

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI “FEDERICO II”



Scuola Politecnica e delle Scienze di Base
Tesi di Laurea
in
Ingegneria per l’Ambiente e il Territorio

Dipartimento di Ingegneria Chimica, dei Materiali e della
Produzione Industriale

**Controllo delle fly ash nello scarico di centrali
termoelettriche ed il loro possibile riutilizzo**

Relatore:
Prof. Bruno de Gennaro

Candidato:
Corrado Cappa
Matr. N49/155

Anno Accademico 2014-2015

OBIETTIVO DEL LAVORO

L'obiettivo di questo lavoro è stato quello di elaborare una panoramica delle ceneri volanti (fly ash) andando a valutare:

- i meccanismi di generazione
- la composizione chimico-fisica e le correlate proprietà
- i metodi di abbattimento
- l'impiego nelle settore edile

tenendo conto delle relative normative ed andando ad effettuare considerazioni in termini di compatibilità ambientale ed in termini di impieghi ecosostenibili del rifiuto.

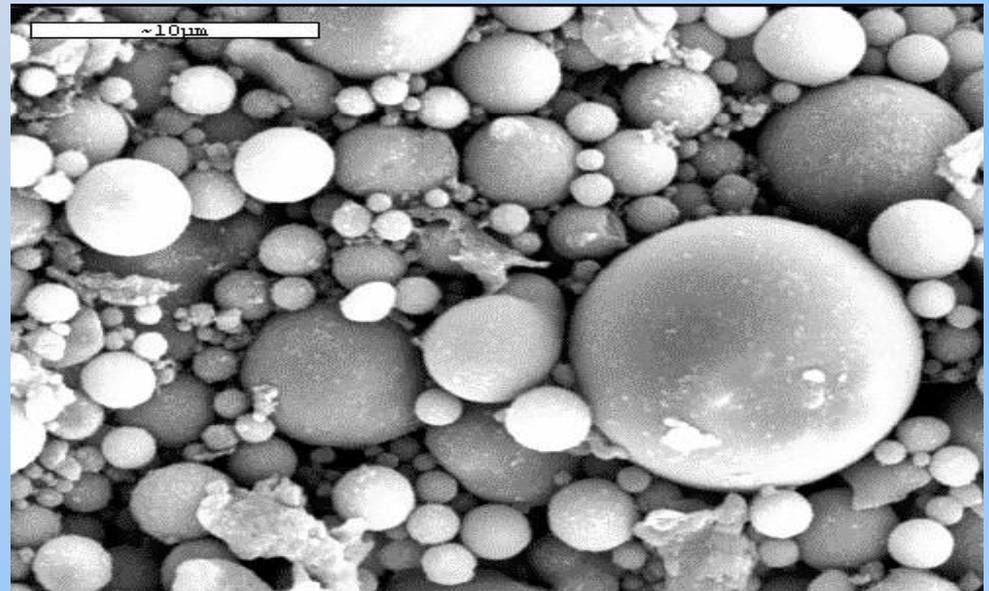
FLY ASH ?

Le ceneri volanti appartengono alla classe degli additivi minerali. Gli additivi minerali sono tutta una serie di materiali caratterizzati da elevata finezza, proprietà pozzolaniche e talvolta leganti, che vengono aggiunti agli impasti cementizi allo scopo di conferire al prodotto finale specifiche proprietà ingegneristiche.

