

La depurazione delle acque

Tecnologie e metodi di contenimento e abbattimento dell'inquinamento e di recupero dell'ambiente che offrono anche opportunità di sviluppo tecnologico a livello industriale

Antonio Lopez

IRSA - CNR

<antonio.lopez@ba.irsa.cnr.it>



PREMESSA

Per controllare l'inquinamento idrico, le principali opzioni implementabili sono:

- **Contenere l'impiego di prodotti chimici e/o sostituirli con sostanze meno inquinanti**
- **Modificare i processi produttivi implementando procedure di risparmio idrico e riciclo di acqua e materie prime**
- **Rinunciare all'acqua come veicolo di smaltimento di rifiuti vari**
- **Depurare le acque reflue, ossia rimuovere gli inquinanti dai reflui**

Ad oggi, la rimozione degli inquinanti dai reflui civili e/o industriali mediante *trattamenti di depurazione "end of pipe"* si conferma come l'opzione tecnologica prevalente.



Global Environmental Industry Market

- **Waste Management (40%)**
- **Water and Wastewater (39%)**
- **Air Pollution Control (6%)**
- **Consulting (6%)**
- **Remediation (3%)**
- **Other (6%)**

N.B. Water and wastewater technologies constitute the second largest component of the global environment industry!



Principali inquinanti → (effetti):

Inquinanti di origine naturale:

Sostanze biodegradabili → (riduzione O_2 nei corpi idrici recettori)

Nutrienti (N,P,K) → (eutrofizzazione)

Microrganismi patogeni → (malattie infettive)

NaCl e *Acidi Umici e Fulvici (HARD TO GET RID!)

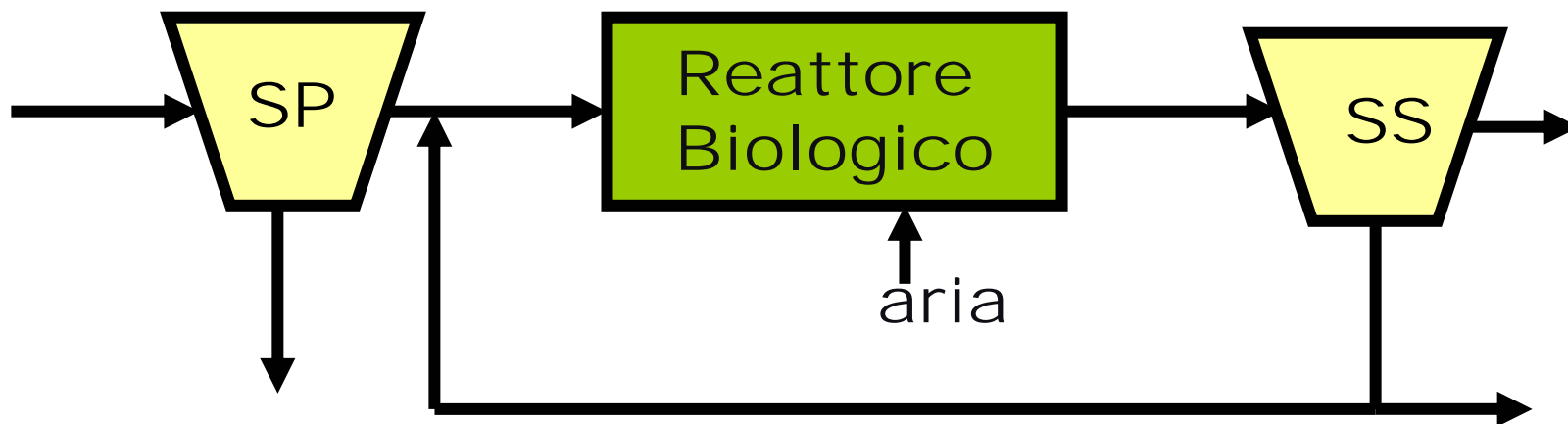
**(prodotti della decomposizione chimica e biologica di biomasse provenienti dalle spoglie e dalle emissioni di organismi vegetali ed animali)*

Inquinanti chimici inorganici (es. Metalli), organici (es. sregolatori endocrini) → (tossicità)

Inquinanti fisici (es. Temperatura) → (variazione termiche negli ecosistemi interessati)



Schema di un impianto di trattamento convenzionale (**aerobico** a fanghi attivi) per la rimozione di inquinanti di origine naturale



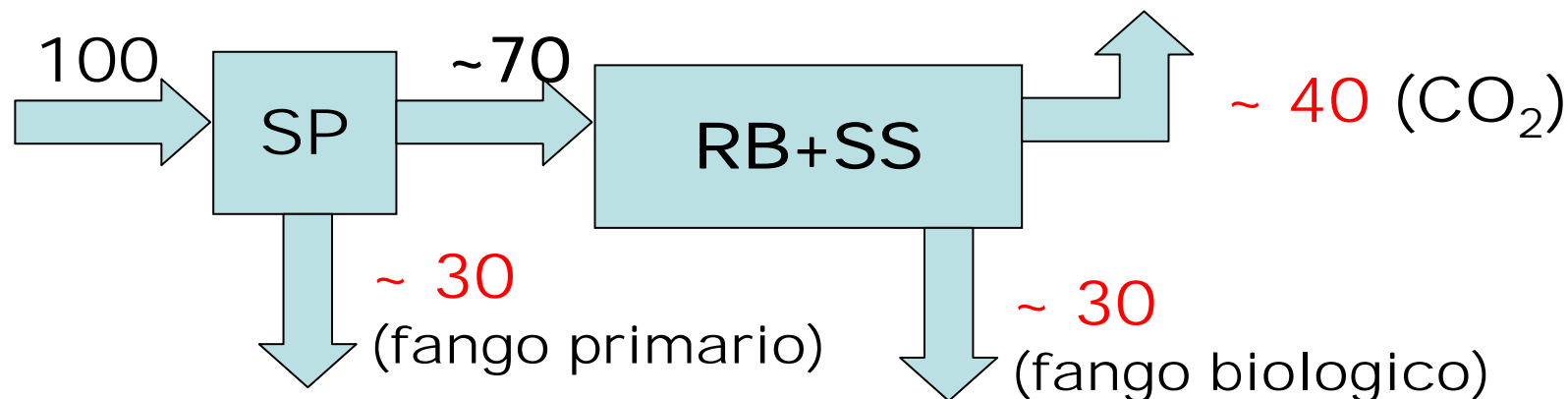
Problemi :

- elevati consumi energetici
- notevole produzione di fanghi
- dispersione di sostanze nutrienti
- emissioni di gas serra (4% del totale!)
- limitata flessibilità
- dimensioni elevate
- produzione ed emissione di odori sgradevoli

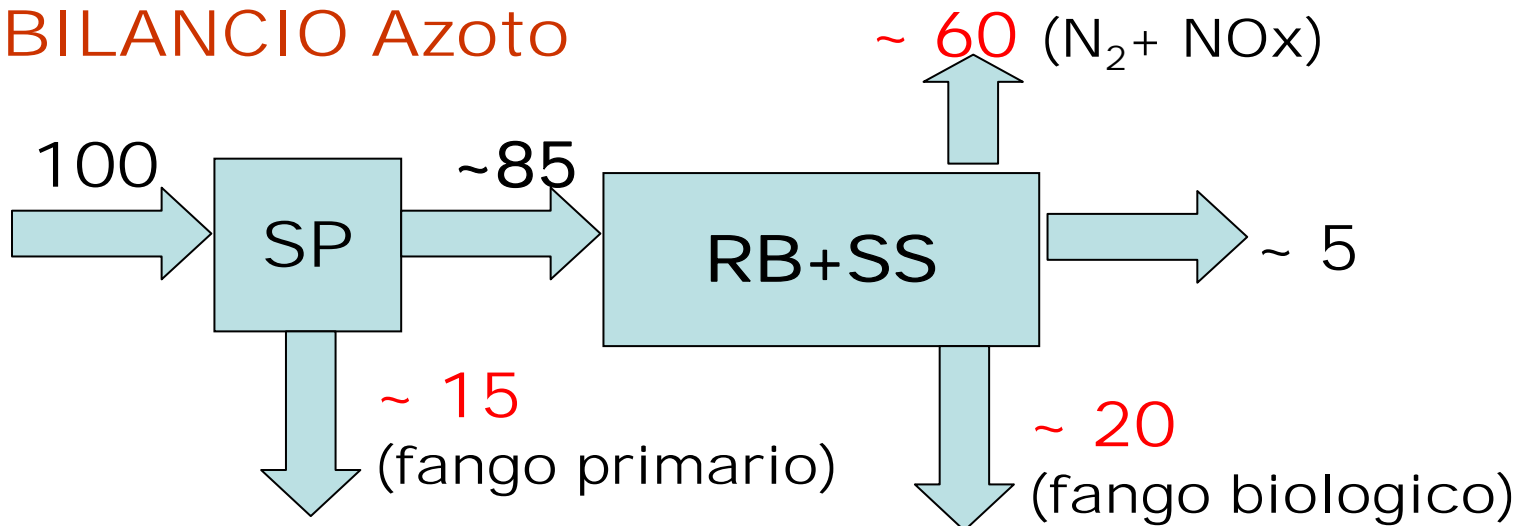
**E' la loro soluzione
che detta le research
needs nel settore**



BILANCIO COD



BILANCIO Azoto



PROCESSI AEROBICI vs PROCESSI ANAEROBICI (per 1000 kg di COD)

AER.) $\text{COD} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$ (50% COD) + Fango (50% del COD) + H_2O

AN.) $\text{COD} \rightarrow \text{CH}_4$ (60% COD) + CO_2 (30% COD) + Fango (10% COD) + H_2

