

# STRADE

# &

Studi e Progetti  
Grandi infrastrutture  
Cantieri Impianti Ambiente  
Macchine Tecnologie Materiali

speciale  
**PAVIMENTAZIONI**

n° 90 • anno XV  
**6** NOVEMBRE/DICEMBRE  
**2011**

# AUTOSTRAD

**COSTRUZIONE e MANUTENZIONE di STRADE • AUTOSTRAD • PONTI • GALLERIE**



La progettazione geotecnica degli imbocchi della "Gronda di Ponente"

Ripristino innovativo in galleria

L'esperienza e la ricerca del riciclaggio a freddo

Un ponte ad arco sulla Valnerina

Antonella Succi



La donna che... concilia

La Metropolitana di Torino, da Porta Susa a Piazza Bengasi

Confronto prestazionale di pavimentazioni aeroportuali

Il porto di Rotterdam

Pavimentazioni rigide fibrorinforzate

Analisi prestazionale di una rotatoria

Priorità di installazione per le barriere di ritenuta

Il monitoraggio ambientale della ferrovia Circumetnea



www.emmann-group.it

Productivity Partnership for a Lifetime

# AMMANN



**EurLem**  
Srl

Milano



**La presenza di fibre cancerogene di fluoroedenite nell'area vulcanica di Biancavilla durante i lavori di scavo delle gallerie della FCE ha reso necessaria l'esecuzione di un monitoraggio ambientale dell'aerodisperso, affidato alla Sidercem, Istituto di Ricerca e Sperimentazione qualificato per la ricerca dell'amianto**

## IL MONITORAGGIO AMBIENTALE NELLE AREE DI CANTIERE DELLA FERROVIA CIRCUMETNEA

Marco Venturi\*  
Vincenzo Venturi\*\*  
Sabrina Chiavetta\*\*\*  
Lucia Serraglio\*\*\*\*  
Marcella Venturelli\*\*\*\*\*

Nell'ambito di studi epidemiologici condotti dall'Istituto Superiore di Sanità sulla mortalità per tumori maligni della pleura in Italia tra il 1988 e il 1997, a Biancavilla (CT) - comune alle falde dell'Etna - si è osservato un tasso di mortalità significativamente superiore a quello atteso. Successivi studi hanno permesso di ricondurre tali casi alla presenza, all'interno della cava di Monte Calvario, di una fibra anfibolica asbestosimile, successivamente denominata "fluoroedenite", con la seguente formula ideale:  $(Na,K)Ca_2(Mg,Fe)_5Si_7.5AlO_{50}22F_2$ .



Figura 1 - Le lave benmoreitiche brecciate fortemente metasomatizzate contenenti la fluoroedenite nell'area dell'ex cava di Monte Calvario a Biancavilla (CT)

A partire dagli anni Cinquanta, e soprattutto nel ventennio seguente, la cava di Monte Calvario (Figura 1) è stata particolarmente attiva nell'estrazione di inerti, utilizzati come materiale da costruzione, per riempimenti stradali, per confezionamento di intonaci, malte e calcestruzzi e nell'edilizia pubblica e privata in genere. In seguito a questa scoperta, parte del territorio del comune di Biancavilla è stato dichiarato Sito di Interesse Nazionale.

### I lavori di ammodernamento della tratta ferroviaria extraurbana Paternò-Adrano

In questo contesto si inserisce, nell'ambito dei lavori di Ammodernamento della Tratta Ferroviaria Extra-urbana Paternò-Adrano, la realizzazione da parte della Ferrovia Circumetnea (FCE) di alcune tratte di linea ferrata nel territorio di Biancavilla.

Al momento in cui è stata resa nota la presenza di fluoroedenite (Figura 2), si stava realizzando, nel territorio del Comune di Biancavilla, lo scavo di due tratti di ferrovia in galleria. Una delle gallerie, lunga 1.288 m, è ubicata nella zona Nord-occidentale dell'abitato e l'altra di 268 m si trova invece nella zona Sud-orientale del territorio comunale, proprio sotto l'area di Monte Calvario. Tali opere permettono il completamento dell'anello della storica "ferrovia Circumetnea".

