

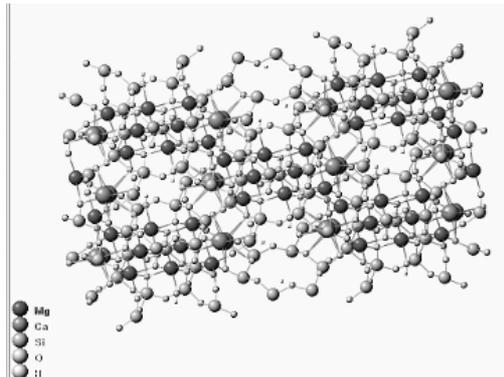
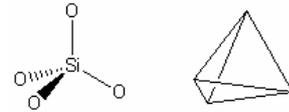
Amianto

L'amianto (o asbesto), è un minerale naturale a struttura microcristallina e di aspetto fibroso

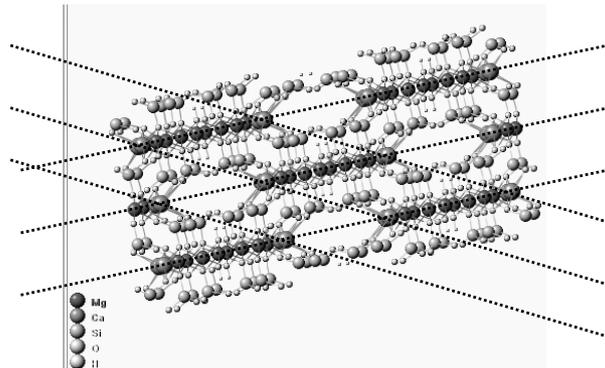
Minerali classificati come "amianto" dalla normativa italiana

ANFIBOLI (silicati di calcio e magnesio)
Crocidolite / Amosite / Antofillite / Actinolite / Tremolite

SERPENTINO (silicati di magnesio)
Crisotilo



Struttura cristallina della Tremolite (da webmineral.com)



Cambiando direzione di osservazione è possibile apprezzare l'ordine cristallino presente nella struttura.

www.assoamianto.it

Amianto

Le fibre di amianto sono molto addensate ed estremamente sottili (dim. media di una fibra < 1 µm)

La struttura fibrosa conferisce all'amianto una notevole resistenza meccanica ed un'alta flessibilità

L'amianto resiste al fuoco e al calore, all'azione di agenti chimici e biologici, all'abrasione e all'usura (termica e meccanica), è filabile, può essere tessuto, possiede proprietà fonoassorbenti e termoisolanti.

→ dal greco: amianto → immacolato e incorruttibile / asbesto → significa perpetuo e inestinguibile

→ Questo materiale, anche grazie al suo basso costo, trova largo impiego industriale, sia allo stato puro che mescolato con altri materiali per sfruttarne al meglio le caratteristiche (in questo caso l'amianto può essere sia debolmente legato alle fibre del materiale ospite che stabilmente legato, come nel cemento)

→ Grazie alla caratteristica di essere composto da fibre molto sottili, l'amianto risulta facilmente inalabile (la singola fibra ha una dimensione laterale inferiore a quella delle particelle PM1) o ingeribile (nel caso vengano assunti bevande o alimenti contaminati). Data l'elevata biopersistenza non è facilmente eliminabile dall'organismo.

Lo IARC (International Agency for Research on Cancer) lo classifica come sostanza cancerogena. Da un lato, quindi, l'impatto dei silicati classificati come amianto sulla salute umana è significativo dall'altro, secondo lo WHO (World Health Organization) gli studi epidemiologici non mostrano una significativa correlazione tra un elevato tenore di amianto nell'ambiente e l'insorgenza di patologie tumorali (1993). Questa discordanza potrebbe essere legata al fatto che, come nel caso di altre fonti di neoplasie, l'insorgenza della patologia avviene dopo lunghi periodi dalla contaminazione.