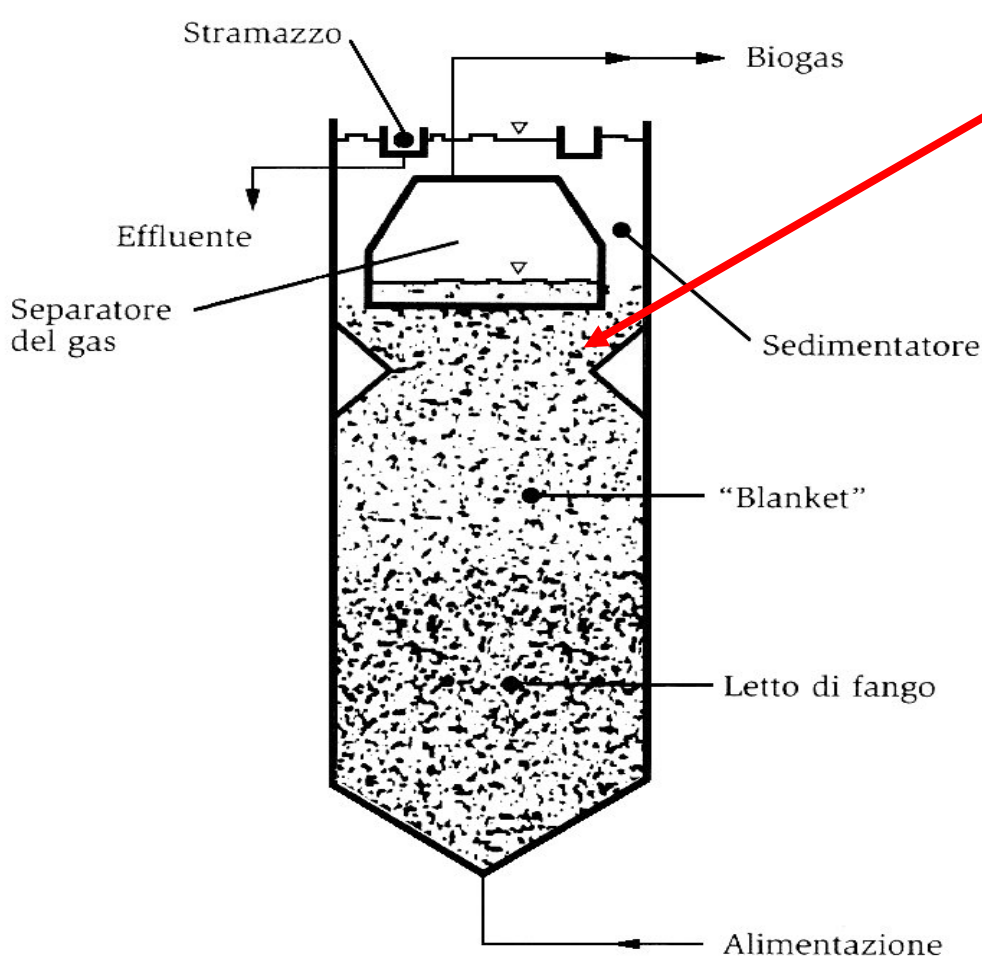
| | AEROBICO | ANAEROBICO |
|-----------------------------|-------------------|--|
| Produzione di fanghi | 400-600 kg | 20-150 kg |
| Consumo di energia | 1100 kwh | -3300 kwh (si produce CH_4 !) |
| Consumo di nutrienti | | |
| Azoto | 20-25 kg | 1-5 kg |
| Fosforo | 1,5-2 | 0,5-1 |



GRANULAZIONE ANAEROBICA

REATTORI ANAEROBICI A LETTO GRANULARE

UASB (upflow anaerobic sludge blanket)



40 kg COD/m³·d (an.)
vs
1kg COD/m³·d (aer.)

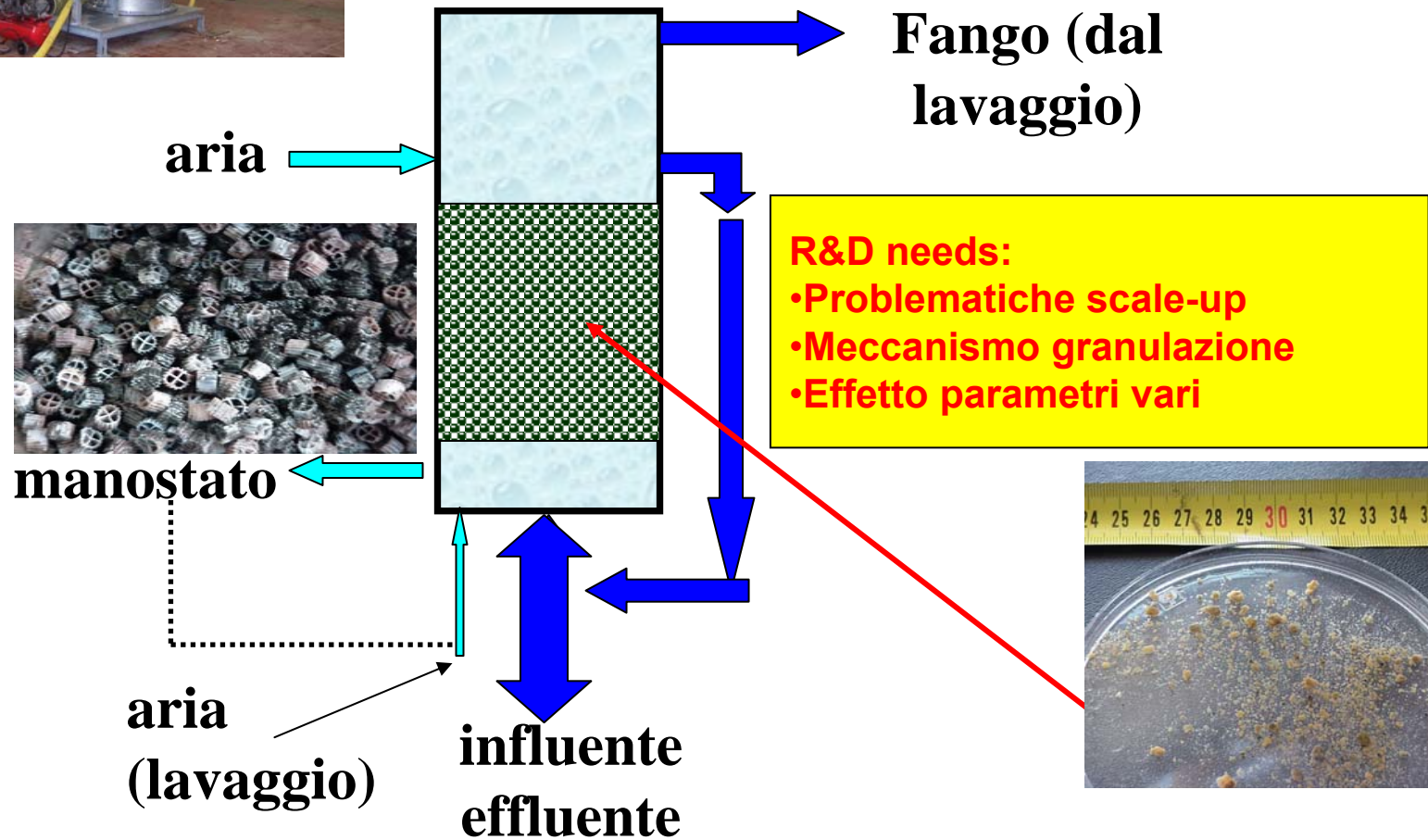
R&D needs:

- **Semplificare ottenimento biomassa**
- **Abbassare il limite attuale di conc. dei reflui trattabili che determina l'economicità del trattamento**

GRANULAZIONE AEROBICA

Reattori SBBGR

Sequential Batch Biofilter Granular Reactor

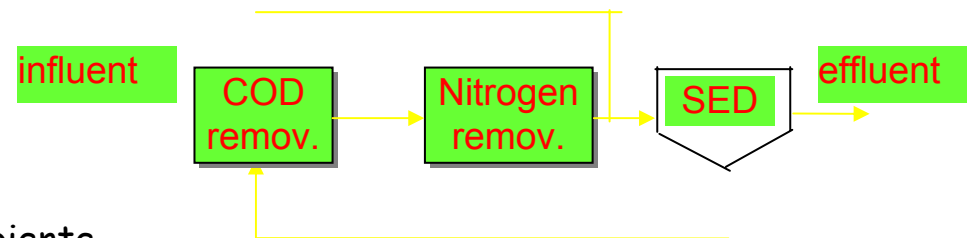
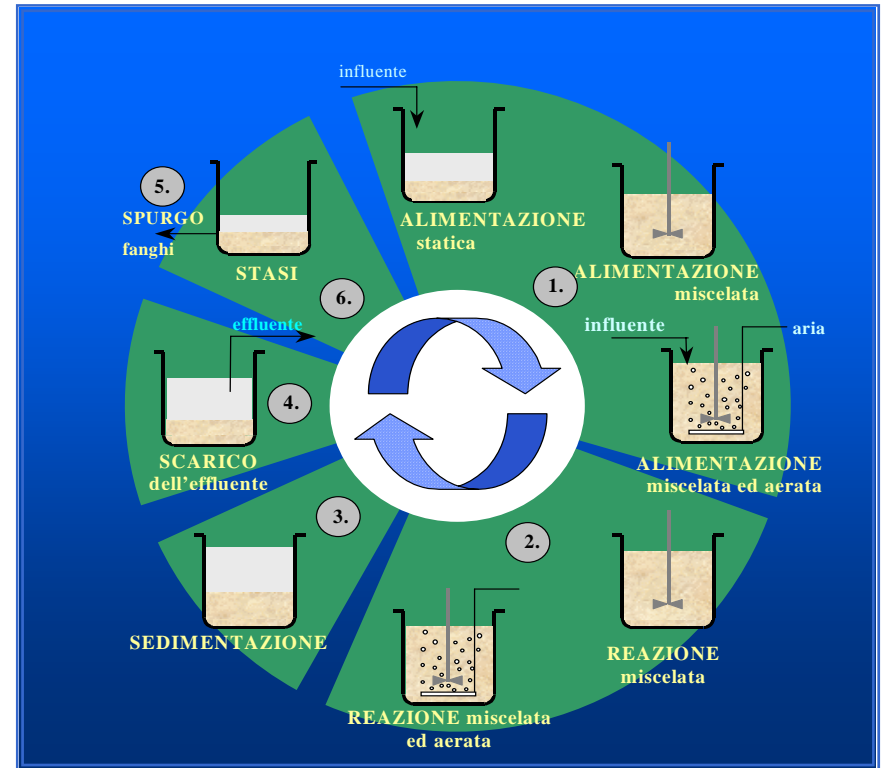


