



UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE

DIPARTIMENTO SCIENZE DELLA VITA E DELL'AMBIENTE

CORSO DI LAUREA IN SCIENZE BIOLOGICHE

TECNOLOGIE DI TRATTAMENTO PER LA BONIFICA DI
ACQUE REFLUE URBANE A SCOPO DI IRRIGAZIONE

RECLAMATION OF USED URBAN WATERS FOR IRRIGATION PURPOSES

Docente relatore:

Francesca Beolchini

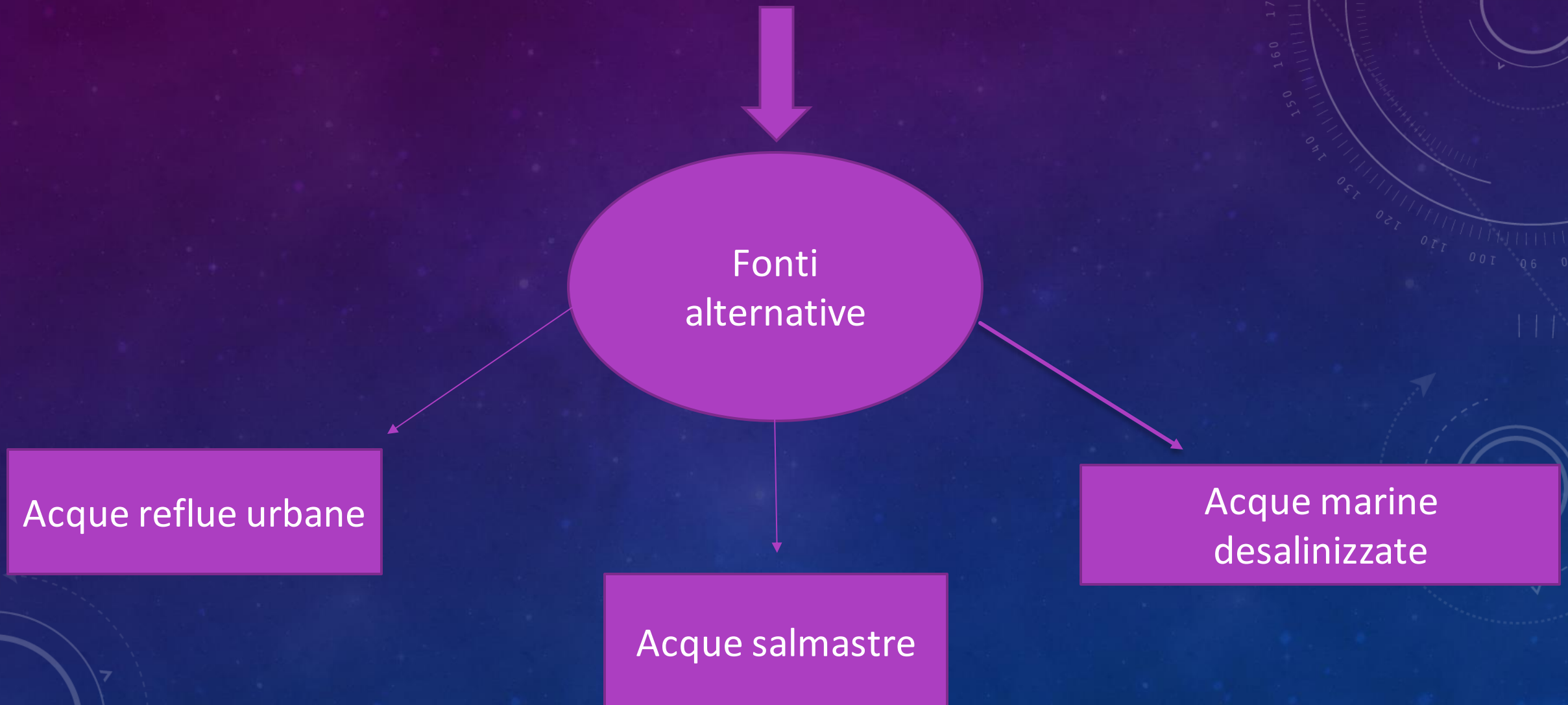
Tesi di laurea di:

Riccardo Francucci

Sessione straordinaria ottobre 2020

Anno Accademico 2019-2020

SCARSITÀ DI RISORSE D'ACQUA DOLCE



UTILIZZO DI ACQUE REFLUE IN AGRICOLTURA

PROBLEMATICHE

- mettere a repentaglio l'agricoltura sostenibile
- qualità delle acque sotterranee
- qualità del suolo
- salute umana

