

**Bonifica delle acque reflue urbane per l'irrigazione –
Revisione delle tecnologie di trattamento – Valutazione della
compatibilità delle acque in uscita dal depuratore di Monsano
&**

**Reclamation of used urban waters for irrigation purpose – A
review of treatment technologies - Evaluation of the
compatibility of the treated-water leaving the Monsano
wastewater treatment facility**

Baioni Francesco

Anno Accademico 2022/2023

Laurea in Scienze Ambientali e Protezione Civile



UNIVERSITÀ
POLITECNICA
DELLE MARCHE

Introduzione e situazione attuale

Reclamation of used urban waters for irrigation purposes – A review of treatment technologies

Diana Norton-Brandão*, Sigrid M. Scherrenberg, Jules B. van Lier

Department of Water Management, Delft University of Technology, Stevinweg 1, 2628 CN Delft, The Netherlands

ARTICLE INFO

Article history:

Received 5 July 2012

Received in revised form

21 February 2013

Accepted 5 March 2013

Available online 3 April 2013

Keywords:

Treated effluent

Urban wastewater

Water reuse technologies

Reclamation

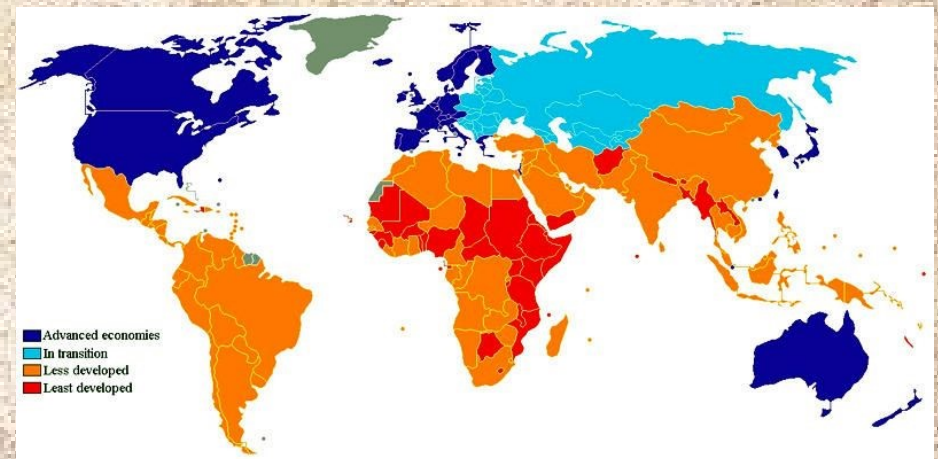
Irrigation

ABSTRACT

The worldwide fresh water scarcity is increasing the demand for non-conventional water resources. Despite the technology being available for application of treated wastewater in irrigation, the use of effluent in agriculture is not being properly managed in the majority of cases. Industrial countries, where financial resources are available but restricted, face difficulties in some cases related to the lack of a complete definition of irrigation water quality standards, as well as to the lack of monitoring components that determine if the effluent is suitable for such use. The present paper presents a critical review on urban reclamation technologies for irrigation. The technologies are presented by the four most important parameters for irrigation water quality: salinity, pathogens, nutrients and heavy metals. An overview is given of the current, on-going evaluation of different reclamation technologies for irrigation.

© 2013 Elsevier Ltd. All rights reserved.

Il riutilizzo delle acque reflue urbane ha una diversa risonanza in base allo sviluppo economico della zona in cui viene applicato



Standard di qualità

Salinità, patogenicità, nutrienti e metalli pesanti sono i parametri fondamentali che vengono considerati per il riutilizzo irriguo di acque reflue, infatti questi fattori sono legati ai principali vincoli associati alla bonifica delle acque di irrigazione, come la resa dei prodotti, le proprietà del suolo, così come la salute umana.

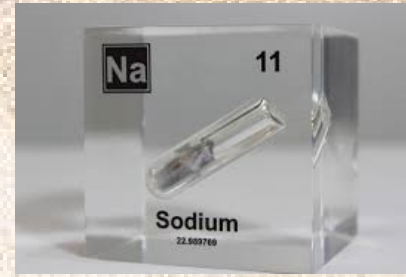
Table 1
Guidelines on irrigation water quality.

