



**Università
di Brescia**

GRUPPO DI LAVORO GESTIONE IMPIANTI DI DEPURAZIONE

71^a Giornata di Studio di Ingegneria Sanitaria Ambientale

**Riutilizzo in agricoltura delle acque reflue depurate:
prospettive e opportunità**

16 giugno 2026

Milano

REQUISITI DI QUALITA' E TRATTAMENTI DI AFFINAMENTO

Prof. Ing. Gaspare Viviani

Università di Palermo

EVOLUZIONE DEL QUADRO NORMATIVO EUROPEO

Captazione



Acque di approvvigionamento:

- **Direttiva 2020/2184**

Potabilizzazione



Adduzione e distribuzione



**Corpo
ricettore**

Qualità dei corpi ricettori:

- **Direttiva 2025/2360 (monitoraggio dei suoli)**
- **Direttiva 2026/805 (nuova FWD sulle acque)**

Denurazione

Acque reflue:

- **Regolamento 2020/741 (riuso)**
- **Direttiva 2024/3019 (trattamento acque reflue)**



Fognatura



OBIETTIVI E PROBLEMATICHE APERTE

Captazione



- maggiori garanzie della sicurezza per la salute umana
- effetti dei cambiamenti climatici

**Corpo
ricettore**



- maggiore controllo per protezione della salute e dell'ambiente → microinquinanti

Potabilizzazione



OBIETTIVI:

- economia circolare
- protezione salute e ambiente

epurazione

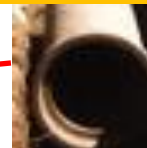


**Adduzione e
distribuzione**






- riuso acque reflue
- recupero fanghi
- maggiori prestazioni energetiche impianti

Fognatura



NORMATIVA SUL RIUSO DELLE ACQUE REFLUE

D.M. 185/2003 per il riuso (irriguo, industriale, civile non potabile)



Regolamento EU n. 741/2020 per il riutilizzo irriguo (si applica dal 26/6/2023)


D.P.R. Regolamento sul riuso delle acque reflue (irriguo, industriale, civile non potabile, ambientale) (approvato dal CdM, fermo in conferenza Stato-Regioni)

IL REGOLAMENTO EU N. 741/2020

La **Tabella 1** del Regolamento riporta **4 classi di qualità** delle **acque affinate**, con i possibili utilizzi e le tecniche di irrigazione consentiti per ciascuna classe.

Differenziazione in funzione del **tipo di coltura**, del suo **uso** e della modalità di **irrigazione** (→ riuso **limitato**).

Tabella 1 — Classi di qualità delle acque affinate e tecniche di irrigazione e utilizzi agricoli consentiti



↑ qualità

Classe minima di qualità delle acque affinate	Categoria di coltura (*)	Tecniche di irrigazione
A	Tutte le <u>colture alimentari da consumare crude</u> la cui parte commestibile è a diretto contatto con le acque affinate e le piante da radice da consumare crude	Tutte
B	<u>Colture alimentari da consumare crude</u> la cui parte commestibile è <u>prodotta al di sopra del livello del terreno</u> e non è a diretto contatto con le acque affinate, colture alimentari trasformate e colture non alimentari, comprese le colture utilizzate per l'alimentazione di animali da latte o da carne	Tutte
C	<u>Colture alimentari da consumare crude</u> la cui parte commestibile è <u>prodotta al di sopra del livello del terreno</u> e non è a diretto contatto con le acque affinate, colture alimentari trasformate e colture non alimentari, comprese le colture utilizzate per l'alimentazione di animali da latte o da carne	Irrigazione a goccia (**) o altra <u>tecnica di irrigazione che eviti il contatto diretto</u> con la parte commestibile della coltura
D	<u>Colture industriali</u> , da energia e da sementi	Tutte le tecniche di irrigazione (***)

(*) Se lo stesso tipo di coltura irrigata rientra in più categorie della tabella 1, si applicano le prescrizioni della categoria più rigorosa.
(**) L'irrigazione a goccia (o irrigazione localizzata) è un sistema di microirrigazione capace di somministrare acqua alle piante sotto forma di gocce o di sottili flussi d'acqua. L'acqua viene erogata a bassissima portata (2-20 litri/ora) sul terreno o direttamente al di sotto della sua superficie da un sistema di tubi di plastica di piccolo diametro dotati di ugelli denominati «emettitori» o «gocciolatori».
(***) Nel caso di tecniche di irrigazione che imitano la pioggia, occorre prestare particolare attenzione alla protezione della salute dei lavoratori o degli abitanti. A tal fine si devono porre in essere le adeguate misure preventive.