Standard di qualità dell'acqua per la produzione di effluenti sostenibili

Si riferiscono a 4 parametri:

- salinità
- nutrienti
- metalli pesanti
- patogeni

TECNOLOGIE CORRENTI APPLICATE NEL RIUTILIZZO PER L'IRRIGAZIONE DELLE ACQUE URBANE

Tecnologie per la rimozione della salinità:

- OSMOSI INVERSA
- SCAMBIO IONICO
- ELETTRODIALISI

Tecnologie per la rimozione dei patogeni:

- OSSIDANTI
- TRATTAMENTI BIOLOGICI
- SEPARAZIONE FISICA
- TRATTAMENTO ELETTROCHIMICO

Tecnologie per la rimozione dei metalli:

- PROCESSI MBR (FILTRAZIONE SU MEMBRANA)
- PROCESSI A TRE FASI DI FILTRAZIONE (ANAEROBICA – OSSIDA – ANOSSICA)
- PROCESSO A FANGHI ATTIVI + TRATTAMENTI DI ULTRAFILTRAZIONE
- SISTEMA DI TRATTAMENTO TERZIARIO CONTENENTE COAGULAZIONE – FLOCCULAZIONE - DISINFEZIONE

Tecnologie per la preservazione/rimozione dei nutrienti:

- SISTEMA CONTENENTE TRATTAMENTI DI FILTRAZIONE (MEDIO E NANO) + TRATTAMENTO FINALE DI OSMOSI INVERSA
- TECNICHE DI MEDIA FILTRAZIONE
- STAGNI DI STABILIZZAZIONE
- PROCESSO FILTRO A LETTO SCORREVOLE + LETTO AD ASSORBIMENTO A CARBONE ATTIVO + DISINFEZIONE AD OZONO
- IMPIANTI DI FITODEPURAZIONE

TECNOLOGIE PER LA RIMOZIONE DELLA SALINITA'

La salinità delle acque reflue trattate è riportata attraverso il rapporto di assorbimento del sodio o SAR.

Il valore di tale rapporto è dato dalla seguente equazione:

$$\text{SAR} = \frac{\text{Na}^+}{\sqrt{\frac{1}{2}(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})}}$$

I risultati di questa formula possono essere utilizzati per stabilire i livelli permissivi di sodio nelle acque di irrigazione.

Per ridurre questo parametro sono state utilizzate diverse tecnologie:

- L'osmosi inversa è la tecnica più utilizzata ed efficace; spesso associata ai processi con membrana a pressione, permette di separare microinquinanti organici polari e non polari dall'acqua (sali e patogeni); rimuove i nutrienti nelle acque reflue trattate; presenta anche alti costi di realizzazione e di operatività.
- Lo scambio ionico e l'elettrodialisi hanno minor efficacia; il primo trattamento presenta una bassa selettività per gli ioni monovalenti e di conseguenza livelli di desalinizzazione più bassa e porta alla formazione di resine mentre nel secondo il problema è rappresentato dal fouling.

TECNOLOGIE PER LA RIMOZIONE DEI PATOGENI

Per la rimozione efficiente di microorganismi patogeni si sono valutate tecnologie sulla base di indicatori di contaminazione fecale (es. numero di coliformi totali, dei coliformi termotolleranti o escherichia coli).

Le tecniche riconosciute per la disinfezione delle acque vengono basate su:

- L'OSSIDAZIONE DEI MICROORGANISMI ATTRAVERSO POTENTI OSSIDANTI
- SOLUZIONI BIOLOGICHE INCLUDENTI STAGNI DI MATURAZIONE
- SAPARAZIONE FISICA MEDIANTE TECNOLOGIA DI MEMBRANA
- TRATTAMENTI ELETTOCHIMICI

OSSIDANTI

- ❑ L'ipoclorito di sodio NaOCl e l'ozono utilizzati in determinate situazioni e associati a trattamenti di coagulazione e flocculazione presentano alti tassi di riduzione dei patogeni.
- ❑ Trattamento di fotocatalisi con biossido di titanio TiO_2 è molto efficace e porta alla totale inattivazione di organismi come i coliformi e l'Escherichia coli.
- ❑ Trattamento ultravioletto è la migliore tecnologia di disinfezione; è in grado di eliminare anche i patogeni più resistenti come le uova di elminti in associazione con altri processi come la filtrazione e gli stagni di maturazione.
- ❑ Lagunaggio rimuove gli indicatori batterici e virali a eccezione dei fagi e dei virus.

