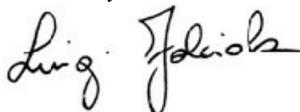


**Report analitico relativo alle indagini scientifiche
condotte per validare il sistema di aspirazione per la
purificazione dell'aria Ritello (Librex Inc.)**

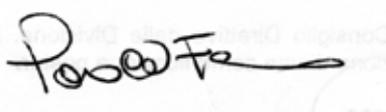
**Analytical report on scientific investigations conducted
to validate the air purification suction system Ritello
(Librex Inc.)**

Autori:

**Prof. Luigi Falciola,
Dipartimento di Chimica, Università degli Studi di Milano**



**Prof. Paola Fermo
Dipartimento di Chimica, Università degli Studi di Milano**



<p>1. Introduzione</p> <p>Il presente report scientifico è stato redatto da Luigi Falciola e Paola Fermo, docenti di Chimica Analitica presso l'Università degli Studi di Milano, ai quali SIMA (Società Italiana di Medicina Ambientale), in qualità di esperti e membri del proprio comitato scientifico ha chiesto di effettuare prove di validazione del prodotto Ritello. Le prove per la validazione del sistema Ritello sono state condotte utilizzando, per verificare la sua efficienza nell'abbattere le polveri aerodisperse, uno strumento per il monitoraggio del PM (particulate matter) ed in particolare una unità portatile di monitoraggio delle polveri fini (PM10 - PM2,5 - PM1) denominato P-DustMonit.</p>	<p>1. Introduction</p> <p>This scientific report was written by Luigi Falciola and Paola Fermo, Professors of Analytical Chemistry at the University of Milan, upon request by SIMA (Italian Society of Environmental Medicine), as experts and members of its Scientific Committee, to validate the product Ritello. The Ritello validation tests were conducted using a PM (particulate matter) monitoring instrument to check its efficiency in airborne dust abatement.</p> <p>In particular, the instrumentation is a portable fine dust (PM10 - PM2,5 - PM1) monitoring unit denominated P-DustMonit.</p>
<p>2. Strumentazione utilizzata per la validazione e sue caratteristiche tecniche</p> <p>L'unità di monitoraggio polveri P-Dust Monit è uno strumento per la misura e la registrazione in continuo delle</p>	<p>2. Instrumentation used for validation and its technical characteristics</p> <p>The P-Dust Monit powder monitoring unit is a device for continuous measurement and recording of</p>

<p>particelle presenti nell'aria. La metodologia utilizzata dal P-Dust Monit, per misurare le particelle costituenti il particolato atmosferico e classificarle in base alla loro dimensioni, è quella del laser scattering. Questa metodologia consente di:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Misurare in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (in tempo reale e contemporaneamente) le concentrazioni del particolato fine espresso come PM10 - PM2,5 - PM1 • Misurare in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (in tempo reale e contemporaneamente) le concentrazioni delle polveri Inalabili - Toraciche - Respirabili così come definite dalle vigenti normative • Misurare in tempo reale e contemporaneamente il numero delle particelle presenti classificandole contemporaneamente in 15 diverse classi dimensionali 	<p>particles in the air.</p> <p>P-Dust Monit uses laser scattering to measure the particles forming the atmospheric particulate matter and to classify them according to their size.</p> <p>This methodology allows to:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Measure in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (in real time and contemporaneously) concentrations of fine particulate expressed as PM10 - PM2.5 - PM1 • Measure in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (in real time and contemporaneously) concentrations of Inhalable - Thoracic – Respirable powders as defined in current regulations • Measure in real time and simultaneously the number of present particles and classify them simultaneously in 15 different dimensional classes
---	---