N.B: il Regolamento usa il termine "affinate" per tutte i tipi di reflui (da A a D)

IL REGOLAMENTO EU N. 741/2020: i limiti tabellari

In **Tab. 2** requisiti minimi di trattamenti e qualità delle acque reflue:

- limiti solo su **4 parametri (E.coli, BOD, TSS, torbidità)**.
- trattamenti di **affinamento (filtrazione)** solo per classe **A**

Tabella 2 — Prescrizioni di qualità delle acque affinate a fini irrigui in agricoltura

Classe di qualità delle acque affinate	Obiettivo tecnologico indicativo	Prescrizioni di qualità				
		<i>E. coli</i> (numero/100 ml)	BOD ₅ (mg/l)	TSS (mg/l)	Torbidità (NTU)	Altro
A	Trattamento secondario, filtrazione e disinfezione	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 5	<i>Legionella</i> spp.: < 1 000 ufc/l se vi è rischio di diffusione per via aerea Nematodi intestinali (uova di elminti): ≤ 1 uovo/l per irrigazione di pascoli o colture da foraggio
B	Trattamento secondario e disinfezione	≤ 100	In conformità della direttiva 91/271/CEE (allegato I, tabella 1)	In conformità della direttiva 91/271/CEE (allegato I, tabella 1)	–	
C	Trattamento secondario e disinfezione	≤ 1 000			–	
D	Trattamento secondario e disinfezione	≤ 10 000			–	

BOD₅ = 25 mg/L, η ≥ 70÷90%
TSS = 35 mg/L, η ≥ 90%

limiti tab.1
all.5 D.lgs.
152/2006

➤ Rispetto di limiti più esigenti di quelli della **Direttiva 271/91 (= Tab. I all.5 D.lgs. 152/2006)** solo per classe **A**, demandato a un **"impianto di affinamento"** con relativo **"gestore"**.

IL REGOLAMENTO EU N. 741/2020: i limiti tabellari

Il confronto tra la **Tabella 2 del Regolamento** e i vigenti **limiti del D.M. 185/2003** (→ riuso illimitato) evidenzia **limiti più restrittivi per la classe A (BOD), meno restrittivi per le altre classi (= Tab. I D.lgs. 152/20006).**

Tabella 2 — Prescrizioni di qualità delle acque affinate a fini irrigui in agricoltura

Classe di qualità delle acque affinate	Obiettivo tecnologico indicativo	Prescrizioni di qualità				
		<i>E. coli</i> (numero/100 ml)	BOD ₅ (mg/l)	TSS (mg/l)	Torbidità (NTU)	Altro
A	Trattamento secondario, filtrazione e disinfezione	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 5	<i>Legionella</i> spp.: < 1 000 ufc/l se vi è rischio di diffusione per via aerea Nematodi intestinali (uova di elminti): ≤ 1 uovo/l per irrigazione di pascoli o colture da foraggio
B	Trattamento secondario e disinfezione	≤ 100	In conformità della direttiva 91/271/CEE (allegato I, tabella 1)	In conformità della direttiva 91/271/CEE (allegato I, tabella 1)	–	
C	Trattamento secondario e disinfezione	≤ 1 000			–	
D	Trattamento secondario e disinfezione	≤ 10 000	–			

D.M. 185/2003						
Nessuna distinzione tra i vari usi	≤ 10 (in 80% dei campioni)	≤ 20 mg/l	≤ 10 mg/l	–	–	Salmonella: assenti
	≤ 100 (in 100% dei campioni)					

Regolamento EU 741/2020 più o meno esigente del D.M. 185/2003 ?

IL REGOLAMENTO EU N. 741/2020: l'analisi di rischio

Per l'utilizzo delle acque reflue è richiesta la redazione di un **Piano di Gestione dei Rischi (PGR) (WRSP: Water Reused Safety Plan)** connessi al riutilizzo delle acque affinate, al fine di assicurare l'assenza di rischi per l'**ambiente** o per la **salute umana o animale** dovuta alla presenza di inquinanti.

Il **PGR** deve tenere in conto l'**intero sistema idrico**, dalla fonte delle acque reflue sino al punto di utilizzo, tenendo conto dei reali soggetti coinvolti e individuando i pericoli per ambiente e salute.

Riferimenti per la redazione dei PGR:

- **Allegato II del Regolamento**
- **WRSP (Water Reused Safety Plan) dell'OMS**
- **Comunicazione Commissione europea 2022/C 298/01**
- **Regolamento delegato UE 2024/1765 che integra il Reg. 2020/741**
- **ISO 16075-1:2015, ISO 20426:2018)**

IL PROBLEMA DEI MICROINQUINANTI

I **microinquinanti** pervengono nei corpi idrici in forma sia concentrata (fognature bianche e nere, emissari impianti di depurazione), sia diffusa (dilavamento suoli coltivati e non).

Vasta gamma di sostanze presenti in tracce (ng/l ÷ mg/l) nell'ambiente acquatico e nelle matrici solide (fanghi, sedimenti) → difficile tracciabilità e rimozione alla fonte.

Causa di effetti **tossici e/o cancerogeni** su uomo e animali, **bioaccumulo** in animali e vegetali.

Necessità di un loro controllo per garantire la **qualità dei corpi ricettori** e della **salute umana** (uso acque per consumo umano).

- Pesticidi
- Farmaci
- Droghe
- Prodotti per igiene personale
- Detergenti
- Radionuclidi
- Antibiotici
- Interferenti endocrini
- Droghe (lecite e illecite)
- etc.



LA GESTIONE DEL RISCHIO NEL RIUSO DELLE ACQUE REFLUE

L'AdR può comportare la necessità di applicazione di **limiti più stringenti e/o interventi strutturali/non strutturali impegnativi** (trattamenti, modalità gestionali, etc.).

Questo anche nei casi di **classi di qualità B, C, D** caratterizzati da limiti tabellari pari a quelli della **Tab.I All.5 del D.lgs. 152/2006**

Come misure preventive finalizzate alla riduzione del rischio possono essere previste "**barriere**" (**trattamenti aggiuntivi, limitazioni colture irrigate o periodo irriguo, etc.**), il cui effetto va valutato con una nuova valutazione dei "rischi residui".



