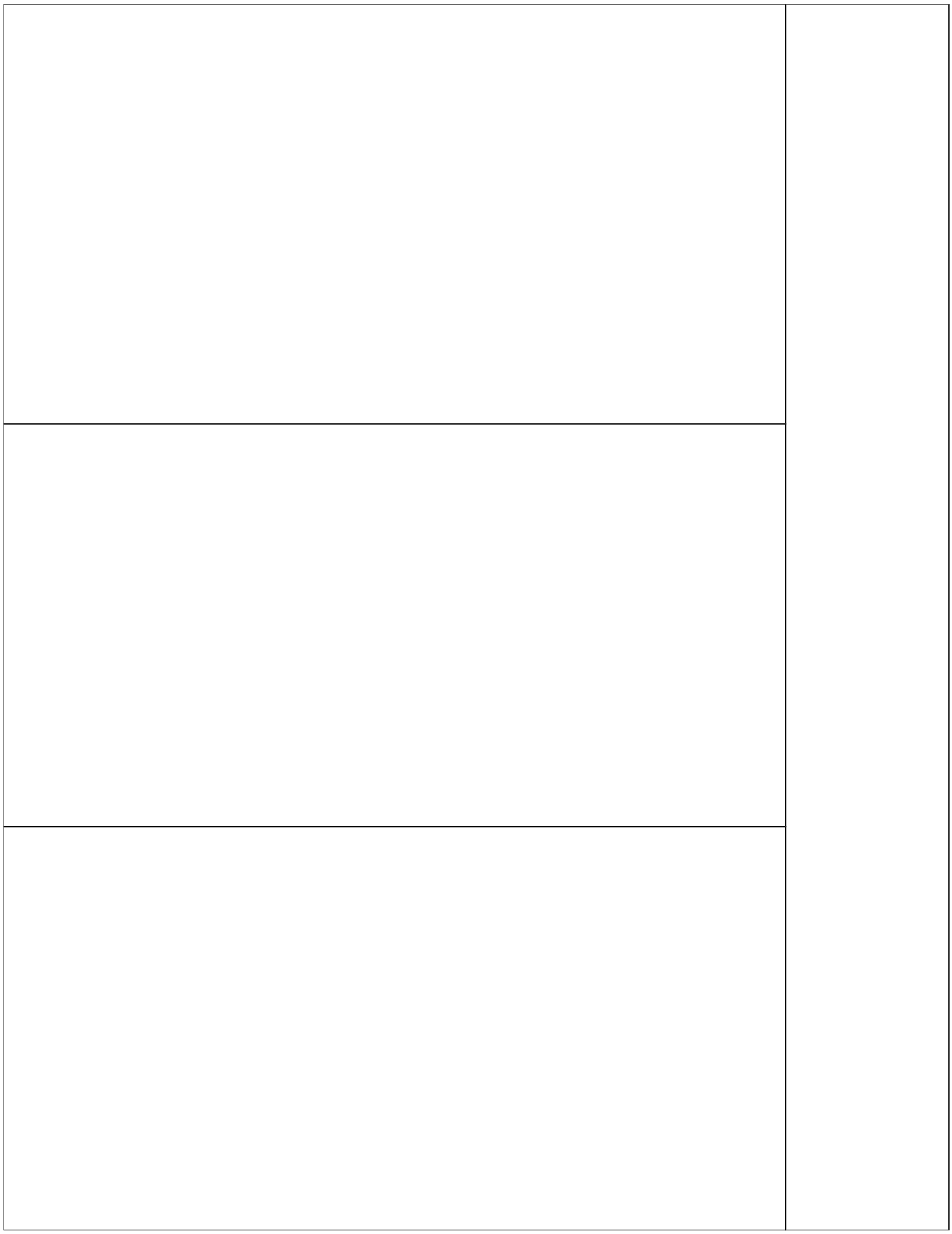


Figura 1 – Ubicazione degli strumenti di misura

2 – Elaborazione dei dati delle campagne di misura

Nelle figure 2 – 5 sono state riportate graficamente le medie giornaliere rilevate nelle campagne e suddivise stagionalmente. In aggiunta, in ogni grafico è sempre rappresentato anche l'andamento rilevato presso la stazione di monitoraggio posta in area portale, riportato sempre in azzurro nei grafici. Il controllo, cioè lo strumento posto in corrispondenza della cabina, è quello denominato M-3D.



posto a Nord in riva sinistra del Canale Candiano, all'interno dell'area della ditta Terminal Nord, il secondo a S-E della zona portuale, posto al confine fra la ditta Eurodocks e la ditta Adriacal. In entrambi i casi gli strumenti sono stati posti all'interno di aree di stoccaggio di materiale all'aperto.
Per quanto riguarda le misurazioni all'interno della zona portuale (A – B – C – D), sebbene durante l'estate si siano rilevate concentrazioni mediamente inferiori rispetto ai mesi invernali, i valori medi giornalieri sono comunque decisamente elevati e, in molte giornate, si sono rilevati superamenti della media giornaliera di 50 $\mu g/m^3$.
Per meglio osservare la distribuzione spaziale dei dati rispetto a quanto osservabile dai grafici con gli andamenti stagionali, nella mappa di figura 6 sono state riportate le medie annuali osservate nei siti di misura, ed in figura 7, analogamente, i massimi rilevati.