Amianto

Patologie associate all'inalazione di amianto

In generale l'amianto non è pericoloso per l'uomo; lo diventa nel caso in cui, a causa di abrasioni, lavorazioni e/o danni di vario tipo le fibre di cui è composto vengano disperse nell'aria.

patologie di tipo
non neoplastico

asbestosi : malattia professionale causata dall'accumulo di fibre di amianto nei polmoni e dalla conseguente reazione dell'organismo alla presenza di tali fibre; in particolare si ha la produzione di tessuto fibroso e l'alterazione della funzione alveolare e/o polmonare. Tali effetti sono irreversibili, anche nel caso in cui l'esposizione cessi.

versamenti pleurici, ispessimenti della pleura

patologie di tipo
neoplastico

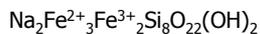
mesotelioma (neoplasia del mesotelio, ad es. la pleura, legato prevalentemente alla presenza di crocidolite, l'amianto blu); per quest'ultima patologia il tempo di latenza raggiunge i 25/40 anni. Nel prossimo futuro, quindi, è atteso un aumento di questo tipo di patologie legato all'esposizione (anche a basse dosi) avvenuta in passato.

carcinoma polmonare : è il più frequente tipo di tumore e si manifesta anche per esposizioni a basse dosi. Il fumo da sigaretta tende ad avere un effetto sinergico nei confronti di questo tipo di patologia, infatti la probabilità che lo contragga un fumatore è circa 90 volte superiore a quella che lo contragga un non fumatore (www.assoamianto.it).

Legge 27 marzo 1992, n. 257 / Norme relative alla cessazione dell'impiego dell'amianto

Amianto: smaltimento

La crocidolite, uno dei silicati maggiormente cancerogeni, contiene un elevato tenore di Fe. Una volta inalato, esso può favorire la formazione di radicali liberi ed indurre quindi dei danni sul DNA.



Gli organismi necessitano di ferro per il loro metabolismo; in particolare i funghi rilasciano nell'ambiente delle sostanze utili a portare il Fe in soluzione per poterlo poi assorbire. Grazie alla fitta rete che le ife possono creare nel terreno, i funghi rappresentano una buona soluzione al problema dello smaltimento dell'amianto (biorisanamento); oltre ad intrappolare le fibre, infatti, essi eliminano dai silicati la presenza dei siti attivi collegati con l'insorgenza di patologie neoplastiche.

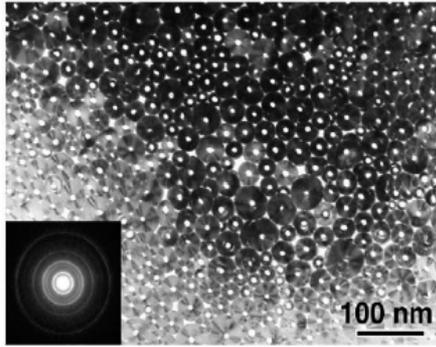
Altre procedure di smaltimento consistono nell'incapsulare i materiali contenenti amianto all'interno di resine/polimeri/etc. che impediscano la dispersione di fibre nell'atmosfera o nel fondere tali materiali, in modo tale da eliminare le fibre di amianto e producendo composti non tossici (i fumi non risultano tossici ed il materiale dopo la solidificazione viene usato poi per riempire le massicciate stradali).

Amianto

Il riconoscimento della presenza di silicati nell'ambiente può avvenire mediante differenti metodologie:

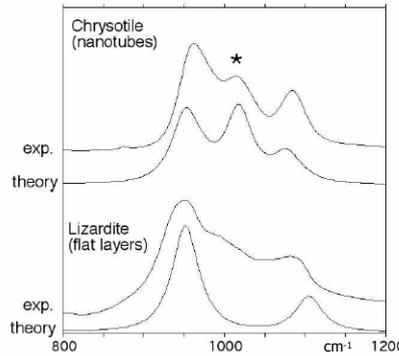
| Metodica | Minimo rilevabile | Errore | Tempo di misura | Trasportabilità | Investimento |
|----------|-------------------|--------|-----------------|-----------------|--------------|
| IR | 0.01-0.1 % | 1-5 % | 1 h | Si | medio-basso |
| FT-IR | 0.01-0.1 % | 1-5 % | 1 h | Si | medio-basso |
| SEM-EDS | 0.001 % | 1-20 % | 1-3 h | No | alto |
| TEM | 0.0001 % | 1-5 % | 2-3 h | No | alto |

