



**Sperimentazione rivestimenti fotocatalitici realizzata presso l'Ospedale d'Urgenza di  
Bucarest (Floreasca)**

## **Relazione tecnica preliminare**

**A cura di: S.C. METECONS TECHNOLOGIES s.r.l.  
Bucarest, Romania**

**Maggio 2007**

## Indice

1	Introduzione .....	3
2	La fotocatalisi .....	3
3	Le sostanze inquinanti .....	4
3.1	Inquinanti atmosferici.....	5
3.1.1	Descrizione .....	5
3.1.2	La normativa vigente.....	7
3.2	Batteri e micro-organismi .....	8
4	I prodotti utilizzati .....	10
5	Le apparecchiature di misura .....	10
6	La sperimentazione .....	11
6.1	Organizzazione .....	11
6.2	Applicazione di pittura fotocatalitica tipo FOTOMUR.....	11
6.3	Applicazione di soluzione acquosa tipo ACTIVA .....	14
7	Conclusioni .....	15
ALLEGATO 1: GRAFICI CONCENTRAZIONE INQUINANTI .....		17
ALLEGATO 2: DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA .....		19

## **1 Introduzione**

Il presente documento rappresenta la Relazione Tecnica Preliminare relative alla sperimentazione di rivestimenti fotocatalitici realizzata nel periodo 7 – 11 Maggio 2007 presso l'Ospedale d'Urgenza di Bucarest (Floreasca).

La sperimentazione e' stata organizzata dalla Societa' MATECONS s.r.l. di Bucarest, distributrice in Romania dei prodotti eco-attivi fotocatalitici realizzati dalla Societa' GLOBAL ENGINEERING s.a., (Italia), ed ha potuto avere luogo grazie all'amabile collaborazione della dirigenza dell'ospedale Floreasca, ed in particolare del Direttore, Dr. Claudiu Turculeț, del Direttore Amministrativo, Sig. Celestin Constantin, del Responsabile dei Servizi di Sorveglianza, Trasporti, Telecomunicazioni e Controllo, Ec. Laurentiu Ionita e del Responsabile dei Servizi Ambientali, Ing. Sorin Bordei.

Le attivita' svolte hanno avuto lo scopo di verificare in modo quantitativo mediante l'utilizzo di attrezzatura specifica il miglioramento della qualita' dell'aria risultante dall'applicazione di due prodotti fotocatalitici: la pittura murale per interni a base acrilica tipo FOTODECOR e la soluzione a base acquosa tipo ACTIVA.

I parametri della qualita' dell'aria oggetto di rilevamento sono stati: carica batterica, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, CO e O<sub>3</sub>.

La verifica delle concentrazioni relativa agli inquinanti e' stata realizzata prima e dopo l'applicazione dei prodotti fotocatalitici, con eccezione del rilevamento della carica batterica che e' stato effettuato solo prima dell'applicazione. Trattandosi infatti di un rilevamento effettuato direttamente sulla superficie trattata, al fine di ottenere dati significativi e' necessario attendere che la carica batterica abbia la possibilita' di svilupparsi nuovamente. Una serie di misurazioni verranno quindi effettuate dopo un intervallo di 30 giorni dall'applicazione, e quindi ad intervalli periodici, in modo di confermare l'effettiva capacita' dei prodotti fotocatalitici di contrastare lo sviluppo di microorganismi potenzialmente nocivi per la salute e il perdurare di tale azione nel tempo.

## **2 La fotocatalisi**

I prodotti utilizzati nella sperimentazione contengono in massa il semiconduttore Biossido di Titanio (TiO<sub>2</sub>) in una forma cristallina particolare definita anatasica e nanostrutturata. La presenza di tale principio attivo arricchisce i materiali di rivestimento della proprietà fotocatalitica.

La fotocatalisi di per sé è un fenomeno naturale in cui una sostanza chiamata fotocatalizzatore modifica la velocità di reazione in presenza di luce. L'esempio più noto e vitale per l'ecosistema è

la fotosintesi clorofilliana in cui, esemplificando il meccanismo, la clorofilla, il pigmento verde presente nelle piante, costituisce il fotocatalizzatore.

Una volta che tali materiali vengono esposti all'aria e alla luce si attiva un processo fotochimico che, grazie al fotocatalizzatore  $\text{TiO}_2$  nanostrutturato, innesca delle reazioni di ossidoriduzione e delle trasformazioni molecolari nell'aria. Gli inquinanti responsabili dei fenomeni acuti, come gli ossidi-biossidi di azoto ( $\text{NO}_x$ ), il biossido di zolfo ( $\text{SO}_2$ ) o l'ossido di

carbonio (CO) vengono trasformati in sostanze innocue e in quantità trascurabile per cui le stesse superfici non vengono intaccate.

