



## **” Workshop Sicurezza e Dintorni ”**

**Corropoli 7-8-9 novembre 2013**



### **C.R.R.A. CENTRO REGIONALE DI RIFERIMENTO PER L'AMIANTO**

**Dottor Mauro Campanella**

Dirigente del C.R.R.A.

**Dr. Pierino Di Pietro**

Chimico del C.R.R.A.



IL CENTRO E' STATO **ISTITUITO NEL 1999** ED E'  
DIVENTATO OPERATIVO NEL 2000

HA **COMPETENZA SU TUTTO IL TERRITORIO REGIONALE** E SI AVVALE DELLA COLLABORAZIONE OPERATIVA DEI DISTRETTI PROVINCIALI

AL C.R.R.A. E' STATO ANCHE AFFIDATO IL COMPITO DI **VERIFICARE L'IDONEITA' DEI LABORATORI** CHE HANNO FATTO RICHIESTA DI RICONOSCIMENTO AL MINISTERO DELLA SALUTE  
(D.M. 14.05.1996, ALLEGATO V, D.M. 07.07.1997)

E' **RIFERIMENTO NAZIONALE** NEL COORDINARE IL CIRCUITO INTERLABORATORIALE PER LA METODICA **FT-IR**

Dr. Pierino Di Pietro " Workshop Sicurezza e Dintorni " 08/11/2013



L'ARTICOLO 253, comma 6, DEL D.L.vo 81/08 PREVEDE CHE SOLO I LABORATORI CHE POSSIEDONO I REQUISITI DESCRITTI NELL'ALLEGATO V AL D.M. 14.05.1996 POSSANO ESEGUIRE DETERMINAZIONI ANALITICHE SULL'AMIANTO

UN CERTIFICATO ANALITICO EMESSO DA UN LABORATORIO NON RICONOSCIUTO DAL MINISTERO DELLA SALUTE NON AVRA' ALCUN VALORE LEGALE.

Dr. Pierino Di Pietro " Workshop Sicurezza e Dintorni " 08/11/2013



**IL RAPPORTO DI PROVA (RDP) E' LO STRUMENTO FINALE CHE PERMETTE DI AVERE CON CHIAREZZA E SENZA AMBIGUITA' IL RISULTATO DEGLI ACCERTAMENTI TECNICO - ANALITICI EFFETTUATI E' IL RAPPORTO DI PROVA.**

**ESSO DEVE POSSEDERE REQUISITI\* SUI QUALI E' BENE CHE LE ASL SI SOFFERMINO.**

**\*LINEE GUIDA PER LA REALIZZAZIONE DEL MANUALE DELLA QUALITA' PER I LABORATORI DI PROVA SULL'AMIANTO - FOGLI D'INFORMAZIONE I.S.P.E.S.L. 3/2001**

*Dr. Pierino Di Pietro \* Workshop Sicurezza e Dintorni \* 08/11/2013*



#### **I RDP DEVONO CONTENERE:**

- **NOME ED INDIRIZZO DEL LABORATORIO**
- **NUMERO PROGRESSIVO DEL R.P. SU OGNI PAGINA**
- **DATI DEL CLIENTE**
- **NUMERO DI IDENTIFICAZIONE DEL CAMPIONE**
- **PRELEVATORE**
- **DESCRIZIONE DEL CAMPIONE**
- **DATA DI CONSEGNA DEL CAMPIONE**
- **DATA DI INIZIO E DI FINE DELLA PROVA**
- **DATA DI EMISSIONE DEL R.P.**
- **CODICE DEL METODO DI PROVA UTILIZZATO**
- **UNITA' DI MISURA**
- **RISULTATI DEI PARAMETRI SOTTOPOSTI A PROVA**
- **INCERTEZZA CALCOLATA SUI RISULTATI DELLA PROVA (TALE INFORMAZIONE DEVE ESSERE RIPORTATA QUANDO VENGA RICHIESTA DAL CLIENTE)**
- **CONFRONTO CON I VALORI LIMITE ADEGUATI ALLA SITUAZIONE IN ESAME**

*Dr. Pierino Di Pietro \* Workshop Sicurezza e Dintorni \* 08/11/2013*



**L'ORGANO DI VIGILANZA PUO' SEMPRE  
RICHIEDERE L'INCERTEZZA**

**TALE DATO POTREBBE ESSERE  
IMPORTANTE PER IL RILASCIO DEI  
CERTIFICATI DI RESTITUIBILITA' (Punto 6  
D.M. 06.09.1994)**

Dr. Pierino Di Pietro \* Workshop Sicurezza e Dintorni \* 08/11/2013



**IL QUESITO ANALITICO CHE ARRIVA AL LABORATORIO DOVREBBE  
ESSERE ESPRESSO IN TERMINI **CHIARI E PRECISI**, PER UNA  
SCELTA DELLA METODICA ANALITICA E DELL'ESPRESSIONE DEI  
RISULTATI, A PARTIRE DALL'AMBITO IN CUI SI OPERA**

**IL RDP CONSEGUENTEMENTE DEVE CONTENERE GLI ELEMENTI  
UTILI AGLI OBIETTIVI DEL CASO, PER LA VALUTAZIONE E USO DEL  
RISULTATO NONCHÉ DEL SUO CONFRONTO CON I VALORI LIMITE  
ADEGUATI ALLA SITUAZIONE IN ESAME.**

**IL LABORATORIO, PER EVITARE ERRORI NELLA VALUTAZIONE DEL  
RISCHIO, DOVRÀ AVERE INFORMAZIONI SUL CAMPIONAMENTO E  
SULLA STRATEGIA DELLO STESSO.**

**L'APPROCCIO SARÀ NECESSARIAMENTE DIFFERENTE PER LE  
DIVERSE MATRICI (ACQUA, ARIA, RIFIUTI) E PER I DIVERSI CONTESTI  
(AMBIENTI DI VITA, DI LAVORO, OUTDOOR)**

Dr. Pierino Di Pietro \* Workshop Sicurezza e Dintorni \* 08/11/2013



## AMIANTO (O ASBESTO)

### SERIE DI SILICATI NATURALI A STRUTTURA FIBROSA

IL TERMINE AMIANTO È USATO IN EUROPA MENTRE IL TERMINE ASBESTO È USATO NEI PAESI ANGLOSASSONI.

AI FINI IGIENICO-SANITARI, COL TERMINE AMIANTO SI INDICANO SOLO **SEI SILICATI FIBROSI** DI MAGNESIO, IN ASSOCIAZIONE O MENO AD ALTRI CATIONI (CALCIO, FERRO, SODIO).