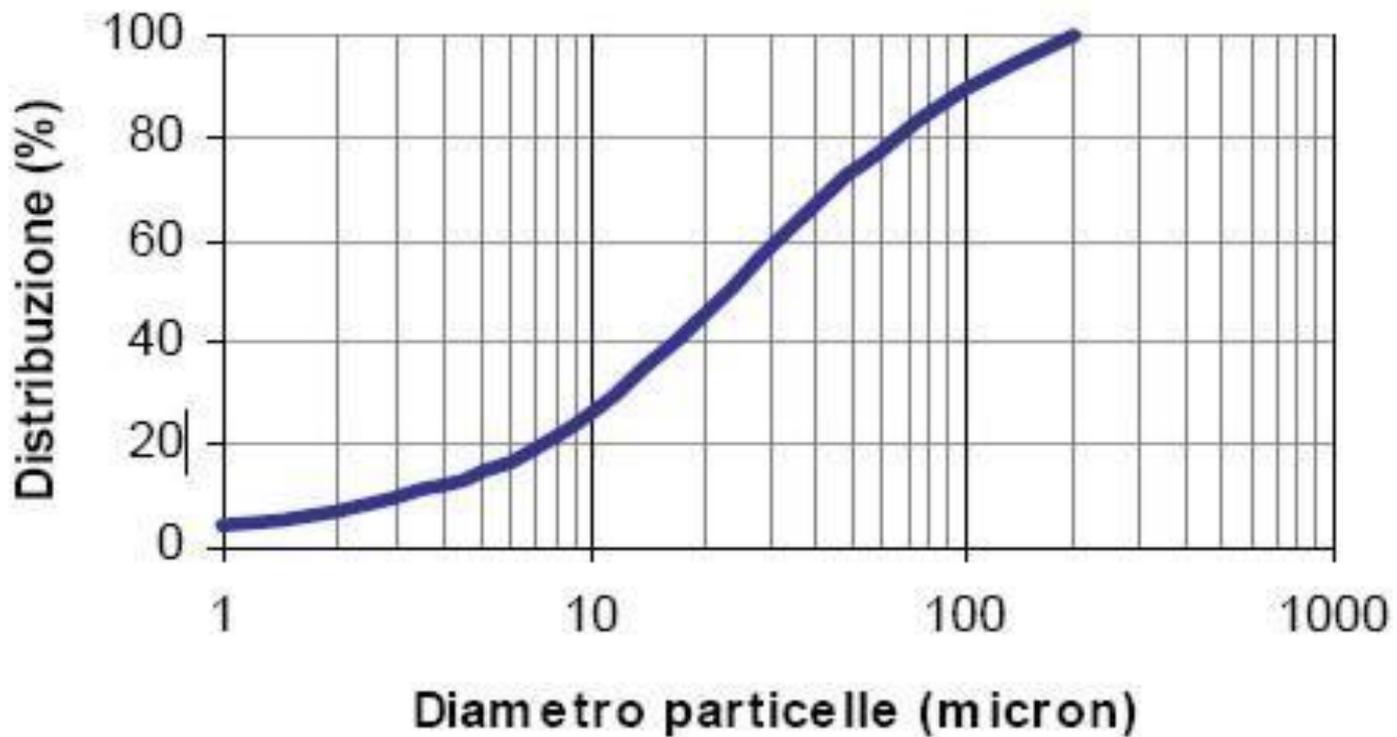


Composizione chimico-fisica

- Le ceneri volanti sono costituite prevalentemente da SiO_2 (silice), Fe_2O_3 (ossido ferrico), Al_2O_3 (ossido di alluminio) e da altri componenti minori (CaO , MgO , SO_3 , Na_2O , K_2O).
- Le componenti tossiche presenti nelle fly ash dipendono dalla composizione specifica del carbone ed includono: arsenico, berillio, boro, cadmio, cromo, cromo VI, cobalto, piombo, manganese, mercurio, molibdeno, selenio, stronzio, tallio, vanadio, diossine ed idrocarburi policiclici aromatici



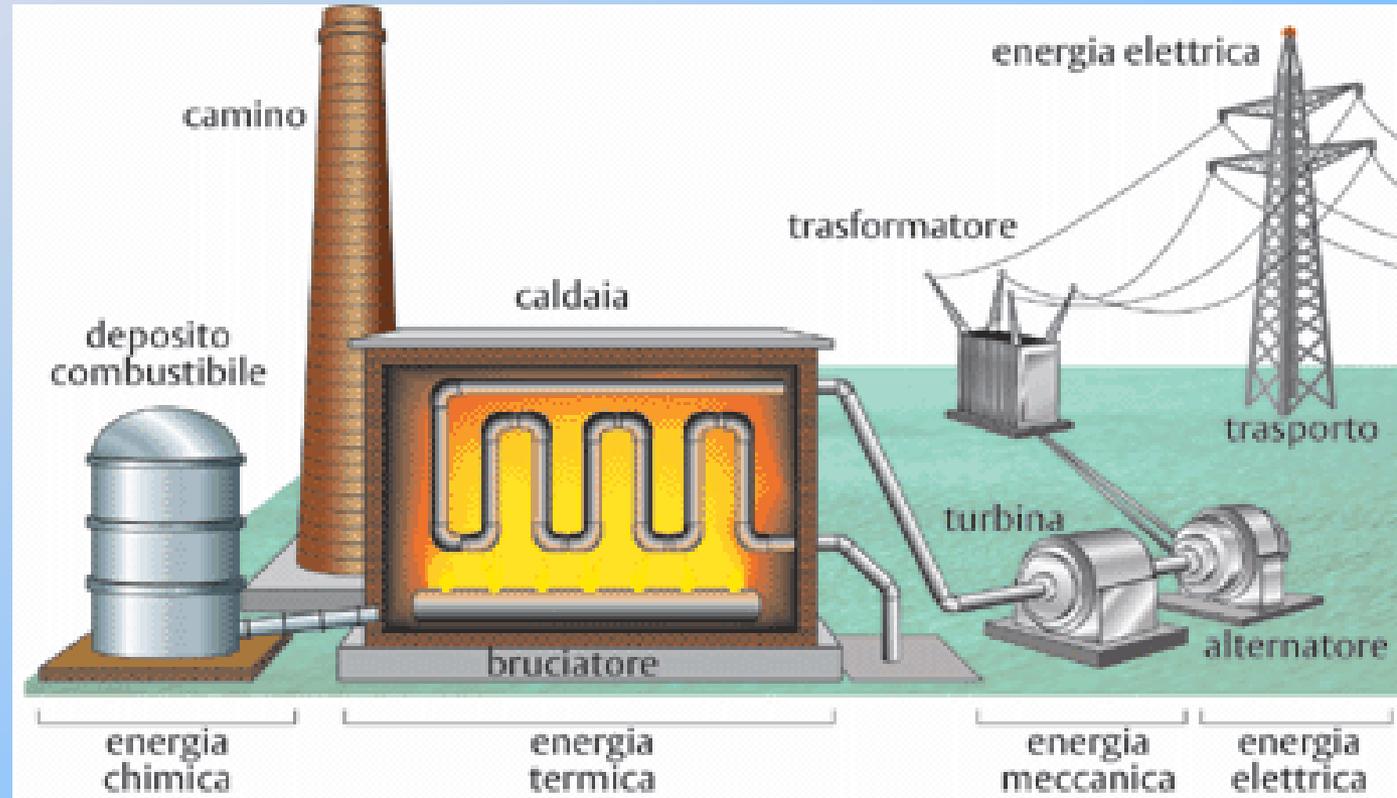
ELEMENTO COMPONENTE	FLY ASH %
Si	16 ÷ 22
Al	12 ÷ 18
Fe	1,5 ÷ 8,7
Ca	0,7 ÷ 6,5
Mg	0,1 ÷ 1,1
K	0,4 ÷ 0,9
Na	0,1 ÷ 0,4
C	4,0 ÷ 8,0