SISTEMI PERIODICI

(flessibilità, compattezza, risparmio energetico)

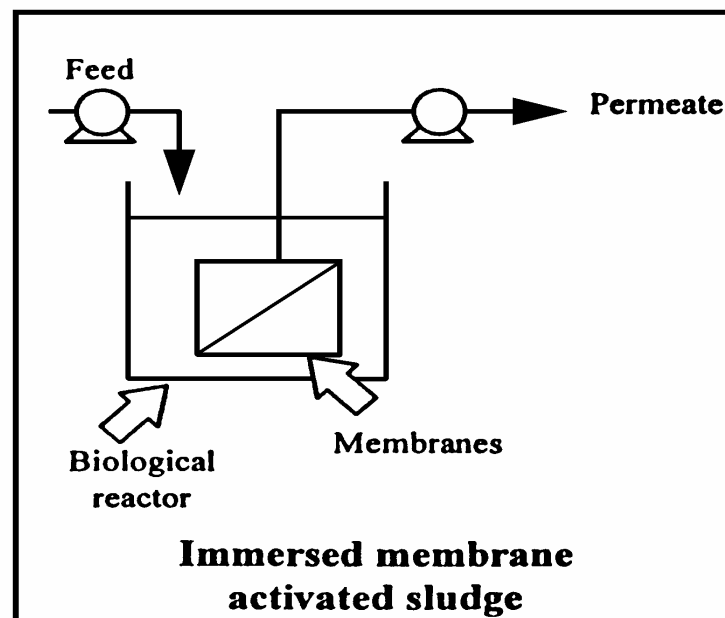
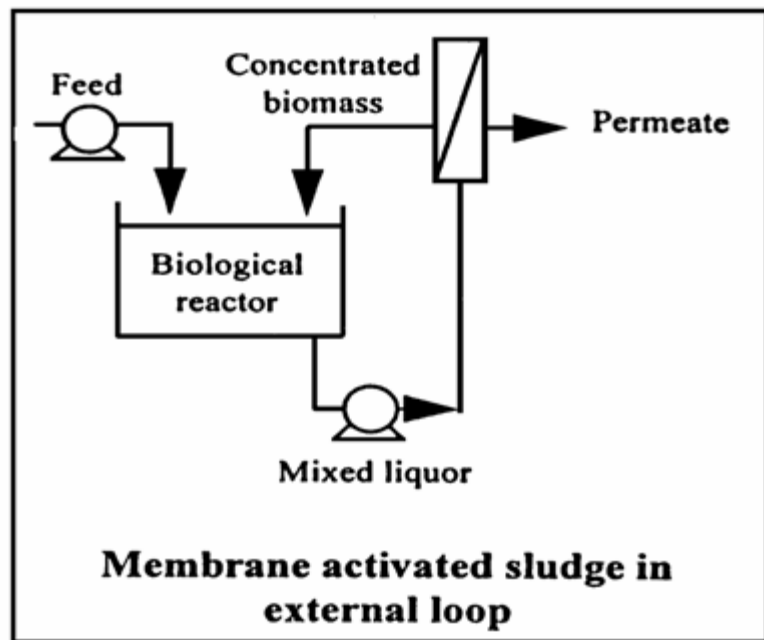
es. Reattori SBR (Sequencing Batch Reactors)

- La flessibilità del sistema consente di variare agevolmente i parametri operativi per ottimizzarne l'efficienza
- **Risentono di fenomeni di tossicità da elevate concentrazioni di substrato che limitano i carichi applicabili**

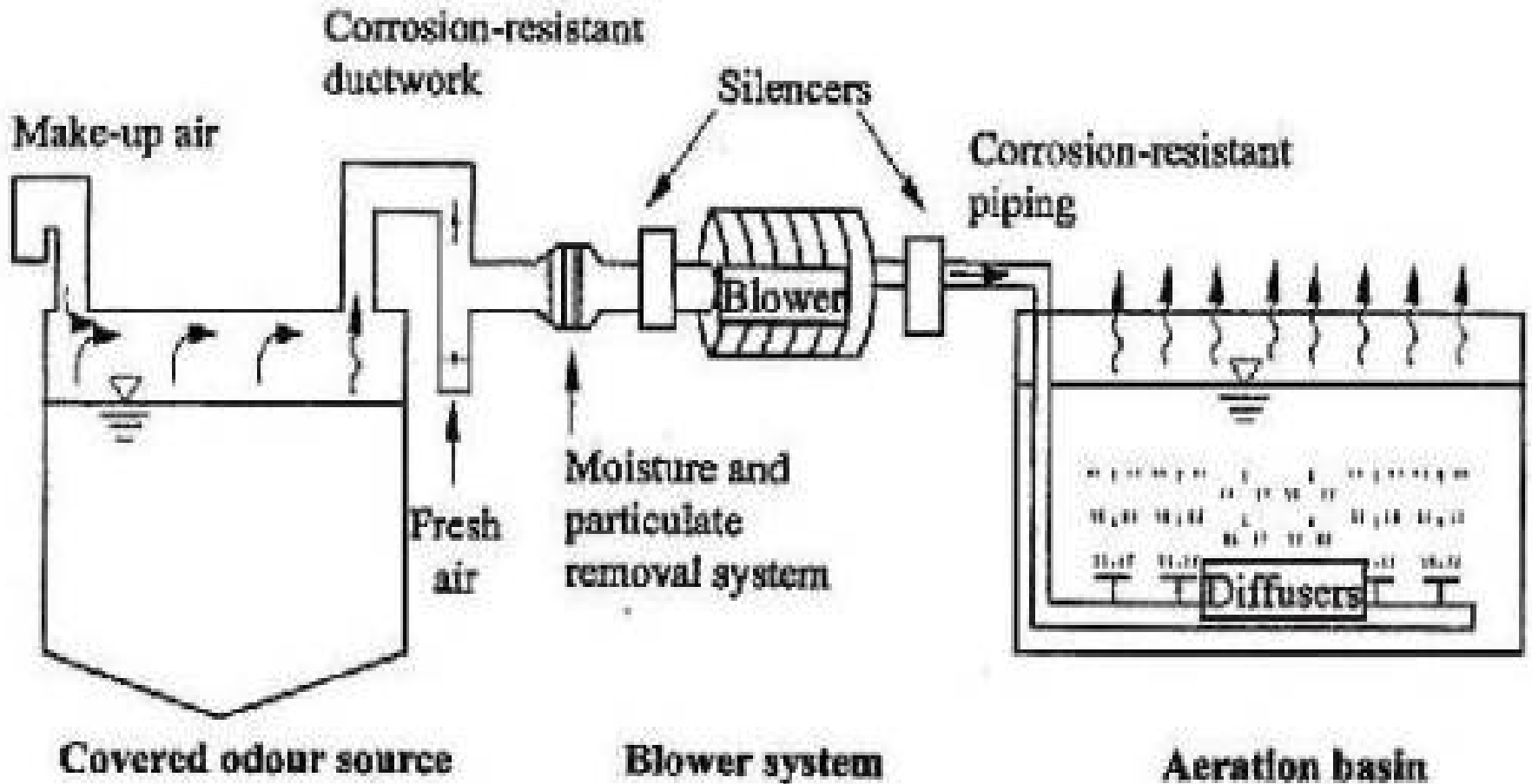


REATTORI A MEMBRANA (MBR)

-upgrading di impianti esistenti-



Scheme of the AS Diffusion system for odor removal at MWWTPs

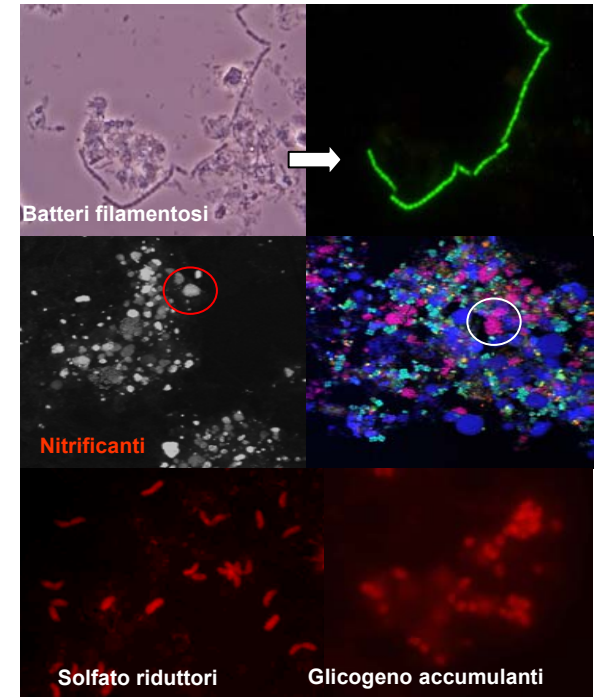


Caratterizzazione e selezione microbica per l'ottimizzazione dei processi di trattamento biologico

Attualmente, moderne tecniche molecolari (q-PCR, FISH, ecc.), permettono di identificare i batteri responsabili dei processi di biodegradazione di acque contaminate e di determinarne le proprietà metaboliche. La microbiologia delle acque insieme alla genomica ambientale, sono oggi discipline mature e dinamiche che offrono molto ai fini di una più profonda comprensione dei meccanismi tramite cui comunità microbiche complesse (biomassa) quali quelle operanti negli impianti di trattamento riescono a biodegradare gli inquinanti.

