



ANIMA[®]
CONFINDUSTRIA
MECCANICA VARIA



MCE



mostra convegno
expocomfort

Membrane: tecnologia applicata al trattamento dell'acqua potabile

01/07/2022

Alberto Figoli

Istituto per la Tecnologia delle Membrane, Consiglio Nazionale delle Ricerche
ITM-CNR

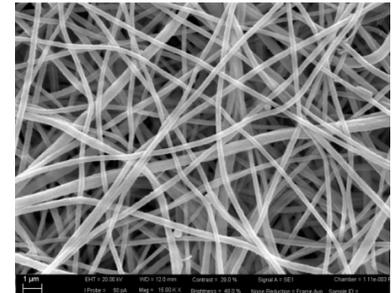
Membrane: tecnologia applicata al trattamento dell'acqua potabile

Alberto Figoli

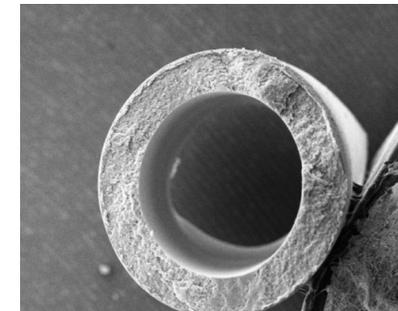
Istituto per la Tecnologia delle Membrane, Consiglio Nazionale delle Ricerche
ITM-CNR

P. Bucci Cubo 17/C,
Rende (CS), 87036, Italy

alberto.figoli@cnr.it



MCE 2022, Milano Fiera
**ICIM Group - Focus ricerca e industria: pratiche di
trattamento delle acque domestiche**
1 luglio 2022

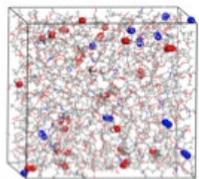


ISTITUTO PER LA TECNOLOGIA DELLE MEMBRANE

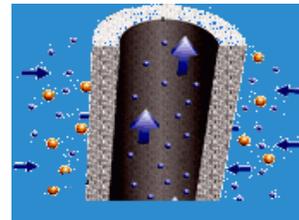
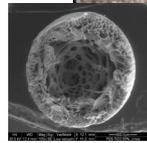
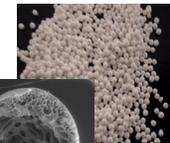
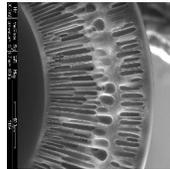
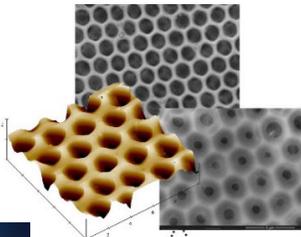
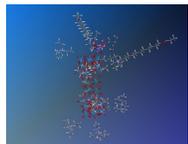
L' **Istituto per la Tecnologia delle Membrane (CNR-ITM)** è una struttura creata nel 1993 (IRMERC) dal Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR – Consiglio Nazionale delle Ricerche) per lo **sviluppo, a livello nazionale e internazionale, della Scienza e Tecnologia delle Membrane**. E' parte del Dipartimento Scienze Chimiche e dei Materiali (DSCTM) del CNR

L'Istituto è ubicato presso l'Università della Calabria, e questo ha reso possibile una forte interazione scientifica e culturale.