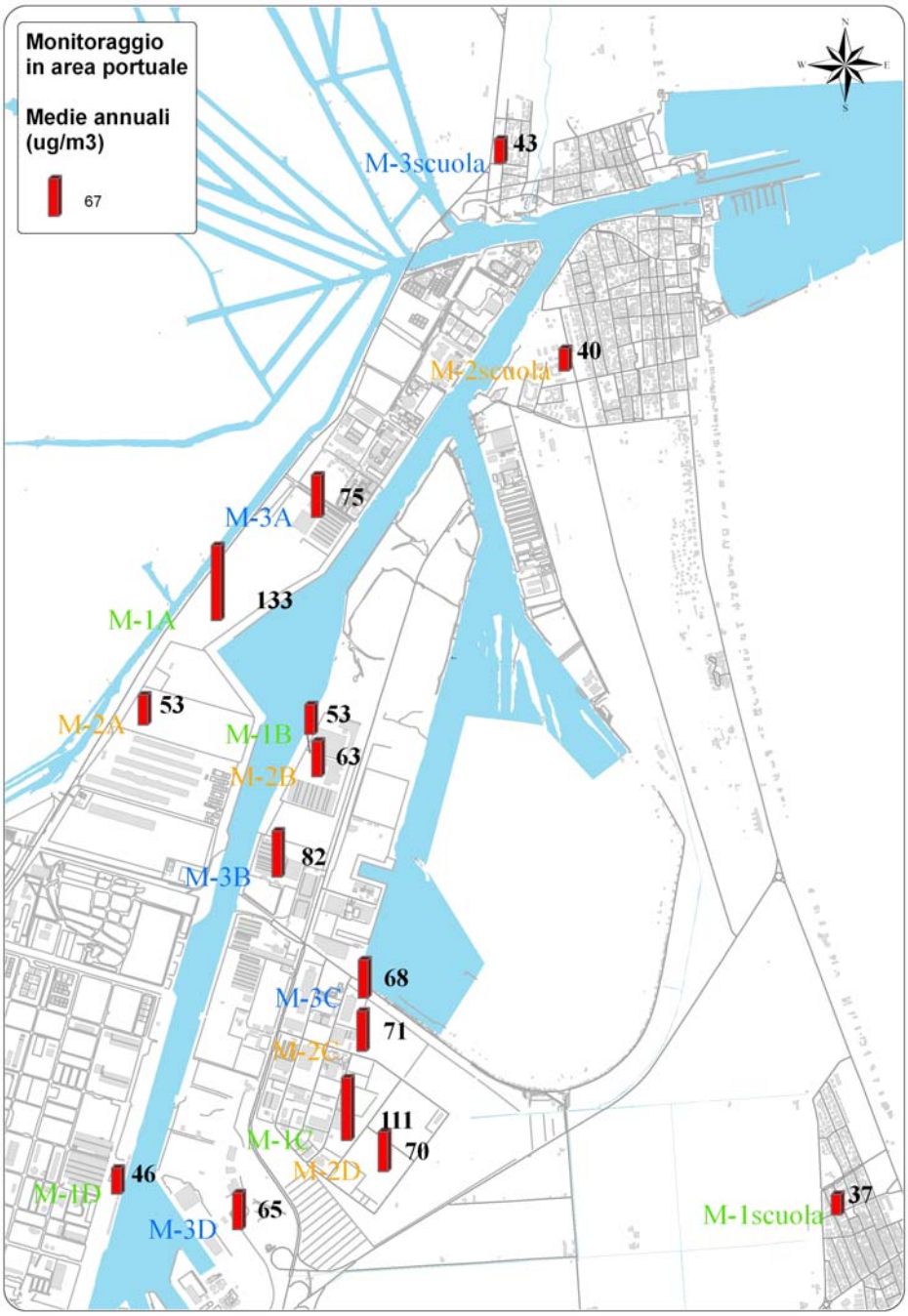


Figura 6 – Medie annuali 2011

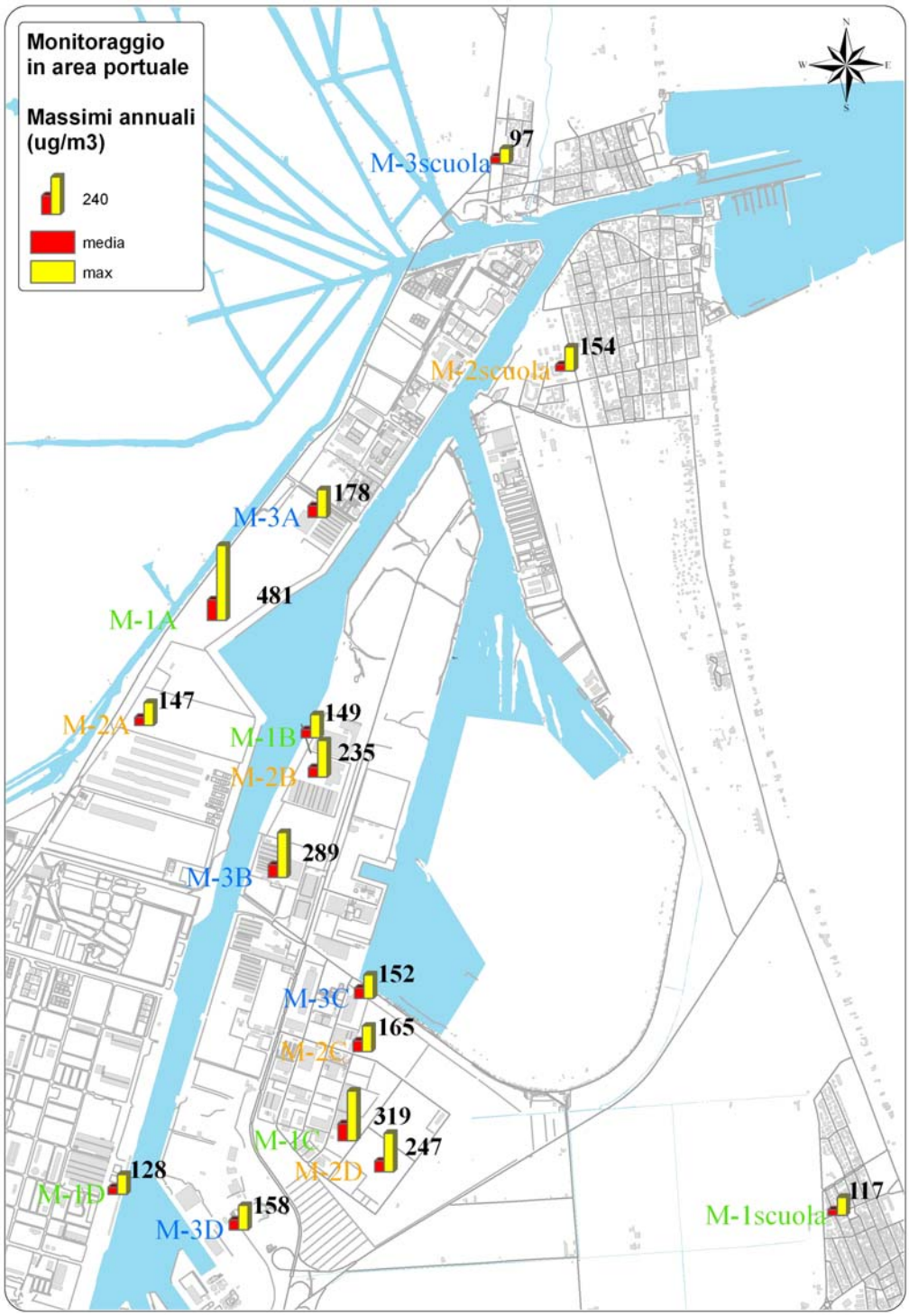


Figura 7 – Massimi annuali 2011

Anche dalla distribuzione spaziale dei valori medi e massimi annuali risultano evidenti due aree particolarmente critiche all'interno del dominio di interesse, così come già osservato dai grafici inerenti le medie giornaliere delle singole campagne. I valori medi rilevati sono in queste due aree particolarmente elevati e superiori a 100 $\mu g/m^3$ in due siti di misura, con concentrazioni massime giornaliere anche superiori a 300 $\mu g/m^3$. In particolare, dagli andamenti riportati, si rilevano picchi di concentrazione media giornaliera in singoli siti di misura e non in linea con le misurazioni effettuate nell'area nello stesso arco temporale.

Per quanto riguarda le misurazioni effettuate presso i cortili delle tre scuole (Porto Corsini, Marina di Ravenna e Punta Marina), i dati appaiono dello stesso ordine di grandezza di quelli rilevati nella

zona Sud dell'area portuale, con medie annuali prossime o superiori al limite di 40 μg/m^3 previsto dalla normativa.