Research needs:

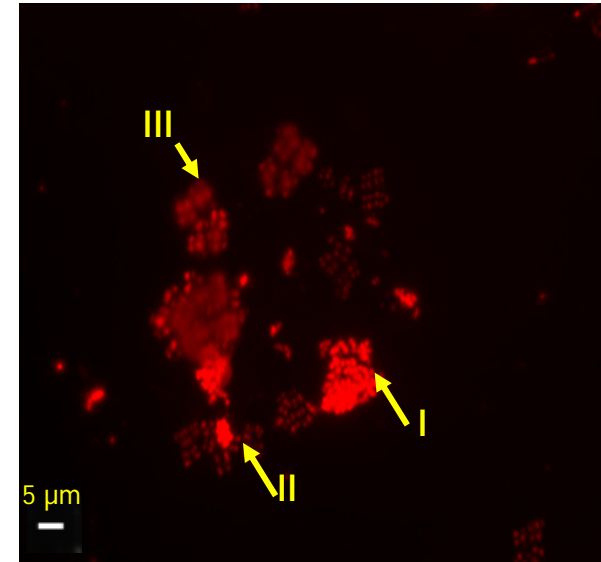
- Nuove sonde molecolari per il "tracking" *in situ* di microrganismi responsabili dei processi di depurazione biologica.
- Messa a punto di metodi rapidi e di semplice esecuzione per la rilevazione di microrganismi specifici in matrici ambientali, finalizzati all'utilizzo da parte di end-users (i.e. gestori impianti di depurazione, acque potabili, o biorisanamento di acque contaminate).



Produzione di poli-idrossialcanoati (PHAs) tramite fanghi attivi da prodotti di risulta per la produzione di plastiche biodegradabili

La produzione di plastiche è oggi prevalentemente effettuata da **prodotti petroliferi**. Il recupero ed il **riciclaggio** della plastica interessa però al momento solo una frazione minore di quella prodotta, circa il 20%; per tale motivo da tempo si sta proponendo l'impiego di **plastiche biodegradabili**, dalle proprietà simili a quelle del polipropilene, prodotte da substrati organici non derivati dal petrolio. Queste plastiche sono prodotte mediante sofisticati fermentatori utilizzando **colture pure di batteri** ad alta proprietà di stoccaggio a partire da **substrati carboniosi pregiati** (fatty acids). Il batterio (di origine naturale o ingegnerizzato biomolecolarmente) in particolari condizioni (**Feast and Famine process**) accumula all'interno della cellula elevate quantità di PHA che viene poi estratto e recuperato.

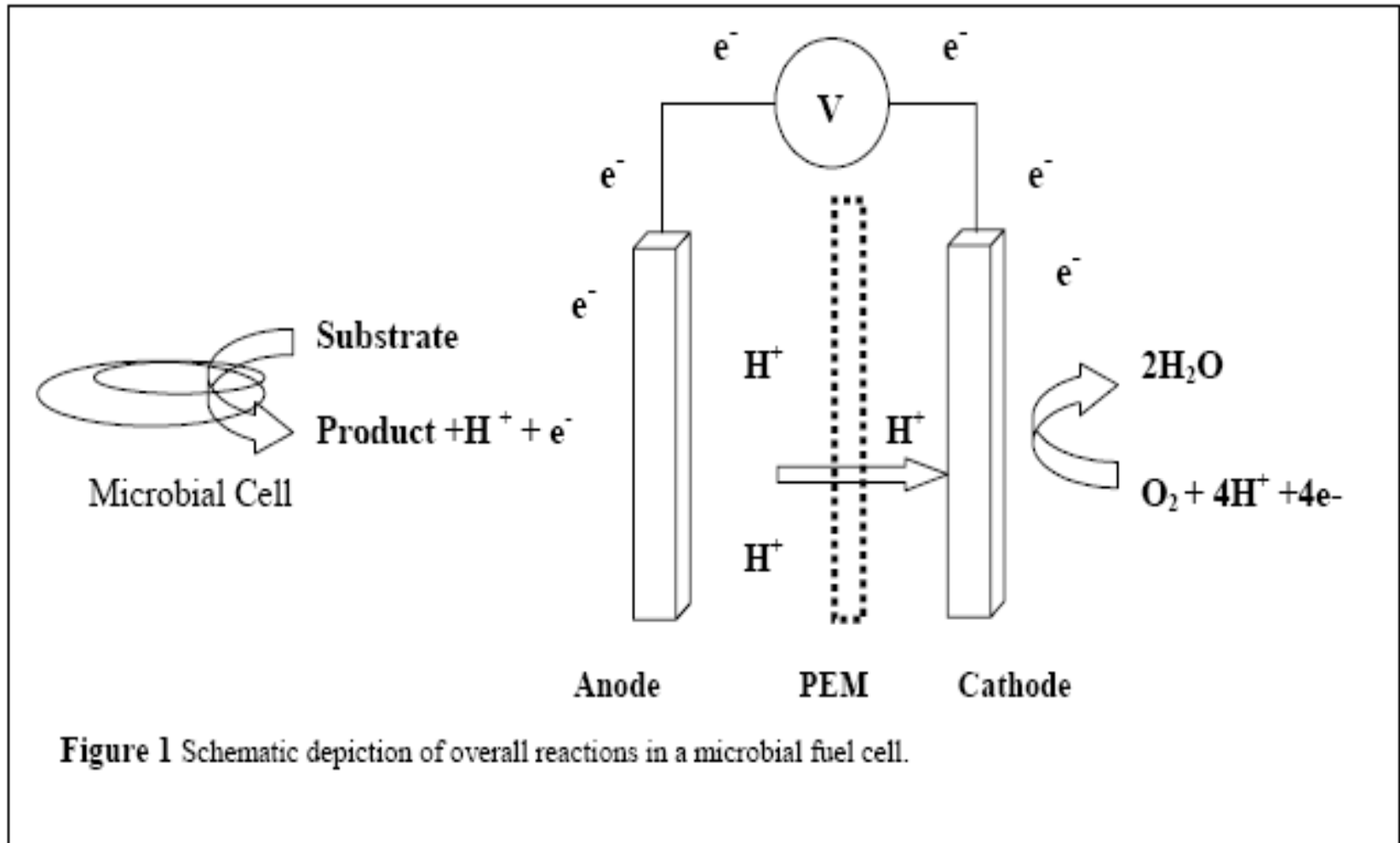
Research needs: Attualmente **il costo delle bioplastiche è circa quattro volte superiore a quelle derivate dal petrolio**. Tale costo può decisamente abbattersi, effettuando la **produzione con biomasse miste, quali i fanghi attivi**, ed utilizzando **come substrati prodotti di risulta, quali scarichi concentrati e/o correnti carboniose ad elevata concentrazione prodotte per fermentazione di fanghi biologici primari o secondari**. I costi si presentano decisamente più contenuti e per la disponibilità delle materie di base e per la possibilità di **non dover operare in condizioni di stretta sterilità**.



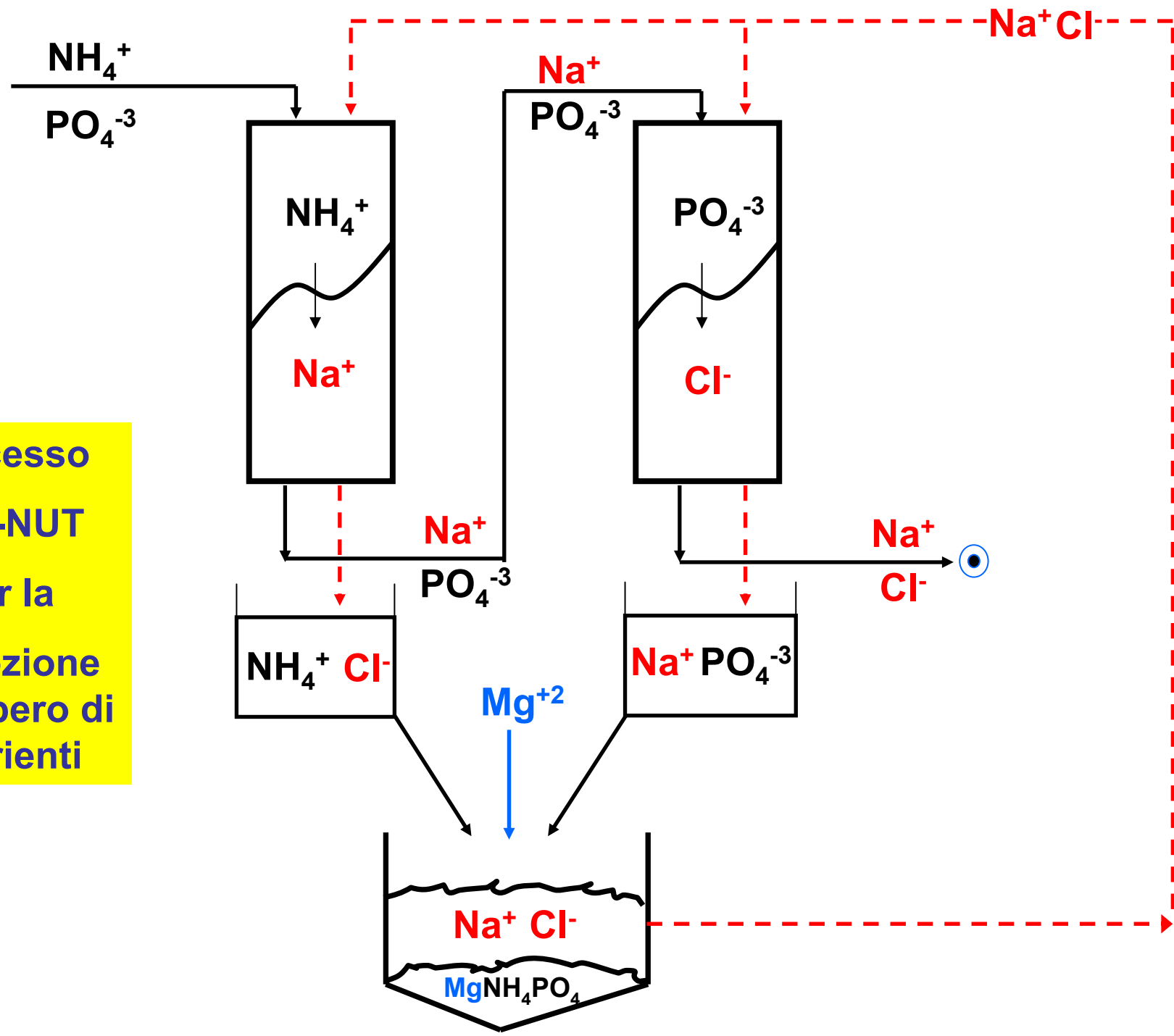
Inclusioni di PHA all'interno di batteri evidenziate con colorazione e microscopia in epifluorescenza)



