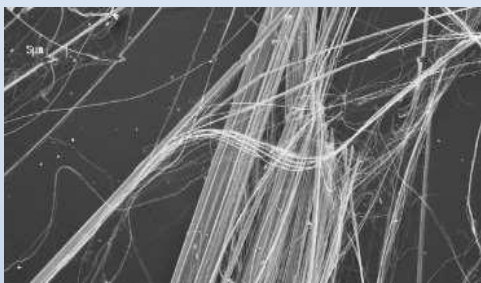




Seminario Professionalizzante ruolo del Chimico negli aspetti ambientali



Amianto



Normativa Nazionale

Protezione Dei Lavoratori	Garanzie Finanziarie Delle Imprese Che Effettuano Le Attività Di Bonifica Amianto
Restrizioni/Divieti Di Impiego	Iscrizione Imprese Bonifica E Smaltimento Amianto Al Sistri - Sistema Di Controllo Della Tracciabilità Dei Rifiuti
Attuazione Delle Direttive Cee	Benefici Previdenziali Per I Lavoratori Esposti All'amianto
La Legge Fondamentale	Registri e Cartelle Sanitarie Dei Lavoratori Esposti Durante Il Lavoro Ad Agenti Cancerogeni
Attuazione della legge n. 257/92	Attività Esedi - Esposizioni Sporadiche e Di Deboli Intensità all'amianto
Indirizzo Alle Regioni	ambiente-amianto
Riconversione Delle Produzioni Di Amianto	inquinamento indoor
Smaltimento Dei Rifiuti Contenenti Amianto	igiene e sicurezza del lavoro
Smaltimento Dei Rifiuti Contenenti Amianto	rifiuti
Mappatura Delle Zone Del Territorio Nazionale Con Presenza Di Amianto	smaltimento dei rifiuti e catalogazione dei rifiuti pericolosi
Iscrizione Imprese Bonifica Amianto All'albo Nazionale Gestori Ambientali	Piano Nazionale Amianto

Normativa Nazionale Protezione dei Lavoratori

<u>D.P.R. 30 giugno 1965, n. 1124</u>	Assicurazione contro l'asbestosi
<u>Decreto Interministeriale 18 aprile 1973</u>	Elenco delle malattie per le quali è obbligatoria la denuncia contro gli infortuni sul lavoro e le malattie professionali.
<u>Decreto Interministeriale 16 ottobre 1986</u>	Integrazione delle norme del decreto del Presidente della Repubblica 9 aprile 1959, n. 128, in materia di controllo dell'aria ambiente nelle attività estrattive dell'amianto.
<u>Decreto Ministero Lavoro e Previdenza Sociale 21 gennaio 1987</u>	Norme tecniche per l'esecuzione di visite mediche periodiche ai lavoratori esposti al rischio di asbestosi.
<u>Decreto Ministero Lavoro e Previdenza Sociale 20 giugno 1988</u>	Nuova tabella dei tassi di premio supplementare per l'assicurazione contro la silicosi e l'asbestosi, e relative modalità di applicazione.
<u>Legge 4 agosto 1993, n. 271</u>	Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 5 giugno 1993, n. 169, recante disposizioni urgenti per i lavoratori del settore dell'amianto.
<u>Decreto Legislativo 11 agosto 1993, n. 374</u>	I mestieri a rischio - Le attività previste dalla tabella A allegata al decreto
<u>Decreto Ministero Lavoro 19 maggio 1999</u>	Individuazione delle attività particolarmente usuranti (articolo 59, comma 11 della legge 449/97)

Normativa Nazionale Restrizioni/divieti di impiego

<u>Decreto del Presidente della Repubblica 10 Settembre 1982, n. 904</u>	Attuazione della direttiva (CEE) n. 76/769 relativa alla immissione sul mercato ed all'uso di talune sostanze e preparati pericolosi Aggiornato con il D.M. 14 dicembre 2004
<u>Ordinanza Ministero Sanità 26 giugno 1986</u>	Restrizioni all'immissione sul mercato ed all'uso della crocidolite e dei prodotti che la contengono.
<u>Circolare Ministero Sanità 1 luglio 1986, n. 42</u>	Indicazioni esplicative per l'applicazione dell'ordinanza ministeriale 26 giugno 1986 relativa alle restrizioni sul mercato ed all'uso della crocidolite e di taluni prodotti che la contengono.
<u>Circolare Ministero Sanità 10 luglio 1986, n.45</u>	Piano di interventi e misure tecniche per la individuazione ed eliminazione del rischio connesso all'impiego di materiali contenenti amianto in edifici scolastici e ospedalieri pubblici e privati.
<u>Decreto del Presidente della Repubblica 24 maggio 1988, n. 215</u>	Attuazione delle direttive CEE numeri 83/478/ e 85/610 recanti, rispettivamente, la quinta e la settima modifica (amianto) della direttiva CEE n. 76/769 per il ravvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari ed amministrative degli Stati membri relative alle restrizioni in materia di immissione sul mercato e di uso di talune sostanze e preparati pericolosi, ai sensi dell'art. 15 della legge 16 aprile 1987, n. 183.

La Legge Fondamentale

[Legge 27 marzo 1992 n. 257](#)

Norme relative alla cessazione dell'impiego dell'amianto.

Attuazione della Legge n. 257/92

[Decreto Ministero Sanità 6 settembre 1994](#)

Normative e metodologie tecniche di applicazione dell'art. 6, comma 3, dell'art. 12, comma 2, della legge 27 marzo 1992, n. 257, relativa alla cessazione dell'impiego dell'amianto.

[Circolare Ministero Sanità 12 aprile 1995, n. 7](#)

Circolare esplicativa del decreto ministeriale 6 settembre 1994.

[Decreto Ministero Sanità 26 ottobre 1995](#)

Normative e metodologie per la valutazione del rischio, il controllo, la manutenzione e la bonifica dei materiali contenenti amianto presenti nei mezzi rotabili.

[Decreto Ministero Sanità 14 maggio 1996](#)

Normative e metodologie tecniche per gli interventi di bonifica, ivi compresi quelli per rendere innocuo l'amianto, previsti dall'art. 5, comma 1, lett. f, della L257/92, recante: Norme relative alla cessazione dell'impiego dell'amianto.

[Decreto Ministero Industria Commercio Artigianato 12 febbraio 1997](#)

Criteri per l'omologazione dei prodotti sostitutivi dell'amianto

[Decreto Ministero Industria Commercio Artigianato 26 marzo 1998](#)

Elenco contenente i nomi delle imprese e dei materiali sostitutivi dell'amianto che hanno ottenuto l'omologazione.

[Decreto Ministero Sanità 20 agosto 1999](#)

Ampliamento delle normative e delle metodologie tecniche per gli interventi di bonifica, ivi compresi quelli per rendere innocuo l'amianto, previsti dall'art. 5, comma 1, lettera f), della legge 27 marzo 1992, n. 257, recante norme relative alla cessazione dell'impiego dell'amianto.

[Decreto Ministero Sanità 25 luglio 2001](#)

Rettifica al decreto 20 agosto 1999, concernente "Ampliamento delle normative e delle metodologie tecniche per gli interventi di bonifica, ivi compresi quelli per rendere innocuo l'amianto, previsti dall'art. 5, comma 1, lettera f), della legge 27 marzo 1992, n. 257, recante norme relative alla cessazione dell'impiego dell'amianto".

[Decreto Ministero della Salute 14 dicembre 2004](#)

Divieto di installazione di materiali contenenti amianto intenzionalmente aggiunto.

MESSA AL BANDO DELL'AMIANTO

Le prime disposizioni che regolamentano l'uso dell'amianto risalgono al 1986 con l'ordinanza del Ministero della Sanità 26/6/86 con la quale si limita l'immissione nel mercato e l'uso della crocidolite.

Il DPR 215 del 1998 amplia ulteriormente il campo delle restrizioni estendendolo a tutti i tipi di amianto quando siano impiegati in alcune tipologie di prodotti, quali giocattoli, articoli per fumatori, pitture e vernici nonché il divieto dell'applicazione a spruzzo.

La Legge Fondamentale	
<u>Legge 27 marzo 1992 n. 257</u>	Norme relative alla cessazione dell'impiego dell'amianto.

Nel 1992 con la legge n. 257 l'Italia mette al bando tutti i prodotti contenenti amianto, vietando l'estrazione, l'importazione, la commercializzazione e la produzione di amianto e di prodotti contenenti amianto, secondo un programma di dismissione il cui termine ultimo è fissato al 28 aprile 1994.

LEGGE. 257/92

La L. 257/92 regola il processo di dismissione, definendo i criteri per il finanziamento delle imprese interessate alla riconversione produttiva e per i benefici previdenziali a favore dei lavoratori occupati nella produzione dell'amianto.

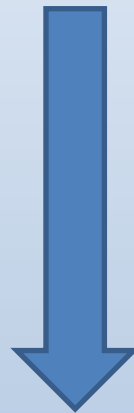
La norma tenta di abbracciare la complessa tematica dell'amianto nella sua interezza

- Sono previste disposizioni specifiche per il controllo delle imprese impegnate nelle attività di lavorazione, manutenzione, bonifica e smaltimento dell'amianto;
- viene introdotto l'obbligo per coloro che operano nello smaltimento e nella rimozione dell'amianto di iscriversi a una speciale sezione dell'albo delle imprese esercenti servizi di smaltimento dei rifiuti.
- particolare attenzione è riservata al problema amianto negli edifici, individuando come situazioni a maggior rischio quelle nelle quali l'amianto si trova libero o legato in matrice friabile.

I proprietari degli immobili hanno l'obbligo di notificare alle USL la presenza di amianto in matrice friabile, le Regioni hanno il potere di disporre, quando ritenuto opportuno, la rimozione dei materiali contenenti amianto, con oneri a carico dei proprietari degli immobili.

Legge 257/92

La legge 257/92, tuttavia, non disciplina in maniera specifica nessuno di questi aspetti, ma rimanda alla successiva emanazione di una lunga serie di dispositivi di attuazione



In attuazione di quanto previsto dalla L. 257/92 sono stati fino ad oggi emanati disciplinari tecnici che riguardano la valutazione del rischio e la bonifica di edifici (DM 6 settembre 1994), rotabili ferroviari (DM 26 ottobre 1995), siti estrattivi, siti dismessi, tubazioni e serbatoi in amianto-cemento (DM 14 maggio 1996).

DM 6 settembre 1994

il DM 6 settembre 1994, contiene i principi per la valutazione del rischio, la sicurezza durante gli interventi di bonifica, le metodologie per le indagini di laboratorio, cui fanno riferimento anche i decreti successivi.

Il decreto riporta norme a carattere "prescrittivo" (obbligatorie) e norme a carattere "indicativo" (linee guida non vincolanti).

