



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BRESCIA**

**FACOLTÀ DI INGEGNERIA  
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA  
CIVILE , ARCHITETTURA, TERRITORIO E AMBIENTE**

**MODELLO DI INDAGINE PER LA VALUTAZIONE  
DELLA FATTIBILITA' DEL RIUSO  
DELLE ACQUE REFLUE DEPURATE**

**Convenzione di ricerca tra**

**ISPRA**

**(Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale)**

**e**

**UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI BRESCIA**

**(Dipartimento di Ingegneria Civile, Architettura, Territorio e Ambiente  
Cattedra di Ingegneria Sanitaria-Ambientale)**

**[Maggio 2010 – Marzo 2012]**

## GRUPPO DI LAVORO

Prof. Ing. Carlo Collivignarelli (Responsabile scientifico)

### Ingegneria Sanitaria-Ambientale:

Prof. Ing. Giorgio Bertanza (Coordinatore operativo)

Dott. Ing. Alessandro Abbà

Dott. Ing. Matteo Papa

Dott. Ing. Fausta Prandini

### Ingegneria Idraulica:

Prof. Ing. Sergio Papiri

### Aspetti agronomici:

Dott. Agr. Renato Corradini

## INTRODUZIONE

- In Italia, **vincoli normativi** sul riutilizzo delle acque reflue a partire dal 2003 (DM 185/03) ...
- mentre in **EU** il dibattito è ancora aperto!

 complessità intrinseca per la corretta valutazione della FATTIBILITA' del RIUTILIZZO

+ disponibili comunque, a livello internazionale, diversi studi sperimentali

+ inoltre, molti dati da esperienze di riuso già in atto

## INTRODUZIONE

- 2 condizioni devono essere garantite affinché il riutilizzo possa essere considerato idoneo:
  - (1) SICUREZZA (ambientale e dei lavoratori)
  - (2) provata FATTIBILITA' tecnico-economica



- **Necessari (e utili!) opportuni strumenti di valutazione**



## OBIETTIVI della RICERCA

- Definire e testare una metodologia innovativa, basata su indicatori tecnico-economici ...
- ... che sia utile per gli Enti decisori
- ... e validata su casi reali

## METODOLOGIA: I COMPARTI ANALIZZATI

Valutazione **sintetica** e **oggettiva** di:

**a. Impianto di depurazione:**

performance (efficienza di trattamento e affidabilità)

→ analisi dei dati operativi [cap. 2 del rapporto finale]

**b. Sistema idraulico** di trasporto all'utilizzatore finale:

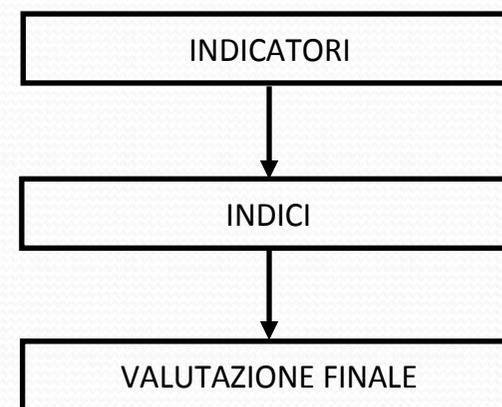
fattibilità e costi

**c. l'utilizzatore finale:**

disponibilità e qualità dell'acqua, in rapporto alla situazione attuale.

## Tre fasi della valutazione

- **Indicatori** (=descrizione): es., la concentrazione di un dato inquinante in ingresso e uscita dal depuratore
- **Indici** (=“voto”): confronto con una situazione “desiderata” o con limiti normativi
- **Valutazione** (=“voto”) finale



# INDICATORI

*Indicatori utilizzati per la determinazione degli indici relativi agli impianti depurazione.*

<b>Nome indicatore</b>	<b>Simbologia adottata</b>
Concentrazione in uscita del generico parametro $i^*$	$X_{i, \text{EFF}}$
Concentrazione in ingresso del generico parametro $i^*$	$X_{i, \text{IN}}$
Limite di emissione per il generico parametro $i^*$	$X_{i, \text{LIM}}$

# INDICATORI

*Indicatori utilizzati per la determinazione degli indici relativi ai sistemi idraulici per la movimentazione delle acque di scarico depurate.*

<b>Nome indicatore</b>	<b>U.M.</b>	<b>Simbologia adottata</b>
Portata massima da trasportare	$m^3/s$	$Q_{max}$
Lunghezza collettore	m	$L$
Carico disponibile	m	H
Pendenza disponibile	m/m	H/L
Prevalenza geodetica da vincere	m	H*
Diametro del collettore	m	D
Volume del bacino di accumulo per compenso	$m^3$	$V_{acc.}$
Costo di realizzazione dell'impianto	€	$C_i$
Ammortamento dell'investimento	€/anno	$C_a$
Energia specifica spesa per il pompaggio	$kWh/m^3$	$EE_{soll}$
Costi annui di energia elettrica	€/anno	$C_e$
Costi annui di manutenzione	€/anno	$C_{manut.}$

# INDICATORI

*Indicatori utilizzati per la determinazione degli indici relativi al comparto agricolo per l'irrigazione.*

