

Dott. Giuseppe Pagliara
g.pagliara@pagliara.it

6. MATERIALI CERAMICI FILTRANTI ED ADSORBENTI

*(schiume, membrane, carboni attivi, gel di silice, zeoliti, allumina attiva
e schiume geopolimeriche)*



Pagliara
prodotti chimici spa



PAGLIARA PRODOTTI CHIMICI SPA

Via Don Comotti, 7 - 24050 LURANO (BG) ITALIA

Tel. +39 035 800050 r.a. - Fax. +39 035 800288-800133

Capitale Sociale Deliberato € 2.000.000,00 Versato € 1.600.000,00

C.F. P.IVA IT 01245920168 REA Bg N.185771 Registro Imprese Bg01245920168

www.pagliara.it - pagliara@pagliara.it - pagliaraprodottichimici@registerpec.it

CERAMICHE FILTRANTI

FILTRAZIONE

Per filtrazione si intende la separazione della fase solida particellare dal prodotto fluido, liquido o gassoso, in cui essa è dispersa.

La grandezza delle particelle da separare è decisiva per la tecnica di filtrazione e per il tipo di elemento filtrante.

- Macrofiltrazione	per particelle	> 100 μm ,	tipo sabbia, capelli, lieviti ecc.
- Microfiltrazione	per macromolecole	> 100 nm,	tipo batteri e lattici.
- Ultrafiltrazione	per colloidali	> 10 nm,	tipo virus e sospensioni colloidali.
- Nanofiltrazione	per molecole organiche	> 1 nm,	tipo pesticidi ed endotossine.
- Osmosi inversa	per molecole inorganiche semplici	< 1 nm,	tipo ioni salini.

ELEMENTI FILTRANTI CERAMICI

Gli elementi filtranti devono avere una porosità aperta e possono essere di diversa natura: carta, tessuti, feltri, tessuti non tessuti, materassini fibrosi ecc. Si utilizzano materiali ceramici quando bisogna filtrare fluidi ad alta temperatura o chimicamente aggressivi. La natura del filtro ceramico è quindi dipendente dalla temperatura e dalle caratteristiche di aggressività chimica del fluido da filtrare (gas o liquido). Gli elementi filtranti ceramici sono principalmente di tre tipi:

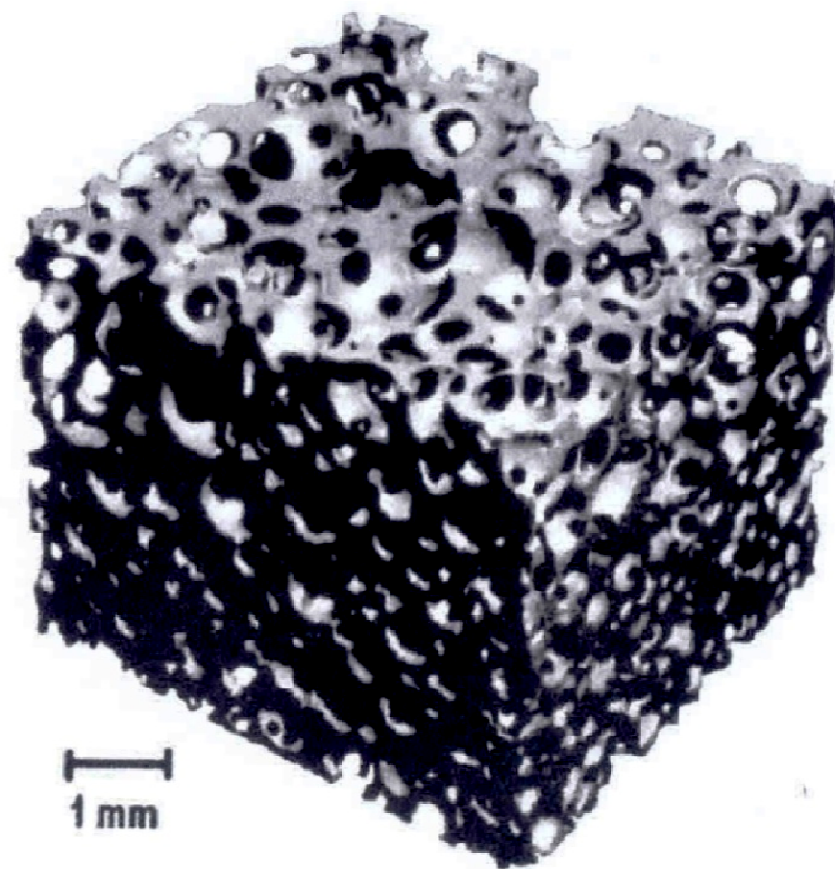
- filtri formati da fibre minerali inorganiche;**
- schiume ceramiche a porosità indotta di dimensione macro;**
- membrane ceramiche a porosità dipendente dalle dimensioni delle particelle solide da separare, ottenuta con il controllo della sinterizzazione.**

FILTRI DI FIBRE INORGANICHE

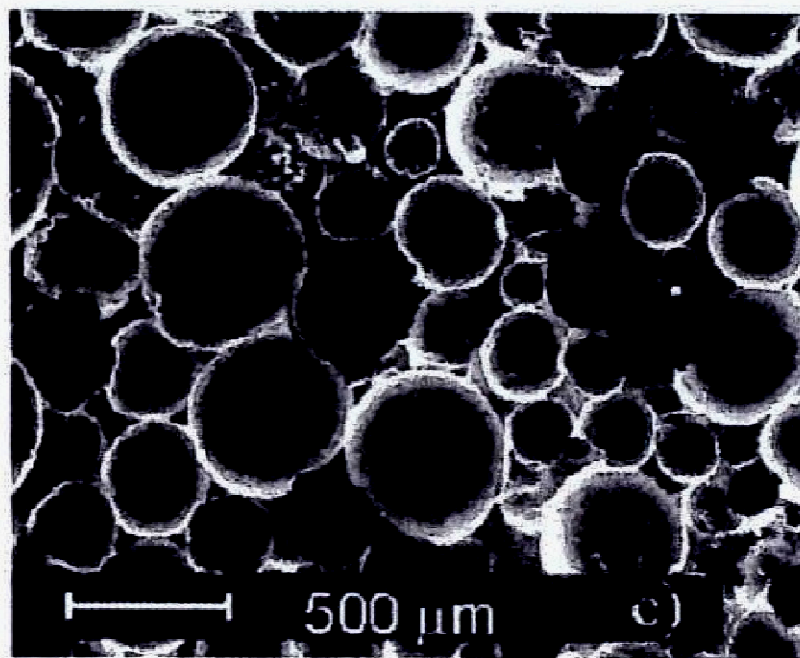
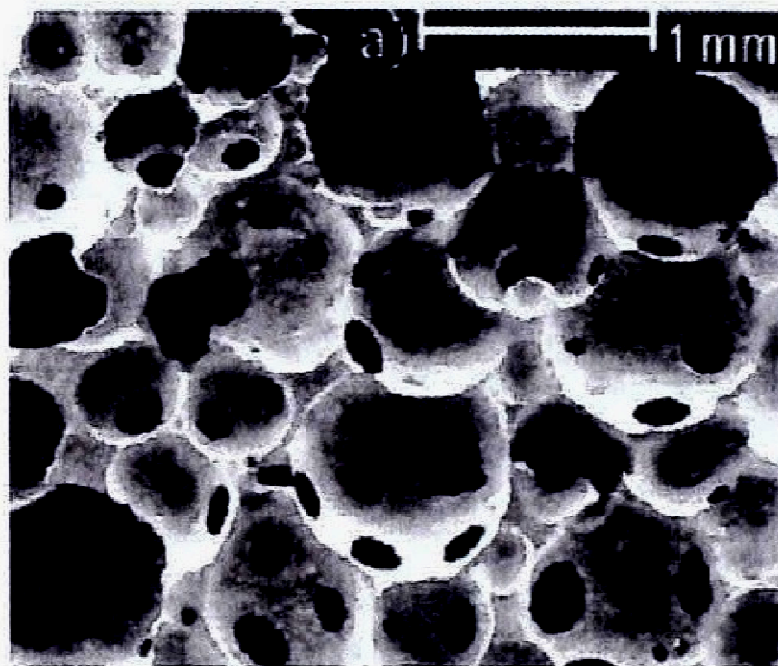
Nastri, tessuti e lamine di fibre inorganiche (per es. vetro o carbonio) costituiscono una classe di filtri per fluidi caldi o molto aggressivi, capaci di infeltrire o danneggiare i filtri organici di carta, cotone o altre fibre sintetiche.

Si adoperano quindi per separare particelle solide o liquide da fluidi corrosivi come NH_3 , H_2S , SO_2 , H_2SO_4 , Cl_2 , HCl , ecc.

Filtri in schiuma ceramica:

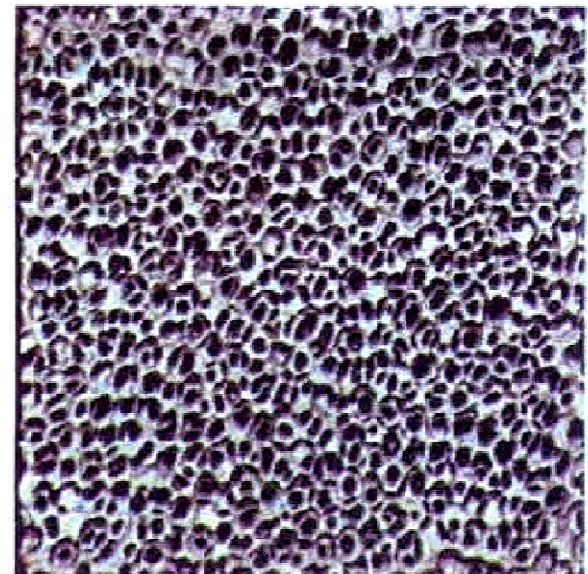
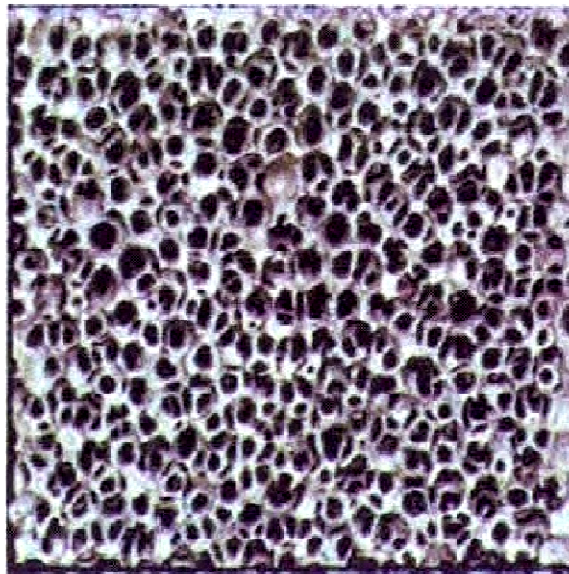
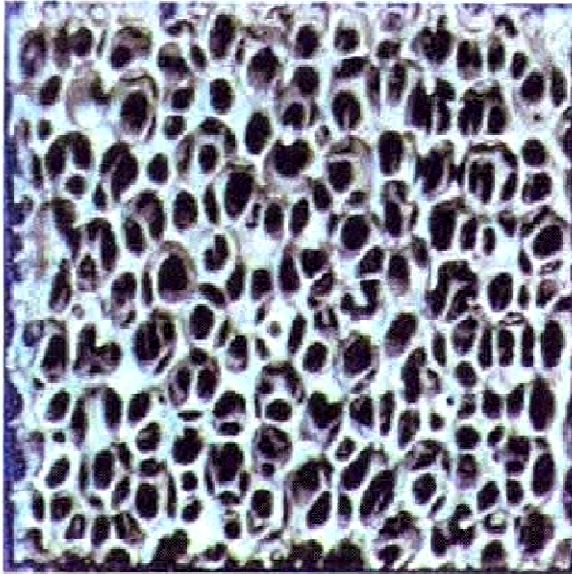