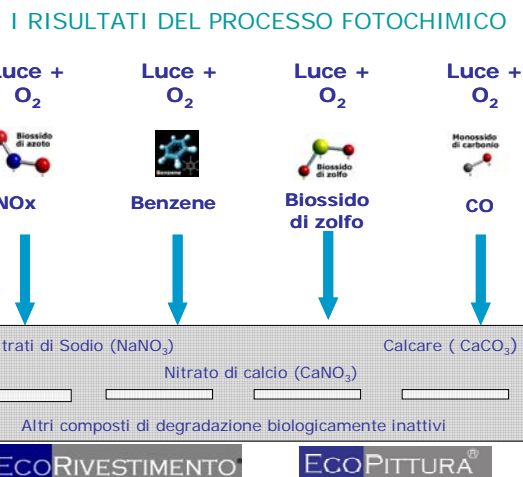
Le superfici rivestite con materiali fotocatalitici diventano delle componenti strutturali attive perché interagiscono con l'aria che le circonda, facendo da supporto alla funzione di fotocatalisi per l'azione di degradazione degli inquinanti. Sono anche delle componenti strutturali passive perché entrano in funzionamento da sole con un contributo moderato dei raggi U.V, nella cosiddetta banda di valenza compresa tra i 285 e i 400 nanometri, raggiungono la massima efficacia durante le ore di maggior irradiazione solare e la loro attività diventa minima nelle ore di oscurità.

Per applicazioni in ambienti permanentemente bui, come nel caso di un tunnel, si fa ricorso a lampade particolari contenenti raggi U.V. che sostituiscono il contributo della luce naturale.

### 3 Le sostanze inquinanti

La sperimentazione ha come obiettivo la verifica dell'efficacia dei prodotti fotocatalitici nel ridurre la concentrazione nell'aria all'interno della struttura ospedaliera di due categorie di agenti inquinanti potenzialmente pericolosi per la salute umana:

- inquinanti atmosferici, generalmente risultanti dai processi di combustione di carburanti di origine fossile;
- microrganismi e batteri.



### 3.1 Inquinanti atmosferici

#### 3.1.1 Descrizione



Normalmente gli **ossidi di zolfo** presenti in atmosfera sono l'anidride solforosa (SO<sub>2</sub>) e l'anidride solforica (SO<sub>3</sub>); questi composti vengono anche indicati con il termine comune SO<sub>x</sub>.

L'anidride solforosa o biossido di zolfo è un gas incolore, irritante, non infiammabile, molto solubile in acqua e dall'odore pungente.

Dato che è più pesante dell'aria tende a stratificarsi nelle zone più basse.

Rappresenta l'inquinante atmosferico per eccellenza essendo il più diffuso, uno dei più aggressivi e pericolosi e di gran lunga quello più studiato ed emesso in maggior quantità dalle sorgenti antropogeniche.

Deriva dalla ossidazione dello zolfo nel corso dei processi di combustione delle sostanze che contengono questo elemento sia come impurezza (come i combustibili fossili) che come costituente fondamentale.

A basse concentrazioni gli effetti del biossido di zolfo sono principalmente legati a patologie dell'apparato respiratorio come bronchiti, asma e tracheiti e ad irritazioni della pelle, degli occhi e delle mucose.

Analisi epidemiologiche hanno evidenziato un aumento dei ricoveri ospedalieri, specie di anziani e bambini, a concentrazioni superiori a 0,3 mg/mc. Già a concentrazioni di 0,06 mg/mc come valore medio annuale si verificano episodi di bronchite e infezioni alle prime vie respiratorie.



Il **biossido di azoto** è un gas tossico di colore giallo-rosso, dall'odore forte e pungente e con grande potere irritante; è un energico ossidante, molto reattivo e quindi altamente corrosivo. Il biossido di azoto svolge un ruolo fondamentale nella formazione dello smog fotochimico in quanto costituisce l'intermedio di base per la produzione di tutta una serie di inquinanti secondari molto

pericolosi come l'ozono, l'acido nitrico, l'acido nitroso, gli alchilnitriti, i perossiacetilnitriti, ecc..

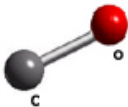
Il biossido di azoto è un gas irritante per le mucose e può contribuire all'insorgere di varie alterazioni delle funzioni polmonari, bronchiti croniche, asma ed enfisema polmonare. Lunghe esposizioni anche a basse concentrazioni provocano una drastica diminuzione delle difese polmonari con conseguente aumento di rischio di affezioni alle vie respiratorie.

Gli effetti del biossido di azoto si manifestano generalmente parecchie ore dopo l'esposizione, così che spesso le persone normalmente non si rendono conto che il loro malessere è dovuto all'aria inquinata che hanno respirato.

Per il biossido di azoto l'Organizzazione Mondiale per la Sanità (OMS) raccomanda il limite guida orario di 200 µg/mc, il limite per la media annuale è invece 40 µg/mc.

Per un'esposizione di mezz'ora la concentrazione di 560 µg/mc è la più alta concentrazione alla quale non si hanno effetti rilevabili. Brevi esposizioni a 50-150 mg/mc provocano risentimenti polmonari; 100 mg/mc, inalati per 1 minuto, provocano notevoli danni al tratto respiratorio; concentrazioni di 300-400 mg/mc portano alla morte per fibrosi polmonare.

### Monossido di carbonio



L'**ossido di carbonio (CO)** o **monossido di carbonio** è un gas incolore, inodore, infiammabile, e molto tossico. Si forma durante le combustioni delle sostanze organiche, quando sono incomplete per difetto di aria (cioè per mancanza di ossigeno). Il monossido di carbonio è estremamente diffuso soprattutto nelle aree urbane a causa dell'inquinamento prodotto dagli scarichi degli autoveicoli.

La sua pericolosità è dovuta alla formazione con l'emoglobina del sangue di un composto fisiologicamente inattivo, la carbossiemoglobina, che impedisce l'ossigenazione dei tessuti. A basse concentrazioni provoca emicranie, debolezza diffusa, giramenti di testa; a concentrazioni maggiori può provocare esiti letali.