Approccio ripreso e confermato anche dalla **Direttiva 2024/3019** sul trattamento delle acque reflue (Sanitation Safety Plan con AdR, trattamenti quaternari per i microinquinanti).

TRATTAMENTI DI AFFINAMENTO:

Obiettivi:

- miglioramento delle **caratteristiche fisico-chimiche** (rimozione SST)
- miglioramento delle **caratteristiche microbiologiche** (disinfezione)
- rimozione (anche parziale) dei **nutrienti** (N, P) (→ normativa italiana)
- rimozione dei **microinquinanti** (→ analisi di rischio)

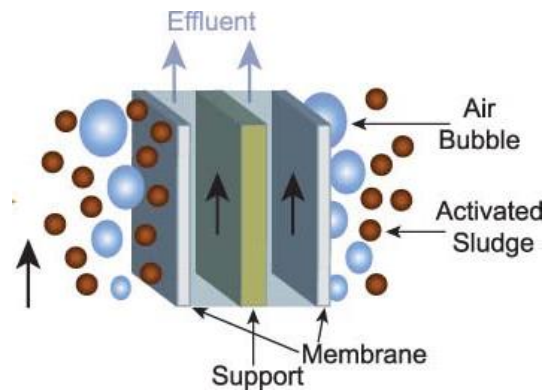
IMPIANTI DI AFFINAMENTO

In base alla tecnologia adottata:

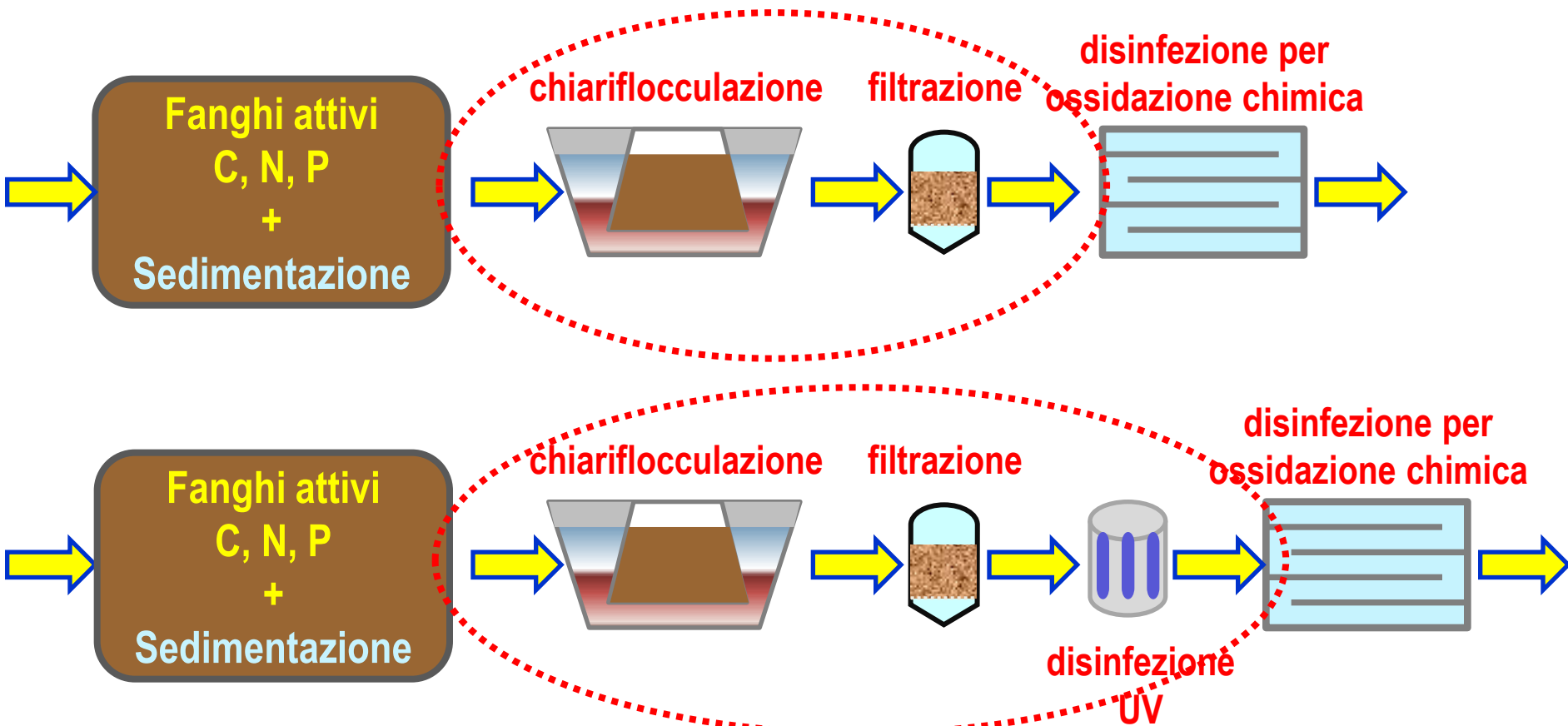
- intensivi (convenzionali)
- intensivi (avanzati)
- estensivi

In base alla localizzazione del trattamento:

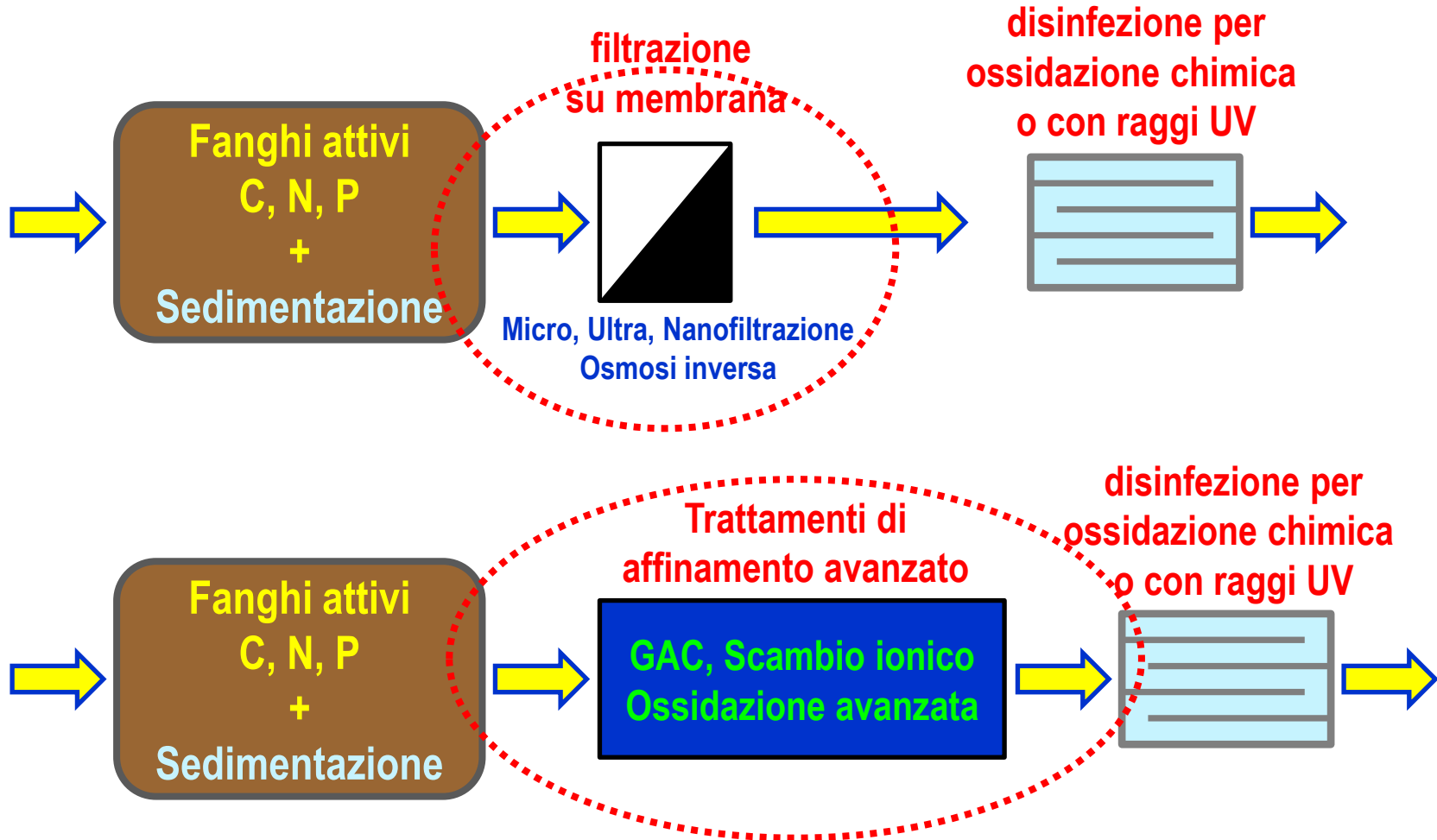
- aggiuntivi (trattamento + affinamento)
- integrati (trattamento/affinamento)



