L’amianto e le attività del Centro Regionale di Microscopia Elettronica

Daniela de Bartolo

U.O. Centro Regionale di Microscopia Elettronica – ARPA Lombardia

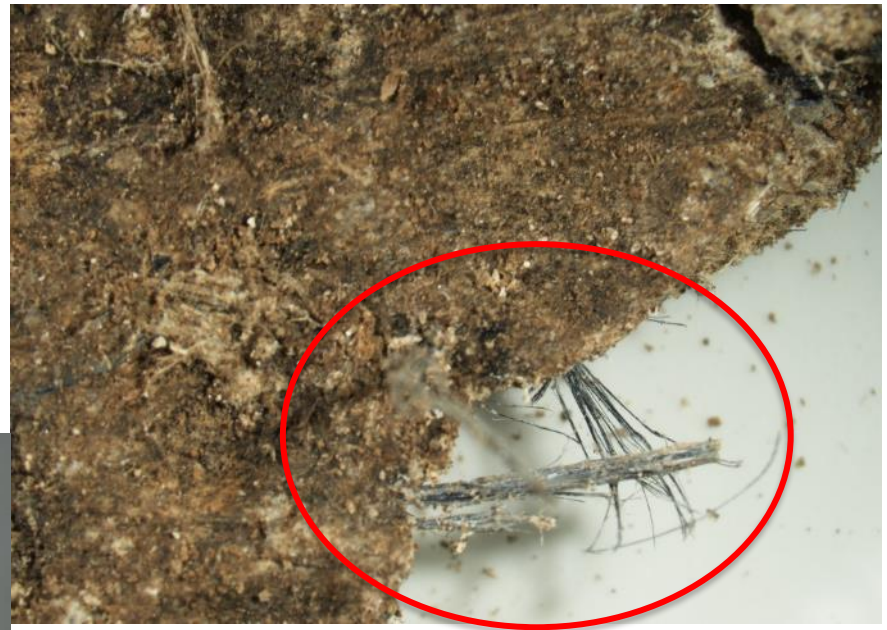
L'AMIANTO: cos'è

- L'amianto (o **asbesto**) è un insieme di minerali del gruppo degli inosilicati (serie degli anfiboli) e del gruppo dei fillosilicati (serie del serpentino).
- La normativa italiana individua 6 varietà:

Gruppo Mineralogico	**Nome commerciale**
Serpentino	**Crisotilo** (amianto bianco)
Anfibolo	**Crocidolite** (amianto blu) **Amosite** (amianto bruno) Tremolite, antofillite, actinolite

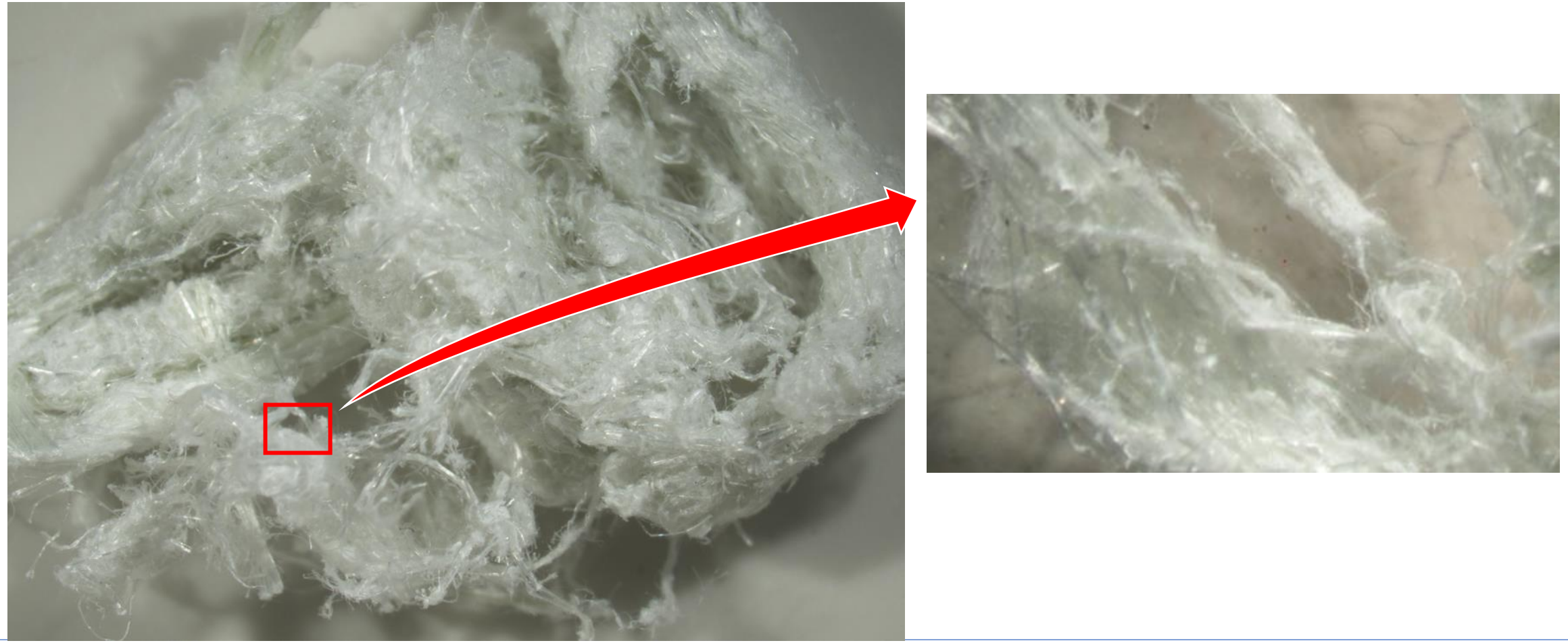
Sono evidenziate in neretto le varietà utilizzate **commercialmente**

attività analitica

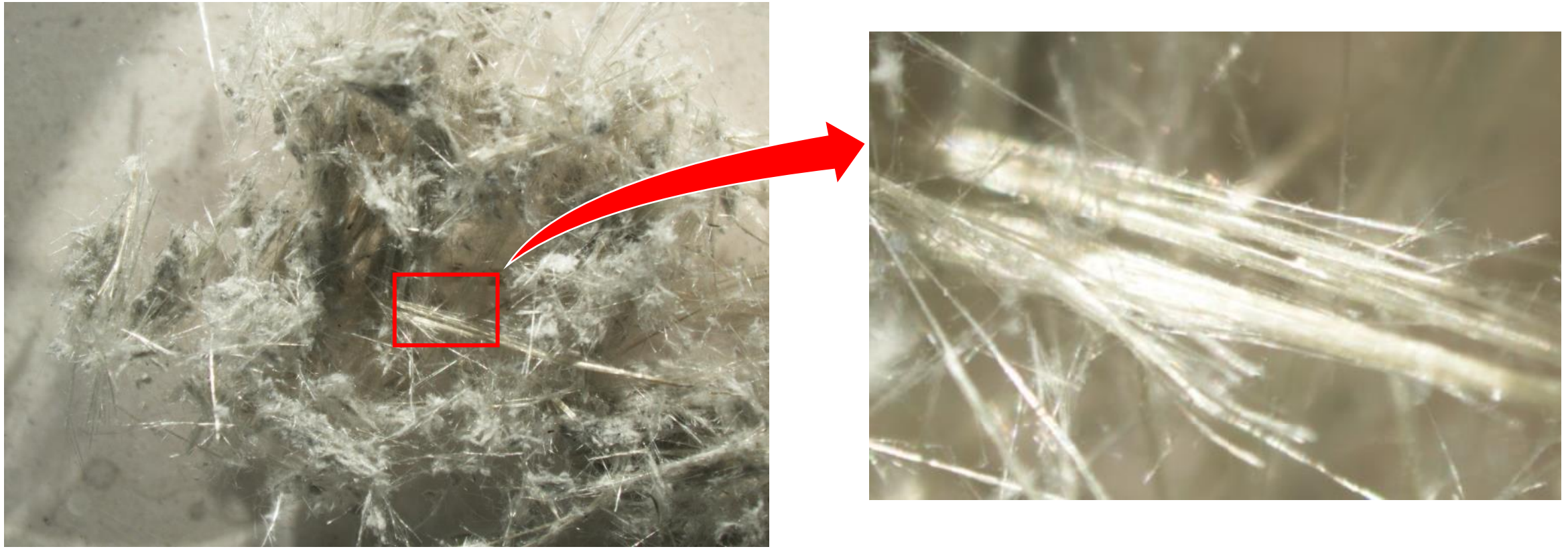


Il microscopio ottico stereo consente di individuare le fibre presenti.
Per l'identificazione CERTA occorre eseguire una analisi «strumentale» più specifica

Amianto crisotilo – amianto bianco

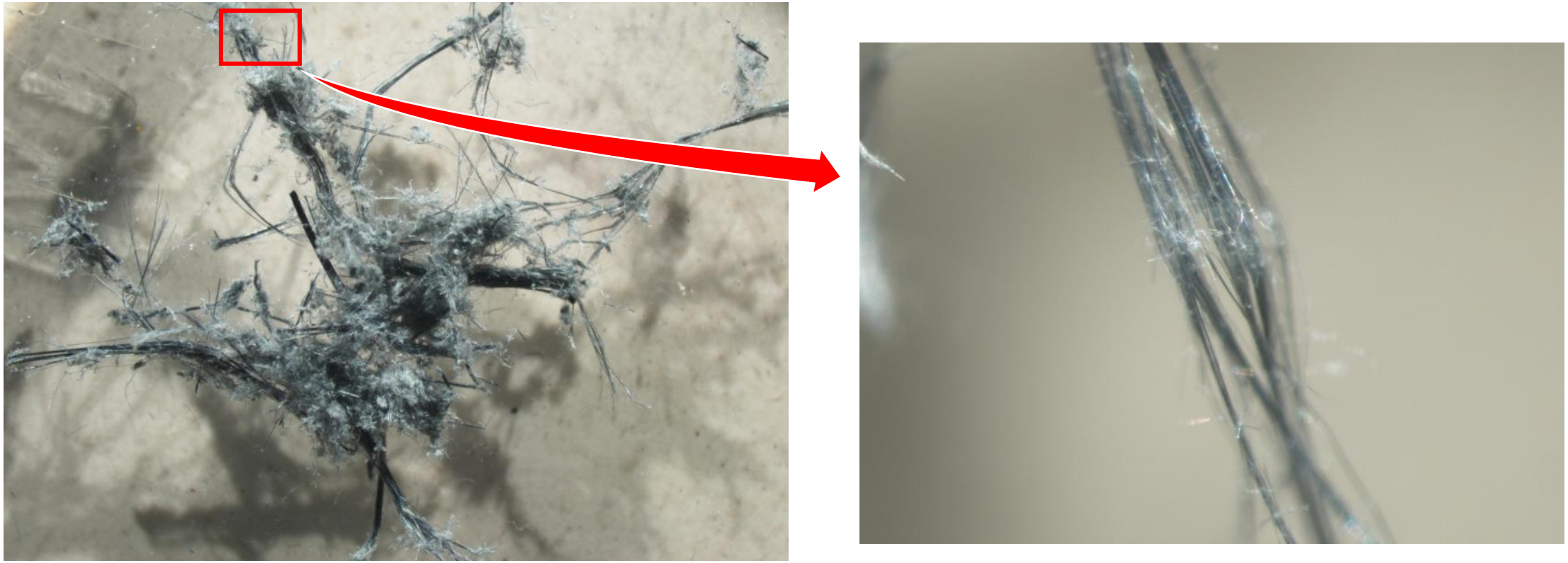


Amianto amosite – amianto bruno



L'AMIANTO

- Amianto crocidolite – amianto blu



L’AMIANTO

Caratteristiche chimico fisiche dell’amianto:

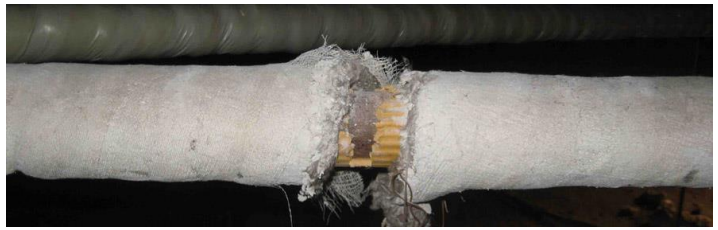
- Struttura fibrosa
- Ottima resistenza alla temperatura
- Ottima resistenza agli agenti chimici
- Ottime proprietà isolanti
- Estrema versatilità
- Basso costo

ampio utilizzo industriale, estese e svariate applicazioni edilizie/industriali e in prodotti di consumo

L’AMIANTO: alcuni esempi di utilizzo

Settore edilizio:

•prodotti in cemento-amianto: lastre, tubazioni, serbatoi, canne fumarie
•materiali spruzzati come rivestimento ignifugo
•intonaci con impasti applicati a cazzuola
•pavimenti in vinil-amianto (asbesto mescolato a polimeri)
•pannelli fonoassorbenti, pareti e controsoffitti
•massetti cementizi gettati in opera
•stucchi e collanti per pavimenti e piastrelle



Immagini dalla rete

L’AMIANTO: alcuni esempi di utilizzo

L’ex miniera di amianto di Balangero e Corio è un Sito di Bonifica di Interesse Nazionale ubicato 30 km a nord-ovest di Torino; all’interno di esso è stata effettuata l’estrazione di amianto di serpentino a partire dagli anni ’20 fino al 1990, anno del fallimento della Società Amiantifera di Balangero S.p.A. Il territorio occupato dal sito minerario comprende un’area montuosa di superficie pari a circa 400 ettari e un complesso industriale esteso su circa 40 mila metri quadrati. La storia industriale del sito si è sviluppata a cavallo dei due conflitti mondiali per divenire, negli anni ’70, una delle più moderne realtà industriali del settore, con una produzione media annua compresa tra 130 mila e 160 mila tonnellate di amianto, venduto per oltre il 60% sul mercato estero.

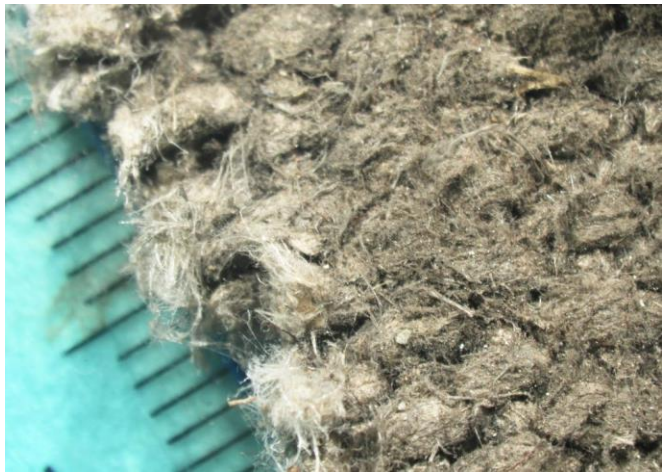
PIETRISCO FERROVIARIO – BALLAST

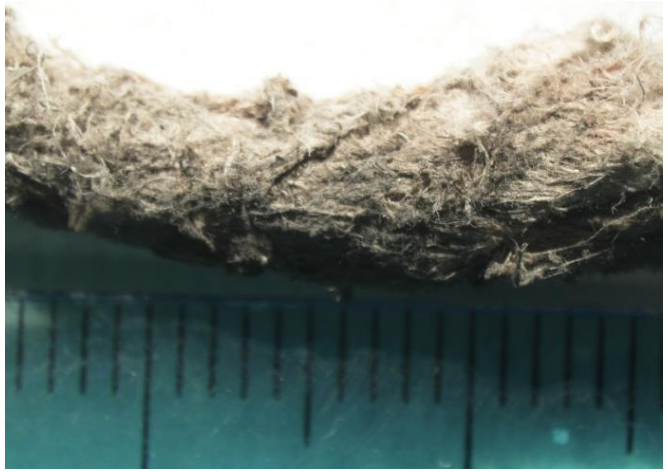
Per la realizzazione delle massicciate ferroviarie sono stati utilizzati gli «sterili» di Balangero (cava per l’amianto crisotilo)

Sterili : materiali di scarto, o residui, prodotti durante l'estrazione dell'amianto nella miniera di Balangero

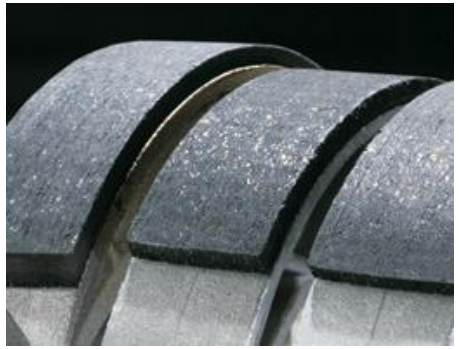
L’AMIANTO: alcuni esempi di utilizzo

Tessuti, corde e guarnizioni in amianto crisotilo





Frizioni e pastiglie dei freni in amianto



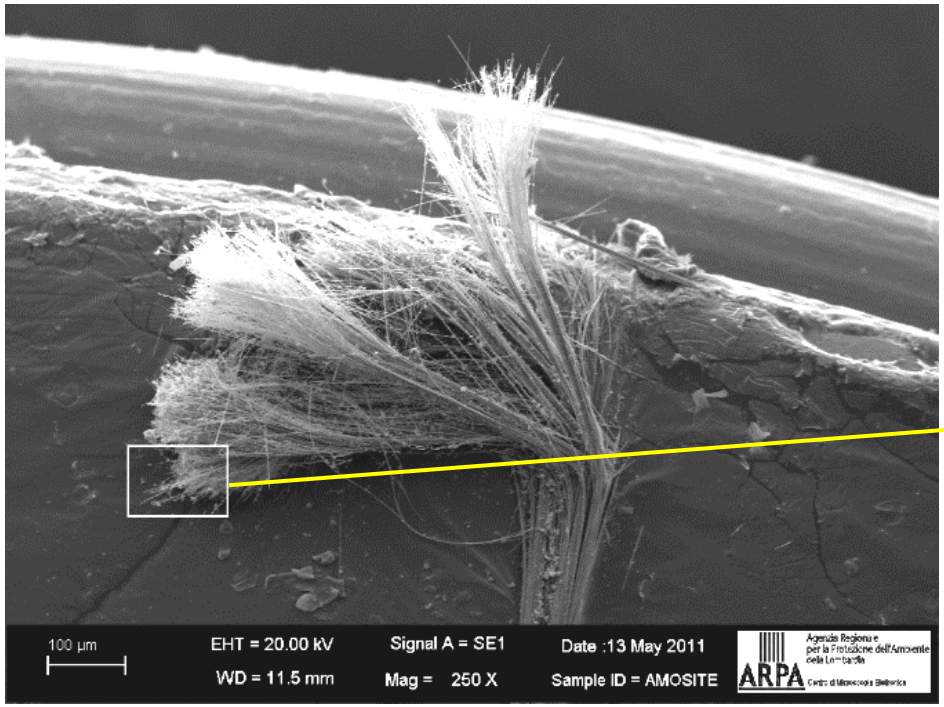
L’AMIANTO

- L’abbondante utilizzo nel secolo scorso ha reso l’amianto un **inquinante potenzialmente ubiquitario**

Immagini dalla rete

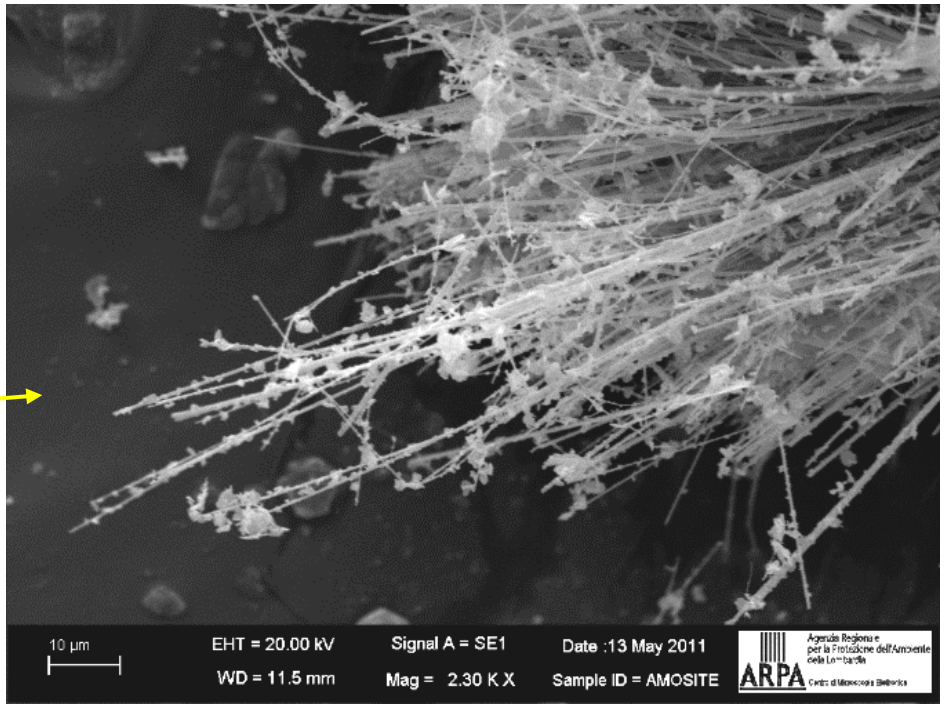
L’AMIANTO: la struttura fibrosa

- **FIBRA**: una fibra è una particella allungata con un rapporto lunghezza/diametro > 3:1
- L’amianto ha la capacità di sminuzzarsi in **fibre piccolissime**



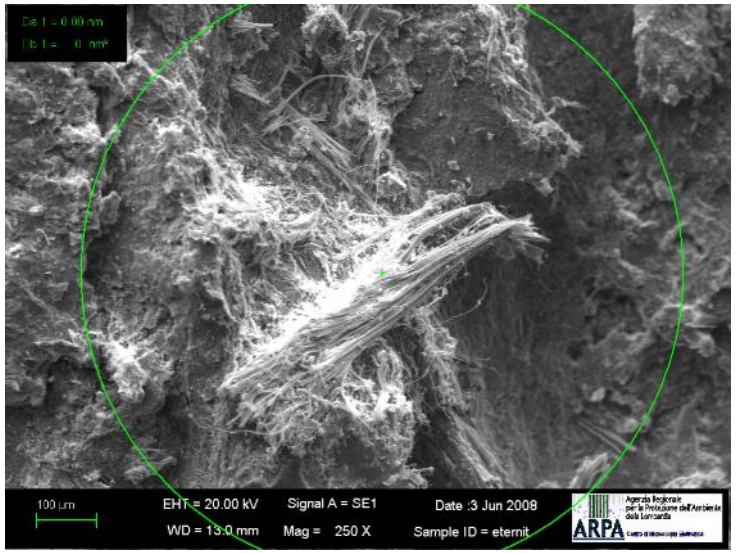
Fascio di anfibolo della dimensione di 1 capello

