



Centro Interdipartimentale per lo Studio degli Amianti e di  
Altri Particolati Nocivi  
*“Giovanni Scansetti”*



# Dalle fibre minerali alle nanoparticelle: quali caratteristiche chimico-fisiche determinano la patogenicità delle polveri inalate

## *2<sup>a</sup> parte : SILICI*

**Bice Fubini**

Dip. Chimica IFM e Centro Interdipartimentale “G. Scansetti”

Convegno Nazionale 2007

“Le fibre artificiali vetrose: classificazione, esposizione, danni per la salute e misure di prevenzione.

Risultati di uno studio nazionale”

Reggio Emilia 19 Aprile 2007

alcuni tipi di particolato.....

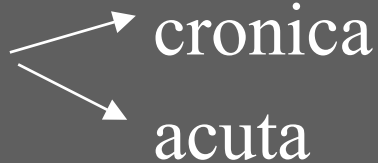
**fibre**

**silici**

**nanoparticelle**

# patogenicità della silice

silicosi



*la più antica tecnopatia...  
ancora presente sul  
territorio Piemontese*

carcinoma  
polmonare

International Agency for Research on  
Cancer (IARC) 1997

*decisione ancora controversa*

patologie  
autoimmuni

*artrite reumatoide, scleroderma,  
lupus, malattie renali...*

“ crystalline silica inhaled in the form of quartz or cristobalite from occupational sources is carcinogenic to humans”

*...ma in modo assai inusuale per IARC il giudizio veniva preceduto da questo preambolo*

“ Carcinogenicity in humans was not detected in all industrial circumstances studied. Carcinogenicity may be dependent on inherent characteristics of the crystalline silica or on external factors affecting its biological activity or distribution of its polymorphs”

*inherent characteristics?*

Dimensioni particelle

Micromorfologia particelle

Stato della superficie: fratture  
fresche, idrofilia...

*Determinate dall'origine della polvere di  
silice*

*external factors?*

Ioni metallici (e.g. Al, Fe) contaminanti,

Minerali associati (argilla)

Impurezze acquisite durante la lavorazione

Macromolecole depositate, polimeri, etc

*Grande variabilità*



Dalla chimica il compito di trovare quale fonte di silice sia patogena...