- Le fly ash nel momento in cui vengono trascinate dai fumi di combustione in uscita dalla caldaia, subiscono un rapido raffreddamento e solidificano in particelle di forma più o meno sferoidale e con struttura amorfa (particelle fini), di dimensione compresa tra 1 e 150 μm .

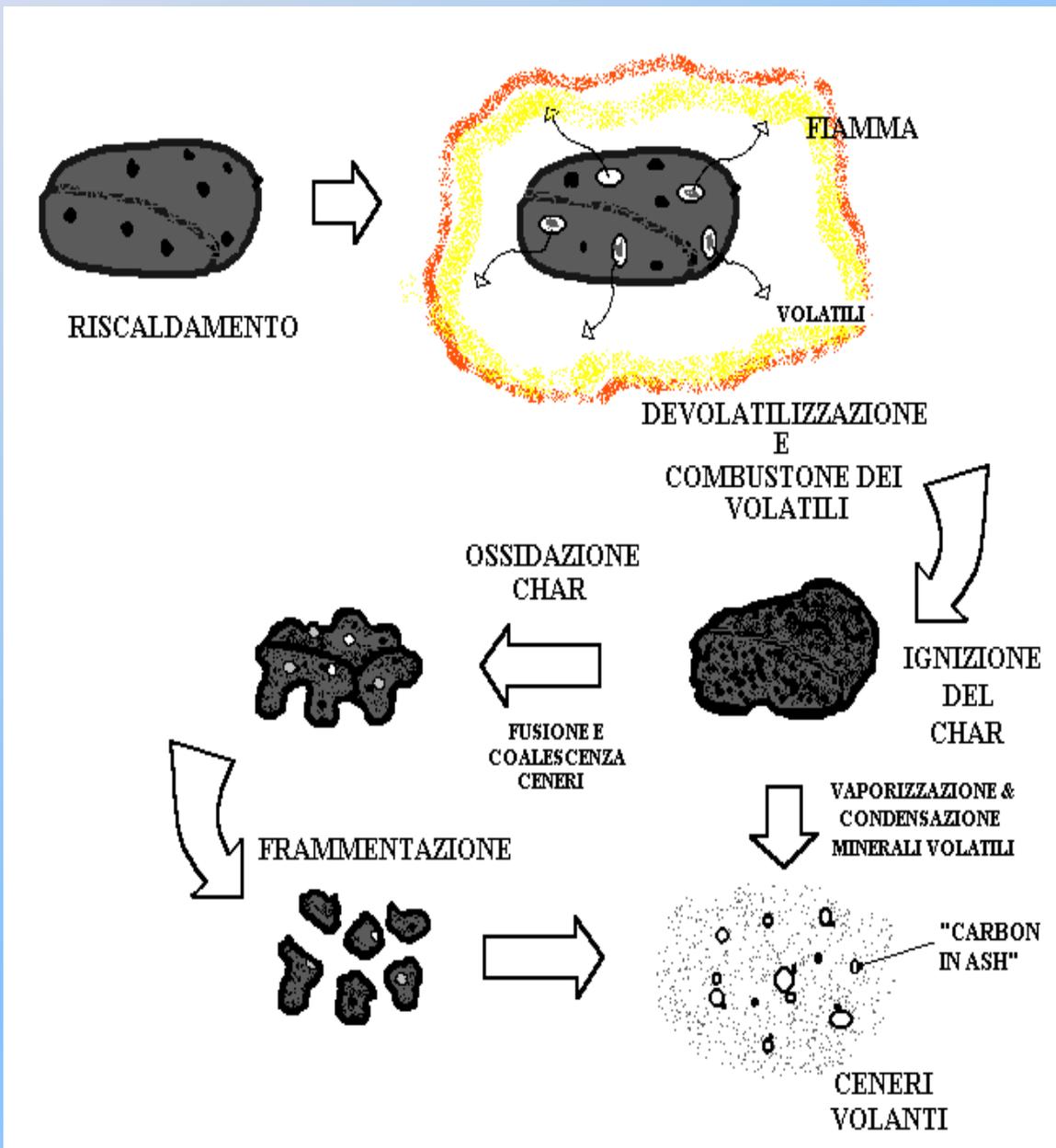
Processo di generazione

Avviene all'interno di una centrale termoelettrica dove l'energia termica generata dalla combustione di carbone viene trasformata in energia meccanica la quale attraverso l'alternatore viene poi trasformata in energia elettrica.