Sede Principale a Rende (CS)
 Sede Secondaria presso l'Università di Padova



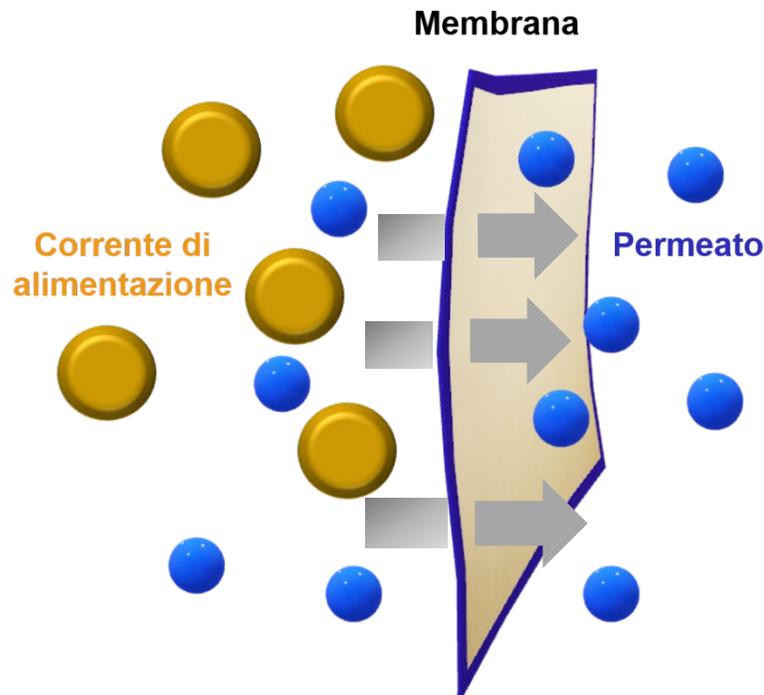
Molecular Dynamics



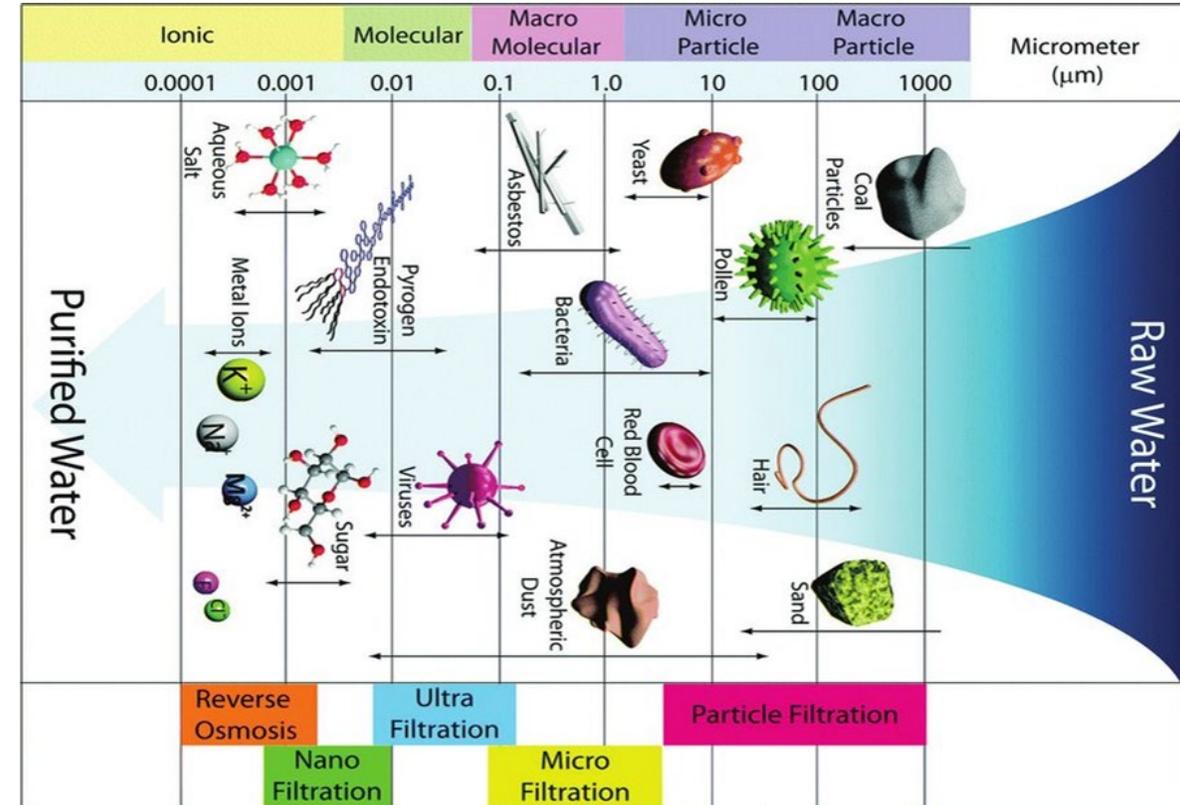
Membrane Design → Preparazione Membrane → Moduli a Membrana → Applicazione delle Membrane

DEFINIZIONE E CLASSIFICAZIONE MEMBRANA

La membrana è una barriera semipermeabile che ha la funzione di separare selettivamente alcune specie contenute in una corrente acquosa o gassosa.



La forza spingente è determinata da una differenza di pressione, di concentrazione, di temperatura o di potenziale elettrico tra i due lati della membrana



Membrane \varnothing poro $< 10 \mu\text{m}$

Filtri (\varnothing poro $> 10 \mu\text{m}$)