CARATTERISTICHE TECNICHE DELLO STRUMENTO:	TECHNICAL CHARACTERISTICS OF THE INSTRUMENT:
<p>Misurazione in tempo reale mediante LASER SCATTERING delle frazioni PM10, PM2,5, PM1 "INALABILI" - "TORACICHE" - "RESPIRABILI"</p> <p>Inoltre, conteggi per granulometria nelle classi:</p>	<p><i>Real-time measurement by LASER SCATTERING of fractions PM10, PM2,5, PM1 "INHALABLE" - "THORACIC" - "RESPIRABLE"</i></p> <p><i>In addition, granulometric counts in the classes:</i></p>
<p>>0,30µm>0,40µm>0,50µm>0,60µm>0,70µm >0,85µm>1,00µm>1,50µm>2,00µm>2,50µm >3,00µm>4,00µm>5,00µm>7,50µm>10,0µm</p>	



Figura 1. Lo strumento P-DustMonit collegato al PC portatile dal quale è gestito e consente l'acquisizione dei dati in tempo reale.

Figure 1. P-DustMonit instrument connected to the portable managing PC,

which enables real-time data acquisition.

<p>3. Condizioni sperimentali per l'effettuazione della misura</p> <p>Le misure sono state effettuate ponendo i due strumenti (P-DustMonit e Ritello) all'interno di una camera di prova avente dimensioni 335 x 470 x 290(H) cm (circa 45 m³). La camera di prova è stata ventilata prima dell'inizio della prova e, prima di procedere con l'avvio dello strumento di aspirazione Ritello, si è atteso che la situazione si stabilizzasse ossia che l'andamento delle curve relative alle tre frazioni granulometriche di interesse (PM10, PM2,5 e PM1) raggiungesse un plateau.</p> <p>Questa situazione iniziale è descritta in Figura 2: la prova è iniziata alle ore 9.00 e si può osservare che il valore di 16 µg/m³ per il PM10 (ottenuto dopo apertura delle finestre) cala a circa 12 µg/m³ in una decina di minuti per poi stabilizzarsi.</p>	<p>3. Experimental measurement conditions</p> <p>Measurements were made by placing the two instruments (P-DustMonit and Ritello) inside a test chamber measuring 335 x 470 x 290 (H) cm (about 45 m³). The test chamber was vented before the start of the test. Before proceeding with the switching on of the Ritello suction instrument, the stabilization of the chamber was reached, namely when the trend of the curves relative to the three granulometric fractions of interest (PM10, PM2,5 and PM1) attained a stable plateau.</p> <p>This initial situation is described in Figure 2: the test started at 9.00 am and the value of 16 µg/m³ for PM10 (obtained after the windows opening) falls to about 12 µg/m³ in ten minutes, then stabilizing.</p>
---	--

