

UTILIZZO DI UNA UNITÀ DI MISURA POLVERI  
PER IL MONITORAGGIO IN TEMPO REALE DELLE CONCENTRAZIONI  
DEL PARTICOLATO IN SITI MUSEALI

**Salvatore Lorusso, Andrea Natali**

Dipartimento di Storie e Metodi per la Conservazione dei Beni Culturali  
Alma Mater Studiorum Università di Bologna (sede di Ravenna)

## **1. Premessa**

Scopo della ricerca su "Utilizzo di una unità di misura polveri per il monitoraggio in tempo reale delle concentrazioni del particolato in siti museali" è verificare come l'azione di alterazione/degradazione dei beni culturali a seguito dell'interazione delle polveri fini (PM10, PM2,5, PM1) con tali manufatti possa avvenire anche in ambienti confinati, quali musei, biblioteche, archivi, pinacoteche, locali di esposizione e di deposito.

Al fine di una corretta azione di conservazione e di prevenzione la presenza di un'elevata quantità di polveri nelle aree ove sono posizionati affreschi, dipinti, sculture, opere d'arte in genere, ma anche documenti grafici deve essere prontamente rilevata per consentire la prevenzione di eventuali situazioni di pericolo.

Nella presente relazione si riportano alcune applicazioni, in diversi siti, dell'Unità portatile per il monitoraggio delle polveri fini (PM10 - PM2,5 - PM1 con diametri inferiori rispettivamente ai 10  $\mu$ , 2,5  $\mu$ , 1  $\mu$ ) mediante rilevatore DustMonit messo a punto dalla CON.TEC Engineering.

L'intento dello studio è quello di fornire una definizione più chiara ed affidabile sulla valutazione di tali polveri in ambienti "indoor".

## **2. L'Unità portatile per il monitoraggio delle polveri e la classificazione granulometrica del particolato atmosferico DustMonit**

L'Unità DustMonit impiega il metodo di misura "Laser Scattering" che consente di misurare, visualizzare e registrare la concentrazione del particolato ambientale in modo semplice ed immediato, fino ad una rilevazione ogni 6 secondi. Questo costituisce una delle peculiarità più importanti dello strumento in quanto gli intervalli della rilevazione sono di gran lunga inferiori rispetto al metodo gravimetrico (che prevede la pesata di filtri opportunamente trattati).

L'analizzatore permette la misura contemporanea ed in tempo reale dei seguenti parametri:

- ✍ PM10 - PM2,5 - PM1
- ✍ Conteggio delle particelle presenti nell'aria, divise in 8 classi granulometriche da 0,3  $\mu$ m a 10  $\mu$ m.

I dati rilevati possono essere confrontati con i limiti di inquinamento stabiliti dalla Normativa.

### 3. I siti oggetto di studio

Nell'ambito della collaborazione fra la CON.TEC Engineering e il Dipartimento di Storie e Metodi per la Conservazione dei Beni Culturali Alma Mater Studiorum Università di Bologna sono state effettuate alcune rilevazioni presso:

- ✎ il Museo d'Arte della Città - Loggetta Lombardesca di Ravenna (fig. 1), in un locale di esposizione durante l'allestimento e lo svolgimento della mostra "Astratta" dove sono state esposte opere d'arte contemporanea;
- ✎ l'Archivio della Camera di Commercio Industria Artigianato Agricoltura di Ravenna (fig. 2), in un locale di deposito di documenti grafici;
- ✎ il Museo in Movimento (mim), Castello di San Pietro in Cerro (PC) (fig. 3), in un locale di deposito dove sono collocate diverse tipologie di materiali;
- ✎ il Dipartimento di Storie e Metodi per la Conservazione dei Beni Culturali Università di Bologna con sede a Ravenna (fig.4), nella sala d'ingresso dove sono esposte tre sculture dell'artista Mario Ceroli.