Guideline	Units	Westcot and Ayers (1985)	WHO (1989)	US EPA (2004)	ANZECC (2000)	Spanish Royal Decree (2007)	Italian Decree (2003)
Irrigation parameter/type of guideline		Water quality for irrigation	Wastewater quality for agriculture	Reclaimed water quality for irrigation	Water quality for irrigation	Water quality for agriculture	Treated wastewater quality for reuse
Salinity							
Electroconductivity (Ec)	dS/m	0.7–3 ^a	–	–	<0.65; 0.65–1.3; 2.9–5.2 ⁱ	3	–
Sodium adsorption ratio (SAR)	–	–	–	–	5–10	6	10
Sodium (Na)	mg/L	3–9; >3 ^{a, b}	–	–	115–230	–	–
Total dissolved solids (TDS)	mg/L	450–2000 ^a	–	500–2000	–	–	–
Suspended solids (SS)	mg/L	–	–	–	–	20	10
pH	–	6.5–8	–	6	–	–	6–9.5
Pathogenicity							
Intestinal nematodes	eggs/L	–	≤1 ^c	–	–	–	–
<i>E. coli</i>	eggs/10 L	–	–	–	–	1 ⁱ	–
Faecal coliforms (FC)	CFU/100 mL	–	–	–	–	100	100
Thermotolerant coliforms	CFU/100 mL	–	≤1000 ^c	–	–	–	–
Total coliforms (TC)	CFU/100 mL	–	–	0–1000 ^{d, e}	<10; <1000 ^j	–	–
Nutrients							
Nitrogen (NO ₃ -N)	mg/L	–	–	–	–	5.5	–
Total Nitrogen (TN)	mg/L	–	–	10 ^{d, f}	5; 25 to 125 ^k	10	15
Phosphorus (P)	mg/L	–	–	5 ^{d, g}	0.05; 0.8 to 12 ^k	–	2
Heavy metals							
Aluminium (Al)	mg/L	–	–	5; 20 ^h	5; 20 ^h	–	1
Arsenic (As)	mg/L	–	–	0.1; 2 ^h	0.1; 2 ^h	0.1	0.02
Beryllium (Be)	mg/L	–	–	0.1; 0.5 ^h	0.1; 0.5 ^h	0.1	0.1
Cadmium (Cd)	mg/L	–	–	0.01; 0.05 ^h	0.01; 0.05 ^h	0.01	0.005
Cobalt (Co)	mg/L	–	–	0.05; 5 ^h	0.05; 0.1 ^h	0.05	0.05
Chromium (Cr)	mg/L	–	–	0.1; 1 ^h	0.1; 1 ^h	0.1	0.005
Copper (Cu)	mg/L	–	–	0.2; 5 ^h	0.2; 5 ^h	0.2	1
Iron (Fe)	mg/L	–	–	5; 20 ^h	0.2; 10 ^h	–	2
Lithium (Li)	mg/L	–	–	2.5; 2.5 ^h	2.5; 2.5 ^h	–	–
Manganese (Mn)	mg/L	–	–	0.2; 10 ^h	0.2; 10 ^h	0.2	0.2
Molybdenum (Mb)	mg/L	–	–	0.01; 0.05 ^h	–	0.01	–
Nickel (Ni)	mg/L	–	–	0.2; 2 ^h	0.2; 2 ^h	0.2	0.2
Lead (Pb)	mg/L	–	–	5; 10 ^h	2; 5 ^h	–	0.1
Selenium (Se)	mg/L	–	–	0.02; 0.02 ^h	0.02; 0.05 ^h	0.02	0.01
Vanadium (V)	mg/L	–	–	0.1; 1 ^h	0.1; 0.5 ^h	0.1	0.1
Zinc (Zn)	mg/L	–	–	2; 10 ^h	2; 5 ^h	–	0.5