A causa del traffico automobilistico la popolazione urbana è spesso soggetta a lunghe esposizioni a basse concentrazioni. La lenta intossicazione da ossido di carbonio prende il nome di ossicarbonismo e si manifesta con sintomi nervosi e respiratori. L'esposizione a monossido di carbonio comporta inoltre l'aggravamento delle malattie cardiovascolari, un peggioramento dello stato di salute nelle persone sane ed un aggravamento delle condizioni circolatorie in generale.



L'**ozono** è un gas tossico di colore bluastro, costituito da molecole instabili formate da tre atomi di ossigeno (O<sub>3</sub>); queste molecole si scindono facilmente liberando ossigeno molecolare (O<sub>2</sub>) ed un atomo di ossigeno estremamente reattivo (O<sub>3</sub> → O<sub>2</sub>+O). Per queste sue caratteristiche l'ozono è quindi un energico ossidante in grado di demolire sia materiali organici che inorganici.

L'ozono è presente per più del 90% nella stratosfera (la fascia dell'atmosfera che va dai 10 ai 50 Km di altezza). Nella troposfera in genere è presente a basse concentrazioni e rappresenta un inquinante secondario particolarmente insidioso. Viene prodotto nel corso di varie reazioni

chimiche in presenza della luce del sole a partire dagli inquinanti primari, in modo particolare dal biossido di azoto.

La molecola dell'ozono è estremamente reattiva, in grado di ossidare numerosi componenti cellulari, fra i quali amminoacidi, proteine e lipidi.

Alla concentrazione di 0,008-0,02 ppm (15-40 µg/mc) è possibile già rilevarne l'odore; a 0,1 ppm provoca una irritazione agli occhi ed alla gola per la sua azione nei confronti delle mucose. Concentrazioni più elevate causano irritazioni all'apparato respiratorio, tosse ed un senso di oppressione al torace che rende difficoltosa la respirazione. I soggetti più sensibili, come gli asmatici e gli anziani possono essere soggetti ad attacchi di asma anche a basse concentrazioni.

I soggetti più sensibili sono: i soggetti asmatici e quelli con patologie polmonari e cardiovascolari; gli anziani; le donne incinte; i bambini; chi fa attività fisica sostenuta all'aperto (lavoro, sport, svago) perché l'aumentata attività fisica causa un aumento della respirazione (che si fa anche più profonda).

Quando i livelli di ozono sono più alti del normale, bisognerebbe diminuire il tempo passato all'aperto, o almeno ridurre l'attività fisica all'aria aperta per proteggere la propria salute fino al momento in cui il livello di ozono non scende.

### ***3.1.2 La normativa vigente***

La materia della prevenzione e della gestione dell'inquinamento atmosferico è regolata in Europa dalla Direttiva Comunitaria 96/62 (Direttiva Quadro sulla Qualità dell'Aria) che, attraverso le "daughter directives" 99/30, 2000/69 e 2002/3 per i singoli inquinanti, definisce i limiti di concentrazione, le metodiche, le strategie di misura, la localizzazione dei punti di misura, l'incertezza delle misure e le modalità di informazione del pubblico.

Le definizioni di valore limite e soglia di allarme secondo la normativa europea sono le seguenti:

- Valore limite: livello fissato in base alle conoscenze scientifiche al fine di evitare, prevenire o ridurre gli effetti nocivi sulla salute umana e/o sull'ambiente nel suo complesso;
- Soglia di allarme: livello oltre il quale vi è un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata, e raggiunto il quale gli stati membri devono immediatamente intervenire a norma della direttiva 96/62/CE.

La Direttiva 96/62 è stata recepita in Romania con OUG (Ordinanza di Urgenza del Governo) n. 243/28.11.2000 approvato da Legge n. 655/20.11.2001 e stabilisce i limiti degli inquinanti di interesse per la qualità dell'aria nei grandi centri urbani, limiti che dovranno essere raggiunti in un periodo compreso tra il 2005 ed il 2010.

Le tre "daughter directives" sono state recepite dalla normativa romena mediante i seguenti Ordini del Ministro dell' Ambiente:

- OM 592/2002 riferito alle condizioni specifiche per le varie sostanze inquinanti l'aria;
- OM 745/2002 riferito alla classificazione degli agglomerati (zone aventi concentrazione di popolazione data) ai fini della valutazione della qualita' dell'aria.

In Romania, la normativa e' stata convertita in legge integralmente ed e' entrata in vigore all'inizio del 2003.

I valori limite e le soglie di allarme relativi alle sostanze inquinanti la cui concentrazione e' stata misurata nel corso della sperimentazione sono indicate in Tabella 1.

*Tabella 1: Valori limite e soglie di allarme degli inquinanti*

<i>Inquinante</i>	<i>Documento</i>	<i>Valore limite</i>		<i>Soglia di allarme</i>	
NO <sub>2</sub>	Direttiva 1999/30/CE	106.4 ppb	200 µg/m <sup>3</sup>	212.8 ppb	400 µg/m <sup>3</sup>
SO <sub>2</sub>	Direttiva 1999/30/CE	140 ppb	350 µg/m <sup>3</sup>	200 ppb	500 µg/m <sup>3</sup>
CO	Direttiva 2000/69/CE	13 ppm	15 mg/m <sup>3</sup>	26 ppm	30 mg/m <sup>3</sup>
O <sub>3</sub>	Direttiva 2002/3/CE	96 ppb	180 µg/m <sup>3</sup>	128 ppb	240 µg/m <sup>3</sup>

ppm = parti per milione

ppb = parti per miliardo

mg/m<sup>3</sup> = milligrammi/metro cubo

µg/m<sup>3</sup> = microgrammi/metro cubo

### **3.2 Batteri e micro-organismi**

Il problema della diffusione di batteri all'interno delle strutture ospedaliere ha assunto dimensioni allarmanti.

