

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II



FACOLTÀ DI INGEGNERIA

LAUREA SPECIALISTICA IN
INGEGNERIA PER L'AMBIENTE E IL TERRITORIO

Dipartimento di Ingegneria Idraulica, Geotecnica ed Ambientale

**UPGRADING DI IMPIANTI DI TRATTAMENTO ACQUE CIVILI
DI NATURA ORGANICA CON SISTEMI INNOVATIVI NON
CONVENZIONALI**

Relatore:
Prof. Ing.
Gianpaolo Rotondo

Candidato:
Michelangelo Cuda Matr. 324 / 143

COMPENDIO

NAPOLI, 2012

Premessa

L'entrata in vigore del Decreto Legislativo 152/1999, modificato successivamente dal Decreto Legislativo 152/2006, ha introdotto nuovi limiti di accettabilità per gli scarichi di acque reflue urbane e soprattutto criteri di valutazione più rigidi. Le possibilità di intervento sono molto numerose, infatti le attuali tendenze sono in ogni caso quelle di sviluppare tecnologie che permettano la minimizzazione degli oneri di intervento, sia dal punto di vista degli investimenti (e quindi delle nuove strutture da realizzare), sia dal punto di vista dell'esercizio (ricercando anche la semplicità gestionale). Le soluzioni scelte devono inoltre richiedere il minor spazio possibile, a causa della ormai scarsa disponibilità di aree non urbanizzate da destinare alla localizzazione di nuovi impianti o all'ampliamento di impianti esistenti. La depurazione per via biologica è caratterizzata da una maggiore sostenibilità ambientale in termini di efficienze depurative conseguibili a parità di impegno economico, di consumo di risorse, di produzione di fango.

Lo scopo del presente studio è quello di illustrare i vantaggi derivanti dall'adozione del sistema innovativo MBR a fibre cave negli impianti di trattamento acque: sia da un punto di vista tecnico che economico. Si presenta un caso reale in cui l'impianto è stato aggiornato con tecnologie innovative e contestualmente si mettono in risalto i miglioramenti sia in termini di performance che in termini di capacità depurativa a parità di spazi occupati:

- L'impianto di Occhio Marino: aggiornato con membrane a fibre cave.

MBR

MBR sta per Reattore Biologico a Membrana e consiste nella combinazione di un processo convenzionale a fanghi attivi con un sistema di separazione liquido-solido mediante l'utilizzo di membrane artificiali. Questa tecnologia, nata intorno agli anni sessanta, presenta notevoli vantaggi sia in termini di efficienza di trattamento sia in termini di superfici e spazi occupati, anche se presenta una serie di svantaggi quali un controllo accurato dello sporco delle membrane per mantenere l'impianto in perfetta efficienza e i costi energetici dovuti a tale controllo oltre al consumo di chemicals. Le configurazioni più impiegate sono la configurazione a membrane sommerse e quella a membrane immerse in una vasca esterna (55% delle applicazioni in tutto il mondo). La particolarità dei fanghi attivi è che solidi e microrganismi sono rimossi nella vasca di sedimentazione sfruttando l'azione della gravità ed in parte ricircolati nell'unità biologica, invece con un impianto MBR, la biomassa è mantenuta nella vasca biologica dall'unità di filtrazione a membrane.

Caratteristiche membrane

Membrane a fibre cave: I moduli a membrana sono realizzati in PVDF (polivinilidene fluoruro) strutturati secondo una geometria a fibra cava ed hanno dimensione nominali dei pori pari a 0,04 μm , un ordine di grandezza in meno rispetto alle fibre piane. La concentrazione di SST in vasca normalmente è 8-10 kg/m^3 , ma può raggiungere i 12 kg/m^3 . I moduli vengono raggruppati ed immersi esclusivamente all'interno di un comparto di microfiltrazione esterno al reattore biologico. Il permeato viene convogliato all'interno della fibra e raccolto in testa al modulo. Si effettua un controlavaggio con un flusso di aria o permeato in direzione opposta a quella di filtrazione per ridurre problemi di fouling.