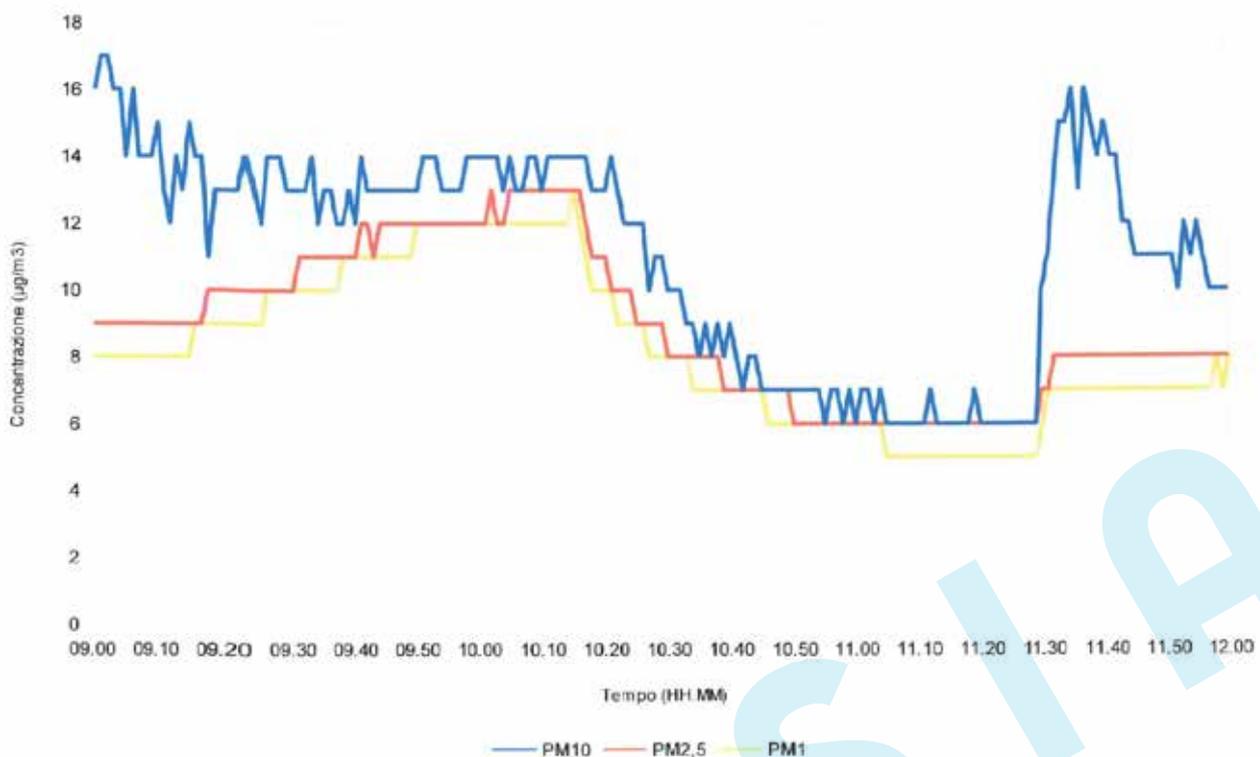


Figura 2. Profili di concentrazione di PM10 (curva blu), PM2,5 (curva rossa) e PM1 (curva gialla)

Figure 2. PM10 (blue curve), PM2,5 (red curve) and PM1 (yellow curve) concentration profiles

4. Risultati	4. Results
<p>4.1 Andamento delle concentrazioni delle frazioni PM10, PM 2.5 e PM1</p> <p>Alle ore 10.20 è stato avviato Ritello alla velocità massima che corrisponde ad una portata volumetrica di 80 CFM corrispondenti a 135,92 m³/h. Come si può osservare in Figura 3 la</p>	<p>4.1 Concentration evolution of PM10, PM 2.5 and PM1 fractions</p> <p>At 10.20 am, Ritello was switched on at the maximum speed limit corresponding to a volumetric flow rate of 80 CFM, namely 135.92 m³/h. As Figure 3 shows, the concentration of the three granulometric fractions after about</p>

<p>concentrazione delle tre frazioni granulometriche dopo circa 20 minuti è scesa:</p> <ul style="list-style-type: none"> - da 14 a 7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per il PM10 - da 13 a 6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per il PM2,5 e per il PM1 	<p>20 minutes has decreased:</p> <ul style="list-style-type: none"> - from 14 to 7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for PM10 - from 13 to 6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for PM2,5 and for PM1
---	--