In Inghilterra, si stima che ogni anno 700,000 pazienti contraggano infezioni batteriche nelle strutture ospedaliere, sette volte di piu' delle stime ufficiali comunicate dal Ministero della Sanita'. Di questi, almeno 20,000 rappresentano infezioni da *Methicillin Resistant Staphylococcus Aureus* (MRSA), la cui diffusione a livello mondiale rappresenta una delle piu' importanti minacce da questo punto di vista.

Le tradizionali misure, basate sulla rigorosa applicazione delle norme igieniche di base, quali il lavaggio delle mani e la disinfezione, risultano insufficienti a fronteggiare tale emergenza in quanto la stessa strutturazione degli edifici ospedalieri e' responsabile crescita e della dispersione di batteri e micro-organismi.

Tra i piu' importanti elementi legati agli edifici possiamo citare:



- sistemi di ventilazione meccanica, i quali non solo favoriscono lo sviluppo di funghi ma, a causa del loro ruolo di distribuire l'aria all'interno della struttura, favoriscono in essa la dispersione dei micro-organismi.
- realizzazione di strutture ospedaliere di grandi dimensioni, in edifici a più piani sovrapposti e con una crescente perdita della possibilità di procedere all'efficace isolamento di reparti infettati;
- mancanza di separazione dei percorsi di accesso alla struttura da parte dei visitatori rispetto ai percorsi a disposizione dei pazienti;
- difficoltà di realizzare in modo sistematico e efficiente cicli di pulizia e disinfezione a causa dell'interferenza con i visitatori, della non idonea disposizione e configurazione di suppellettili e mobili, della non corretta gestione di bagagli ed effetti personali dei pazienti ecc.;
- difficoltà nel garantire il rigoroso rispetto delle norme igieniche da parte degli utilizzatori dei servizi igienici, il che rende i tradizionali rubinetti, le maniglie e le altre superfici con le quali si entra comunemente in contatto straordinari veicoli di diffusione dei micro-organismi.

La constatazione che gli edifici ospedalieri stessi sono responsabili della crescita e della dispersione degli organismi patogeni vanifica spesso l'attività del personale preposto al controllo delle infezioni. Considerando i fattori legati allo spazio, al tempo ed al valore economico delle strutture ospedaliere esistenti, associato all'entità degli investimenti necessaria per costruire strutture realizzate sulla base di criteri progettuali adeguati, risulta chiaro come sia velleitario pensare di ottenere progressi significativi nei tempi imposti dal rischio presentato dalla diffusione, ad esempio, del *Methicillin Resistant Staphylococcus Aureus* (MRSA).

A differenza degli inquinanti atmosferici, nel caso di batteri e micro-organismi non è possibile parlare di soglie di attenzione e di allarme. Al fine di contrastare la crescente minaccia rappresentata da agenti patogeni sempre più aggressivi e resistenti, è indispensabile affiancare alle tradizionali metodologie nuove soluzioni che consentano in tempi brevi ed a costi ragionevoli di ottenere risultati significativi nell'ambito di strutture sanitarie operanti in edifici esistenti. L'utilizzo della tecnologia fotocatalitiche applicata non solo ai rivestimenti, ma anche alle pavimentazioni ed ai sistemi di filtraggio di aria ed acqua, apre nuove e promettenti prospettive, consentendo di ottenere in tempi brevi risultati di grande rilievo.

#### **4 I prodotti utilizzati**

Come anticipato, i prodotti fotocatalitici oggetto della sperimentazione sono stati i seguenti:

- a) Pittura murale per interni a base acrilica tipo FOTODECOR, la cui posa in opera e' stata preceduta dall' applicazioine dello specifico FOTODECOR PRIMER.
- b) Soluzione a base acquosa tipo ACTIVA, la cui applicazione deve essere preceduta dalla semplice pulizia della superficie.

#### **5 Le apparecchiature di misura**

Scopo della sperimentazione e' stato quello di verificare in modo quantitativo mediante misurazioni effettuate con specifiche attrezzature l'effetto dell'applicazione di prodotti fotocatalitici in termini di miglioramento della qualita' dell'aria ed, in generale, dell'ambiente nel quale sono applicati.

Le apparecchiature utilizzate sono state le seguenti:

- o Apparecchiatura di tipo LAVOISIER (fig. 1), prodotta dalla Societa' Archimedes (Italia). L'apparecchiatura utilizza sensori miniaturizzati a risposta rapida per effettuare operazioni di ricognizione ambientale speditiva, consentendo di determinare le concentrazioni di NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, CO e O<sub>3</sub> con un elevato grado di precisione. Lo sviluppo di questa tecnologia e' stato realizzato con il sostegno della Commissione Europea nel quadro del programma Life 1999. L'idoneita' della strumentazione a fornire accurate misurazioni dei parametri di qualita' dell'aria in applicazione della vigente normativa europea e' stata certificata dal CNR, il Centro Nazionale delle Ricerche che rappresenta il laboratorio nazionale di riferimento in Italia (Cert. N. 976 del 28.04.2005). L'unita' di rilevamento, mediante connessione di tipo GPRS, invia i dati al Centro Servizi Archimedes il quale provvede aqlla raccolta, archiviazione e validazione delle rilevazioni.
- o Apparecchiatura SYSTEMSURE II prodotta dalla Societa' Bio Reveal (U.S.A.) (fig. 2), un sistema di determinazione di bio contaminazione basato sulla misurazione dell'ATP (adhenosina triphosphate), una molecola che si trova in tutti gli organismi viventi e che viene rilevata e misurata utilizzando la bioluminescenza. La metodologia basata sulla determinazione della bioluminescenza si e' confermata negli ultimi anni essere piu' sensibile delle metodologie radioattive, e si e' imposta come la piu' accurata tecnologia analitica nelle verifiche di tossicita' e nella biologia molecolare. I valori sono espressi in RLU (Relative Light Units).