Infrared spectrum of hydrous minerals from 1st-principles calculations
Etienne Balan, Michele Lazzeri, Francesco Mauri

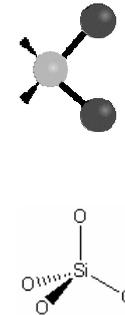


(TEM image B. Devouard)

Fibre di crisotilo viste in sezione con il TEM (Transmission Electron Microscopy)



Spettro di assorbimento IR del crisotilo (bande stretching Si-O)

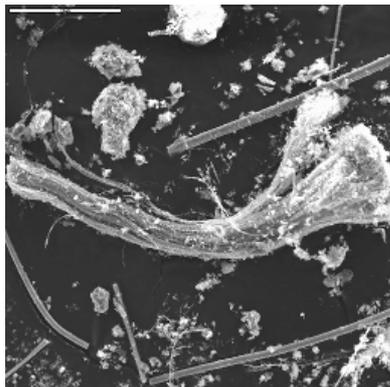


Progettazione e realizzazione di unità modulari trasportabili per l'analisi dell'amianto in situ
Luca De Stefano e Francesco De Luca – Enel Produzione S.p.A. Ricerca – Brindisi

Amianto

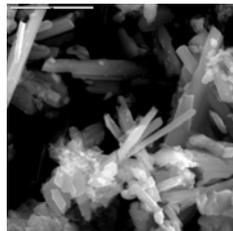
| Metodica | Minimo rilevabile | Errore | Tempo di misura | Trasportabilità | Investimento |
|----------|-------------------|--------|-----------------|-----------------|--------------|
| IR | 0.01-0.1 % | 1-5 % | 1 h | Si | medio-basso |
| FT-IR | 0.01-0.1 % | 1-5 % | 1 h | Si | medio-basso |
| SEM-EDS | 0.001 % | 1-20 % | 1-3 h | No | alto |
| TEM | 0.0001 % | 1-5 % | 2-3 h | No | alto |

http://pubs.usgs.gov/of/2001/ofr-01-0429/sem1/index.html

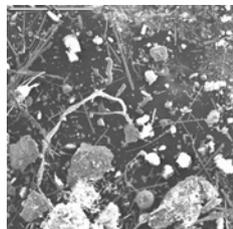


Fascio di fibre di crisotilo (SEM)

gesso (SEM)



fibre di vetro (SEM)



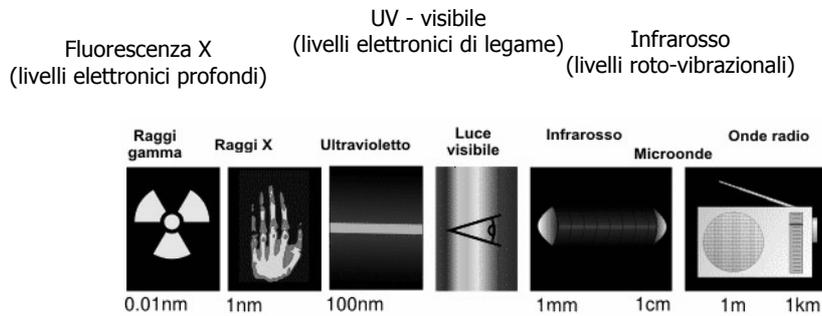
In alcuni casi le immagini SEM (Scanning Electron Microscopy) non permettono di distinguere in modo chiaro fibre di amianto da fibre di vetro/etc... Risulta quindi importante poter svolgere un'indagine di tipo chimico per l'identificazione dei composti presenti all'interno delle fibre stesse.