IMPIANTI DI AFFINAMENTO CONVENZIONALI

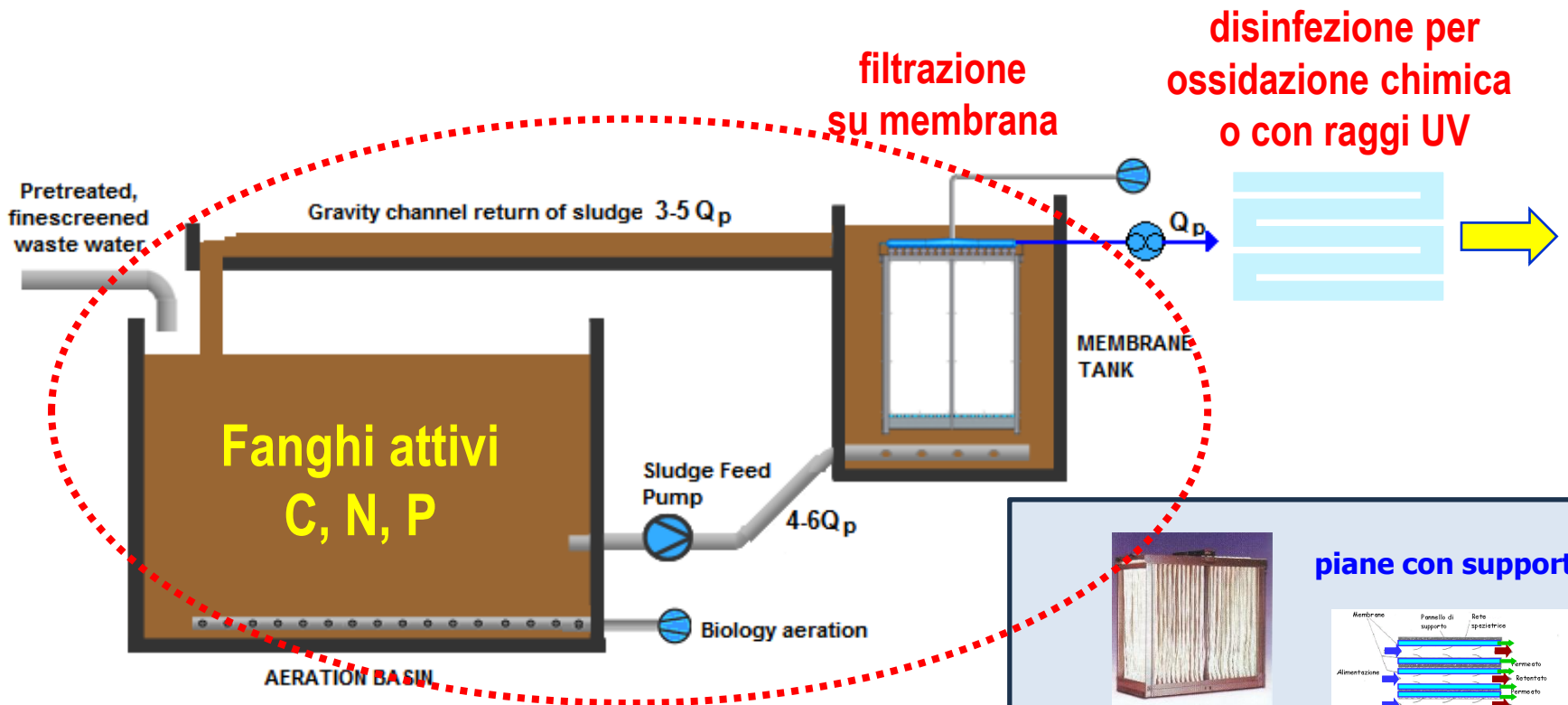


IMPIANTI DI AFFINAMENTO AVANZATI



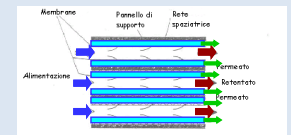
IMPIANTI DI TRATTAMENTO / AFFINAMENTO AVANZATI

Trattamenti biologici a membrana (MBR: Membrane Bio-Reactors)



a fibre cave

piane con supporto



IMPIANTI DI TRATTAMENTO / AFFINAMENTO

trattamenti MBR (Membrane Bio-Reactors)
integrati con trattamenti di ossidazione, a
biomassa adesa, fisico-chimica, etc.

MBR INTEGRATI

AOP-MBR o MBR-AOP

MBR-NF o MBR-RO

BioFilm/ Bioentrapped MBR

Reattori Aerobici Granulari + MBR

Bioreattori con Distillazione a membrana MD-BR

MBR enzimatici

MBR-GAC o PAC-MBR

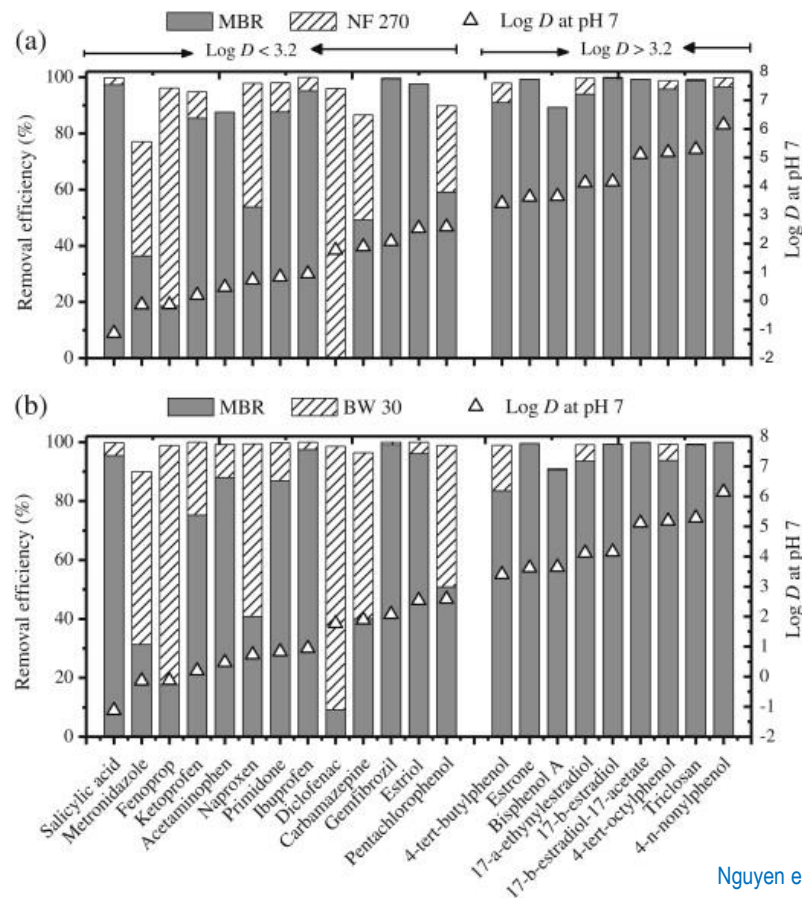
UASB - MBR

Elettrocoagulazione-MBR

..... - MBR

IMPIANTI DI TRATTAMENTO / AFFINAMENTO

Rendimenti di rimozione di inquinanti di origine farmaceutica per impianti **MBR-NF** e **MBR-RO**