Salinità

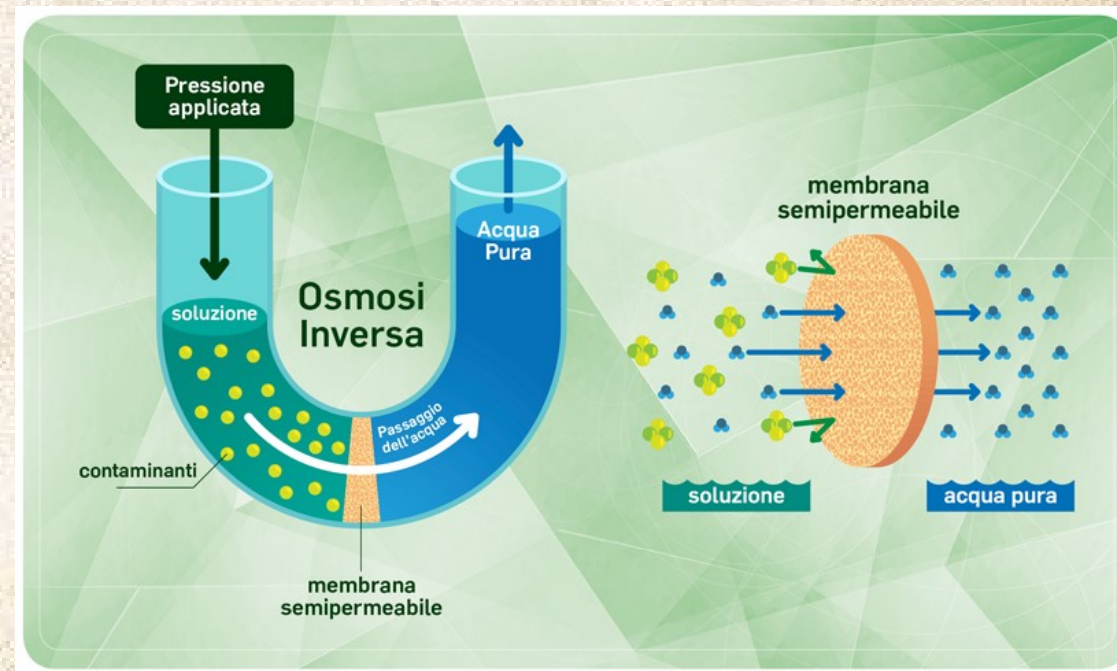
Il valore della salinità è solitamente valutato come «rapporto di assorbimento del sodio»

I suoi valori influenzano le caratteristiche del suolo ed hanno un diretto effetto sulla produttività dei raccolti e sulle proprietà dei suoli agricoli.



$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca_x^{2+} + Mg^{2+}}{2}}}$$

Osmosi inversa

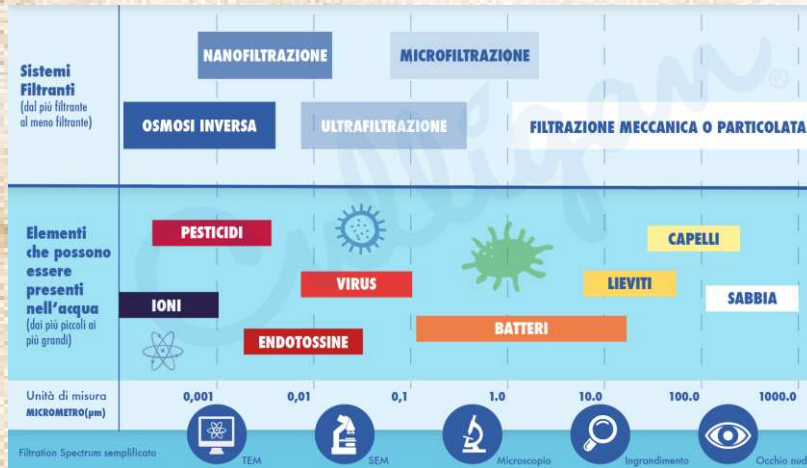


Patogeni

Rappresenta il maggiore rischio per la salute umana sia dei lavoratori agricoli sia dei consumatori, rappresentando così una delle maggiori problematiche per la bonifica ed il riutilizzo.