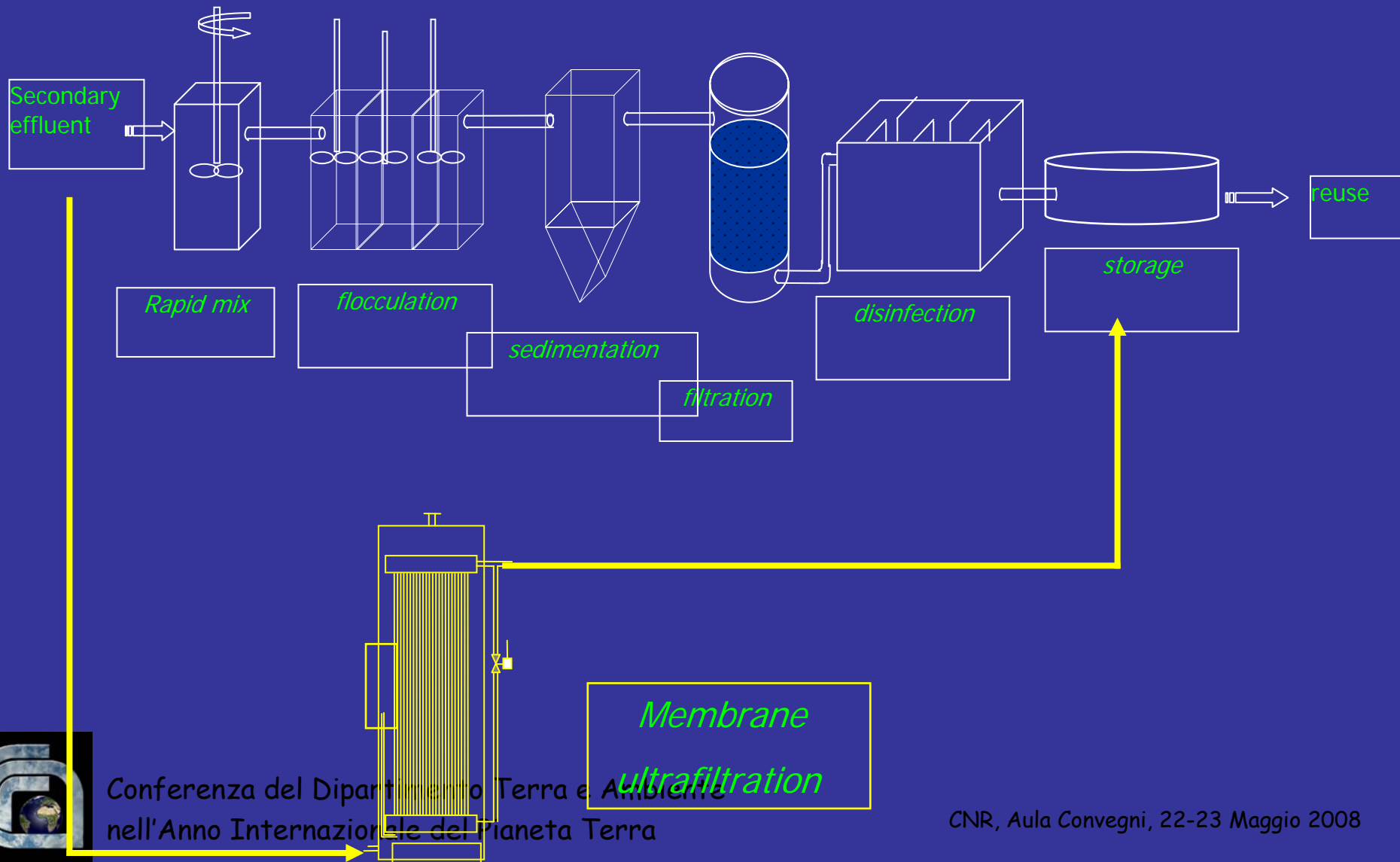
MICROBIAL FUEL CELLS (MFC)



Processo
RIM-NUT
per la
Rimozione
Recupero di
Nutrienti

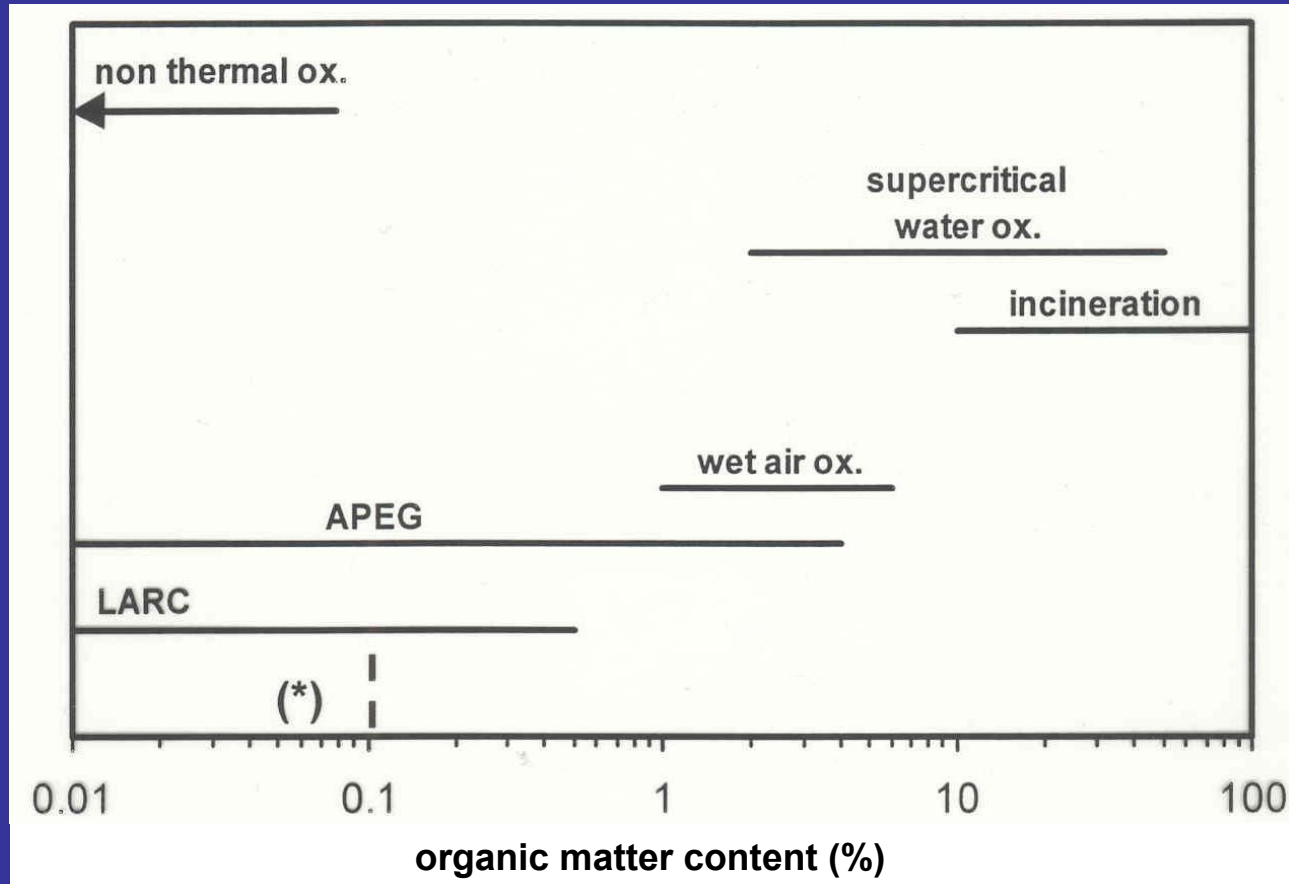


Municipal Wastewater Reuse in Agriculture



Technological options for treating industrial wastes containing organic pollutants

-Applicability range for liquid streams-



(*) This range constitutes about 90% by volume of the whole toxic wastes generated in the world



Advanced Oxidation Processes (AOPs)

HOMOGENEOUS → PHASE ← **HETEROGENEOUS**

with radiation:

- O_3/UV
- H_2O_2/UV
- H_2O_2 /ultrasounds
- $UV/ultrasounds$
- $H_2O_2/UV/Fe^{2+}$ (photo-Fenton)

without radiation:

- O_3/ H_2O_2
- O_3/OH^-
- H_2O_2/Fe^{2+} (Fenton reagent)
- ultrasounds

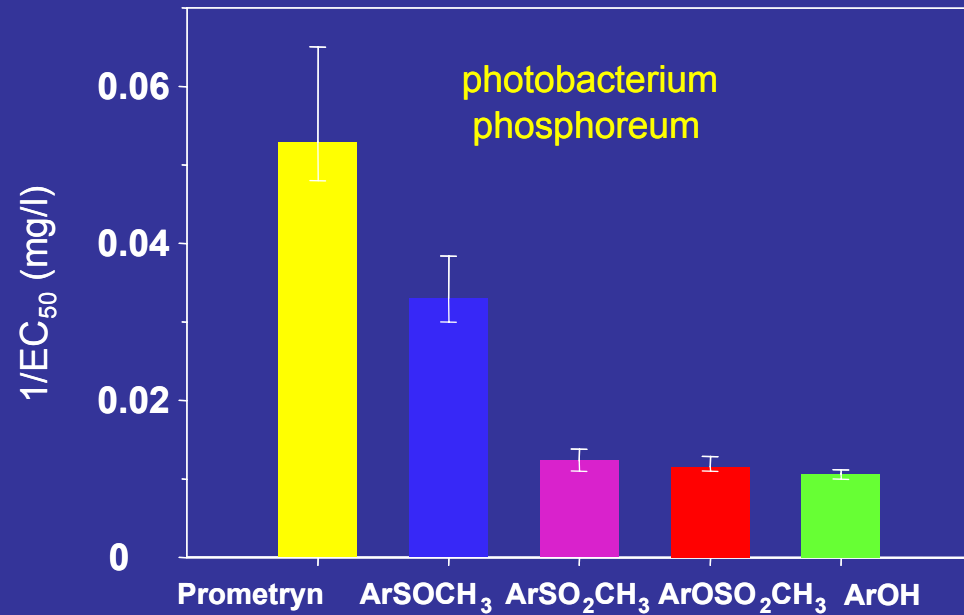
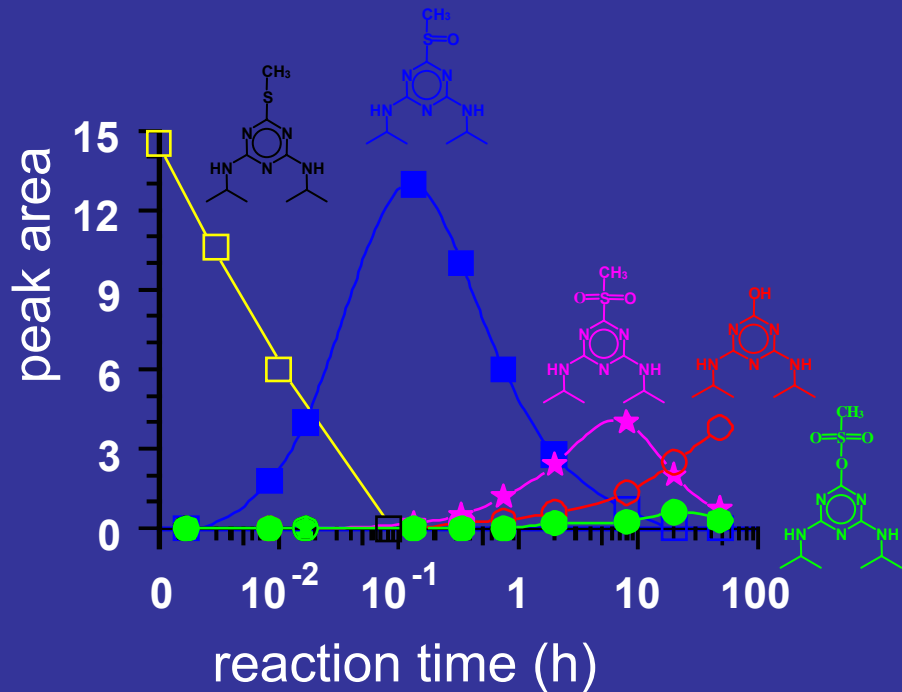
with radiation:

- TiO_2/UV
- $TiO_2/O_2/UV$
- $TiO_2/H_2O_2/UV$

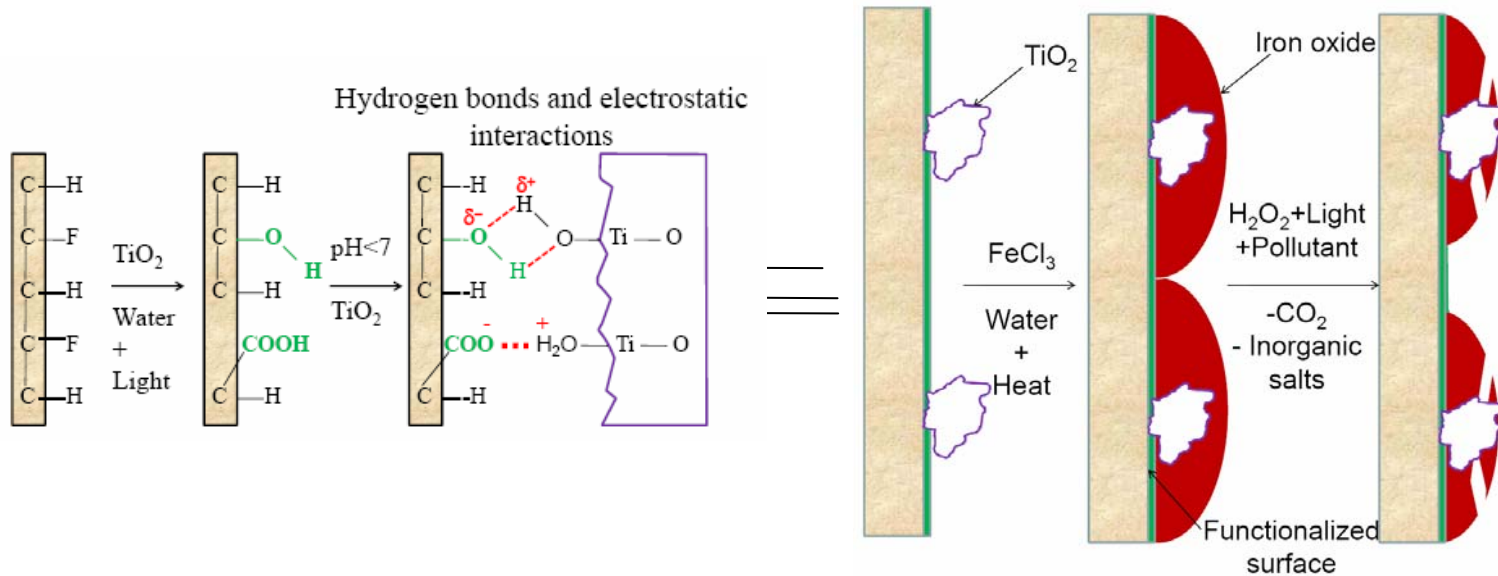
ALL BASED ON THE
FORMATION OF
 $^{\circ}OH$ RADICALS !



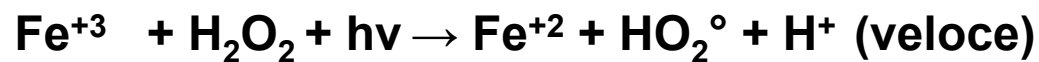
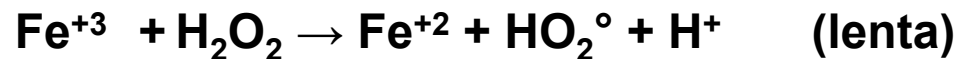
The problem of by-products evolution (Prometryn Oxidation)



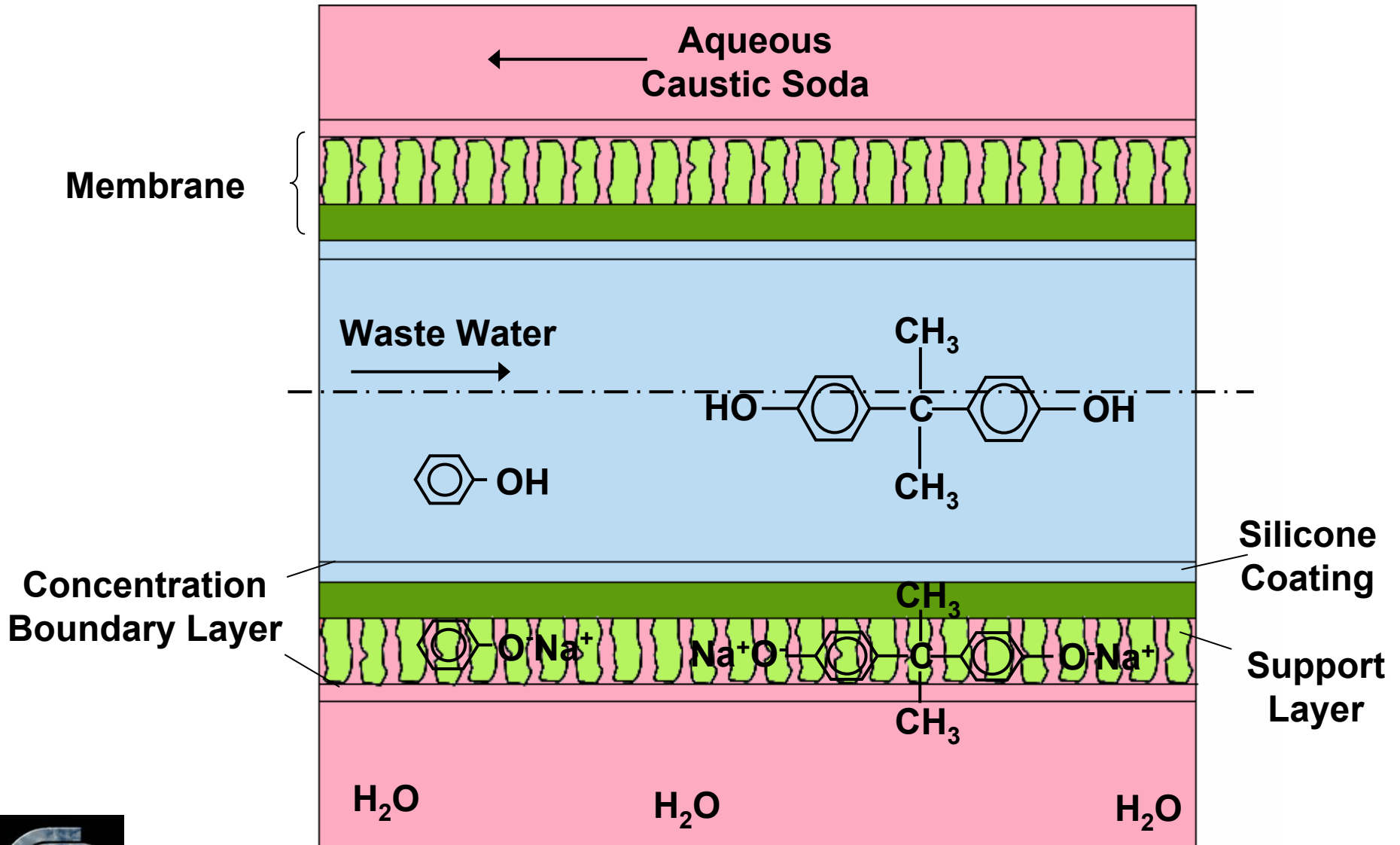
Preparation of iron and titanium oxide coated polymers to be used in Fenton like processes