I materiali contenenti amianto sono distinti in:

- a) friabili : facilmente sbriciolabili con la semplice pressione manuale;
- b) compatti : duri, sbriciolabili solo con l'impiego di attrezzi meccanici.

La valutazione del rischio si basa principalmente sull'ispezione visiva dei materiali contenenti amianto, finalizzata all'individuazione di:

- tipo e condizione dei materiali;
- fattori di possibile danneggiamento e degrado;
- fattori di diffusione delle fibre ed esposizione degli individui.

DM 6 settembre 1994

In base alla valutazione i materiali contenenti amianto sono classificabili come :

materiali integri non suscettibili di danneggiamento, per i quali non è necessaria la bonifica, ma solo l'attivazione di un programma di controllo e manutenzione finalizzato a mantenere in buone condizioni i materiali stessi;

materiali integri suscettibili di danneggiamento, per i quali occorrono provvedimenti atti ad impedire il danneggiamento, stabiliti nell'ambito del programma di controllo e manutenzione, con l'eventualità di una bonifica a medio termine, in caso di impossibilità di ridurre significativamente il pericolo di danneggiamento;

materiali danneggiati, per i quali sono necessari interventi specifici da attuare in tempi brevi quali il restauro dei materiali in sede, quando il danneggiamento è limitato, ovvero, negli altri casi, la bonifica.



Inquinamento atmosferico I fase Inquadramento normativo

Parte II - Valori di emissione

1.1. Sostanze ritenute cancerogene e/o tossiche per la riproduzione e/o mutagene (tabella A1)

Per le sostanze della tabella A1, i valori di emissione, che rappresentano valori minimi e massimi coincidenti, sono:

Fermi restando i valori di emissione sopra indicati, ai fini del calcolo del flusso di massa e di concentrazione:

- in caso di presenza di più sostanze della stessa classe le quantità delle stesse devono essere sommate;
- in caso di presenza di più sostanze di classi diverse, alle quantità di sostanze della classe II devono essere sommate le quantità di sostanze di classe I e alle quantità di sostanze della classe III devono essere sommate le quantità di sostanze delle classi I e II.

Fermi restando i valori di emissione sopra indicati, al fine del rispetto del limite in concentrazione:

- in caso di presenza di più sostanze delle classi I e II la concentrazione totale non deve superare il limite della classe II
- in caso di presenza di più sostanze delle classi I, II e III, la concentrazione totale non deve superare il limite della classe III.

Tabella A1

CLASSE I

-Asbesto (crisotilo, crocidolite, amosite, antofillite, actinolite e tremolite) - Benzo(a)pirene - Berillio e i suoi composti espressi come Be - Dibenzo(a,h)antracene- 2-naftilammina e suoi Sali - Benzo(a)antracene - Benzo(b)fluorantene - Benzo(j)fluorantene Benzo(k)fluorantene - Dibenzo(a,h)acridina - Dibenzo(a,j)acridina - Dibenzo(a,e)pirene - Dibenzo(a,h)pirene - Dibenzo(a,i)pirene - Dibenzo(a,l)pirene - Cadmio e suoi composti, espressi come Cd (1) – Dimetilnitrosamina - Indeno (1,2,3-cd) pirene (1) - 5-Nitroacenaftene - 2-Nitronaftalene - 1-Metil-3-Nitro-1-Nitrosoguanidina - Arsenico e suoi composti, espressi come As- Cromo (VI) e suoi composti, espressi come Cr- Cobalto e suoi composti, espressi come Co - 3,3'-Diclorobenzidina e suoi Sali – Dimetilsolfato – Etilenimmina - Nichel e suoi composti espressi come Ni (2) - 4- aminobifenile e suoi Sali - Benzidina e suoi Sali - 4,4'-Metilen bis (2-Cloroanilina) e suoi Sali – Dietilsolfato - 3,3'-Dimetilbenzidina e suoi sali- Esametilfosforotriamide -2-Metilaziridina - Metil ONN Azossimetile Acetato – Sulfallate – Dimetilcarbammoilcloruro - 3,3'-Dimetossibenzidina e suoi Sali

CLASSE III

- Acrilonitrile – Benzene - 1,3-butadiene - 1-cloro-2,3-epossipropano (epicloridrina) - 1,2-dibromoetano- 1,2-epossipropano - 1,2-dicloroetano - vinile cloruro - 1,3-Dicloro-2-propanolo - Clorometil (Metil) Etere - N,N-Dimetilidrazina – Idrazina - Ossido di etilene – Etilentiourea - 2-Nitropropano - Bis-Clorometiletere - 3-Propanolide - 1,3-Propansultone - Stirene Ossido

	<i>Soglia di rilevanza (espressa come flusso di massa)</i>	<i>Valore di emissione (espresso come concentrazione)</i>
Classe I	0,5 g/h	0,1 mg/Nm ³
Classe II	5 g/h	1 mg/Nm ³
Classe III	25 g/h	5 mg/Nm ³

DM 6 settembre 1994

In situazioni di incerta classificazione l'ispezione visiva può essere integrata con un'indagine ambientale sulle fibre aerodisperse.

In tal caso, i limiti di concentrazione da considerare come indicativi di una situazione di inquinamento in atto sono :

- 20 fibre/litro, se misurati in Microscopia Ottica (MOCF)



- 2 fibre/litro, se misurati in Microscopia Elettronica (SEM)



DM 6 settembre 1994

I metodi di bonifica indicati sono:

Rimozione



Incapsulamento



Confinamento

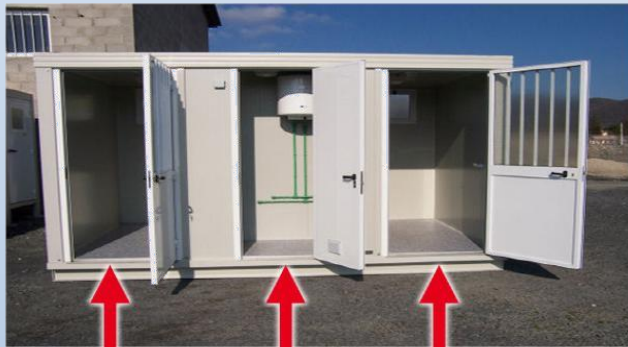


DM 6 settembre 1994

Il decreto raccomanda alcuni criteri da tenere presenti per la scelta del metodo di bonifica.

Definisce anche cosa deve essere previsto nel piano di controllo e manutenzione dei materiali di amianto lasciati in sede.

Le misure di sicurezza da rispettare durante gli interventi di bonifica dei materiali di amianto friabile sono descritte in dettaglio, con riguardo all'allestimento del cantiere, i sistemi di depressione, le unità di decontaminazione, il monitoraggio ambientale per il controllo del cantiere, ecc.



Spogliatoio vestiario
contaminato

Locale
tecnico

Spogliatoio vestiario
pulito



La certificazione della restituibilità degli ambienti bonificati da amianto friabile deve essere effettuata dalla ASL competente, in base ad un'ispezione visuale della zona decontaminata e a determinazioni analitiche della concentrazione di fibre di amianto aerodisperse misurata in Microscopia Elettronica (SEM), che deve risultare inferiore a 2 fibre/litro.

DM 6 settembre 1994

Il decreto tratta a parte le coperture in amianto-cemento indicando come possibili metodi di bonifica la rimozione, l'incapsulamento e la sovracopertura e descrivendo le procedure per la bonifica, con particolare riguardo alle tecniche di rimozione.

Gli allegati 1, 2 e 3 del DM 6 settembre 1994 riportano i metodi analitici per la determinazione dell'amianto nei materiali in massa e per la misura della concentrazione in aria ai fini del controllo degli edifici, del monitoraggio del cantiere di bonifica e della restituibilità delle aree bonificate

I successivi DM 14 maggio 1996 e 7 luglio 1997 stabiliscono i requisiti minimi cui devono conformarsi i laboratori che intendono eseguire tali tipi di attività.

DEFINIZIONE DI FIBRA



Una fibra è una struttura allungata e sottile, a prescindere dalla sua origine o composizione, con i lati paralleli che la fanno distinguere dalla polvere e dai frammenti irregolari di minerali o di materiali.

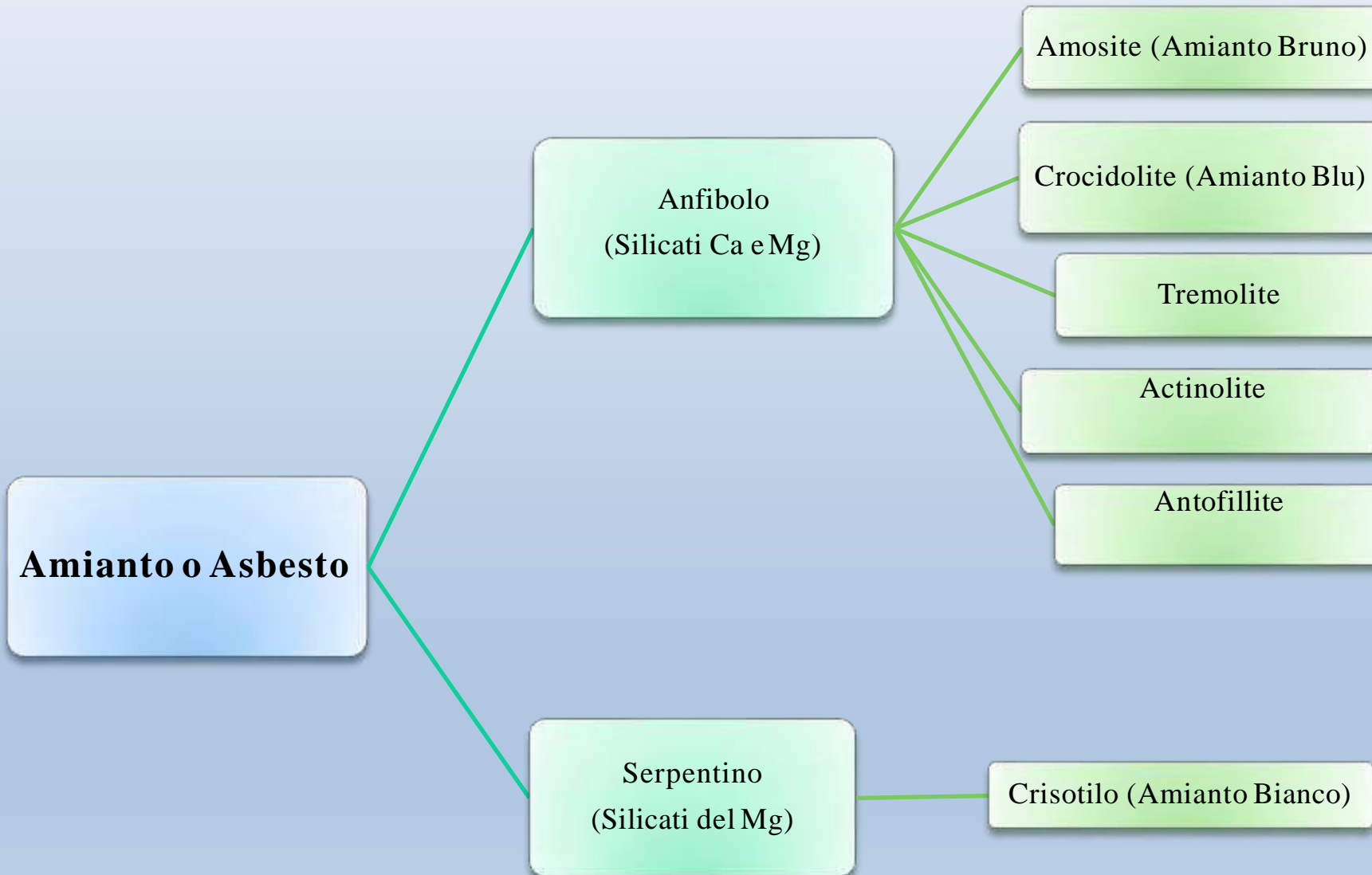
Da un punto di vista delle caratteristiche di interesse biologico e quindi della pericolosità, fibre corte e in particolare anche spesse (non inalabili), avranno in ultima analisi comportamenti analoghi a quelli delle polveri.