Durante la raccolta dell'immagine SEM i materiali vengono irraggiati con elettroni ad alta energia grazie ai quali è possibile ottenere un segnale di fluorescenza ed effettuare il riconoscimento delle specie presenti nelle fibre (EDS Energy Dispersive Spectroscopy)

Informazioni ottenibili usando radiazione EM

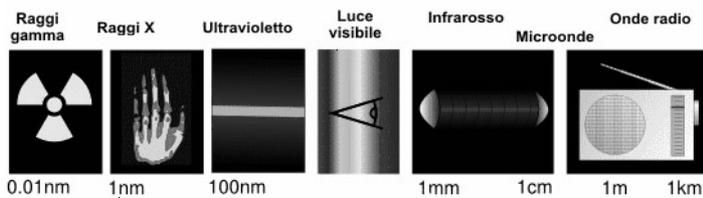
L'energia trasportata dalla radiazione EM è inversamente proporzionale alla lunghezza d'onda. Al diminuire di λ , quindi, risulta possibile indagare fenomeni che coinvolgono energie sempre maggiori.



Utilizzando radiazione EM avente una data lunghezza d'onda, è possibile osservare dettagli aventi una dimensione caratteristica che, al minimo, è pari a circa il valore di λ . Al diminuire di λ , quindi, risulta possibile osservare strutture e/o oggetti aventi una dimensione via via più ridotta.

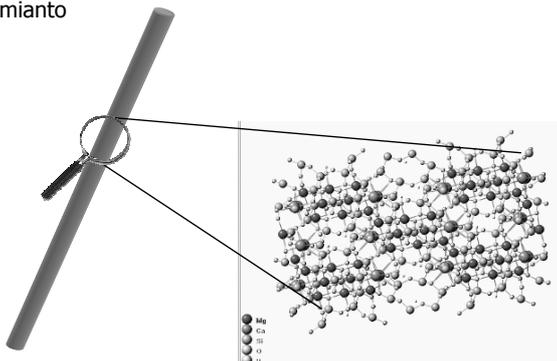
Questo limite è imposto dal fenomeno della **diffrazione**.

Informazioni ottenibili usando radiazione EM



Utilizzando la radiazione X ($\lambda \sim 0.1 \text{ nm} \div 10 \text{ nm}$) è possibile osservare dettagli su scale che si spingono fino ai decimi di nm \rightarrow distanze interatomiche

fibra di amianto



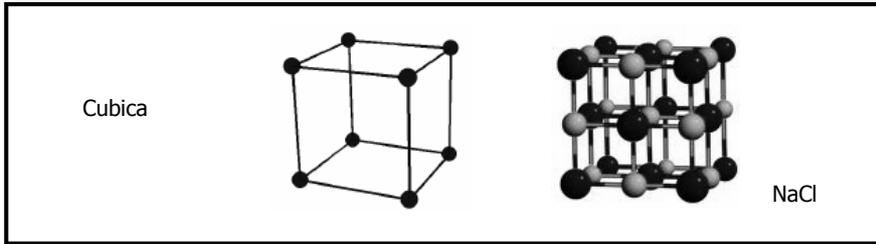
L'amianto, e i silicati in generale, sono caratterizzati dall'aver una struttura ordinata a livello atomico; tale struttura cambia di silicato in silicato ed è specifica di un ben determinato composto.

L'ordine con cui si dispongono gli atomi del Cristallo, quindi, risulta diverso da quello in cui si dispongono gli atomi della Tremolite.