<b>Nome indicatore</b>	<b>U.M.</b>	<b>Simbologia adottata</b>
Disponibilità idrica attuale	$m^3/d$	$Q_{ATT}$
Fabbisogno idrico delle colture	$m^3/d$	$Q_{MIN}$
Portata del depuratore potenzialmente soggetta a riutilizzo	$m^3/d$	$Q_{DEP}$
Concentrazione di parametri fisici, chimici, microbiologici e torbidità nell'attuale fonte di approvvigionamento	dipendente dal parametro	$X_{i, ATT}$
Concentrazione di parametri fisici, chimici, microbiologici e torbidità in uscita dall'impianto di depurazione	dipendente dal parametro	$X_{i, EFF}$
Concentrazione di parametri fisici, chimici, microbiologici e torbidità massime ammesse	dipendente dal parametro	$X_{i, MAX}$

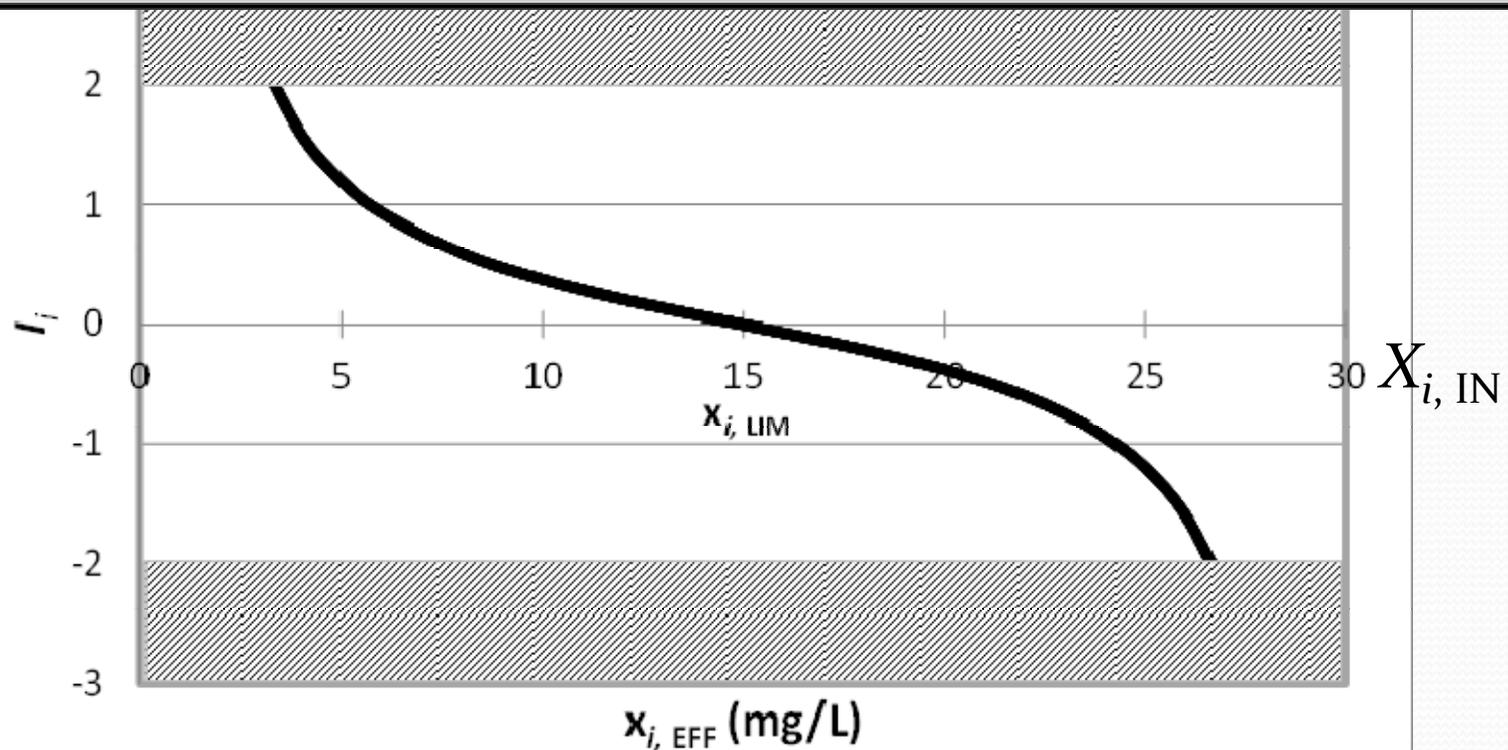
# INDICI

## Depuratore

$$I_i = \frac{z_i - 1}{z_i \cdot (z_i - 2)}, \quad -2 \leq I_i \leq +2$$

$$X_{i, \text{EFF}} \leq X_{i, \text{LIM}} \rightarrow z_i = X_{i, \text{EFF}} / X_{i, \text{LIM}}$$

$$X_{i, \text{EFF}} > X_{i, \text{LIM}} \rightarrow z_i = (X_{i, \text{EFF}} + X_{i, \text{IN}} - 2 \cdot X_{i, \text{LIM}}) / (X_{i, \text{IN}} - X_{i, \text{LIM}})$$



Lo stesso indice calcolato con valori di  $x_{i, \text{EFF}}$  come il 75° e 95° percentile evidenzia l'affidabilità dell'impianto

## **Sistema idraulico:**

Un unico indice, il costo specifico ( $\text{€}/\text{m}^3$ )

- ... che considera sia l'ammortamento che i costi operativi
- ... e che tiene conto del confronto con il caso base, cioè l'attuale sistema di approvvigionamento.