SONO SUDDIVISI IN DUE GRANDI FAMIGLIE

- ☐ AMIANTO SERPENTINO
- ☐ AMIANTI ANFIBOLI

Dr. Pierino Di Pietro \* Workshop Sicurezza e Dintorni \* 08/11/2013



AMIANTO	SERPENTINO	<b>CRISOTILO</b> (amianto bianco) $Mg_3Si_2O_5(OH)_4$ <i>Dal greco: "fibra d'oro"</i>
	ANFIBOLO	<b>ACTINOLITE</b> $Ca_2(Mg,Fe)_2Si_4O_{22}(OH)_2$ <i>Dal greco: "pietra raggiata"</i>
		<b>TREMOLITE</b> $Ca_2Mg_5Si_8O_{22}(OH)_2$ <i>Dal nome della Val Tremola in Svizzera</i>
		<b>ANTOFILLITE</b> $(Mg,Fe)_7Si_8O_{22}(OH)_2$ <i>Dal greco: "garofano"</i>
		<b>AMOSITE</b> $(Mg,Fe)_3Si_4O_{22}(OH)_2$ <i>Acronimo di "Asbesto Mines of South Africa"</i> <i>Nome commerciale dei minerali grunerite e cummingtonite</i>
		<b>CROCIDOLITE</b> (amianto blu) $Na_2(Mg,Fe)_3Si_8O_{22}(OH)_2$ <i>Dal greco: "fiocco di lana"</i> <i>Varietà fibrosa del minerale riebeckite</i>

Nel caso degli amianti, inoltre, la formula chimica riportata nella precedente tabella è da considerarsi solo una di quelle riferibili alle sostanze presenti in natura.

Dr. Pierino Di Pietro \* Workshop Sicurezza e Dintorni \* 08/11/2013



	CRISOTILO	ACTINOLITE	ANTOFILLITE	AMOSITE	CROCIDOLITE	TREMOLITE
Colore	da bianco a verde pallido	da verde chiaro a verde scuro	bianco, grigio e marrone chiaro	da grigio chiaro e marrone chiaro	blu	da bianco a grigio
Temperatura di decomposizione (°C)	450-700	620-960	600-850	600-800	400-600	950-1040
Temperatura di fusione materiale residuo (°C)	150	1400	1450	1400	1200	1300
Densità (g/cm <sup>3</sup> )	2.55	3.0-3.22	2.85-3.1	3.4-3.5	3.3-3.4	2.9-3.1
Resistenza agli acidi	scarsa	discreta	molto buona	discreta	buona	molto buona
Resistenza alcali	molto buona	buona	molto buona	buona	buona	buona
Resistenza alla trazione (10 <sup>3</sup> Kg/cm <sup>2</sup> )	31	5	6-7	17	35	5
Abito e struttura	Flessibile, serico		fragile	fragile	da flessibile a fragile e duro	fragile

Crisotilo, amosite e crocidolite sono gli amianti che hanno avuto il più largo impiego

Dr. Pierino Di Pietro "Workshop Sicurezza e Dintorni" 08/11/2013



MATERIALE	TIPO DI AMIANTO	% DEI SINGOLI TIPI DI AMIANTO	PRINCIPALI MODALITA' DI UTILIZZAZIONE	AMBITO DI UTILIZZAZIONE
<b>CEMENTO AMIANTO</b>				
Tegole	Crisotilo Amosite Crocidolite	10-15	Miscela di amianto e cemento. Questo manufatto veniva messo in posa anche colorato per conferire una migliore estetica.	Edilizia abitativa Industria
Coppella copricolmo	Crisotilo Amosite Crocidolite	10-15	Miscela di amianto e cemento. Questo tipo di manufatto veniva utilizzato in abbinamento con le coperture costituite in materiali contenenti amianto.	Edilizia civile Industria
Copponi autoportanti	Crisotilo Amosite Crocidolite	10-15	Miscela di amianto e cemento o calcestruzzo. Questi manufatti soddisfacevano contemporaneamente la pertinenza della copertura e il riparo contro le piogge meteoriche.	Edilizia civile Piccoli capannoni industriali
Lastre ondulate o piane gregate per coperture	Crisotilo Amosite Crocidolite	10-15	Miscela di amianto e cemento. Questi manufatti venivano posati tal quali (colore grigio) o in matrice colorata (es. rossa) o preverniciata su un lato (colori prevalentemente utilizzati verde e antracite). Ne esistono di varie tipologie (piane, curve) e dimensioni. Le lastre ondulate si possono presentare con diversa fattura e dimensione dell'ondulatura.	Edilizia civile Industria
Lastre piane per controsoffittatura	Crisotilo Amosite	10-15	Miscela di amianto e cemento. Questo tipo di manufatto è stato posato generalmente su edifici prefabbricati. Si presentano tal quali (colore grigio) o verniciati sull'intradosso con pitture a tempera generalmente di colori bianco-verde. Lastre con dimensioni modeste sono state utilizzate per controsoffittare luoghi di ritrovo, aperti al pubblico.	Industria Luoghi aperti al pubblico Teatri Cinematografi
Lastre piane verticali	Crisotilo Amosite Crocidolite	10-15	Miscela di amianto e calcestruzzo. Manufatti utilizzati prevalentemente come pareti divisorie non portanti. Per conferire migliori caratteristiche termoisolanti e/o termoacustiche queste miscele sono state accoppiate con materiali quali resine poliuretaniche, polistirolo espanso, lana di vetro ecc.	Edilizia civile Palestre Piscine Industria

Dr. Pierino Di Pietro "Workshop Sicurezza e Dintorni" 08/11/2013

MATERIALE	TIPO DI AMIANTO	% DEI SINGOLI TIPI DI AMIANTO	PRINCIPALI MODALITA' DI UTILIZZAZIONE	AMBITO DI UTILIZZAZIONE
<b>CEMENTO AMIANTO</b>				
Lastre piane	Crisotilo Amosite Crocidolite	10-15	Miscele di amianto e cemento. L'uso principale di questi manufatti è quello della costruzione di piani per tavoli e piastrelle isolanti. Si segnalano le cuce per cani.	Uso domestico Industria
Serbatoi	Crocidolite Crisotilo Amosite	12-30	Miscele di amianto e cemento. Impiegati per contenere acqua e altri liquidi.	Edilizia civile Industria
Silos	Crocidolite Crisotilo Amosite	10-15	Miscele di amianto e cemento o calcestruzzo. Impiegati per contenere insilati solidi.	Industria
Tubi, raccordi e giunti	Crocidolite Crisotilo Amosite	12-30	Miscele di amianto e cemento. Questi manufatti sono stati utilizzati per la costruzione di impianti di acquedotto e fognature. Ne esistono di vari diametri: da piccole a grandi dimensioni. Questi prodotti sono stati utilizzati per condutture di linee di gas e linee elettriche.	Edilizia civile Industria
Copri tubo in coppella o formato in sito.	Crocidolite Crisotilo Amosite	12-30	Miscele utilizzate per coibentare tubi di trasporto di vapore surriscaldato.	Edilizia civile Industria Ospedali
Grondaie e discendenti acque meteoriche	Crocidolite Crisotilo Amosite	12-30	Miscele di amianto e cemento.	Edilizia civile Industria
Canne fumarie e comignoli	Crisotilo Amosite	10-15	Miscele di amianto e cemento.	Edilizia civile Industria
Condotte d'aria	Crisotilo Amosite	10-15	Miscele di amianto e cemento.	Edilizia civile Industria
Unità edilizie prefabbricate	Crisotilo Amosite	10-15	Miscele di amianto e cemento.	Edilizia civile nell'emergenza
Cabine, camere coibentate di combustione	Crisotilo Crocidolite Amosite	10-15	Miscele di amianto e cemento.	Edilizia civile Industria
Quadri elettrici	Crisotilo Amosite	12-30	Miscele di amianto e cemento.	Edilizia civile Industria