Fig. 1. Museo d'Arte della Città - Loggetta Lombardesca di Ravenna



Fig. 2. Locale di deposito dove è collocato l'Archivio della Camera di Commercio di Ravenna

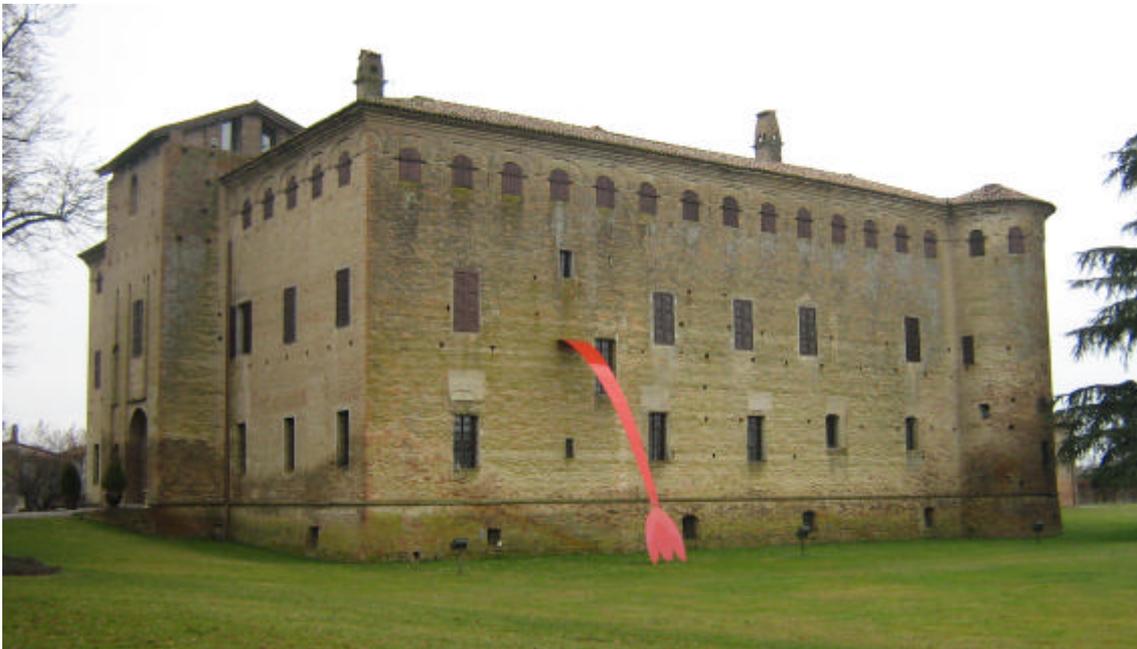


Fig. 3. Museo in Movimento (mim), Castello di San Pietro in Cerro (PC)



Fig. 4. Dipartimento di Storie e Metodi per la Conservazione dei Beni Culturali Università di Bologna con sede a Ravenna

### 3.1. Rilevazione nel Museo d'Arte della Città - Loggetta Lombardesca di Ravenna

La rilevazione delle polveri fini (PM10 - PM2,5 - PM1) nel Museo d'Arte della Città - Loggetta Lombardesca di Ravenna è stata effettuata in un locale di esposizione durante l'allestimento e lo svolgimento della mostra "Astratta". Il locale è ubicato al secondo piano dell'edificio ed ha una superficie di circa 300 m<sup>2</sup>. L'edificio si trova nel centro storico della città in una zona a traffico limitato. Nel locale è presente un impianto di climatizzazione dell'aria. Nella mostra sono state esposte opere d'arte contemporanea (fig. 5-6).

La rilevazione è stata effettuata dalle ore 10:49 di giovedì 16 luglio '09 alle ore 12:06 di mercoledì 22 luglio '09.

Grazie alla collaborazione del prof. Spadoni, Direttore del Museo, è stato possibile ottenere i giorni, gli orari di apertura e il numero di visitatori della mostra (tab. 1).

Dall'esame dei risultati riportati in fig. 7, si nota che i valori delle PM10 rientrano di norma nel limite stabilito dalla normativa salvo in una occasione. Gli andamenti non sono lineari e risentono delle azioni e degli scambi con l'esterno dovuti all'allestimento della mostra (operai, pulizia locale, ecc.); dell'accensione/spengimento dell'impianto di climatizzazione e dell'afflusso dei visitatori nel periodo di apertura al pubblico. Considerazioni analoghe si possono trarre per le PM2,5 e PM1.