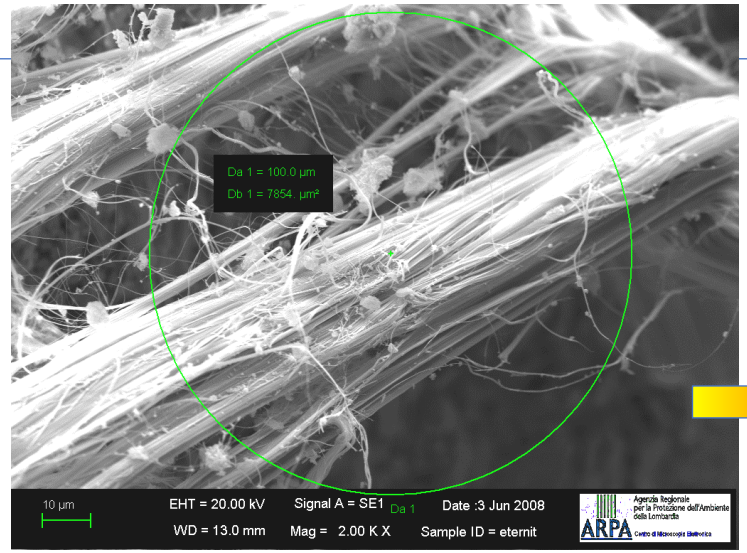
Il fascio risulta composto da milioni di fibre

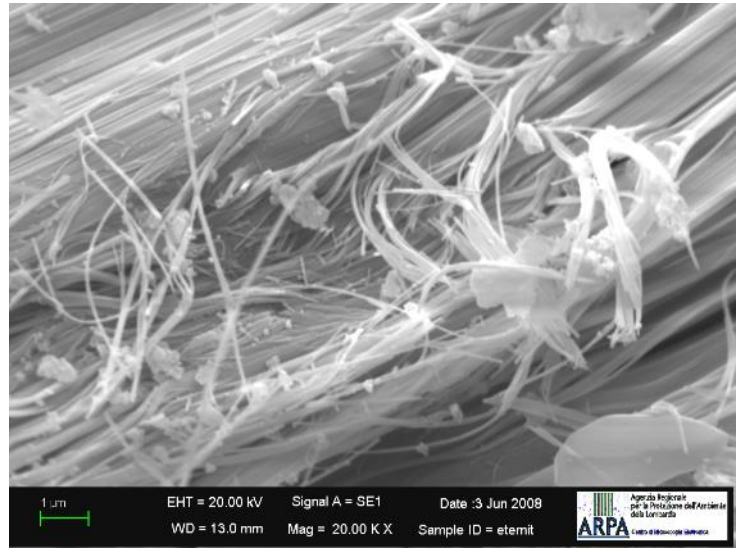


L’AMIANTO: la struttura fibrosa

Fascio di crisotilo
in copertura di
cemento-amianto







L’AMIANTO: perché è pericoloso?

- L’amianto ha la capacità di **sminuzzarsi in fibre piccolissime** che, se respirate, raggiungono gli alveoli polmonari
- L’esposizione a fibre di amianto può determinare **effetti patogeni** che si manifestano prevalentemente a carico dell’apparato respiratorio.
- Principali **patologie asbesto-correlate**:
  - Mesotelioma pleurico (tumore della pleura)
  - Tumore al polmone
  - Asbestosi (malattia polmonare cronica causata dall'inalazione di fibre di amianto, che porta alla formazione di cicatrici nel tessuto polmonare. Può causare difficoltà respiratorie, tosse persistente e, in alcuni casi, complicanze più gravi come il cancro ai polmoni o il mesotelioma).

L’amianto è un **CANCEROGENO** certo per l’uomo

L’AMIANTO: Norma relativa alla cessazione dell'impiego dell'amianto

- Legge 257/92 : Norme relative alla cessazione dell’impiego dell’amianto
- **Art. 1**
- 1. La presente legge concerne l'estrazione, l'importazione, la lavorazione, l'utilizzazione, la commercializzazione, il trattamento e lo smaltimento, nel territorio nazionale, nonchè l'esportazione dell'amianto e dei prodotti che lo contengono e **detta norme per la dismissione dalla produzione e dal commercio, per la cessazione dell'estrazione, dell'importazione, dell'esportazione e dell'utilizzazione dell'amianto e dei prodotti che lo contengono, ...**
- 2. A decorrere da trecentosessantacinque giorni dalla data di entrata in vigore della presente legge **sono vietate l'estrazione, l'importazione, l'esportazione, la commercializzazione e la produzione di amianto, di prodotti di amianto o di prodotti contenenti amianto**, ...

Il Centro di Microscopia Elettronica di ARPA Lombardia

- Presso ARPA Lombardia è operativo il

  Centro Regionale di Microscopia Elettronica:

  - **Centro regionale di riferimento per le analisi sull'amianto**
  - Centro regionale di riferimento per la **qualifica ai sensi del**

    DM 14/5/96 dei Laboratori lombardi pubblici e privati che eseguono analisi sull'amianto
  - Accreditato ai sensi della norma 17025 **su 9 metodi**

Le tecniche analitiche per l'analisi dell'amianto e delle FAV

Tecniche di microscopia

- microscopio ottico stereo
- MOLP: Microscopia Ottica a Luce Polarizzata
- MOCF: Microscopia Ottica in Contrasto di Fase
- SEM-EDS: Microscopia Elettronica a Scansione
- TEM: Microscopia Elettronica a Trasmissione

Strumento «indispensabile» per matrice solida: rifiuti , suoli

Per tutte le matrici; tecniche principali per matrici aria, acqua e biologica

Altre tecniche

- FTIR: Spettroscopia infrarosso a trasformata di Fourier
- DRX: diffrattometria raggi x

Analisi strumentali quantitative: per campioni solidi, rifiuti

Il Centro di Microscopia Elettronica di ARPA Lombardia

Microscopio ottico stereo

è uno strumento cardine per l'analisi dei campioni in massa, rifiuti e materiali da costruzione. L'analisi dei campioni solidi deve SEMPRE partire da una attenta osservazione del campione al microscopio ottico.

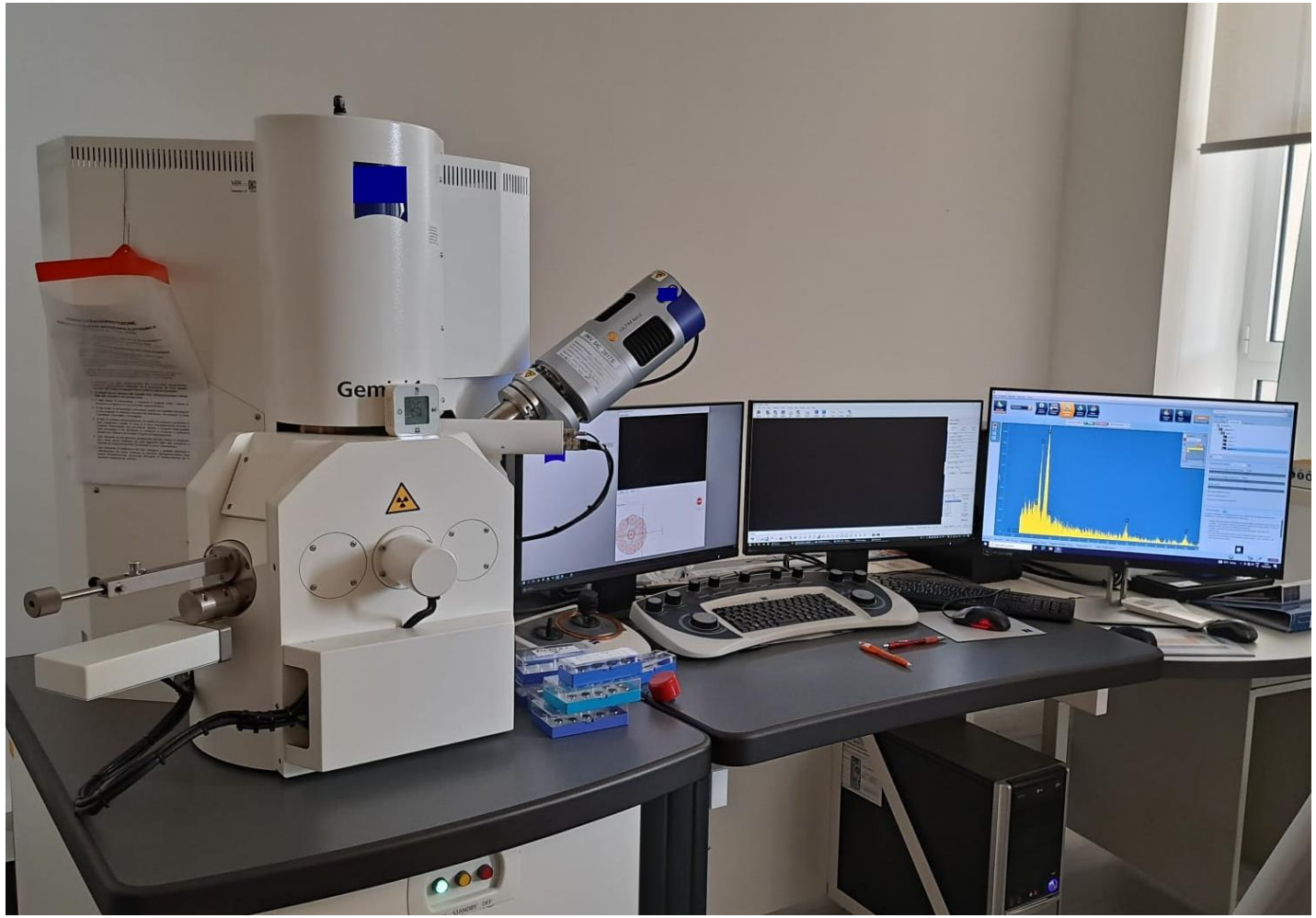
Microscopio Ottico con Contrasto di Fase MOCF

permette di visualizzare campioni biologici non colorati o di piccole dimensioni che sarebbero altrimenti invisibili al microscopio a campo chiaro

Il Centro di Microscopia Elettronica di ARPA Lombardia

Microscopio Elettronico a Scansione con microanalisi a RX di fluorescenza (SEM-EDS) sono 2 strumenti interfacciati

- I due strumenti utilizzano **due diversi tipi** di particelle che si producono nella interazione degli elettroni del fascio primario con il campione
  - **SEM**: microscopio elettronico a scansione → e^- secondari
  - **EDS**: microanalisi a RX di fluorescenza a dispersione di energia → raggi X



SEM-EDS: la Microscopia Elettronica a Scansione - SEM

Fascio di elettroni generato dalla sorgente ed accelerato attraverso la colonna

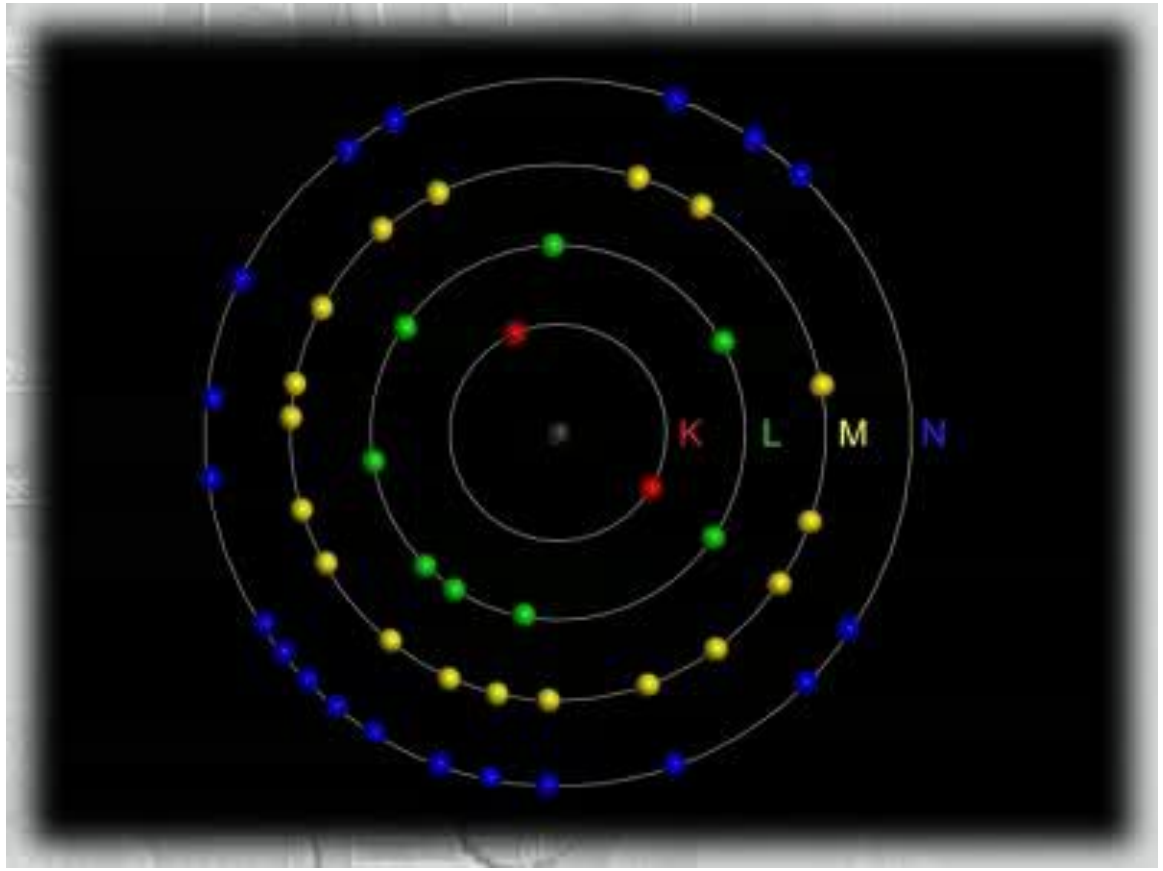
scansiona la superficie del campione.