Dr. Pierino Di Pietro "Workshop Sicurezza e Dintorni" 08/11/2013

MATERIALE	TIPO DI AMIANTO	% DEI SINGOLI TIPI DI AMIANTO	PRINCIPALI MODALITA' DI UTILIZZAZIONE	AMBITO DI UTILIZZAZIONE
<b>CORDE E NASTRI</b>				
Funi, corde, spaghi, filo isolante, stoppini, nastri trecce, bademe	Crisotilo Crocidolite	85-100	Questi manufatti sono stati utilizzati per fasciare tubazioni calde per evitare il diretto contatto delle persone. La bademe è una treccia di fibre utilizzata prevalentemente nelle imbarcazioni.	Edilizia civile Industria Ospedali
Avvolgimenti	Crisotilo Crocidolite	85-100	Questi tessuti sono stati utilizzati per rivestire cavi elettrici vicini a sorgenti di calore intenso come forni, caldaie, ecc..	Edilizia civile Industria Ospedali
<b>TESSUTI E FELTRI</b>				
Tute, guanti protettivi e grembiuli	Crisotilo Crocidolite	85-100	Questi materiali sono utilizzati da pompieri e operai esposti a stress termico e/o a potenziale contatto con parti infuocate.	Attività di soccorso Attività di svago Industria
Tessuti per abbigliamento ignifughi e non	Crisotilo Crocidolite	85-100	Questi tessuti sono stati utilizzati per ottenere cachemire sintetico con cui si realizzano giacche, pantaloni, stivali, gilette.	Industria Uso domestico
Feltri	Crisotilo Crocidolite	5-20	Questi materiali sono stati impiegati come isolanti per tetti. Sono stati anche utilizzati per costruire copricapo e imbottiture per pianoforti.	Edilizia Civile Industria
Coperte	Crisotilo Crocidolite	85-100	Questi tessuti sono stati utilizzati come spegii fiamma.	Attività di soccorso Industria
Protezioni antifiamma	Crisotilo Crocidolite	85-100	Tali manufatti sono stati utilizzati come maniche in tessuto quale materiale avvolgente, nella costruzione di marmite per veicoli ed involucri protettivi di motori.	Industria automobilistica
Tessuti per imballaggi, uose e vari	Crisotilo Crocidolite	85-100	Sono stati utilizzati per produrre tappeti mobili per nastri Trasportatori. Le uose sono bande per prevenire le lesioni traumatiche dei tessuti di rivestimento delle articolazioni nei bovini ed equini.	Industria Servizi Industria automobilistica
Tappezzerie e tappeti	Crisotilo Crocidolite	85-100	Tessuti ignifughi per arredamenti.	Locali pubblici Uso domestico Teatri Cinescopi/grafi

Dr. Pierino Di Pietro "Workshop Sicurezza e Dintorni" 08/11/2013



## ATTIVITÀ DEL “CENTRO REGIONALE DI RIFERIMENTO PER L'AMIANTO DELL'ARSA ABRUZZO”

ACCREDITA  
n°0687

- ❑ CAMPIONAMENTI ED ANALISI DI CAMPIONI DI AMIANTO IN MASSA
- ❑ CAMPIONAMENTI ED ANALISI DI FIBRE DI AMIANTO AERODISPERSE
- ❑ CAMPIONAMENTI ED ANALISI DI CAMPIONI DI TERRENO
- ❑ INDICE DI RILASCIO RIFIUTI DI AMIANTO D.M. 29 luglio 2004 n°248

Dr. Pierino Di Pietro " Workshop Sicurezza e Dintorni " 08/11/2013



## METODICHE ANALITICHE

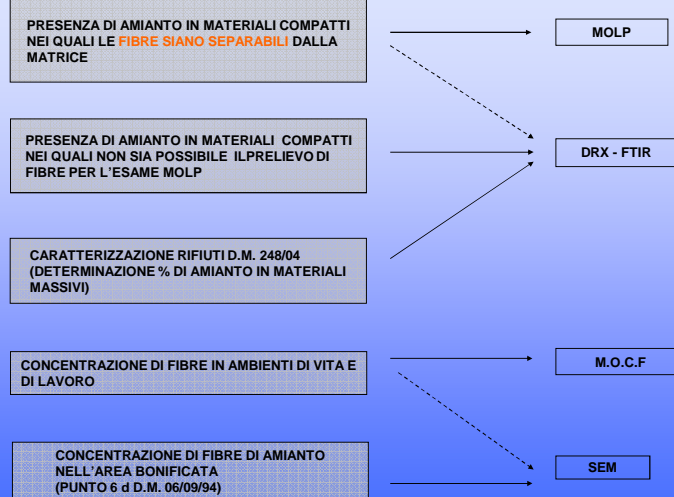
METODICA ANALITICA	AMBITO DI APPLICAZIONE (D.M. 06/09/94 All.1)
<b>DRX</b> <i>Diffrazione a raggi x</i>	CAMPIONI MASSIVI CON CONCENTRAZIONE DI AMIANTO IN PESO $\geq 1\%$
<b>FT-IR</b> <i>Spettroscopia infrarossa con trasformata di Fourier</i>	CAMPIONI MASSIVI CON CONCENTRAZIONE DI AMIANTO IN PESO $\geq 1\%$
<b>MOLP</b> <i>Microscopia ottica luce polarizzata</i>	RICONOSCIMENTO DELLE FIBRE DI AMIANTO MEDIANTE L'UTILIZZAZIONE DI LIQUIDI A DISPERSIONE CROMATICA
<b>SEM-EDS</b> <i>Microscopia elettronica a scansione</i>	FIBRE AERODISPERSE NEI LUOGHI DI LAVORO E IN AMBIENTE ESTERNO CAMPIONI MASSIVI CON CONCENTRAZIONE DI AMIANTO IN PESO $< 1\%$
<b>MOCF</b> <i>Microscopia ottica a contrasto di fase</i>	FIBRE AERODISPERSE IN AMBIENTI INDOOR E LUOGHI DI LAVORO