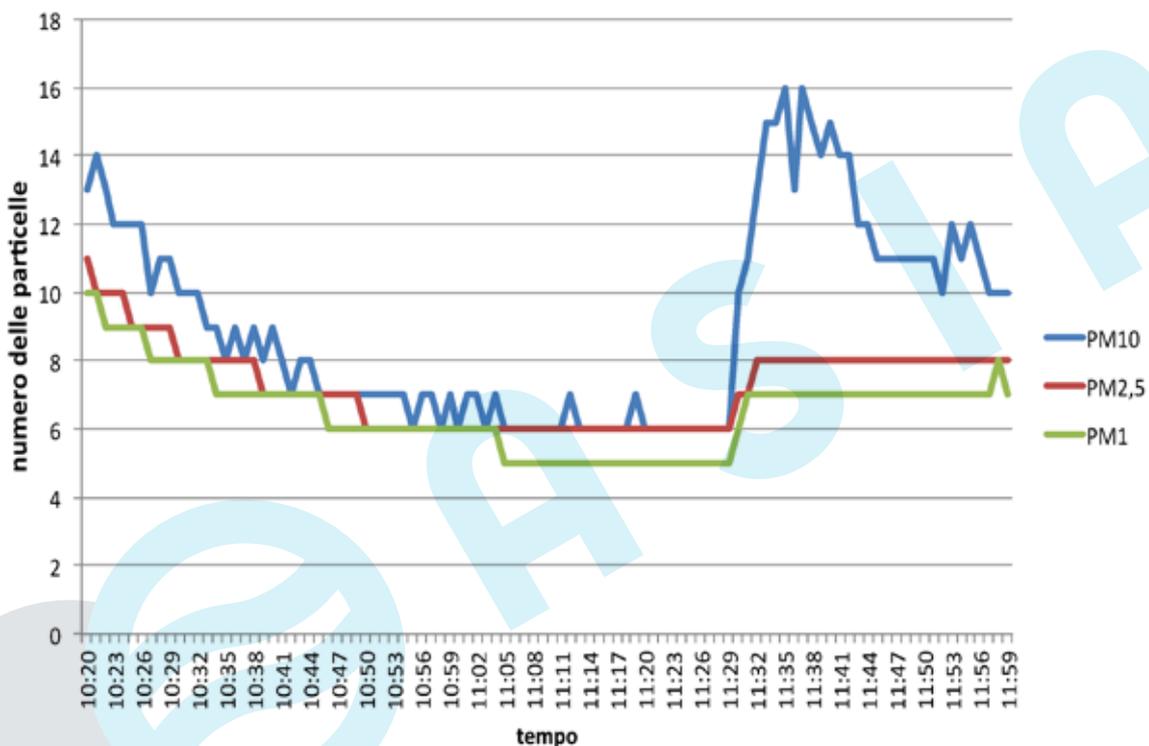


Figura 3. Profili di concentrazione di PM10 (curva blu), PM2,5 (curva rossa) e PM1 (curva verde) durante il funzionamento di Ritello

Figure 3. PM10 (blue curve), PM2,5 (red curve) and PM1 (green curve) concentration profiles during the use of Ritello

<p>Si può quindi affermare che dopo 20 minuti Ritello, operando alla velocità di aspirazione massima, è in grado di ridurre le concentrazioni delle polveri del 50%.</p>	<p>It can be stated that after 20 minutes Ritello, operating at the maximum suction speed, is able to reduce the dust concentrations by 50%.</p> <p>Moreover, it can be observed that</p>
--	---

Inoltre, si può osservare come dopo un'ora dall'accensione del sistema (11.20 circa) la concentrazione della frazione più fine PM1 sia scesa a circa $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ stabilizzandosi su questo valore. Tale dato risulta essere particolarmente rilevante in quanto questa frazione è quella maggiormente pericolosa essendo in grado di penetrare in profondità negli alveoli polmonari.

Tenendo conto del fatto che la velocità minima corrisponde a una portata volumetrica di 13 CFM, ovvero $22 \text{ m}^3/\text{h}$, possiamo ipotizzare che in 2 ore si ottenga lo stesso risultato raggiunto dopo 20 minuti con la portata massima, ovvero una riduzione del 50%.

Alle ore 11.25 lo strumento è stato spento e si è proceduto con l'aerazione del locale aprendo le finestre.

Dal grafico (Figura 3) si può osservare come soprattutto la concentrazione della frazione PM10 risalga molto rapidamente.

Alle ore 11.38, dopo aver ottenuto una stabilizzazione delle

after one hour from the switching on of the system (approximately at 11.20 am) the PM1 finer fraction decreased to about $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ stabilizing on this value. This data is particularly relevant as this fraction is the most dangerous one, being able to deeply penetrate the pulmonary alveoli.