- **LE FIBRE INALABILI:** sono tutte quelle che presentano dimensioni ($100\mu\text{m}$) tali da poter essere bloccata al livello nasale.
- **LE FIBRE RESPIRABILI:** Sono tutte quelle che possono essere inalate e penetrare nelle profondità dei polmoni.

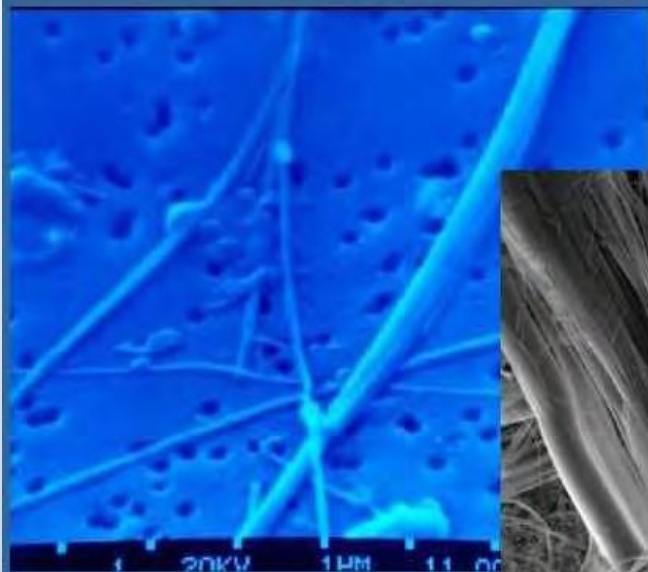
TIPOLOGIE DI AMIANTO

Le fibre di amianto considerate nelle leggi sono quelle asbestiformi che appartengono a due gruppi di minerali : serpentini e anfiboli.

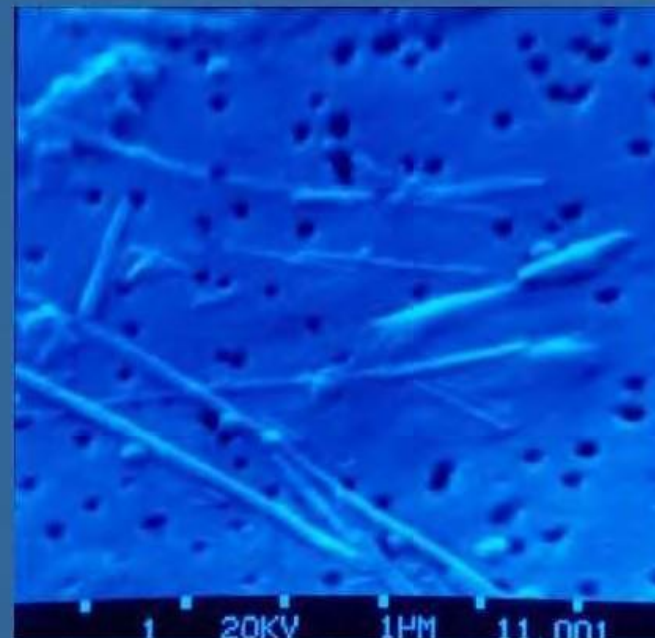
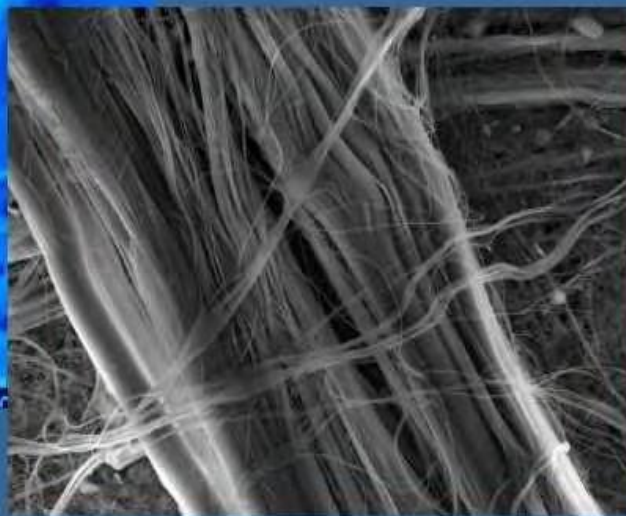
1. anfiboli  (silicati di Ca e Mg) comprendono la crocidolite (amianto blu), l'amosite (amianto bruno), l'antofillite , l'actinolite , la tremolite
2. serpentino  (silicati di Mg) comprende il crisotilo (amianto bianco) .
3. Recenti studi indicano potenzialità patogene anche in altre fibre come quelle di fluoroedenite (Biancavilla), erionite (Turchia), orto e clino pirosseni e antigorite, diopside, sepiolite, balangeorite e carlosturanite



SEM



Crisotilo



Crocidolite



Amosite

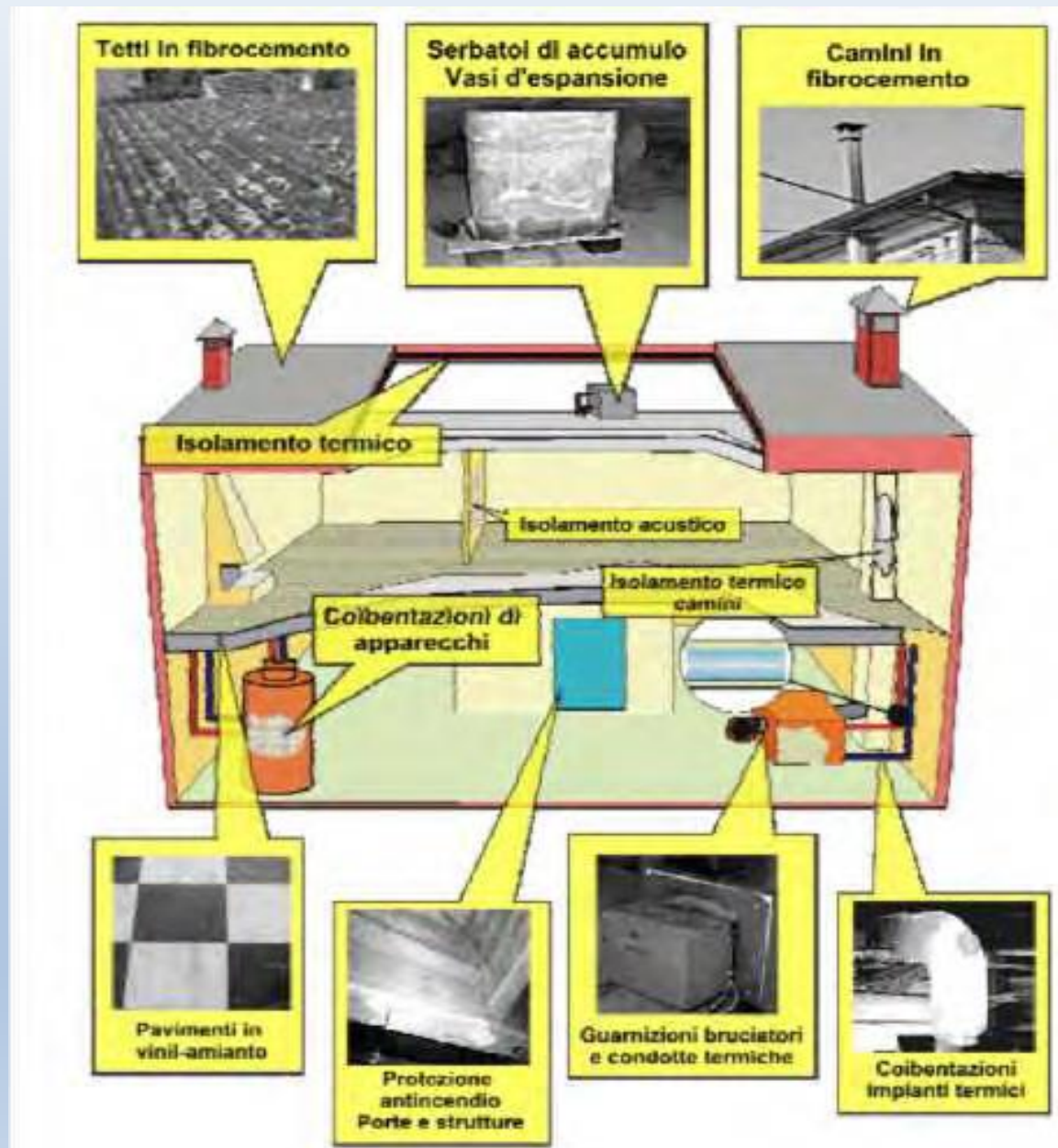


Fibrilla dia 60 nm



AMIANTO NELLE ABITAZIONI

AMIANTO NELLE ABITAZIONI



MATERIALI CON AMIANTO INTENZIONALMENTE AGGIUNTO

MATERIALI CON AMIANTO INTENZIONALMENTE AGGIUNTO





Tubazioni

Tubazioni

Guarnizione di flangia



I NUOVI PRODOTTI CONTENENTI AMIANTO



Fiaccola in Bambù Made in China

A: Fiaccola completa di stoppino, rondella e tappo

B: Particolare della rondella nel tappo

C: Le tre parti staccate

Crisotilo

Tipologia di analisi

A seconda della tecnica analitica adottata è possibile rispondere alle seguenti domande:

Il materiale contiene amianto?	(analisi qualitativa)
Quale tipo di amianto? morfologica)	(analisi
Quanto amianto contiene? quantitativa)	(analisi

Metodi analitici

Decreto Ministeriale 06 settembre 1994 - Allegato 1

Determinazione quantitativa dell'amianto in campioni in massa

DM 6/9/94 che considera essenzialmente 3 tipi di tecniche d'indagine:

- tecniche microscopiche (ottiche ed elettroniche);
- spettrofotometria FT-IR;
- diffrazione a Raggi X.