Dr. Pierino Di Pietro " Workshop Sicurezza e Dintorni " 08/11/2013





## APPLICAZIONI DELLE METODICHE ANALITICHE (PROGETTO 4C- ARPA-APAT )



Dr. Pierino Di Pietro \* Workshop Sicurezza e Dintorni \* 08/11/2013



## **I MCA (MATERIALI CONTENENTI AMIANTO) POSSONO ESSERE SIA OMOGENEI CHE ETEROGENEI**

- ❑ OMOGENEI SONO IPRODOTTI IN AMIANTO-CEMENTO, LE PANNELLATURE ISOLANTI PER PARETI O SOFFITTI, I MANUFATTI TESSILI.
- ❑ I MATERIALI FRIABILI SPRUZZATI SONO IN GENERE OMOGENEI, MA POSSONO ANCHE ESSERE COSTITUITI DA STRATI DI DIVERSA COMPOSIZIONE, PER CUI OCCORRE PRELEVARE I CAMPIONI CON L'AUSILIO DEL CAROTATORE
- ❑ GLI ISOLAMENTI DI TUBI E CALDAIE SONO SPESSO ETEROGENEI E QUINDI NECESSITANO DI PRELIEVO TRAMITE CAROTATURA
- ❑ PER I MATERIALI OMOGENEI SONO DI SOLITO SUFFICIENTI UNO O DUE CAMPIONI RAPPRESENTATIVI DI CIRCA 5 cmq O CIRCA 10 gr
- ❑ PER I MATERIALI ETEROGENEI È CONSIGLIABILE PRELEVARE DA DUE A TRE CAMPIONI OGNI 100 MQ CIRCA, AVENDO CURA DI CAMPIONARE ANCHE NEI PUNTI CHE APPAIONO DI DIVERSA COLORAZIONE SUPERFICIALE RISPETTO AL COMPLESSO DELLA SUPERFICIE O LADDOVE SIANO STATE EFFETTUATE NEL TEMPO DELLE RIPARAZIONI

Dr. Pierino Di Pietro \* Workshop Sicurezza e Dintorni \* 08/11/2013



## **SPETTROSCOPIA INFRAROSSA A TRASFORMATA DI FOURIER FT-IR**

LA TECNICA FT-IR, ESTREMAMENTE SENSIBILE, SI BASA SULLA MISURA DELL'ASSORBIMENTO DA PARTE DEL MATERIALE DI RAGGI INFRAROSSI A DIVERSA LUNGHEZZA D'ONDA (DA 250 A 4.000  $\text{cm}^{-1}$ ), GRAZIE AI QUALI SI INDIVIDUANO BANDE DI ASSORBIMENTO CORRISPONDENTI A SPECIFICHE STRUTTURE E COMPONENTI MOLECOLARI RAPPRESENTANDO NEL LORO INSIEME UNA "IMPRONTA" DELLA MOLECOLA.

Dr. Pierino Di Pietro \* Workshop Sicurezza e Dintorni \* 08/11/2013



## **IL D.M. 6/09/94 NON DESCRIVE MA SOLO INDICA TALE TECNICA STRUMENTALE**

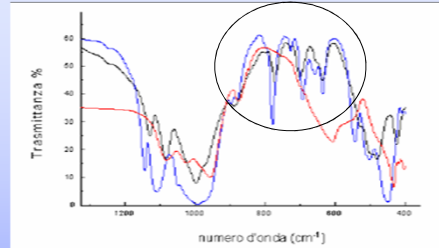
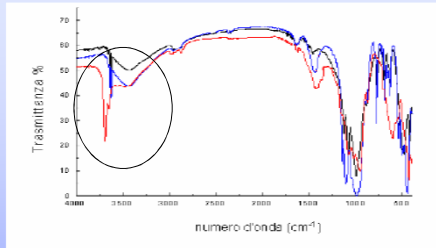
IL C.R.R.A HA ELABORATO UNA METODICA SPERIMENTALE SULLA BASE DELLA BIBLIOGRAFIA INTERNAZIONALE

PER REGISTRARE UNO SPETTRO IR È NECESSARIO COLLOCARE IL CAMPIONE, DISPERSO IN UNA MATRICE SOLIDA (BROMURO DI POTASSIO), LUNGO IL PERCORSO DEL RAGGIO DI ANALISI ED EFFETTUARE L'ANALISI MEDIANTE FTIR.

*LA TRASFORMATA DI FOURIER È, IN PRATICA, UN TRATTAMENTO MATEMATICO DEL SEGNALE CHE PERMETTE DI ESALTARE IL RAPPORTO SEGNALE/RUMORE, PER CUI LA SENSIBILITÀ RISULTA 100 VOLTE SUPERIORE A QUELLA DELLA NORMALE TECNICA IR.*

LO SPETTRO DEL MATERIALE VIENE QUINDI CONFRONTATO CON UNA BANCA DATI DEGLI SPETTRI DI MATERIALI NOTI.

Dr. Pierino Di Pietro \* Workshop Sicurezza e Dintorni \* 08/11/2013



Dall'esame di tali spettri si può notare che le fibre di asbesto hanno caratteristiche bande in quattro regioni delle radiazioni IR:

- a) 3685-3690  $\text{cm}^{-1}$  (vibrazioni stretching dell'ossidrile)
- b) 879 e 1129  $\text{cm}^{-1}$  (vibrazioni stretching Si-O)
- c) 636-773  $\text{cm}^{-1}$  (vibrazioni di anelli e di catene di silicati)
- d) 426-600  $\text{cm}^{-1}$  (vibrazioni stretching catione-ossigeno).

Il **crisotilo** presenta un doppio picco OH, più forte a  $\approx 3692 \text{ cm}^{-1}$  e più debole a  $3646 \text{ cm}^{-1}$  prodotto dagli strati di gruppi idrossilici situati tra gli strati principali di silicato della struttura. Altrettanto caratteristica del crisotilo è la larga banda a  $607 \text{ cm}^{-1}$  assente negli anfiboli ed anch'essa legata alla presenza dei gruppi idrossilici.

La **crocidolite** presenta, invece, un forte caratteristico picco a  $450 \text{ cm}^{-1}$  ed un altro picco più debole a  $1144 \text{ cm}^{-1}$ .

L'**amosite**, infine, presenta un picco a  $636 \text{ cm}^{-1}$  ed altri due a  $491$  e  $426 \text{ cm}^{-1}$ .