## Utilizzatore:

- $I_Q$  (*Qualità*) per parametri in cui sono preferibili bassi valori (concentrazione di inquinanti, ...)
- $I_D$  (*Disponibilità*) per parametri in cui sono preferibili alti valori (disponibilità idrica, ...)

# INDICI

$$I_{Qi} = (p_1 \cdot y_1 + p_2 \cdot y_2)_i$$

$y_1 > 0$  se **concentrazione** dell'inquinante  
in caso di riuso < di quella **dell'attuale**  
**fonte di approvvigionamento**

$y_2 > 0$  se la **concentrazione** di un  
inquinante < **del limite ammesso** (nel  
caso di riuso irriguo, DM 185/03)

$$y_i = f(x_{MAX}, x_{ATT}, x_{RIUSO}) \quad -2 \leq y_i \leq +2$$

## Esempio $y_1$

$$y_1 = \frac{z_1 - 1}{z_1 \cdot (z_1 - 2)} \quad , \text{ con } -2 \leq y_1 \leq +2$$

$$x_{i, RIUSO} \leq x_{i, ATT} \rightarrow z_1 = x_{i, RIUSO} / x_{i, ATT}$$

$$x_{i, RIUSO} > x_{i, ATT} \rightarrow z_1 = (x_{i, RIUSO} + 8 \cdot x_{i, ATT}) / 9 \cdot x_{i, ATT}$$

$$\text{dove } x_{i, RIUSO} = (x_{i, ATT} \cdot Q'_{ATT} + x_{i, EFF} \cdot Q_{DEP}) / (Q'_{ATT} + Q_{DEP})$$

$Q'_{ATT}$  è la portata dell'attuale fonte di approvvigionamento che, in caso di riuso, verrebbe comunque utilizzata. Se  $Q'_{ATT} = 0$  (riuso «diretto»),  $z_1 = x_{i, ATT} / x_{i, RIUSO}$  e  $y_1$  invertito di segno

$$I_Q = \sum_i I_{Qi} \cdot p_i$$

## INDICI

$$I_D = p_3 \cdot y_3 + p_4 \cdot y_4$$

$y_3$  è tanto più positivo quanto si incrementa, rispetto alla situazione attuale, la disponibilità di acqua grazie al riuso

$y_4 > 0$  se la disponibilità di acqua supera il fabbisogno (delle colture, in caso di riuso agricolo)

$$y_D = f(Q_{DEP}, Q_{ATT}, Q'_{ATT}, Q_{MIN}) \quad -2 \leq y_i \leq +2$$

## VALUTAZIONE FINALE

• **depuratore:**  $V_D = \sum_i I_i \cdot p_i$

• **utilizzatore finale:**  $V_U = I_D \cdot p_1 + I_Q \cdot p_2$

• **Sistema idraulico:** “SI/NO”



• **Giudizio globale**

se anche da uno solo dei 3 comparti emerge qualche criticità, il giudizio globale è negativo

## PROCEDURA di VALIDAZIONE

**10 depuratori**, diversi per

- **scenario** di riuso (agricolo – “diretto” o “indiretto”; industriale);
- **dimensione** (portata riutilizzata o riutilizzabile nel range 5.000 – 115.000 m<sup>3</sup>/d);
- Riutilizzo già praticato o previsto
- **Localizzazione geografica**