CERAMICA MACROPOROSA $d > 0,3 \text{ g/ml}$



Micrografia al SEM di una schiuma a cellule aperte (a) e di una schiuma a cellule chiuse (c)

S E M = Microscopio Elettronico a Scansione



Differente porosità: 10, 20 e 30 ppi

PPI = pores per inch

Alumina (RC-HPT)	47.5%
90 trichloroethane 10 ethanol	47.5%
Binder (Butvar B—76)	1.9%
Plasticizer (Carbowax PEG—300)	1.0%
Plasticizer (Ucon 50—HB—2000)	1.9%
Dispersant (Sarkosyl O)	0.1%
MgO	0.2%

Composizione tipica di una miscela ceramica non acquosa per la produzione di schiume di alluminia

- Alumina RC-HPT Reynolds 99,7% BET 4 m²/g
- BUTVAR = Polivinil Butirale – ELASTOLAN
- Carbowax PEG = Polietilen glicole – DOW
- Ucon = PEG monobutil etere – DOW
- Sarkosyl = Sodio Lauril Sarkosilato – SIGMA ALDRICH

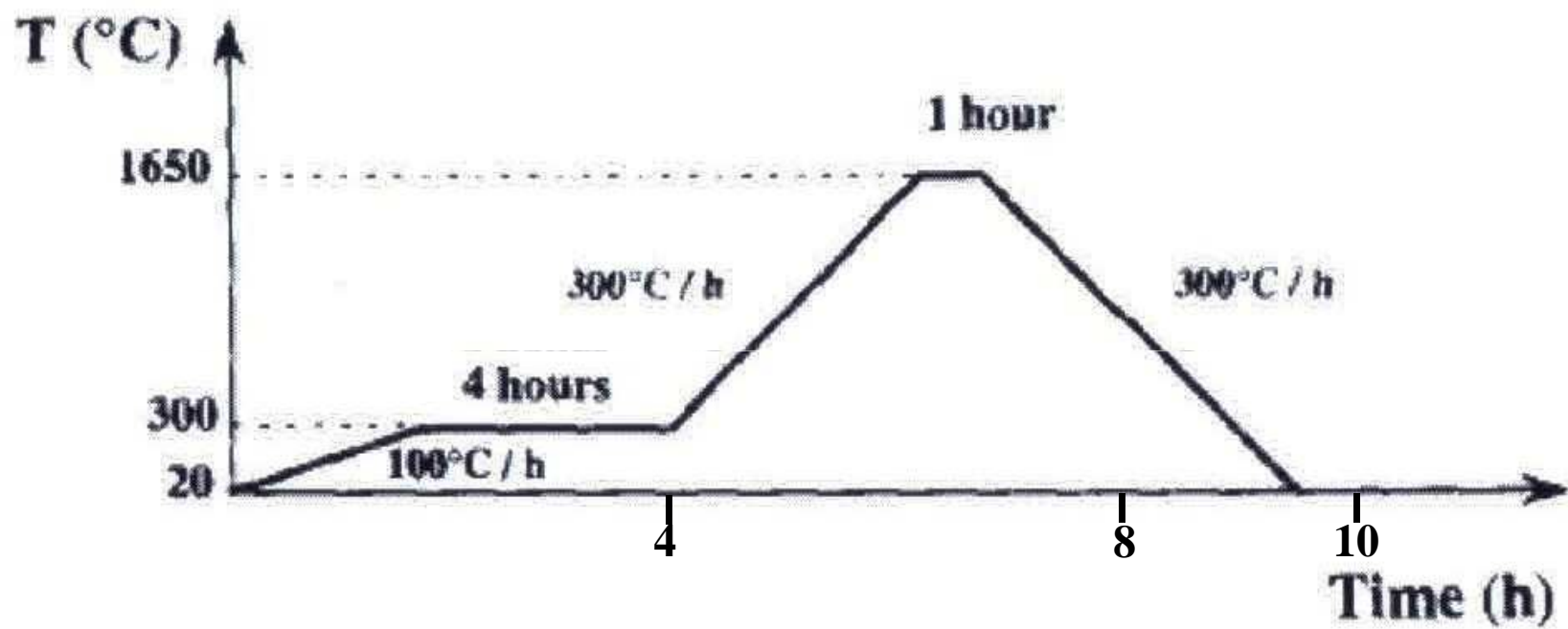
1. Prepare ceramic slurry

Al₂O₃	47% by weight
Cr₂O₃	13%
Kaolin	3.5%
Bentonite	1%
Colloidal aluminium orthophosphate in water	14.5%
Water	

for a total slurry content of
82% solids, 18% water

- 2. Immerse 5 cm thick
poly(urethane) foam in
ceramic slurry.**
- 3. Knead foam to remove
excess air; remove from slurry.**
- 4. Pass impregnated foam through
rollers to remove 80% of slurry.**
- 5. Oven dry at 125°C for 1 h.**
- 6. Slowly heat at 0.5°C min⁻¹ to
500°C; hold at 500°C for 1 h**
- 7. Heat to 1350°C at 1°C min⁻¹
and hold for 5 h**

**; Tipico processamento per la produzione di schiume ceramiche con il metodo della
replica dei polimeri**



Tipico ciclo termico per la produzione di schiume di mullite

<i>Composition</i>	<i>Applications</i>	<i>Benefits</i>
55% Al ₂ O ₃ , 38% SiO ₂ , 7% MgO 77% Al ₂ O ₃ , 23% SiO ₂	Iron alloys Carbon low alloy, stainless steel	Reduction in scrap rate Pouring temperatures up to 1675°C
Alumina, SiC, cordierite, ZrO ₂	Aluminum, iron, copper, bronze, steel, zinc	Laminated duplex and triplex construction
Alumina, mullite, ZTA, PSZ	Superalloys, low-carbon stainless steel	Large volumes up to 120 tons
92% alumina with mullite phase	Nonferrous alloys	Improved thermal shock resistance, smaller filters required
Alumina, PSZ	Aluminum, iron, steel	High flow rates

Schematizzazione dei filtri in schiuma ceramica maggiormente utilizzate in funzione dei materiali e delle applicazioni

- ZTA = Allumina rinforzata con Zirconia (Zirconia Toughened Alumina)
- PSZ = Zirconia parzialmente stabilizzata (Parcially Stabilized Zirconia)



**Forma dei filtri in schiuma ceramica
presenti in commercio**

IMPIEGHI PER FILTRI

I principali impieghi delle schiume ceramiche sono:

- filtri per metalli fusi durante la formatura per fusione;**
- filtri per particolato negli autoveicoli diesel (FAP e DPF)**

In entrambi i casi si tratta di schiume a cellule aperte di dimensioni opportune.

Nei filtri per la fusione, il materiale ceramico dipende dalla natura e dalla temperatura di fusione del metallo.

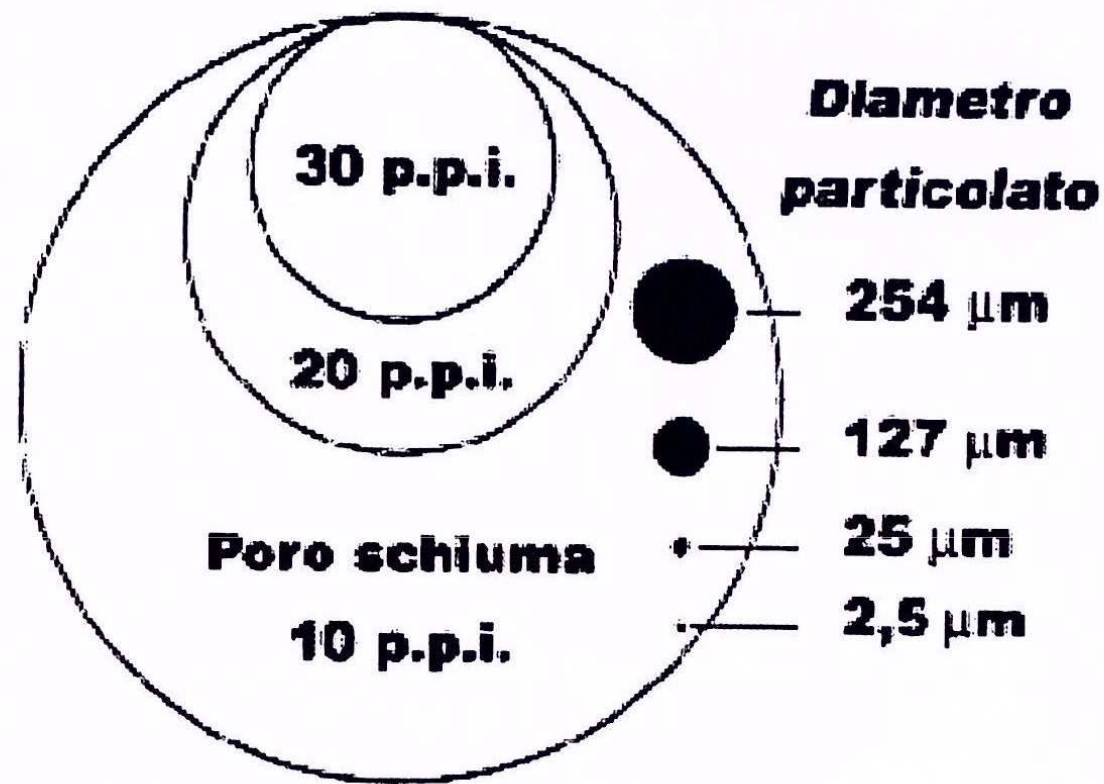
Nei filtri per motori diesel il materiale ceramico è sempre il carburo di silicio che per la sua conduttività termica, durante la rigenerazione, assicura la uniformità della temperatura. Così non nascono tensioni che possono portare a cretti e distruzione del filtro.