Fouling

L'instaurarsi di meccanismi di sporramento durante il processo di filtrazione costituisce il principale limite operativo di tutti i processi a membrana.

Con il termine fouling si intende quel processo che ha come risultato una diminuzione dell'efficienza della membrana a causa del deposito di sostanze sospese o disciolte sulle sue superfici esterne o all'interno dei pori.

Impianto Occhio Marino

L'impianto di depurazione di Occhio Marino serve la parte Sud - Occidentale del territorio del Comune di Capri ed è localizzato in corrispondenza della balza rocciosa denominata Unghia Marina. L'impianto depura quindi i liquami provenienti dal versante Sud-Ovest dell'isola, dove sono comprese le maggiori strutture ricettive dell'isola.



Informazioni generali

Impianto di depurazione di Occhio - Marino

| | |
|----------|----------------|
| Luogo | Isola di Capri |
| Capacità | 7.500 ab.eq. |

L'impianto in questione era funzionalmente diverso da come si presenta oggi; esso si presentava come segue:

Com'era

LINEA LIQUAMI:

- Fase di grigliatura grossolana;
- Fase di grigliatura fine;
- Fase di ossidazione biologica a biodischi;
- Fase di sedimentazione;
- Fase di filtrazione;
- Fase di debatterizzazione.

LINEA FANGHI:

- Fase di aerazione;
- Fase di addensamento;
- Fase di disidratazione.

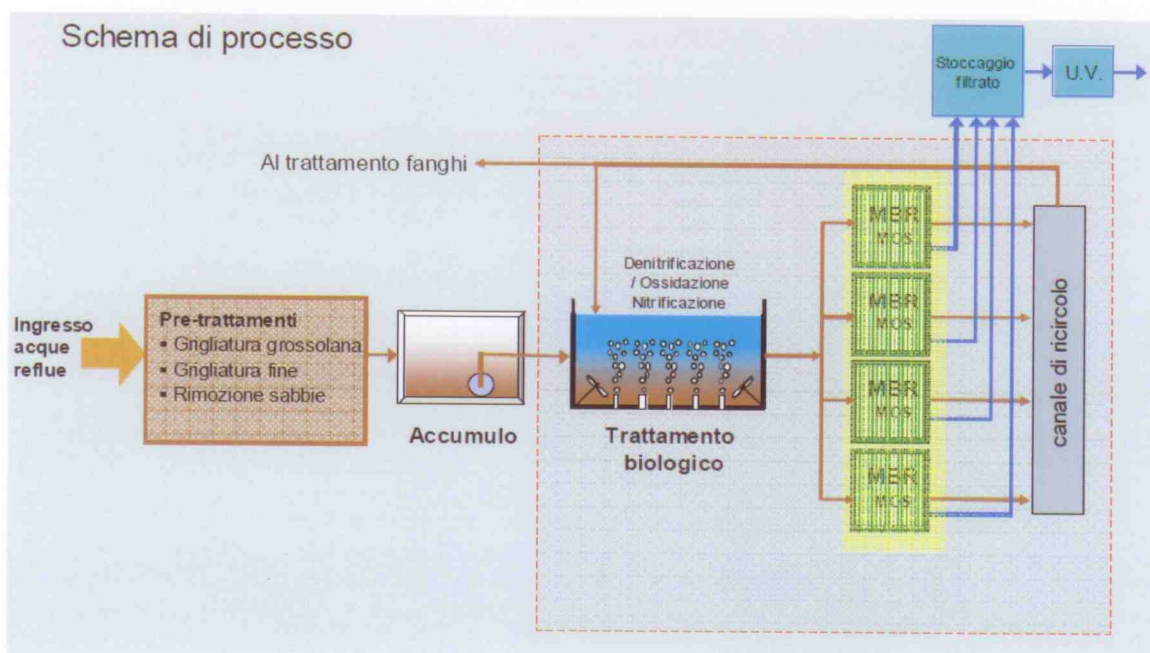
Com'è

LINEA LIQUAMI:

- Fase di grigliatura con coclea (spaziatura 1 mm);
- Fase di dissabbiatura e disoleatura;
- Fase di accumulo;
- Fase di ossidazione, nitrificazione e denitrificazione biologica;
- Fase MBR: reattore biologico a membrane esterne.