Le attrezzature utilizzate sono state messe a disposizione dalla Società GLOBAL ENGINEERING S.p.a.

## **6 La sperimentazione**

### ***6.1 Organizzazione***

Il programma sperimentale è stato coordinato dall'ing. Cosimo Tartaglia, responsabile dell'ufficio misurazioni della GLOBAL ENGINEERING, assistito dal personale tecnico della MATECONS ed in collaborazione con l'Istituto di Ricerca per Attrezzature e Tecnologie applicate alle Costruzioni (ICECON) di Bucarest, rappresentato da Dr. Ing. Liana Manolache.

La sperimentazione realizzata è stata finalizzata alla valutazione dell'efficacia dei prodotti fotocatalitici nel ridurre la concentrazione di inquinanti nell'aria mediante una misurazioni puntuali prima e dopo l'applicazione dei prodotti. La sperimentazione non ha avuto lo scopo di costituire uno studio sistematico delle problematiche legate alla qualità dell'aria nel contesto ambientale specifico, studio che comporta una azione di monitoraggio protratta nel tempo che consenta di valutare gli effetti di tutti i parametri che hanno influenza sulle concentrazioni e distribuzione nel tempo e nello spazio degli agenti inquinanti.

Le informazioni ottenute forniscono interessanti elementi conoscitivi e consentono di effettuare considerazioni significative in merito alla dinamica delle concentrazioni di inquinanti negli ambienti esaminati ed all'efficacia dei prodotti fotocatalitici.

La sperimentazione è stata articolata in due parti:

- a) Applicazione di pittura murale fotocatalitica tipo FOTODECOR in una stanza sede dell'ufficio personale, ove operano stabilmente 5 funzionari e intensamente frequentato dagli impiegati della struttura ospedaliera.
- b) Applicazione della soluzione a base acquosa tipo ACTIVA su campioni di parete in ambienti ritenuti particolarmente soggetti allo sviluppo di colonie batteriche.

### ***6.2 Applicazione di pittura fotocatalitica tipo FOTOMUR***

L'ambiente selezionato per l'applicazione della pittura murale fotocatalitica FOTODECOR ospita l'ufficio salari della struttura ospedaliera, ha una superficie totale di 24 m<sup>2</sup> ed è situata al piano

rialzato del Corpo D. L'ambiente si trova al primo piano ed affaccia su Calea Floreasca in prossimità dell'incrocio con Boulevard Stefan Cel Mare, due arterie caratterizzate da intensi flussi di traffico (figg. 3 e 4). La qualità dell'aria all'interno dell'ambiente risente conseguentemente sia da fattori di inquinamento interni legati alla presenza del personale impiegato e degli utenti dei servizi in esso svolti, che da fattori di inquinamento esterni, in particolare legati alle emissioni dei veicoli. Viste il grado di deterioramento delle pareti, si è ritenuto non conveniente procedere alla rimozione del rivestimento esistente ed alle successive operazioni di riparazione, preferendo procedere all'applicazione sulle superfici verticali di pannelli in cartongesso.

L'applicazione della pittura murale (fig. 5) è stata realizzata a rullo in due mani successive, con una resa totale di circa 6 m<sup>2</sup>/litro, preceduta dall'applicazione di una mano di primer fotocatalitico specifico, FOTODECOR PRIMER, la cui resa è stata di circa 10 m<sup>2</sup>/litro.

L'unità LAVOISIER è stata installata in data 07.05.2007 alle 16<sup>00</sup> ora locale, e tarata per effettuare una determinazione della concentrazione dei parametri ogni 10 minuti, nell'intervallo di tempo compreso tra le ore 16<sup>30</sup> e 21<sup>30</sup> ora locale<sup>1</sup>. Detto intervallo temporale è stato considerato come significativo per rappresentare l'andamento delle concentrazioni delle sostanze inquinanti prima e dopo l'applicazione della pittura fotocatalitica sulla base delle caratteristiche dell'ambiente e dell'influenza stimata dei fattori inquinanti esterni. Il tardo pomeriggio rappresenta infatti la fascia oraria ove si registrano le più elevate concentrazioni di inquinanti prodotti dal traffico veicolare, concentrazioni destinate a ridursi nelle ore serali. La misurazione è stata effettuata tenendo la finestra della camera aperta, condizione che si verifica usualmente, soprattutto nel periodo estivo. La misurazione è stata ripetuta nelle medesime condizioni e nella stessa fascia oraria in data 10.05.2007, dopo l'applicazione della pittura fotocatalitica.

I dati relativi alle rilevazioni sono riportati in Allegato 1 ed in Tabella 2.