TECNICHE MICROSCOPICHE

Quando devono essere valutati gli aspetti qualitativi e/o morfologici (presenza o assenza di amianto nel materiale, tipo di fibre) si ricorre alle tecniche di microscopia.

Le tecniche di utilizzo più comune sono:

Microscopia ottica a contrasto di fase (MOCF)

Microscopia elettronica a scansione (SEM)

Microscopia elettronica a trasmissione (TEM)

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

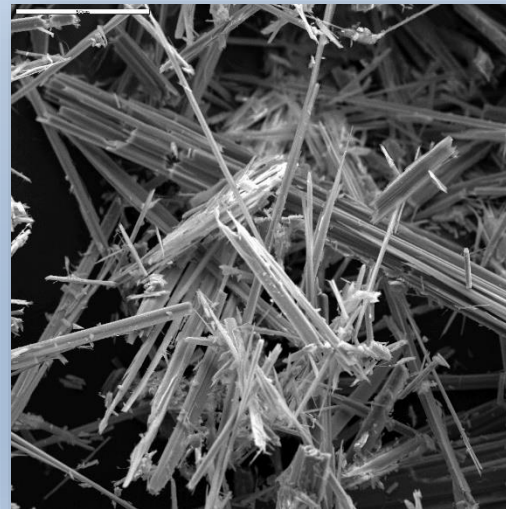
- ✓ **Analisi delle fibre aerodisperse**
- ✓ **Analisi dei campioni in massa**



Microscopia ottica a contrasto di fase (MOCF)

Microscopio ottico in cui differenze di fase (non visibili) sono trasformate in differenze di ampiezza (intensità luminosa)
Metodica ufficiale (D.Lsg. 277/91 e DM 06/09/94 all.2)

Riconoscimento fibre in base alle proprietà morfologiche.



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**

Microscopia ottica a contrasto di fase (MOCF)

Particolarmente adatta per osservare le fibre che sporgono ai bordi di lastre in cemento-amianto e per controllare lo stato di usura delle lastre stesse.



Microscopia ottica a contrasto di fase (MOCF)

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, oppure, offre la possibilità' di estrazione del materiale fibroso da sottoporre alla successiva analisi.

L'amianto è classificato in base:

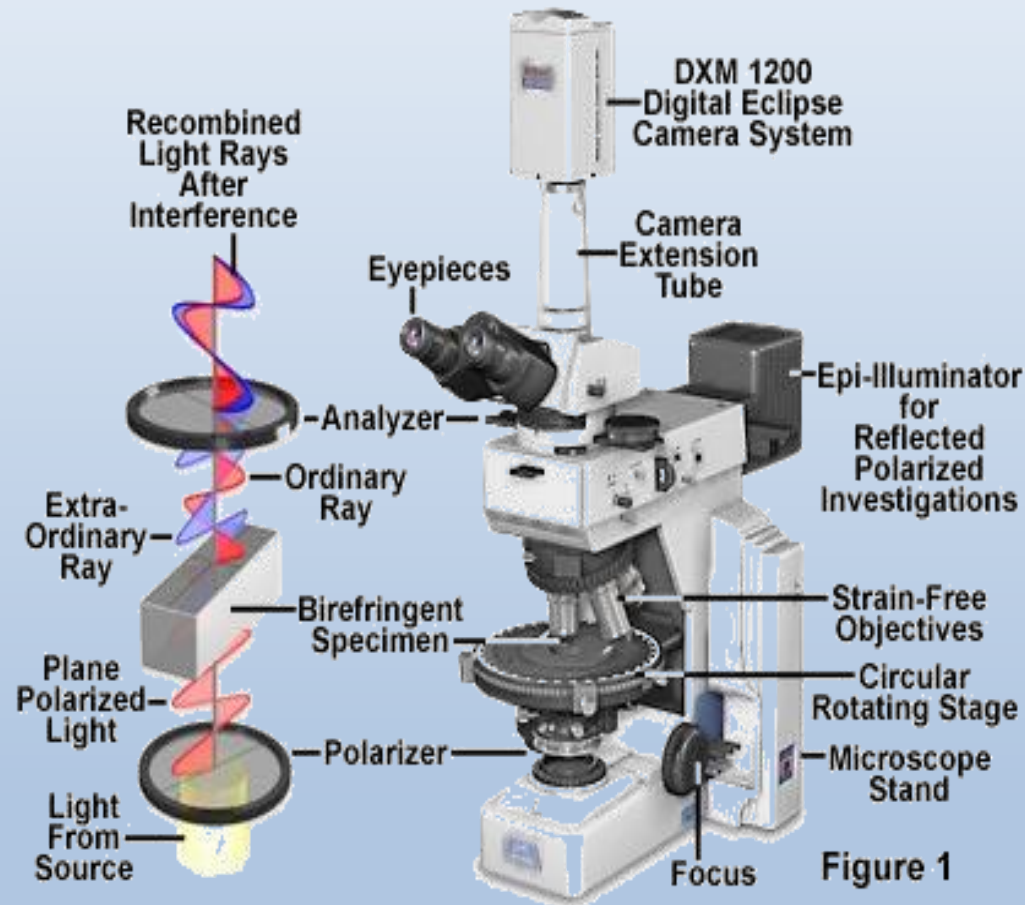
- alla forma filamentosa dei cristalli,
- al modo di unirsi delle fibre in fasci,
- alla costanza del diametro delle singole fibre,
- al tipo di frattura all'estremità delle fibre.

Inoltre, si osservano per ogni fibra e si misurano in radiazione polarizzata l'elongazione, l'angolo di estinzione, e la birifrazione.

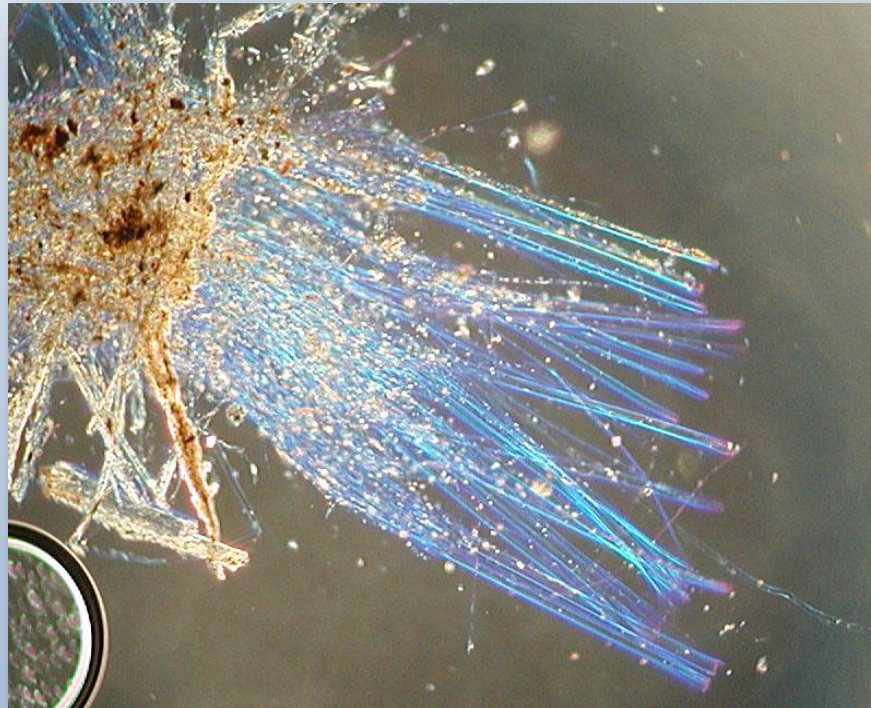
Sono riconoscibili senza ulteriori indagini la **Crocidolite**, è l'unica specie di amianto con elongazione negativa, ed il **Crisotilo**, per la forma delle fibre che sono lunghe, sottili, ricurve o ondulate.

Microscopio a luce polarizzata

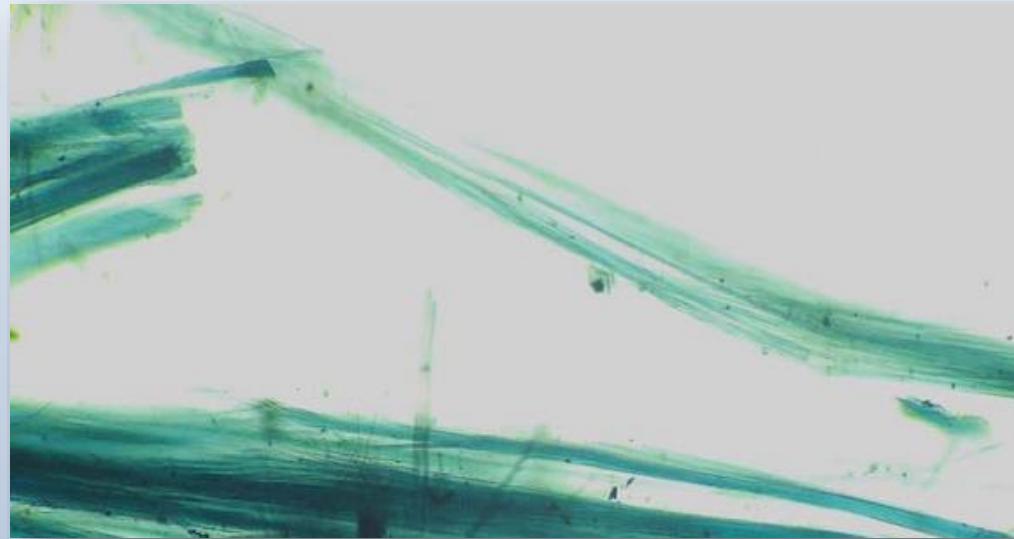
Polarized Light Microscope Configuration