TRATTAMENTI BIOLOGICI

- ❑ Gli stagni di maturazione sono considerati la migliore pratica per la rimozione "biologica" dei patogeni; hanno una elevata capacità di disinfezione di organismi escretori, elminti, virus e cisti che può migliorare nei casi in cui sono utilizzati stagni in serie (anerobici – facoltativi – di maturazione) a formare un sistema in grado di eliminare gli organismi più resistenti (es. E. coli, Streptococcus, uova di elminti).
- ❑ Si usano stagni poco profondi per il trattamento combinato di percolato e acque reflue domestiche o wetlands; quest'ultime hanno grandi capacità di rimozione dei patogeni ma sono poco utilizzate per via delle grandi quantità di acqua che evaporano durante il processo.

SEPARAZIONE FISICA

- ❑ Avviene attraverso letti di filtrazione spesso associati a trattamenti chimici; per aumentare l'efficienza della filtrazione queste tecniche vengono precedute da processi di coagulazione e seguiti da uno di clorurazione.
- ❑ Trattamenti di filtrazione a membrana (membrane ultrafiltranti sono le migliori) capaci di convertire l'utilizzo delle acque reflue in ambito agricolo.
- ❑ Processo CAS accompagnato da trattamenti di filtrazione su sabbia e clorurazione con tecnologia a membrana

TRATTAMENTO ELETTROCHIMICO

- ❑ L'elettrolisi viene considerata come trattamento per la rimozione dei microorganismi patogeni applicando un intervallo di densità di corrente compresa tra 1.3 a 130 A/m²; mediante questo trattamento è possibile eliminare completamente l'E.coli dalle acque reflue urbane.

TECNOLOGIA	ABILITA'	VANTAGGI	SVANTAGGI
NaOCl	Elevata azione batterica; nessuna rimozione di CE, buona rimozione di NO ₃ e PO ₄	Bassi costi operativi	Alta operatività, alta formazione di sottoprodotti, costi di investimento moderati
Ozono	Elevata azione batterica	Bassa formazione di sottoprodotti	Alta operatività, costi operativi moderati, costi di investimento elevati
UV	Elevata azione batterica	Nessuna formazione di sottoprodotti, bassi costi di gestione	Alta operatività, costi di investimento moderati
TiO ₂	Elevata inattivazione dei coliformi	Probabile utilizzo di energia rinnovabile, no sottoprodotti, utilizzo di catalizzatori e impianti economici	Mancanza di azione battericida residua e comportamento cinetico lento
Stagni, zone umide costruite	Nessuna rimozione di CE; ottime eliminazioni di batteri, di NH ₄ , TP, Cr, Ni, Zn, Cu, Cd e Co	Bassi costi di manutenzione e consumo di energia, no sottoprodotti	Grande impronta, efficienza dipende dalle condizioni climatiche
Filtrazione media/Filtrazione a membrana	Discrete rimozioni di coliformi/ Ottime rimozioni batteriche e di Cr e As; con RO elimina EC, Na e Cl; conservazione o rimozione dei nutrienti	Bassi costi di investimento, bassi costi di esercizio/ Disinfezione e rimozione simultanea di EC e HM	Bassa rimozione di coliformi fecali/ Elevati costi di investimento, alti costi di esercizio
Elettrolisi	Disinfezioni efficaci con cariche a bassa corrente	Efficace nell'uccidere un ampio spettro di microrganismi	Formazioni di quantità significative di perclorati

TECNOLOGIE PER A PRESERVAZIONE/RIMOZIONE DEI NUTRIENTI

Fosforo e azoto sono nutrienti che si trovano in grandi quantità nelle acque reflue. Queste sostanze sono spesso utilizzate come fertilizzanti ma allo stesso modo se presenti in quantità elevate possono creare problemi di salute e fioritura di alghe nelle acque anche già trattate.

Le tecnologie per preservare i nutrienti prevedono:

- un sistema consistente di due trattamenti di filtrazione (medio e nano) associati ad un trattamento di osmosi inversa capace di desalinizzare le acque senza ridurre il livello di azoto e fosforo.