*Tabella 2: Valori registrati con attrezzatura Lavoisier*

Parametri	U.m.	Valori pre applicazione		Valori post applicazione		Abbattimento
		Media	Picco max	Media	Picco max	
NO <sub>2</sub>	ppb	96.28	156.6	53.43	59.6	- 45%
CO	ppm	2.23	3.3	1.73	2.5	- 22%
SO <sub>2</sub>	ppb	0.06	0.4	0.04	0.2	- 33%
O <sub>3</sub>	ppb	0	0	0	0	0

<sup>1</sup> E' da notare che la scala temporale riportata nei grafici si riferisce all'ora italiana, CET + 1, mentre l'ora locale in Romania è CET + 2. Le ore 15<sup>30</sup> indicate nei grafici corrispondono alle ore 16<sup>30</sup> in Romania.

Il confronto delle rilevazioni prima e dopo l'applicazione della pittura fotocatalitica tipo FOTODECOR, consente di osservare i seguenti effetti:

- La concentrazione di NO<sub>2</sub> ha subito una drastica riduzione in valore assoluto, pari ad un abbattimento del 45% riferito ai valori medi registrati nel periodo di registrazione; i picchi di concentrazione risultano sensibilmente meno accentuati e mantenuti ben al di sotto della soglia di attenzione stabilita dalla normativa europea in vigore, pari a 106.4 ppb (200 µg/m<sup>3</sup>). Da evidenziare che la concentrazione massima registrata di NO<sub>2</sub> prima dell'applicazione della pittura fotocatalitica è stata ben superiore alla soglia di attenzione, e che tale situazione si è registrata dall'inizio delle registrazioni, alle ore 16<sup>30</sup> locali, fino alle ore 18<sup>30</sup>. Il valore di picco massimo, pari a 156.6 ppb, è inoltre prossimo alla soglia di allarme, stabilita dalla normativa europea in vigore a 212.8 ppb (400 µg/m<sup>3</sup>). Confrontando i valori di picco massimi registrati, l'abbattimento risulta essere pari al 62%.
- La concentrazione di CO ha subito una significativa riduzione, pari ad un abbattimento del 22% riferito ai valori medi registrati nel periodo di registrazione. Le concentrazioni di CO in valore assoluto si sono rivelate essere ben al sotto della soglia di attenzione stabilita dalle norme europee in vigore a 13 ppm (15.8 mg/m<sup>3</sup>).
- Le concentrazioni di SO<sub>2</sub> e O<sub>3</sub> non hanno subito significative modifiche a causa della bassa concentrazione di dette sostanze nel periodo durante il quale sono state effettuate le misurazioni. A questo riguardo è bene evidenziare come l'ozono troposferico si forma in condizioni di temperatura elevate, raggiungendo le massime concentrazioni nei mesi estivi. La concentrazione di SO<sub>2</sub> è legata principalmente all'utilizzo di combustibili fossili i quali contengano zolfo ed è ragionevole supporre che subisca incrementi sensibili qualora si verificano condizioni favorevoli di concentrazione a livello del suolo.

Le rilevazioni effettuate hanno confermato l'azione antiinquinamento dei prodotti fotocatalitici.

L'efficacia si è rivelata:

- determinante in relazione all' NO<sub>2</sub> al fine di ridurre la concentrazione al di sotto della soglia di attenzione stabilita dalle norme europee;
- sensibile in relazione a CO;
- rassicurabile in relazione a SO<sub>2</sub> e O<sub>3</sub>.

A questo proposito, è opportuno sottolineare due aspetti:

- l'efficacia dei prodotti fotocatalitici cresce al crescere della concentrazione degli inquinanti. Ciò si è osservato chiaramente confrontando la percentuale di abbattimento ottenuta per il NO<sub>2</sub>, presente in quantità superiore alla soglia di allerta, con la

percentuale di abbattimento di CO, che era comunque molto al di sotto della soglia di allerta.

- L'efficacia delle pitture fotocatalitiche risulta raggiungere il massimo a partire da 48 – 72 ore dal termine della loro applicazione. Nel caso specifico, per motivi di tempo, le rilevazioni sono state effettuate immediatamente dopo il l'asciugatura della pittura, ed e' quindi da ritenere che la qualita' dell'aria abbia subito un ulteriore miglioramento nelle ore immediatamente successive al completamento delle rilevazioni.

Le misure relative alla carica batterica hanno confermato la grande variabilita' delle concentrazioni in funzione della superficie considerata e del momento della rilevazione. Le misure effettuate in data 07 e 08 Maggio 2007 all'interno dell'ambiente ove e' stata applicata la pittura fotocatalitica FOTODECOR sono state caratterizzate da valori variabili da 3 a 188 RLU ed hanno consigliato di procedere alla validazione dell'efficacia utilizzando il seguente approccio.

### ***6.3 Applicazione di soluzione acquosa tipo ACTIVA***

L'applicazione della soluzione acquosa tipo ACTIVA (fig. 6) e' stata realizzata con l'obiettivo di verificare l'efficacia dei prodotti fotocatalitici nella riduzione della carica batterica all'interno degli ambienti ove sono applicati. Tutti i prodotti fotocatalitici hanno analoghe proprieta' antibatteriche, e tuttavia la soluzione acquosa tipo ACTIVA, in virtu' delle proprie caratteristiche che consentono la sua applicazione su virtualmente ogni tipo di superficie senza alterarne le proprieta' estetiche e funzionali, risulta particolarmente idonea per evidenziare questa caratteristica.