E. coli



Fitodepurazione

Ozonazione

Tecnologie a membrana

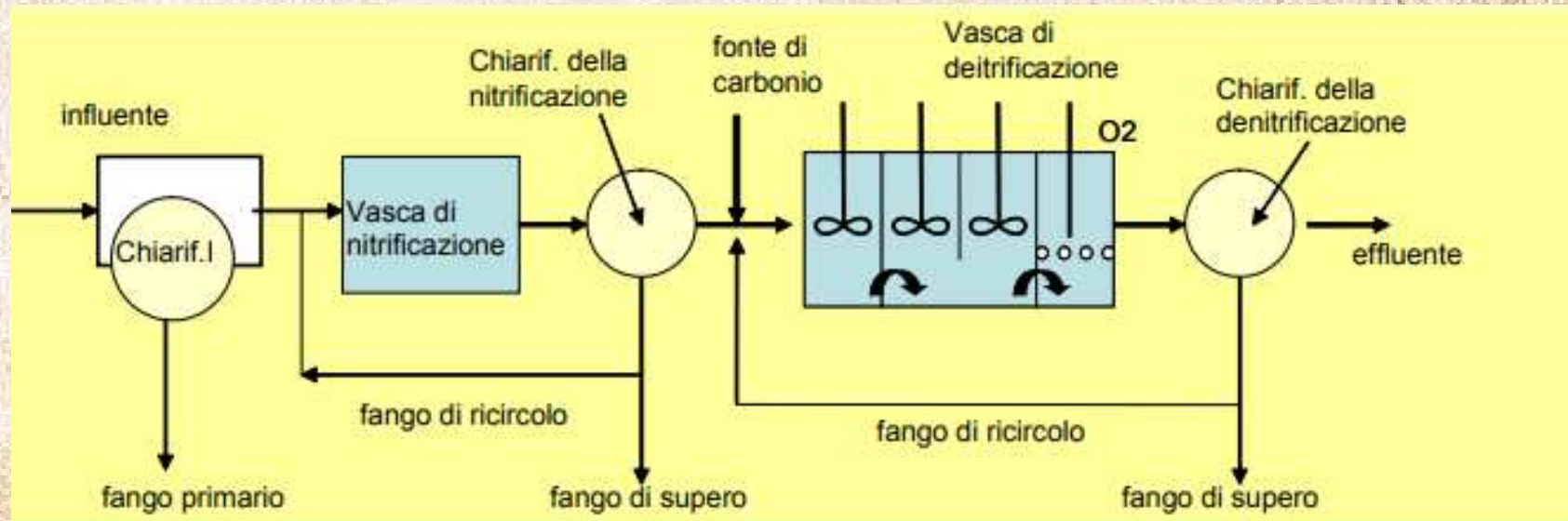


Nutrienti

L'intento è di adattare i moderni depuratori, che per la maggior parte utilizzano classiche tecnologie di trattamento a fanghi attivi, per poter riutilizzare le acque.



Classico trattamento a fanghi attivi



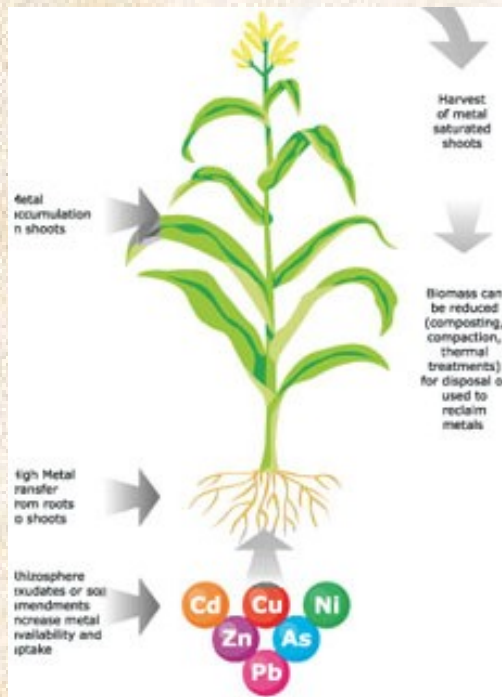
Metalli pesanti

La loro capacità più preoccupante è il bio-accumulo lungo la catena alimentare.

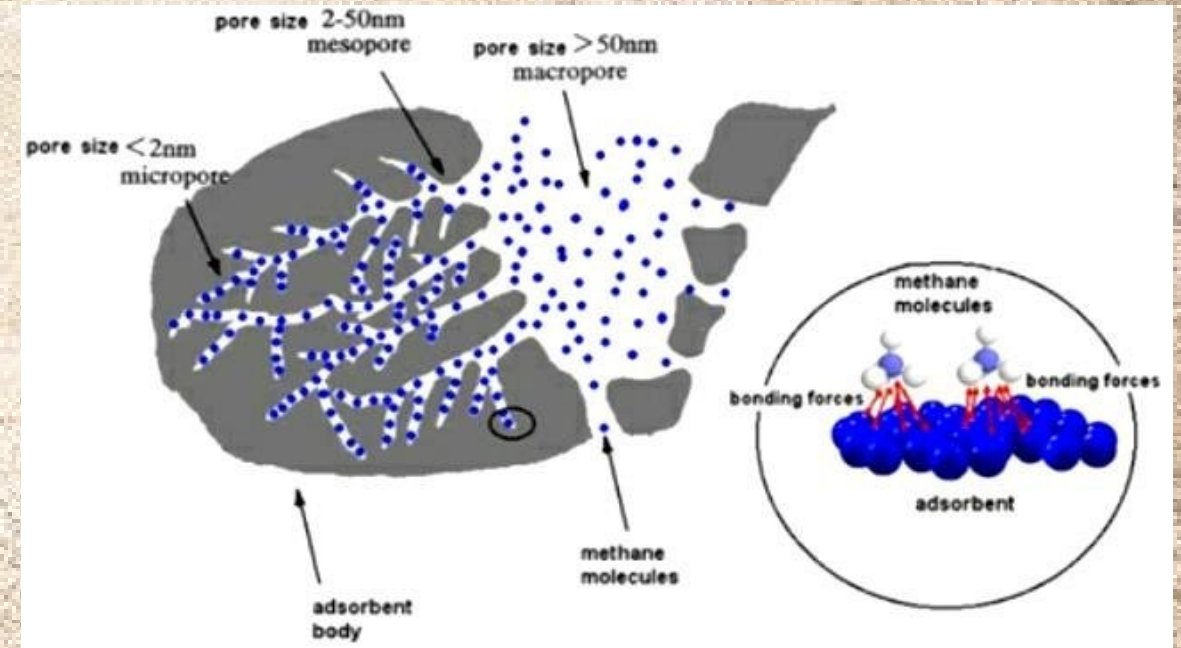
Solitamente la loro rimozione è più considerata in reflui industriali rispetto ai civili/urbani, tendenzialmente meno contaminati da questa componente