Taking into account that the minimum speed corresponds to a volumetric flow rate of 13 CFM, namely $22 \text{ m}^3/\text{h}$, we can assume that in 2 hours the same result of 50% reduction, obtained after 20 minutes at the maximum flow rate, will be achieved.

At 11.25 the instrument was switched off and the room was ventilated by opening the windows.

From Figure 3 we can observe that particularly the concentration of the PM10 fraction increases very rapidly.

At 11.38, after obtaining concentrations stabilization, Ritello was operated at the minimum speed and after 20 minutes the

<p>concentrazioni, Ritello è stato azionato alla velocità minima e dopo 20 minuti la concentrazione è scesa da circa 16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a circa 12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ con una riduzione del 25% della concentrazione della frazione PM10. Quindi anche operando con la velocità minima si apprezza in tempi brevi una diminuzione significativa del PM.</p>	<p>concentration dropped from about 16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ to about 12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ with a 25% reduction in the concentration of the PM10 fraction. So even working at the minimum speed, a significant decrease in a short time in the PM concentrations is appreciable.</p>
<p>4.2 Andamento delle concentrazioni numeriche delle frazioni granulometriche</p> <p>Di seguito vengono riportati (Figura 4) gli andamenti delle concentrazioni numeriche delle particelle relativi ad 8 classi dimensionali. E' interessante osservare come la classe dimensionale che subisce un evidente calo è quella costituita dalle particelle che hanno dimensioni comprese tra 0,3 μm e 0,5 μm, mentre si osserva una diminuzione decisamente meno significativa per quanto riguarda le altre frazioni.</p> <p>Dal punto di vista sanitario le particelle più fini sono quelle che destano più preoccupazione a causa</p>	<p>4.2 Trend of the numerical concentrations of granulometric fractions</p> <p>Figure 4 shows the numerical particle concentrations related to 8 dimensional classes. It is interesting to note that the dimensional class that undergoes a marked decline is that of the particles having a size between 0.3 μm and 0.5 μm, while a less significant decrease is observed for the other fractions.</p> <p>From a health point of view, the finest particles are the ones that are more concerned about their ability to penetrate the respiratory tract until arriving in the lung alveoli. Their number reduction is therefore a very</p>

della loro capacità di penetrazione nell'apparato respiratorio sino al raggiungimento degli alveoli polmonari. Una loro riduzione in numero rappresenta quindi un dato molto significativo.

significant achievement.