In ogni punto della scansione l'interazione tra fascio e campione, produce dei segnali che vengono sfruttati dai detector presenti nel SEM per generare le immagini

Filmati prodotti da Oxford

SEM-EDS: la Microscopia Elettronica a Scansione - EDS

La **microanalisi a raggi X permette analisi qualitative** degli elementi contenuti nel punto di interazione del fascio di elettroni con il campione



Una particella rilascia la sua energia ad un elettrone dell'atomo. Si crea così una lacuna che viene colmata da un elettrone dei livelli energetici più esterni.

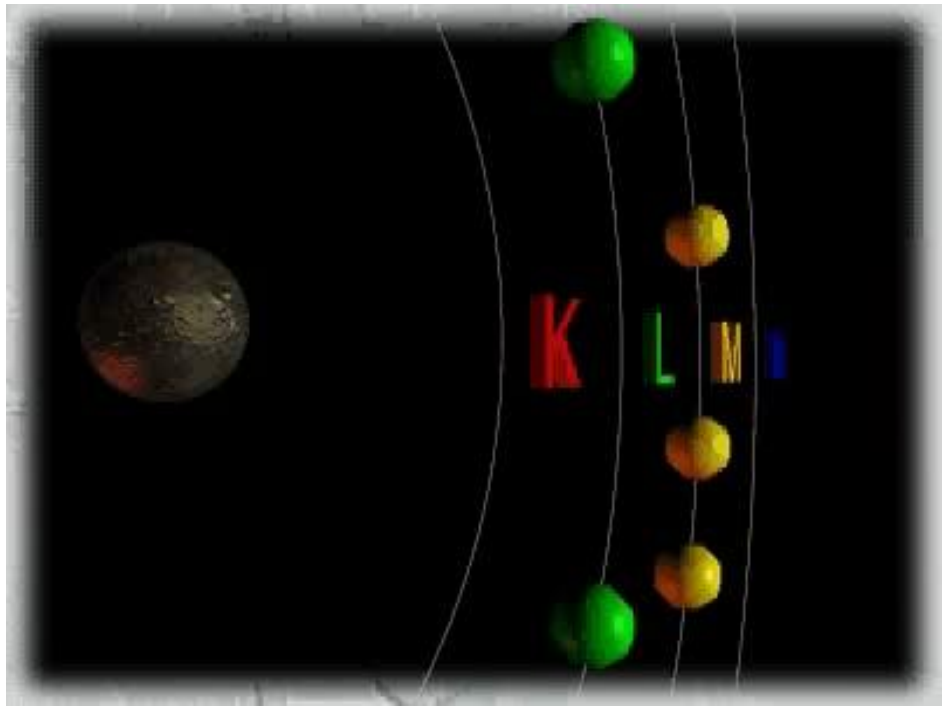
Il passaggio di un e- ad un livello energetico più interno comporta l'emissione di fotoni (raggi X) con energia pari alla differenza tra i due livelli energetici coinvolti.

L'energia dei raggi X emessi è dunque «caratteristica» dell'atomo (Z) perché dipende dei livelli energetici degli elettroni.

L'analisi dei raggi X emessi ci consente di capire qual è la **composizione elementale** del campione.

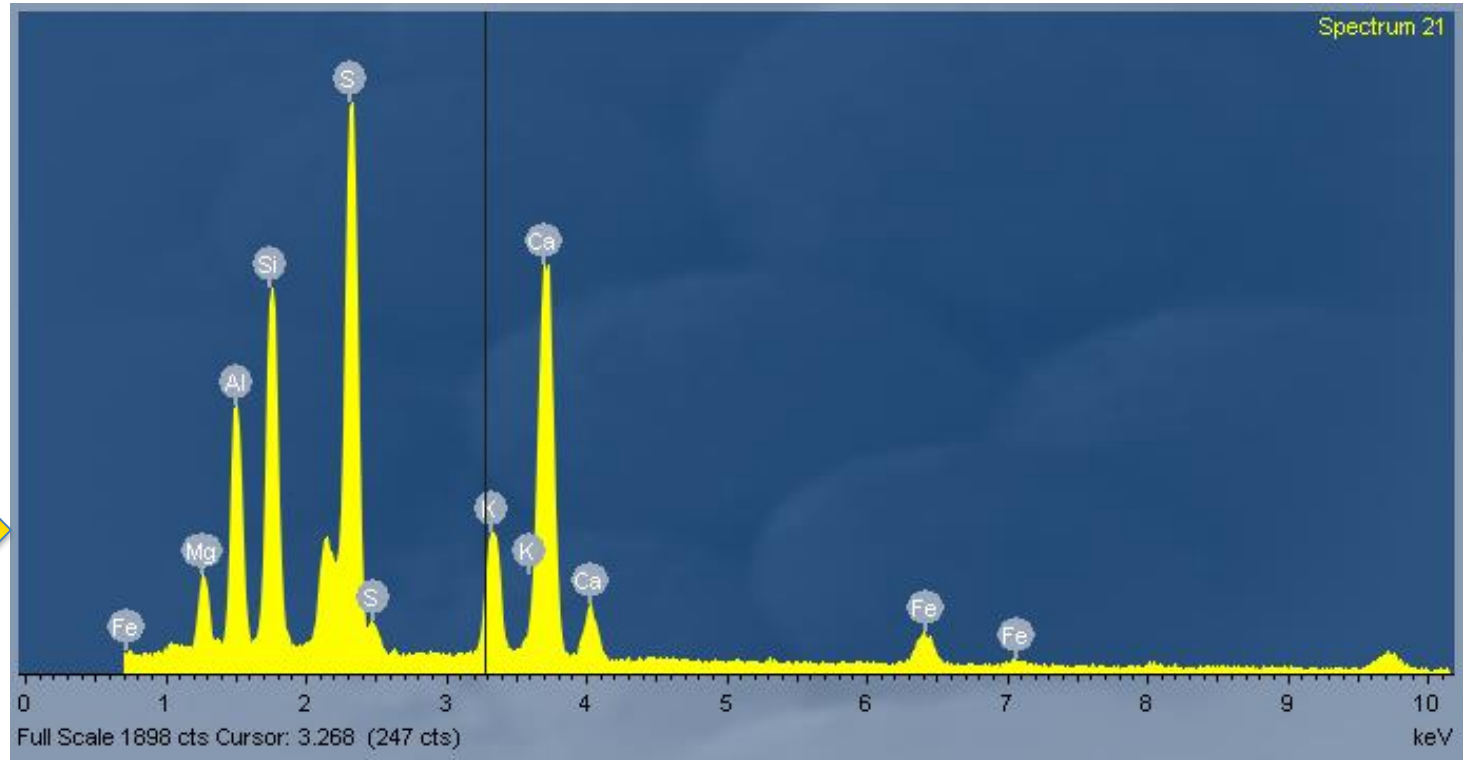
Filmati prodotti da Oxford

SEM-EDS: la Microscopia Elettronica a Scansione - EDS



Lo spettro X: in ascissa l'energia dei raggi X emessi (keV) e in ordinata l'intensità (il n. di raggi X emessi a quell'energia).

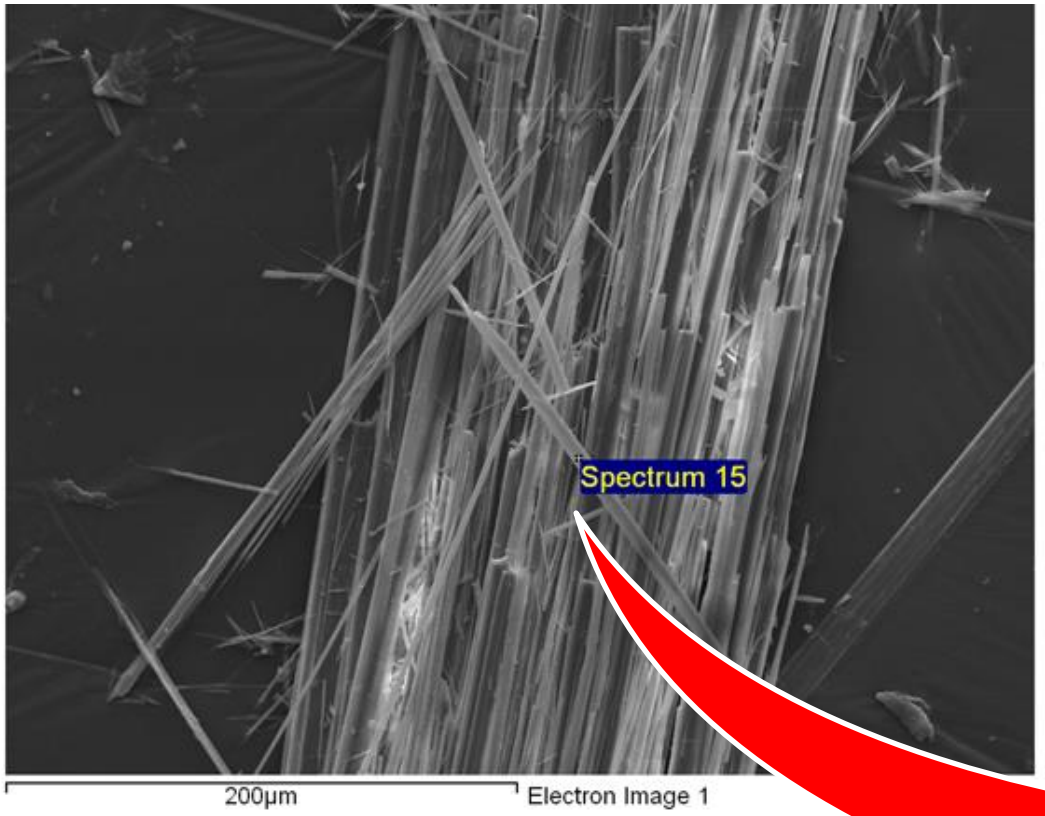
Energia dei raggi X = energia cinetica
Legge d Planck: $E_K = e \cdot V = h \cdot \nu$