Tab. 1. Giorni, orari di apertura e numero di visitatori della mostra

Giorni	orari	visitatori
Giovedì 16 luglio	Allestimento	
Venerdì 17 luglio	Inaugurazione 19:30-21	100
Sabato 18 luglio	9-13:30	5
Domenica 19 luglio	15-18	12
Lunedì 20 luglio	chiuso	
Martedì 21 luglio	9-13:30, 15-18	14
Mercoledì 22 luglio	9-13:30	13



Fig. 5-6. Rilevazione delle polveri nel Museo d'Arte della Città - Loggetta Lombardesca di Ravenna durante lo svolgimento della mostra "Astratta"

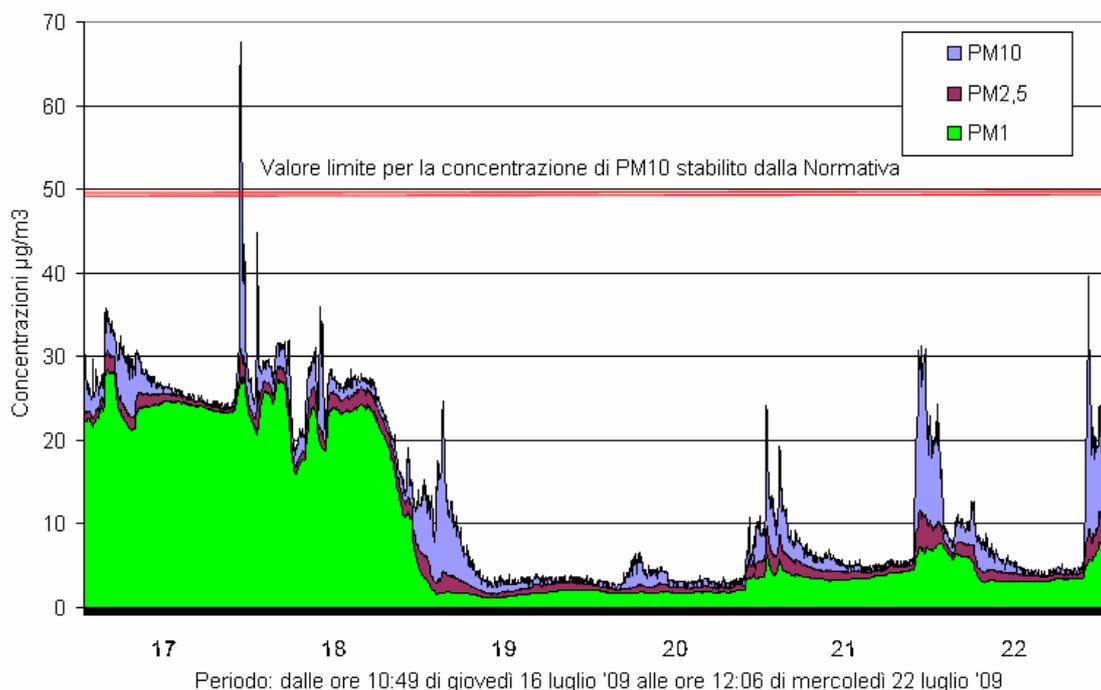


Fig. 7. Andamenti di PM10 in confronto con il valore limite stabilito dalla normativa ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), di PM2,5 e PM1

### 3.2. La rilevazione nell'Archivio della Camera di Commercio Industria Artigianato Agricoltura di Ravenna

L'Archivio della Camera di Commercio di Ravenna è ospitato in un Locale di deposito in località Zona industriale Bassette a Ravenna. Tale locale è ricavato dal cambiamento della destinazione d'uso di un capannone industriale.

Esso si trova al piano terreno ed ha una superficie di circa 600 m<sup>2</sup>. Il locale è costituito da un unico ambiente senza suddivisioni interne salvo un piccolo vano per i servizi. Sono presenti finestre nella parte superiore delle pareti e lucernari nel tetto non schermati alle radiazioni luminose (fig. 8). Sono presenti, ma non sono in funzione, sistemi di riscaldamento/condizionamento dell'aria.

Nell'Archivio sono collocati i documenti riconducibili alle attività della Camera di Commercio di Ravenna. Tali documenti, sia manoscritti che a stampa, sono fondamentalmente di natura cartacea e sono collocati su scaffalature metalliche.

La rilevazione è stata effettuata dalle ore 10:28 del 15 luglio '09 alle ore 10:03 del 16 luglio '09.

Dall'esame dei risultati riportati in fig. 9, si nota che i valori delle PM10 rientrano nel limite stabilito dalla normativa. Gli andamenti sono lineari per la giornata del 15. Dalle ore 8 del 16 si nota un incremento delle concentrazioni, comune anche per le PM2,5 e PM1, dovuto alle azioni di pulizia del locale.