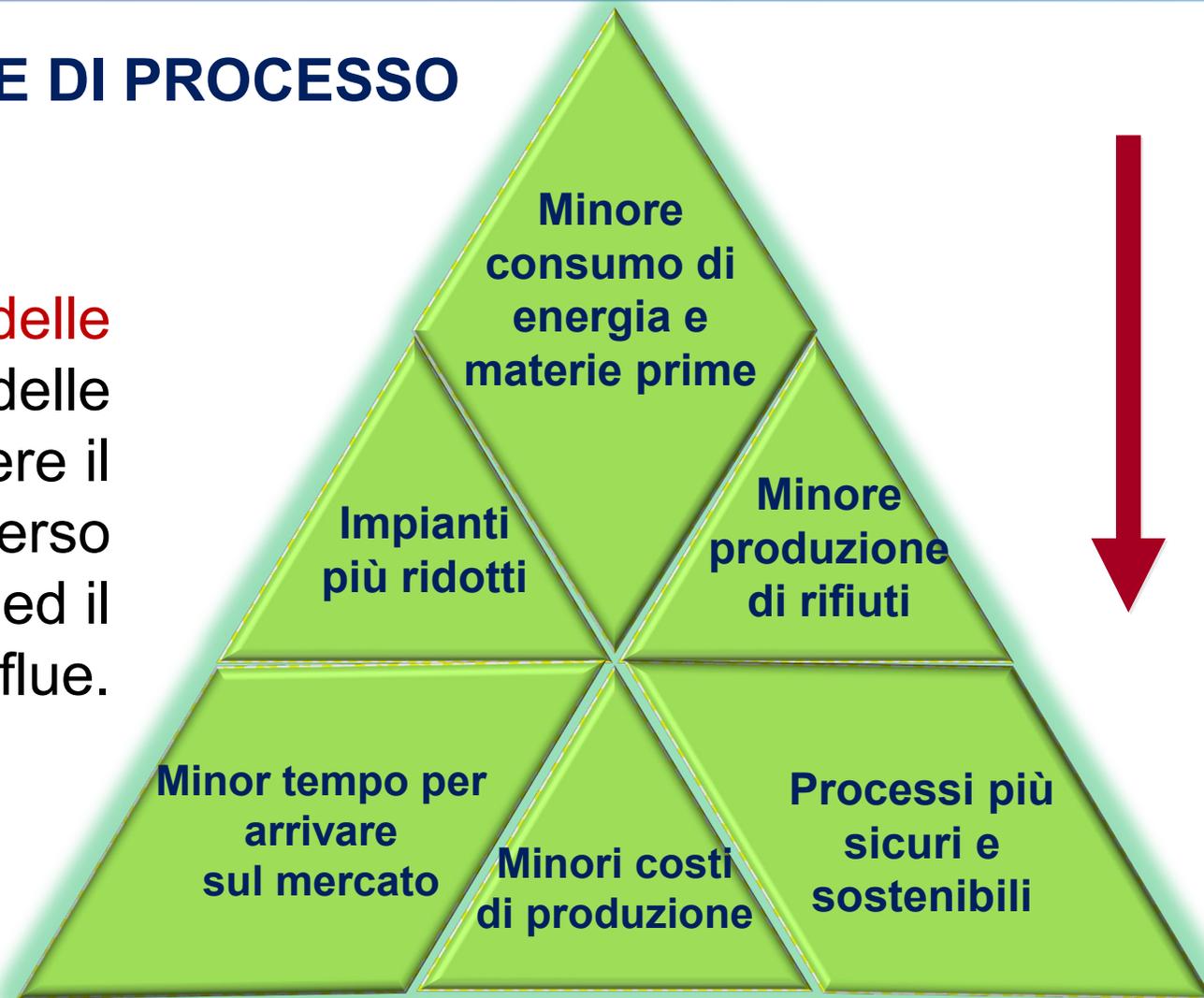
VANTAGGI DELLA TECNOLOGIA A MEMBRANA

- ✓ Alta efficienza e semplicità operativa;
- ✓ Alta selettività e permeabilità per il trasporto di specifici componenti;
- ✓ Bassa richiesta energetica;
- ✓ Basso impatto ambientale;
- ✓ Elevata flessibilità e facilità di riproduzione su larga scala;
- ✓ Avanzati livelli di automazione e possibilità di controllo del sistema da remoto

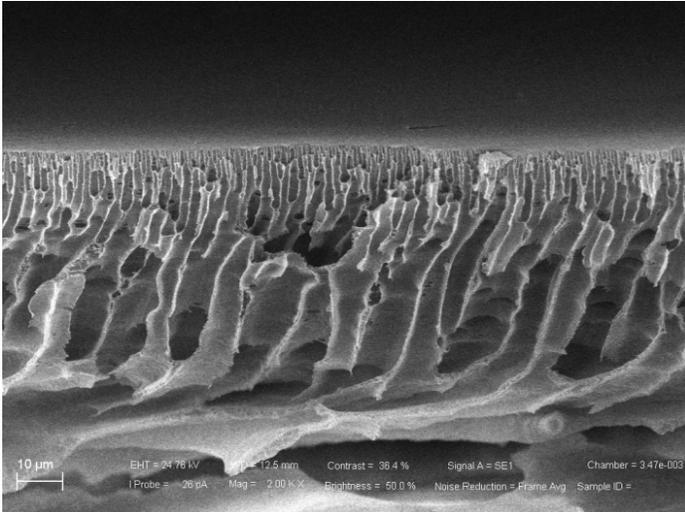


STRATEGIA: INTENSIFICAZIONE DI PROCESSO

Negli ultimi anni, la **tecnologia delle membrane** si è mostrata come una delle **più promettenti soluzioni** per risolvere il problema della scarsità di acqua attraverso la dissalazione dell'acqua di mare ed il trattamento ed il riutilizzo di acque reflue.



Processi a membrana – Microfiltrazione



- Filtrazione mediante setacciamento molecolare
- Dimensione dei pori: 0.1-10 µm
- Rimozione di particolati, batteri, colloidali, macromolecole

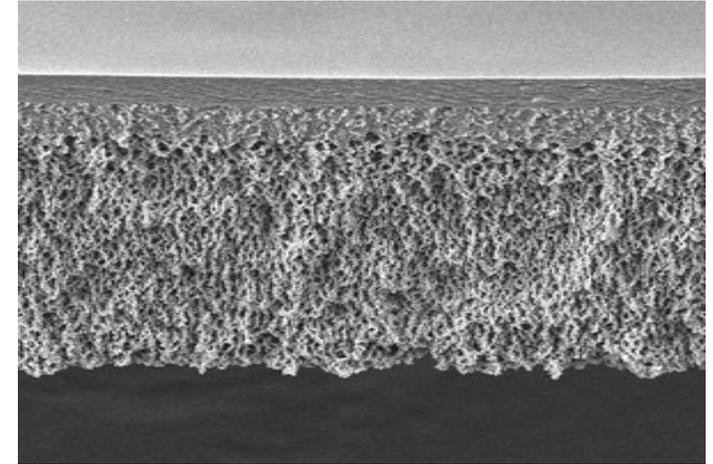
- Opera tra 1-4 bar
- Struttura asimmetrica
- Usata spesso come una pre-filtrazione



- Sterilizzazione a freddo di bevande e prodotti farmaceutici
- Filtrazione di succhi di frutta, vini e birra

Processi a membrana – Ultrafiltrazione

- Filtrazione mediante setacciamento molecolare
- Dimensione dei pori: 0.01-0.1 μm
- Rimozione di acidi grassi, proteine, virus, molecole organiche
- Opera tra 4-8 bar