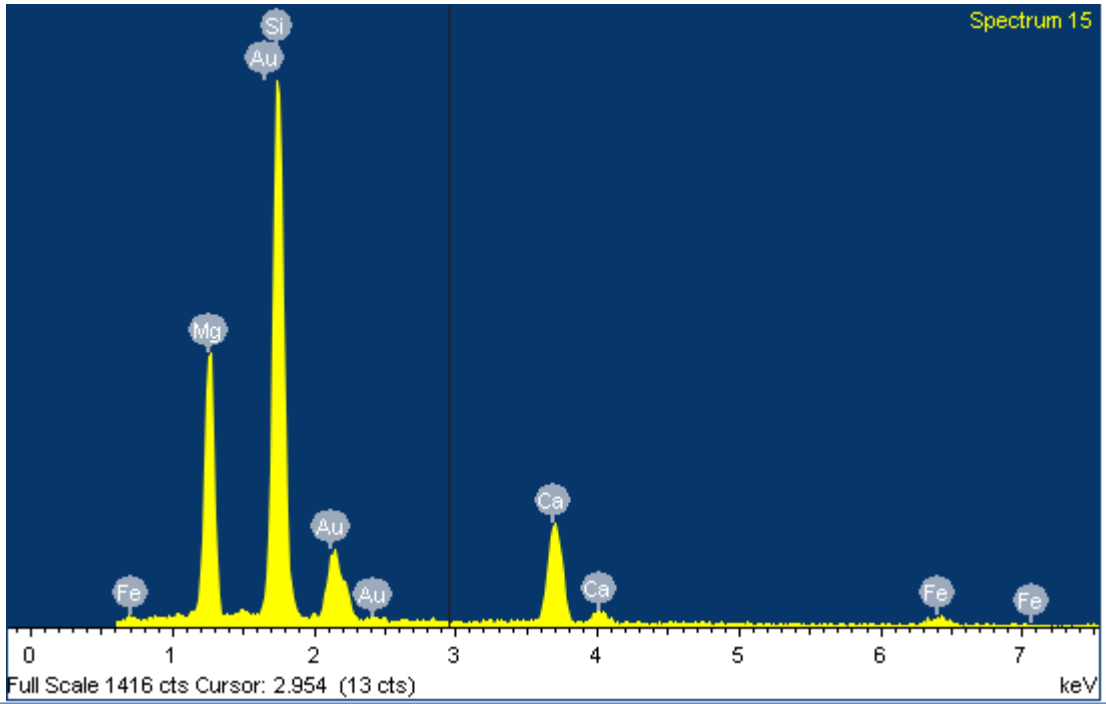
ATTENZIONE: la microanalisi non ci dice nulla su come sono chimicamente legati gli elementi

Foto da Oxford

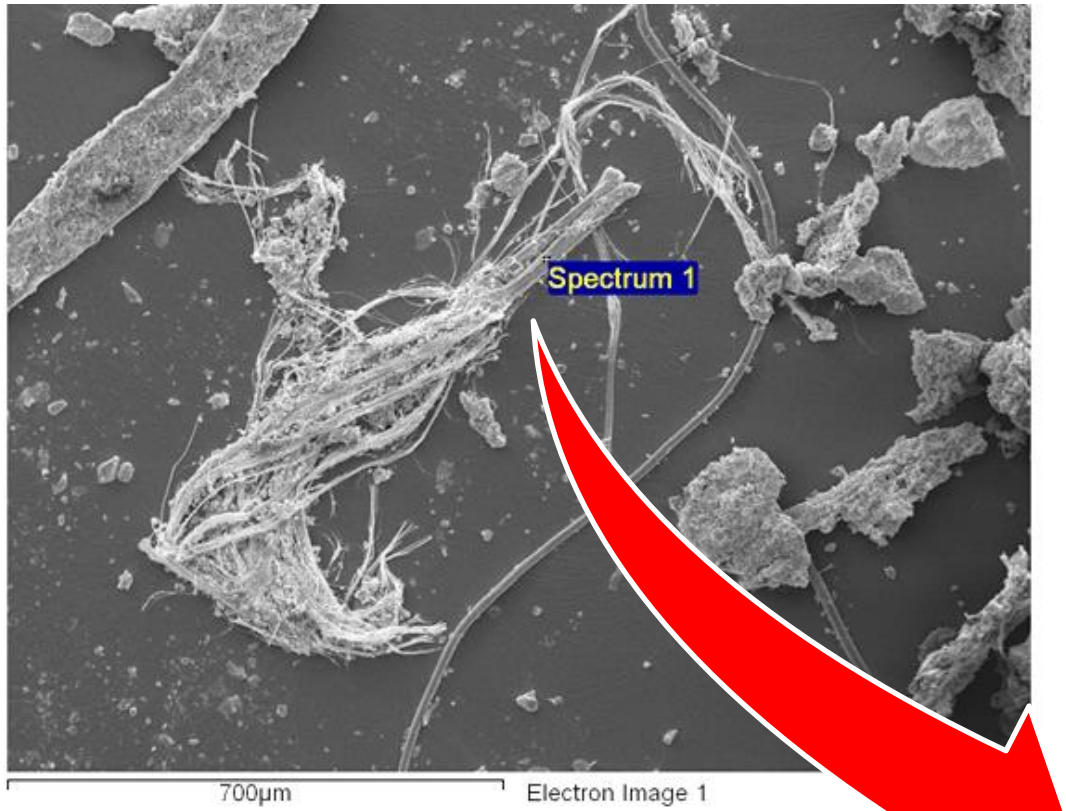
SEM-EDS: la Microscopia Elettronica a Scansione



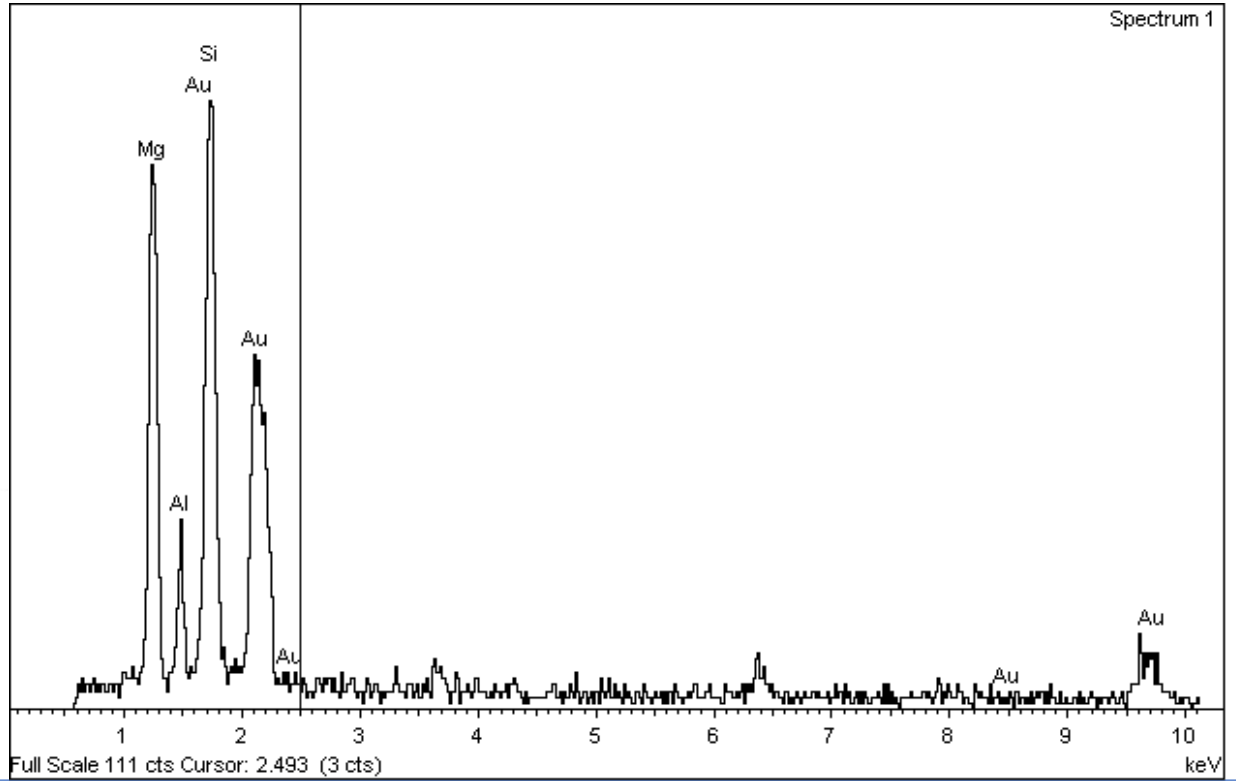
Fascio di amianto della varietà actinolite



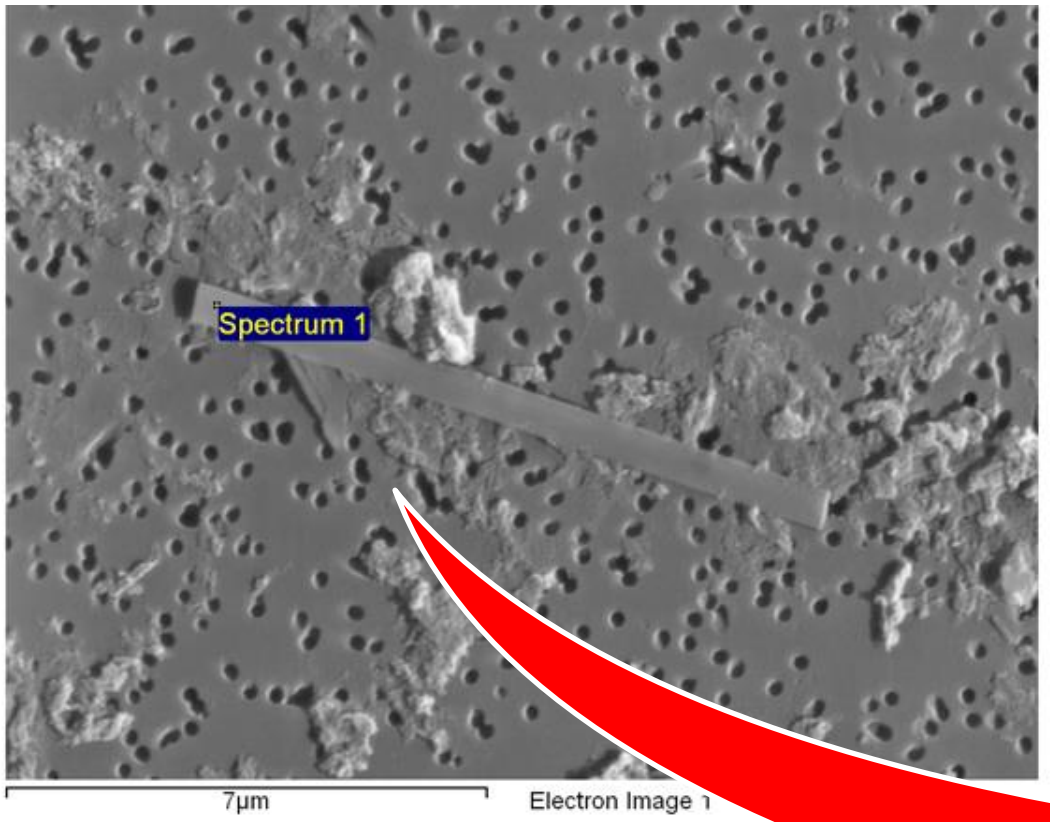
SEM-EDS: la Microscopia Elettronica a Scansione