- FAP = Filtro Attivo Antiparticolato**
- DPF = Diesel Particulate Filter**

FILTRAZIONE E PSEUDOFILTRAZIONE

Nella filtrazione di un fluido il filtro trattiene le particelle di dimensioni superiori ai suoi pori o maglie. Nelle schiume ceramiche per particolati Diesel i pori sono ben maggiori delle dimensioni del particolato, perché non devono offrire una elevata resistenza alla scarico. In tal caso le particelle vengono trattenute dal filtro perché intrappolate da un gioco di scontri con le pareti della schiuma con bruschi cambiamenti di direzione e rallentamenti del flusso. Gioca anche un fattore importante l'alta temperatura dei fumi di scarico che rende le particelle di particolato plastiche e adesive. Il meccanismo descritto non è quindi una vera filtrazione, ma si parla di pseudo filtrazione.

Quando l'accumulo di particolato satura il filtro, bisogna rigenerarlo per combustione, agendo sul rapporto aria/combustibile con l'eventuale iniezione di un catalizzatore per es. ossido di cerio.



**Rappresentazione schematica della
dimensione delle particelle rispetto ai pori della
schiuma .**

p.p.i. = Pores per inch

ALTRI IMPIEGHI DELLE SCHIUME CERAMICHE

- BRUCIATORI**
- ATTREZZATURE BIOMEDICHE**
- ACCESSORI E RIVESTIMENTI PER FORNI**
- SUPPORTI PER CATALIZZATORI**

MEMBRANE CERAMICHE

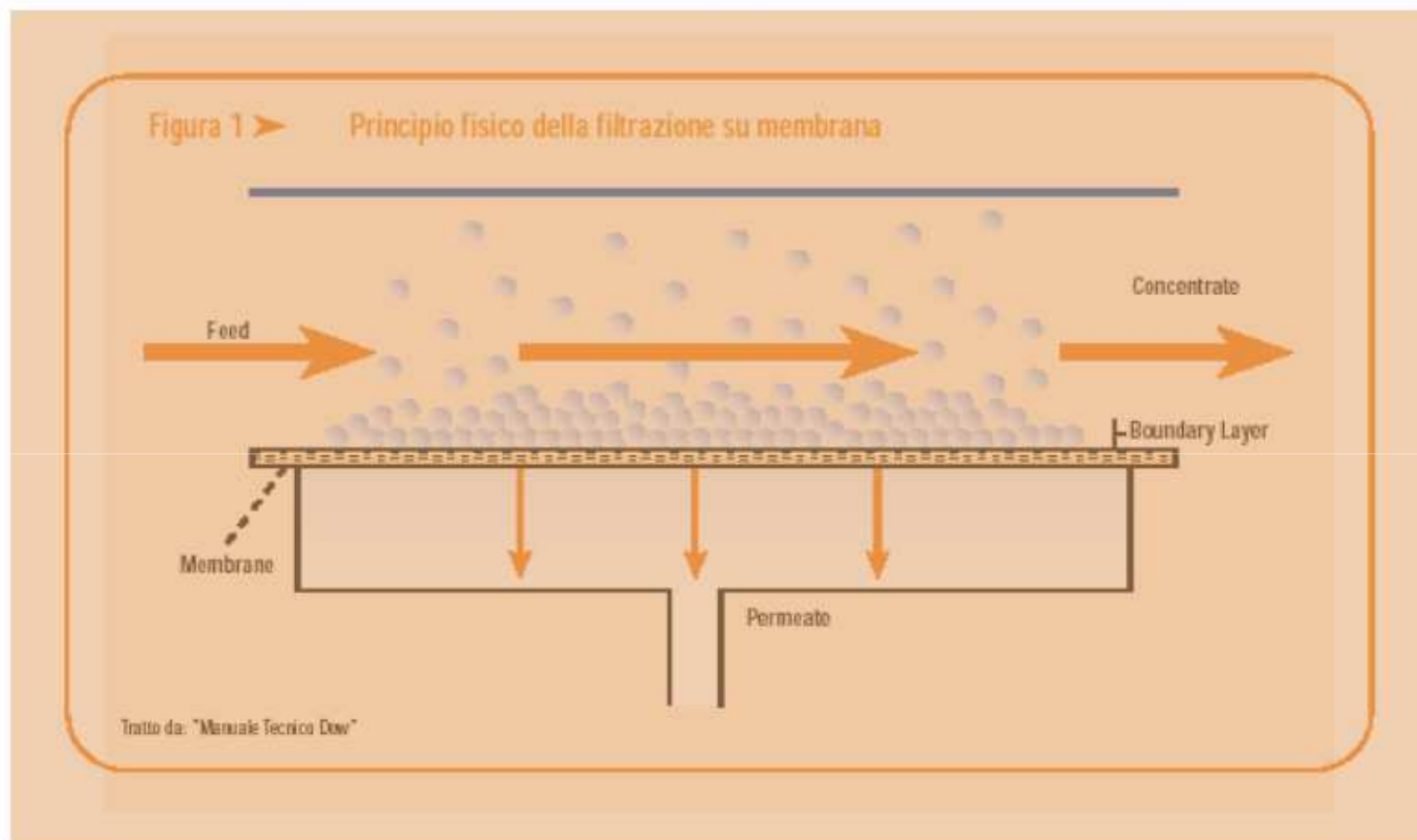
Le membrane ceramiche a forma di piastra, tubi, cilindri si realizzano in ceramica classica, porcellana, vetro ai borosilicati (PYREX), allumina, utilizzando i normali procedimenti di formatura e sinterizzazione ceramica. A seconda della granulometria della materia prima e con il controllo della pressione di stampaggio e della temperatura di cottura si possono ottenere delle porosità aperte con pori di dimensioni macro, micro e nano per essere usate nella filtrazione di particelle solide di dimensioni corrispondenti. Il tipo di ceramica utilizzata per la membrana dipende dalla natura del fluido da filtrare e dalla sua temperatura.

MEMBRANE ARTIFICIALI: STRUTTURA, PREPARAZIONE E PRINCIPALI APPLICAZIONI

Tipo	Materiale usato	Struttura	Preparazione	Applicazioni
Membrane ceramiche e metalliche	Caolino, silice, allumina, grafite, argento, tungsteno	Microporosa, diametro dei pori $0,05 \div 20 \mu\text{m}$	Stampaggio e sinterizzazione di polveri ceramiche e metalliche	Filtrazione a temperature elevate, separazione di gas
Membrane di vetro	Vetro	Microporosa, diametro dei pori $10 \div 100 \mu\text{m}$	Asportazione di una fase solubile in acido da una miscela vetrosa a due componenti	Filtrazione di miscele molecolari
Membrane polimeriche sinterizzate	Politetrafluoroetilene, polietilene, polipropilene ecc.	Microporosa, diametro dei pori $0,1 \div 20 \mu\text{m}$	Stampaggio e sinterizzazione di polimeri in polvere o fibrillari	Filtrazione di sospensioni, iperfiltrazione, filtrazione di mosti, vino e birra
Membrane da polimeri stirati	Politetrafluoroetilene, polietilene, polipropilene	Microporosa, diametro dei pori $0,1 \div 5 \mu\text{m}$	Stiro di un film polimerico parzialmente cristallino	Filtrazione dell'aria, filtrazione di solventi organici
Membrane <i>etched</i>	Policarbonato, poliestere	Microporosa, diametro dei pori $0,02 \div 20 \mu\text{m}$	Irradiazione di un film polimerico e attacco acido	Filtrazione di sospensioni, filtrazione sterile di una soluzione biologica
Membrane microporose a inversione di fase simmetrica	Esteri della cellulosa, poliacrilonitrile	Microporosa, diametro dei pori $0,1 \div 10 \mu\text{m}$	Colaggio di una soluzione polimerica e precipitazione per coagulo	Filtrazioni sterili, purificazione dell'acqua, dialisi
Membrane asimmetriche	Esteri della cellulosa, poliammidi, polisolfone, ecc.	<i>Skin</i> omogeneo o microporoso su di una struttura microporosa ($200 \div 5.000 \text{ \AA}$)	Colaggio di una soluzione polimerica e precipitazione per coagulo	Ultrafiltrazione e osmosi inversa, separazione di soluzioni molecolari
Membrane composite	Esteri della cellulosa, poliammidi, polietarammidi, polisolfuri, polimetilsilossano	Film polimerico omogeneo sopra una struttura microporosa ($0,1 \div 1 \mu\text{m}$)	Deposizione di un film polimerico sottile su di una struttura microporosa, anche mediante polimerizzazione <i>in situ</i>	Osmosi inversa, separazione di soluzioni molecolari, separazione di gas



Meccanismo di filtrazione



Antonio Licciulli Scienza e tecnologia dei materiali

RIGENERAZIONE DELLE MEMBRANE CERAMICHE

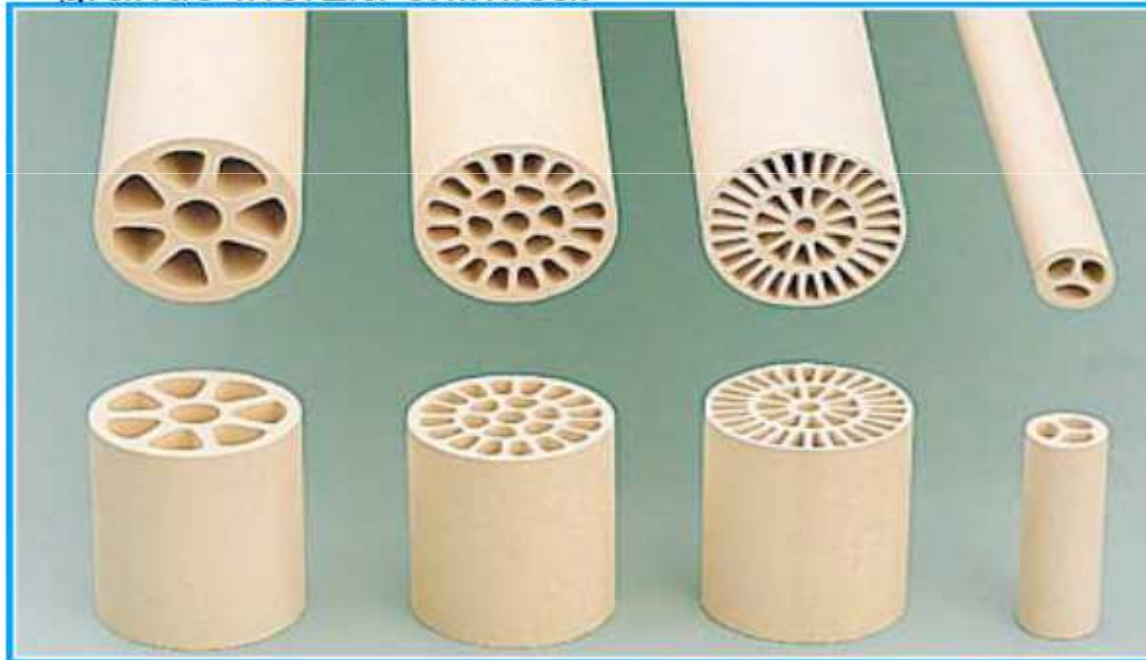
I filtri a membrana, durante l'uso subiscono uno sporramento ed un intasamento per cui periodicamente devono essere rigenerati.