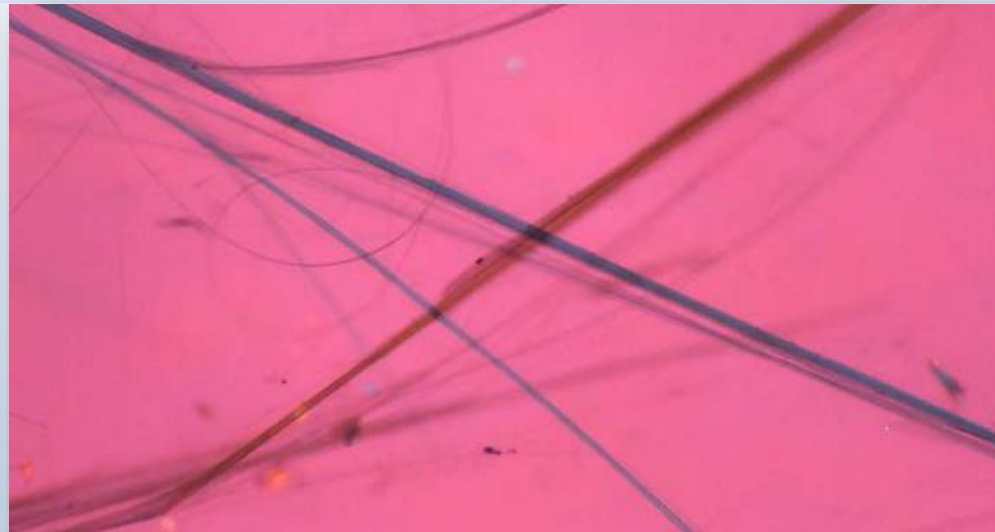
Microscopia ottica a contrasto di fase (MOCF)



FASCIO DI FIBRE DI CRISOTILO IN UN CAMPIONE DI
PANNELLO IN CEMENTO AMIANTO



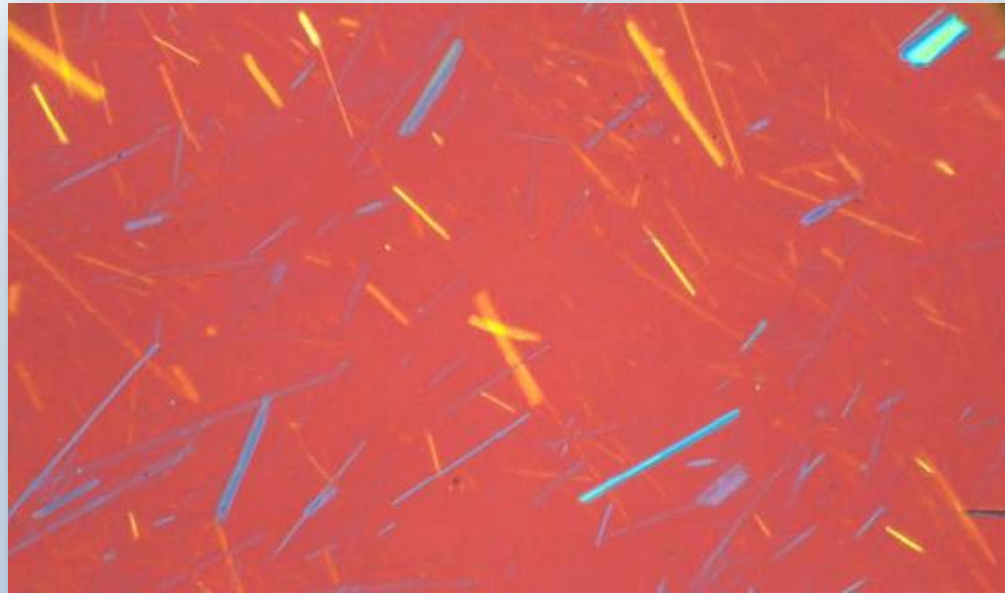
Crocidolite osservata col solo polarizzatore. Si osserva il colore di pleocroismo (**blu**, in direzione parallela alla fibra), che diventerebbe grigio se la fibra fosse diretta verticalmente (la piccola fibra verticale al centro è infatti incolore).



Crocidolite. L'elongazione è negativa poiché le fibre appaiono blu quando sono dirette dal quadrante NO al SE



Fibre di vetro



**Tremolite e/o Actinolite.
Fibre corte e diritte. Elongazione positiva.**

PER EFFETTUARE UN'ANALISI MICROSCOPICA
SU UN CAMPIONE IN MASSA E'
INDISPENSABILE "VEDERE" LE FIBRE:

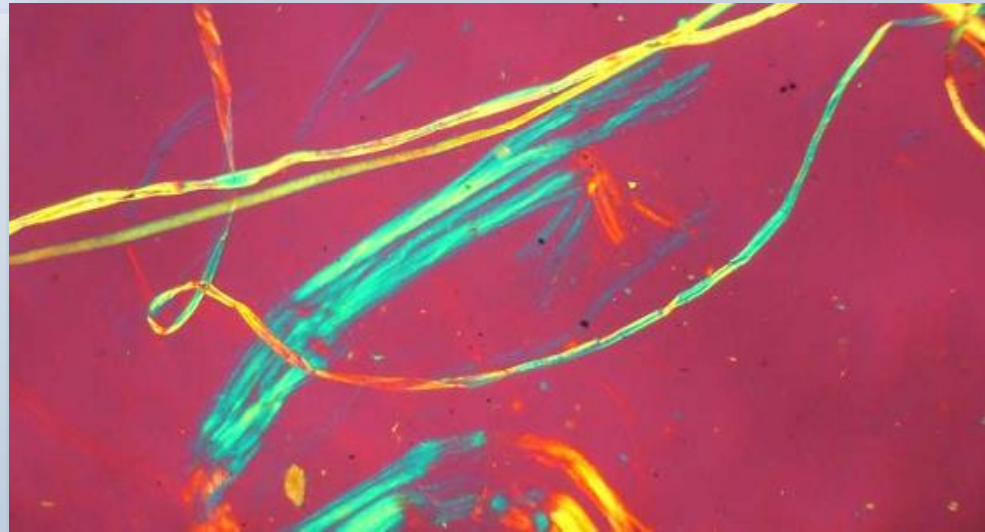
amianto inglobato in matrice



macinazione del campione



"liberazione" delle fibre di amianto



Cordone isolante contenente Crisotilo (fascio grosso diritto al centro e fascio incurvato in basso), cotone(fibra isolata ricurva che forma un occhiello a sinistra; si noti l'attorcigliamento della fibra, dovuto alla sua sezione appiattita), e fibre sintetiche (fibra di diametro costante che parte dalla metà del lato sinistro della figura, on colore indefinito dovuto alla sua forte birifrangenza).

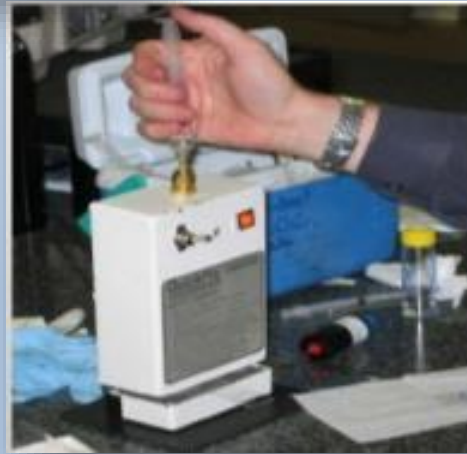
I campioni per l'analisi di fibre aerodisperse provenienti da monitoraggi ambientali e/o personali e raccolte su apposito substrato (ad esempio, filtri micropori in nitrato o esteri misti di cellulosa).

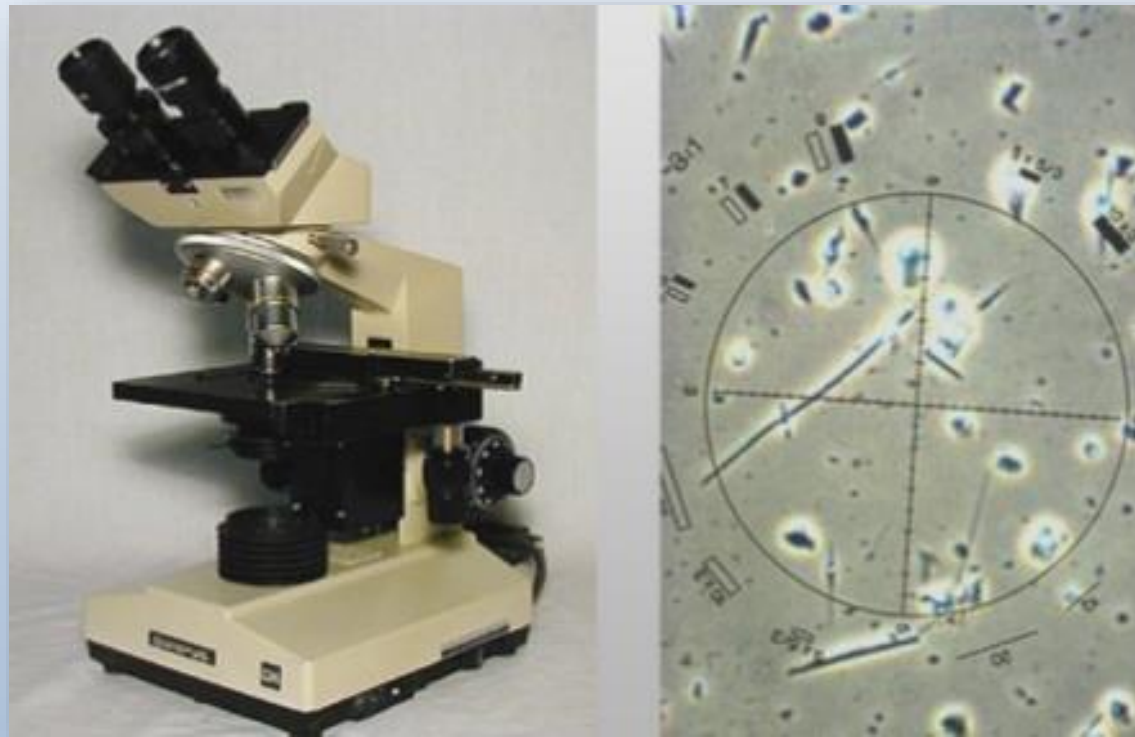
Per tali campioni l'intero filtro, o un suo segmento, è posto su un vetrino da microscopio, è reso trasparente

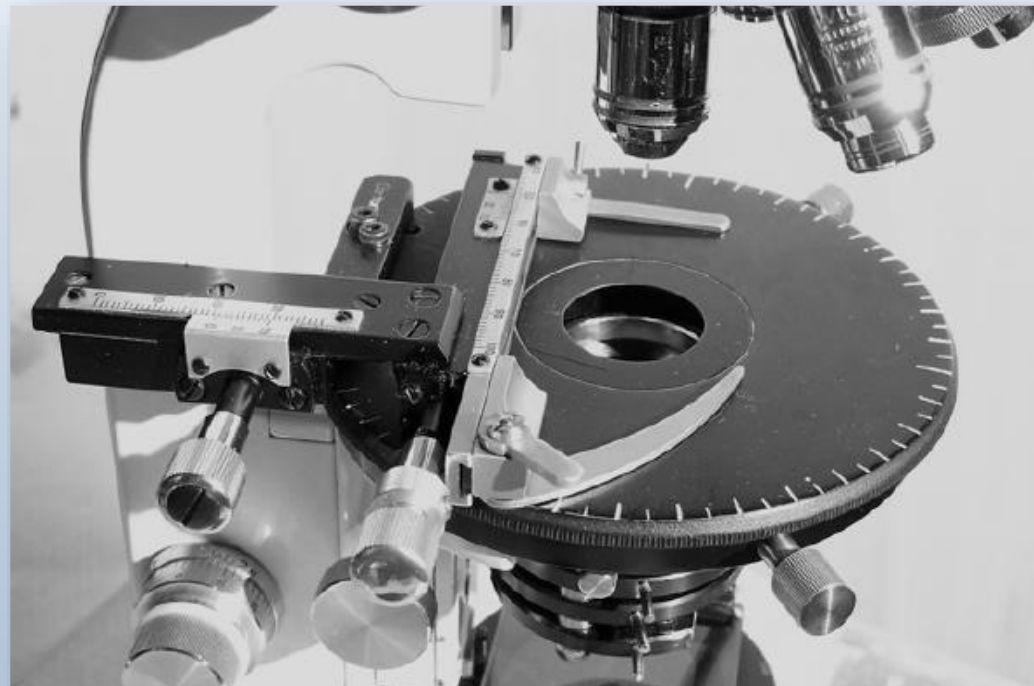
Questa operazione si chiama **DIAFANIZZAZIONE**.