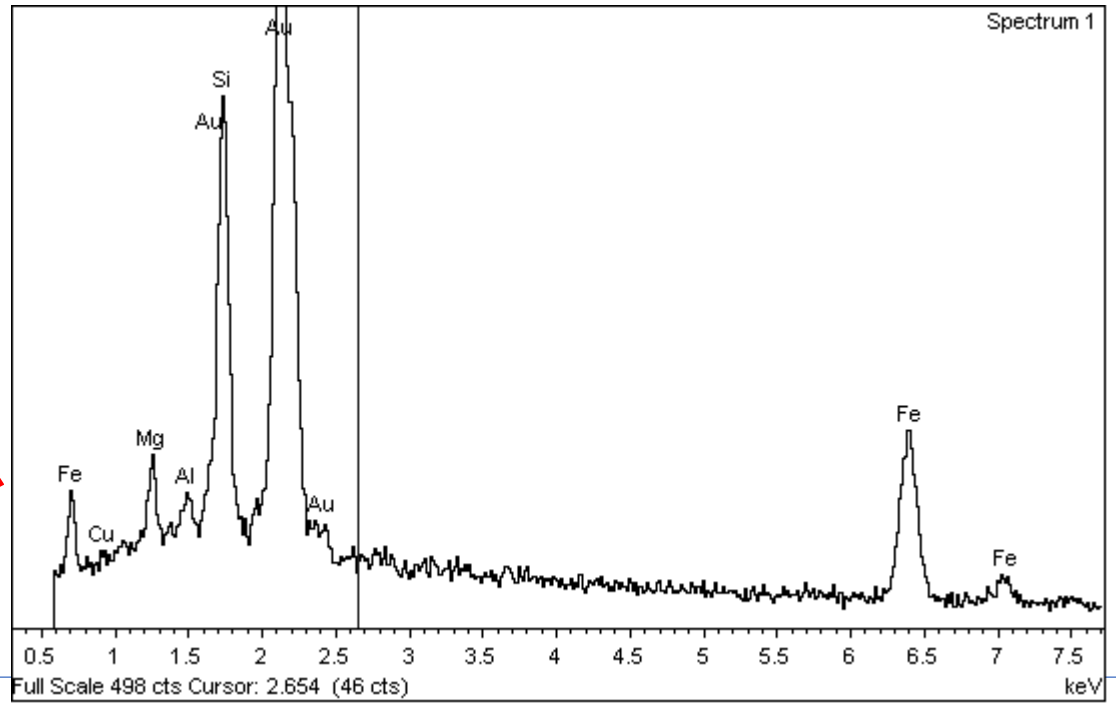
Fascio di amianto crisotilo



SEM-EDS: la Microscopia Elettronica a Scansione

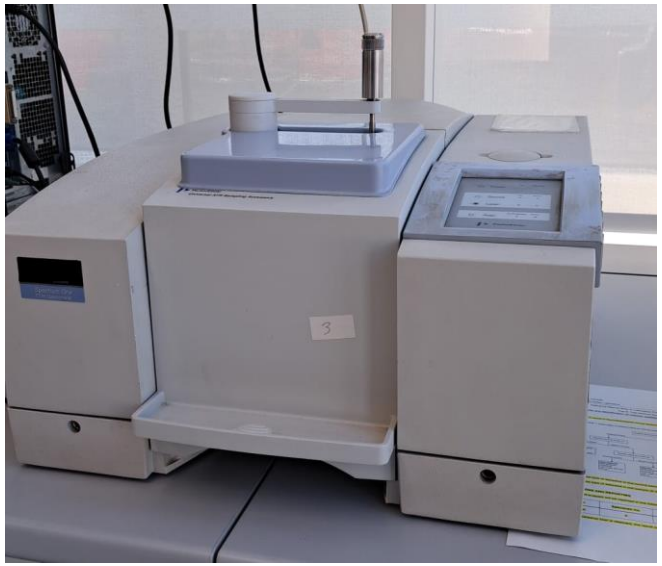


Fibra di amianto amosite



Il Centro di Microscopia Elettronica di ARPA Lombardia

FTIR: Spettroscopia infrarosso a trasformata di Fourier



DRX diffrattrometria raggi x

Il Centro di Microscopia Elettronica di ARPA Lombardia: attività analitica

MATRICE		Obiettivo / Normativa	LIMITE LEGGE	TECNICA
SOLIDO	Rifiuti/campioni massivi (materiale da costruzione, coibenti, pavimenti vinilici, ecc)	TU 152/06: Norme in materia ambientale (Classificazione del rifiuto)	1000 ppm	SEM-EDS MOLP-DC DRX - FTIR
	Pietre verdi-Ballast attività estrattiva	DM 14/05/96: Normative e 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"	0,1% in peso	
	Terreni Bonifica siti contaminati	TU 152/06: Norme in materia ambientale	1000 ppm	SEM-EDS DRX
LIQUIDO	Acqua		no limiti	SEM-EDS
ARIA	Aria Fibre di amianto aerodisperse	Valutazione esposizione. TU 81/08 - Testo unico sulla sicurezza. DM 6/9/94 Normative e metodologie tecniche di applicazione dell'art. 6, comma 3, e dell'art. 12, comma 2, della legge 27 marzo 1992, n. 257, relativa alla cessazione dell'impiego dell'amianto. (restituibilità e controlli ambientali)	2 ff/l (100 ff/l)	SEM-EDS MOCF
BIOLOGICA	tessuto polmonare, altri tessuti biologici	Valutazione esposizione	1.000.000 ff/g secco	SEM-EDS MOCF

metodi accreditati

Riferimento normativo per analisi amianto

Decreto Ministeriale del **06/09/1994 « Normative e metodologie tecniche di applicazione dell'art. 6, comma 3, e dell'art. 12, comma 2, della legge 27 marzo 1992, n. 257, relativa alla cessazione dell'impiego dell'amianto»** GU Serie Generale n.220 del 20-09-1994 - Suppl. Ordinario n. 129 - ripubblicato su : GU. Suppl. Ordin. n° 288 del 10/12/1994

- ALLEGATO 1. - DETERMINAZIONE QUANTITATIVA DELL'AMIANTO IN CAMPIONI IN MASSA (DRX e SEM)

- ALLEGATO 2. - DETERMINAZIONE QUANTITATIVA DELLE CONCENTRAZIONI DI FIBRE DI AMIANTO AERODISPERSE IN AMBIENTI INDOOR.

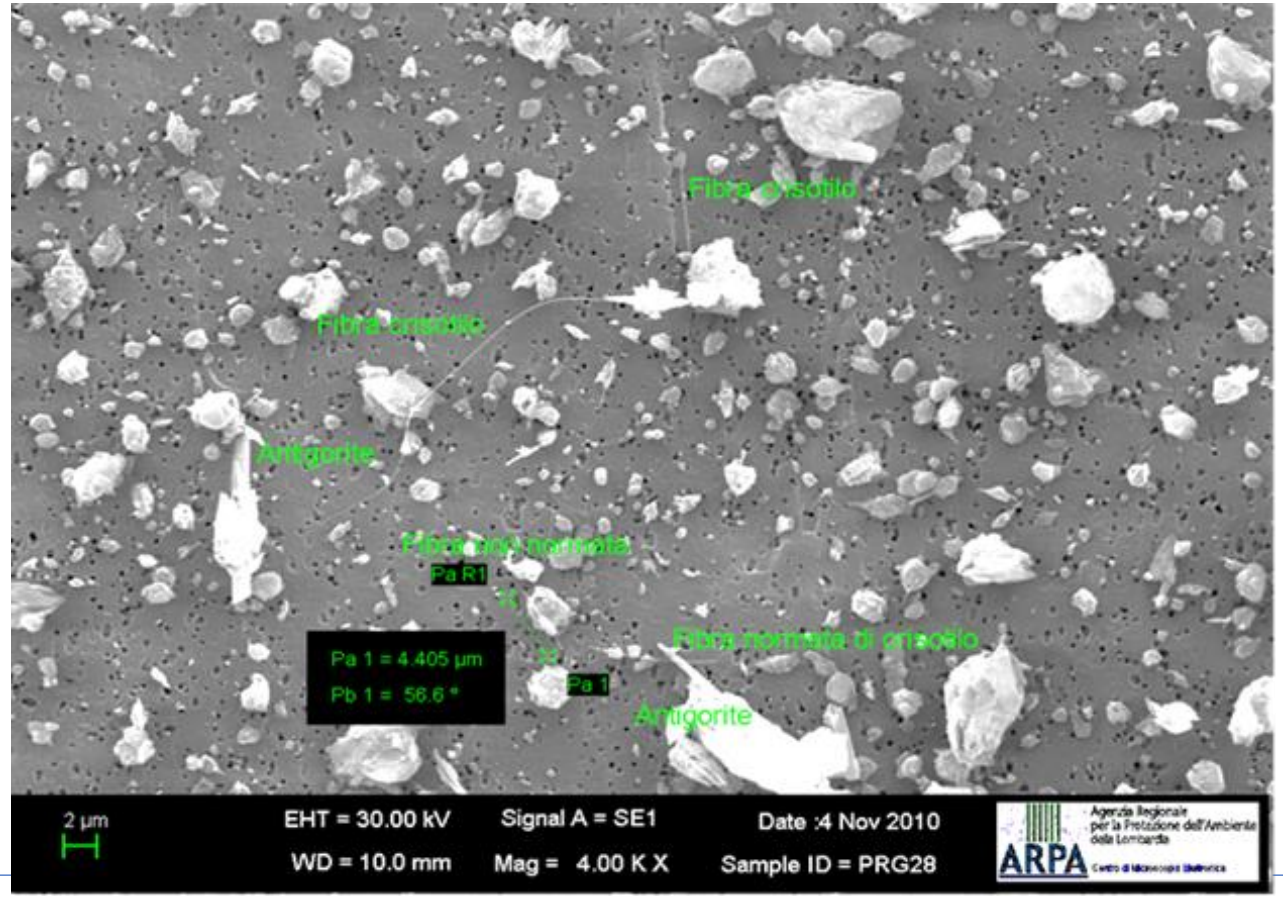
  A) Microscopia ottica in contrasto di fase (MOCF).

  B) Microscopia elettronica a scansione (SEM).

- ALLEGATO 3. - IDENTIFICAZIONE QUALITATIVA DELLE FIBRE DI AMIANTO MEDIANTE LA TECNICA DELLA DISPERSIONE CROMATICA IN MICROSCOPIA OTTICA.

Il Centro di Microscopia Elettronica di ARPA Lombardia: attività analitica

- **Matrice aria**: la valutazione delle fibre di amianto aerodisperse è fondamentale in quanto fornisce una stima diretta della possibile esposizione da fibre di amianto per l'uomo.
- Per la normativa italiana sono rilevanti le **fibre normate**:
  - Lunghezza > 5 µm,
  - diametro inferiore a 3 µm,
  - rapporto L/D>3