Per meglio indagare sulla relazione fra condizioni meteorologiche e concentrazione di PM10, i siti di misura sono stati raggruppati per caratteristiche omogenee, sia di concentrazioni rilevate sia di dislocazione sul territorio. Come già accennato, sono stati quindi individuati 6 gruppi o aree, rappresentati nella mappa di figura 8 e così denominati anche nel seguito:

- **Nord**: comprende le campagne di misura effettuate presso le due scuole di Porto Corsini e Marina di Ravenna; recettori M-3scuola e M-2scuola;
- **Punta Marina**: strumento collocato presso la scuola elementare di Punta Marina, M-1scuola;
- **Baiona**: Strumenti ubicati in riva sinistra Candiano a Nord dell'area Sapir presso aziende che effettuano principalmente sbarco e stoccaggio di merci; recettori M-1A, M-2A, M-3A.
- **Classicana**: campagne in riva destra Candiano presso aziende ubicate lungo la via Classicana; recettori M-1B, M-2B, M-3B.
- **Est Porto**: Strumenti collocati nella est dell'area portuale, recettori M-1C, M-2C, M-2D, M-3C.
- **Area Sapir**: a questo gruppo sono state assegnate le concentrazioni rilevate presso la stazione di monitoraggio della Sapir e dagli skypost collocati presso la stazione (M-3D) e in fronte in riva sinistra Candiano (M-1D).

Per ognuno di questi gruppi individuati è stata calcolato l'indice di correlazione con i dati rilevati presso la centralina di monitoraggio posta in area portuale, i cui risultati sono riportati nella tabella seguente.

	BAIONA	EST PORTO	AREA SAPIR	CLASSICANA	NORD	RECETTORI SENSIBILI	SAPIR CABINA
BAIONA	1.00	0.45	0.12	0.25	**0.58**	0.18	0.37
EST PORTO		1.00	0.28	0.43	**0.71**	**0.52**	**0.51**
AREA SAPIR			1.00	**0.75**	0.37	**0.62**	**0.85**
CLASSICANA				1.00	**0.73**	**0.75**	**0.74**
NORD					1.00		**0.56**
RECETTORI SENSIBILI						1.00	**0.58**
SAPIR CABINA							1.00

Tabella 2 – Indice R di correlazione fra medie giornaliere relative alle campagne di monitoraggio per aree omogenee e dati misurati presso la cabina di monitoraggio SAPIR – anno 2011

In tabella è riportato il dato di correlazione sia del gruppo dell'area Nord, sia di quello dei recettori sensibili, cioè composto dai dati relativi alle tre campagne presso le scuole. L'indice di correlazione fra questi due gruppi non è riportato, in quanto le campagne di misura nei tre siti sono state effettuate in periodi diversi dell'anno. In generale le correlazioni fra i gruppi non sono molto

elevate; in tabella 2 sono stati evidenziati in rosso gli indici di correlazione superiori a 0.75, in arancio quelli compresi fra 0.50 e 0.75.
In particolare l' area denominata Baiona, in cui sono state rilevate le concentrazioni maggiori di particolato PM10, è poco correlata con le altre serie di dati, compresa la stazione di monitoraggio in area portuale. Da rilevare un indice maggiore di 0.5 fra l'area Baiona e l'area Nord, ad indicare l'influenza che la vicina area portuale ha sulle zone residenziali alla foce del Candiano. Come prevedibile la stazione di monitoraggio della SAPIR risulta meglio correlata con le misure effettuate presso l'area limitrofa alla cabina (R=0.85).

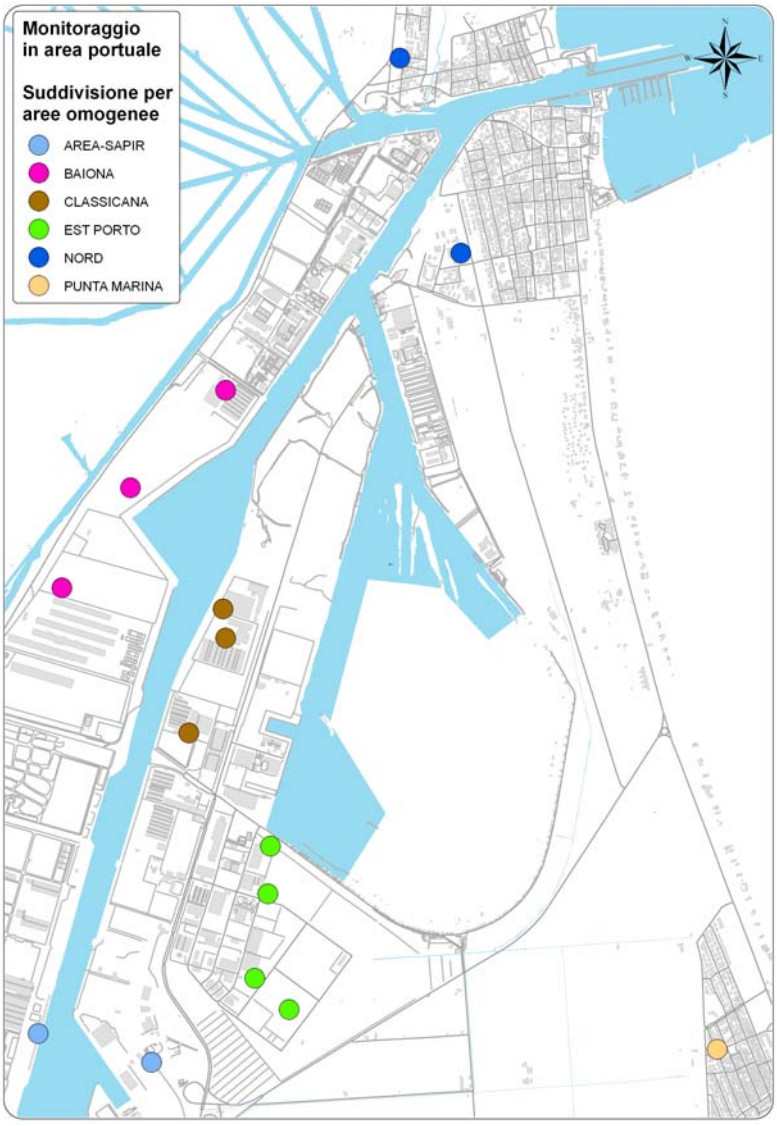


Figura 8 – Suddivisione in gruppi omogenei

Per i gruppi così individuati sono state calcolate le medie stagionali, rappresentate in figura 9, in cui sono ulteriormente stati uniti in un unico gruppo, chiamato "Recettori sensibili", i tre strumenti collocati presso le scuole. Sono inoltre riportate graficamente anche le relative medie stagionali calcolate per i dati rilevati dalla centralina di monitoraggio della SAPIR.
I dati rilevati all'esterno della zona portuale presentano un evidente andamento stagionale, che, sebbene meno significativo, è possibile riscontrare anche nella parte più a sud della zona portuale (AREA SAPIR) e nella zona in riva destra Candiano lungo la Via Classicana.

Nella zona Est e lungo Via Baiona sono state misurate concentrazioni elevate (superiori a 70 $\mu g/m^3$) in tutte le stagioni; in particolare lungo Via Baiona la media invernale è inferiore a quella calcolata durante le altre stagioni dell'anno.