Dr. Pierino Di Pietro "Workshop Sicurezza e Dintorni" 08/11/2013

## VANTAGGI TECNICA FT-IR

- RELATIVAMENTE ECONOMICA
- VELOCE
- FACILE DA ESEGUIRE
- USO DI UNA PICCOLA QUANTITÀ DI CAMPIONE
- DETERMINAZIONE DI MATERIALI CON FIBRE INGLOBATE (VINILE,...)
- DETERMINAZIONE PONDERALE
- RICONOSCIMENTO DELLA VARIETÀ MINERALOGICA DELLE FIBRE

## SVANTAGGI

### INTERFERENTI:

- MINERALI NATURALI (TALCO, CALCITE, QUARZO)
- TRATTAMENTO TERMICO E/O CHIMICO

Dr. Pierino Di Pietro "Workshop Sicurezza e Dintorni" 08/11/2013



## DETERMINAZIONE QUANTITATIVA

LA PERCENTUALE DI AMIANTO VIENE EFFETTUATA FACENDO RICORSO A RETTE DI TARATURA COSTRUITE UTILIZZANDO CAMPIONI DI RIFERIMENTO

SI COSTRUISCE UNA RETTA RIPORTANDO L'ASSORBANZA, AD UNA  $\lambda$  ANALITICA, IN FUNZIONE DELLE DIVERSE CONCENTRAZIONI DELLA MISCELA AMIANTO STANDARD E MATRICE

SI REGISTRA LO SPETTRO DEL CAMPIONE DA ANALIZZARE E SI CONFRONTA L'ASSORBANZA ALLA STESSA  $\lambda$  OTTENENDO LA CONCENTRAZIONE CORRISPONDENTE

Dr. Pierino Di Pietro "Workshop Sicurezza e Dintorni" 08/11/2013

## CAMPIONAMENTO

- ❑ SIGNIFICATIVO PER L'OBIETTIVO DATO
- ❑ RAPPRESENTATIVO DEL CAMPIONE
- ❑ FUNZIONALE ALL'ANALISI SUCCESSIVA
- ❑ STRUMENTI E ATTREZZI ADEGUATI

Dr. Pierino Di Pietro "Workshop Sicurezza e Dintorni" 08/11/2013



## CAMPIONAMENTO DI FIBRE DI AMIANTO

- ❑ **AMBIENTI DI LAVORO**, secondo D.L.vo 81/2008 Art. 253, comma 6 “Determination of airborne fibre number concentrations – A recommended method, by phase – contrast optical microscopy” **WHO 1997** (o qualsiasi altro metodo che offra risultati equivalenti)
  
- ❑ **AMBIENTI INDOOR, AMBIENTI DI VITA D.M. 6/9/94**, Allegato 2, Lettera A) – Metodo A.I.A. Asbestos International Association
  
- ❑ **RESTITUIBILITÀ AMBIENTI BONIFICATI D.M. 6/9/94** p.to 6

Dr. Pierino Di Pietro \* Workshop Sicurezza e Dintorni \* 08/11/2013



Tipologia di campionamento	Tipo analisi	Riferimento normativo	Portata e limiti di tolleranza
LUOGHI DI LAVORO	ANALISI AL MICROSCOPIO OTTICO	D.M.6/9/94 D.L.gs. 257/06	1 l/min ± 5%(*)
AMBIENTI INDOOR	ANALISI AL MICROSCOPIO OTTICO	D.M.6/9/94	1-12 l/min ± 10% (*)
RESTITUIBILITÀ AMBIENTI BONIFICATI	ANALISI AL SEM	D.M.6/9/94	6-9 l/min ± 10%(**)

Dr. Pierino Di Pietro \* Workshop Sicurezza e Dintorni \* 08/11/2013



Tipologia di campionamento	Tipo analisi	Riferimento Normativo	Volume
LUOGHI DI LAVORO	ANALISI AL MICROSCOPIO OTTICO	D.M.6/9/94 D.L.gs. 257/06	120 l
AMBIENTI INDOOR	ANALISI AL MICROSCOPIO OTTICO	D.M.6/9/94	≥ 480 l (*) fino a un massimo di 2000 l
RESTITUIBILITÀ AMBIENTI BONIFICATI	ANALISI AL SEM	D.M.6/9/94	>3000 l (*)

Dr. Pierino Di Pietro \* Workshop Sicurezza e Dintorni \* 08/11/2013



## MICROSCOPIA

QUANDO DEVONO ESSERE VALUTATI GLI ASPETTI QUALITATIVI E/O MORFOLOGICI SI RICORRE ALLE TECNICHE DI MICROSCOPIA

IL MICROSCOPIO È UNO STRUMENTO CHE CONSENTE DI RISOLVERE E INGRANDIRE OGGETTI DI PICCOLE DIMENSIONI.

Può essere **ottico**, e quindi basato sull'osservazione utilizzando come sorgente luminosa la luce, **elettronico** basato sull'osservazione tramite fasci di elettroni, o di altro tipo.

- ❑ LA MICROSCOPIA OTTICA (MO)
  - ❑ STEREOMICROSCOPIA (SM)
  - ❑ MO IN CONTRASTO DI FASE (MOCF)
  - ❑ MO IN CONTRASTO DI FASE E LUCE POLARIZZATA (MOLP)
  
- ❑ LA MICROSCOPIA ELETTRONICA (ME)
  - ❑ MICROSCOPIA ELETTRONICA A SCANSIONE (SEM)
  - ❑ MICROSCOPIA ELETTRONICA A TRASMISSIONE (TEM)

Dr. Pierino Di Pietro \* Workshop Sicurezza e Dintorni \* 08/11/2013



## MICROSCOPIA OTTICA

### PROPRIETÀ DELLE PARTICELLE SOLIDE INDAGABILI CON LA MO

- DIMENSIONE** fino alla dimensione minima definita dal "potere separatore" cioè per la dimensione minima ancora osservabile
- FORMA** da cui determinazioni di sfericità, cubicità, arrotondamento dei bordi, lamellarità, fibrosità
- STRUTTURA** da cui determinazioni di porosità, sfaldatura, microfessurazioni, stato di aggregazione o di dispersione
- PROPRIETÀ OTTICHE** colore, trasparenza, opacità, indice di rifrazione e sue variazioni
- NATURA DELLE PARTICELLE** derivante dall'osservazione delle proprietà singole sopra indicate

Dr. Pierino Di Pietro " Workshop Sicurezza e Dintorni " 08/11/2013



## STEREOMICROSCOPIO (SM)

PERMETTE L'OSSERVAZIONE DELLE MEDESIME PROPRIETÀ VISIBILI AD OCCHIO NUDO (DIMENSIONE, FORMA, COLORE, ECC) SU OGGETTI

- TECNICA DI FACILISSIMA APPLICAZIONE**
- INGRANDIMENTO FINO A CIRCA 50X**
- CONSENTE L'OSSERVAZIONE DEL CAMPIONE TAL QUALE**
- POSSIBILITÀ DI ESTRAZIONE DEL MATERIALE FIBROSO da sottoporre alla successiva analisi in MOLP**
- PERMETTE DI INDIVIDUARE CONTAMINAZIONI SUPERFICIALI**

Dr. Pierino Di Pietro " Workshop Sicurezza e Dintorni " 08/11/2013



- ❑ **PERMETTE UN'ADEGUATA PREPARAZIONE DEL VETRINO CON MATERIALE ESTRATTO E DEPOSITATO ESENTE DA GROSSOLANO MATERIALE PARTICELLARE ESTRANEO**
- ❑ **CARATTERIZZAZIONE APPROSSIMATIVA** (utile nella scelta del liquido d'immersione con adeguato indice di rifrazione)
- ❑ **PERMETTE DI OSSERVARE L'INTERNO DI CAMPIONI SPORCHI** (ad esempio rompendo frammenti di cemento o sfilacciando il tessuto)
- ❑ **PERMETTE DI OSSERVARE IL COMPORTAMENTO FISICO DELLE FIBRE: FACILITÀ E MODALITÀ DI APERTURA DEI FASCI ROTTURE TRASVERSALI**