Per quelli ceramici si adoperano essenzialmente tre procedimenti:

- Si sottopone il filtro da rigenerare ad un lavaggio acquoso o saponoso che lo percorre in direzione inversa.**
- Si adoperano liquidi di lavaggio scelti in funzione del prodotto filtrato ed eventualmente in grado di scioglierlo.**
- Si rigenera il filtro termicamente con l'eventuale coimpiego di un catalizzatore di ossidazione del prodotto da eliminare.**

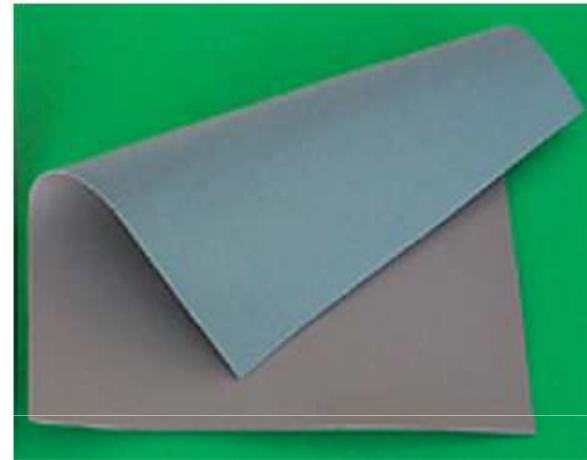
Membrane ceramiche: proprietà

- stabilità meccanica elevata ;
- resistenza alle abrasioni;
- alta stabilità termica;
- grande inerzia chimica.



Antonio Licciulli Scienza e tecnologia dei materiali

Membrane ceramiche multicanale



- Alto flusso ($25 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{bar}$);
- Porosità aperta raggiunge il 40%.

Antonio Licciulli Scienza e tecnologia dei materiali

CERAMICHE ADSORBENTI

DIFFERENZE

- Le schiume ceramiche a pori aperti si utilizzano come filtri per fluidi ad alta temperatura.
- Le ceramiche a pori semiaperti sono adsorbenti di largo impiego.
- Le schiume ceramiche a pori chiusi si usano come piastre termiche isolanti e refrattari leggeri.

	DIMENSIONI PORI		POROSITÀ
FILTRI CERAMICI	> 50	µm	aperta
ADSORBENTI CERAMICI	< 50	nm	semiaperta
CERAMICHE ISOLANTI	< 5	mm	chiusa

PRODOTTI CERAMICI POROSI ADSORBENTI

- CARBONI ATTIVI**
- GEL DI SILICE**
- ZEOLITI (SETACCI MOLECOLARI)**
- ALLUMINA ATTIVA**

ADSORBIMENTO

Processo di accumulo di una sostanza allo stato di gas, di vapore o di soluto sulla superficie interna di un materiale ceramico solido microporoso ad alta superficie specifica BET. L'adsorbato viene trattenuto dal solido adsorbente da forze di natura fisica di debole intensità (forze di Van Der Waals) e può essere rilasciato per riscaldamento e recuperato separatamente.

Spesso lo scopo del processo di adsorbimento è proprio il recupero del prodotto adsorbito.

I solidi adsorbenti più utilizzati sono i seguenti materiali ceramici a porosità semiaperta:

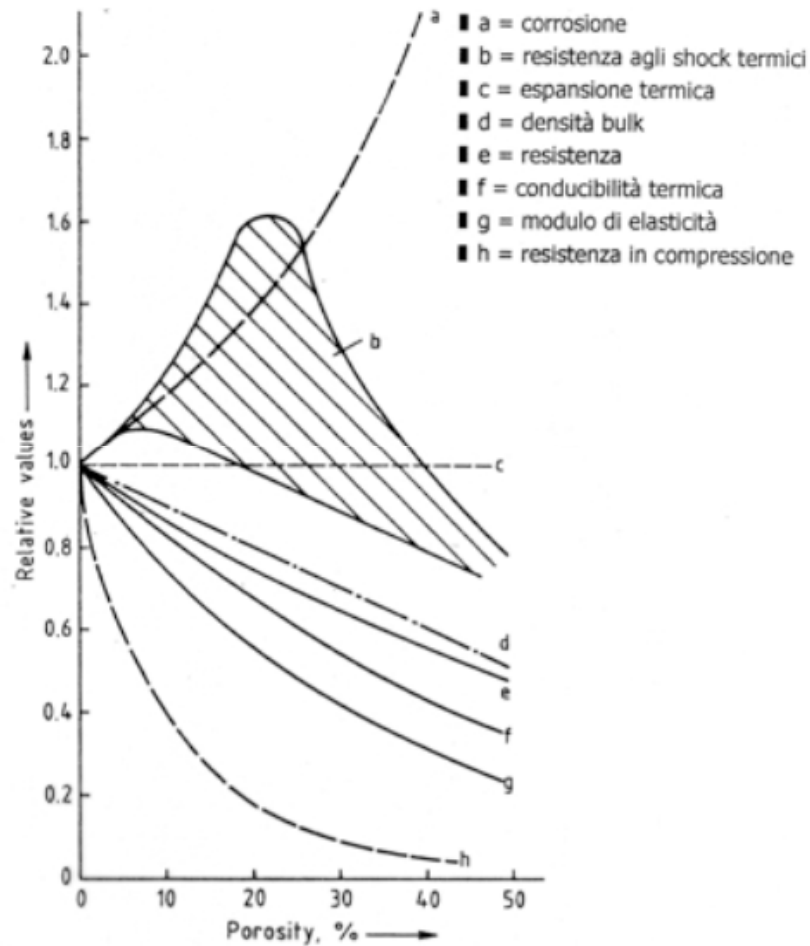
	BET m ² /g
Carbone attivo	1500 – 1700
Gel di silice	ca. 500
Setacci molecolari	450 – 550
Allumina attiva	ca. 300

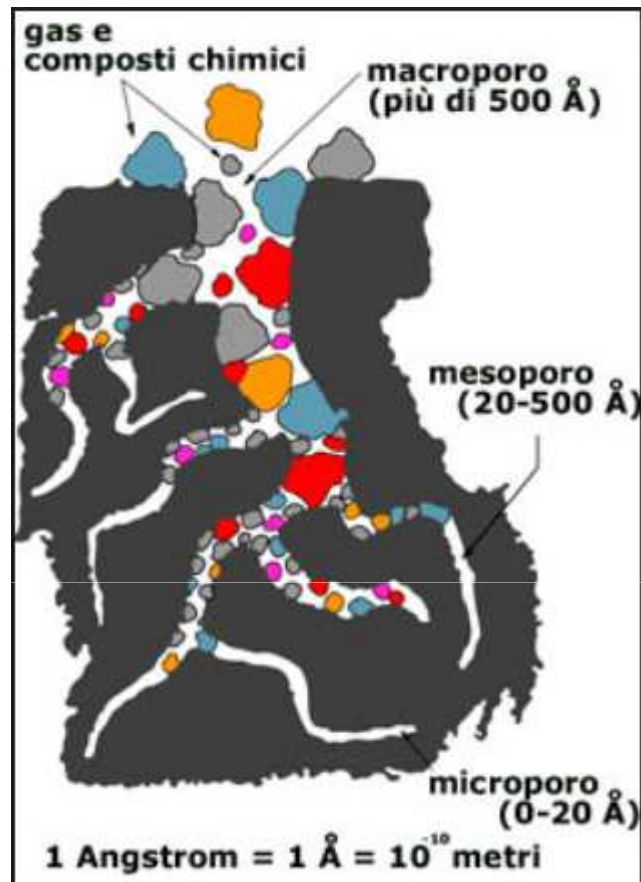
POROSITÀ

= volume vuoto / volume totale • 100

CLASSIFICAZIONE PORI	DIMENSIONI	ESEMPI
macropori	> 50 nm	ceramica alluminosa
mesopori	2 – 50 nm	Carboni attivi, gel di silice
micropori	< 2 nm	setacci molecolari

Effetto della porosità su alcune proprietà dei ceramici





Capacità di adsorbimento di un materiale
Micro-meso-macro poroso (carbone attivo)ù

N.B. 1Å = 0,1 nm

CARBONI ATTIVI

CARBONE ATTIVO = AC

Si ottiene per pirolisi fino a carbonizzazione di legno, torba, carbone vegetale, gusci di noci, di mandorle, di cocco.

È l'adsorbente con il più elevato valore BET (1500-1700 m²/g).

È disponibile in polvere (PAC), in granuli (GAC) o in cilindretti ottenuti per estrusione. Quello in polvere è usato soprattutto nel trattamento statico di liquidi. Quello granulare viene usato sia per liquidi che per gas.

Il carbone in cilindretti è utilizzato nel trattamento dinamico di aeriformi, grazie alle ridotte perdite di carico e alla maggiore resistenza all'abrasione.

Sostanze nei confronti delle quali i carboni attivi dimostrano un'elevata capacità di adsorbimento

Acetato di amile
Acetato di butile
Acetato di cellosolve
Acetato di etile
Acetato di isopropile
Acetato di metilcellosolve
Acetato di propile
Acido acetico
Acido acrilico
Acido butirrico
Acido lattico Acido propionico
Acido solforico
Acrilato di etile
Acrilato di metile
Acrilonitrile
Alcool amilico

Alcool butilico
Alcool etilico
Alcool isopropilico
Alcool propilico
Anidride acetica
Anilina
Benzolo
Bromo
Butilcellosolve
Canfora
Cellosolve
Clorobenzolo
Clorobutadiene
Cloroformio
Cloronitropropano
Cloropicrina

Cloruro di butile
Cloruro di metilene
Cloruro di propile
Composti solforati
Creosoto
Creosolo
Crotonaldeide
Cicloesano
Cicloesano
Cicloesano
Decano
Dibromoetano
Diclorobenzolo
Dicloretano
Benzina
Dicloretilene





Granuli e cilindretti di carbone attivo

Materie prime nella produzione del Carbone Attivo (CA)

- ❑ Quasi tutta la materia organica ad elevata percentuale di carbonio può teoricamente essere attivata per aumentare le relative caratteristiche sorbenti.
 - ❑ può essere prodotto legno, carbone, torba, le coperture della noce di cocco, ecc.
- ❑ Il legno (130.000 tons/year) è di gran lunga la fonte più comune di carbone attivo, seguita dal carbone (100.000 tonnellate);
- ❑ I gusci delle noci di cocco (35.000 tonnellate) e la torba (35.000 tonnellate) sono più costose e meno prontamente disponibili.