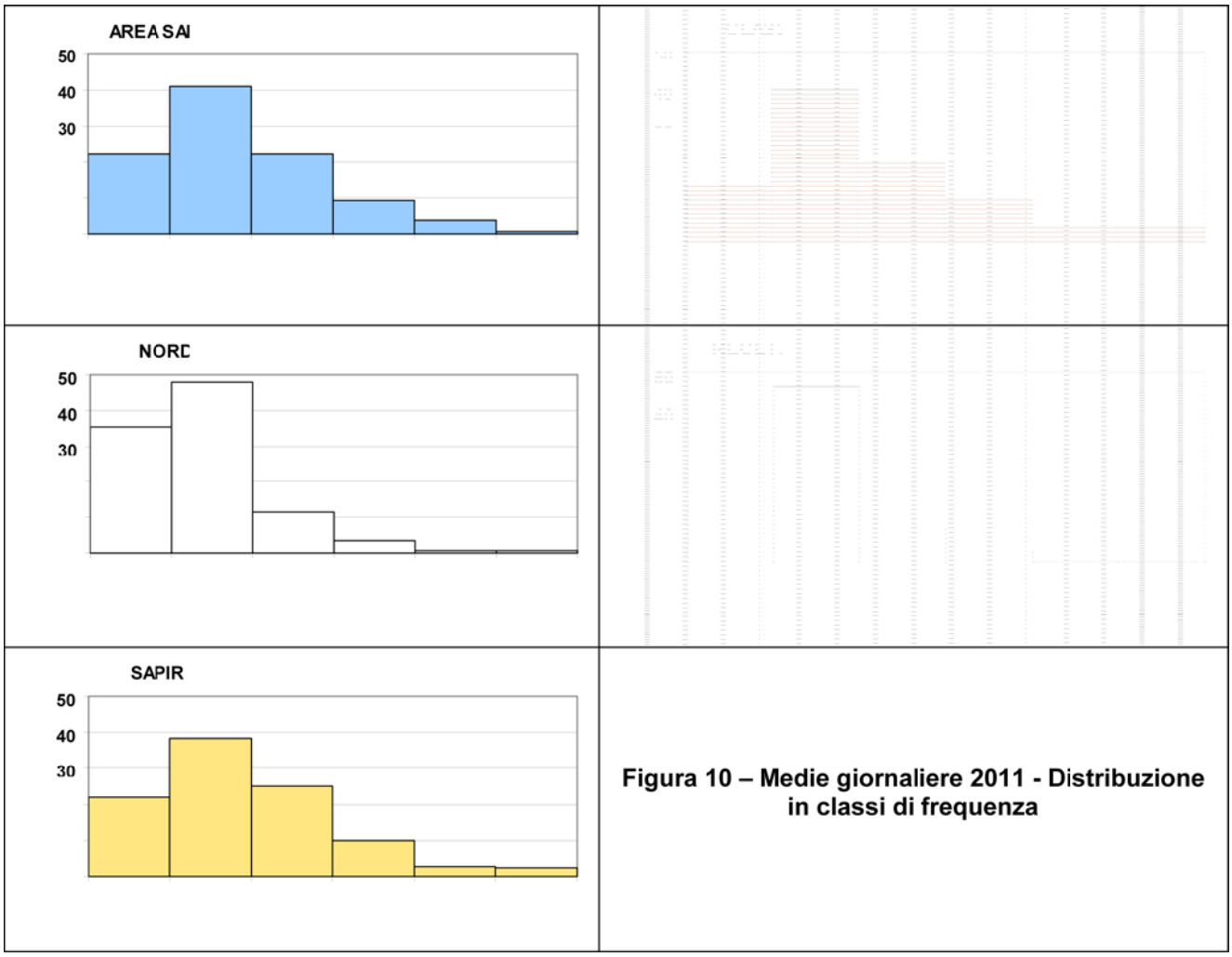


Figura 10 – Medie giornaliere 2011 - Distribuzione in classi di frequenza

Per meglio analizzare le dinamiche di diffusione delle polveri nell'area e le particolari situazioni rilevate, è stata posta l'attenzione su tre aspetti particolarmente significativi che verranno analizzati nello specifico nei prossimi paragrafi:

- I picchi anomali di concentrazione;
- I valori rilevati presso i recettori sensibili;
- La relazione fra concentrazioni rilevate e condizioni meteorologiche.

2.1 Picchi anomali di concentrazione

In questo paragrafo sono state analizzate le giornate critiche, rispetto alle concentrazioni di PM10 rilevate dalla strumentazione mobile, soprattutto in riferimento alle attività di sbarco e stoccaggio di materiale alla rinfusa movimentato nelle suddette giornate. Nel momento in cui cominciano le operazioni di sbarco di materiale alla rinfusa che verrà poi stoccato all'aperto, le emissioni vengono generate da:

- Operazioni di sbarco;

- Trasporto di materiale dalla banchina al sito di stoccaggio, con conseguente risollevamento di polveri dal manto stradale, che generalmente coincide con le aree di transito interne all'azienda e le stesse aree di stoccaggio;
- Operazioni di formazione dei cumuli dal materiale sbarcato;
- Eventuale fenomeni erosivi se in presenza di vento sostenuto.

In presenza di queste attività ci si aspetta di rilevare concentrazioni elevate di polveri nei pressi delle aziende in cui avvengono, si è perciò innanzitutto collegato il registro del traffico navale tenuto dalla Capitaneria di Porto di Ravenna con le concentrazioni di PM10 rilevate durante le campagne. In particolare sono state estratte dal catasto le navi commerciali in entrata che trasportavano merci alla rinfusa destinate allo stoccaggio all'aperto presso le aziende adibite allo sbarco. L'attenzione è stata posta perciò solo su specifiche campagne, e cioè quelle effettuate presso Terminal Nord (M-1A), IFA (M-2A), Lloyd (M-3A), Eurodocks (M-2B), Antrakoi (M-2C), Docks Cereali (M-3B), SOCO (M-3C).
In tabella 3 sono riportate, per ognuno di questi recettori, i picchi di concentrazione rilevati quando si trattava di situazioni anomale relative al singolo recettore, come si può vedere dai grafici relativi alle singole campagne. Sono inoltre riportate le date e i quantitativi di argilla, feldspato e carbone eventualmente sbarcati nello stesso giorno, o nel periodo di tempo necessario allo sbarco, che spesso avviene nell'arco di due giornate consecutive. Quando lo sbarco è avvenuto in una banchina diversa rispetto a quella più vicina alla strumentazione, ma nell'intorno di 1 km, è stata segnalata nella colonna relativa alla tipologia di materiale sbarcato.
In tutto sono stati selezionati 19 picchi di concentrazione verificatisi nei 7 siti di misura, solo i 5 casi non è stato possibile associare all'evento critico attività di sbarco e stoccaggio merci avvenute nella ditta in cui era posizionato lo strumento o nelle immediate vicinanze.
Particolarmente evidenti risulta il legame fra le alte concentrazioni rilevate da inizio campagna fino al 12 di aprile dallo strumento M-1A (figura 3) - posizionato presso Terminal Nord - e gli ingenti quantitativi di feldspato e argilla scaricati e stoccati presso la stessa azienda nel medesimo periodo. Anche in considerazione del fatto che nello stesso periodo non si sono rilevate concentrazioni similari dagli altri 4 strumenti. Analoga considerazione per il picco del 28 aprile rilevato dallo strumento M-2B; dalla figura 3 risulta inoltre fra il 27 e il 29 aprile un aumento delle concentrazioni medie nei siti all'interno dell'area portuale, proprio in concomitanza con sbarchi di ingenti quantitativi di feldspato e carbone presso le banchine di IFA, Terminal Nord e Lloyd, tutte ubicate in riva sinistra Candiano a Nord della SAPIR (Zona Nord).
Dal 29 giugno al 6 luglio (figura 4) sono stati rilevate concentrazioni superiori a 200 $\mu g/m^3$ a giorni alterni dallo strumento del gruppo Zona Nord; nello stesso periodo sono state sbarcate in zona circa 70000 t di argilla, 57000 di feldspato e 43000 di carbone.
Sempre nello stesso sito, nella campagna autunnale (figura 5), concentrazioni superiori di circa 100 $\mu g/m^3$ rispetto a quelle rilevate nello stesso periodo dagli altri skypost (già molto elevate), sono riconducibili a ingenti quantitativi di argilla e feldspato sbarcati presso le banchine della Zona Nord.