Nella caldaia

durante la combustione ad alta temperatura (1200-1400°C), il materiale volatile vaporizza, le particelle di carbone bruciano (char), mentre i minerali presenti inizialmente nel combustibile, costituiti principalmente da argilla, pirite e calcite, subiscono tutta una serie di trasformazioni chimico-fisiche. La frazione più leggera di questo prodotto di trasformazione va a costituire le ceneri volanti (*fly ash*).



Metodi di abbattimento

In passato le fly ash non venivano captate dai sistemi di depolverizzazione dei fumi di combustione del carbone, creando gravi danni ambientali e sanitari che hanno spinto alla emanazione di leggi che ne regolassero le emissioni in atmosfera.

PRINCIPALI
METODI DI
ABBATTIMENTO

Filtri a
maniche

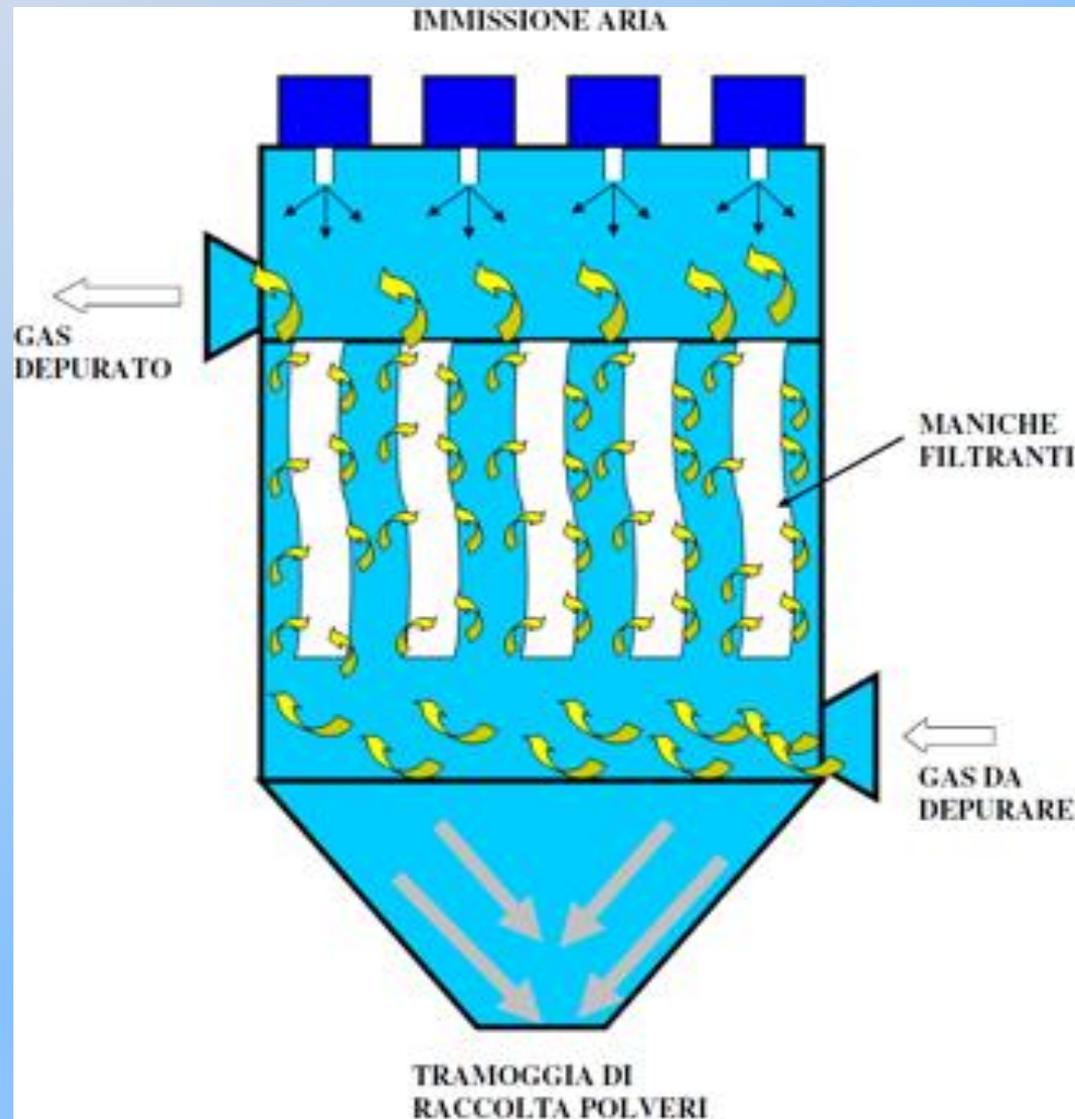
Elettrofiltri



Filtri a maniche

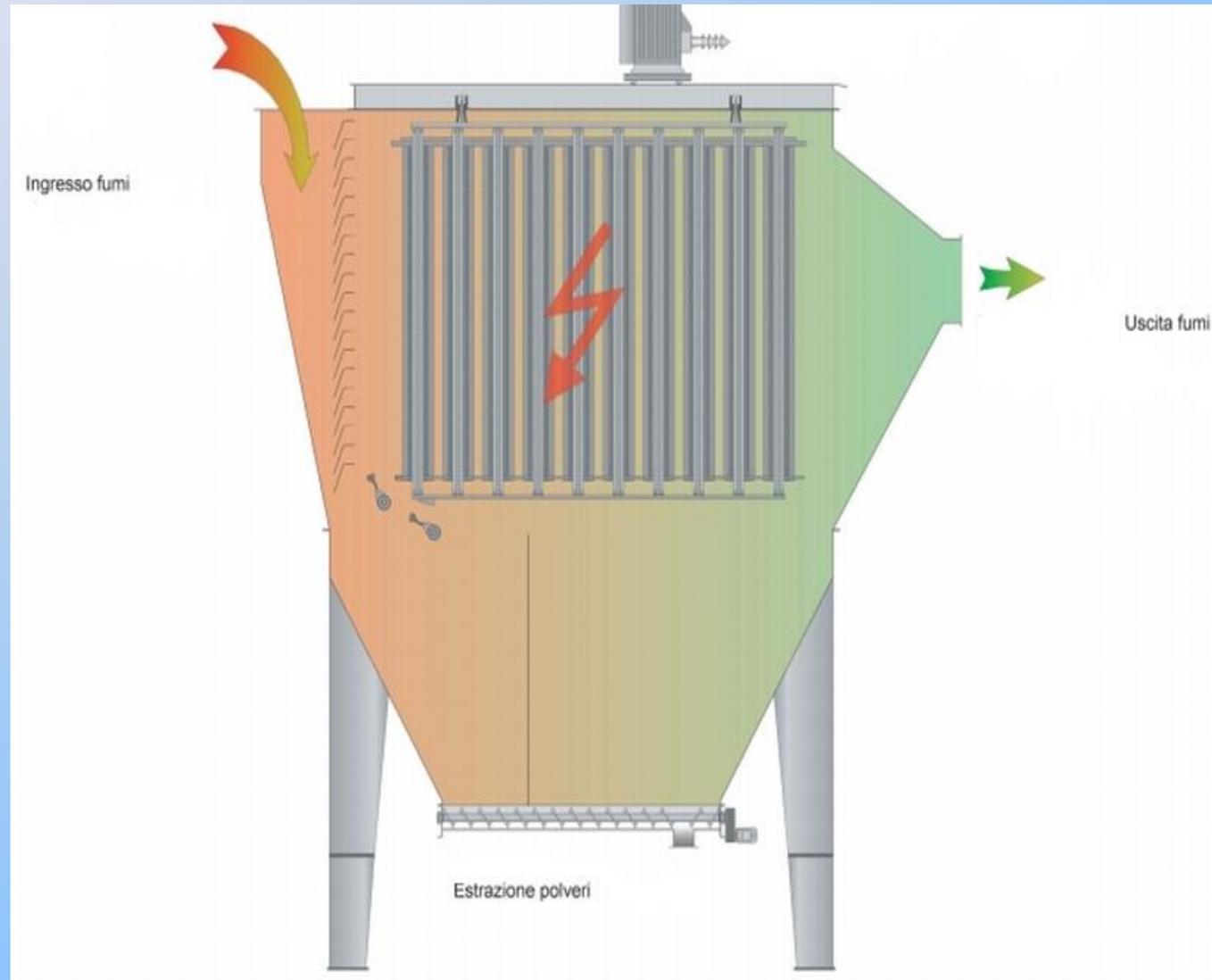
sono composti da una serie di cilindri di tessuto naturale o sintetico avente forma di maniche. Il principio di funzionamento si basa sull'attraversamento da parte dei gas di un materiale poroso (la manica) e sull'impossibilità del particolato di passare attraverso i pori del tessuto .

Il diametro delle maniche varia tra 10 - 30cm, mentre la loro lunghezza tipica è di circa 10 - 12m.



Elettrofiltri

Il funzionamento prevede la creazione di un campo elettrico tra due piastre dove viene fatto passare il gas combusto. Le particelle solide attraversando tale campo elettrico acquistano carica negativa, migrano sulla piastra positiva, vengono raccolte per battitura e poi smaltite.



CONFRONTO METODI DI ABBATTIMENTO FLY ASH

Filtri a maniche

VANTAGGI

- bassi costi di investimento;
- piccoli ingombri;
- efficienze elevate(99,5%) anche con particelle finissime di D circa 0,001 mm

SVANTAGGI:

- costi di manutenzione non trascurabili
- difficoltà di trattare fumi umidi
 - si deteriorano velocemente ad alte temperature

Elettrofiltri

VANTAGGI

- elevata affidabilità;
- efficienze elevate(99,9%) con particelle di D circa 0,01 mm
- bassi costi di manutenzione

SVANTAGGI:

- impossibilità di trattare particolato con $D \leq 0,01$ mm
- dimensioni elevate
- elevati costi di investimento