*dopo la la classificazione di IARC ...*

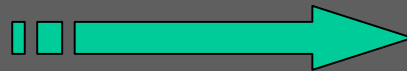


lavori sperimentali riflettono differenze  
tra una sorgente e l'altra

update e rielaborazioni degli  
studi epidemiologici

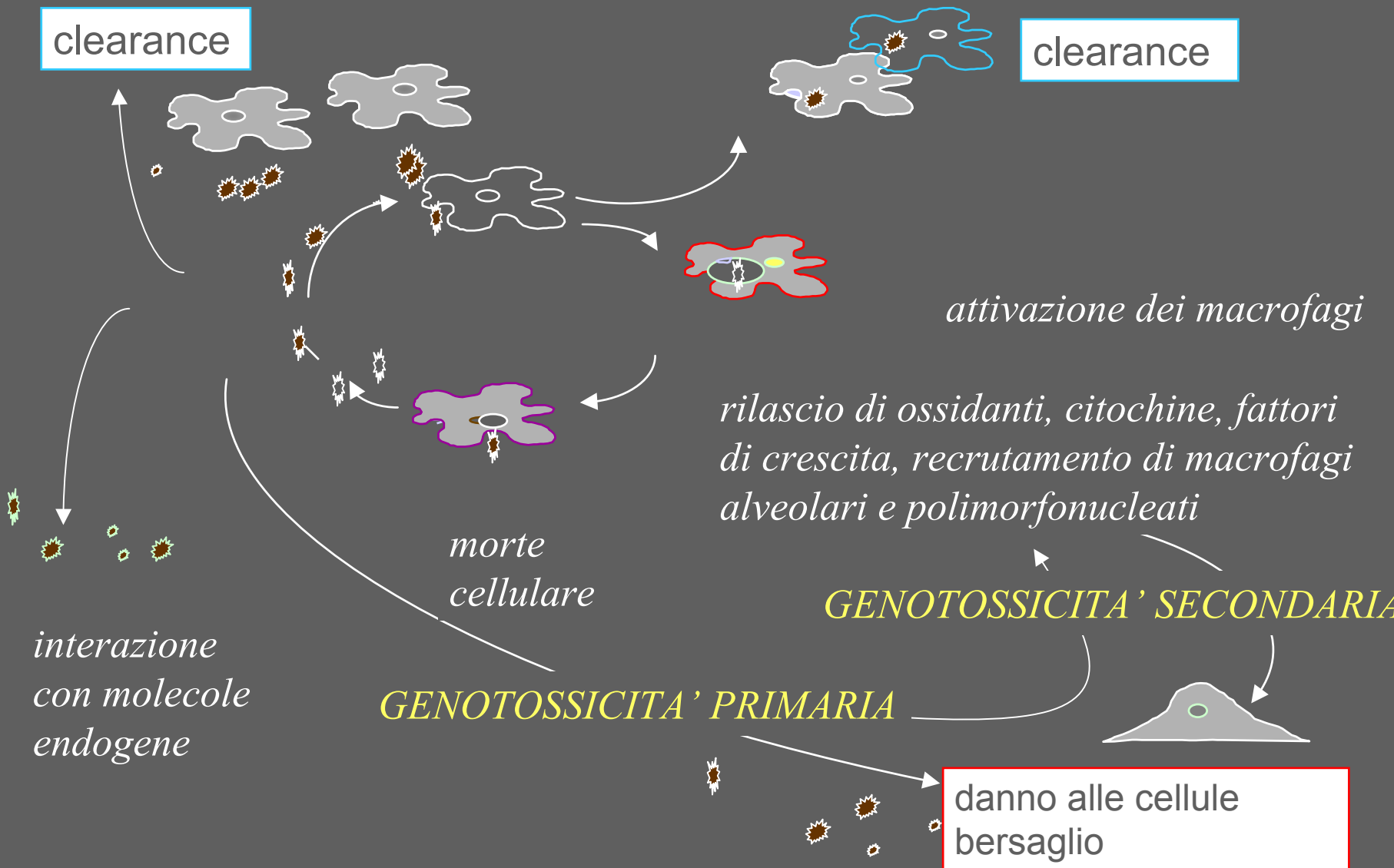


conferma risultati  
precedenti

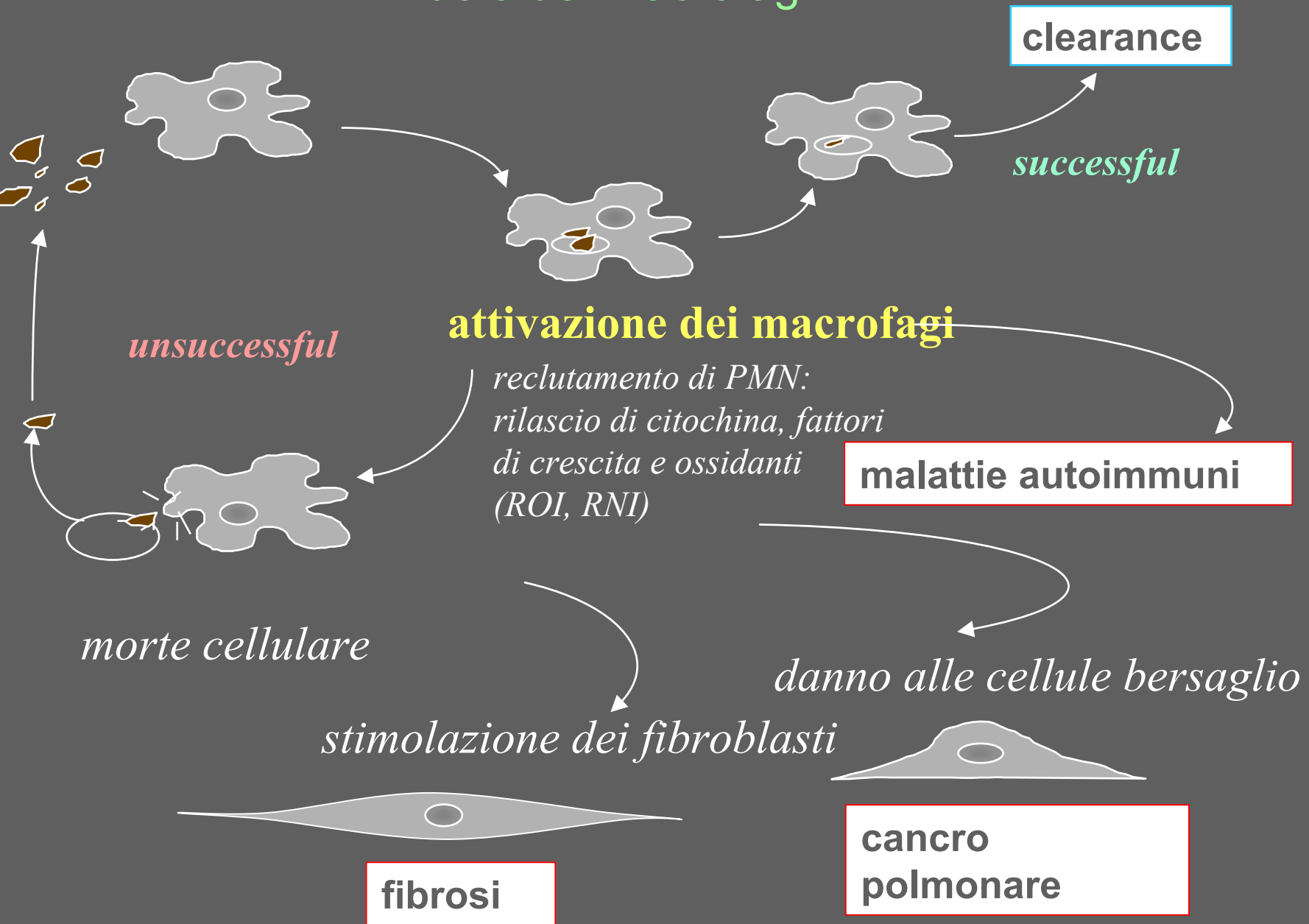


si è abbassato il TLV  
fino a 0.025 mg per m<sup>3</sup>

# inalazione di particelle di silice: genotossicità primaria e