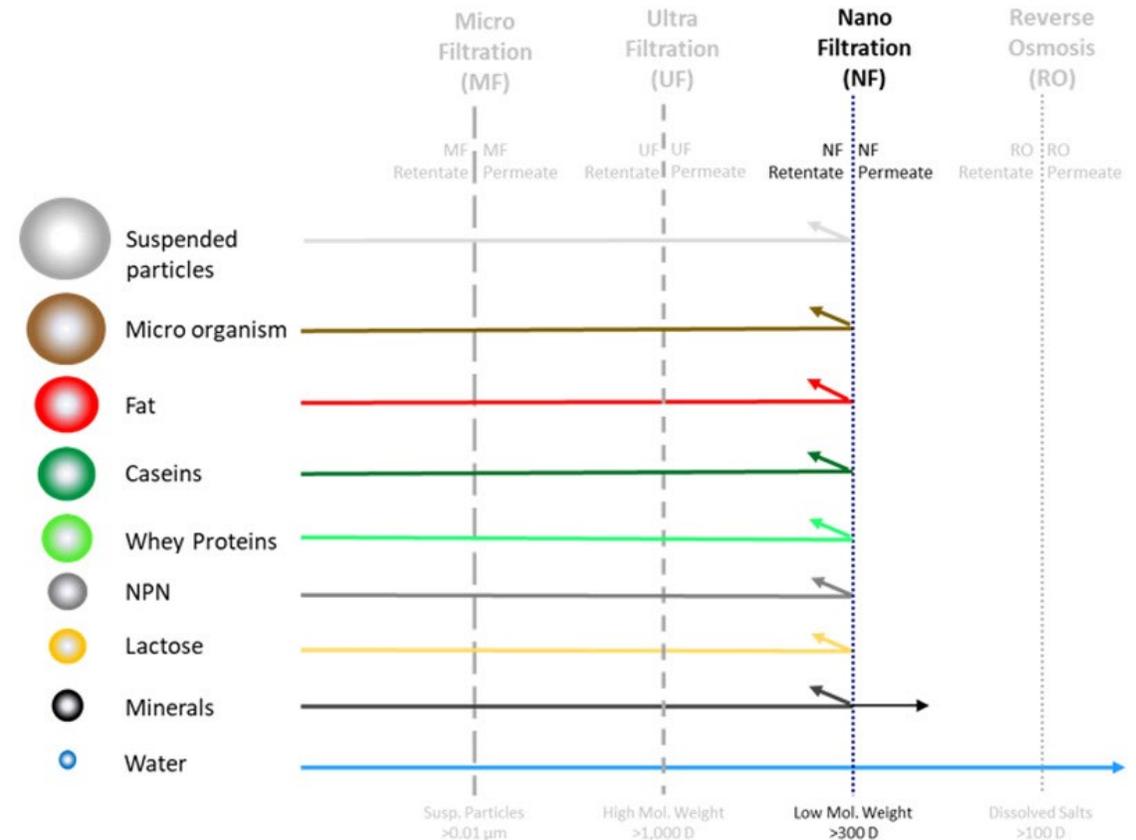


- Pretrattamento Osmosi inversa - dissalazione
- Applicazioni nel trattamento delle acque: rimozione di olio, rimozione di composti organici disciolti nell'acqua
- Applicazioni nell'industria lattiera (latte, formaggio)
- Applicazioni nell'industria alimentare (proteine)

Processi a membrana – Nanofiltrazione

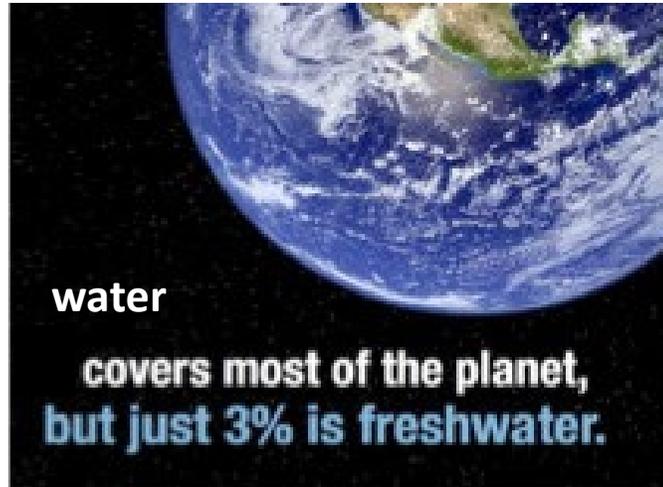
Usato come pre-trattamento dell'osmosi inversa o nel caso di rimozione di piccole molecole organiche

- Separazione mediante setacciamento molecolare ed esclusione di Donnan
- Dimensione dei pori: 1- 10 nm
- Rimozione di metalli, composti organici, nutrienti (fosfati), sali inorganici
- opera tra 10- 30 bar
- Applicazione nel trattamento delle acque: addolcimento delle acque, trattamento acque reflue, desalinizzazione





DISSALAZIONE DELL'ACQUA - OSMOSI INVERSA



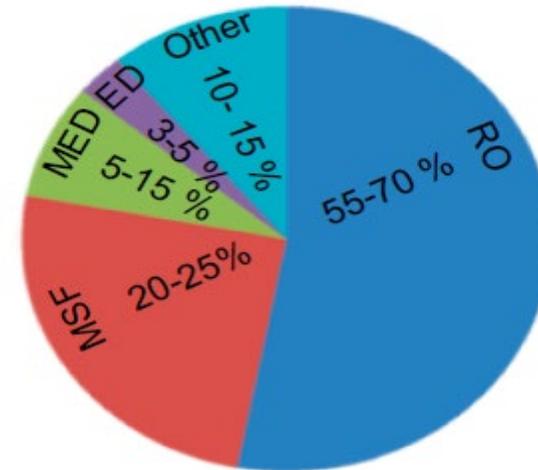
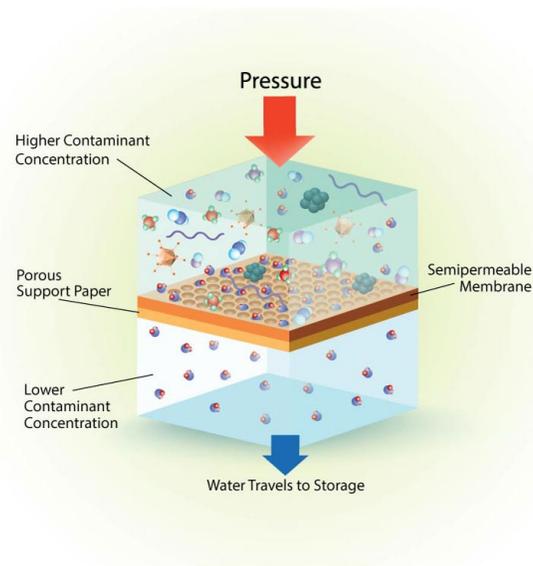
Less than 1% of all freshwater
is readily accessible
for human use.



La vasta quantità di acqua salata degli oceani ricopre il 71% della superficie terrestre e rappresenta il 97% dell'acqua disponibile sulla Terra. Per questo motivo, la dissalazione dell'acqua salina e salmastra è senza dubbio il processo più significativo per la produzione di acqua potabile. Ogni giorno, in tutto il mondo, vengono prodotti circa 89 milioni di m³ di acqua dissalata.