*Dr. Pierino Di Pietro \* Workshop Sicurezza e Dintorni \* 08/11/2013*



#### OSSERVAZIONE DEI CAMPIONI ALLO STEREOMICROSCOPIO (SM)



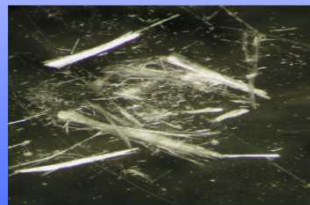
**CRISOTILO**



**AMOSITE**



**CROCIDOLITE**



**TREMOLITE**

*Dr. Pierino Di Pietro \* Workshop Sicurezza e Dintorni \* 08/11/2013*





## MOCF

Mediante un artificio inserito lungo il percorso dei raggi luminosi all'interno del microscopio si ottiene la trasformazione delle differenze di fase in differenze di ampiezza (= differenze luminosità) quindi perfettamente visibili.

**Una particella contrastata in fase viene vista come una particella più scura (o più chiara) del fondo**

- membrana diafanizzata (campioni di aerodispersi)
- liquido di confezione del preparato (campioni solidi in polvere)

**NELLA MOCF SI HA UNA VISIONE MODIFICATA PER VIA STRUMENTALE, NON PIÙ IL SEMPLICE INGRANDIMENTO**

Dr. Pierino Di Pietro "Workshop Sicurezza e Dintorni" 08/11/2013



**La MOCF presenta due applicazioni nel campo dell'analisi dell'amianto:**

- 1. Analisi delle fibre aerodisperse**
- 2. Analisi dei campioni solidi**

Dr. Pierino Di Pietro "Workshop Sicurezza e Dintorni" 08/11/2013



I campioni per l'analisi di fibre aerodisperse derivano da campionamenti dell'aria con filtri a membrana di cellulosa.

Per effettuare l'analisi è necessario che il filtro sia trasparente, in quanto l'osservazione viene fatta con un microscopio a trasmissione (la luce attraversa il campione).

Pertanto il filtro o porzione di essa va reso trasparente.

Questa operazione si chiama **DIAFANIZZAZIONE**.



## **PROCEDURA DI CONTEGGIO**

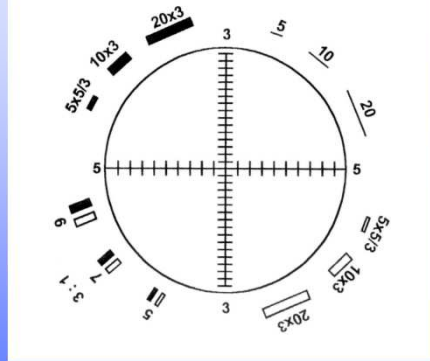
La procedura di conteggio è precisata con dettaglio nella Dir. CEE 83/447

In sintesi:

- a) Per il microscopio: **500 ingrandimenti** (40 di obiettivo, 12.5 di oculare), apertura numerica di obiettivo  $0,65 \div 0,70$ , reticolo oculare circolare di Walton-Beckett (vedi figura)
- b) Per il conteggio: **numero di campi** (area pari al reticolo di walton-beckett  $0,00785 \text{ mm}^2$  a 500 X) da conteggiare tale da essere rappresentativo (fino a 200 campi di reticolo), conteggio solo delle fibre "regolamentate" ( $\Phi < 3 \mu\text{m}$ ,  $L > 5 \mu\text{m}$ ,  $L/\Phi > 3$ ); per le particolarità (fibre ramificate, raggruppate ecc.) si vedano le tavole allegate



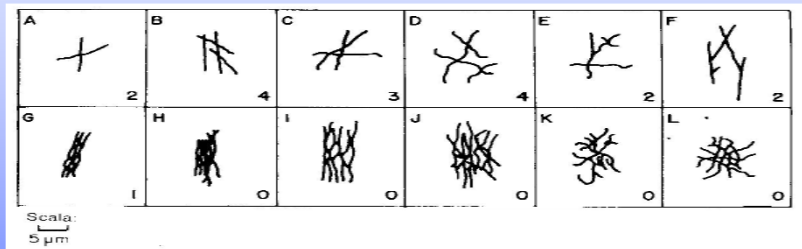
## IL RETICOLO DI WALTON-BACKET



Dr. Pierino Di Pietro \* Workshop Sicurezza e Dintorni \* 08/11/2013



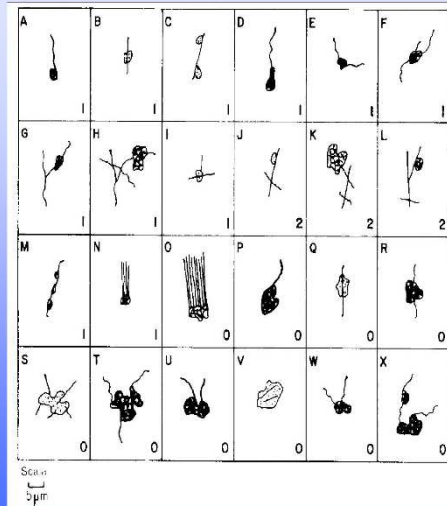
## FIBRE RAGGRUPPATE



Dr. Pierino Di Pietro \* Workshop Sicurezza e Dintorni \* 08/11/2013



## FIBRE CON ALTRE PARTICELLE



Dr. Pierino Di Pietro \* Workshop Sicurezza e Dintorni \* 08/11/2013



## ANALISI DISCRIMINATORIA DELLE FIBRE

Le norme prescrivono il conteggio di tutte le fibre “regolamentate”

Questo criterio è unicamente geometrico, le fibre sono sia di amianto sia di altra natura (fibre vetrose, cellulosa, organiche, ecc)

Il risultato di concentrazione che si ottiene va pertanto indicato come “fibre totali”

E' anche possibile, sulla base dell'osservazione della forma, discriminare le fibre in:

- Fibre asbestiformi (o asbesto simili)
- Fibre non asbestiformi (fibre di natura diversa dall'amianto)

Si ricorda che l'essere asbestiformi è condizione necessaria ma non sufficiente per essere di amianto



IL CONTEGGIO DELLE FIBRE RACCOLTE SUL FILTRO, A CAUSA DELLA COMPLESSITA' DELLA MORFOLOGIA E DELLE POSSIBILI SOVRAPPOSIZIONE DI PARTICELLE DI NATURA VARIA, E' FORTEMENTE INFLUENZATO DA PIU' VARIABILI DI TIPO CAUSALE.