LINEA FANGHI:

- Fase di accumulo aerato del fango;
- Fase di addensamento del fango;
- Fase di disidratazione dei fanghi;
- Fase di trattamento aria.



Principali limiti dell'impianto di Occhio Marino

- Sistema di trattamento biologico a "biorulli" inadeguato sia per il rispetto dei limiti allo scarico previsti dalla normativa vigente che per la potenzialità effettiva di utenti da servire durante il periodo estivo;
- Elevata produzione di fango di supero "putrescibile" con conseguenti maggiori oneri economici e difficoltà gestionali legate al trasporto e smaltimento dello stesso;
- Stato di obsolescenza di molte opere elettromeccaniche ed in carpenteria metallica.

Principali interventi

- Installazione di n. 2 griglie a coclea con spaziatura 1mm in sostituzione dei due stacci a tamburo presenti;
- trasformazione dei comparti esistenti di trattamento chimico fisico (mai entrati in funzione), presenti nel locale pretrattamenti, in una sezione di accumulo e disoleatura di capacità pari a 220 mc (accumulo 1 e 2), in grado di smorzare i valori di punta delle portate influenti, con l'inserimento di un opportuno sistema di regolazione della portata da inviare al trattamento biologico MBR;
- potenziamento ed adeguamento della fase biologica con la sostituzione del sistema esistente tradizionale a biomassa adesa a "biorulli" con un sistema *non convenzionale* a biomassa sospesa a fanghi attivi del tipo a membrana MBR con l'inserimento di quattro celle di filtrazione per la separazione della biomassa, che garantiscono il trattamento di una portata mediamente pari a 90 mc/h (con punte fino a 110 mc/h) ed una superficie filtrante utile pari a circa 4.000 mq;
- realizzazione di un sistema ad areazione intermittente nel comparto esistente di sedimentazione con l'inserimento di mixer sommersi e di un nuovo sistema di distribuzione aria con diffusori a bolle fini a disco e tubolari. Con tale strategia di processo si è ottenuta un'efficace rimozione dell'azoto nitrico senza alterare o modificare in alcun modo la struttura esistente della vasca in calcestruzzo;
- adozione di un sistema di automazione e controllo avanzato del processo biologico con software predittivo, con possibilità di telecontrollo a distanza via modem, via etere (cellulare) o attraverso rete "LAN".
- adozione di tutte le misure necessarie per ridurre al minimo l'impatto ambientale, in particolare:
 - ripristino funzionale dell'attuale sistema di trattamento aria mediante l'utilizzo di due scrubber di cui uno a servizio del sistema MBR, posizionato nell'edificio "ex biorulli", e l'altro nel locale pretrattamenti;
 - insonorizzazione completa dei compressori e di tutte quelle apparecchiature le cui emissioni sonore superavano le soglie di accettabilità previste dalla normativa vigente

Dati rilevati

Si presentano di seguito i miglioramenti da un punto di vista dei rendimenti depurativi per tre parametri fondamentali quali BOD₅, SST, Azoto ammoniacale:

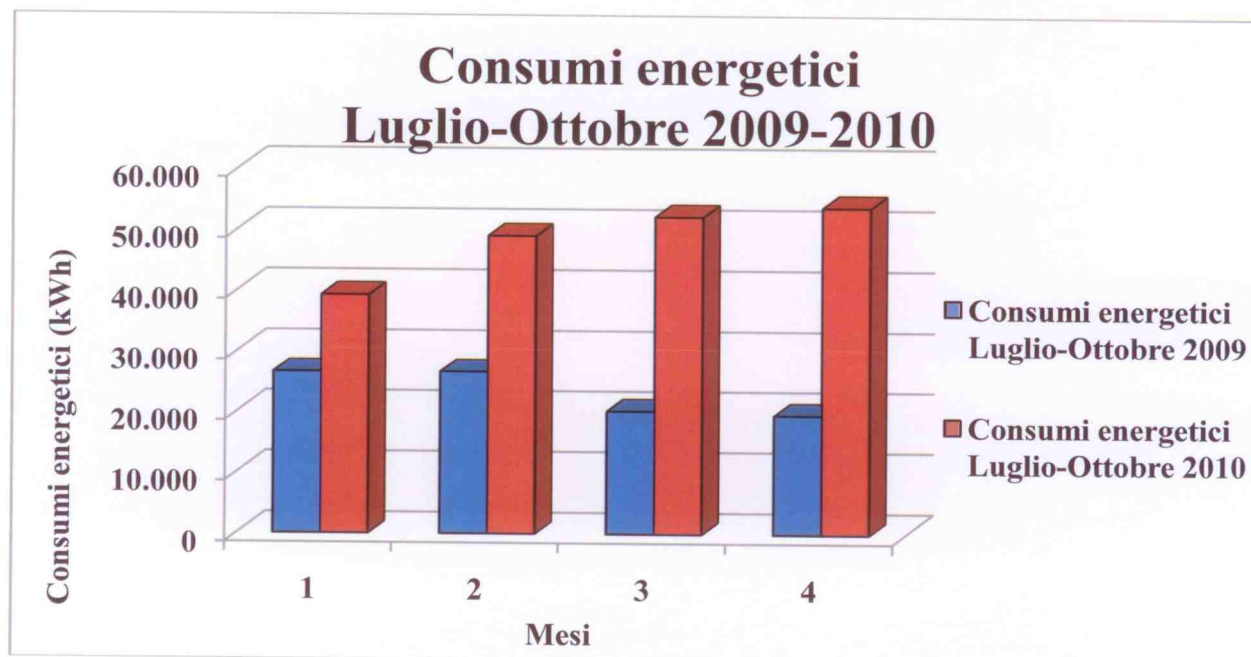
| | Luglio-Ottobre 2009 Media delle uscite (mg/l) | Luglio-Ottobre 2010 Media delle uscite (mg/l) | Limite normativo (mg/l) | Incremento di performance |
|------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| BOD ₅ | 37,8 | 3,45 | 40 | 91,0% |