Influenza delle materie prima

- La materia prima influenza la struttura e condiziona le applicazioni
 - Il CA per applicazioni alimentari deve provenire da materie prime organiche

Materia prima	Densità (kg/L)	Struttura del CA	Applicazioni
Legno tenero	0,4 - 0,5	molle, grande volume del poro	adsorbimento di fase acquosa
Lignite	1,00 - 1,35	duro, piccolo volume del poro	trattamento d'acqua scarico
Nutshells	1,4	duro, alta concentrazione di micropori	adsorbimento di fase del vapore
Antracite	1,5 - 1,8	duro, volume grande del poro	adsorbimento gas

Antonio Licciulli Scienza e tecnologia dei materiali

Classificazione del CA

Il carbone attivo è classificato sulla base di quattro test che valutano:

- ❑ **Superficie specifica (o area totale)**
 - ❑ misurata con il metodo BET (assorbimento di N_2)
- ❑ **Densità del carbone**
 - ❑ Densità bulk
- ❑ **Distribuzione delle dimensioni delle particelle**
- ❑ **Capacità adsorbente**
 - ❑ l'efficacia del carbone attivo nella rimozione di un dato agente inquinante

Carbone attivo	Filtracar b WP9
Tipo	Polvere
Blu di metilene (mg/g)	250
Densità (g/cm ³)	0,45
Umidità (%)	5
N° dello iodio (mg/g)	1050

Esempio di classificazione di un CA relativa alla capacità adsorbente

Antonio Licciulli Scienza e tecnologia dei materiali

Indice di Blu di Metilene
Indice di Jodio } = quantità in mg adsorbita da 1 g di CA.

Sostanze nei confronti delle quali i carboni attivi dimostrano un'elevata capacità di adsorbimento

Acetato di amile
Acetato di butile
Acetato di cellosolve
Acetato di etile
Acetato di isopropile
Acetato di metilcellosolve
Acetato di propile
Acido acetico
Acido acrilico
Acido butirrico
Acido lattico Acido propionico
Acido solforico
Acrilato di etile
Acrilato di metile
Acrilonitrile
Alcool amilico

Alcool butilico
Alcool etilico
Alcool isopropilico
Alcool propilico
Anidride acetica
Anilina
Benzolo
Bromo
Butilcellosolve
Canfora
Cellosolve
Clorobenzolo
Clorobutadiene
Cloroformio
Cloronitropropano
Cloropicrina

Cloruro di butile
Cloruro di metilene
Cloruro di propile
Composti solforati
Creosoto
Creosolo
Crotonaldeide
Cicloesano
Cicloesanolo
Cicloesanone
Decano
Dibromoetano
Diclorobenzolo
Dicloretano
Benzina
Dicloretilene

CARBONI ATTIVI PER PROCESSI DA FASE GASSOSA

Industria	Descrizione	Uso Tipico
Recupero solvente	Recupero dei solventi organici per ottimizzare l'economia trattata e per controllare le emissioni del vapore	Fibre dell'acetato (acetone), prodotti farmaceutici (cloruro di metilene), rivestimento della pellicola da stampa (ethyl acetato), nastro magnetico (MEK)
Anidride carbonica	Purificazione dell'anidride carbonica dai processi di fermentazione	Adsorbimento degli alcoli, delle ammine
Respiratori industriali	Adsorbimento dei vapori organici	Per rispondere agli standard di CEN 141
Eliminazione rifiuti	Eliminazione dei rifiuti domestici, chimici e clinici da incenerimento a temperatura elevata	Rimozione dei metalli pesanti e delle diossine dal gas di combustione
Sigarette	Incorporazione come polvere o granello nella punta del filtro	Estrazione d'alcuni elementi nocivi del fumo della sigaretta, o controllo di sapore e gusto
Aria condizionata	Heating, ventilazione ed aria condizionata (HEVAC)	Aeroporti (odori del combustibile), uffici, armadietti del vapore (odori solvibili)
Fibre composite	Impregnazione di carbone attivo in polvere nella sostanza di foam/fibre/non-woven	Maschere e respiratori di protezione, trattamento delle acque
Frigorifero deoderisers	Unità di filtraggio	Rimozione degli odori generali dell'alimento

CARBONI ATTIVI PER PROCESSI DA FASE LIQUIDA

Industria	Descrizione	Uso Tipico
Trattamento delle acque potabili	Carboni attivi granulari (GAC)	Rimozione degli agenti inquinanti organici disciolti, controllo del tasso e dei problemi d'odore
Bibite analcoliche	Trattamento dell'acqua potabile, sterilizzazione con cloro	Rimozione del cloro ed adsorbimento degli agenti inquinanti organici disciolti
Fermentazione	Trattamento delle acque potabili	Rimozione dei trihalomethanes (THM) e dei composti fenolici
Semiconduttori	Acqua d'elevata purezza	Riduzione organica totale del carbonio (TOC)
Petrochimica	Riciclaggio del condensato del vapore per l'acqua d'alimentazione della caldaia	Rimozione di contaminazione dell'idrocarburo e del petrolio
Acqua freatica	Contaminazione industriale delle riserve d'acqua sotterranea	Riduzione degli alogeni organici totali (TOX) e degli alogeni organici adsorbibili (AOX) compreso cloroformio, tetracloroetilene e tricloroetano
Acque di rifiuto industriale	Trattamento dell'effluente	Riduzione degli alogeni organici totali (TOX), della richiesta biologica dell'ossigeno (DOMANDA BIOLOGICA D'OSSIGENO) e del fabbisogno d'ossigeno chimico (MERLUZZO)
Piscine	Rimozione degli agenti inquinanti organici	Rimozione d'ozono residuo e controllo dei livelli di cloroammina

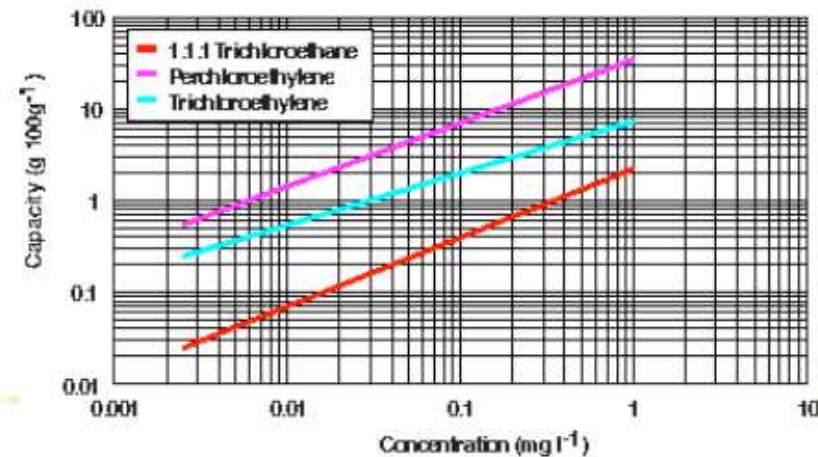
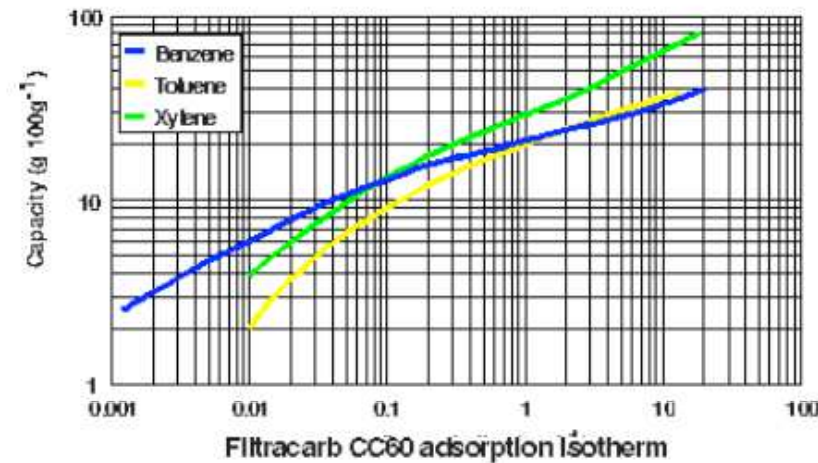
CARBONI ATTIVI PER ALTRI IMPIEGHI

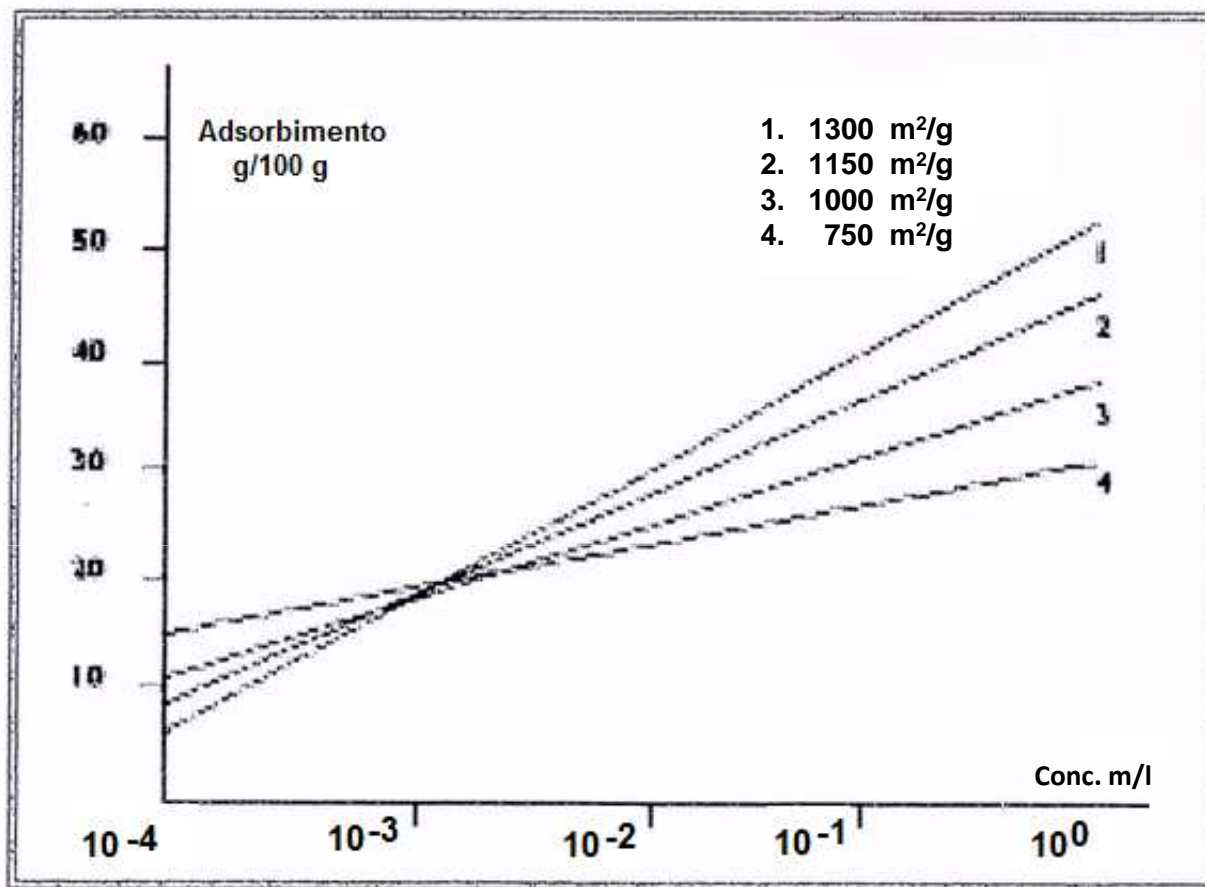
- **RAFFINAZIONE DELLO ZUCCHERO**
- **DECOLORAZIONE E DEODORIZZAZIONE DI LIQUIDI E GAS VARI**
- **ELIMINAZIONE DI COLORANTI E TINTURE ORGANICHE DALLE ACQUE DI SCARICO TESSILE**
- **FILTRAZIONE GAS E LORO DISIDRATAZIONE PER ADSORBIMENTO DEL VAPORE ACQUEO**
- **ELIMINAZIONE DI ODORE E GUSTO DALL'ACQUA POTABILE**
- **ADSORBENTE INTESTINALE**