PER TALE MOTIVO SONO STATI INTRODOTTI ALGORITMI DENOMINATI "LIMITI FIDUCIARI" PER VALUTARE QUESTE VARIABILI

I **LIMITI FIDUCIARI** ESPRIMONO SOLO LA VARIABILITA' DERIVANTE DALLA LETTURA DEL FILTRO MA NON DEVONO ESSERE CONFUSI CON L'INCERTEZZA ESTESA

Dr. Pierino Di Pietro " Workshop Sicurezza e Dintorni " 08/11/2013



## CALCOLO DELLA CONCENTRAZIONE

La concentrazione di fibre aerodisperse è data dalla formula:

$$C \text{ (ff/litro)} = (N/n) \times (A/a) \times (1/V)$$

dove

**C:** concentrazione di fibre aerodisperse, in fibre/litro

**N:** numero totale di fibre conteggiate

**n:** numero di campi sottoposti a conteggio

**A:** area di filtro esposta all'arrivo della polvere

**a:** area del singolo campo conteggiato

**V:** volume di aria prelevato, in litri

Dr. Pierino Di Pietro " Workshop Sicurezza e Dintorni " 08/11/2013



## CALCOLO DELLA CONCENTRAZIONE

La concentrazione di fibre aerodisperse è data dalla formula:

$$C \text{ (ff/litro)} = (N/n) \times (A/a) \times (1/V)$$

dove

**C:** concentrazione di fibre aerodisperse, in fibre/litro

**N:** numero totale di fibre conteggiate

**n:** numero di campi sottoposti a conteggio

**A:** area di filtro esposta all'arrivo della polvere

**a:** area del singolo campo conteggiato

**V:** volume di aria prelevato, in litri

Dr. Pierino Di Pietro " Workshop Sicurezza e Dintorni " 08/11/2013



## MOLP

**GLI EFFETTI CROMATICI IN MOCF SONO UNA DIRETTA CONSEGUENZA DEL FENOMENO DELLA DISPERSIONE CROMATICA DEGLI INDICI DI RIFRAZIONE**, (grandezza fisica variabile in funzione della lunghezza d'onda della luce) CHE VARIANO IN FUNZIONE DELLA LUNGHEZZA D'ONDA DELLA LUCE CHE LI ATTRAVERSA;

SPERIMENTALMENTE SI OSSERVA CHE LA MAGGIOR PARTE DEI LIQUIDI HA UNA DISPERSIONE CROMATICA MAGGIORE DEI SOLIDI.

QUANDO GLI INDICI DI RIFRAZIONE DEL MINERALE E DEL LIQUIDO IN CUI QUESTO VIENE IMMERSO SONO PROSSIMI, IN LUCE BIANCA, **SI PRODUCONO FENOMENI CROMATICI TANTO PIÙ EVIDENTI QUANTO PIÙ GRANDE È LA VARIAZIONE DELL'INDICE DI RIFRAZIONE DEL LIQUIDO RISPETTO A QUELLA DEL MINERALE.**

L'UTILIZZAZIONE DELLA MOCF+LP CONSENTE DI EVIDENZIARE SEPARATAMENTE (OGNI 90° DELLA LENTE POLARIZZATRICE) GLI EFFETTI CROMATICI

**OGNI PARTICELLA PRESENTERÀ GLI EFFETTI CROMATICI CARATTERISTICI DI OGNI SINGOLO INDICE DI RIFRAZIONE**

Dr. Pierino Di Pietro " Workshop Sicurezza e Dintorni " 08/11/2013



## SEM

- **UTILIZZA DI FASCI DI ELETTRONI PER FORMARE LE IMMAGINI**
- **GENERATI DA UN “CANNONE ELETTRONICO”** (un filamento percorso da corrente emette elettroni per effetto termoionico i quali sono convogliati da un campo elettrico, accelerati da una differenza di potenziale e focalizzati da lenti sul campione)
- **EFFETTI principali dell’INTERAZIONE DEL PENNELLO ELETTRONICO CON IL CAMPIONE**
  - **EMISSIONE ELETTRONI SECONDARI**
  - **RAGGI X**
- **LA RACCOLTA DEGLI ELETTRONI PERMETTE LA FORMAZIONE DELLE IMMAGINI, L’ANALISI DELL’ENERGIA EMessa DAI RAGGI X PERMETTE L’ANALISI DEI COSTITUENTI IL CAMPIONE (MICROANALISI).**
- **TUTTO IL SISTEMA DEVE ESSERE TENUTO SOTTO VUOTO PER AUMENTARE IL RAPPORTO SEGNALE RUMORE (AZOTO LIQUIDO, - 196°C).**

Dr. Pierino Di Pietro " Workshop Sicurezza e Dintorni " 08/11/2013



## Confronto tra le tecniche analitiche di microscopia

	MOCF	SEM	TEM
<b>Dati ottenibili</b>	Morfologia delle fibre	Morfologia e composizione chimica delle fibre	Morfologia, composizione chimica e struttura cristallina delle fibre
<b>Potere risolutivo</b>	0,2 $\mu$ m	5 nm	0,2 nm
<b>Ingrandimento di lavoro</b>	500	2.000	10.000
<b>Risoluzione analitica</b>	0,3 $\mu$ m	5 nm	1-2 nm
<b>Riconoscimento della varietà mineralogica delle fibre</b>	Tecnica di dispersione cromatica	Microanalisi a raggi x	Diffrazione elettronica e microanalisi a raggi x

Dr. Pierino Di Pietro " Workshop Sicurezza e Dintorni " 08/11/2013



## Confronto tra le tecniche analitiche di microscopia

	MOCF	SEM	TEM
<b>Dati ottenibili</b>	<i>Morfologia delle fibre</i>	<i>Morfologia e composizione chimica delle fibre</i>	<i>Morfologia, composizione chimica e struttura cristallina delle fibre</i>
<b>Potere risolutivo</b>	<i>0,2 <math>\mu\text{m}</math></i>	<i>5 nm</i>	<i>0,2 nm</i>
<b>Ingrandimento di lavoro</b>	<i>500</i>	<i>2.000</i>	<i>10.000</i>
<b>Risoluzione analitica</b>	<i>0,3 <math>\mu\text{m}</math></i>	<i>5 nm</i>	<i>1-2 nm</i>
<b>Riconoscimento della varietà mineralogica delle fibre</b>	<i>Tecnica di dispersione cromatica</i>	<i>Microanalisi a raggi x</i>	<i>Diffrazione elettronica e microanalisi a raggi x</i>

Dr. Pierino Di Pietro \* Workshop Sicurezza e Dintorni \* 08/11/2013



**Da un punto di vista pratico si può affermare che:**

- per confermare la presenza di amianto in un materiale è sufficiente la MOCF**
- per determinare la concentrazione di amianto in un materiale bisogna ricorrere a tecniche analitiche gravimetriche (DRX o FT-IR)**
- per affermare con assoluta certezza l'assenza di amianto è necessaria la microscopia elettronica (SEM o TEM)**