Banchina	**Nome sito**	**Data**	**PM10 ($\mu g/m^3$)**	**Argilla (t)**	**Feldspato (t)**	**Carbone (t)**
Eurodocks	M-2B	10 feb	235			
Docks Cereali	M-3B	06 mar	188	25000 IFA		
Docks Cereali	M-3B	11 mar	289		26000 TermN	
Terminal Nord	M-1A	05 apr	320			
Terminal Nord	M-1A	08 – 12 apr	295	15000	28000 + 13000	

Eurodocks	M-2B	28 apr	105	11000	26000 IFA 19000 Term.N	32000 Lloyd
Lloyd	M-3A	17- 18 mag	130	15000 Eurodocks	14000+27000 TermN	
Terminal Nord	M-1A	29 giu	224	13000+23000		43000 Lloyd 23-27 giu
Terminal Nord	M-1A	01 lug	235	11000 Eurodocks	29000 Eurodocks	
Terminal Nord	M-1A	04 lug	321	10000 Eurodocks	28000 3-6 lug	
Terminal Nord	M-1A	06 lug	263	12000 Eurodocks		
SOCO	M-3C	29 ago	109			
Terminal Nord	M-1A	11 – 14 ott	240	21000 TermN 11000 Eur.	26000+26000 IFA	
Terminal Nord	M-1A	19 ott	418	14000	27000 19-21 ott	
Terminal Nord	M-1A	21 ott	116			
Docks Cereali	M-3B	25 nov	176			
Docks Cereali	M-3B	30 nov	218		26500 IFA	
Lloyd	M-3A	16 dic	146		26000 IFA	
Lloyd	M-3A	20 dic	175			

Tabella 3 – Medie misurate e quantitativi sbarcati

Riguardo ai picchi di concentrazione, una ultima considerazione sulle concentrazioni rilevate nei siti M-1C ed M-2D. Il primo si trova all'interno del perimetro della ditta Micron Mineral, il secondo al confine fra Eurodocks e Adriacal. Entrambi si trovano nella Zona Est e sono stati posti nei pressi di aziende con lavorazione e/o rimaneggiamento di materiale alla rinfusa, alcuni classificati come molto polverosi, come clinker e gesso. Per questi siti non è però possibile fare collegamenti diretti fra picchi di concentrazione e attività portuali, in quanto le condizioni critiche sono da fare risalire probabilmente a periodi di particolari attività svolte presso le aziende.

2.2 Concentrazioni di PM10 rilevate presso i recettori sensibili

Le concentrazioni medie giornaliere di PM10 rilevate dalla strumentazione ubicata nei cortili delle scuole di Porto Corsini, Marina di Ravenna e Punta Marina sono sensibilmente differenti da quelle misurate in area portuale. Sebbene collocate all'esterno dell'area portuale, non sembrano seguire le dinamiche che avvengono nel porto, quanto piuttosto quelle più generali della zona di appartenenza. In tabella 4 sono riportate le correlazioni calcolate fra i dati rilevati presso le scuole e i dati misurate dalle centraline di fondo della rete ubicate a Ravenna (Caorle e Giardini) e Cervia (Delta Cervia) nello stesso periodo, in contrapposizione con quelle relative alla centralina dell'area portuale. Indici di correlazione quasi sempre superiori a 0.95 sono stati calcolati con le centraline di fondo urbano di Caorle e Giardini, collocate in aree residenziali nella zona Nord della città di Ravenna. Gli indici sono invece decisamente più bassi fra i recettori sensibili e la centralina della SAPIR.

	Giardini	**Delta Cervia**	**S.A.P.I.R.**	**Punta Marina**	**Porto Corsini**	**Marina di Ra**

Caorle	0.98	0.90	0.55	0.95	0.94	0.96
Giardini		0.92	0.53	0.96	0.95	0.96
Delta Cervia			0.43	0.90	0.86	0.89
S.A.P.I.R.				0.63	0.26	0.78

Tabella 4 – Indici di correlazione fra medie giornaliere rilevate ai recettori sensibili e presso le centraline della rete di qualità dell'aria – anno 2011

Le concentrazioni medie annuali calcolate a partire dai dati rilevati dalle quattro campagne effettuate in ciascuna postazione sono però sensibilmente maggiori rispetto a quelle calcolate presso le centraline della rete, sia di quelle ubicate in area urbana a Ravenna che, tanto più, di quella di fondo suburbano di Cervia. In tabella 5 sono stati riportate le medie annuali, i massimi giornalieri e il 90.4° calcolati per il 2011 presso questi siti. I valori massimi rilevati presso le scuole sono in linea con quelli delle centraline di fondo, mentre il 90.4° assume valori generalmente inferiori a Giardini e Delta Cervia rispetto a Caorle e alle scuole. Si può quindi ritenere che la centralina di Caorle, così come i recettori sensibili individuati, siano influenzate, in determinate circostanze, dalle emissioni di polveri provenienti dall'area portuale.

	media	**90.4°**	**Massimo**
CAORLE	36	63	127
GIARDINI	30	54	107
DELTA CERVIA	30	52	99
S.A.P.I.R.	57	103	177
Punta Marina	37	60	117
Porto Corsini	43	76	97
Marina di Ra	40	72	154

Tabella 5 – Medie, massimi e 90.4° per l'anno 2011

In figura 9 sono riportate le medie giornaliere di PM10 misurate dagli skypost presso le scuole, quelle misurate presso la SAPIR e quelle relative alle centraline di monitoraggio di Caorle, Giardini e Delta Cervia.