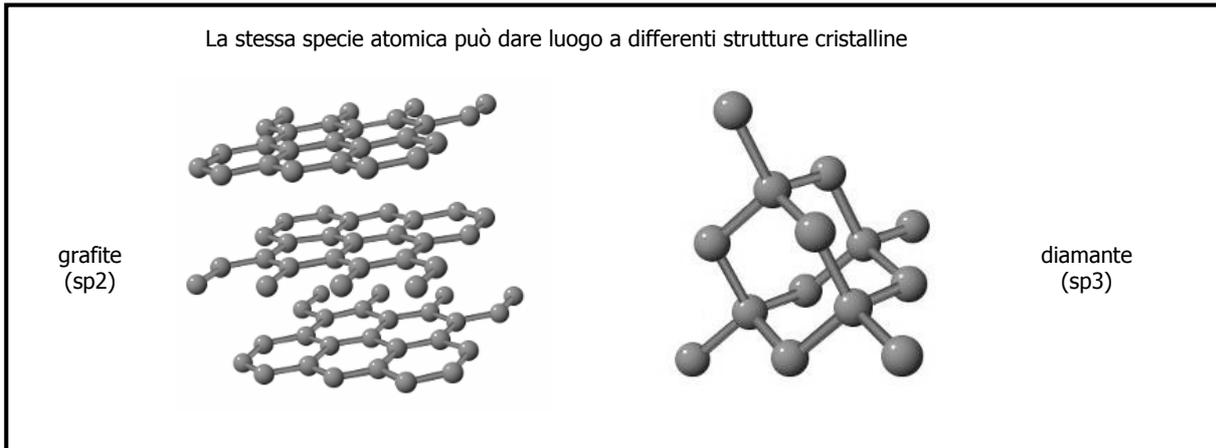
Grazie a questa caratteristica, se si riesce a distinguere tra loro le varie strutture cristalline e risulta possibile identificare lo specifico silicato (o altro materiale) presente in tali strutture.

Diffrazione X

Esempi di strutture cristalline

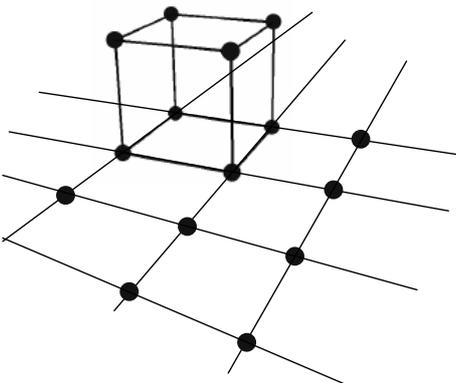


La stessa specie atomica può dare luogo a differenti strutture cristalline

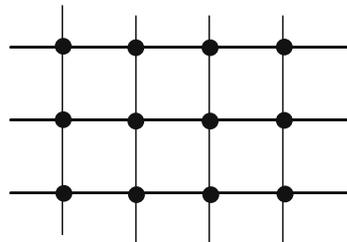


Diffrazione X

Come possiamo distinguere le varie strutture cristalline ?



Se consideriamo gli atomi che formano la base del cubo e sfruttiamo la periodicità del reticolo cristallino, tali atomi danno luogo ad un piano. In generale, quindi, è possibile raggruppare gli atomi presenti nel reticolo in famiglie di piani, gli uni paralleli agli altri.

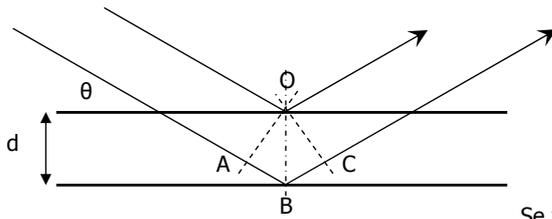


Il materiale cristallino, quindi, può essere immaginato come composto da piani paralleli tra loro aventi una distanza relativa pari alla distanza interatomica (alcuni Å)

Per mettere in evidenza la presenza di una tale struttura periodica è necessaria una radiazione EM che sia in grado di "distinguere" dettagli su una scala dell'ordine dei decimi di nm → radiazione X

Diffrazione X

Come si comporta la radiazione elettromagnetica quando incide su una struttura di quel tipo ?