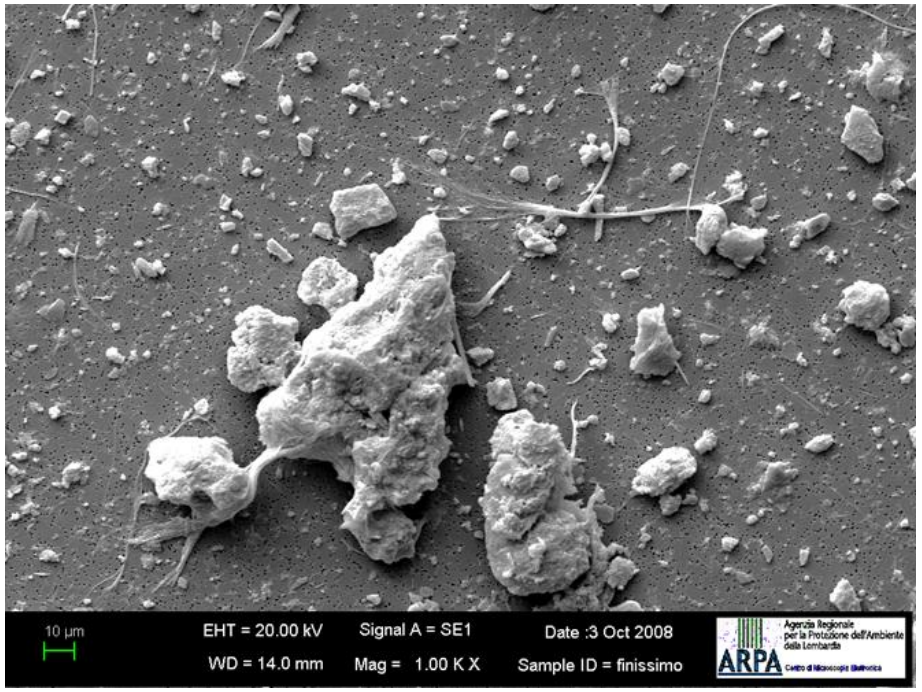
Amianto – in aria

DISCIPLINA	MATRICE	ANALITA	TECNICA	TIPO	CODICE	METODO UFFICIALE	TITOLO
conteggio quantitativo fibre corpuscoli su filtro - MOCF	aria	fibre	MOCF	QUANTITATIVO	PD.MIL.030	DM 06/09/1994 All 2 A	DM 06/09/1994 All 2 A GU SO n° 288 18/12/1994 ANALISI QUANTITATIVA FIBRE AERODISPERSE CON MICROSCOPIO OTTICO CON CONTRASTO DI FASE (MOCF) (escluso campionamento)
conteggio quantitativo fibre su membrana filtrante con sem eds	aria	AMIANTO	SEM-EDS	QUANTITATIVO	PD.MIL.029	DM 06/09/1994 All 2 B (escluso campionamento)	DM 06/09/1994 GU SO n° 288 10/12/1994:All 2 B:ANALISI QUANTITATIVA FIBRE DI AMIANTO NORMATE AERODISPERSE CON MICROSCOPIO ELETTRONICO A SCANSIONE
conteggio quantitativo fibre su membrana filtrante con sem eds	aria	AMIANTO /FAV	SEM-EDS	QUANTITATIVO	PD.MIL.032	Rapporti ISTISAN 2015/05 (escluso campionamento)	Rapporto ISTISAN 15/5: Strategie per determinare la concentrazione di fibre di amianto e fibre artificiali vetrose aerodisperse in ambiente indoor (escluso campionamento).
conteggio quantitativo fibre su membrana filtrante con sem eds	aria	AMIANTO	SEM-EDS	QUANTITATIVO	MT.MIL.011	METODO INTERNO (DM 6/9/94 allegato 2b	ANALISI QUANTITATIVA FIBRE DI AMIANTO AERODISPERSE >1 µm CON MICROSCOPIO ELETTRONICO A SCANSIONE (escluso campionamento)

Il Centro di Microscopia Elettronica di ARPA Lombardia: attività analitica

- Matrice terreno/riporto/rifiuto in matrice sciolta
- Preparazione lunga che prevede diverse fasi:
  - Essiccatura, setacciatura a 2 mm, analisi del sopravaglio, analisi del sottovaglio

Rifiuto in matrice sciolta con frammento di cemento-amianto.



Stesso campione preparato per analisi SEM-EDS

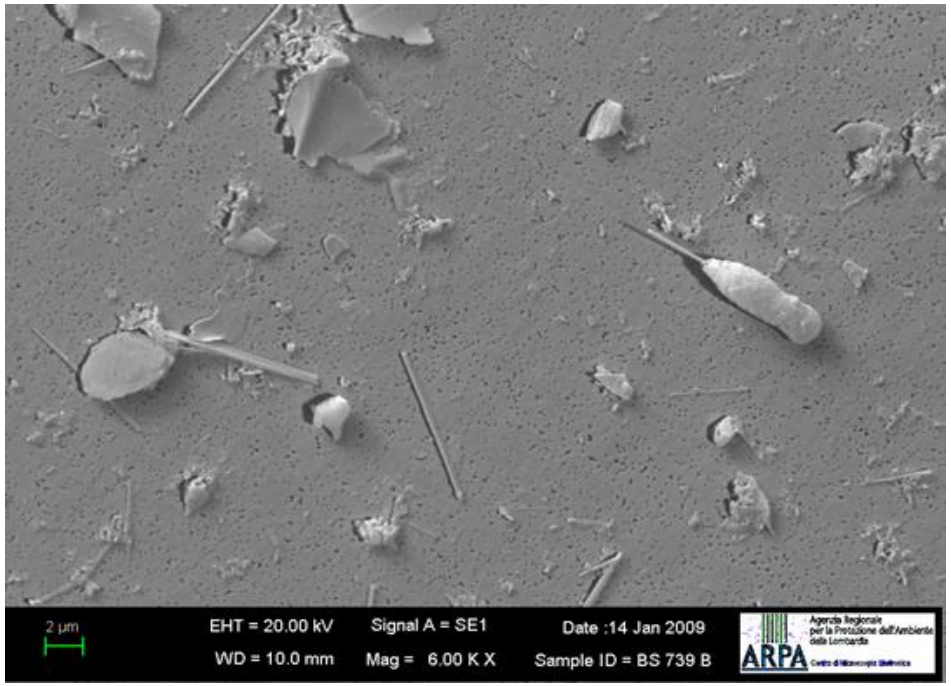
Amianto – in solido

DISCIPLINA	MATRICE	ANALITA	TECNICA	TIPO	CODICE	METODO UFFICIALE	TITOLO
misura dimensioni fibre con SEM	terreno/rifiuto	AMIANTO	M,MOLP, SEM FTIR (per sopravaglio) SEM-EDS (per il sottovaglio)	QUANTITATIVO	MT.MIL.007		ANALISI QUANTITATIVA SUL CONTENUTO DI AMIANTO IN TERRENO, RIFIUTO IN MATRICE SCIOLTA, TERRE E ROCCE DA SCAVO (DLgs. 152/06) E IN MATERIA PRIMA SECONDARIA (DM 25/02/98)
analisi qualitativa Massivi -polvere con SEM EDS	Solido	AMIANTO	SEM-EDS	QUALITATIVO	MT.MIL.003	DM 06/09/1994 All 2 B	ANALISI QUALITATIVA CONTENUTO DI AMIANTO IN CAMPIONE MASSIVO CON MICROSCOPIO ELETTRONICO A SCANSIONE
analisi qualitativa Massivi -polvere con SEM EDS	solido	AMIANTO/particelle	SEM-EDS	QUALITATIVO	MT.MIL.006		ANALISI QUALITATIVA DI TAMPONE CON SEM-EDS
Analisi in dispersione cromatica	rifiuto	AMIANTO	MOLP-MOCF	QUALITATIVO	PD.MIL.033	DM 06/09/1994 GU n 288 10/12/1994 All 3	DM 06/09/1994 GU SO n° 288 10/12/1994: All 3: IDENTIFICAZIONE QUALITATIVA DELLE FIBRE DI AMIANTO MEDIANTE LA TECNICA DELLA DISPERSIONE CROMATICA IN MICROSCOPIA OTTICA

Il Centro di Microscopia Elettronica di ARPA Lombardia: attività analitica

- **Matrice biologica**: tessuto polmonare umano per la valutazione della pregressa esposizione

Corpuscolo dell'asbesto in MOCF



Fibre e corpuscoli dell'asbesto in tessuto polmonare al SEM

I **corpuscoli** sono fibre di amianto rivestite a strati da un sostanza ferro-proteina-mucopolisaccaride.
Rappresentano la risposta del corpo alle fibre di amianto, che vengono riconosciute come corpi estranei e vengono circondate da materiale proteico e ferro.

in tessuto biologico

DISCLIPLINA	matrice	ANALITA	TECNICA	TIPO	NC	metodo ufficiale	titolo
conteggio quantitativo fibre su membrana filtrante con sem eds	tessuto polmonare	AMIANTO	SEM-EDS	QUANTITATIVO	MT.MIL.005		ANALISI CONTENUTO DI FIBRE DI AMIANTO NEL TESSUTO POLMONARE
conteggio quantitativo fibre corpuscoli su filtro - MOCF	tessuto polmonare	AMIANTO - corpuscoli	MOCF	QUANTITATIVO		ISTISAN 17/12	ISTISAN 17/12 ISTITUTO SUPERIORE DI SANITÀ Corpuscoli dell'asbesto nel tessuto polmonare umano e liquidi biologici: metodo analitico e atlante fotografico
conteggio quantitativo fibre su membrana filtrante con sem eds	tessuto polmonare	FAV	SEM-EDS	QUANTITATIVO	MT.MIL.009		ANALISI SUL CONTENUTO DI FIBRE NEL TESSUTO POLMONARE

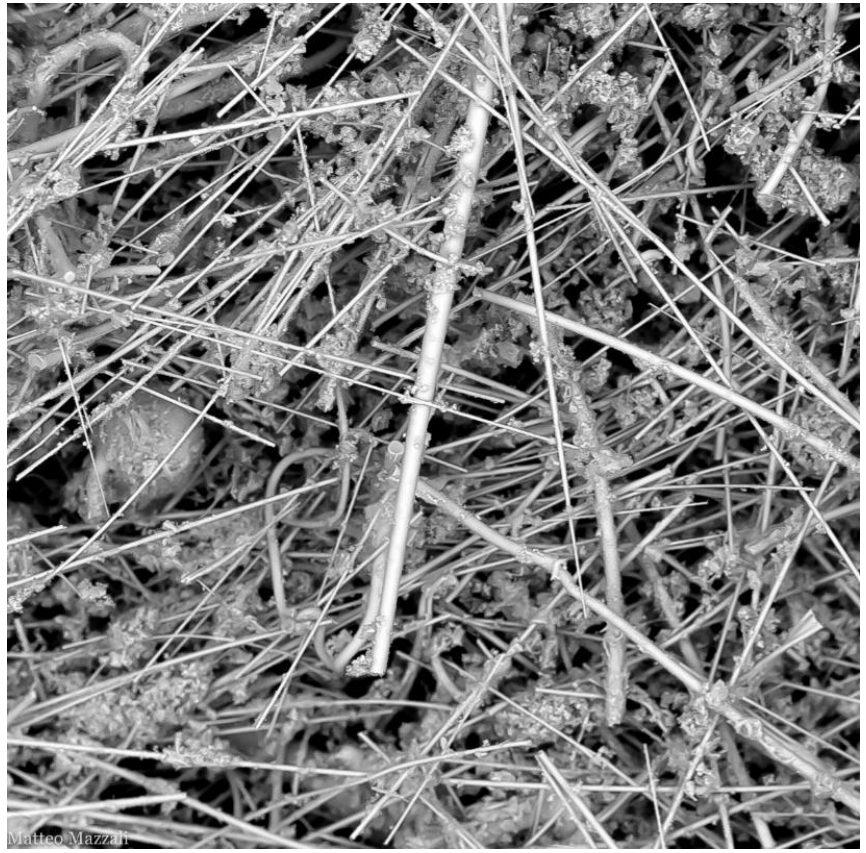
Le Fibre Artificiali Vetrose (FAV)

Le FAV (Fibre Artificiali Vetrose), o MMMF (man-made mineral fibres), o MMVF (man-made vetrous fibres), sono ampiamente utilizzate in edilizia e in ambito industriale per le loro proprietà di isolamento, acustico e termico.

Maggior utilizzo dopo la messa al bando dell'amianto, con il quale talvolta si trovano associati (es. rivestimento tubazioni).

Negli ultimi anni, è aumentata la sensibilità relativamente alla loro pericolosità per la salute in ambito produttivo e relativamente a lavori di manutenzione o rimozione di manufatti degradati.

irritazione cutanea e delle mucose, se il materiale viene reso polverulento.