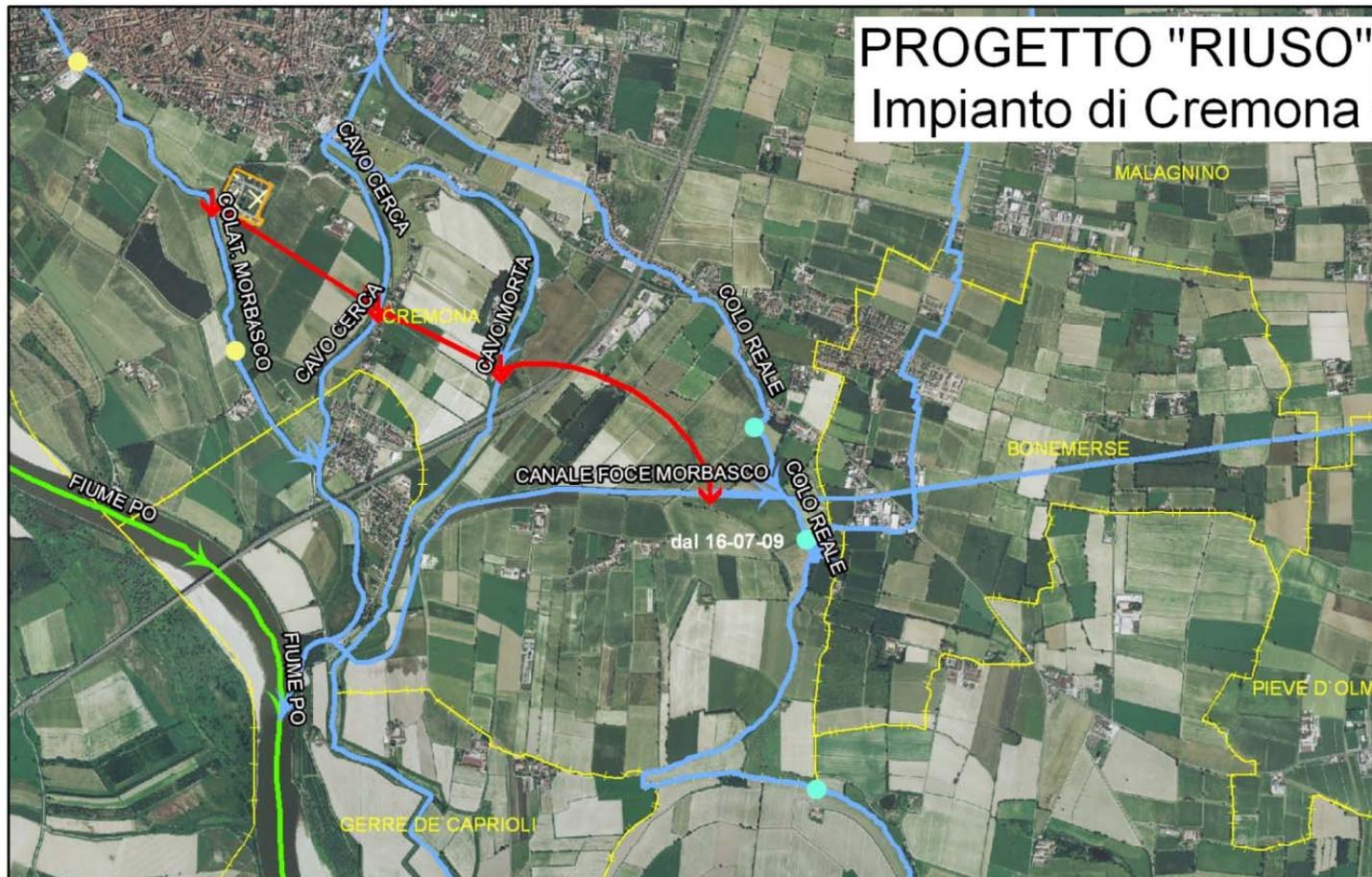
1. Acqua dei Corsari (PA)
2. Alghero (SS)
3. Baciacavallo (PO)
4. Cremona
5. Fasano (BR)
6. Fregene (RM)
7. Locate Triulzi (MI)
8. Peschiera del Garda (VR)
9. Stintino (SS)
10. Udine

## CASI DI STUDIO

### #1 (CREMONA)

- Impianto di depurazione municipale da **130.000 A.E.**, attuale portata giornaliera **36.000 m<sup>3</sup>/d** in inverno e **42.000 m<sup>3</sup>/d** in estate, dotato di **filtrazione terziaria** e **disinfezione UV**
- Condotta di 3.800 m (diametro 100 cm)
- Sistema idraulico **finanziato dall'Autorità di Bacino del Po**
- Sistema di irrigazione alimentato da acque pompate dai fiumi Po e Oglio.