DIAFANIZZAZIONE mediante il metodo acetone-triacetina e coperto con vetrino coprioggetti. Per diminuire il tempo necessario alla completa diafanizzazione, dopo la applicazione della triacetina, si può scaldare il preparato (vetrino più coprioggetto) per 15 minuti a circa 50°C su una piastra riscaldante.







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 (200)

A: area di filtro esposta all'arrivo della polvere

a: area del singolo campo conteggiato

V: volume di aria prelevato, in litri

SEM – Microscopio elettronico a scansione

Microscopio elettronico-ottico che permette di analizzare i segnali prodotti dall'interazione tra un fascio di elettroni incidenti e il campione (in particolare elettroni secondari, elettroni retrodiffusi, radiazione X).

Una porzione di filtro, essiccato e diafanizzato, viene metallizzata sotto vuoto (sottile strato di grafite).

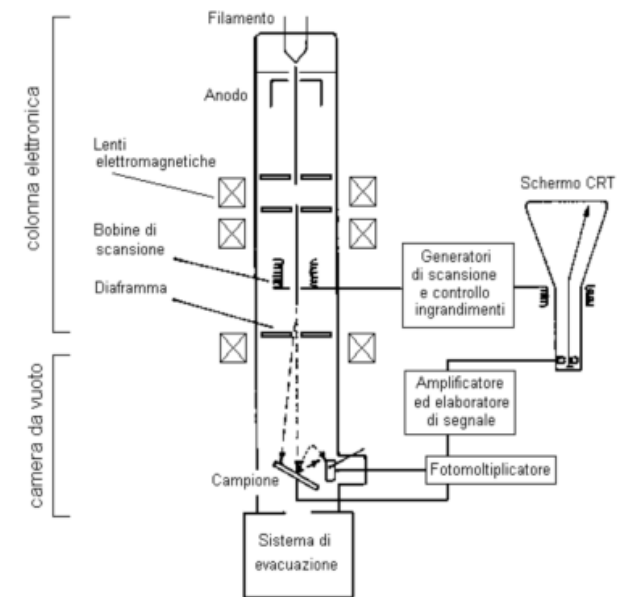
Fornisce informazioni morfologiche, compositive e strutturali relative alle varie parti di cui è costituito il campione; identifica le singole fibre. Consente di rilevare fibre con un diametro minimo di 0,03-0,04 μm .

La microscopia elettronica ha un **potere di risoluzione più alto**, della microscopia ottica a contrasto di fase, dovuto ad una profondità di campo maggiore e quindi si possono rilevare anche fibre estremamente piccole in concentrazioni molto basse. La microscopia elettronica **consente inoltre di identificare** in maniera univoca le fibre di amianto (nella SEM con la microanalisi a raggi x e nella TEM con la diffrazione elettronica e la microanalisi a raggi x).

Microscopio elettronico a scansione



Schema di microscopio elettronico



La determinazione delle fibre minerali aerodisperse, mediante l'impiego della SEM, le specifiche di Legge, richiedono l'utilizzo di membrane in policarbonato.

La diafanizzazione con vapori caldi di acetone (operazione da farsi direttamente sui portacampioni in alluminio o *stubs* del SEM) consente di fissare meglio le particelle raccolte e le fibre in particolare. La superficie dei campioni da analizzare deve essere resa conduttiva per poter scaricare a massa il fascio di elettroni e per ridurre gli effetti legati alle cariche elettrostatiche (metallizzazione). Il materiale conduttivo viene depositato sul campione, per uno spessore di circa 200 angstrom (\AA) mediante evaporazione termica sotto alto vuoto.

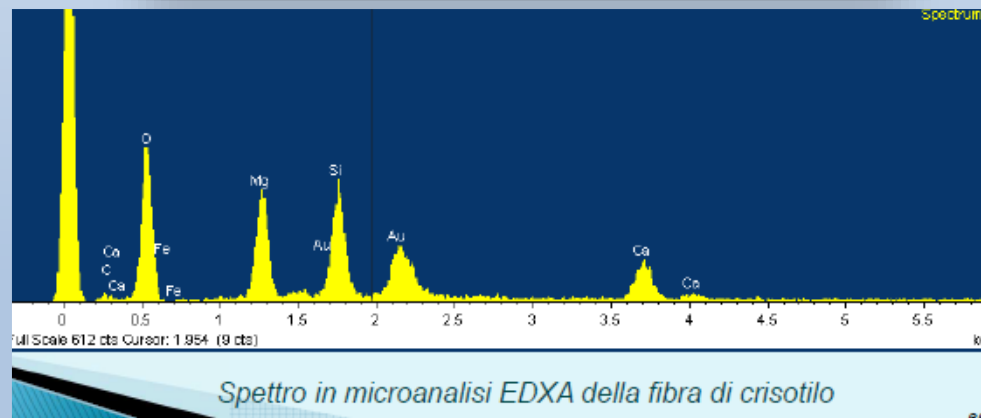
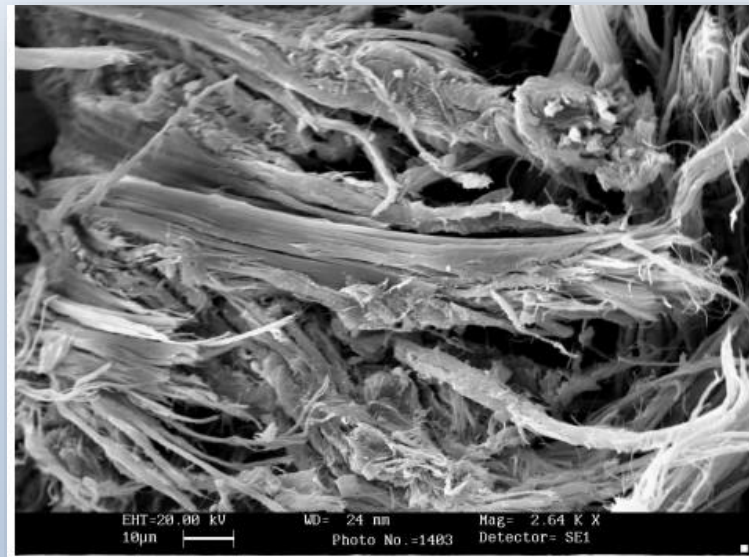


Metallizzatore

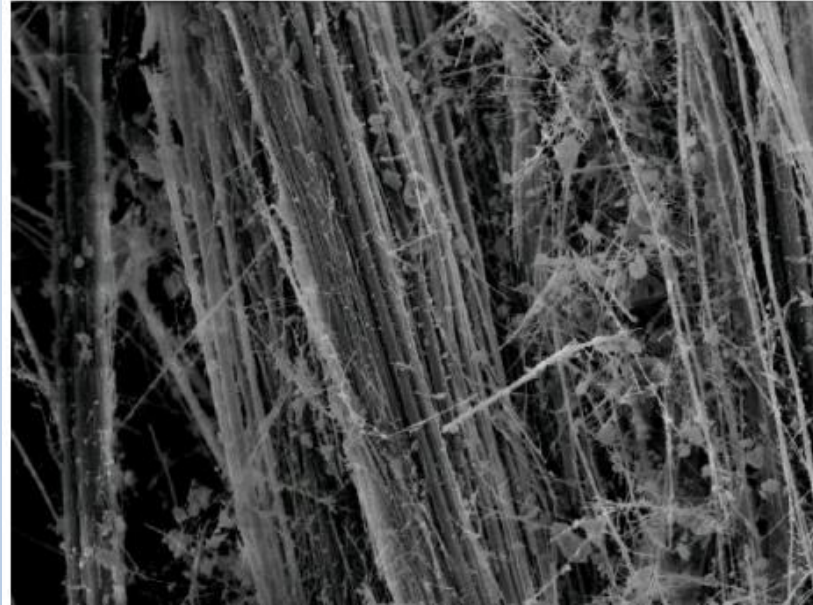


Posizionamento stub su
Metallizzatore

Crisotilo



Crocidolite



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 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.