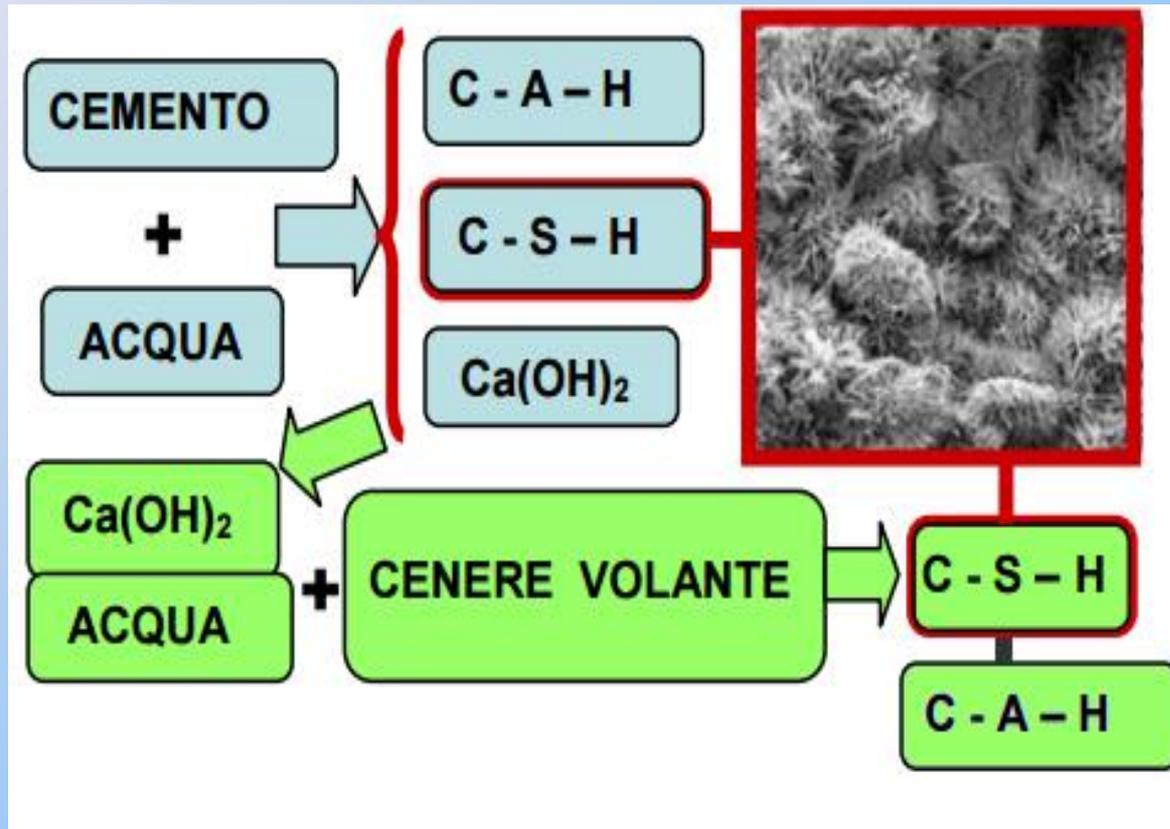
Proprietà pozzolaniche

La Cenere Volante di per sé non possiede proprietà leganti, ma sottoforma di polvere finissima ed in presenza di portlandite Ca(OH)_2 (derivante dall'idratazione del cemento), è capace di produrre gli stessi prodotti che si formano a seguito di tale reazione

Elemento componente	Fly ash %	Pozzolana naturale %
Si	16 ÷ 22	21 ÷ 31
Al	12 ÷ 18	8,0 ÷ 16
Fe	1,5 ÷ 8,7	3,0 ÷ 8,0
Ca	0,7 ÷ 6,5	2,0 ÷ 7,0
Mg	0,1 ÷ 1,1	0,5 ÷ 2,0
K	0,4 ÷ 0,9	1,0 ÷ 7,0
Na	0,1 ÷ 0,4	0,6 ÷ 3,2
C	4,0 ÷ 8,0	-

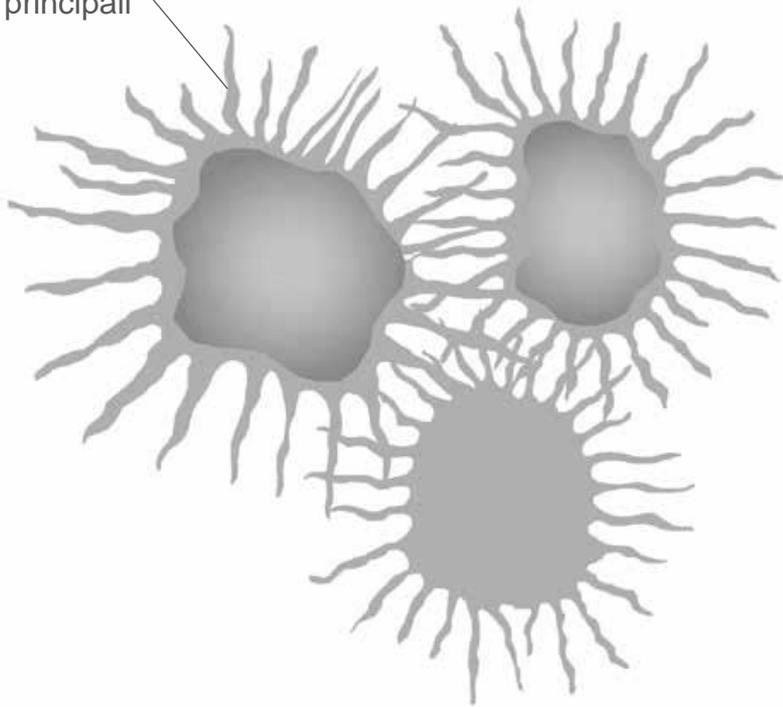
- Leganti idraulici sono capaci di far presa ed indurire immersi nell'acqua

Tali prodotti sono definiti secondari in quanto il processo di indurimento della miscela pozzolana-calce-acqua è molto più lento della reazione di idratazione del cemento.