# CASE STUDIES

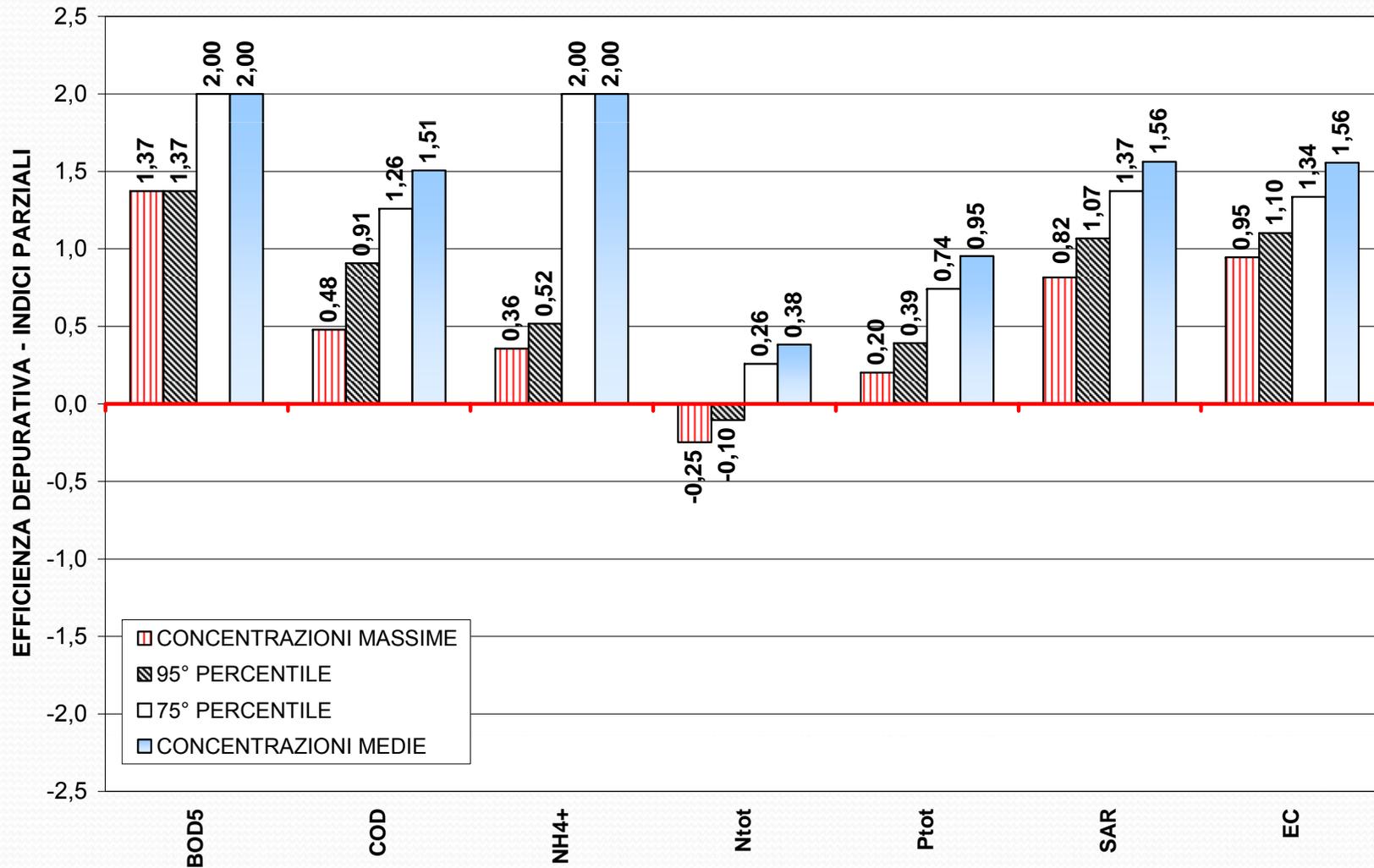


## #1 (CREMONA)

*Valori degli indici per la valutazione dell'efficienza depurativa, calcolati con le concentrazioni medie allo scarico.*

<b>INDICI</b>	<b>IMPIANTO DI CREMONA</b>
<b><math>I_{BOD}</math></b>	2,00
<b><math>I_{COD}</math></b>	1,51
<b><math>I_{NH4+}</math></b>	2,00
<b><math>I_{Ntot}</math></b>	0,38
<b><math>I_{Ptot}</math></b>	0,95
<b><math>I_{SAR}</math></b>	1,56
<b><math>I_{EC}</math></b>	1,56
<b>VALUTAZIONE FINALE <math>V_D</math></b>	<b>1,43</b>

## #1 (CREMONA)



Indici prestazionali dell'impianto di depurazione: confronto tra situazione tipica (concentrazioni medie allo scarico), situazione peggiore (concentrazioni massime allo scarico) e situazioni intermedie (descritte, rispettivamente, dal 75 e 95 percentile).



## #1 (CREMONA)

Valori degli indici per la valutazione dell' idoneità qualitativa dello scarico per il riuso agricolo.

INDICI	IMPIANTO DI CREMONA		
	Qualità dello scarico rispetto ai limiti del DM 185/03	Qualità dello scarico rispetto alla qualità dell'acqua del cavo Reale	Media
I <sub>BOD</sub>	2,00	0,61	1,31
I <sub>COD</sub>	1,55	-0,01	0,77
I <sub>NH4+</sub>	1,85	0,74	1,29
I <sub>Ntot</sub>	0,54	-0,22	0,16
I <sub>Ptot</sub>	1,15	-0,13	0,51
I <sub>E.Coli</sub>	-0,20	1,01	0,40
I <sub>SS</sub>	-0,20	1,57	0,68
I <sub>Cl<sup>-</sup></sub>	1,72	-0,21	0,76
I <sub>SO4<sup>2-</sup></sub>	2,00	-0,28	0,86
I <sub>Tensioattivi totali</sub>	0,88	-0,30	0,29
I <sub>As</sub>	-0,77	-0,14	-0,45
I <sub>Se</sub>	2,00	1,04	1,52
I <sub>EC</sub>	1,56	-0,0008	0,78
<b>INDICE DI IDONEITA' DELL'ACQUA PER IL COMPARTO AGRICOLO</b> I <sub>Q</sub>	<b>1,09</b>	<b>0,29</b>	<b>0,69</b>

#1 (CREMONA)