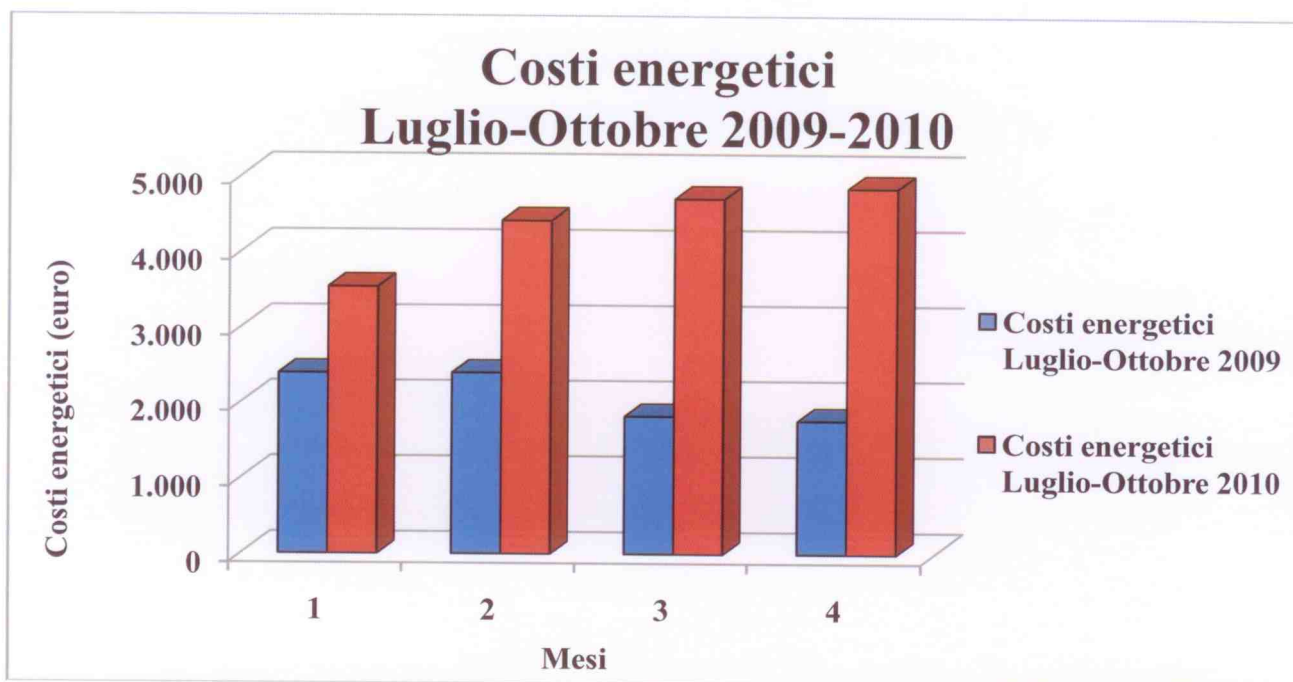
| | Luglio-Ottobre 2009 Media delle uscite (mg/l) | Luglio-Ottobre 2010 Media delle uscite (mg/l) | Limite normativo (mg/l) | Incremento di performance |
|-----|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| SST | 31,0 | 0,0 | 80 | 100,0% |

| | Luglio-Ottobre 2009 Media delle uscite (mg/l) | Luglio-Ottobre 2010 Media delle uscite (mg/l) | Limite normativo (mg/l) | Incremento di performance |
|-------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| N-NH ₄ | 13,0 | 0,0 | 15 | 100,0% |

Consumi energetici

I costi sono leggermente aumentati adottando questa innovativa tecnologia a causa del paragone con un sistema obsoleto e scarsamente performante quale il vecchio sistema a biorulli:



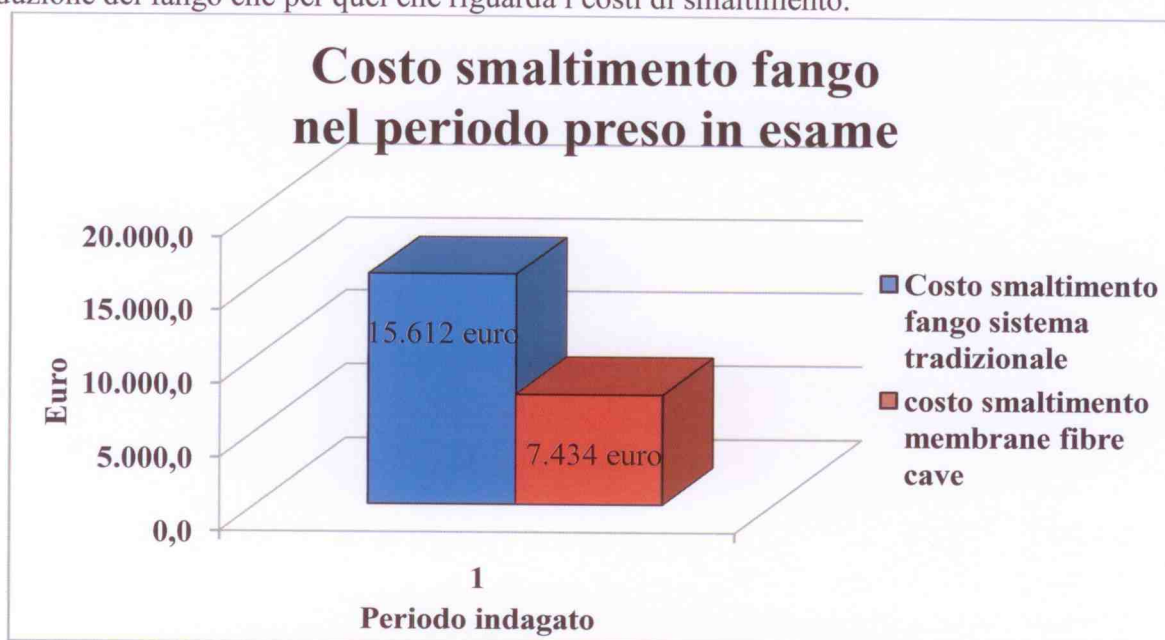


L'aggravio economico nel periodo preso luglio-ottobre 2010 si è attestato sui 9.130 euro, corrispondente ad un aumento del costo della energia elettrica di 2.280 €/mese

Produzione fango

| | Fango prodotto | Fango prodotto per m ³ di liquame trattato |
|------------------------------|----------------|-------------------------------------------------------|
| | Kg | Kg SST / m ³ |
| Impianto a biorulli | 55.758 | 0,31 |
| Membrane a fibre cave | 26.551 | 0,15 |

Anche la tecnologia con membrane a fibre cave comporta benefici sia per quanto riguarda la produzione del fango che per quel che riguarda i costi di smaltimento.



Il risparmio dovuto all'adozione delle fibre cave, è stata di 8.177 euro.

Consumo chemicals

Le membrane a fibre cave richiedono cicli di pulizia profonda ("Clean in Place") frequenti con impiego di più chemicals (NaClO ed acido citrico) in notevole quantità e cicli di mantenimento settimanali (Maintenance Clean) con necessità di contro-lavaggio (inversione del flusso attraverso le membrane). Il costo per l'acquisto di entrambi i chemicals calcolato ad anno e dilazionato in 12 mesi si attesta all'incirca sui 1080 euro/mese.

Conclusioni

Allo stato attuale i **vantaggi** derivanti dalle membrane a fibre cave, sono:

- notevole riduzione dell'ingombro planimetrico dell'impianto di depurazione, dovuta all'eliminazione dell'unità di sedimentazione biologica (le membrane si comportano come sedimentatori);
- rimozione del BOD maggiore del 90%;
- elevata efficienza nella rimozione di solidi sospesi (SS) e di carica batterica;
- elevata nitrificazione;
- riduzione del 50 % dei fanghi prodotti rispetto ai fanghi attivati convenzionali (dovuta alla maggiore concentrazione di solidi sospesi nel comparto biologico);
- eliminazione dei problemi di sedimentabilità del fango soliti degli impianti a fanghi attivi tradizionali.(No batteri filamentosi , No bulking, No wash out della biomassa);
- rispetto dei limiti di concentrazione più severi previsti dalla normativa vigente - con l'entrata in vigore del D.lgs n.152/99 e successivamente del D.lgs. n.152/06 (Testo Unico Ambientale - T.U.A.) in Italia sono stati imposti limiti di concentrazione più restrittivi per gli scarichi delle acque reflue depurate,
- elevata qualità dell'effluente con possibilità di riuso dell'acqua trattata.

I principali **svantaggi** sono:

- necessità di pretrattamenti estremamente selettivi per evitare fouling da corpi grossolani;
- elevato costo delle membrane (in diminuzione);
- aumento dei consumi energetici;
- maggiori costi di manutenzione legati a frequenti lavaggi delle membrane per rimuovere il fouling.