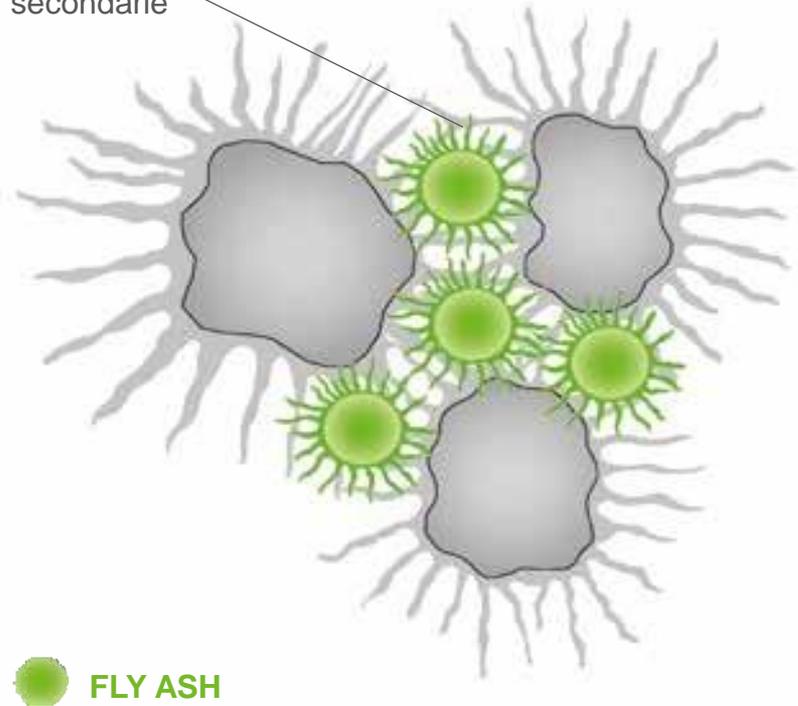


- silicati di calcio idrati (C-S-H)
- alluminati di calcio idrati (C-A-H)

Fibre C-S-H
principali



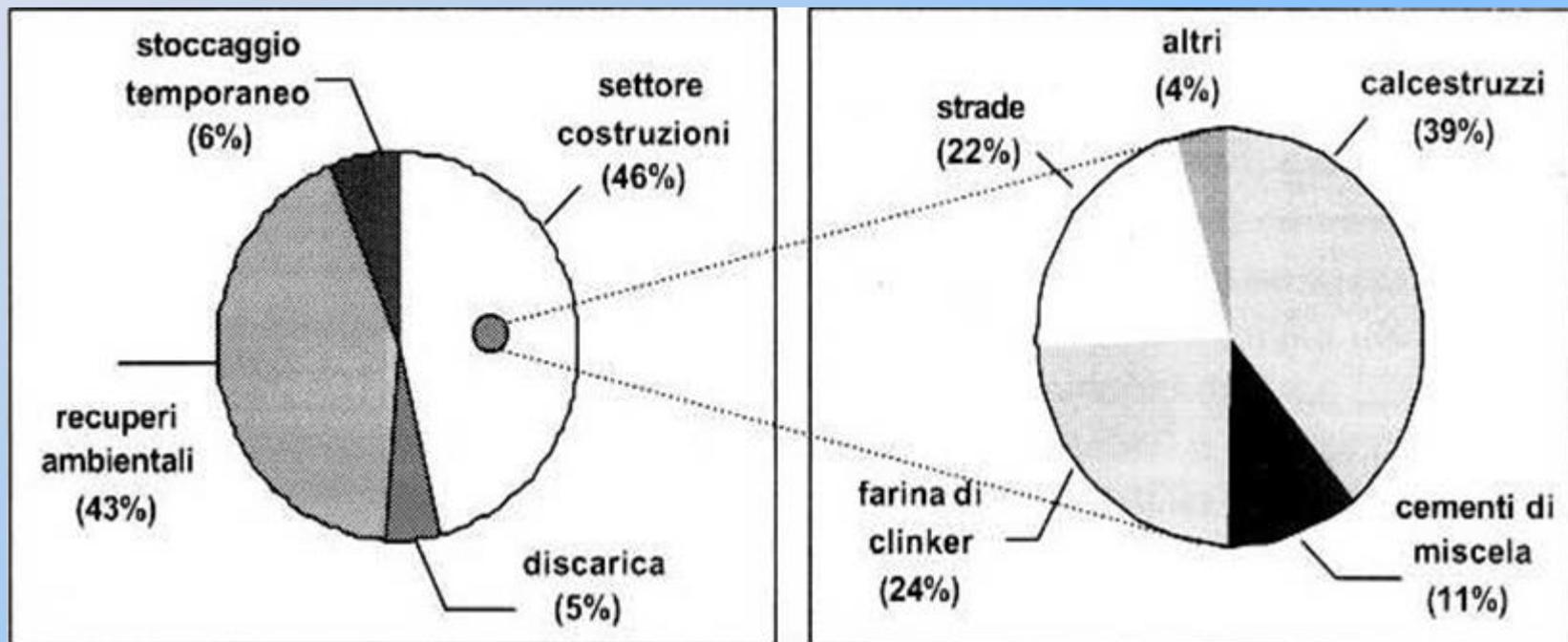
Fibre C-S-H
secondarie



Le fibre C-S-H secondarie prodotte dalla Cenere Volante contribuiscono ad addensare la matrice cementizia, rendendola più compatta, resistente e meno permeabile