secondaria



# il ruolo dei macrofagi





**basi fisico-chimiche della variabilità della  
patogenicità della silice**

# caratteristiche della silice

causa del complesso meccanismo di tossicità della silice

**legame covalente e flessibilità del legame Si-O**

*varietà di forme di SiO<sub>2</sub>*

*(in uno stato metastabile, sia cristalline che amorfe)*

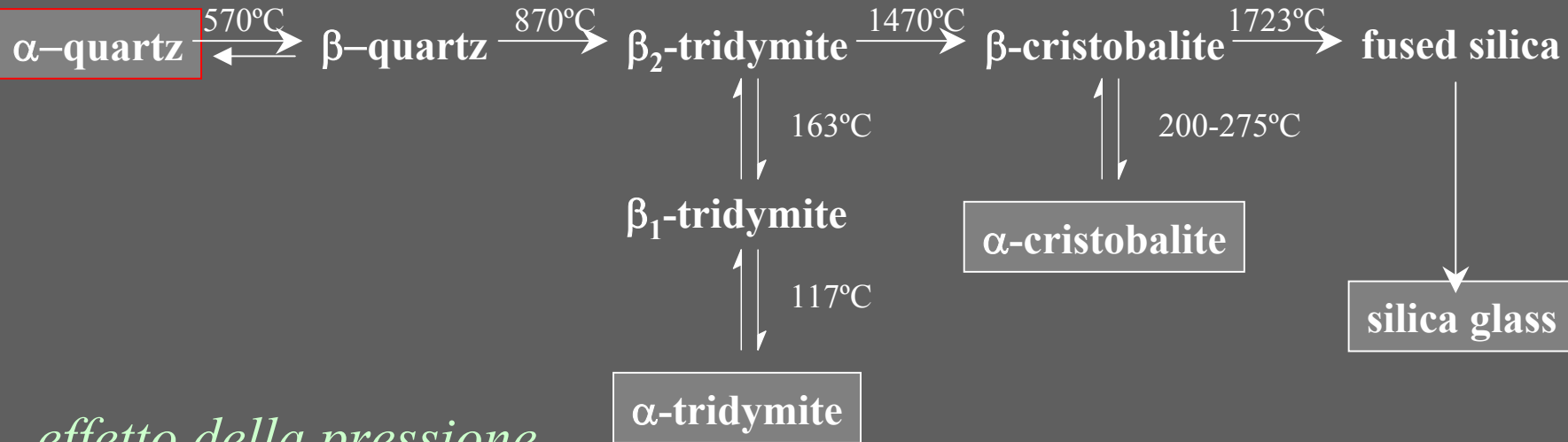
*l'origine della polvere determina lo stato della superficie*