La scoperta della fluoroedenite ha comportato, nel 1999, l'immediata sospensione dei lavori di scavo delle gallerie.

Successivamente la FCE, in collaborazione con l'AUSL di Catania, ha eseguito diverse campagne di indagine aventi lo scopo di caratterizzare i suoli lungo il tracciato ancora da scavare da cui è emersa una presenza trascurabile di fibre.

Sulla base delle risultanze di queste indagini è stato redatto un Piano Operativo di Sicurezza - contenente la programmazione degli interventi di prevenzione da utilizzare per il completamento dei lavori di scavo - in cui il sito in esame era considerato a "potenziale rischio di esposizione ad agenti cancerogeni".



Figura 2 - Un'immagine al microscopio a scansione elettronica di una fibra di fluoroedenite con relativo spettro EDS



L'approvazione del POS ha consentito la ripresa dei lavori nell'autunno del 2007. Il POS fornisce una serie di prescrizioni sulla gestione dei rischi connessi alla presenza di fibre aerodisperse:

- ◆ bagnatura del fondo stradale di accesso al fronte di scavo mediante impianto di nebulizzazione;
- ◆ bagnatura dei fronti durante le operazioni di scavo;
- ◆ ventilazione in aspirazione e in mandata in corrispondenza dei fronti di scavo;
- ◆ utilizzo di idonei dispositivi di protezione individuale;
- ◆ esecuzione del monitoraggio ambientale dell'aerodisperso e del monitoraggio dell'esposizione del personale impiegato nell'esecuzione dei lavori.

È in quest'ultimo ambito che la Sidercem Istituto di Ricerca e Sperimentazione è intervenuta, come laboratorio riconosciuto dal Ministero della Sanità, qualificato per la ricerca dell'amianto.

In conformità alle prescrizioni del POS la Sidercem:

- ◆ ha effettuato il monitoraggio ambientale, 15 giorni prima dell'inizio dei lavori, al fine di stabilire un valore di fondo ambientale per la concentrazione di fluoroedenite aerodispersa nel comune di Biancavilla;
- ◆ esegue il monitoraggio ambientale nelle aree di cantiere;
- ◆ esegue il monitoraggio dell'esposizione del Personale addetto ai lavori;
- ◆ eseguirà, alla fine dei lavori, il monitoraggio dell'aerodisperso per verificare il ritorno ai valori di fondo iniziali.

## Il Protocollo di campionamento e analisi

La Norma tecnica che disciplina le metodiche di campionamento ed analisi delle fibre aerodisperse presenti nell'aria ambiente è il D.M. 06.09.1994, che in realtà si applica a strutture edilizie ad uso civile, commerciale o industriale in cui sono in opera manufatti e/o materiali contenenti amianto dai quali può derivare una esposizione a fibre aerodisperse. Il rischio derivante dalla presenza naturale dell'amianto e le relative metodiche di campionamento e analisi non sono attualmente disciplinati dalla Normativa. Pertanto è stato necessario predisporre un protocollo di campionamento ed analisi, che partendo dalle indicazioni della Normativa vigente si adattasse alle caratteristiche di un cantiere "atipico". La Tabella riporta le specifiche di campionamento stabilite dal D.M. 06.09.1994. La strumentazione utilizzata per il monitoraggio ambientale dell'aerodisperso svolto presso le aree di cantiere a Biancavilla è la seguente:

- ◆ sette campionatori ambientali (Figura 3) in postazione fissa ZB1 Battery - Zambelli (pompe da vuoto in grado di aspirare aria secondo determinate condizioni fluidodinamiche);