Fig. 8. Archivio della Camera di Commercio di Ravenna: interno

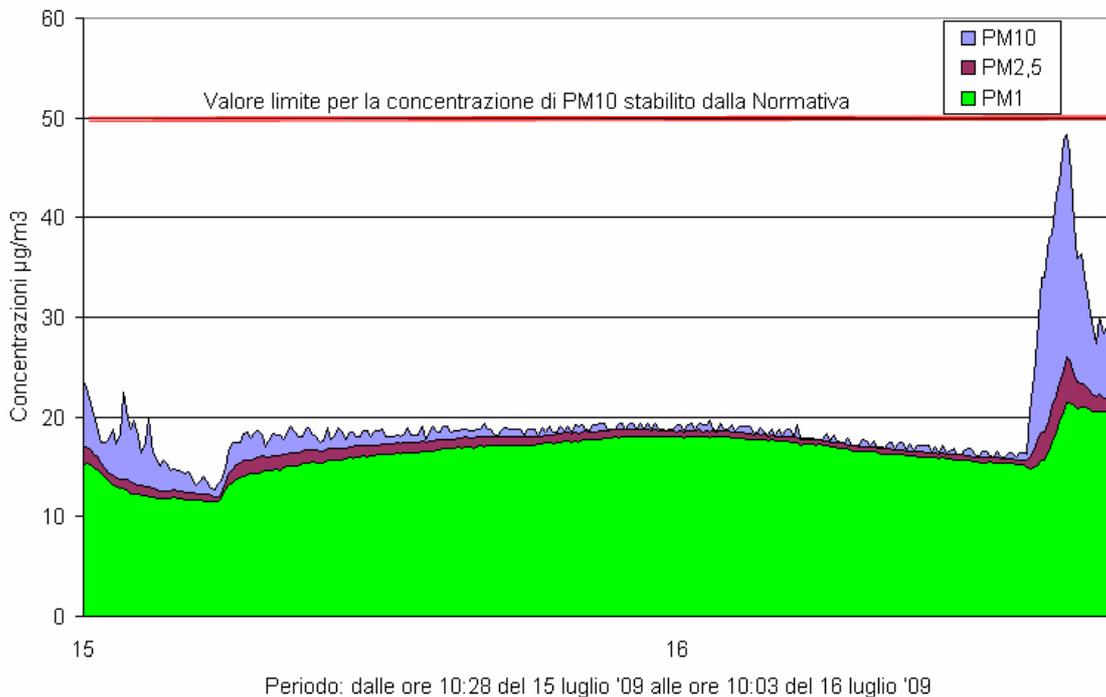


Fig. 9. Andamenti di PM10 in confronto con il valore limite stabilito dalla normativa ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), di PM2,5 e PM1

### 3.3. Rilevazione nel Museo in Movimento (mim) Castello di San Pietro in Cerro (PC),

La rilevazione delle polveri fini (PM10 - PM2,5 - PM1) nel Museo in Movimento (mim) è stata effettuata in uno dei due locali di deposito (denominati caveau) dove sono collocate diverse tipologie di materiali (oggetti d'arte contemporanea, di avorio, materiali ceramici, armature e armi antiche) (fig. 10-11).

Il locale oggetto di indagine è ubicato al piano terreno del Castello ed ha una superficie di circa  $30 \text{ m}^2$ . L'edificio si trova in aperta campagna. Nel locale non sono presenti impianti.

La rilevazione è stata effettuata dalle ore 9:22 alle ore 13:52 del 31 ottobre '09.

Dall'esame dei risultati (fig. 12), si nota che, anche se i valori delle PM10 rientrano nel limite stabilito dalla normativa, le concentrazioni di tali polveri e delle PM2,5 e PM1 sono elevate. Tale situazione è dovuta alla precaria pulizia del locale.