La maggior parte di questi La tecnologia adottata negli impianti di dissalazione, utilizzano **processi a membrana** (in particolare *l'osmosi inversa*) e forniscono circa il 93% della quantità totale di acqua dissalata prodotta.

Processi a membrana – Osmosi Inversa



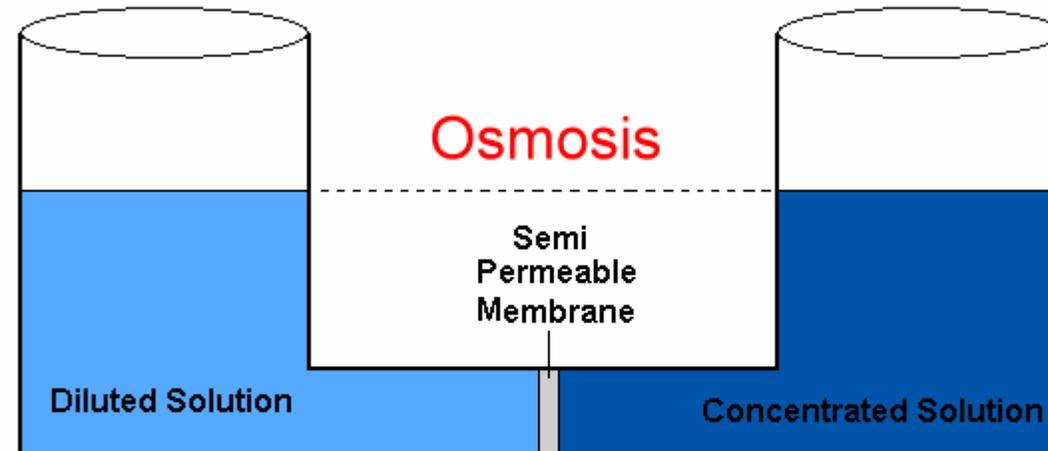
ED: Elettrodialisi
 MED: multi-effect distillation
 MSF: stage flash distillation

Contributo delle diverse tecnologie sul mercato nella desalinizzazione delle acque

Vantaggi

- 0.5-0.7 \$/m³ rispetto ai 1.0-1.4 \$/m³ della tradizionale distillazione
- tecnica di desalinizzazione con il più alto sviluppo
- basso consumo energetico rispetto alla distillazione

OSMOSI INVERSA



$$J_w = A \cdot (\Delta P - \sigma \cdot \Delta \pi)$$


 PURE WATER FLOW

$$J_c + D \frac{dc}{dx} = J_{c_p}$$

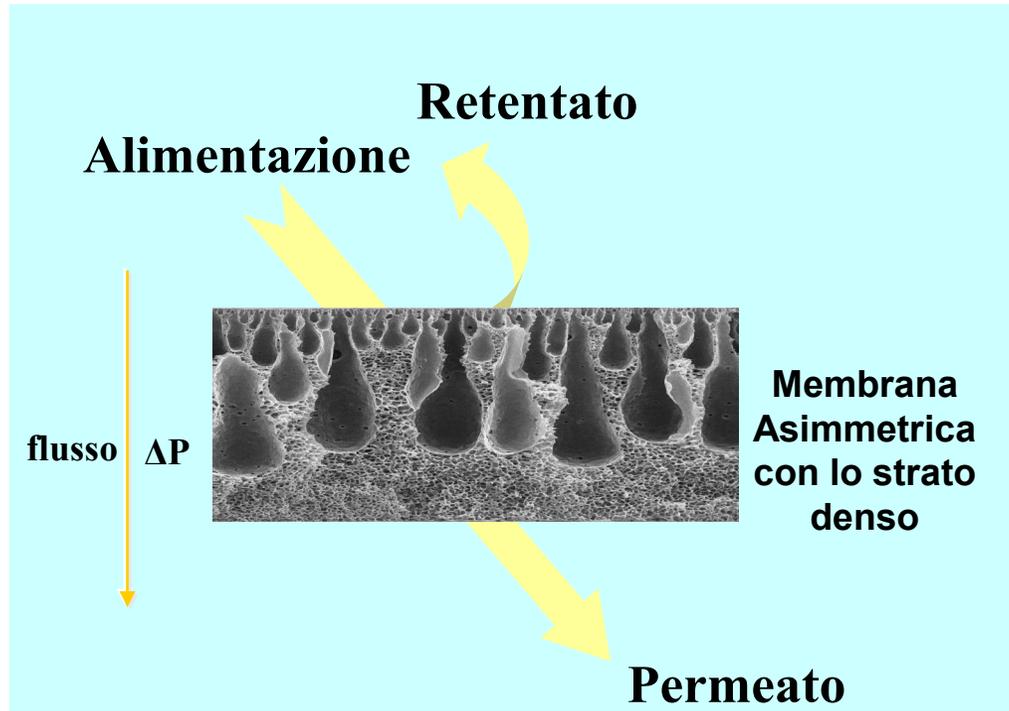
J_w : water flow

J_c : Convective flow of solutes towards the membrane

$D(dc/dx)$: Diffusive back flow towards the bulk of the feed

J_{c_p} : Solute flow through the membrane

Il Principio dell'Osmosi Inversa



Se la Costante di Diffusione è costante, la Permeabilità, P , è data da:

$$P = D \cdot S$$

dove S è la solubilità (coefficiente) del gas o vapore nella membrana,

D il coefficient di diffusione

Uno degli impianti più grandi di dissalazione nel Mediterraneo, in Sardegna (Italia) – Acciona –



L'impianto ha una capacità produttiva giornaliera di 12,000 m³ di acqua demineralizzata attraverso processi di ultrafiltrazione, osmosi inversa e elettrodeionizzazione.