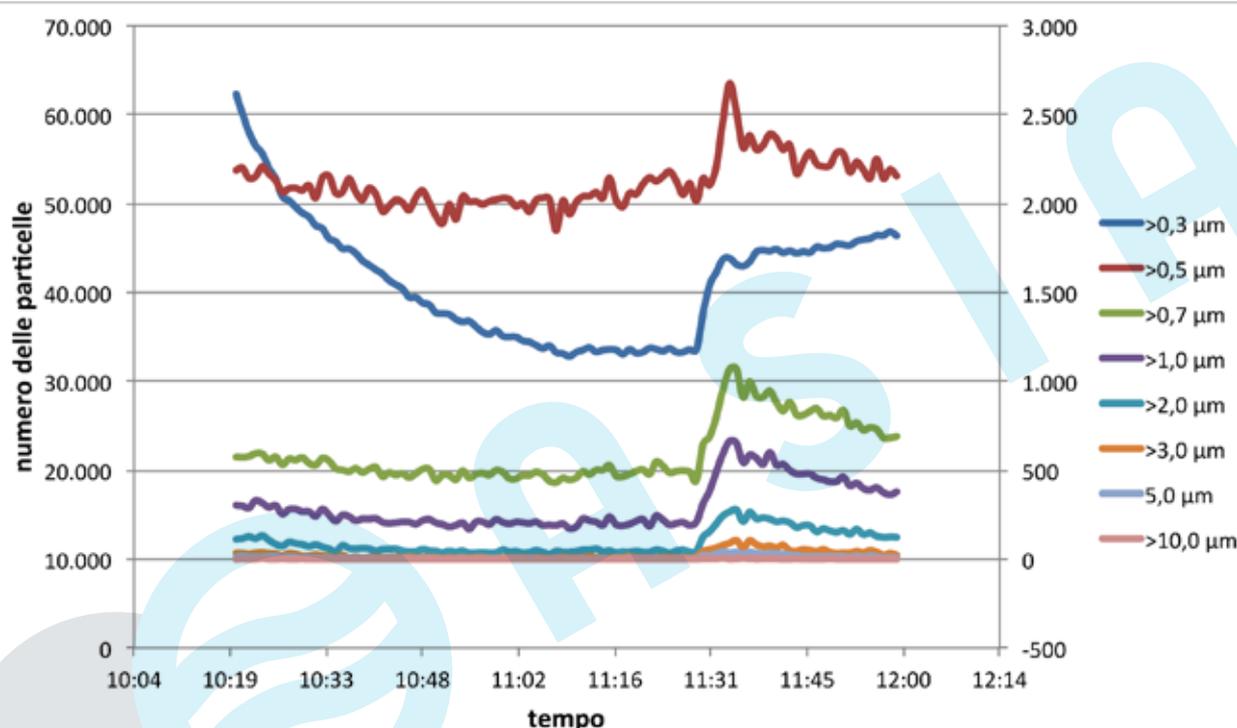


Figura 4. Andamento delle concentrazioni numeriche delle varie frazioni granulometriche durante il funzionamento di Ritello

Figure 4. Numerical concentrations profiles of the various granulometric fractions during Ritello's operation

In figura 5 viene mostrato un ingrandimento relativo alle frazioni a granulometria maggiore. Anche queste frazioni, seppur in minima parte rispetto alla frazione più fine, subiscono una riduzione in numero.

Figure 5 shows an enlargement related to the larger granulometric fractions. Even these fractions, although at lesser values in comparison with the finer fraction, undergo an interesting reduction.