Fig. 10-11. Museo in Movimento (mim) locale di deposito dove sono collocate diverse tipologie di materiali

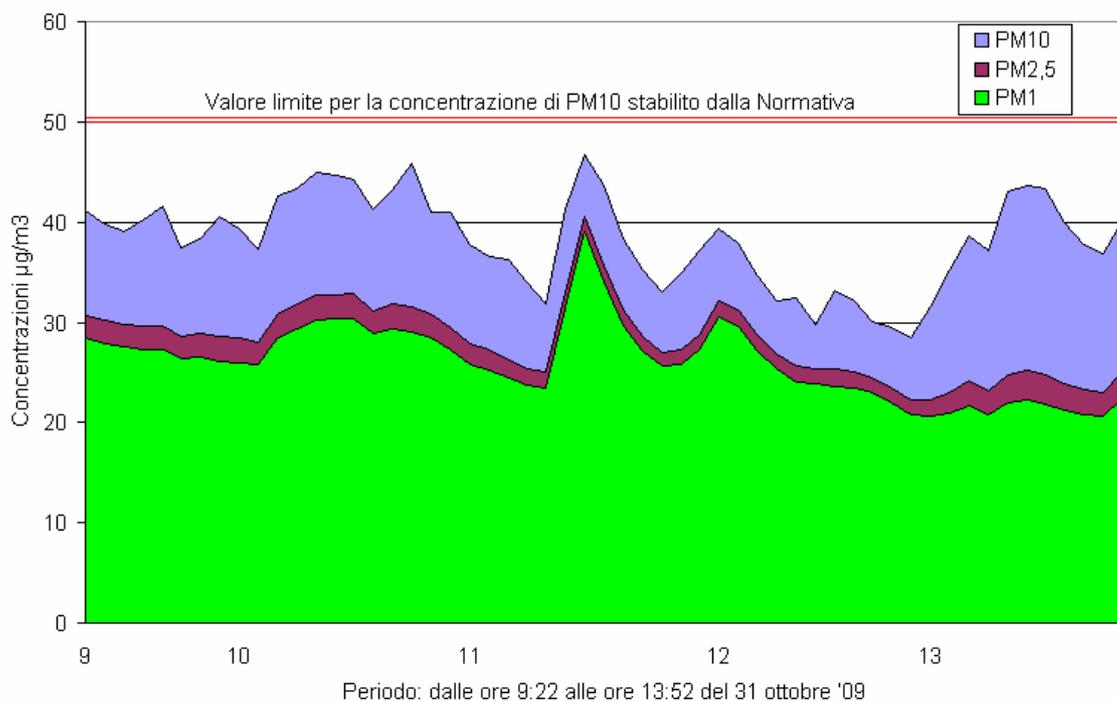


Fig. 12. Andamenti di PM10 in confronto con il valore limite stabilito dalla normativa ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), di PM2,5 e PM1

### 3.4. La rilevazione nella sala d'ingresso del Dipartimento di Storie e Metodi per la Conservazione dei Beni Culturali

La rilevazione delle polveri fini (PM10 - PM2,5 - PM1) nel Dipartimento di Storie e Metodi per la Conservazione dei Beni Culturali dell'Università di Bologna, con sede a Ravenna, è stata effettuata nella sala d'ingresso dove sono esposte tre sculture lignee dell'artista Mario Ceroli (fig. 13-15).

Il locale è ubicato al piano terreno dell'edificio ed ha una superficie di circa 60 m<sup>2</sup>. L'edificio si trova nel centro storico della città in una zona a traffico limitato. Nella sala è in funzione un impianto di climatizzazione dell'aria. Malgrado la sala sia in contatto con l'ambiente esterno, attraverso una ampia porta vetrata, gli scambi con l'esterno sono ridotti mediante l'adozione di una porta d'ingresso a bussola: ovvero con un infisso a due battenti, posto all'interno di un ambiente per impedire che la corrente d'aria provocata dall'apertura di una prima porta esterna penetri nell'interno dell'edificio. La rilevazione è stata effettuata dalle ore 10:02 alle ore 17:12 del 9 luglio '09. Dall'esame dei risultati riportati in fig. 16, si nota che i valori delle PM10 rientrano nel limite stabilito dalla normativa. Gli andamenti sono lineari e non risentono degli scambi con l'esterno. Le concentrazioni sono contenute. Considerazioni analoghe si possono trarre per le PM2,5 e PM1.