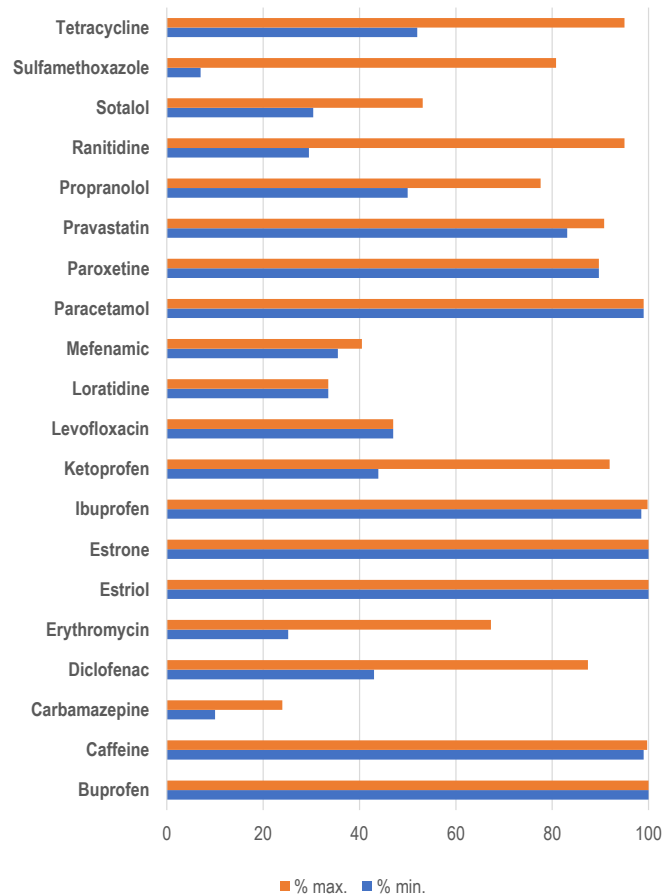
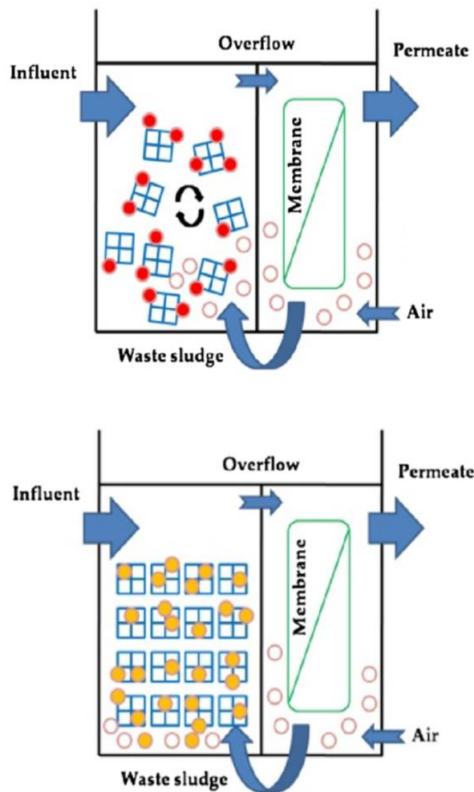


MBR+Nanofiltrazione

MBR+Osmosi Inversa

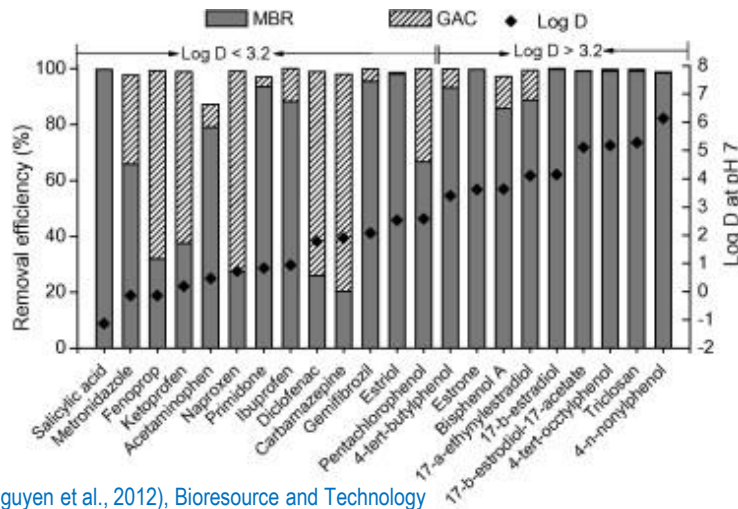
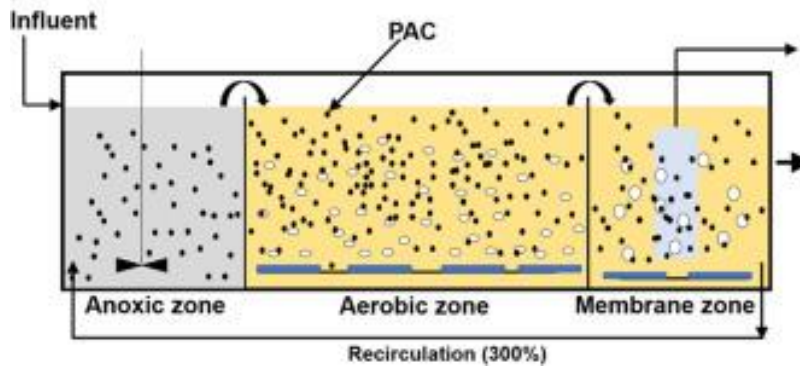
IMPIANTI DI TRATTAMENTO / AFFINAMENTO