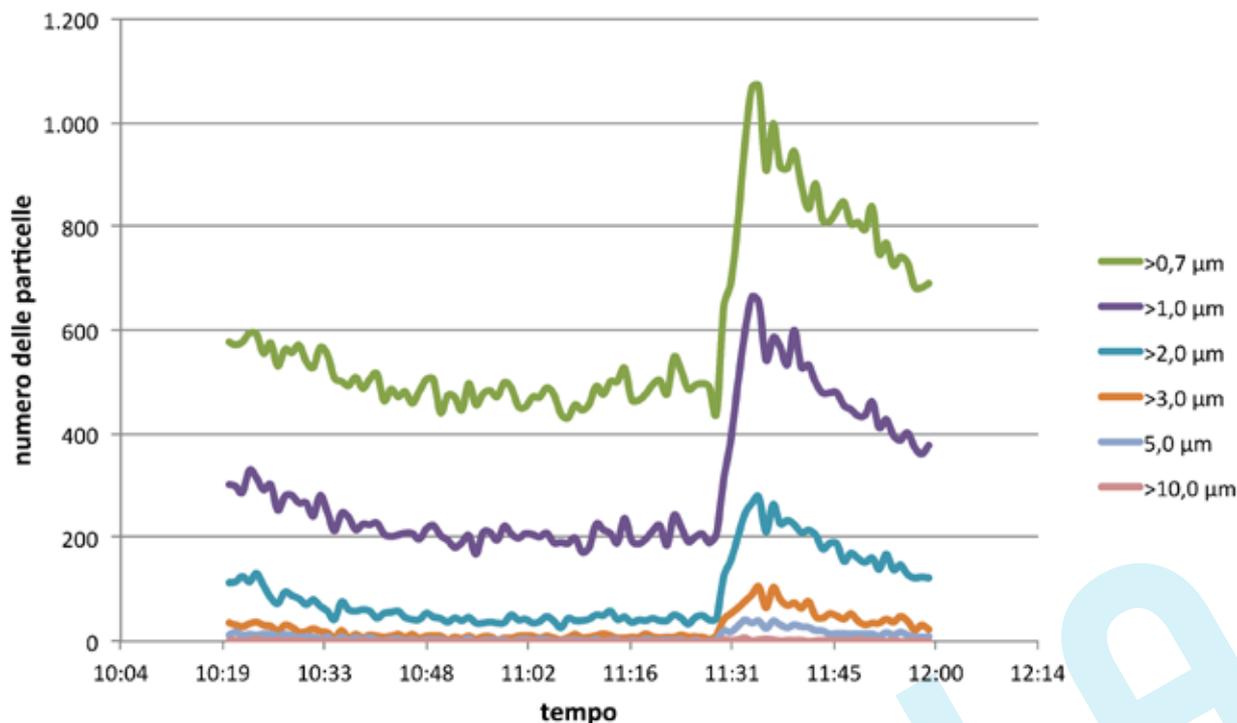


Figura 5. Andamento delle concentrazioni numeriche delle frazioni granulometriche più grandi durante il funzionamento di Ritello

Figure 5. Numerical concentrations profiles of the larger granulometric fractions during the Ritello's operation

4.3 Analisi eseguite sull'acqua utilizzata dal sistema Ritello per l'abbattimento delle polveri

Sono state inoltre eseguite alcune misure atte a determinare la presenza e concentrazione di alcune specie chimiche all'interno dell'acqua utilizzata dal sistema Ritello per l'abbattimento delle polveri fini. I campioni di acqua sono stati prelevati in tempi successivi una volta azionato il sistema, secondo lo schema di Tabella 1. In

4.3 Analysis performed on the water used by the Ritello system for dust abatement

Some measurements have also been performed to determine the presence and concentration of specific chemical species within the water used by the Ritello system for the abatement of fine dusts.

Water samples were taken after the system was operated, at specific interval times, according to Table 1. In particular, they were taken after 1

particolare sono stati prelevati dopo 1 o 2 ore di funzionamento in un locale dove era presente un sistema di ricircolo dell'aria; successivamente è stata effettuata una prova isolando il sistema di ricircolo.	or 2 hours of operation in a room where an air recirculation system was present; subsequently a test was performed by isolating the recirculation system.
---	---

Campione	Sample
MilliQ water	MilliQ water
12/5/17 dopo 1 h	12/5/17 after working for 1 h
12/5/17 dopo 2 h	12/5/17 after working for 2 h
17/5/17 senza ricircolo dell'aria; dopo 2 h	17/5/17 without air ricirculation; after 2 h

Tabella 1. Campioni di acqua prelevata dal serbatoio di Ritello dopo il funzionamento

Table 1. Water samples taken from the Ritello reservoir after operation

<p>Le analisi hanno riguardato:</p> <p>1) la determinazione delle specie anioniche presenti in soluzione (tecnica utilizzata: cromatografia ionica, IC; strumentazione: cromatografo Dionex ICS1000; colonna per la determinazione degli anioni AS11; sistema di soppressione della conducibilità; detector conduttimetrico)</p>	<p>Analyses concerned:</p> <p>1) determination of anionic species present in solution (technique used: ion chromatography, IC; instrumentation: Dionex ICS1000 chromatograph, AS11 anion determination column, conductivity suppression system, conductivity detector)</p>
--	--

<p>2) la determinazione del carbonio organico totale (tecnica utilizzata: TOC, Total Organic Carbon; strumentazione: TOC-VCPN Shimadzu total organic carbon analyzer).</p>	<p>2) determination of total organic carbon (technique used: TOC, Total Organic Carbon; instrumentation: TOC-VCPN Shimadzu total organic carbon analyzer).</p>
--	--