Consideriamo solo due dei vari piani e consideriamo il fatto che la radiazione EM viene riflessa specularmente dal singolo piano di atomi così come se si trattasse di un piano liscio

Se vogliamo che i due raggi, dopo essere stati riflessi, diano luogo ad interferenza costruttiva (e quindi produrre un segnale non nullo) allora la differenza di distanza percorsa dai due deve essere un multiplo della lunghezza d'onda della radiazione (devono incontrarsi in fase, non in opposizione di fase)

$$\overline{AB} = d \sin \theta$$

$$\overline{BC} = d \sin \theta$$

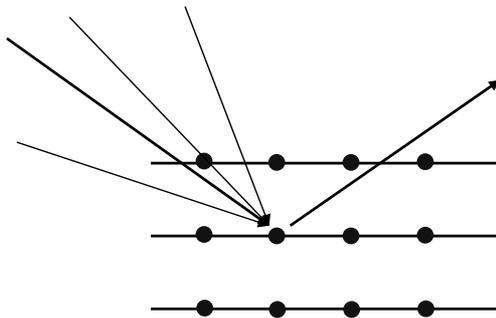
$$\overline{AB} + \overline{BC} = 2d \sin \theta = n\lambda$$

Legge di Bragg

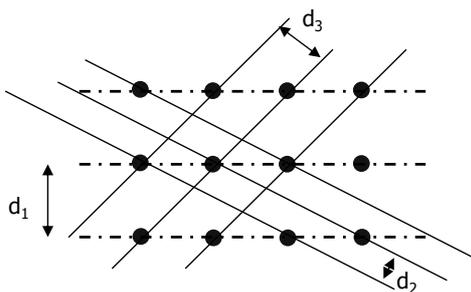
Quindi: se della radiazione avente lunghezza d'onda pari a λ incide sui piani, aventi spaziatura pari a d , presenti all'interno di un cristallo, si osserva intensità riflessa solo quando l'angolo di incidenza è pari a:

$$\theta = \arcsin \frac{n\lambda}{d} \Big|_{n=1} = \arcsin \frac{\lambda}{d}$$

Diffrazione X



Di tutti i possibili raggi incidenti, quindi, viene riflesso solamente quello che soddisfa la condizione di Bragg. Se il raggio viene riflesso, la direzione d'uscita è la speculare di quella incidente rispetto alla direzione normale al piano.

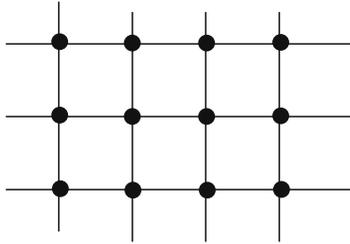


Per ogni struttura cristallografica, in generale, si possono individuare diversi gruppi di piani atomici che possiedono una spaziatura diversa l'uno dall'altro (d_1, d_2, d_3, \dots)

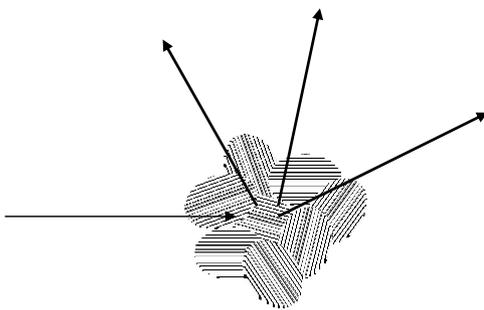
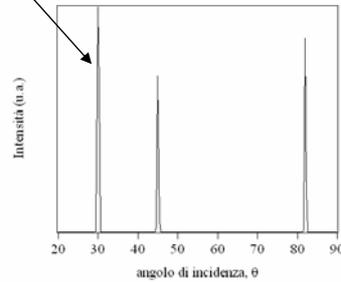
Dato un raggio incidente sul cristallo, quindi, dal materiale uscirà un corrispondente raggio riflesso **solo** nel caso in cui esista una famiglia di piani cristallografici che soddisfa la condizione imposta dalla legge di Bragg.