13/02

18/01

08/05

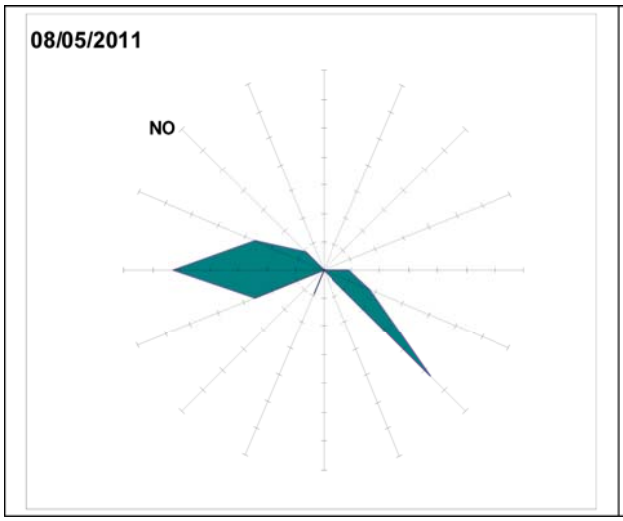
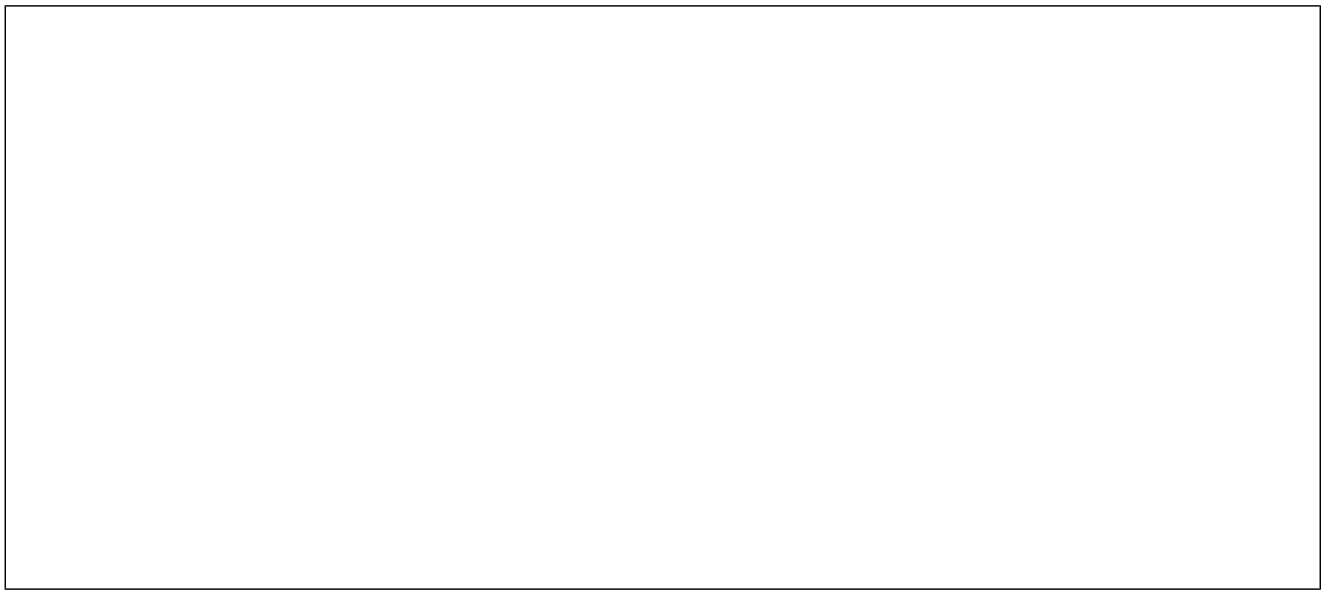


Figura 12 – Rose dei venti relative a picchi di concentrazione

2.3 Concentrazioni di PM10 e condizioni meteorologiche

L'analisi delle concentrazioni di polveri sottili in relazione alle condizioni meteorologiche è stata fatta per gruppi, cioè considerando le concentrazioni rilevate dagli skypost facenti parte di uno stesso gruppo come misurate da un unico strumento. In questo modo è stato possibile analizzare e porre a confronto con i dati meteorologici un numero decisamente maggiore di dati (circa 180 per ogni gruppo). In questa fase il gruppo denominato "Nord" e quello denominato "Punta Marina", comprendenti le misure rilevate presso i recettori sensibili, sono stati trattati come un unico gruppo, denominato "Recettori sensibili", proprio nell'ottica di avere a disposizione un set di dati maggiore pur mantenendo le condizioni di omogeneità dell'area.
Avendo a disposizione delle medie giornaliere, sono state considerate le relazioni fra concentrazioni misurate dalla strumentazione di un determinato gruppo con le medie giornaliere di umidità relativa e velocità del vento calcolate a partire dai dati orari rilevati presso la stazione di monitoraggio della Sapir nel 2011.
In figura 13 sono riportate le medie annuali calcolate per ognuno dei 5 gruppi e le medie calcolate per classi di umidità relativa decrescente. Le medie annuali calcolate per i 5 gruppi individuati sono decisamente elevate e, per la zona Nord e la zona Est, superiori al doppio del limite di 40 $\mu g/m^3$ previsto dal D.L.vo 155/2010. Presso le scuole si hanno i valori di concentrazione media giornaliera inferiori per bassi valori di umidità relativa, condizioni che si verificano prevalentemente durante la stagione estiva. Per questa classe la media calcolata è significativamente inferiore alle altre; si rilevano comunque concentrazioni mediamente inferiori per i dati rilevati con umidità superiore al 95%, in questo caso incidono le concentrazioni generalmente inferiori che si rilevano nelle giornate di pioggia. L'andamento che si rileva presso le scuole, non viene però osservato presso le altre zone dell'area portuale, in particolare presso la Zona Nord e la Zona Est. Le medie rilevate dalla strumentazione collocata in Zona Nord sono mediamente superiori a 80 $\mu g/m^3$ per umidità relativa inferiore all'80%. Come si diceva sono condizioni che si verificano prevalentemente durante la stagione estiva, e spesso in concomitanza con velocità del vento sostenute, come si può vedere dal grafico di figura 14. Queste particolari condizioni sono favorevoli alla dispersione degli inquinanti, ma anche a maggiori emissioni di materiale polverulento dai cumuli di stoccaggio, alla risospensione dello stesso dal manto stradale e a maggiori emissioni durante le operazioni di sbarco.

Nel gruppo collocato in Zona Est si ha un picco in corrispondenza di valori percentuali di UR comprese fra 85 e 90 (concentrazione media superiore a 120 $\mu g/m^3$), in corrispondenza del quale si hanno anche le velocità del vento più basse, si tratta perciò delle condizioni maggiormente favorevoli all'accumulo di inquinanti.