$$Fu = 0,5 \cdot I_D + 0,5 \cdot I_Q$$

$$V_U = 0,5 \cdot 2 + 0,5 \cdot 0,69 = 1,35$$



## #2 (LOCATE TRIULZI - MI)

- **Depuratore municipale:**

90.000 AE

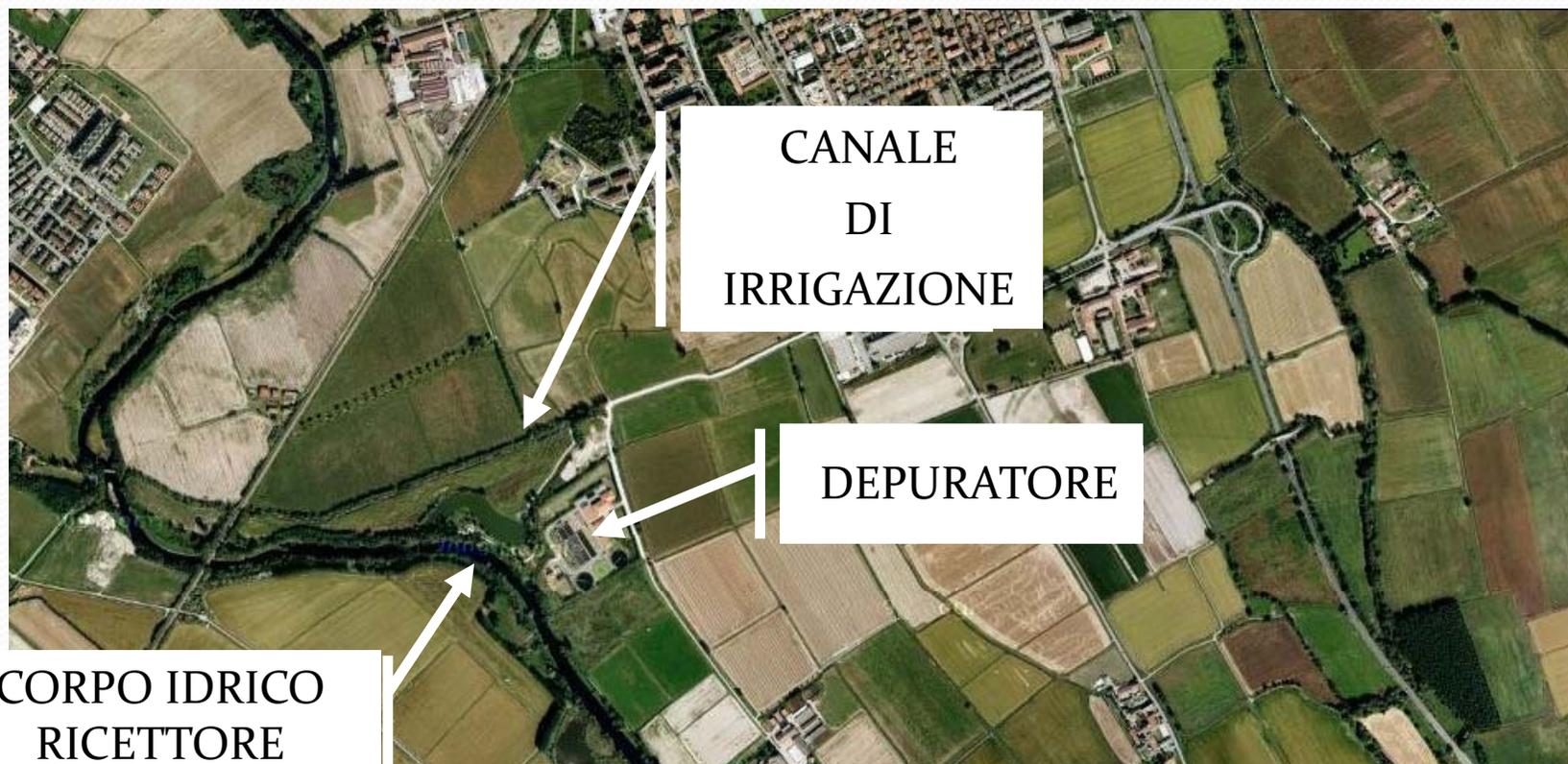
$Q \approx 30.000 \text{ m}^3/\text{d}$  (periodo estivo)