Adsorbimento



Fitodepurazione



Conclusioni e discussioni

- Salinità
- Patogeni
- Nutrienti
- Metalli pesanti

Table 3
Reclamation technologies for the treatment of salinity, pathogenicity, nutrients and heavy metals.

Treatment technology	Irrigation quality parameter			
	Pathogenicity	Salinity	Nutrients	Heavy metals
Lagooning ponds				
Lagooning system + UV	+	-	-	-
An + fac + Mat pond	+	-	-	-
Oxidation pond	+	-	-	-
Stabilization pond	+	-	-	-
Shallow ponds	+	-	+	-
Macrophyte ponds	-	-	+	-
Constructed wetlands				
Constructed wetlands	+	-	-	-
	+	+	+	+
	-	-	+	+
Oxidants				
Ozone	+	-	-	-
	+	-	+	-
Coagulation + flocculation + NaOCl	+	+	+	+
NaOCl, TiO ₂	+	-	-	-
UV	+	-	-	-
UV + ClO ₂	+	-	-	-
CAS + moving bed filter + GAC + ozone	+	-	+	-
Electrolysis				
Electrolysis with conductive diamond anodes	+	-	-	-
MBR				
MBR	+	-	-	-
	+	+	+	+
	-	-	-	+
MBR with mineral additives				
AS				
CAS	+	-	-	-
ASP	+	-	-	-
Extended Aeration	+	-	-	-
Medium filtration	-	-	-	-
Rapid sand filtration	+	-	-	-
Rapid sand filtration	+	-	+	-
BIOFORE	+	-	-	-
BAF (seasonally varied operation)	-	-	+	-
Membrane filtration				
UF + RO	-	+	+	-
NF + RO	-	+	+	-
UF + RO	+	+	+	-
MF + NF + RO	+	+	+	-
UF + NF + RO	-	+	+	-
AOBF + MF	+	-	-	+
Electrodialysis	-	+	-	-
Electroadsorption	-	-	+	-

(+) Parameter considered by the corresponding reference.

(-) Parameter not considered by the corresponding reference.

Valutazione della fattibilità del riutilizzo delle acque in uscita dal depuratore di Monsano

È possibile che i depuratori ad oggi costruiti rispettino i valori per il riutilizzo delle acque reflue urbane a scopo irriguo?



Riassunto finale

- I quattro parametri considerati per la valutazione della qualità delle acque di irrigazione sono raramente presi in considerazione simultaneamente nella scelta delle tecnologie di trattamento. Nella maggior parte degli studi la valutazione dell'adeguatezza del riutilizzo delle acque reflue è basata sulla salinità e sui patogeni.
- I pochi studi completi che tengono in considerazione simultaneamente i quattro parametri, valutano la fitodepurazione ed i sistemi integrati (MBR, filtri su ghiaia, adsorbente granulare in idrossido di ferro e UV)
- In aggiunta ai parametri considerati, anche le pratiche agricole ed i parametri operativi devono essere presi in considerazione per un'adeguata valutazione integrata.
- Non esiste una tecnologia univoca che riesca ad agire simultaneamente sui vari fattori considerati, per questo è più plausibile affrontare il problema con sistemi integrati, accoppiando quindi più tecnologie.
- Analizzando le tecniche presenti nel depuratore di Monsano ed interpolando i valori limite degli scarichi reflui in corsi d'acqua superficiali e quelli del riutilizzo di acque per scopi irrigui, si può concludere che l'acqua in uscita dall'impianto considerato può essere riutilizzata, tenendo anche in considerazione che viene diluita.