Dr. Pierino Di Pietro \* Workshop Sicurezza e Dintorni \* 08/11/2013





## LIMITI DI LEGGE

- AMBIENTI DI LAVORO – (D.lgs. n. 81/2008)

$$0,1\text{ff/cm}^3 = 100\text{ff/l}$$

in caso di superamento vengono adottate le misure indicate nell' art. 254 del d.lgs. n. 81/2008

- AMBIENTI INDOOR, AMBIENTI DI VITA – (D. M. 6/9/94)

- INDICI DI CONTAMINAZIONE AMBIENTALE IN ATTO:

20ff/l    TECNICA MOCF

2ff/l    TECNICA SEM

- CRITERI PER LA CERTIFICAZIONE DELLA RESTITUIBILITÀ

- UTILIZZO TECNICA SEM

- CONCENTRAZIONE MEDIA DI FIBRE AERODISPERSE  
NON SUPERIORE ALLE 2ff/l

Dr. Pierino Di Pietro "Workshop Sicurezza e Dintorni" 08/11/2013



**NEGLI AMBIENTI OUTDOOR NON ESISTE ALCUNA NORMATIVA CHE PREVEDA TALE ACCERTAMENTO, NE' RISULTANO ESSERE STATI FISSATI LIMITI DI SOGLIA E/O ATTENZIONE, NE', INFINE, VENGONO INDICATE METODICHE PER ATTUARE TALE CONTROLLO\***

**\*("ASBESTOS MONITORING IN CIVIL AND INDUSTRIAL ENVIRONMENTS OF SELECTED SITES. THE CASE OF CERAMIC FACTORY" - 2006)**

Dr. Pierino Di Pietro "Workshop Sicurezza e Dintorni" 08/11/2013



L'UNICO RIFERIMENTO SANITARIO\* INDICA LA SOGLIA DI 1 f/l  
OLTRE LA QUALE E' POSSIBILE OSSERVARE UN INCREMENTO  
STATISTICAMENTE SIGNIFICATIVO DELLE PATOLOGIE  
ASBESTO CORRELATE

\* "Air quality guidelines for Europe" W.H.O. Cap 6.2"

QUESTA INDICAZIONE CHE FA COMUNQUE RIFERIMENTO AI  
"LIVELLI DI FONDO" NON E' STATA RECEPITA DALLA  
NORMATIVA ITALIANA

Dr. Pierino Di Pietro " Workshop Sicurezza e Dintorni " 08/11/2013

## LIMITI FISSATI DALLE NORMATIVE PER LE MATRICI AMBIENTALI

- EMISSIONI IN ATMOSFERA

**NON CITATO** D.Lgs. 152/06

**0,1 mg/m<sup>3</sup>** D.Lgs. 114/95

- EFFLUENTI LIQUIDI DA ATTIVITA' INDUSTRIALI E DI BONIFICA

**NON CITATO** D.Lgs. 152/06

**30g/m<sup>3</sup>** D.Lgs. 114/95

- ACQUE SUPERFICIALI e PROFONDE D.Lgs. 152/06

**NON PREVISTO**

- SUOLO D.Lgs. 152/06

**1000 mg/kg-1**

Dr. Pierino Di Pietro " Workshop Sicurezza e Dintorni " 08/11/2013



**NUOVO METODO DI DETERMINAZIONE DI BASSE  
CONCENTRAZIONI DI AMIANTO NEL SUOLO  
MEDIANTE E SPETTROSCOPIA INFRAROSSA (FTIR)**

**ELABORATO INSIEME AL DIPARTIMENTO DI CHIMICA  
DELL'UNIVERSITA' DI BOLOGNA**

Dr. Pierino Di Pietro " Workshop Sicurezza e Dintorni " 08/11/2013



**IL D.M. 6/9/94 INDICA I SEGUENTI METODI DI  
RIFERIMENTO PER LA QUANTIFICAZIONE  
DELL'AMIANTO NEI MATERIALI CONTENENTI  
AMIANTO (MCA)**

- **XRD; usando il metodo del filtro d'argento,  
concentrazioni amianto > 1 % (p/p)**
- **FTIR; concentrazione amianto  $\geq$  1 % (p/p)**
- **SEM; concentrazione amianto da 1000 ppm  
fino a 10000 ppm e da 100 fino a 1000 ppm solo  
per analisi semiquantitativa.**

Dr. Pierino Di Pietro " Workshop Sicurezza e Dintorni " 08/11/2013



## Ed il suolo inquinato da amianto ?

Il D.Lgs. 152/06 stabilisce che l'amianto non deve superare il limite di un 1 g per ogni kg di suolo secco:



**TALE LIMITE COINCIDE CON IL LIMITE DI RIVELABILITA' DELLE TECNICHE (FT-IR) E (DRX)**

Dr. Pierino Di Pietro " Workshop Sicurezza e Dintorni " 08/11/2013



## CONSEGUENZA DEL D.Lgs. 152/06

Difficoltà operativa nella determinazione quantitativa dell'amianto nel suolo secondo il D.L.vo 152/06



***Di seguito verrà descritto un nuovo metodo di arricchimento del campione prima di essere analizzato con XRD e FTIR***

Dr. Pierino Di Pietro " Workshop Sicurezza e Dintorni " 08/11/2013



## Levigatore Appiani usato per l'arricchimento del campione

Preparazione campione (50 g) :

- trattamento termico per 3 h a 480 °C.
- Aggiunta di 300 ml di soluzione salina (90 g of NaCl) con polivinpirrolidone (PVP) 0,05g.

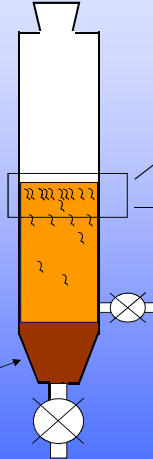
 Rubinetto laterale

 fibre asbesto

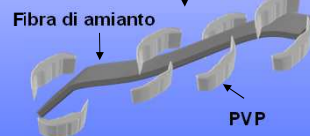
Suolo sedimentato

 sospensione

 Terreno sedimentato



Fibra di amianto in presenza di PVP



Dr. Pierino Di Pietro \* Workshop Sicurezza e Dintorni \* 08/11/2013



## CONCLUSIONI

- La soluzione salina e il tensioattivo (PVP) permettono, rispettivamente, la regolamentazione delle forze ioniche e l'aggregazione delle particelle
- I risultati mostrano che il trattamento di arricchimento può essere applicato per la determinazione di basse concentrazioni di crisotilo presente nel suolo al fine di quantificare l'inquinamento da amianto
- Analisi effettuate con tecniche convenzionali come la XRD e FTIR consentono la determinazione di quantità di fibre libere di crisotilo inferiore a 1% in peso
- Questo nuovo metodo analitico risponde alla richiesta di vari enti pubblici e aziende private per una adeguata determinazione quantitativa delle fibre libere di crisotilo nel suolo

Dr. Pierino Di Pietro \* Workshop Sicurezza e Dintorni \* 08/11/2013



*GRAZIE PER  
L'ATTENZIONE*