Rendimenti di rimozione di inquinanti di origine farmaceutica per impianti **MBBR-MBR** (Moving Bed Biofilm Reactors+ Membrane Bio-Reactors)

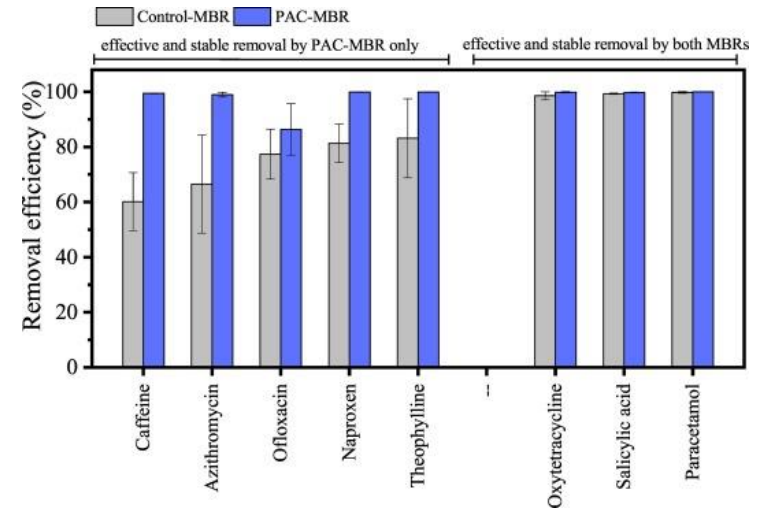


IMPIANTI DI TRATTAMENTO / AFFINAMENTO

Rendimenti di rimozione dei inquinanti di origine farmaceutica per impianti **MBR-GAC/PAC**



(Nguyen et al., 2012), Bioresource and Technology

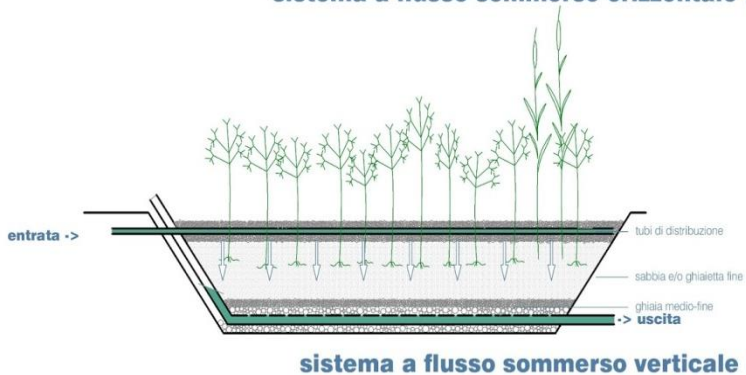
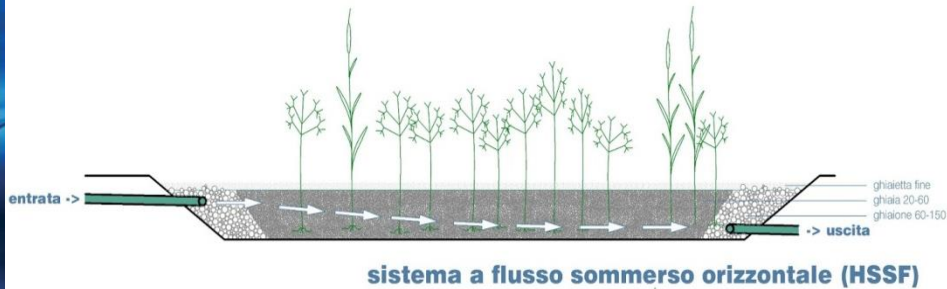
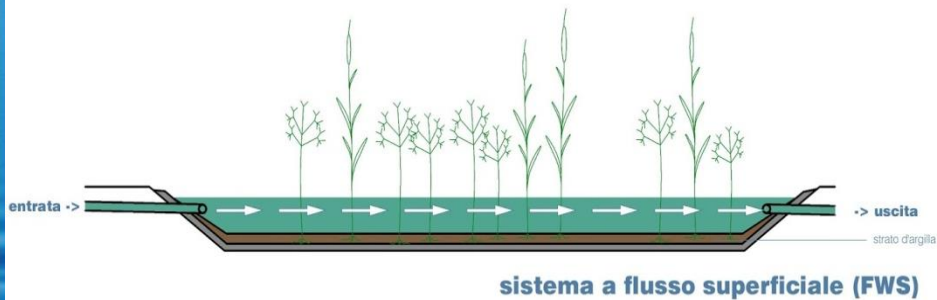