<p>In tabella 2 vengono riportate le concentrazioni degli anioni (cloruri, nitrati e solfati) individuati all'interno dell'acqua. Si può osservare come raddoppiando il tempo di aspirazione la quantità di anioni abbattuti raddoppia (nel caso dei cloruri è 4 volte superiore). Ciò significa che il sistema abbatte in maniera efficiente le specie anioniche presenti nell'aria. Il sistema di ricircolo dell'aria non sembra invece essere in grado di eliminare queste specie poiché i valori con e senza ricircolo sono piuttosto simili.</p> <p>Il sistema Ritello è in grado di abbattere in maniera efficiente anche le specie carboniose. In tabella 3 vengono riportati i valori di concentrazione di carbonio organico solubile totale. Anche in questo caso</p>	<p>Table 2 shows the concentrations of the anions (chlorides, nitrates and sulphates) within the water. It can be seen how doubling the suction time the amount of anions doubles (in the case of chlorides it is 4 times higher). This means that the system efficiently reduces the anionic species present in the air.</p> <p>The air recirculation system does not seem to be able to eliminate these species since the values with and without recirculation are quite similar.</p> <p>The Ritello system is able to efficiently reduce the carbonaceous species, too. Table 3 shows the values of total soluble organic carbon concentrations. Again, there is a doubling of the value after 2 hours of operation and the values</p>
--	--

si ha un raddoppio del valore dopo 2 h di funzionamento ed i valori con e senza ricircolo sono piuttosto simili.	with and without recirculation are quite similar.
--	---

Campione/Sample	Cl ⁻ / ppm	NO ₃ ⁻ / ppm	SO ₄ ²⁻ / ppm
MilliQ water	-	-	-
12/5/17 dopo 1 h	0,200	0,083	0,080
12/5/17 dopo 2 h	0,816	0,211	0,179
17/5/17 senza ricircolo; 2 h	0,776	0,144	0,056

Tabella 2. Concentrazioni delle specie ioniche all'interno dell'acqua prelevata dal serbatoio di Ritello

Table 2. Ionic species concentrations within the water taken from the reservoir of Ritello

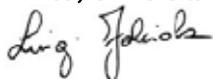
Campione / Sample	TOC / ppm
MilliQ water	-
12/5/17 dopo 1 h	5.065
12/5/17 dopo 2 h	7.650
17/5/17 senza ricircolo	8.260

Tabella 3. Concentrazioni del carbonio organico solubile all'interno dell'acqua prelevata dal serbatoio di Ritello

Table 3. Total organic carbon concentration within the water taken from the reservoir of Ritello

<p>5. Conclusioni</p> <p>Le prove eseguite hanno dimostrato come il sistema Ritello possa ridurre significativamente la concentrazione delle particelle aerodisperse all'interno degli ambienti indoor. In particolare, dopo 20 minuti di funzionamento alla velocità massima vi è una riduzione del 50% della concentrazione delle polveri e lo stesso risultato può essere raggiunto alla velocità minima dopo un tempo di funzionamento di 2 h. Inoltre, Ritello si è rivelato particolarmente efficiente nell'abbattere la frazione granulometrica avente dimensioni comprese tra 0,3 e 0,5 μm, ovvero quella che desta maggiore preoccupazione dal punto di vista sanitario. Infatti, la frazione fine è in grado di penetrare negli alveoli polmonari.</p>	<p>5. Conclusions</p> <p>The tests performed have shown how the Ritello system can significantly reduce the concentration of aerosol particulate matter in indoor environments. Specifically, after 20 min at maximum speed, there is a reduction of 50% of PM concentration and the same result can be achieved at the minimum speed after a 2 hour operating time. Moreover, Ritello has proved to be particularly efficient in reducing the granulometric fraction between 0,3 and 0,5 μm in size, which is the worst from the point of view of the health concern. In fact, the fine fraction is able to penetrate the lung alveoli.</p>
---	---

*Prof. Luigi Falciola,
Dipartimento di Chimica, Università degli Studi di Milano*



*Prof. Paola Fermo
Dipartimento di Chimica, Università degli Studi di Milano*