Applicazioni delle FLY ASH

I costi elevati di conferimento nei siti di raccolta hanno portato allo studio di alcune modalità di riciclaggio delle fly ash.



Normative

L'utilizzo delle ceneri di carbone per la produzione di cementi di miscela e calcestruzzi è regolamentato a livello europeo da precisi standard tecnici:

- UNI-EN 197 (Cemento – composizione,specificazioni e criteri di conformità)
- UNI-EN 206 (Calcestruzzo – specificazione, prestazione, produzione e conformità)
- UNI-EN 450 (Ceneri volanti per calcestruzzi–Definizioni requisiti e controllo qualità)

*La norma ASTM
C618*

- **classe c:**(proprietà leganti)
appartengono le ceneri ottenute dalla combustione di carbone sub-bitumoso con un alto contenuto di CaO($\geq 15\%$)

- **classe f :** (materiale pozzolanico)
appartengono le ceneri ottenute dalla combustione di carbone bituminoso con un basso contenuto di CaO($\leq 6\%$) utilizzate in italia.

Nb: limite massimo di aggiunta (circa 55%).Superato tale limite il quantitativo di Ca(OH)_2 derivante dalla reazione di idratazione del cemento non è sufficiente a garantire la reazione di indurimento pozzolanica

Benefici ed effetti delle fly ash sulle miscele cementizie

La lavorabilità



Le fly ash migliorano la lavorabilità, consentendo di adottare più bassi rapporti di miscela acqua/cemento. Tale miglioramento è attribuito alla forma sferica delle particelle che consente di farle scorrere facilmente le une rispetto alle altre riducendo l'attrito interparticellare

Idratazione e sviluppo della resistenza



Le ceneri volanti agiscono da un punto di vista fisico, riempiendo i pori più grandi, e da un punto di vista chimico in quanto i prodotti delle reazioni pozzolaniche riducono lo sviluppo di microfessure. Il passaggio da una struttura densa ad una meno densa a bassa porosità comporta un aumento della resistenza e dell'impermeabilità.

Resistenza all'attacco di agenti chimici



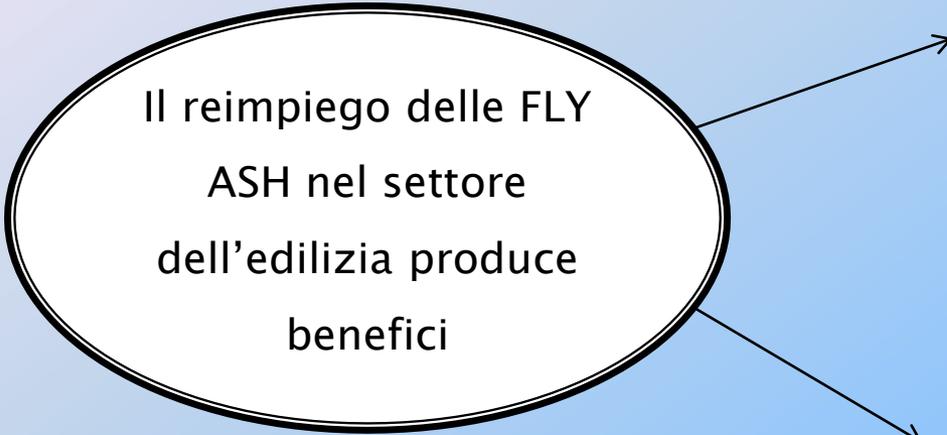
Aumenta la resistenza all'attacco di agenti chimici (solfati) in quanto le reazioni pozzolaniche delle ceneri, consumano l'idrossido di calcio, principale causa di vulnerabilità delle paste di cemento, e diminuiscono la porosità della pasta e di conseguenza la permeabilità agli agenti chimici aggressivi.

Resistenza ai cicli di gelo-disgelo



tale resistenza dipende da molteplici fattori come la quantità di aria presente nei pori, dalla velocità di raffreddamento ecc...L'aggiunta di fly ash abbassa la temperatura di congelamento dell'acqua nei pori e ne risulta un aumento della durabilità del cemento.

conclusioni



Il reimpiego delle FLY
ASH nel settore
dell'edilizia produce
benefici

Economici: in quanto il cemento, l'elemento più dispendioso dal punto di vista energetico, è sostituito da un materiale di scarso valore il cui costo di produzione è praticamente nullo

Ambientali: in quanto viene ridotta la quantità di materiale di scarto, potenzialmente inquinante disperso nell'ambiente con i relativi costi di bonifica e smaltimento