*varie funzionalità chimiche alla superficie*

# varietà di forme di SiO<sub>2</sub>

silice in natura: il mondo mineralogico

*effetto della temperatura*



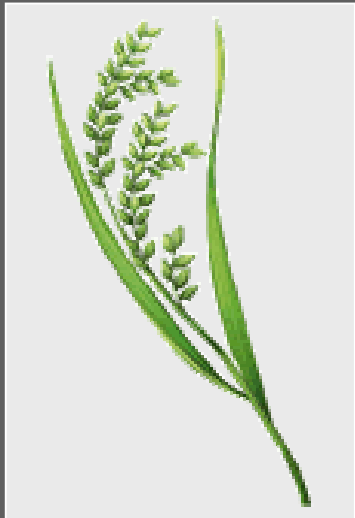
*effetto della pressione*



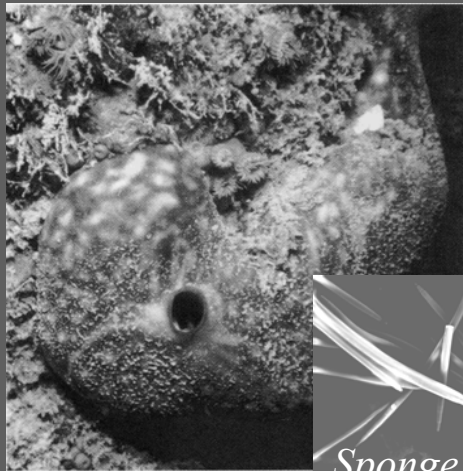
# varietà di forme di $\text{SiO}_2$

silice in natura: materiali biogenici

piante



spugne



*Sponge spicules*

diatomee



l'origine della polvere determina lo stato della superficie