Isoterme di adsorbimento

- Capacità d'adsorbimento di fenolo e blu di metilene da soluzione acquosa:
- Le isoterme d'adsorbimento sono ottenute plottando le quantità adsorbite "x", per massa di carbone "m", in funzione della concentrazione "C_e" di inquinante.

Filtracarb FY5 adsorption Isotherm





Isotherme di adsorbimento del benzene, per carboni attivi a differenti livelli di attivazione

RIATTIVAZIONE DEI CARBONI ATTIVI

I carboni attivi saturi possono ricedere i prodotti adsorbiti (per esempio i vapori di solventi) riscaldandoli, ma la loro completa riattivazione avviene per calcinazione ad alta temperatura in forni rotativi sotto corrente di azoto.

Pirolisi e attivazione del CA

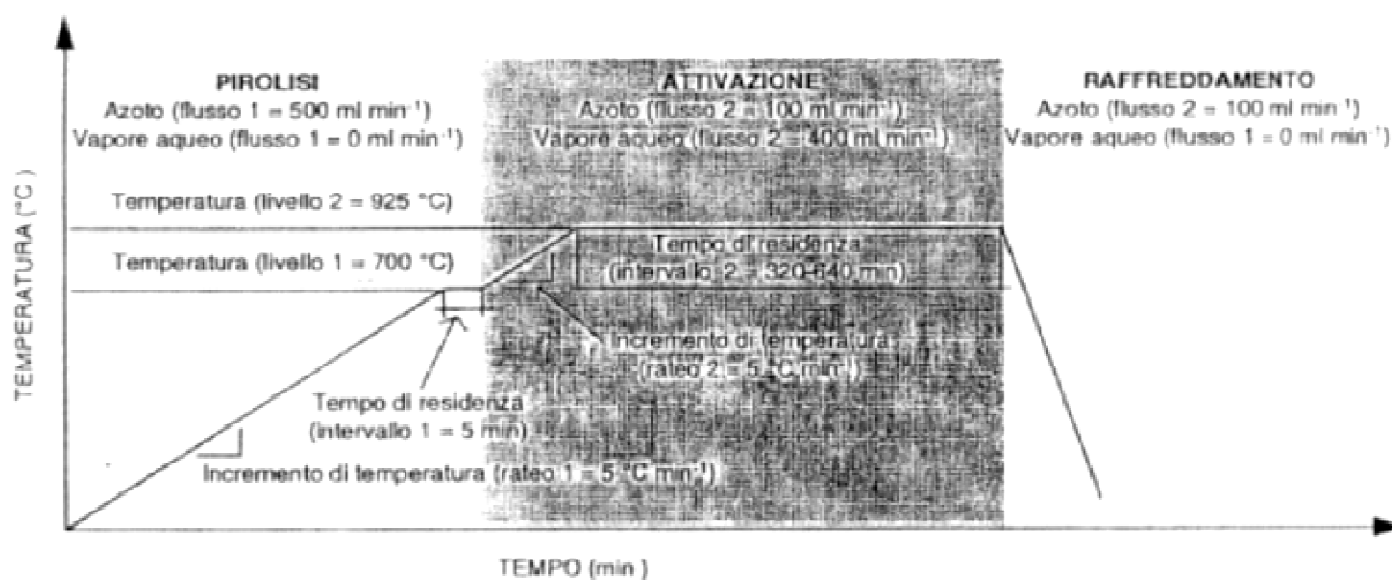


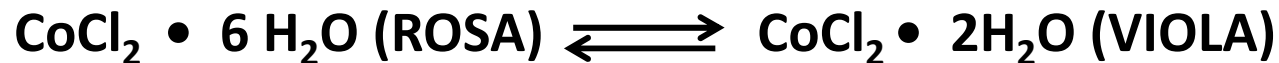
Diagramma delle condizioni utilizzate per la produzione del carbone attivo

Antonio Licciulli Scienza e tecnologia dei materiali

GEL DI SILICE

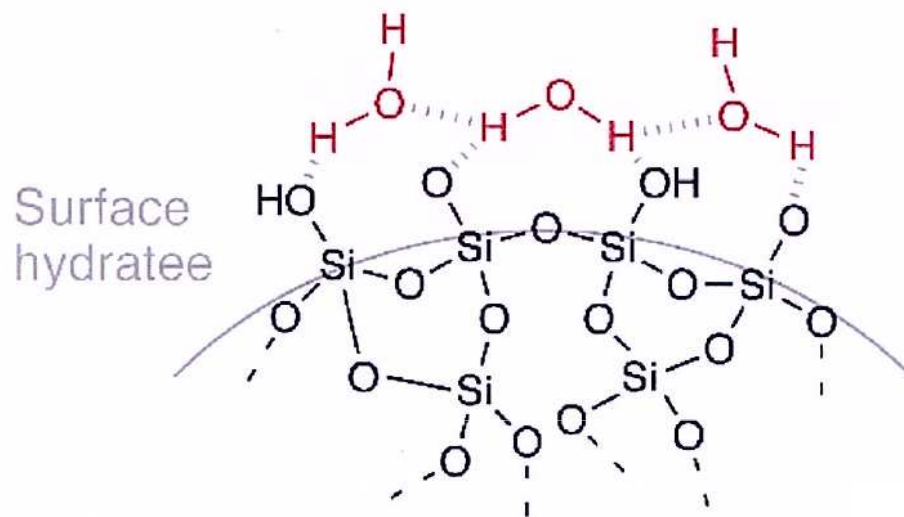
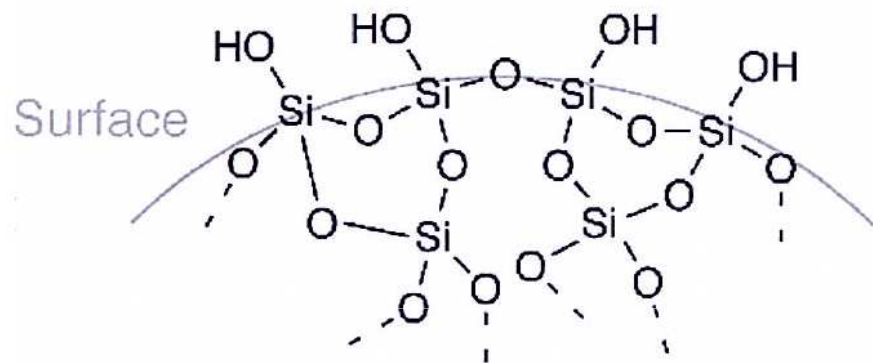
GEL DI SILICE

Si produce per acidificazione del silicato di sodio in soluzione. Il precipitato dopo accurato lavaggio viene essiccato. Il suo impiego principale è per la disidratazione di aria o di altri gas. Il trattamento con CoCl_2 funziona da indicatore di saturazione per il seguente viraggio:



Per motivi di tossicità, il cloruro di cobalto è ora sostituito da altri indicatori.

Il gel di silice trova impiego anche come terreno per cromatografia e come supporto per catalizzatori.