- **Stazione di pompaggio e adduzione:**

$L = 490 \text{ m}$

$H = 3 \text{ m}$

## #2 (LOCATE TRIULZI - MI)

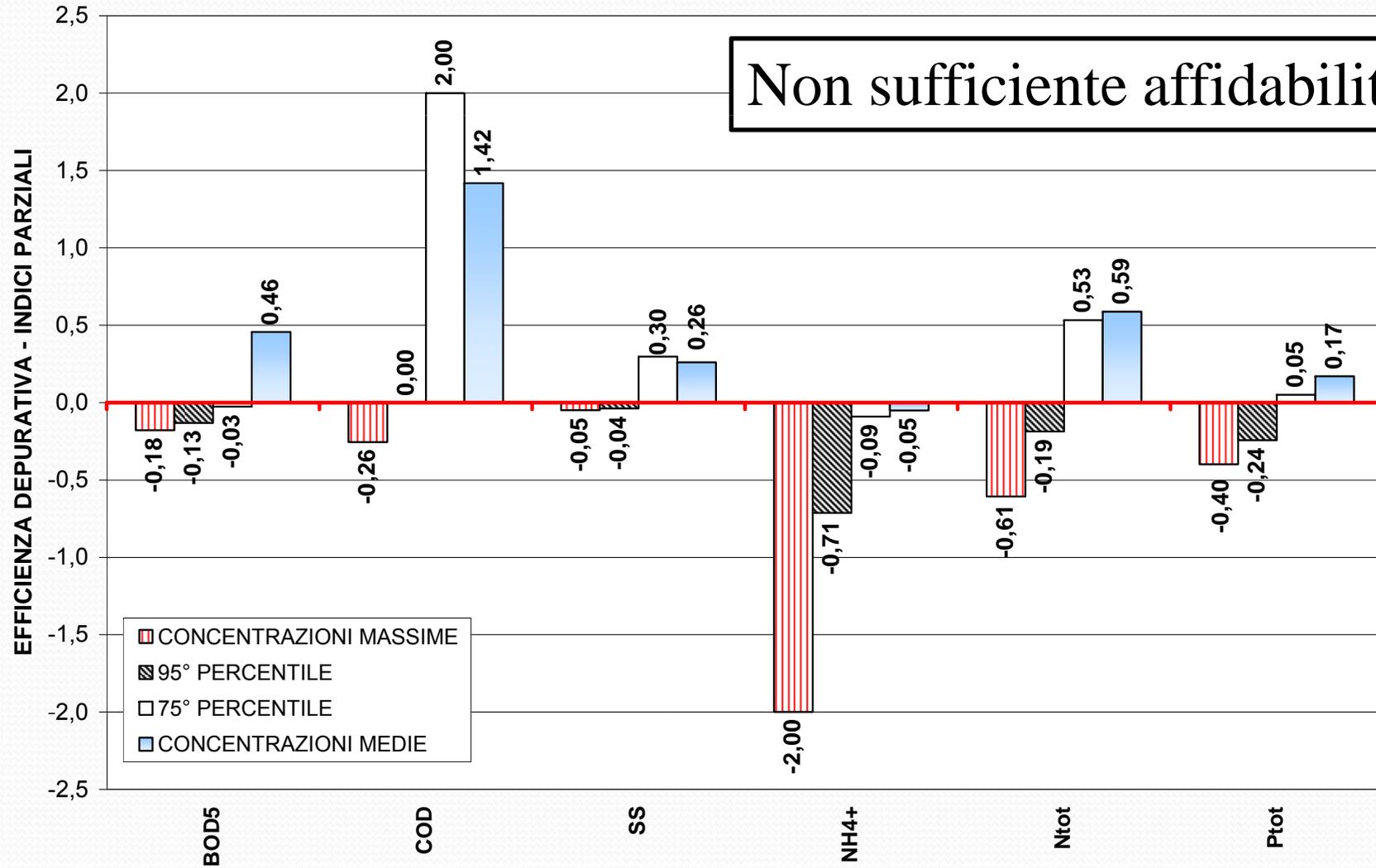


## #2 (LOCATE TRIULZI - MI)

Valori degli indici per la valutazione dell'efficienza depurativa, calcolati con le concentrazioni medie allo scarico.

INDICI	IMPIANTO DI LOCATE TRIULZI
$I_{BOD}$	0,46
$I_{COD}$	1,42
$I_{SS}$	0,26
$I_{NH4+}$	-0,05
$I_{Ntot}$	0,59
$I_{Ptot}$	0,17
<b>VALUTAZIONE FINALE <math>V_D</math></b>	<b>0,48</b>

## #2 (LOCATE TRIULZI - MI)



Indici prestazionali dell'impianto di depurazione: confronto tra situazione tipica (concentrazioni medie allo scarico), situazione peggiore (concentrazioni massime allo scarico) e situazioni intermedie (descritte, rispettivamente, dal 75 e 95 percentile).



## #2 (LOCATE TRIULZI - MI)

Valori degli indici per la valutazione dell'idoneità qualitativa dello scarico per il riuso agricolo.

INDICI	IMPIANTO DI LOCATE TRIULZI		
	Qualità dello scarico rispetto ai limiti del DM 185/03	Qualità dello scarico rispetto alla qualità dell'acqua del canale Corio	Media
$D_{BOD}$	0,46	-2,00	-0,77
$D_{COD}$	1,42	-2,00	-0,29
$D_{NH4+}$	-0,05	-2,00	-1,03
$D_{Ntot}$	0,59	-2,00	-0,71
$D_{Ptot}$	0,17	-2,00	-0,92
$D_{E.Coli}$	-0,92	-0,80	-0,86
<b>INDICE DI IDONEITA' DELL'ACQUA PER IL COMPARTO AGRICOLO</b> $I_Q$	<b>0,29</b>	<b>-1,81</b>	<b>-0,76</b>

#2 (LOCATE TRIULZI - MI)

$$Fu = 0,5 \cdot I_D + 0,5 \cdot I_Q$$

$$V_U = 0,5 \cdot 1,07 + 0,5 \cdot (-0,76) = 0,16$$

**Sistema idraulico: SOSTENIBILITA' ECONOMICA!!**

costo per pompaggio dell'effluente nel canale  
di irrigazione (1,5 €cent/m<sup>3</sup>)

<<

Costo attualmente pagato per fornitura da  
fonte idrica superficiale  
(3,8 €cent/m<sup>3</sup>)

# Sintesi dei risultati

## **A) Riutilizzo in atto:**

A1) Cremona (agricoltura: 25.300 m<sup>3</sup>/d)

A2) Alghero (SS) (agricoltura: 21.600 m<sup>3</sup>/d)

A3) Baciacavallo (PO) (industria: 6.000 m<sup>3</sup>/d)

A4) Stintino (SS) (agricoltura e usi civili: 5.400 m<sup>3</sup>/d in futuro)

A5) Fasano (BR) (agricoltura: 5.000 m<sup>3</sup>/d)

## **B) In corso valutazione e progetti per il riuso:**

B1) Peschiera del Garda (VR) (agricoltura: 115.000 m<sup>3</sup>/d)

B2) Acqua dei Corsari (PA) (agricoltura: 82.100 m<sup>3</sup>/d)

B3) Fregene (Roma) (agricoltura: 29.100 m<sup>3</sup>/d)