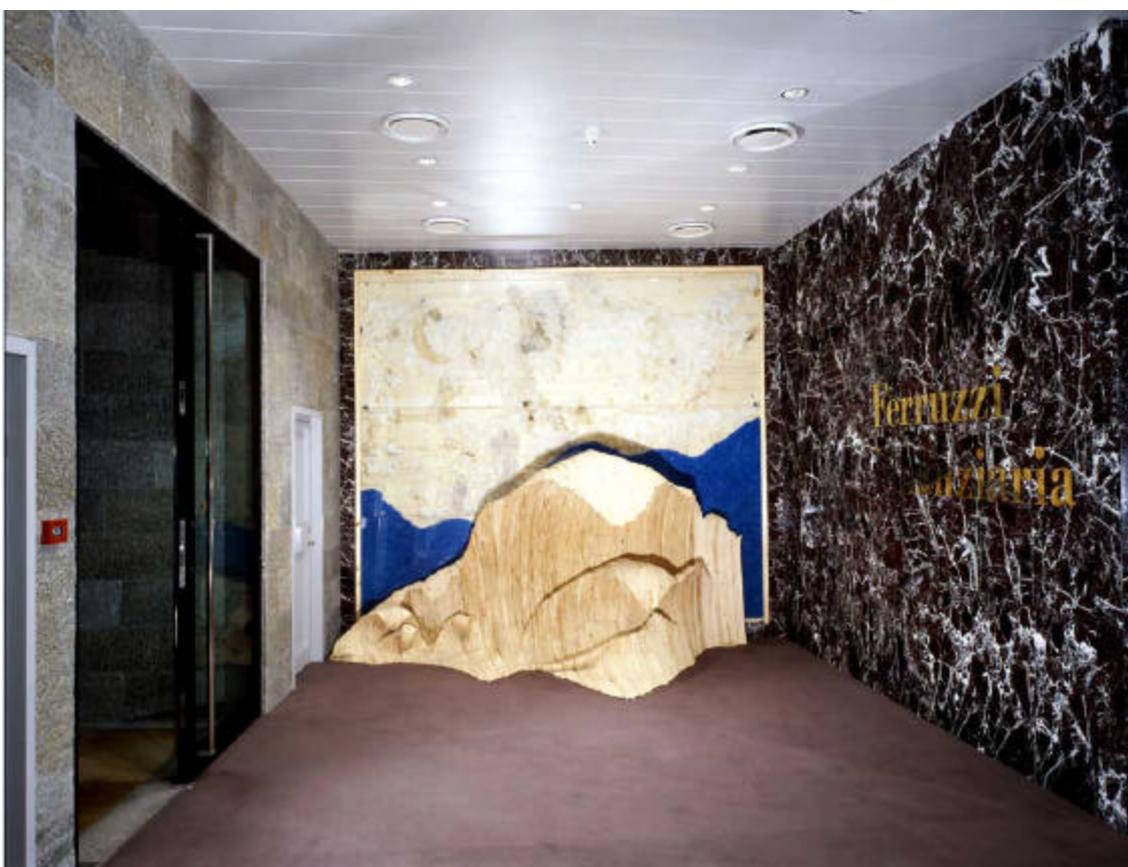


Fig. 13. Sala d'ingresso del Dipartimento di Storie e Metodi per la Conservazione dei Beni Culturali dove è collocata dal 1991 l'opera di Mario Ceroli "Onda"