sminuzzamento di cristalli

*e.g. frantumazione, macinazione*



*superfici fresche, angoli acuti*

combustione

*e.g. fly ashes*



*“heat cured”, particelle arrotondate*

biogenica

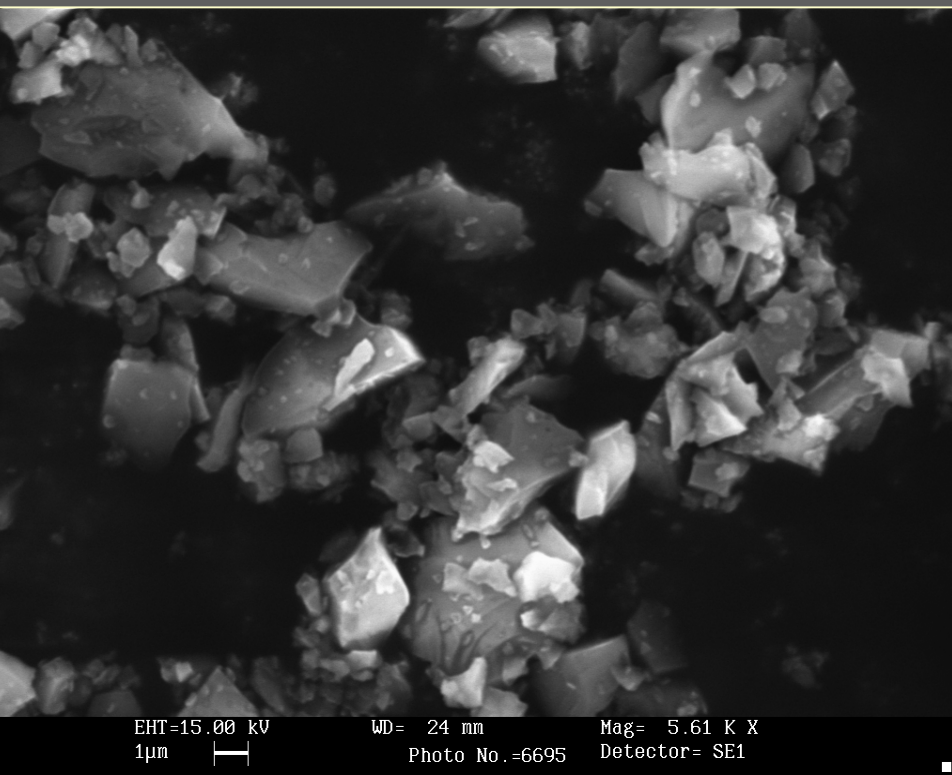
*e.g. terre di diatomee riscaldate*



*forme irregolari, parzialmente cristalline*

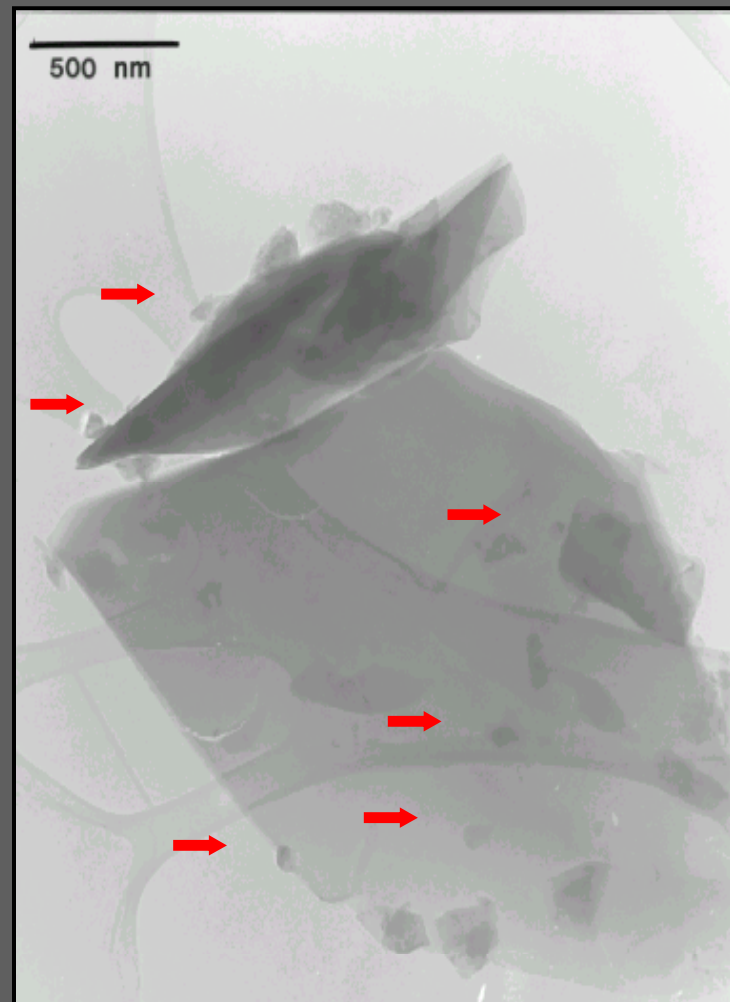
# particelle di quarzo ottenute per macinazione