	Protocollo di campionamento D.M. 06.09.1994	Protocollo di campionamento utilizzato
Volume d'aria da prelevare	3.000 l	3.000 l
Flusso di prelievo	8:10 l/min.	8:10 l/min.
Diametro totale filtro	25 mm	47 mm
Diametro effettivo filtro	20:22 mm	36 mm
Porosità filtro	0,8 mm	0,8 mm
Numero di filtri	1-2	1-5
Materiale	Policarbonato	Policarbonato

Tabella - Il confronto tra le specifiche di campionamento iniziali (D.M. 06.09.1994) e le specifiche di campionamento concordate in corso d'opera per far fronte alle peculiarità del cantiere



Figura 3 - Il campionatore ambientale ZB1 Battery utilizzato per il prelievo dei campioni



Figura 4 - Il microscopio a scansione elettronica SEM LEO 1430 utilizzato per la determinazione della concentrazione di fibre aerodisperse

- ◆ microscopio elettronico a scansione SEM LEO 1430 (Figura 4) con sistema di microanalisi EDS Inca Energy Oxford.

## Il monitoraggio ambientale prima dell'inizio dei lavori di scavo

In questa prima fase, durata 15 giorni, sono state monitorate sei postazioni delle quali una in area urbana (Piazza del Comune), una nell'area dell'ex cava e quattro nelle aree di cantiere. Analisi svolte nei giorni successivi in area urbana da parte dell'ex ISPESL di Roma hanno permesso di stabilire un valore di fondo naturale complessivo - per il sito di Biancavilla - pari a 0,048 ff/l.

## Il monitoraggio ambientale nel corso dei lavori di scavo

Questa fase ha avuto inizio nel Gennaio del 2008 ed è tuttora in corso. Le postazioni soggette a monitoraggio sono incrementate in numero e l'ubicazione di alcuni punti ha subito qualche cambiamento, sia in funzione delle necessità del cantiere che dei risultati analitici.

Le stazioni attive in questa fase dei lavori sono state:

- ◆ P1 - imbocco della galleria Cantiere 1 (lato Santa Maria di Licodia);
- ◆ P2 - area dell'ex cava Monte Calvario;
- ◆ P3 - imbocco della galleria Cantiere 2 (discenderia Stazione Centro Biancavilla);



- ◆ P4 - fronte di scavo galleria Cantiere 2;
- ◆ P6 - imbocco della galleria Cantiere 3 (lato Adrano);
- ◆ Q1 - impianto estrazione aria Cantiere 1;
- ◆ Q2 - impianto estrazione aria Cantiere 2;
- ◆ Q3 - impianto estrazione aria Cantiere 3.

Le prime cinque sono state monitorate settimanalmente e le ultime tre giornalmente.

## Il problema della polverosità

All'inizio dei lavori sono stati attaccati i fronti del tratto in galleria sotto Monte Calvario.

L'adozione delle specifiche di campionamento previste dal D.M. 06.09.1994, risultata idonea nella fase precedente l'inizio dei lavori, è risultata - da subito - inadeguata alle caratteristiche del cantiere. Il problema principale è stato l'estrema polverosità provocata dalle attività lavorative che produceva un eccessivo riempimento dei filtri prelevati rendendoli illeggibili.

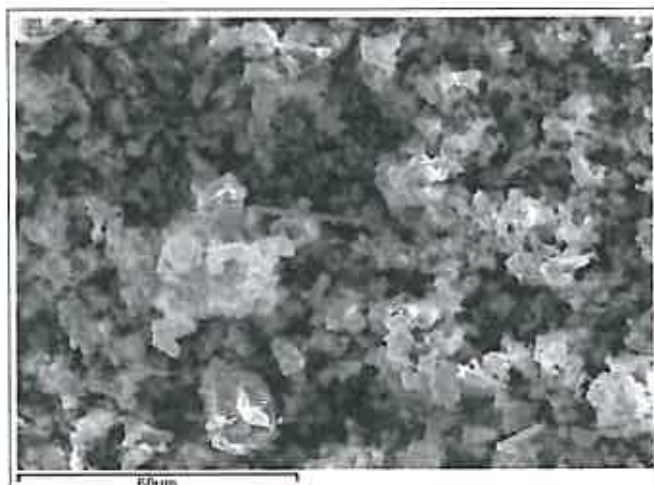


Figura 5 - Un'immagine (scattata al microscopio a scansione elettronica) di un filtro non leggibile, carico di pulviscolo: le particelle inglobano e nascondono le fibre rendendone impossibile il conteggio e l'analisi