Condizioni strumentali FTIR per l'intervallo di concentrazione del crisotilo di 0,1-2,0%

Intervallo spettrale: 4500-400 cm^{-1}

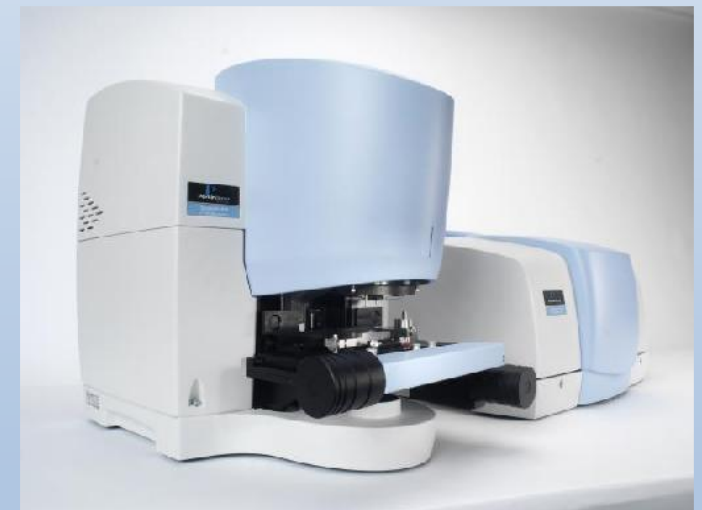
Risoluzione : 4 cm^{-1}

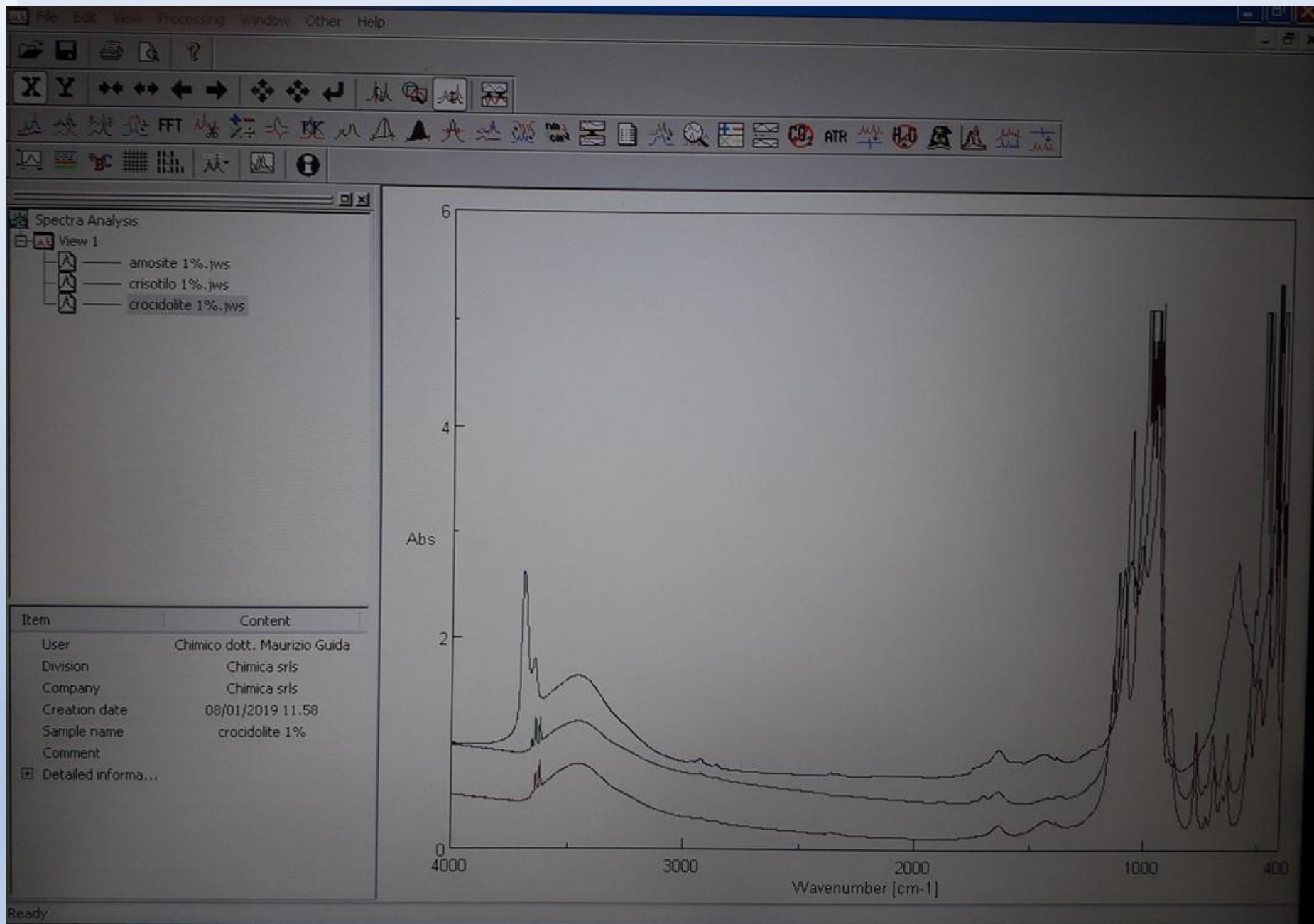
Numero di scansioni: minimo 9

Il fondo (background) e il campione verranno memorizzate sempre nelle stesse condizioni .

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 λ 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 λ ottenendo la concentrazione corrispondente.





Dagli spettri si può notare che le fibre di asbesto hanno bande caratteristiche in quattro regioni delle radiazioni IR:

- a) 3685-3690 cm^{-1} (vibrazioni **stretching dell'ossidrile**)
- b) 879 e 1129 cm^{-1} (vibrazioni **stretching Si-O**)
- c) 636-773 cm^{-1} (vibrazioni di anelli e di catene di silicati)
- d) 426-600 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 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 cm^{-1} assente negli anfiboli ed anch'essa legata alla presenza dei gruppi idrossilici.

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

L'**amosite**, presenta un picco a 636 cm^{-1} ed altri due a 481 e 426 cm^{-1} .

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

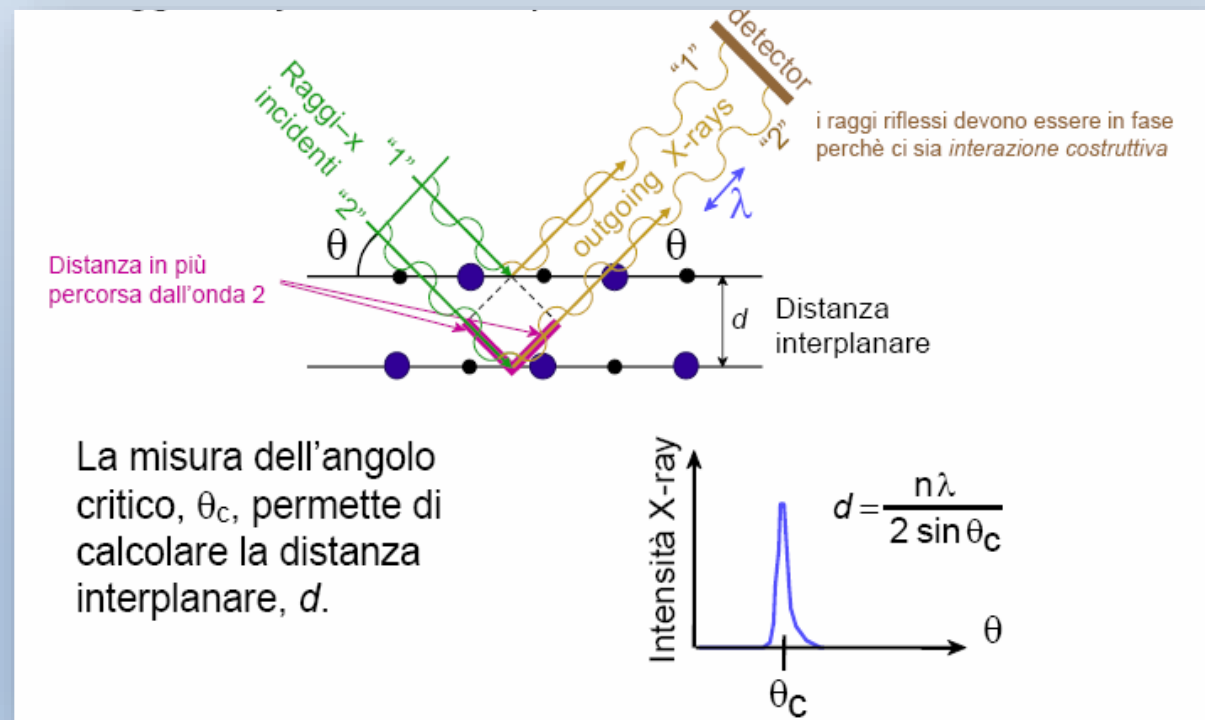
Svantaggi

interferenti: minerali naturali (talco, calcite, quarzo)

trattamento termico e/o chimico

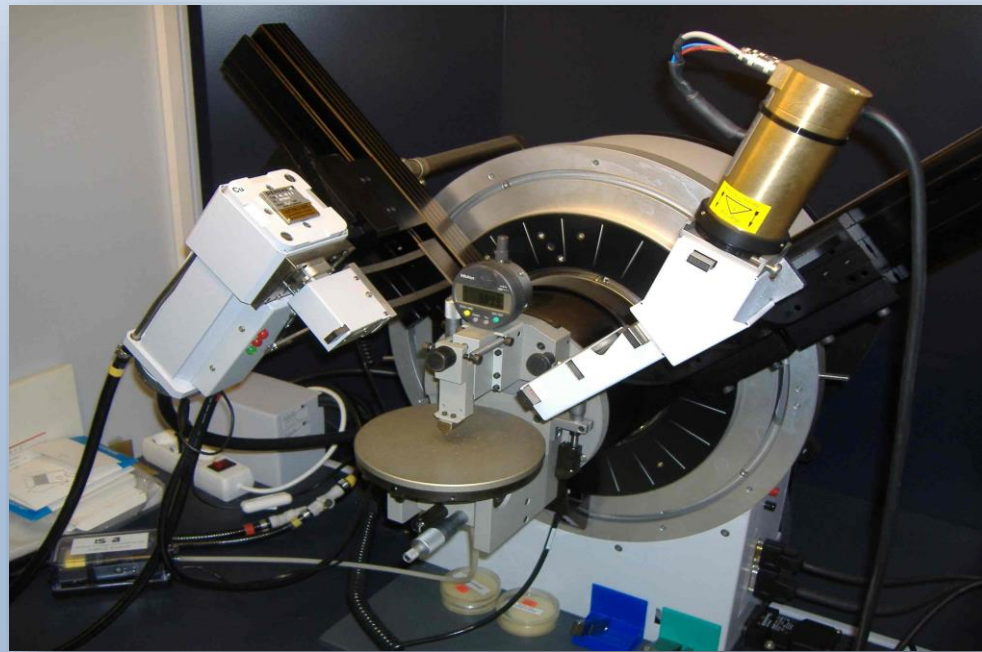
Diffrazione a raggi X (DRX)

È una tecnica che permette la determinazione quali-quantitativa dei vari tipi di amianto può essere applicato sia a campioni massivi (macinazione e pastigliatura) sia a campioni raccolti su membrana micropori (filtrazione di un percolato di lavaggio). È basata sulla legge di Bragg.



Consente la determinazione qualitativa delle diverse strutture cristalline dell'amianto, per mezzo di spettri di diffrazione nel range angolare tra 8 e 38 gradi, con step di 0.02 gradi. Negli **spettri delle più comuni forme di asbesto vengono evidenziati i principali picchi di diffrazione**, sui quali viene successivamente effettuata l'analisi quantitativa. La concentrazione minima rivelabile, per le varie forme di amianto e nelle più comuni matrici e senza trattamenti di arricchimento del campione è risultata pari a 1%.

La presenza di orientazioni preferenziali dei cristalli influisce negativamente sulla riproducibilità delle misure, per questo si utilizza un portacampioni rotante.



Macinazione del campione.

Il campione in massa subirà una macinazione (mediante un mortaio o un mulino a palle d'agata) controllata fino a raggiungere una granulometria vicina a quella degli standards di amianto puro usati per la costruzione della curva di taratura.