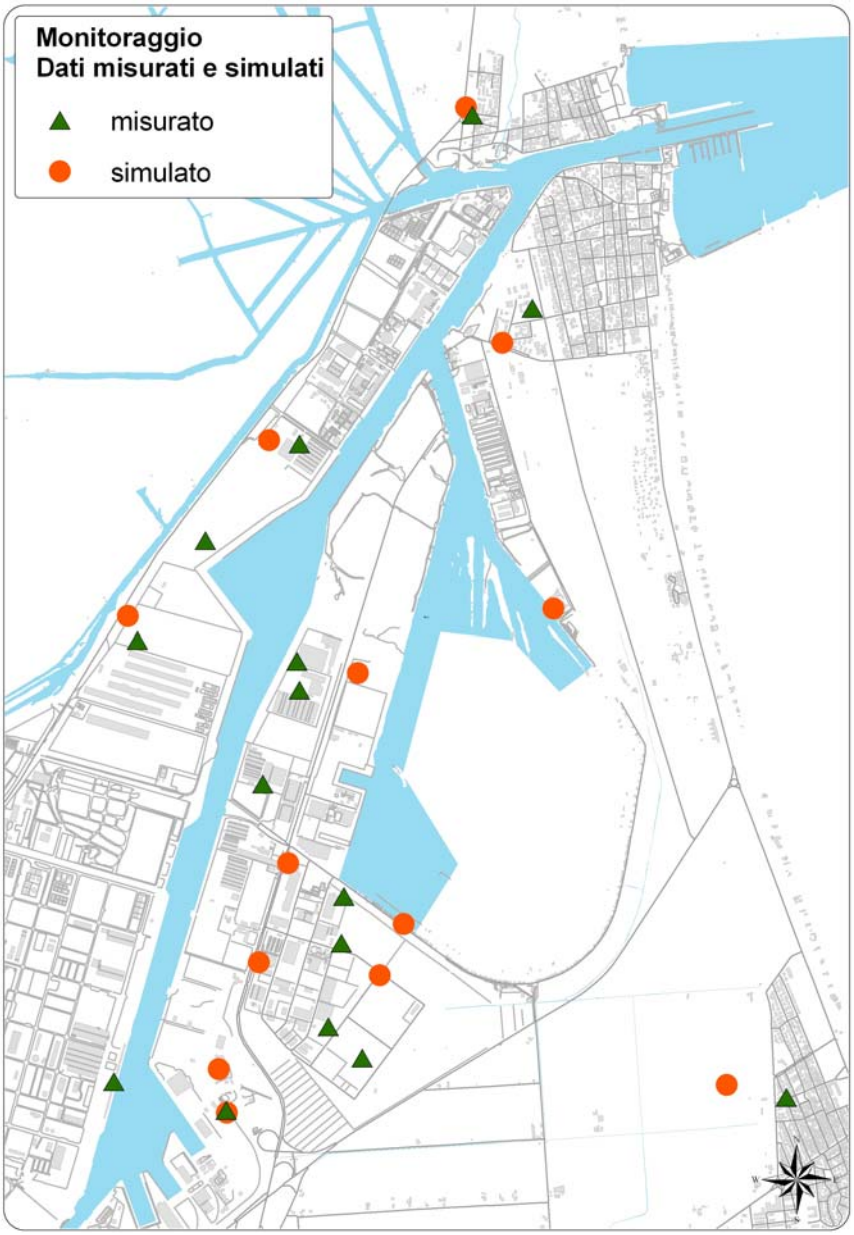


Figura 16 – Collocazione degli strumenti di misura e dei recettori in cui è stata fatta la simulazione

Dato che in corrispondenza della centralina di monitoraggio della SAPIR sono state simulate le concentrazioni di polveri per il 2007 e il 2009, si riporta in primo luogo un grafico con le medie annuali, i massimi giornalieri e il numero di superamenti rilevati dalla centralina nel quinquennio 2007 – 2011 e i relativi dati simulati, per i due anni per i quali sono state fatte le stime (figura 17).
Negli ultimi cinque anni sia i valori medi annuali sia il numero di superamenti hanno avuto un andamento altalenante. In particolare il 2007 è stato un anno con un numero di superamenti molto elevato, calati di circa un terzo nel 2008 sono poi aumentati gradualmente negli anni fino a raggiungere nel 2011 i valori del 2007. Anche le medie annuali hanno avuto tre anni, fra il 2008 e il 2010, con valori costanti e vicini al limite annuali di 40 $\mu g/m^3$, mentre nel 2011 il dato è nuovamente aumentato tornando ai valori del 2007.
Per quanto riguarda le simulazioni, il valore medio annuale è per entrambi gli anni molto vicino a quello misurato e lievemente sottostimato, del 9% nel 2007 e del 18% nel 2009. I valori massimi

sono generalmente sottostimati, tanto più nel momento in cui si verificano eventi anomali, come nel 2007, unico dato per cui si è avuta una differenza percentuale fra valore misurato e stimato superiore al 50%. Infine, mentre nel 2007il numero di superamenti stimati era perfettamente in linea con quelli effettivamente verificatisi, nel 2009 si è avuta una sottostima di quasi il 45%.
Visto l'andamento dei dati presso la centralina dell'area portuale, si è deciso di raffrontare, nell'analisi dei dati stimati e simulati in area portuale, sia il dato 2009 che il dato 2007.

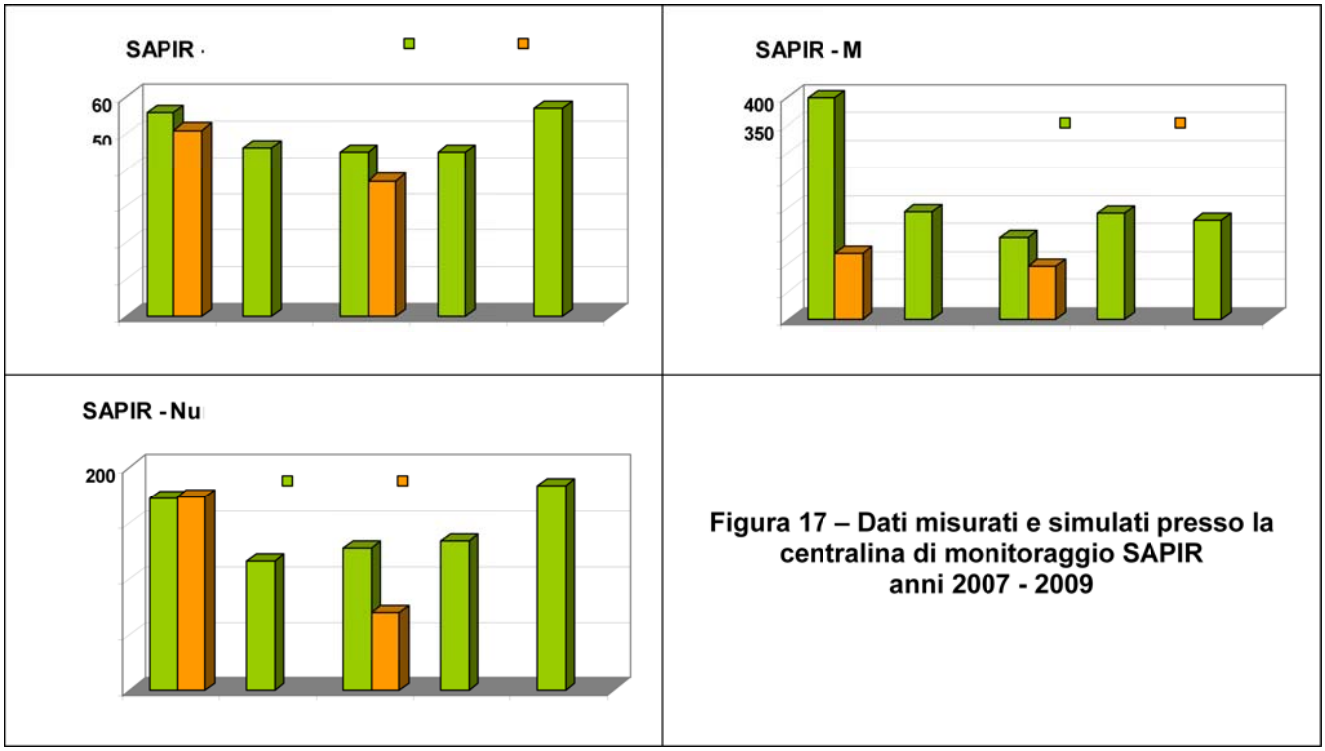


Figura 17 – Dati misurati e simulati presso la centralina di monitoraggio SAPIR anni 2007 - 2009