Asif et al., 2020, Science of The Total Environment

TRATTAMENTI ESTENSIVI

Fitodepurazione

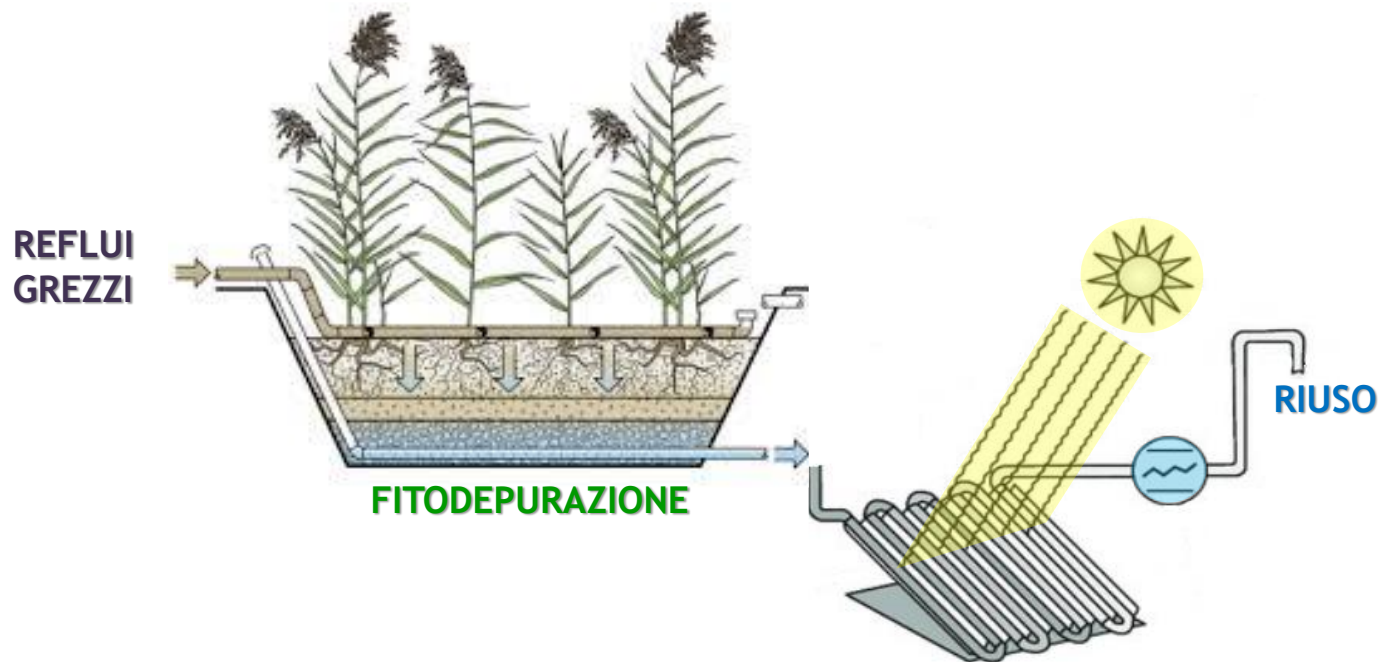
Lagunaggio



di interesse per applicazioni a **scala medio-piccola** (→ **riuso locale**)

IMPIANTI DI TRATTAMENTO / AFFINAMENTO (per piccoli impianti)

Rendimenti di rimozione di inquinanti di origine
farmaceutica per impianti di fitodepurazione +
disinfezione solare (SODIS)



CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

- Passaggio da riuso con irrigazione “**illimitata**” (limiti unici per tutti gli usi) a riuso con irrigazione “**limitata**” (limiti differenziati in funzione degli usi), quindi più sito-specifica
- L'applicazione dell'AdR, che rende **sito-specifico** l'utilizzo delle acque reflue, tuttavia richiede una profonda conoscenza dei reflui, del loro uso e del sito di utilizzo
- Ciò richiede **maggiori controlli** sugli impianti e sull'utenza finale e possibili **interventi strutturali/gestionali superiori** a quelli oggi necessari per il rispetto del D.M. 185/2003 e dei nuovi limiti tabellari previsti dal Regolamento 2020/741 per le classi da A a D
- Probabile necessità di trattamenti di affinamento, con distinzione tra **impianto di depurazione** e **impianto di affinamento** spesso inesistente.

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

- Notevole contributo del Regolamento per l'applicazione dell'**economia circolare**, in una logica in cui il riuso è l'approccio **ordinario** e il non-riuso l'**eccezione** di cui va dimostrata l'indispensabilità.
- Notevole preoccupazione per la **salvaguardia della salute e dell'ambiente** dalla diffusione di **inquinanti emergenti**, prima non presenti o (piuttosto) non ricercati e controllati.



Obiettivi di **non facile compatibilità**, se non a costi sostenibili per confronto con soluzioni alternative più onerose (**scambio con acque primarie**) e/o con aumento dei volumi recuperati (**accumulo invernale, riuso "indiretto"**)

Grazie dell'attenzione!



Gaspare Viviani

gaspare.viviani@unipa.it