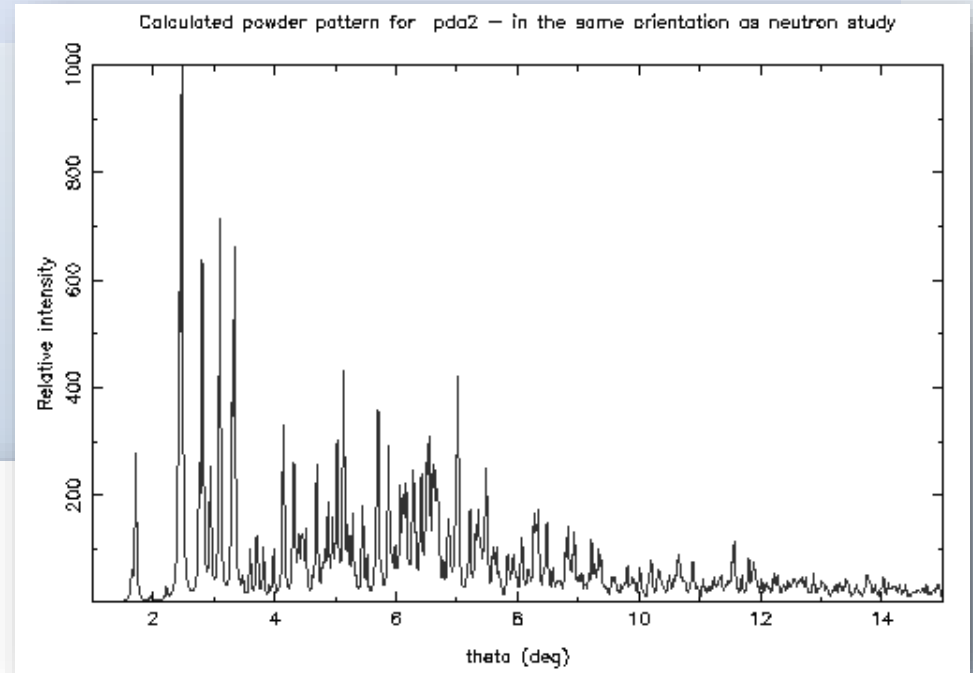
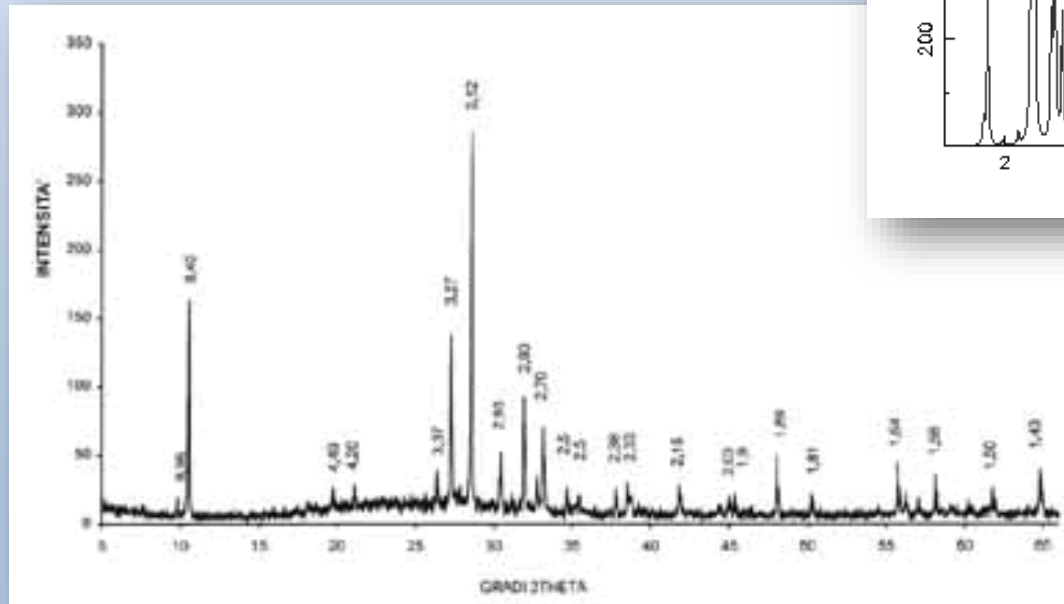


Deposizione del campione sul filtro d'argento.

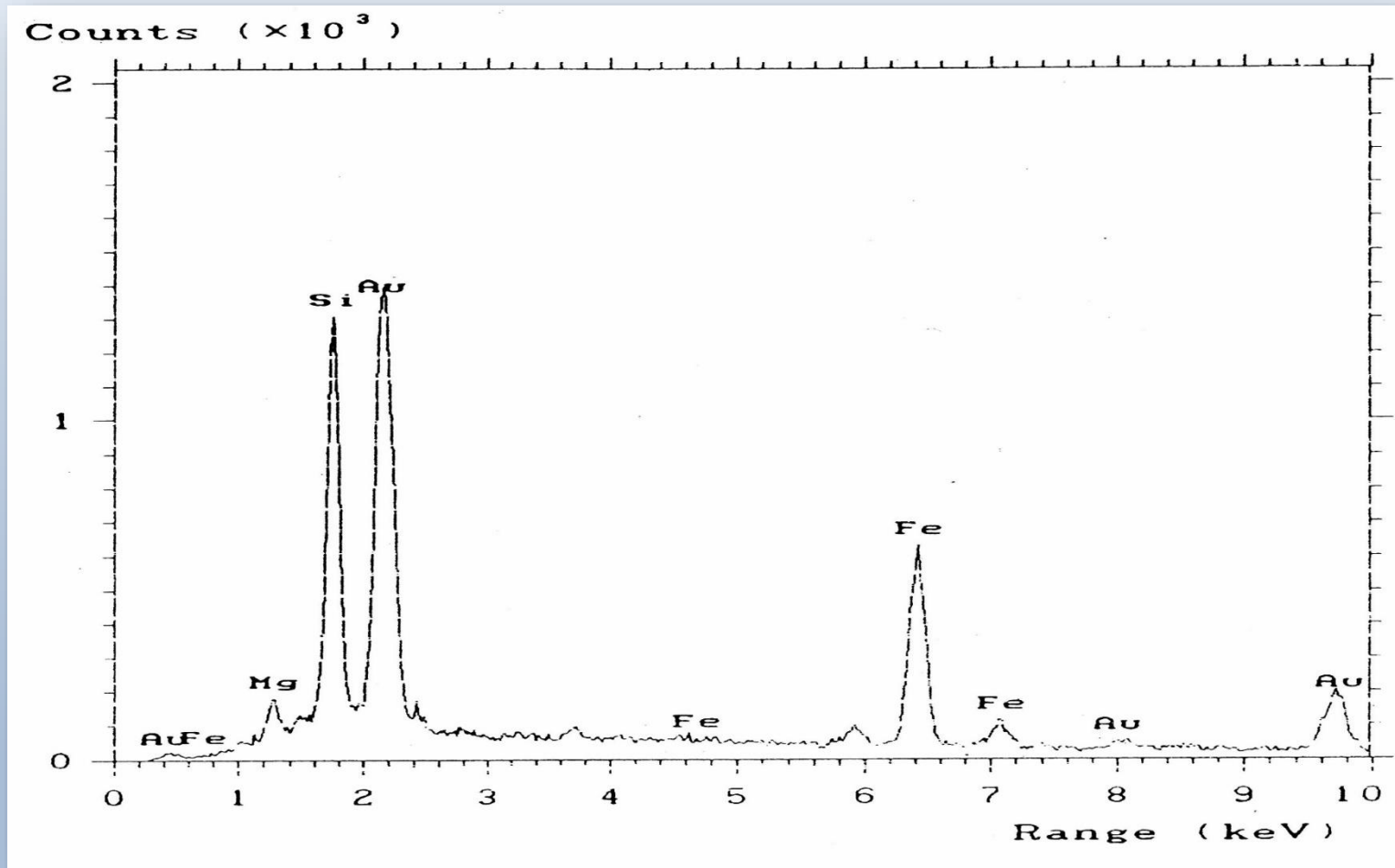
La polvere macinata e seccata viene ripresa con la soluzione disperdente costituita da: H₂O contenente lo 0.1% di NaCl e lo 0.1% di Areosol OT o altro tensioattivo analogo e la **sospensione** così ottenuta viene mantenuta sotto agitazione magnetica per circa 2 o 3 ore. Dalla dispersione vengono prelevate **aliquote** opportune che sono **filtrate su membrana in argento** avente porosità di 0.45 µm e diametro di 25 mm per mezzo del dispositivo di filtrazione sotto piccolo vuoto con setto poroso e sede per alloggiare le membrane in Ag.

Gli spettri di diffrazione dei raggi X sono effettuati utilizzando il diffrattometro automatico (es. D8 ADVANCE BRUKER) con geometria Bragg-Brentano. Impiegando un tubo a raggi X con anticatodo di rame o molibdeno, per il calcolo ponderale e la costruzione delle curve di taratura si tiene conto dei seguenti picchi: **crisotilo: $12^{\circ}03$ e $24^{\circ}30$; crocidolite: $10^{\circ}53$ e $28^{\circ}59$; amosite: $10^{\circ}62$ e $29^{\circ}06$**

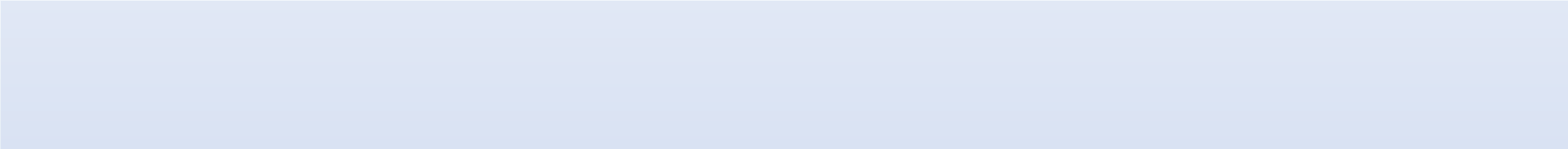




Amosite



Metodi	MOCF	SEM
VANTAGGI	Costi limitati Tempi rapidi Metodica ben standardizzata	Alto potere risolutivo Identificazione univoca delle fibre di amianto e del tipo mineralogico
SVANTAGGI	Basso potere risolutivo Non consente di riconoscere in maniera univoca le fibre d'amianto Elevata variabilità alle basse concentrazioni	Costi elevati Tempi relativamente lunghi
INDICAZIONI	Ambiente di lavoro	Ambiente di vita Ambiente esterno



I laboratori di analisi devono aderire ad un apposito programma di controllo di qualità, teso a verificare l' idoneità e l' affidabilità delle attività analitiche sull' amianto.

GRAZIE PER L'ATTENZIONE