Come anticipato, la determinazione della carica batterica e' stata realizzata utilizzando un apparecchio tipo SYSTEMSURE II prodotto dalla Societa' Bio Reveal (U.S.A.), il quale si basa sulla determinazione della bioluminescenza emessa da campioni prelevati direttamente sulle pareti.

La prima parte della sperimentazione, ha comportato l'esecuzione di 28 test di battericita', realizzati in diversi punti della struttura ospedaliera, ed il cui scopo e' stato di determinare il grado di variabilita' e di individuare le aree critiche.

In corrispondenza della camera che e' stata oggetto dell'applicazione della pittura murale tipo FOTODECOR descritta in precedenza e nel corridoio adiacente, i valori puntuali di battericita' misurati il 7 ed 8 Maggio ed espressi in RLU si sono rivelati essere molto variabili, con valori compresi tra 3 RLU e 174 RLU. Tale variabilita' riflette l'influenza di fattori locali quali esposizione alla luce e temperatura, la diversa posizione e le diverse caratteristiche delle superfici testate (intonaco, vetro, carta da parati ecc.).

Al fine di mettere a punto una sperimentazione esaustiva, si e' deciso di individuare nell'ambito della struttura ospedaliera su indicazione del personale medico tre ambienti particolarmente significativi. Detti ambienti sono: 1) la camera annessa alla lavanderia ove e depositata la biancheria proveniente dalle corsia in attesa di essere lavata, situata nel seminterrato del Corpo B, avente una superficie di circa 5 m<sup>2</sup> (fig. 7); 2) una camera a piano terra del Corpo B utilizzata come deposito, avente una superficie di circa 25 m<sup>2</sup> (fig. 8); 3) i servizi comuni localizzati al piano terra nel Corpo B1, in prossimita' dell'ingresso della struttura, aventi una superficie di circa 7 m<sup>2</sup> (fig. 9).

Le pareti in tutti e tre gli ambienti sono rivestite in piastrelle ceramiche.

Sono state individuate sulle pareti dei tre ambienti delle aree campione di circa 0.1 m<sup>2</sup>, superfici che in data 10 Maggio sono state trattate con il prodotto fotocatalitico ACTIVA, applicato mediante nebulizzatore (fig. 10). Essendo perfettamente trasparente, la presenza di ACTIVA sulla superficie non e' visibile dopo il completamento dell'asciugatura che avviene in circa 20 minuti.

La determinazione della efficacia del prodotto fotocatalitico nell'impedire lo sviluppo di microorganismi sulle superfici trattate verra' realizzata dopo un intervallo di 30 giorni dall'applicazione, effettuando misurazioni comparative contemporanee su superfici limitrofe, della medesima natura, trattate e non trattate.

Test di battericita' effettuati prima del trattamento sono riportati in Tabella 3:

*Tabella 3: Valori di battericita' prima dell'applicazione di ACTIVA*

<i>n.</i>	<i>Ambiente</i>	<i>Battericita', RLU</i>
1	Camera deposito biancheria	21
		17
2	Deposito semiinterrato	20
		21
3	Servizi ingresso	43

I valori riportati in Tabella 3 sono indicativi del livello di contenuto batterico ottenuto realizzando il programma di disinfezione competa degli ambienti una volta al giorno, programma che interessa sia la camera deposito biancheria (1) che i servizi all'ingresso (3). Detto programma di disinfezione non e' applicato al deposito nel semiinterrato, cui accede tuttavia saltuariamente unicamente il personale dell'ospedale.

## **7 Conclusioni**

Al termine della prima fase della sperimentazione, e' possibile trarre le seguenti conclusioni:

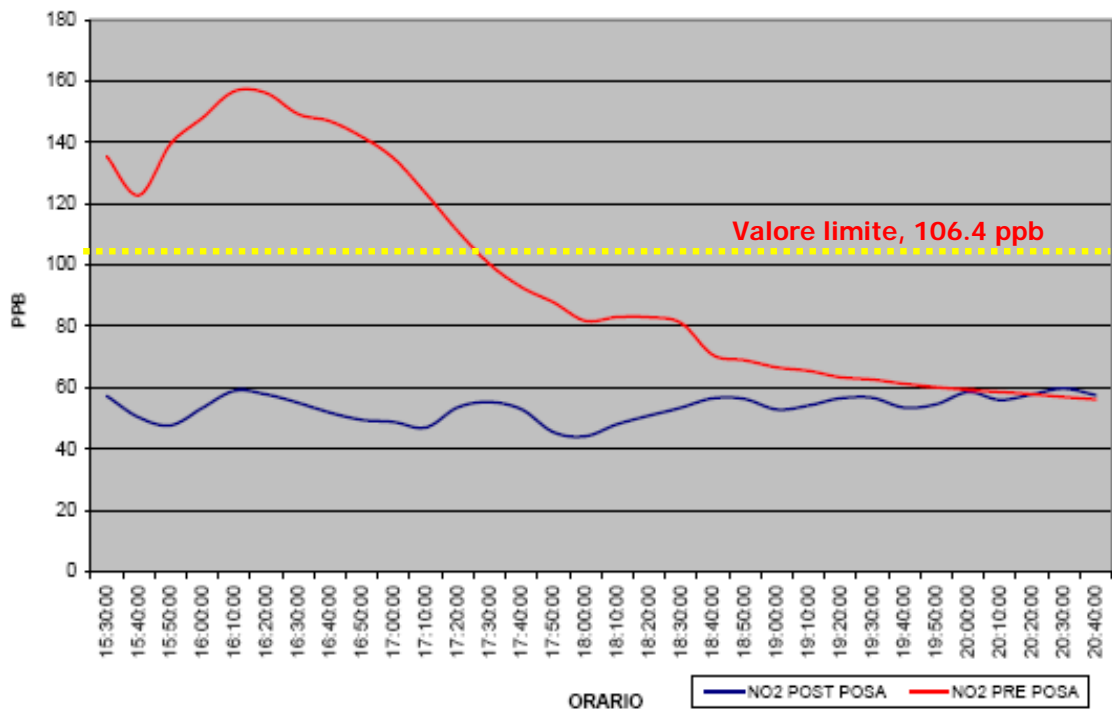
- Successivamente all'applicazione della pittura murale FOTODECOR, si e' registrato un significativo miglioramento della qualita' dell'aria, soprattutto in relazione alle sostanze inquinanti presenti in maggiore concentrazione, concentrazione che nel caso di NO<sub>2</sub> era oltre la soglia di attenzione della normativa europea vigente;
- L'effetto antibatterico dei prodotti fotocatalitici verra' verificato nel prossimo futuro confrontando superfici campione trattate con la soluzione acquosa ACTIVA con superfici limitrofe non trattate. La necessita' di lasciare trascorrere almeno 30 giorni tra applicazione di ACTIVA e misurazioni corrisponde al tempo necessario affinche' si sviluppino colonie di microorganismi.