Particolarmente esaustiva è la Figura 5 - scattata al microscopio a scansione elettronica - dalla quale si evince come la presenza eccessiva di pulviscolo presente nel filtro tenda a inglobare e nascondere le fibre presenti impedendone il conteggio e l'analisi. Secondo il D.M. 06.09.1994 "se più di 1/8 del campo esaminato è occupato da agglomerati di particelle o fibre, il campo deve essere respinto"; pertanto, a rigor di norma, tutti i campi osservati andavano respinti, rendendo impossibile ricavare un valore di concentrazione.

In collaborazione e in accordo con tutti i soggetti coinvolti (FCE Scarl, Ferrovia Circumetnea, ex ISPESL Roma e Ministero dell'Ambiente) sono state adottate le seguenti procedure:

- ◆ utilizzo di filtri di diametro 47 mm,

- aventi una superficie 4 volte superiore a quella dei filtri da 25 mm;
- ◆ utilizzo di un numero di filtri superiore a 2 nelle zone maggiormente polverose;
- ◆ aumento della distanza tra punti di campionamento e di emissione (negli impianti di ventilazione);
- ◆ aumento della frequenza di attivazione dell'impianto di nebulizzazione in galleria.

## Ulteriori problemi e soluzioni adottate

Non appena le condizioni di monitoraggio hanno consentito l'analisi, in corrispondenza del punto di emissione dell'impianto di estrazione dell'aria al Cantiere 2 (Q2), le concentrazioni si sono rivelate prossime al limite di 2 ff/l, mentre i filtri prelevati all'interno della stessa galleria (P3) continuavano ad essere eccessivamente carichi di pulviscolo e quindi non leggibili. La criticità della situazione era esasperata dal fatto che il Cantiere 2 si trovasse all'interno del tessuto urbano.

La tempestiva comunicazione dei dati analitici all'Ente Appaltante e agli Enti di Controllo ha consentito l'immediata sospensione dei lavori di scavo al fronte settentrionale del tratto sotto Monte Calvario.

La chiusura del fronte ha ridotto a circa 1/3 la concentrazione di fibre aerodisperse e i successivi interventi di bonifica del manto stradale ne hanno permesso l'azzeramento.

I lavori sono proseguiti per circa un mese dal fronte di scavo meridionale, al Cantiere 1, ma, avendo il monitoraggio evidenziato caratteristiche analoghe a quelle del Cantiere 2, nell'Aprile 2008 le attività sono state sospese anche su questo fronte.

Alla sospensione dei lavori, in questo secondo caso, non è corrisposto un azzeramento della concentrazione di fibre aerodisperse. La ragione di tale fenomeno è stata individuata nella risospensione, ad opera di agenti antropici e naturali, delle fibre precedentemente accumulate sulle aree di cantiere per le quali era stata prevista la bagnatura. Le elevate temperature tipiche del periodo estivo hanno reso inefficace la bagnatura delle superfici e l'abbattimento delle concentrazioni è stato ottenuto incapsulando tutte le superfici del cantiere (sterrato e asfalto) con un fissativo del tipo utilizzato per la bonifica dei manufatti in cemento-amianto. I risultati sono stati oltremodo positivi e l'andamento delle concentrazioni è osservabile in Figura 6.