Per quanto riguarda la rimozione dei nutrienti i trattamenti più efficaci includono:

- trattamenti di media filtrazione associati a processi che contengono un trattamento a fanghi attivi seguito da filtri aerati.
- Stagni di stabilizzazione.
- Un sistema consistente di un filtro a letto scorrevole, un letto con assorbimento a fanghi attivi e un processo di disinfezione a ozono per la rimozione del fosforo.
- L'attività di impianti di fitodepurazione, i quali presentano processi di wetlands a deflusso verticale accompagnati da processi di wetlands a flusso sotterraneo orizzontale.

TECNOLOGIE PER LA RIMOZIONE DEI METALLI

La bioaccumulazione di metalli pesanti nella catena alimentare è considerata una potenziale minaccia per la salute umana e ambientale.

Sempre più di frequente vengono usate nell'ambito agricolo acque reflue trattate che possono presentare alte concentrazioni di queste sostanze.

Le tecnologie capaci di rimuovere i metalli pesanti sono poco conosciute e tra queste indichiamo:

- ✓ l'applicazione di processi di filtrazione a membrana MBR, i quali sono associati a specifici additivi (zeolite, bentonite, vermiculite) che migliorano le capacità di queste tecnologie grazie al loro alto assorbimento e all'alta capacità di scambio ionico.
- ✓ Processi di filtrazione a membrana applicati con cicli alternati aerobici e anaerobici
- ✓ Processo a tre fasi di filtrazione anaerobica – ossida – anossica.
- ✓ Eliminazione di specifici metalli pesanti mediante un processo a fanghi attivi (età dei fanghi elevata) associato a trattamenti di ultrafiltrazione in condizioni ambientali ottimali.
- ✓ Sistema di trattamenti terziari composto da processi di coagulazione – flocculazione – disinfezione.

DISCUSSIONE E CONCLUSIONE

I quattro parametri utilizzati per la valutazione dell'acqua a scopo di irrigazione sono raramente presi in considerazione assieme e questo è il motivo per cui ci sono delle difficoltà sulla scelta della tecnologia di bonifica più adatta.

Nella stragrande maggioranza dei casi la conformità delle acque trattate fa riferimento alla rimozione della salinità e di patogeni.

Esistono alcuni trattamenti in grado di rispettare tutti i parametri analizzati per la valutazione delle acque; tali tecnologie presentano processi di fitodepurazione e sistemi integrati che includono successivi trattamenti come filtrazione a membrana, filtri di ghiaia e sostanze assorbenti a idrossido di ferro per i metalli e UV.

Oltre ai parametri di qualità nominati in precedenza bisognerebbe tener conto per una valutazione completa altre caratteristiche che riguardano i campi coltivabili (es. caratteristiche del suolo, del raccolto) e le pratiche utilizzate in agricoltura (es. tipo di irrigazione, tecnica di drenaggio).

La definizione di linee guida per la bonifica delle acque per il riutilizzo agricolo richiedono una valutazione integrata sia da parte della pratica agricola sia da parte degli enti responsabili del trattamento delle acque.

Finora questo viene fatto solo su una base limitata.

RIASSUNTO

La scarsità mondiale di acqua dolce sta aumentando la domanda di risorse idriche non convenzionali.

Nonostante la tecnologia sia disponibile per l'applicazione di acque reflue trattate nell'irrigazione, l'uso di effluenti in agricoltura non vengono gestiti adeguatamente nella maggior parte dei casi. Paesi industrializzati, dove le risorse finanziarie sono disponibili ma limitate, incontrano difficoltà in alcuni casi legate alla mancanza di una definizione completa degli standard di qualità dell'acqua di irrigazione, nonché della mancanza di componenti di monitoraggio che determinano se l'effluente è adatto a tale uso.

In questa presentazione ho riportato le più efficaci tecnologie di bonifica urbana per l'irrigazione.

Le tecnologie sono state presentate dai quattro più importanti parametri per la qualità dell'acqua di irrigazione: salinità, agenti patogeni, nutrienti e metalli pesanti.

BIBLIOGRAFIA

- ❖ Review "Reclamation of used urban waters for irrigation purposes – A review of treatment technologies" , Diana Norton-Brandao, Sigrid M. Scherrenberg, Jules B. van Lier, 2012, Journal of Environmental Management
- ❖ "Ingegneria delle acque reflue, trattamento e riuso", Metcalf & Eddy, 2005, McGraw Hill Italia