Nella fase di comparazione e analisi fra dato misurato e simulato si è scelto, come già nel capitolo precedente, di raggruppare gli strumenti e i recettori per gruppi omogenei. Nella mappa seguente (figura 18) sono perciò rappresentati i recettori e gli skypost suddivisi per gruppi.

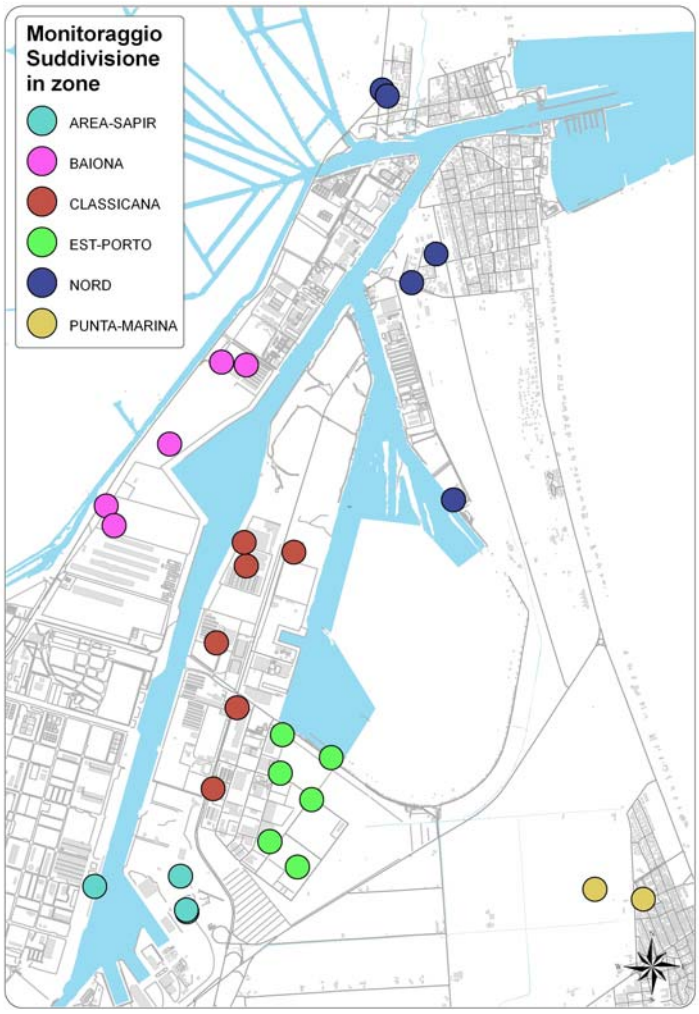


Figura 18 – Rappresentazione di skypost e recettori per gruppo omogeneo di appartenenza

Per ogni gruppo è stata calcolata la media annuale stimata e misurata, a partire dalle medie annuali simulate ai recettori per gli anni 2007 e 2009 e dalle medie annuali calcolate per le singole campagne. I risultati di questa elaborazione sono riportati in figura 19 ed in figura 20.

Per quanto riguarda le medie annuali, all'interno dell'area portuale i dati misurati durante le campagne di monitoraggio del 2011 assumono valori medi annuali generalmente superiori sia a quelli simulati nel 2007 che a quelli stimati per il 2009, seguendo anche quello che è l'andamento dei dati rilevati presso la centralina in area portuale nel quinquennio 2007 – 2011. Le differenze maggiori si rilevano nelle due aree individuate come maggiormente critiche, in cui si sono calcolate concentrazioni medie annuali pari o superiori a 80 $\mu g/m^3$, a fronte di stime attorno ai 50 $\mu g/m^3$. L'Area Sapir e Classicana sono invece ben rappresentate, così come le aree esterne all'area portuale, con andamenti delle medie simulate e misurate che seguono quelli rilevati dalla centralina di monitoraggio nel quinquennio 2007 – 2011, pur con una certa sottostima dei valori simulati.

Per quanto concerne i valori massimi giornalieri invece, la sottostima è generalmente superiore al 50% in tutta l'area portuale, ad esclusione della zona della Sapir, molto simile, nei valori massimi, alle aree esterne al porto. Ancora una volta è l'impatto delle attività dell'area Baiona ad essere maggiormente sottostimato.

	BAIONA	EST PORTO	AREA SAPIR	CLASSICANA	NORD	RECETTORI SENSIBILI	SAPIR CABINA
BAIONA	1.00	**0.55**	**0.85**	**0.72**	**0.78**	**0.76**	0.36
EST PORTO		1.00	**0.80**	**0.95**	**0.84**	**0.86**	**0.52**
AREA SAPIR			1.00	**0.90**	**0.94**	**0.93**	**0.59**
CLASSICANA				1.00	**0.90**	**0.91**	**0.52**
NORD					1.00	**0.98**	**0.60**
RECETTORI SENSIBILI						1.00	**0.61**
SAPIR CABINA							1.00

Tabella 6 – Indice R di correlazione fra medie giornaliere simulate e dati misurati presso la cabina di monitoraggio SAPIR – anno 2007

	BAIONA	EST PORTO	AREA SAPIR	CLASSICANA	NORD	RECETTORI SENSIBILI	SAPIR CABINA
BAIONA	1.00	**0.77**	**0.79**	**0.77**	**0.69**	**0.68**	0.29
EST PORTO		1.00	**0.95**	**0.98**	**0.91**	**0.91**	0.47
AREA SAPIR			1.00	**0.98**	**0.97**	**0.97**	0.49
CLASSICANA				1.00	**0.95**	**0.95**	0.49
NORD					1.00	**0.99**	**0.50**
RECETTORI SENSIBILI						1.00	**0.50**
SAPIR CABINA							1.00

Tabella 7 – Indice R di correlazione fra medie giornaliere simulate e dati misurati presso la cabina di monitoraggio SAPIR – anno 2009

4 – Conclusioni

Dall'analisi dei dati di concentrazione media giornaliera rilevati in area portuale nel 2011 sono emerse diverse criticità. La strumentazione collocata presso i 12 siti all'interno dell'area portuale ha rilevato concentrazioni medie annuali superiori al limite previsto dal D.L.vo 155/2010; per due siti in particolare sono state misurate concentrazioni medie annuali pari a circa tre volte il valore limite di 40 $\mu g/m^3$.