*microscopia elettronica*



SEM

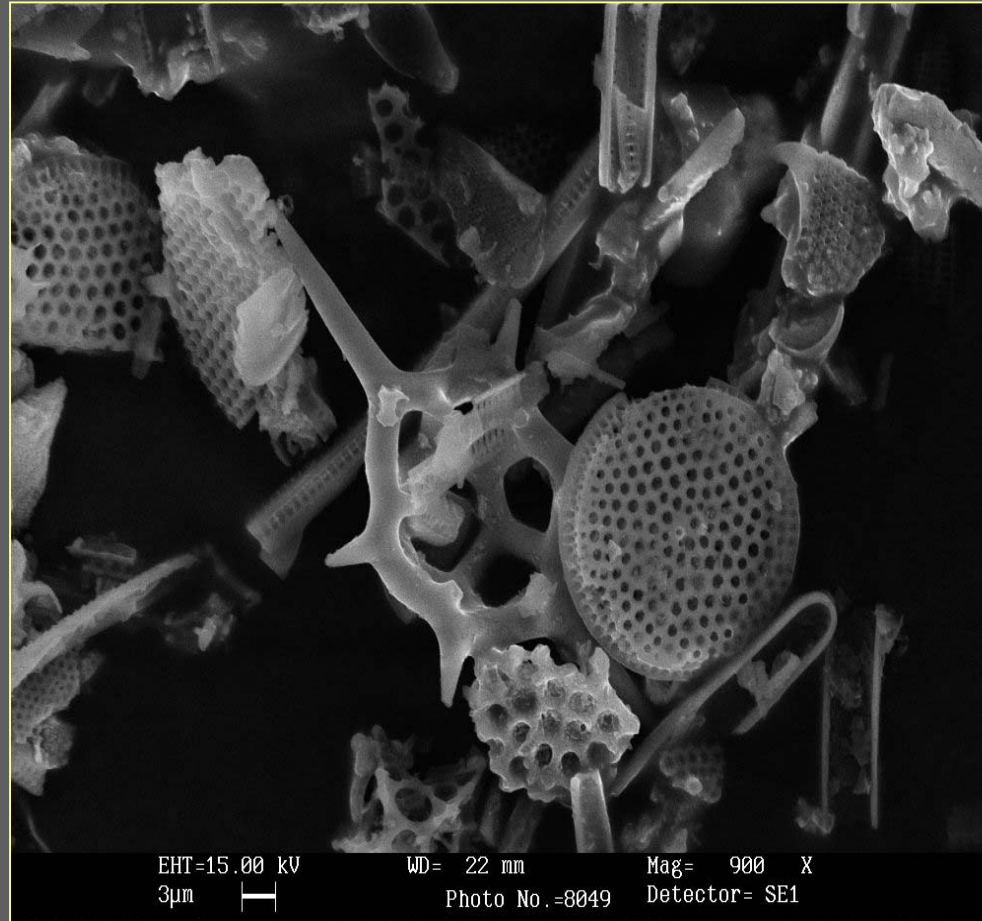
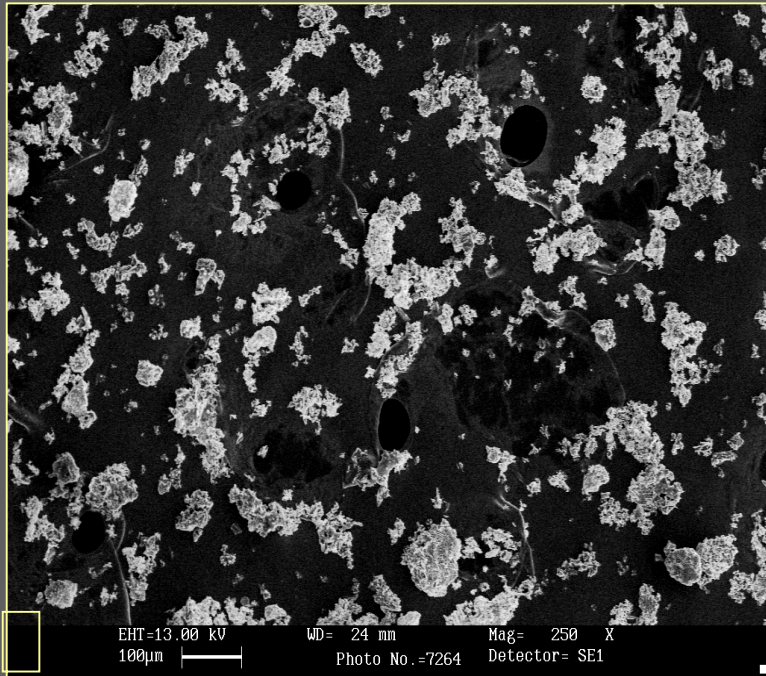
molte particelle di  
dimensioni < 100  
μm