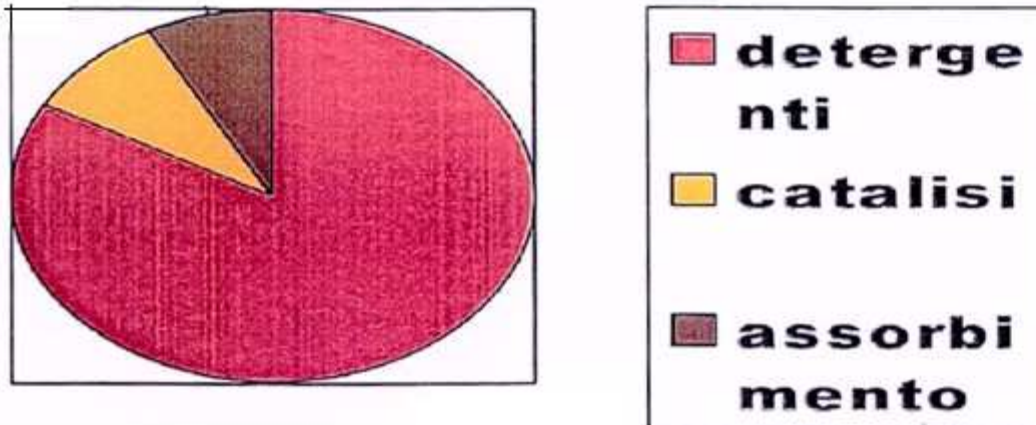


Meccanismo di adsorbimento delle molecole di acqua attraverso legami da idrogeno

SETACCI MOLECOLARI

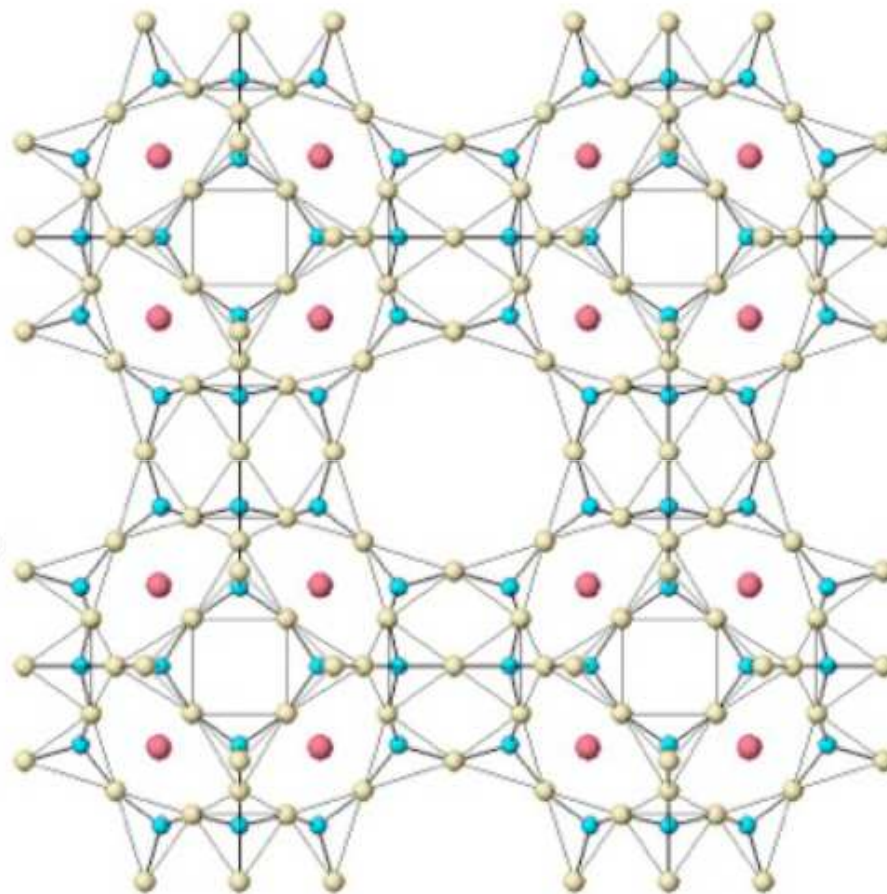
Zeoliti

- Sono impiegate nella catalisi, per l'assorbimento, per lo scambio ionico come detergenti
- Il consumo annuo di zeoliti sintetiche è 10^6 tonnellate
- Il consumo mondiale in tonnellate (1994) è riportato sotto



Le zeoliti

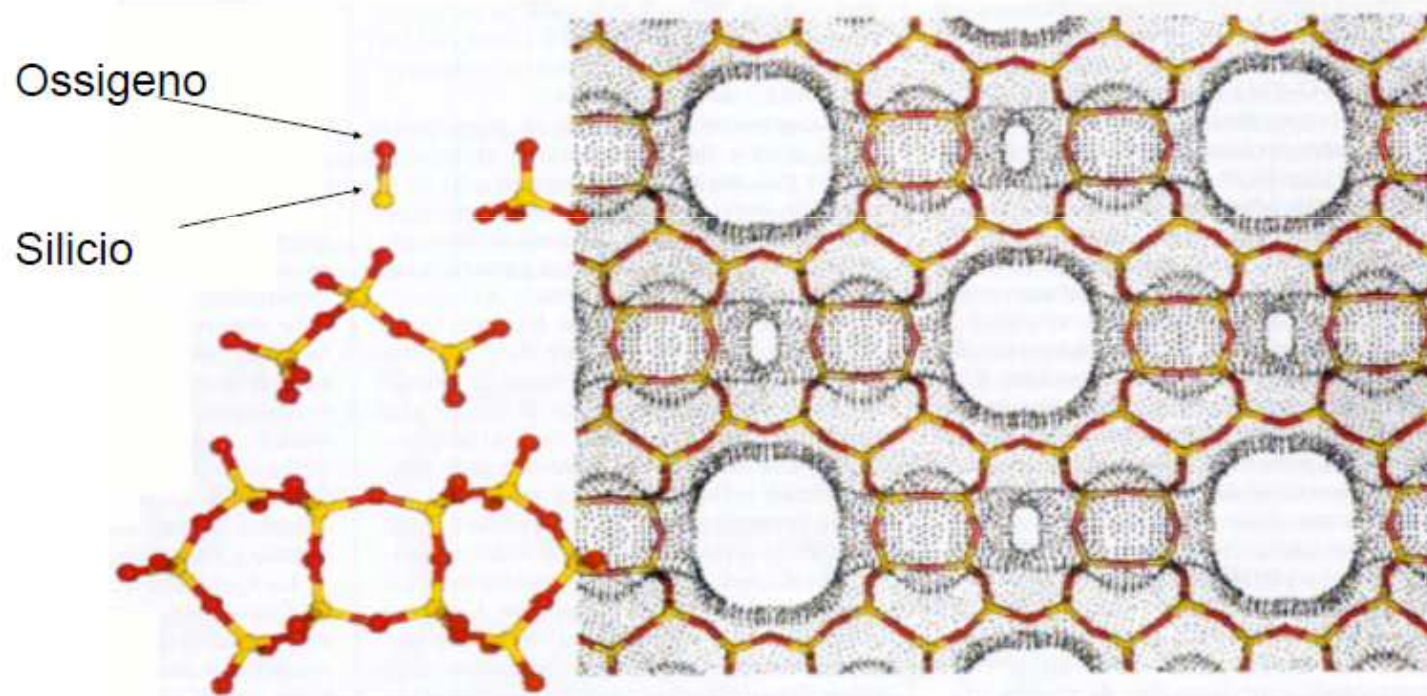
- Aluminosilicati idrati cristallizzati con impalcatura tridimensionale tetraedrica. Secondo il tipo di struttura contengono canali regolari o pori interconnessi. I pori contengono acqua e cationi necessari a bilanciare l'eccesso di carica dell'impalcatura. I cationi sono mobili e possono essere scambiati con altri cationi. (Barrer, Breck)



Antonio Licciulli Scienza e tecnologia dei materiali

Struttura delle Zeoliti

- ❑ L'unione dei tetraedri origina cavità con aperture di accesso (windows) di diverse dimensioni.
- ❑ In figura è rappresentata la Mordenite. In bianco sono evidenziate le dimensioni effettive dei pori accessibili ad una molecola d'acqua.



Antonio Licciulli Scienza e tecnologia dei materiali

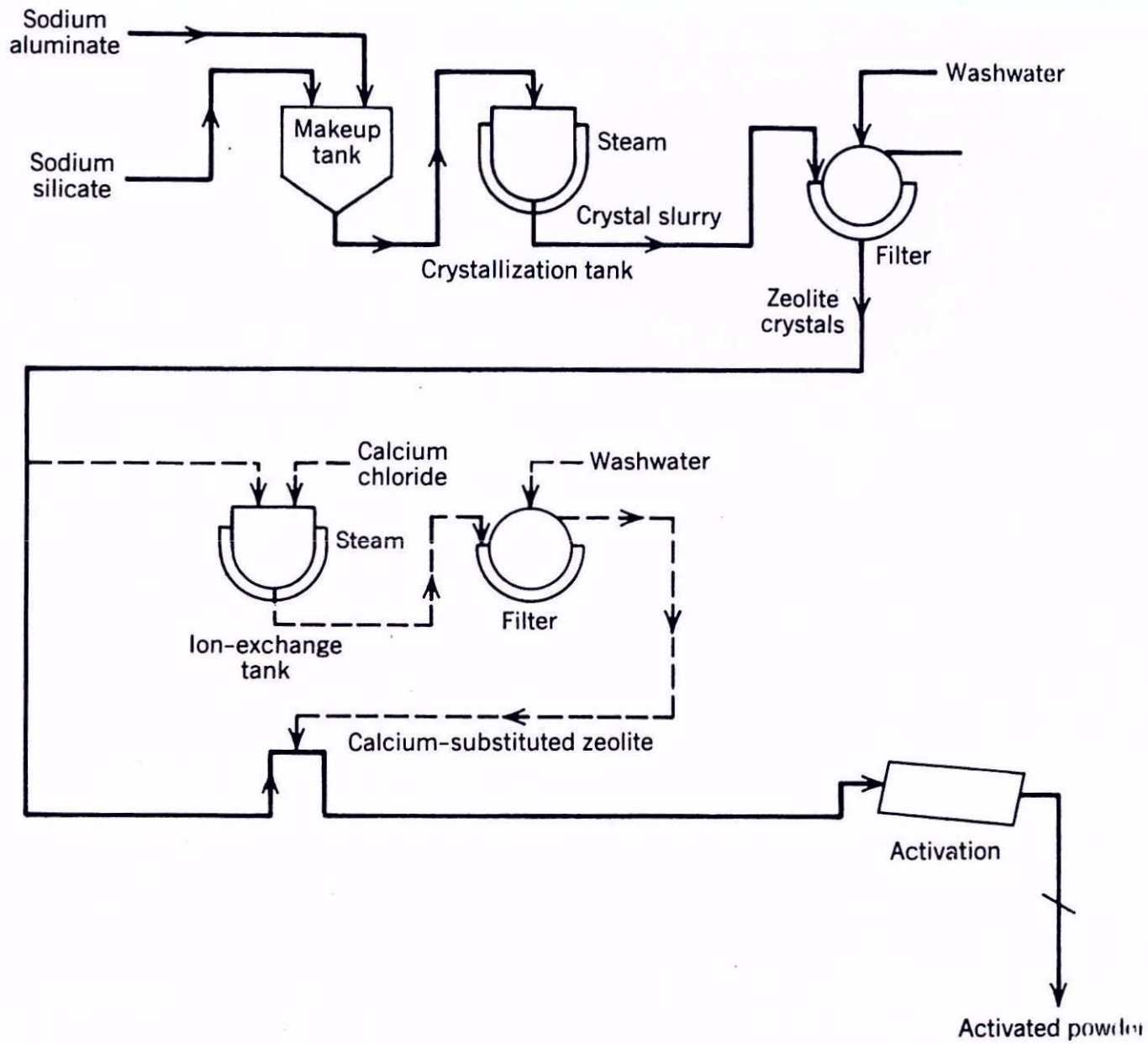
SETACCI MOLECOLARI

Sono costituiti da zeoliti, ossia alluminio silicati idrati di diversa formulazione e porosità in grado quindi di adsorbire selettivamente molecole in base alle loro dimensioni, così come descritto nella tabella seguente.