Diffrazione X

Se considero un singolo cristallo e immagino di farci incidere della radiazione X monocromatica, guardando come cambia l'intensità riflessa in funzione dell'angolo di incidenza riesco a determinare se esistono dei piani che soddisfano la condizione di Bragg.



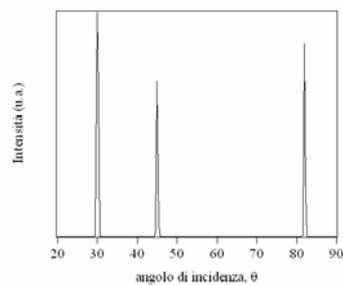
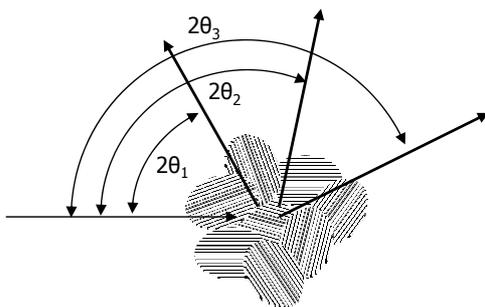
Se avessi un cristallo perfetto di grosse dimensioni (~mm), allora vedrei una singola riflessione



Visto che però, mediamente, il materiale non è composto da un singolo grande cristallo ma da molti cristallini di piccole dimensioni disposti con orientazione casuale, un singolo fascio incidente potrebbe soddisfare la relazione di Bragg relativamente a molte famiglie di piani cristallografici. In uscita, perciò, si osservano più picchi distinti.

Questa categoria di materiali viene generalmente indicata con il termine di "polvere"

Diffrazione X



diffratogramma

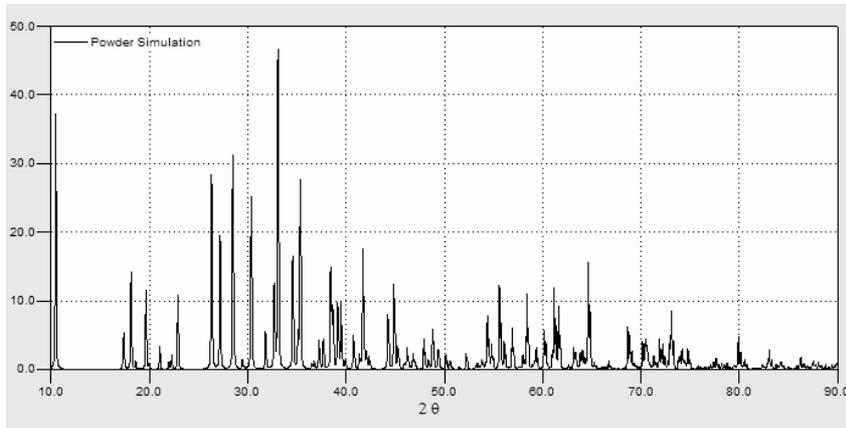
Misurando l'angolo tra la direzione del fascio incidente e quella del fascio riflesso (2θ), conoscendo la lunghezza d'onda della radiazione incidente (λ), risulta possibile calcolare la distanza tra i piani che producono la riflessione speculare del fascio incidente.

$$d = \frac{n\lambda}{2 \sin \theta} \Big|_{n=1} = \frac{\lambda}{2 \sin \theta}$$

Eseguendo questo calcolo in corrispondenza di ciascun fascio riflesso ($2\theta_1, 2\theta_2, 2\theta_3, \dots$), ottengo un insieme di distanze tra piani reticolari (d_1, d_2, d_3, \dots). Mentre le posizioni angolari dei fasci riflessi dipendono dal valore di λ , i valori di d risultano indipendenti dalla lunghezza d'onda (in quanto ne ho tenuto conto nell'effettuare il calcolo).

Utilizzando le librerie contenenti i tabulati dei dati cristallografici relativi alle diverse strutture riesco ad identificare il particolare composto che ha dato origine al diffratogramma

Tremolite



Antofillite