TEM



# terre di diatomee

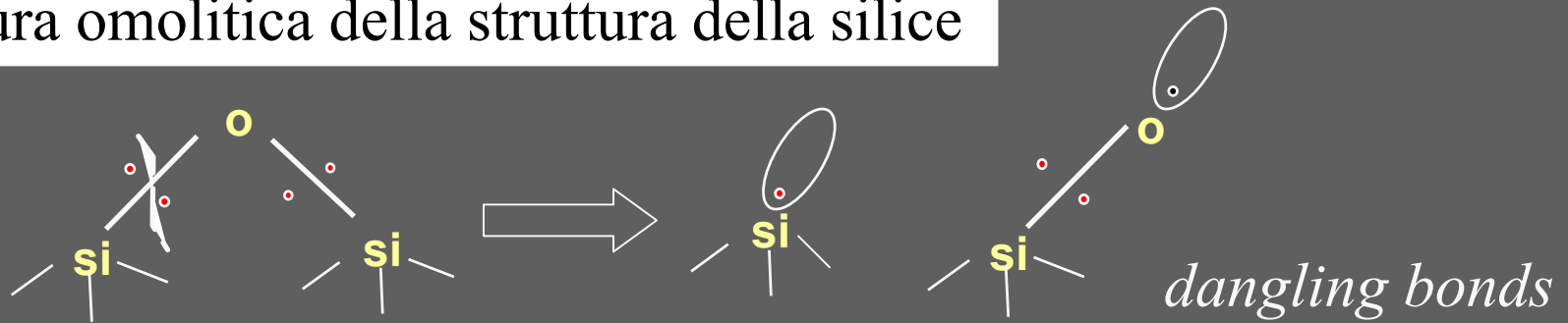


*Cyclotella stelligera*

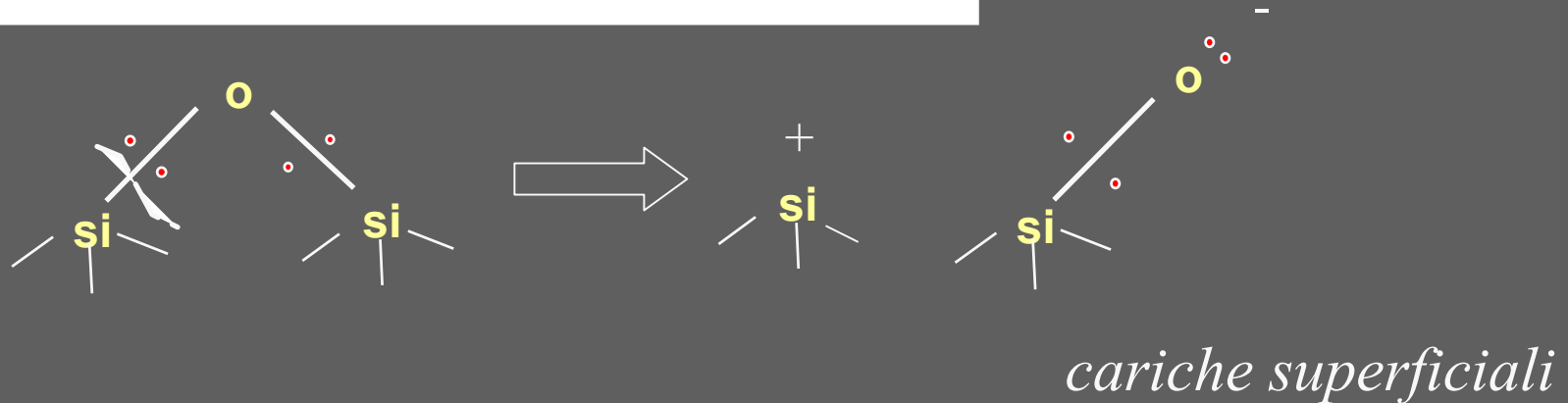
*spesso i prodotti riscaldati  
mantengono la forma originale*