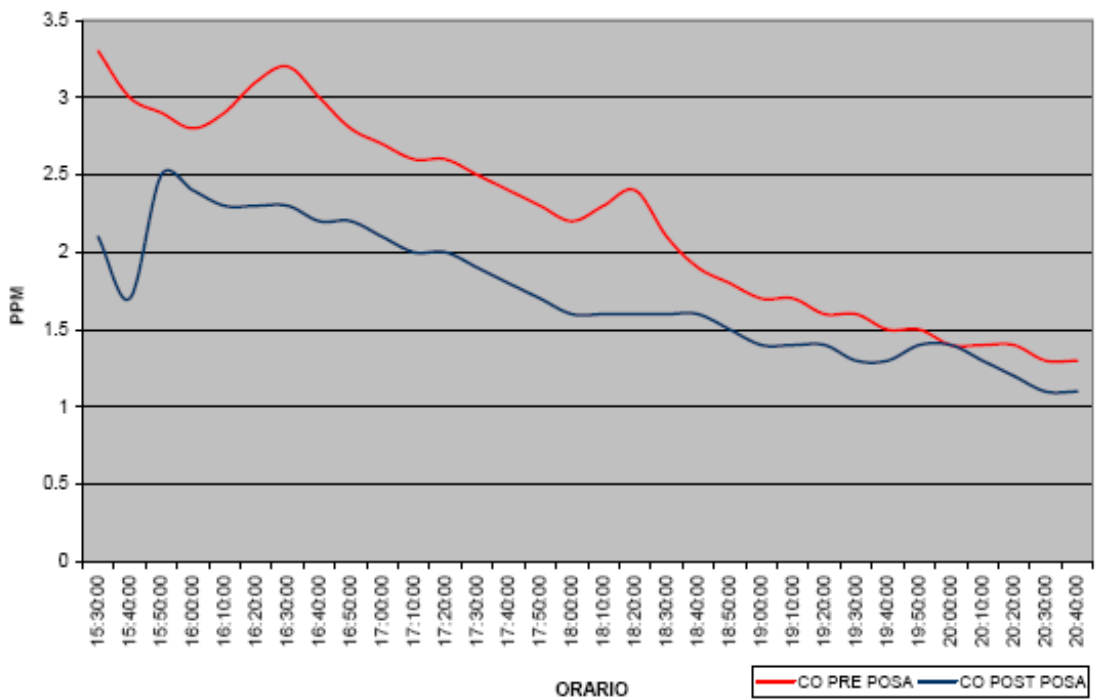
## **ALLEGATO 1: GRAFICI CONCENTRAZIONE INQUINANTI**

La presente sezione contiene i grafici di distribuzione degli inquinanti atmosferici rilevati mediante lo strumento LAVOISIER e riferiti a NO<sub>2</sub> e CO, sostanze presenti nell'atmosfera nel periodo considerato in quantità tali da apprezzare l'effetto del rivestimento fotocatalitico. Per quanto riguarda SO<sub>2</sub> ed O<sub>3</sub>, essendo presenti, nel periodo del rilevamento, in quantità trascurabili dal punto di vista sanitario e al di sotto della sensibilità dello strumento, non è stato possibile elaborarne in forma grafica l'andamento.

### NO<sub>2</sub> COMPARATIVO



### CO COMPARATIVO



**ALLEGATO 2: DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA**



Fig. 1: Apparecchiatura LAVOISIER



Fig. 2: Apparecchiatura SYSTEMSURE II



Fig. 3: Vista esterna della camera ove e' stata applicata la pittura FOTODECOR



Fig. 4: Vista interna della camera ove e' stata applicata la pittura FOTODECOR



Fig. 5: Applicazione a rullo di FOTODECOR PRIMER



Fig. 6: Applicazione a spruzzo di ACTIVA





Fig. 7: Deposito lavanderia



Fig. 8: Deposito



Fig. 9: Servizi comuni all'ingresso dell'ospedale



Fig. 10: Superficie campione trattata con ACTIVA