Setaccio Molecolare	Composizione	Dimensione dei pori/Å	Proprietà
A	$\text{Na}_{12}[(\text{AlO}_2)_{12}(\text{SiO}_2)_{12}].x\text{H}_2\text{O}$	4	Assorbe piccole molecole; scambiatore di ioni; idrofilo
X	$\text{Na}_{86}[(\text{AlO}_2)_{86}(\text{SiO}_2)_{106}].x\text{H}_2\text{O}$	8	Assorbe molecole medie; scambiatore di ioni; idrofilo
Cabasite	$\text{Ca}_2[(\text{AlO}_2)_4(\text{SiO}_2)_8].x\text{H}_2\text{O}$	4-5	Assorbe piccole molecole; scambiatore di ioni; idrofilo
ZSM-5	$\text{Na}_3[(\text{AlO}_2)_3(\text{SiO}_2)].x\text{H}_2\text{O}$	10	Moderatamente idrofilo

I setacci molecolari sono disponibili in commercio come polvere, barre o perline, e sono usati comunemente in varie applicazioni tecnologiche:

- per essiccare, ossia per rimuovere acqua sia da solventi che da gas, sia in campo industriale che in laboratorio; l'acqua è una molecola piccola e polare, che può facilmente entrare attraverso i pori di un setaccio molecolare scelto opportunamente, rimanendovi intrappolata; una volta esauriti, i setacci molecolari possono in genere essere rigenerati facilmente rimuovendo l'acqua adsorbita per riscaldamento (130-250°C) sotto vuoto;**
- per la purificazione di gas; esistono molti utilizzi in questo campo: ad esempio i setacci molecolari sono usati per rimuovere CO₂, H₂S e prodotti azotati dal gas naturale;**
- per la separazione di gas e per la separazione di alcani lineari da isoalcani;**
- per separazioni in fase liquida; ad esempio per isolare idrocarburi C₅-C₁₁ dalla nafta, o per separare fruttosio da saccarosio e altri zuccheri.**



Flow diagram for the manufacture of molecular sieves.

ALLUMINA ATTIVA

ALLUMINA ATTIVA SFEROIDALE

Si tratta di allumina Beta con BET = 300 m²/g ottenuta per calcinazione a bassa temperatura della pseudobomite o della allumina triidrata precipitata, complessata con ioni di metalli alcalini e alcalini terrosi. Il tipo più importante è la NaO•11 Al₂O₃ che ha una elevata conducibilità ionica, utilizzabile per membrane in diversi tipi di celle elettrolitiche, di batterie per veicoli elettrici e di celle a combustibile.

Viene utilizzata principalmente per adsorbire il vapore acqueo dall'aria a 35°C e pressione di 10-16 atm. Con il passaggio su allumina attiva la U.R. passa dal 100% a un valore così basso da dare un punto di rugiada a -40°C.

La rigenerazione dell'allumina attiva satura avviene a T ambiente per ricessione del vapore acqueo all'aria stessa quando questa viene fatta espandere a pressione atmosferica.

SCHIUME GEOPOLIMERICHE

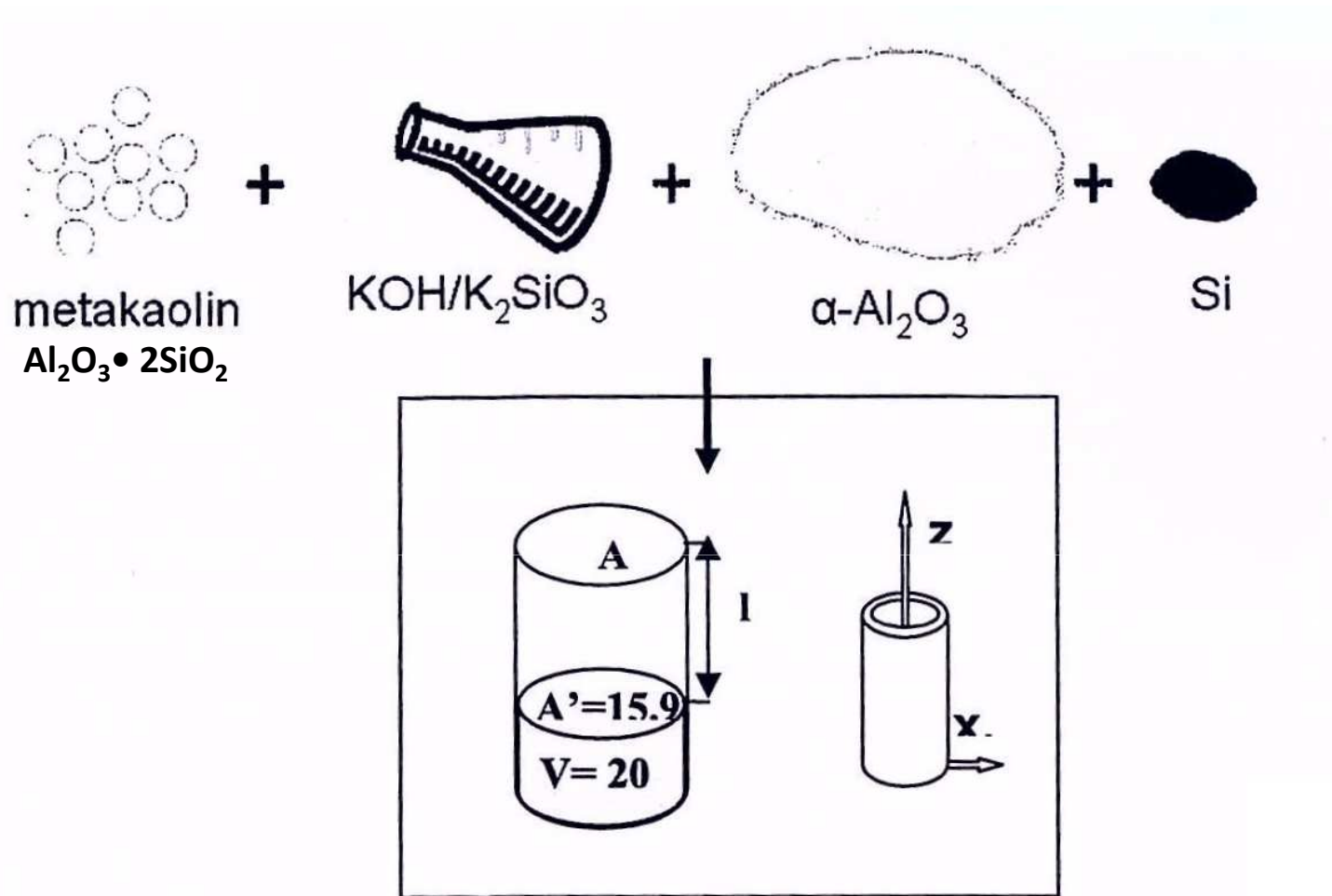
SCHIUME GEOPOLIMERICHE

I geopolimeri sono prodotti ceramici densificati per via chimica. Si producono per reazione del metacaolino ($\text{Al}_2\text{O}_3 \bullet 2\text{SiO}_2$) con silicati alcalini ($\text{K}_2\text{O} \bullet 3\text{SiO}_2$) (di potassio). Si ottengono silicati polimerici che possono essere rinforzati da una carica funzionale (per es. Al_2O_3) e possono essere schiumati con l'aggiunta all'impasto di un agente porizzante come acqua ossigenata, alluminio o silicio in polvere ecc.

Le schiume così ottenute vengono utilizzate come supporto per catalizzatori, piastre di coibentazione termica e filtri premodellati.

Il metacaolino deriva dalla calcinazione del caolino a 600°C :





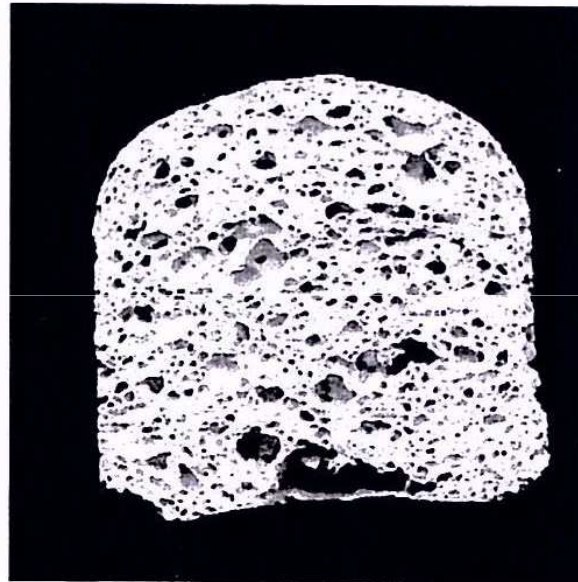
Rappresentazione schematica della sintesi di un composto schiumato a base geopolimerica

DESCRIZIONE DEL PROCEDIMENTO DI PROVA

FORMULAZIONE: Metacaolino: 10 g; Silicato di potassio 42 Bè: 20 g; Acqua: 6 g;
Al₂O₃ calcinata: 15 g; Silicio: 0,5 g.

AGITAZIONE: 20' e poi 20 cm³ di miscela vengono versati in stampo cilindrico con
Ø 4,5 cm (A= 15,9 cm²)

SCHIUMATURA: In stufa a 80°C. Dopo essiccazione dell'umidità residua si ha d= 0,7
g/cm³



Schiuma Geopolimerica

BIBLIOGRAFIA

- [1] *Ceramic foams from preceramic polymers*; Paolo Colombo, John R. Hellmann. Mat Res Innovat (2002).
- [2] *Cellular Ceramics: Intriguing Structures, Novel Properties, and Innovative Applications*; David J. Green and P. Colombo. MRS BULLETIN/APRIL 2003.
- [3] *Macro- and micro-cellular porous ceramics from preceramic polymers*; Paolo Colombo, Enrico Bernardo. Composites Science and Technology 63 (2003)
- [4] *Ceramic Foams by Powder Processing*; L. Montanaro, O Y. Jorand, G. Fantozzi and A. Negro. Journal of the European Ceramic Society 18 (1998)
- [5] *The determination of ductile iron reaction product retention in ceramic filter media*; K. C. Taylor and I. N. Delaney. THE HAGUE CIAFT
- [6] *Industrial experience in the filtration of cast iron at the Citroën foundries*, P. Sadon, K. C. Taylor, J. C. Besville, D. Hurdebourcq. Hommes & Fonderie.ë
- [7] *Notiziario per i clienti del Centro Ricerche Fiat*; N. 5 – 23/09/2005.
- [8] *Le schiume ceramiche: metodi di produzione ed applicazioni*. M. QUARTA e A. LICIULLI – UNILE 2006
- [9] *Produzione e Caratterizzazione di schiume Geopolimeriche – TESI DI CHIMICA – UNIBO di E.Papa- 2011*
- [10] *Le zeoliti e i materiali microporosi – C.Parè, S. Bordiga, A. Zecchina, Le Scienze quaderni n.115, 2000*
- [11] *Solid State Chemistry – A.R. West, J. Wiley & Sons 1990*
- [12] *Modern Ceramic Engineering – D.W. Richardson, M. Dekker inc. 1990*

SITOGRAFIA

A. Licciulli – Prof. Unile – *SINGOLE VOCI*

Wikipedia – *SINGOLE VOCI*