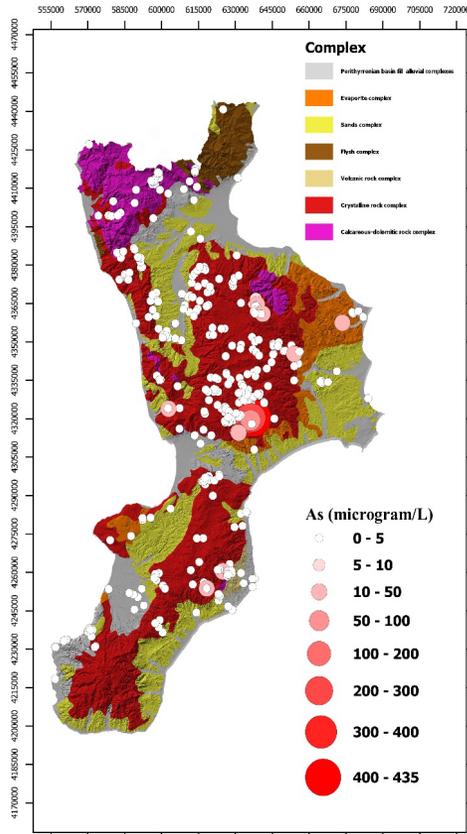
Costo dell'acqua prodotta da vari impianti industriali (SWRO) nel mondo

Sito	Start-up	Capacità [m ³ /d]	Tipo Contratto	Costo [\$/m ³]
Carlsbad Desalination Plant, San Diego County, United States*	2015	204390	BOT	1.66-1.86
Fujairah 2 MED/SWRO	2011	460,000/136,000	IWPP ⁵	
Adelaide SWRO 2-pass	2011	273,000	DBOM ¹	
Sydney SWRO 2-pass	2010	250,000	DBO ²	
Sorek SWRO	2013	627,000		0.58
Hadera SWRO	2010	347,900	BOOT	0.63
Skikda SWRO	2008	100,000	BOT ³	0.73
Hamma SWRO	2008	200,000	BOO	0.82
Palmachim SWRO	2007	110,000	BOO	0.78

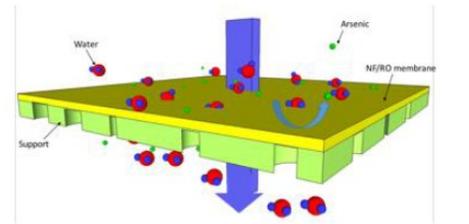
1 DBOM: Design Build Operate and Maintain; 2 DBO: Design Build Operate; 3 BOT: Build Own Transfer; 4 DBB: Design Bid Build; 5 Independent Water and Power Plant.

*IDA Desalination Yearbook 2016-2017. ISBN: 978-I-907467-49-3.

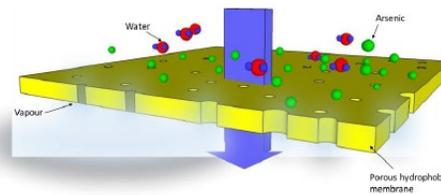
Sistema integrato a membrana con pannelli solari



Studio geochimico,
presenza Arsenico acque
di falda



a)



b)

Membrane da Nanofiltrazione



Impianto integrato a membrana
con pannelli solari



Progetto
POR, Regione Calabria, ASSE – SEparazione
dell'ArSEnico dalle acque mediante processi a
membrana; 2017-2019



www.progettoasse.it

Applicazione delle membrane da Nanofiltrazione per rimozione dell'Arsenico



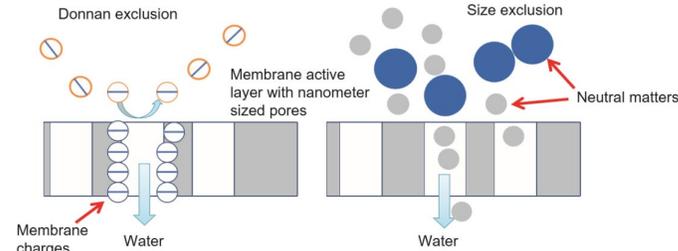
Impianto da Nanofiltrazione

Caratteristiche delle membrane da Nanofiltrazione

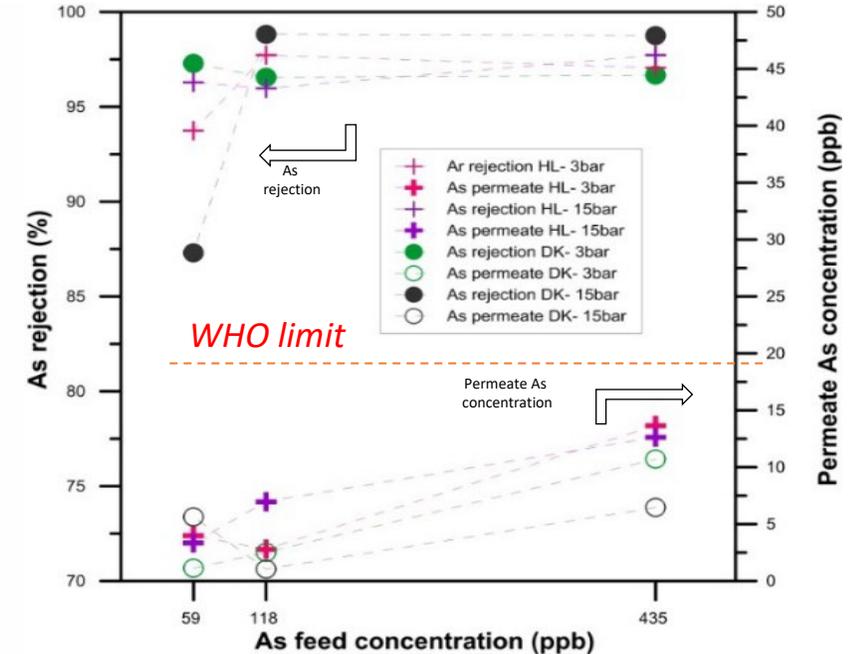
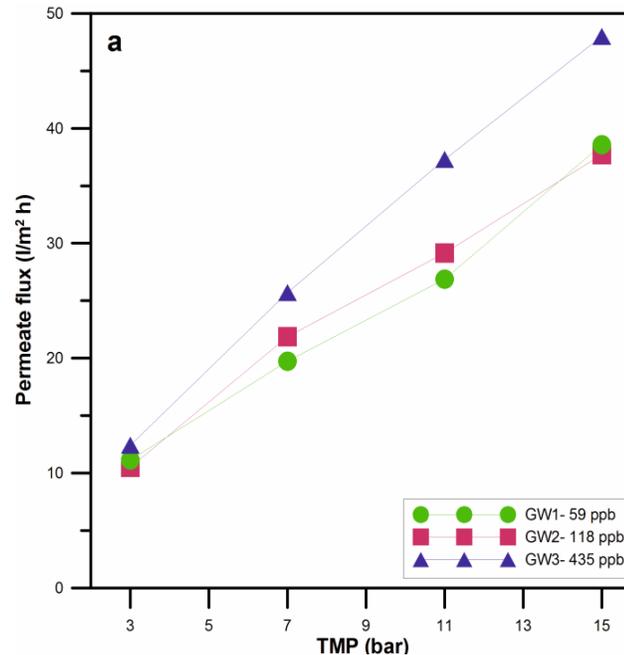
	DK	HL
Type	NF-High Rejection	NF-Softening
Material	Polyamide-TFC	Polyamide-TFC
Supplier	GE Osmonics	GE Osmonics
Configuration	flat plate	flat plate
MWCO	150-300 Da	150-300 Da
pH range	2-10	3-9
Flux (GFD)/psi	22/100	39/100
MgSO4 Rejection %	96	98