# siti attivi generati alla superficie di silice cristallina durante la macinazione

rottura omolitica della struttura della silice



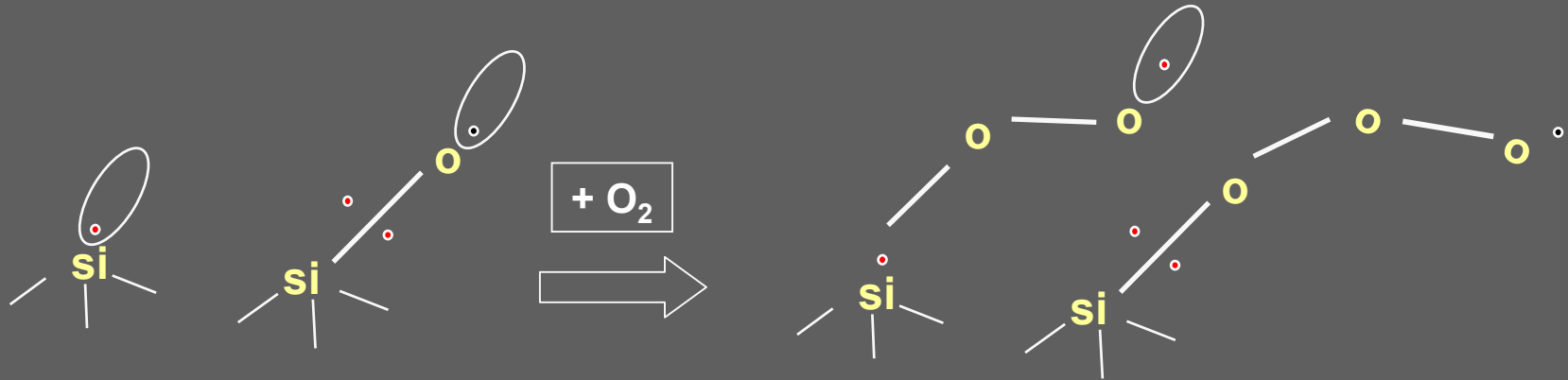
rottura eterolitica della struttura della silice



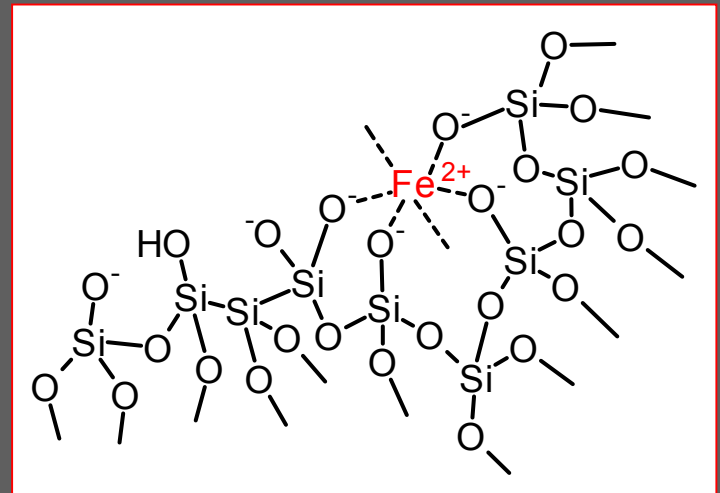


# siti attivi della silice cristallina che generano radicali liberi

“ROS di superficie” (Reactive Oxygen Species) derivanti da  
dangling bonds



ioni Fe intrappolati alla  
superficie della silice



## proprietà chimico-fisiche che modulano la patogenicità

superficie ricoperta

forma e dimensioni delle particelle

origine meccanica della polvere, “dangling bonds”

generazione di radicali liberi da parte delle particelle

popolazione silanica e idrofilia/idrofobia

legame H

cariche superficiali

presenza di ioni metallici come alluminio o ferro

tutte le teorie che hanno considerato  
una singola proprietà chimica sono fallite...

non una singola ma diverse proprietà chimico-  
fisiche conferiscono patogenicità ad una polvere