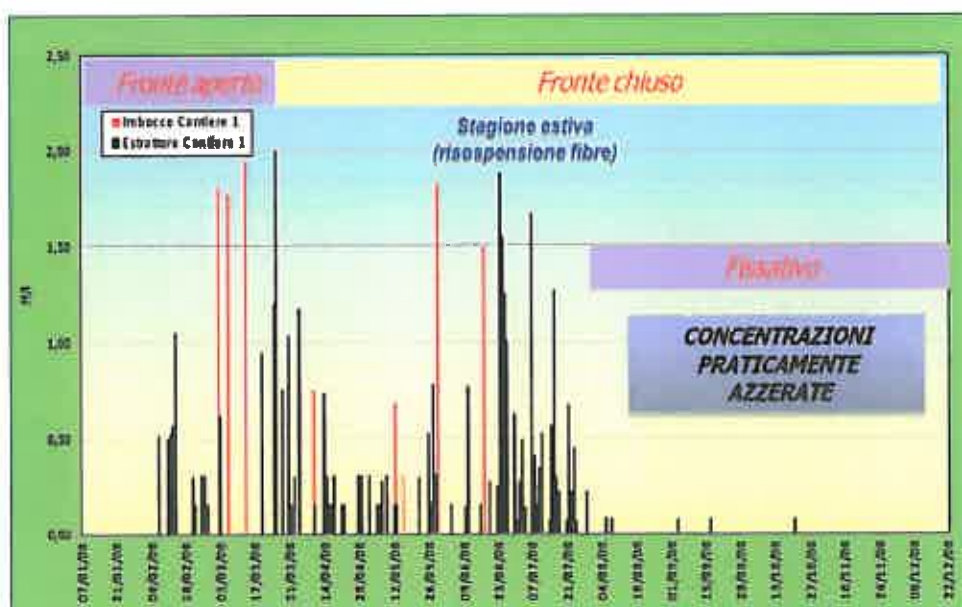


Figura 6 - L'andamento delle concentrazioni di fluoroodenite al Cantiere 1 nell'anno 2008



Nell'Aprile 2008 entrambi i fronti di scavo della galleria di Monte Calvario erano chiusi e i lavori abbandonati, pertanto per portare a compimento l'opera occorreva adottare una soluzione tecnologica, ricorrendo ad un sistema di abbattimento delle polveri (e quindi delle fibre). Il metodo realizzato dall'Impresa consta di un sistema combinato che prevede due stadi di depurazione dell'aria posti in serie: una torre di lavaggio costituita da rampe di ugelli che spruzzano acqua nebulizzata in pressione abbattendo la polvere e un filtro assoluto che restituisce l'aria decontaminata all'ambiente esterno (Figura 7). L'impianto descritto è entrato in funzione al Cantiere 1 nel Maggio 2009 ed ha consentito la ripresa dei lavori sotto Monte Calvario.

L'analisi dei dati di concentrazione nelle postazioni del Cantiere 1, all'estrattore (Q1) e all'imbocco della Galleria (P1), ha messo in evidenza l'efficacia del sistema di abbattimento impiegato, poiché i valori di concentrazione sono sempre rimasti al di sotto dei limiti prescritti. Il riscontro di un picco di concentrazione durante l'estate del 2009 ha permesso di comprendere che l'efficienza del sistema di abbattimento era diminuita a causa dell'intasamento del filtro assoluto e conseguentemente l'impresa esecutrice ha dato il via ad un intervento di manutenzione straordinaria dell'impianto stesso, regolando nuovamente i flussi di aria ed effettuando la pulizia del filtro.

Adottati questi semplici accorgimenti, sull'estrattore del Cantiere 1 sono state rilevate concentrazioni di fluoroedenite sempre inferiori a 0,5 ff/l fino al termine dei lavori.

Le Figure 6 e 8 illustrano l'andamento delle concentrazioni al Cantiere 1 dall'inizio alla conclusione dei lavori di scavo. Nelle altre aree di cantiere, le concentrazioni di fluoroedenite si sono mantenute quasi sempre basse e/o trascurabili.