NON AMIANTO: le Fibre Artificiali Vetrose

Le fibre vetrose hanno morfologia diversa dall'amianto, composizione chimica diversa e assenza di struttura cristallina

Le Fibre Artificiali Vetrose (FAV)

Nomenclatura:	11	A	C	21	F	G	34	22	RCF 1	X 607	Isofrax
Classe:	Vetro	Vetro	Vetro	Roccia	Roccia	Roccia	Roccia	Scoria	FCR	FCRsos (1)	FCRsos (1)
Componenti											
SiO_2	63,4	65	61,7	46,2	56,3	60,1	38,9	38,4	47,7	**58,3**	**76,2**
Fe_2O_3/FeO	0,3	0,1	0,1	6,4	0,3	6,1	6,7	0	1	**0,1**	**0,3**
TiO_2	0,06	0,02	0,02	3	0,1	0,05	2,1	0,5	2-1	**0,05**	**0,08**
Al_2O_3	3,9	1,9	1	13	3,2	0,4	23,2	10,6	48	**1,3**	**1,4**
CaO	7,4	7,4	7,2	16,9	26,	8,8	15	38	0,07	**38,7**	**0,2**
MgO	2,8	2,6	2,9	9,3	6,4	8,3	9,6	9,9	0,08	**0,4**	**21,5**
Na_2O	15,4	16,1	16,	2,6	3,2	5,5	1,9	0,4	0	**0,3**	**0,07**
K_2O	1,3	0,7	0,6	1,3	0,7	0,2	0,8	0,5	0,2	**0,1**	**0,1**
B_2O_2	4,5	4,7	9,2	0	0	0	ND	0	0,01	**0**	**0**
P_2O_5	0	1,1	1,1	0,4	2,9	0,08	ND	0	0,1	**0,4**	**0,03**
SO_3	0,3	0,03	0,2	0,2	0	0,05	ND	1,8	0	**0**	**0**
Cr_2O_3	0	0	0	0	0	0	ND	0	0,03	**0**	**0**
MnO	0,01	0	0,01	0,2	0	0	ND	0,7	0	**0**	**0,01**
ZrO_2	0	0	0	0	0	0	ND	0	0,1	**0**	**0**
Totale	99,4	99,6	100	99,5	99,1	99,5	ND	100,8	99,4	**99,3**	**99,9**

ND - non disponibile.
(1) - fibre sostitutive di nuova formulazione

Somma degli ossidi alcalini e alcalino terrosi in genere superiore al 18% - parametro legato alla biopersistenza

Sono costituite da fibre di vetro, roccia o altro materiale fuso privo di struttura cristallina.
La composizione è piuttosto variabile.

La **biopersistenza** indica la capacità di una fibra di persistere nell'organismo, in particolare nei polmoni, dopo essere stata inalata.
Una maggiore biopersistenza implica che la fibra impiega più tempo per essere degradata o eliminata, aumentando potenzialmente il rischio di effetti avversi sulla salute.

Dove si misurano le FAV

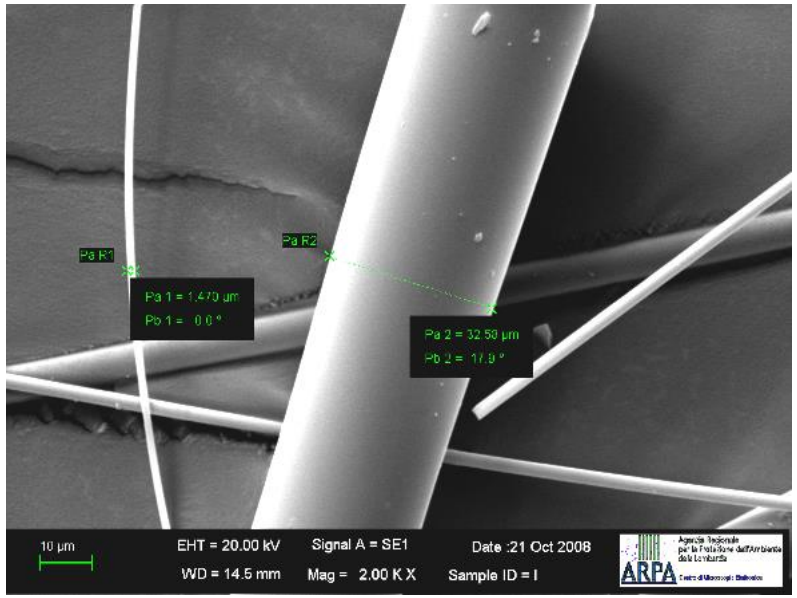
Tipo	Matrice	Obiettivo / Normativa
Campioni massivi	materassini	Classificazione del rifiuto
Campioni biologici	Biologica: tessuto polmonare	Valutazione esposizione pregressa
Fibre aerodisperse	Aria	Valutazione esposizione – controlli durante bonifica

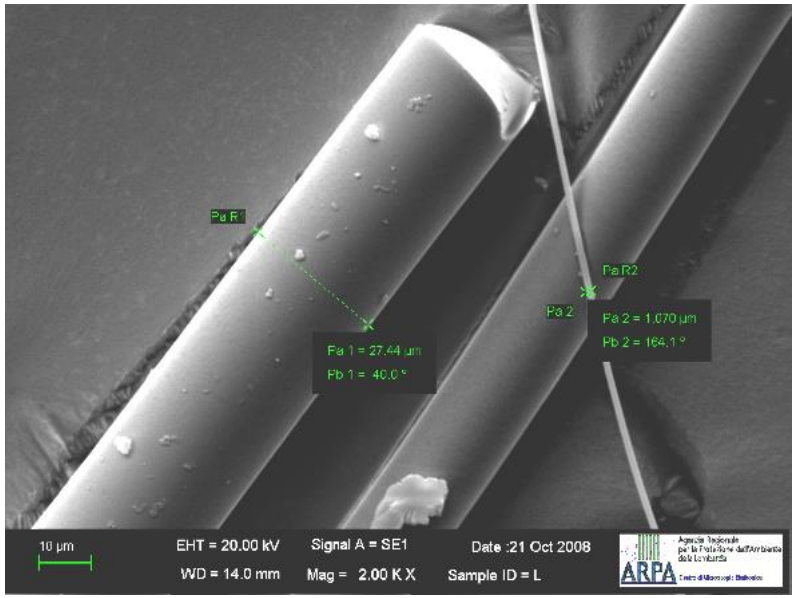
FAV – in campioni solidi

DISCIPLINA	MATRICE	ANALITA	TECNICA	TIPO	CODICE	METODO UFFICIALE	TITOLO
misura dimensioni fibre con SEM	solido	FAV	SEM-EDS	QUANTITATIVO	PD.MIL.031	Reg CE 761/2009 23/07/2009 GU CE L220 24/08/2009 All II	ANALISI CLASSIFICAZIONE DIMENSIONALE FIBRE VETROSE (NOTA Circ. Min. n.4 del 15/3/00 - Regolamento CE N. 761/2009 della Commissione Europea del 23/07/2009)
ossidi con EDS	rifiuto	FAV	SEM-EDS	QUANTITATIVO	MT.MIL.008		DETERMINAZIONE QUANTITATIVA DEGLI OSSIDI DI SODIO, MAGNESIO, POTASSIO,CALCIO, BARIO E SOMMA DEGLI OSSIDO ALCALINI E ALCALINO/TERROSI IN FIBRE ARTIFICIALI VETROSE
ossidi con EDS	rifiuto	FAV	SEM-EDS	QUANTITATIVO	MT.MIL.010		DETERMINAZIONE QUANTITATIVA DEGLI OSSIDI DI ALLUMINIO, SILICIO, TITANIO, FERRO, ZINCO, ZIRCONIO, PIOMBO, CADMIO, MANGANESE, FOSFORO, ZOLFO, BORO E FLUORO IN FIBRE ARTIFICIALI VETROSE E DETERMINAZIONE QUALITATIVA OSSIDO DI LITIO.
analisi qualitativa polvere	qualsiasi	qualsiasi	SEM-EDS, DRX	QUALITATIVO	MT.MIL.004		CARATTERIZZAZIONE QUALITATIVA-SEMIQUANTITATIVA DI MATERIALE IN POLVERE

Le Fibre Artificiali Vetrose (FAV): la circ. Min n. 4 del 15/03/2000

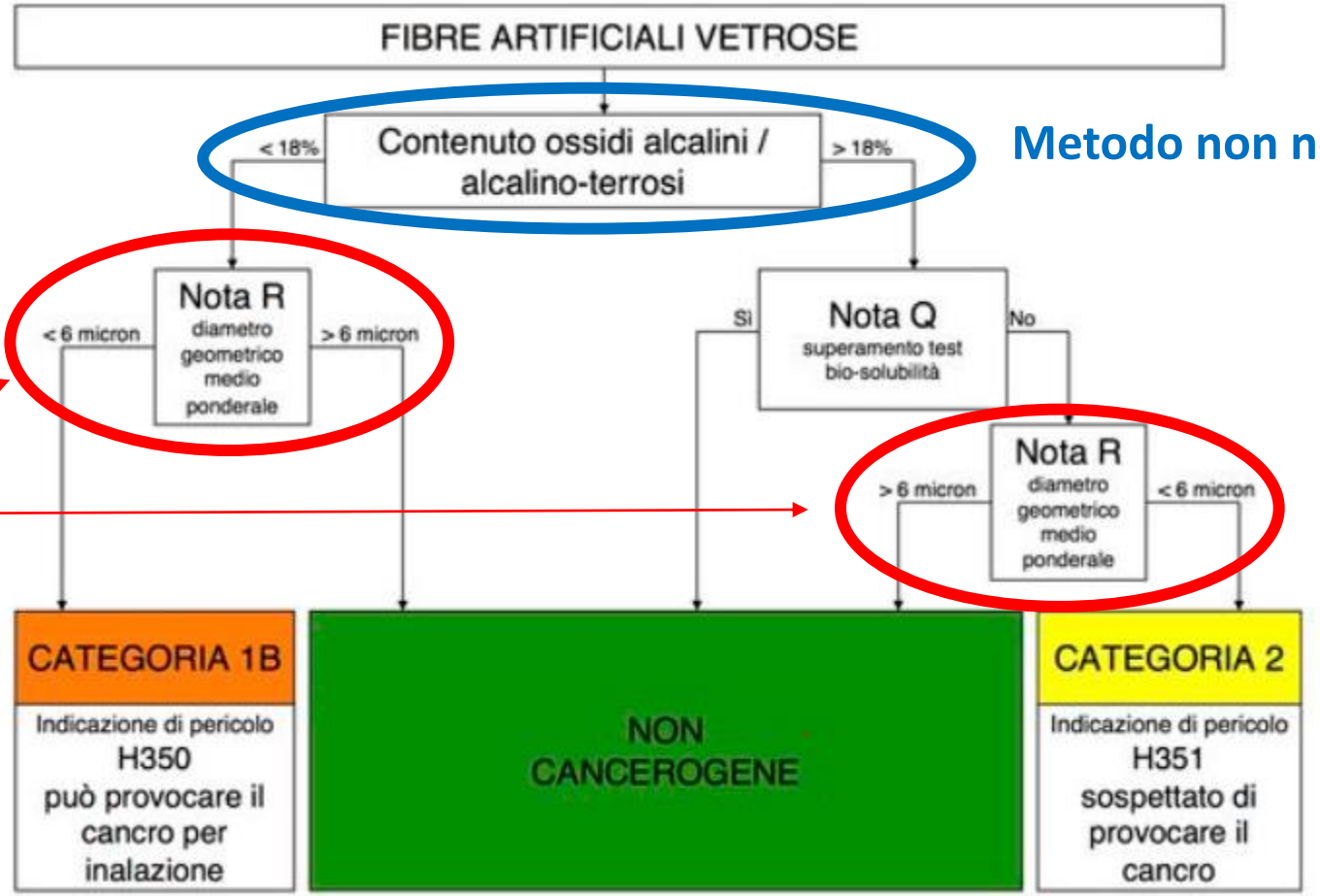
- Sono caratterizzate tramite:
- *il contenuto in ossidi alcalini/alcalino-terrosi che è un indice di biopersistenza. Se la somma degli ossidi alcalini/ alcalino* ***terrosi >18%*** *allora sono meno biopersistenti;*
- *il diametro geometrico medio ponderato rispetto alla lunghezza, meno due errori standard – NOTA R:* *la classificazione come cancerogeno non si applica alle fibre il cui diametro geometrico medio ponderato rispetto alla lunghezza, meno due errori geometrici standard, risulti superiore a 6 µm (poiché non sono respirabili).*





Contrariamente all'amianto NON sono in grado di rompersi longitudinalmente

Le Fibre Artificiali Vetrose (FAV)



Metodo non normato con SEM-EDS

Metodo di riferimento Europeo con SEM-EDS

Il Centro regionale di Microscopia Elettronica di ARPA Lombardia

GRAZIE PER L'ATTENZIONE