Fig. 14. Mario Ceroli, *Bronzi di Riace*



Fig. 15. Mario Ceroli, *Cavallo*

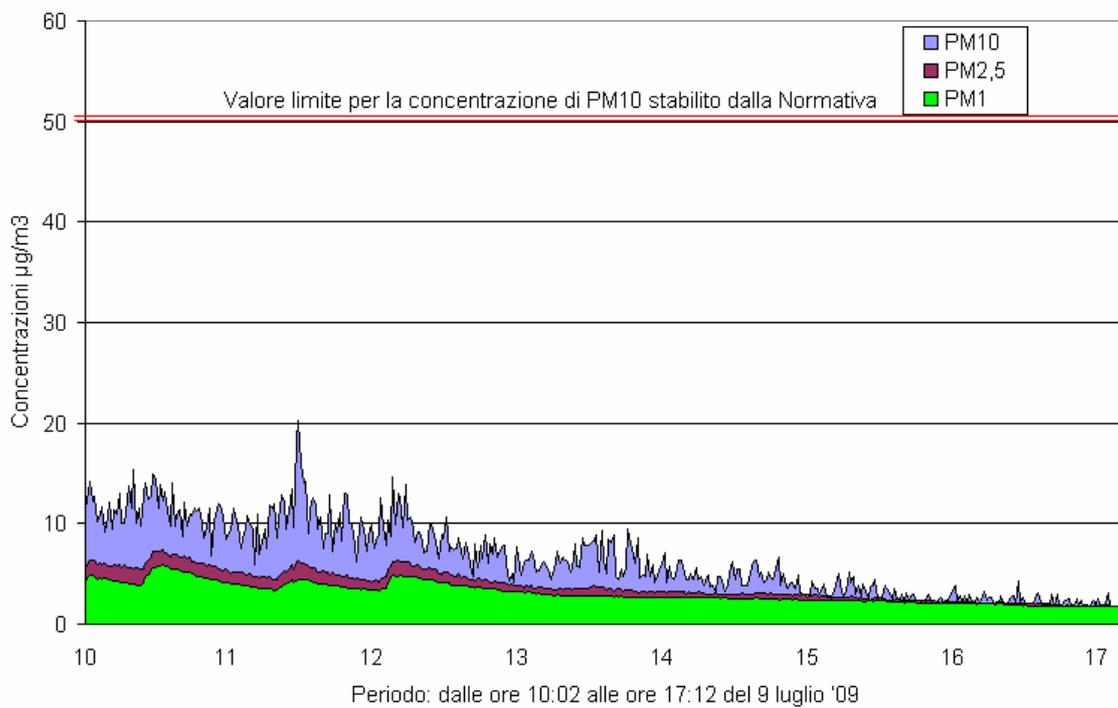


Fig. 16. Andamenti di PM10 in confronto con il valore limite stabilito dalla normativa ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), di PM2,5 e PM1

## 6. Considerazioni conclusive

Come si è sottolineato inizialmente, l'intento dello studio su "Utilizzo di una unità di misura polveri per il monitoraggio in tempo reale delle concentrazioni del particolato in siti museali" è quello di fornire una definizione più chiara ed affidabile sulla valutazione delle polveri fini (PM10 - PM2,5 - PM1 con diametri inferiori rispettivamente ai 10  $\mu$ , 2,5  $\mu$ , 1  $\mu$ ) in ambienti "indoor" che conservano e/o espongono beni culturali quali, ma anche locali di deposito e di esposizione.

La ricerca è svolta in collaborazione con la CON.TEC Engineering che ha messo a punto e fornito il rilevatore DustMonit impiegato per le indagini. A tal proposito, si ringrazia sentitamente l'Ing. Carlo Giglioni per la disponibilità e la competente opera di collaborazione più volte manifestate durante lo svolgimento delle indagini.

Per fornire valutazioni conclusive, vista la complessa tematica affrontata, si dovrebbero effettuare monitoraggi delle suddette polveri lungo il corso di un intero anno, prevedendo anche il confronto con altri parametri quali: le Polveri Totali Sospese (PTS), la Temperatura, l'Umidità Relativa e l'Illuminamento. Tuttavia, per quanto qui compete, le indagini effettuate nei diversi siti rendono possibili alcune considerazioni:

- le concentrazioni delle polveri PM10 - PM2,5 - PM1 possono essere elevate anche in ambienti indoor quali musei, biblioteche e archivi e, quindi, influire sulla conservazione dei manufatti collocati;
- le cause di tali condizioni ambientali sono da ricondurre non solo alla fruizione da parte del pubblico o degli operatori dell'Unità culturale ma anche ai non idonei interventi di pulizia dei locali;
- negli ambienti dove sono in funzione impianti di riscaldamento/condizionamento è opportuno verificare nel tempo l'efficienza dei sistemi di filtraggio/abbattimento delle polveri per non rimettere in circolo tali inquinanti;
- semplici accorgimenti quali, ad esempio, l'adozione di porte a bussola che isolano l'ambiente interno o sistemi di captazione delle polveri mediante speciali tappeti, possono sensibilmente ridurre l'immissione di particolato dall'esterno e, quindi, le concentrazioni di polveri all'interno dell'edificio contenitore di beni culturali.

Ne deriva che una corretta azione di conservazione e di prevenzione deve prevedere, insieme al controllo dei parametri ambientali quali le Polveri Totali Sospese (PTS), la Temperatura, l'Umidità Relativa e l'Illuminamento, anche rilevazioni delle polveri PM10 - PM2,5 - PM1. Nel caso che tali concentrazioni risultino elevate, una attenta gestione ridurrebbe i rischi dovuti ai suddetti parametri. Si perviene in tal maniera al benessere del "sistema: bene culturale-ambiente di conservazione-fruttore".