Acque di falda con diverse concentrazioni di Arsenico

GW1 → 59 ppb
GW2 → 118 ppb
GW3 → 435 ppb



- Membrane da NF:
- Setacciamento molecolare
- Esclusione di Donnan



Rimozione con successo dell'Arsenico dalle acque di falda per loro utilizzo come acqua potabile e per irrigazione 17

Sfide aperte nella tecnologia a membrana: Attività di ricerca in corso (1)

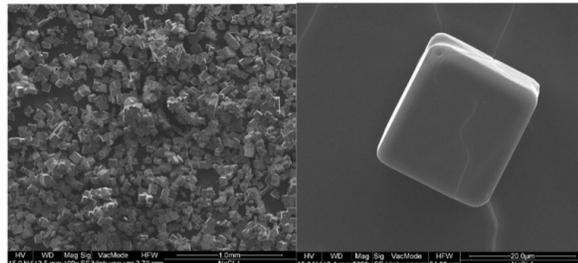
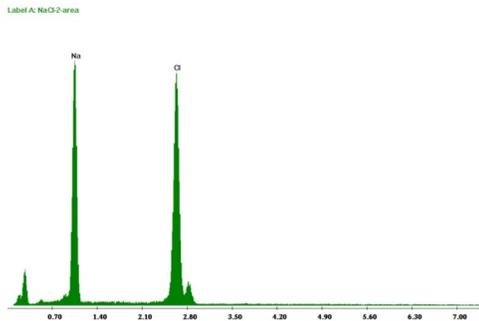
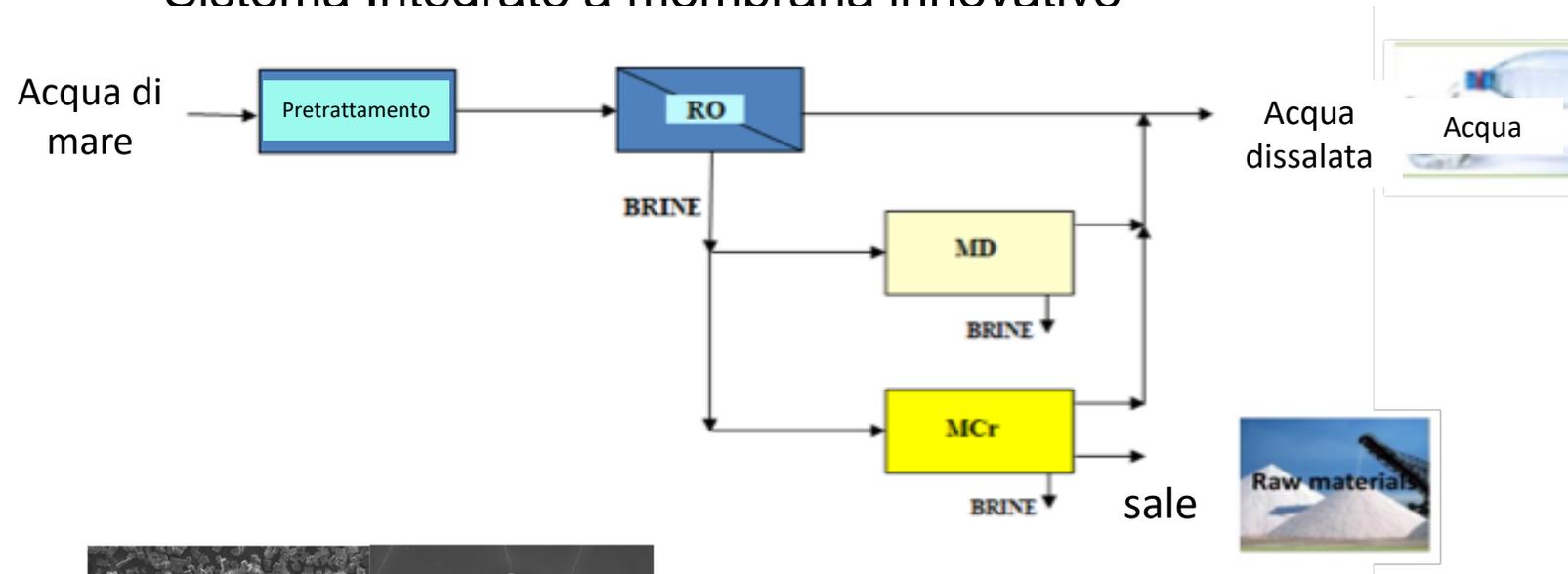
- Nonostante l'osmosi inversa sia la tecnologia «dominante» per la dissalazione delle acque, alcune problematiche sono oggetto di studio:

- Riutilizzo delle correnti concentrate di sale «brine», infatti per ogni litro di acqua dissalata prodotta, un litro di (retentato) altamente concentrato (con sale) viene anche generato e deve essere smaltito (problema economico e ambientale).