## Conclusioni

Lo scavo del tratto in galleria sotto Monte Calvario si è concluso nel Luglio 2010, mentre lo scavo del tratto di 1.288 m è ormai in dirittura di arrivo.

I problemi riscontrati sono stati molteplici, ma l'esecuzione di un'attenta campagna di monito-

raggio e di una corretta interpretazione dei dati, nonché l'interazione costante tra i soggetti coinvolti (Ente Appaltante, Impresa esecutrice, Enti di controllo e Sidercem) ha consentito di adottare soluzioni tecniche tempestive ed efficaci, mantenendo come prioritaria la tutela della salute della popolazione locale e dei lavoratori, rispetto alla tempistica di realizzazione dell'infrastruttura.

\* *Geologo Direttore Tecnico dell'Istituto di Ricerca e Sperimentazione di Sidercem Srl*

\*\* *Ingegnere Direttore Tecnico dell'Istituto di Ricerca e Sperimentazione di Sidercem Srl*

\*\*\* *Geologo Responsabile della Divisione Ambiente dell'Istituto di Ricerca e Sperimentazione di Sidercem Srl*

\*\*\*\* *Ingegnere Responsabile del Sistema di Gestione Ambientale dell'Istituto di Ricerca e Sperimentazione di Sidercem Srl*

\*\*\*\*\* *Ingegnere Consulente Responsabile di Commessa dell'Istituto di Ricerca e Sperimentazione di Sidercem Srl*



Figura 7 - L'impianto di abbattimento polveri installato nel Maggio 2009 al Cantiere 1, costituito dall'accoppiamento in serie di una torre di lavaggio e di un filtro assoluto

Un'altra precauzione è stata adottata regolando l'impianto di ventilazione del fronte di scavo: il flusso di aria estratta veniva mantenuto superiore al flusso di aria immessa, in modo che tutta la galleria si trovasse costantemente in condizioni di pressione negativa.

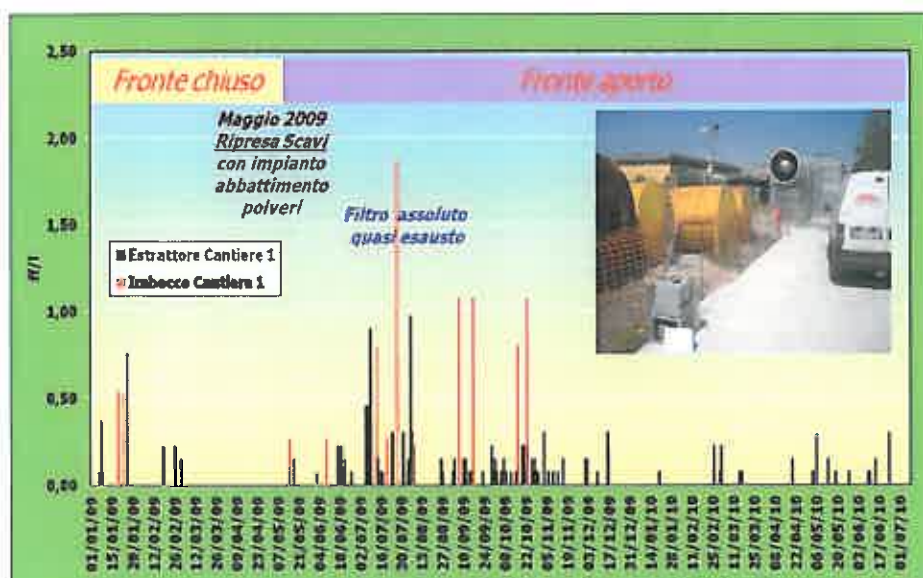


Figura 8 - L'andamento della concentrazione fluoroedenite aerodispersa al Cantiere 1 nel periodo tra Gennaio 2009 e Luglio 2010