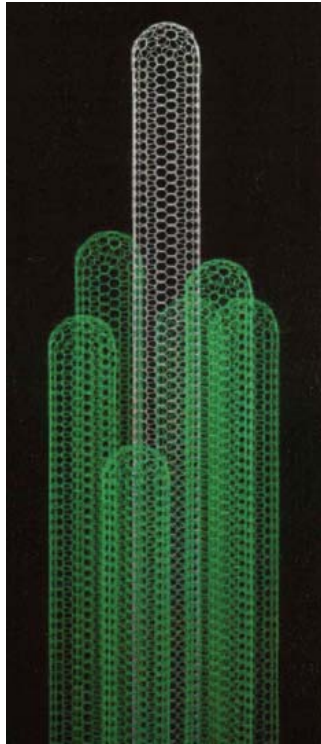
Fenton and Foto-Fenton reactions:



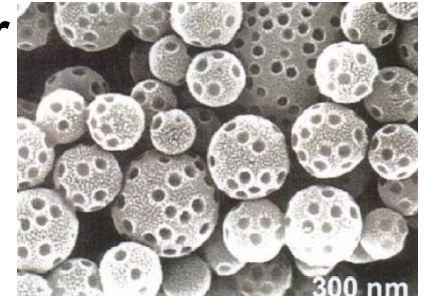
Membrane Contactors (MC)



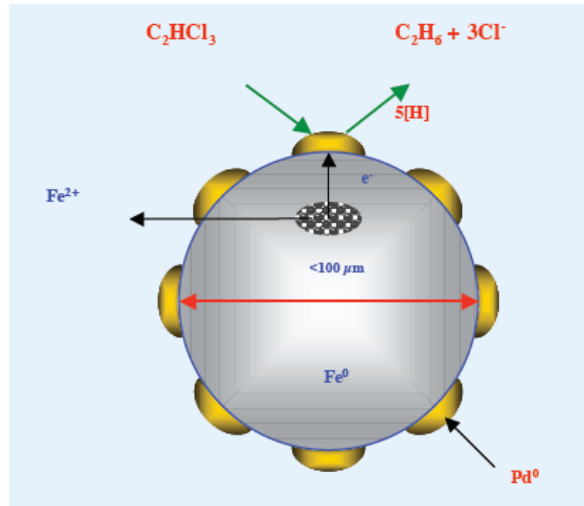
Nanomateriali (1÷100 nanometri) per il trattamento acque



Nanotubi e materiali nanocompositi per l'adsorbimento selettivo di arsenico, metalli, diossine, ecc.

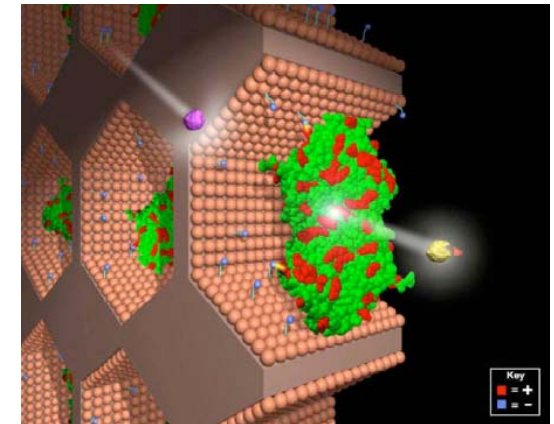


FP7 2.5
Miliardi €



Nanocatalizzatori ad alta efficienza e basso costo per l'utilizzo in reattori ed in campo (es. risanamento acque di falda).

Membrane di ultra- e nano-filtrazione con superfici attivate da nanocatalizzatori in grado di minimizzare lo sporcamento della membrana e/o migliorare la rimozione degli inquinanti (filtrazione + catalisi)



- Alti costi
- Destino ambientale?
- Tossicità (rimozione)?

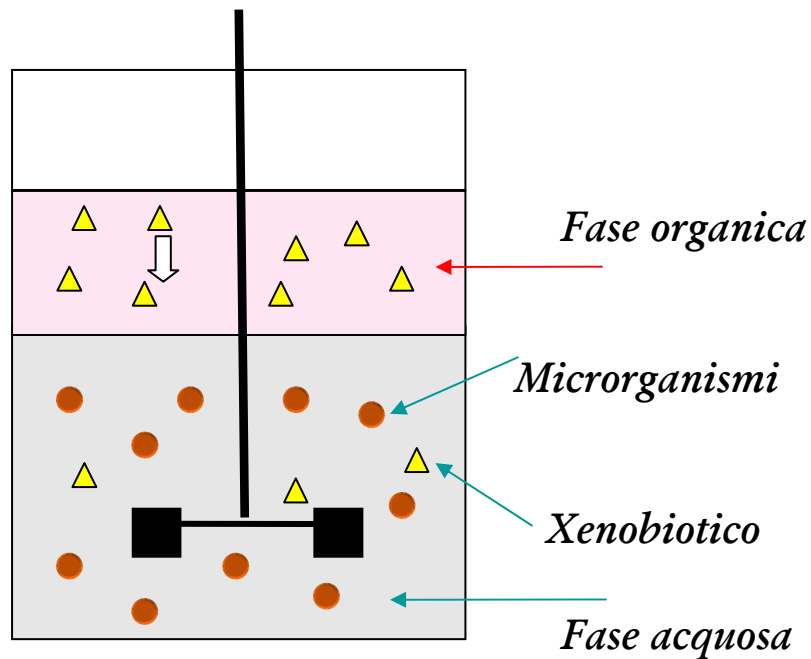
Conferenza del Dipartimento T
nell'Anno Internazionale del Pia

CNR, Aula Convegni, 22-23 Maggio 2008



Reattori TPPB (Two Phase Partitioning Bioreactors)

Nel reattore sono presenti due fasi, una acquosa in cui sono dispersi i microrganismi, e una organica (solvente). Il solvente per applicazioni in coltura mista può essere sostituito da un polimero



La frazione maggiore del composto si trasferisce all'interno della fase organica alla quale è più affine, lasciando la biomassa a contatto con una ridotta concentrazione di xenobiotico

Al procedere della degradazione in fase acquosa, il ripristino dell'equilibrio termodinamico causa il trasferimento di substrato dalla fase organica, fino a completa rimozione

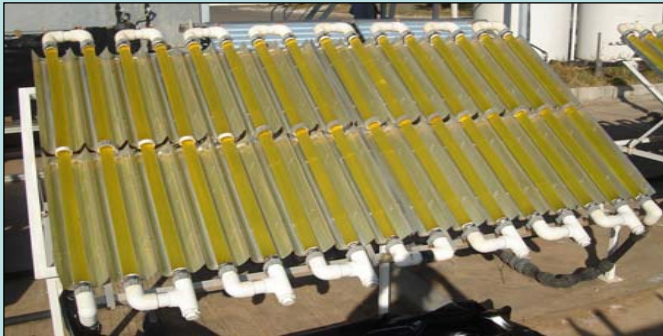


Coupling Processes for treating pharmaceutical wastewater

Pharmaceutical wastewater

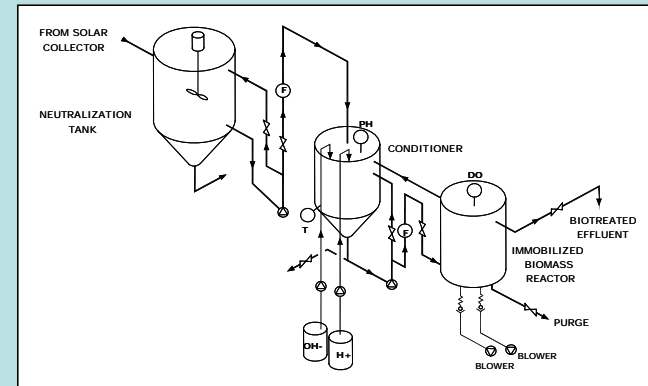
CPC (compound parabolic collector) reactor

- Photo Fenton process
- Three modules of 16 Teflon® tubes mounted on a fixed platform tilted 37° (local latitude)
- Total reactor volume 450 L: irradiated volume (108 L) + piping and tank. Total area illuminated: 9m²