Per tale motivo, processi a membrana come la **distillazione a membrana** e la **crystallizzazione a membrana** consentono il recupero di sali e di minerali necessari (come il Litio, solfato di magnesio, cloruro di sodio) dal «brine», e quindi che ciò che era considerato uno scarto, può essere visto come un prodotto.

Sfide aperte nella tecnologia a membrana: Attività di ricerca in corso (1)

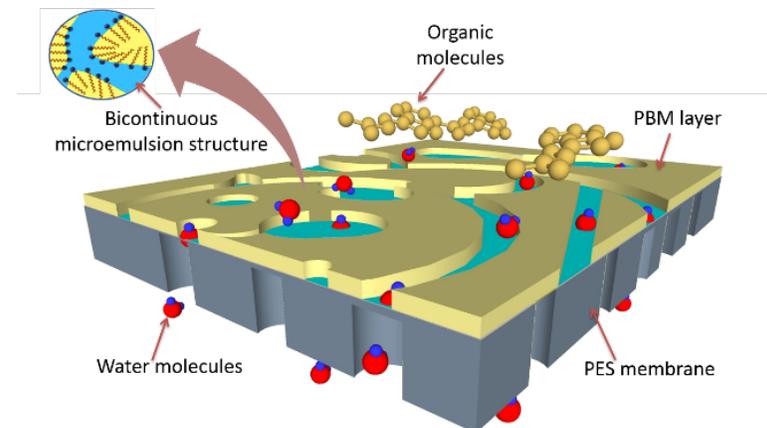
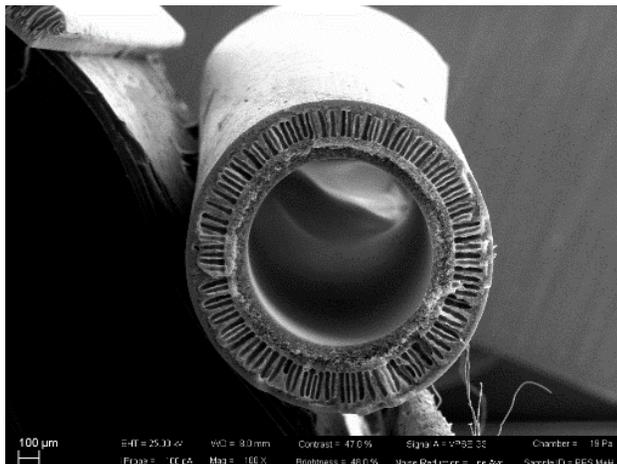
Sistema Integrato a membrana innovativo



- A Ali, CA Quist-Jensen, E Drioli, F Macedonio. Desalination (2018) 434, 161-168
- A Ali, CA Quist-Jensen, F Macedonio, E Drioli. Membranes (2015) 5 (4), 772-792
- F Macedonio, A Ali, T Poerio, E El-Sayed, E Drioli, M Abdel-Jawad. Sep. Pur. Tech. (2014) 126, 69-81

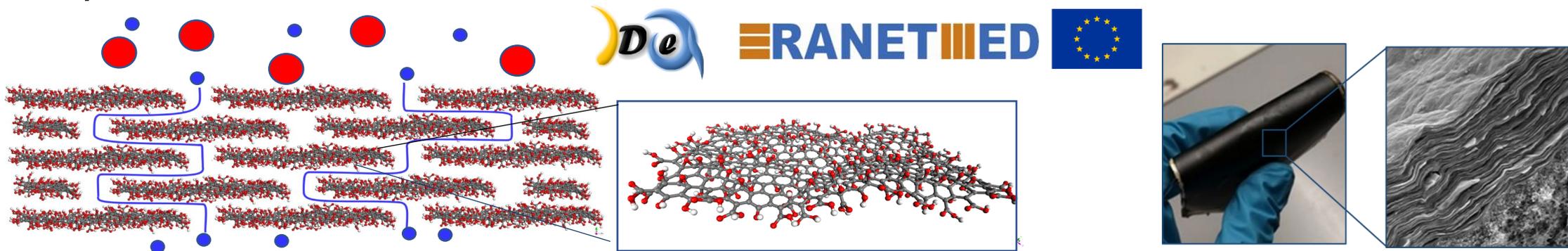
Sfide aperte nella tecnologia a membrana: Attività di ricerca in corso (1)

- Preparazione di membrane multifunzionali: anti-fouling, auto-pulenti, anti-biofouling, fotocatalitiche...
- Miglioramento delle proprietà perm-selettive
- Miglioramento della stabilità dei materiali utilizzati



Sfide aperte nella tecnologia a membrana: Attività di ricerca in corso (1)

- Sintesi di nuovi materiali e nanomateriali da inglobare all'interno di matrici polimeriche



E. Fontananova et al. Self-assembly of GO on a porous membrane to obtain composite membranes with amazing stability in water, J. Membrane Science 655 (2022) 120587

- studiare sempre di più i meccanismi naturali per la produzione di membrane bio-ispirate
- preparazione di membrane in maniera totalmente green e sostenibile

The Special Edition of

EuroMembrane 2022

to Celebrate the 40th EMS Anniversary

20 - 24 November 2022

Sorrento (Naples, Italy)

[see more](#)



Organized by:



REGISTRATION IS NOW OPEN :
<http://www.euromembrane2022.eu/>

Sponsorship

TIFQlab

Centro di Sperimentazione, Ricerca e Analisi
applicate alle Tecnologie Alimentari