IBR IMMOBILISED BIOMASS REACTOR

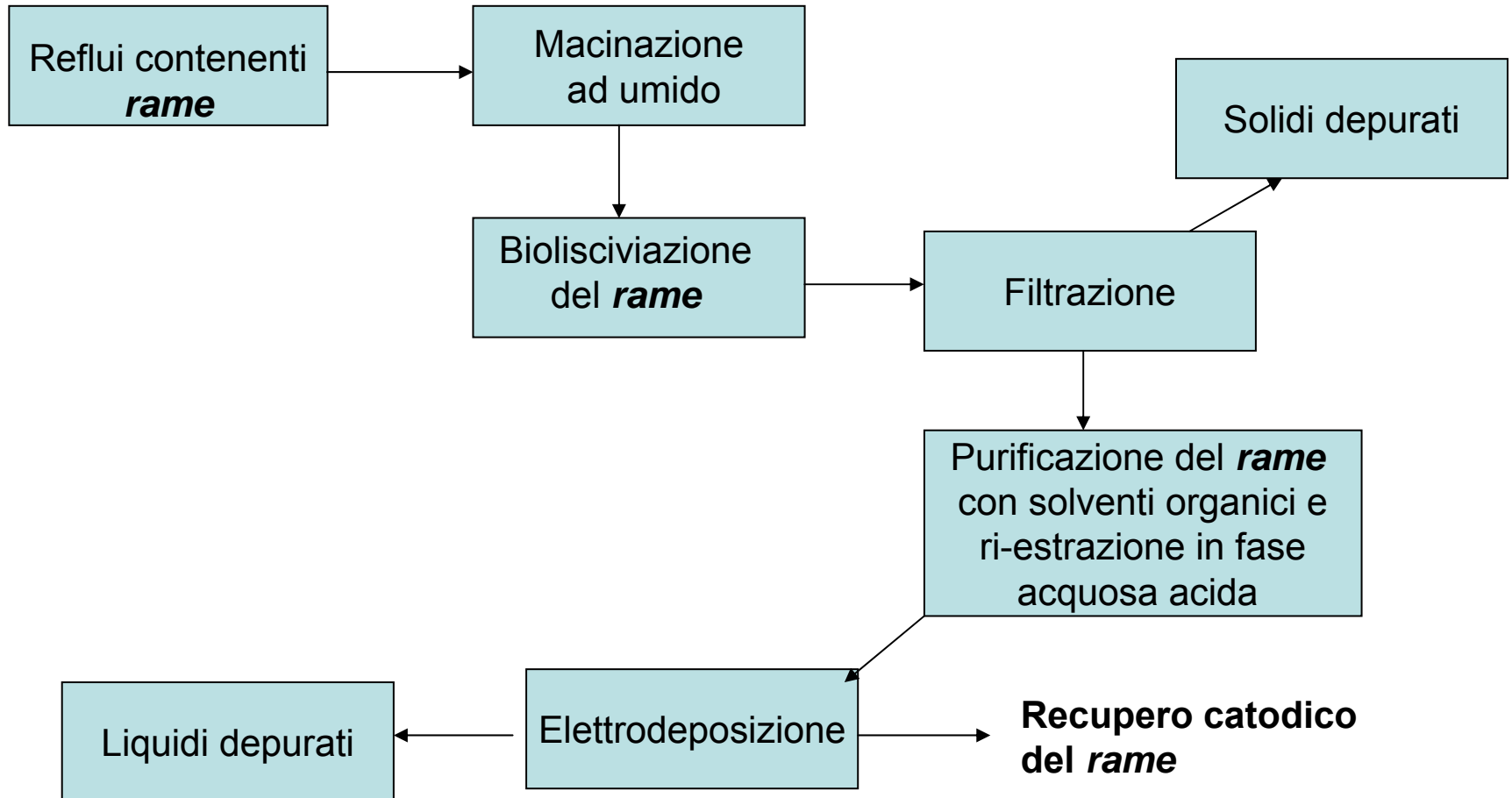
- The IBR consists of a 170 L flat bottom tank filled up with 90-95 L polypropylene 15 mm Pall Rings supports colonized by activated sludge coming from a conventional aerobic wastewater treatment plant.



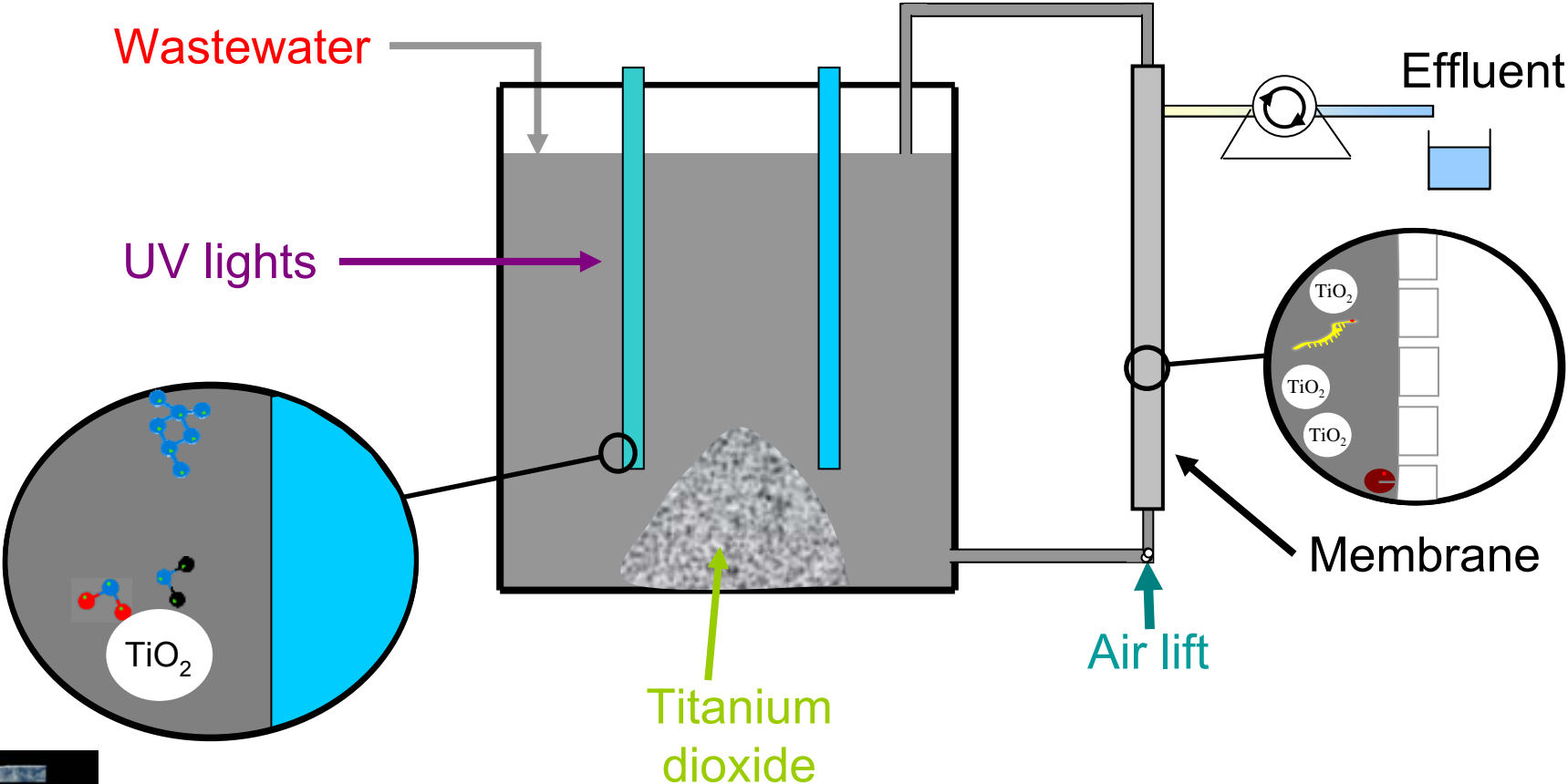
Treated wastewater



Schema di trattamento integrato chimico-biologico per abbattimento di rame da reflui industriali



Membrane Chemical Reactor (MCR)



FANGHI

QUALE LA PROBLEMATICHE IN AMBITO EUROPEO

NUOVO QUADRO NORMATIVO

- **Direttiva europea sulle discariche 99/31**
 - Smaltimento ~~consentito solo dopo trattamento preventivo~~
 - Riduzione delle quantità conferite in discarica al 75% dal 2006 al 50% dal 2009, al 35% dal 2016
- **Direttiva europea sulle acque reflue urbane 91/271**
 - Incremento produzione di fanghi del 40%
- **Proposta di adeguamento della Direttiva europea sui rifiuti biodegradabili 86/278/EEC**
 - Nuovi limiti sui microinquinanti organici
 - Limiti ~~più severi sul contenuto in metalli~~
 - Obbligo di stabilizzazione e disinfezione dei fanghi destinati all'utilizzo agricolo

**NECESSITA' DI
UNA CORRETTA
GESTIONE**

⇒ *minimizzare i
residui del
trattamento*

⇒ *massimizzare il
recupero di risorse*

⇒ *minimizzare la
tossicità*



CAPACITA' DEL CNR DI REALIZZARE AVANZAMENTI IN COLLABORAZIONE

Ambito scientifico

Notevole a livello di singoli ricercatori o di gruppi di ricerca.

Da migliorare in termini strutturali tra i soggetti istituzionali nazionali e tra quelli nazionali e quelli internazionali

Ambito tecnologico - industriale - gestionale

Insufficiente

E' necessario individuare strumenti efficaci di coinvolgimento delle industrie e delle amministrazioni interessate che non siano correlati a situazioni contingenti (superare la cultura dell'emergenza) o a ritorni economici immediati (incentivare la propensione all'investimento per l'innovazione)



OPPORTUNITA' DI ACCESSO A FINANZIAMENTI ADEGUATI

(1° ESSERE PRESENTI NELLE SEDI DECISIONALI)

Fondi Esterni

Europei: FP7 Specific Programmes [COOPERATION, IDEAS (ERC), PEOPLE, CAPACITIES, Programmi di Cooperazione Territoriale Transfrontaliera o Transnazionale (ex MED e INTERREG)].

La tendenza nel settore è quella di non considerare più “La depurazione dell’acqua” come un target specifico bensì di “mimetizzarlo” all’interno di tematiche attualmente più trendy quali ad es. “Climate Changes”, “Nanomaterials”, “Sustainable Management of resources”. Si rileva una tendenza verso finanziamenti “industry driven” e “pre-indirizzati” (es. WSSTP).

Nazionali: PON–vari (tra cui PON-Ricerca), PRIN, PON-Industria (es. PIA); Accordi di Programma (finanziati da risorse CIPE o da Ministeri vari), Accordi e/o Programmi Bilaterali

Regionali

PO-FESR 2007-2013 (ex POR)- asse innovazione o asse competitività (ex 598)

PSR (Programma di Sviluppo Rurale) - asse ambiente

In generale, riferendosi a fondi regionali, va rilevato tuttavia come il driver principale sia il recepimento e/o l’implementazione di Norme Europee e Nazionali.



OPPORTUNITA' DI ACCESSO A FINANZIAMENTI ADEGUATI

Fondi Interni



← Ricercatore CNR



RINGRAZIO

**Tutti i colleghi dell'IRSA del Settore Trattamenti di
Depurazione ed i colleghi Abbruzzese e Ubaldini
dell'IGAG per la collaborazione**