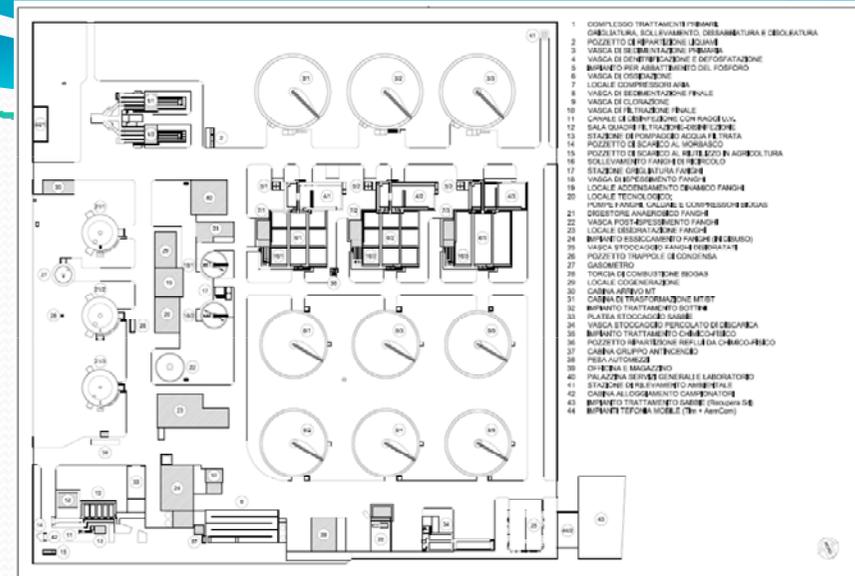
## **C) Riuso non praticabile o di dubbia praticabilità :**

C1) Udine (agricoltura: 35.500 m<sup>3</sup>/d)

C2) Locate Triulzi (MI) (agricoltura: 30.000 m<sup>3</sup>/d)

## A1) Impianto di Cremona

Le prestazioni dell'impianto di depurazione sono molto elevate, sia in termini di rendimenti medi ( $V_D=1,43$ ) sia in termini di affidabilità di funzionamento (l'impianto è dotato di trattamenti terziari). E' molto alto anche il giudizio per l'utilizzatore ( $V_U=1,35$ ), ciò soprattutto in ragione della carenza di acqua naturale in determinate aree. Il riutilizzo è di tipo indiretto. La sostenibilità economica è resa possibile dal fatto che gli investimenti sono stati finanziati dalla Regione e che l'effluente del depuratore non deve essere sollevato.



## *A2) Impianto di Alghero (SS)*

Le prestazioni dell'impianto di depurazione sono buone in termini di rendimenti medi ( $V_D=0,99$ ) e la presenza di una stazione di affinamento fa presupporre una buona affidabilità. Il riutilizzo è di tipo indiretto. Non vi sono problemi di carenza idrica (esiste infatti un sistema di accumulo delle acque superficiali) e il costo del sollevamento dell'effluente depurato è superiore al prezzo di approvvigionamento delle acque superficiali. Gli Enti locali promuovono tuttavia il riuso per limitare il prelievo di risorsa naturale ed evitare lo scarico in corpo idrico superficiale (in un'ottica di salvaguardia ambientale di quest'ultimo).



### *A3) Impianto di Baciacavallo (PO)*

Questo è l'unico caso di riutilizzo industriale (indiretto) esaminato. Le prestazioni dell'impianto di depurazione sono buone ( $V_D=0,82$  sulle concentrazioni medie) e l'affidabilità di funzionamento è garantita dalla presenza di trattamenti terziari. L'utilizzatore riceve un'acqua idonea per gli usi industriali previsti. La sostenibilità economica è resa possibile da un sistema di incentivazione/tariffazione che distribuisce gli oneri aggiuntivi su tutti gli utenti industriali che usufruiscono del sistema di depurazione, compresi quelli che non usufruiscono del riutilizzo.



#### *A4) Impianto di Stintino (SS)*

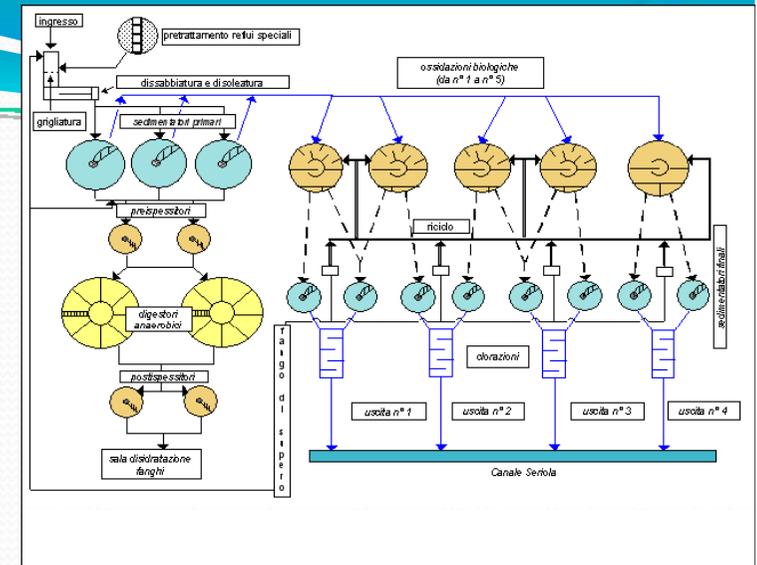
Le prestazioni dell'impianto di depurazione sono buone in termini di rendimenti medi ( $V_D=0,95$ ); l'affidabilità di funzionamento è garantita dalla presenza di trattamenti terziari seguiti da lagunaggio. E' alto anche il giudizio per l'utilizzatore ( $V_U=0,98$ ), in questo caso soprattutto per la carenza di risorse naturali. Il riutilizzo (di tipo diretto), oggi per usi civili (irrigazione verde pubblico e privato) è previsto venga in futuro esteso al settore agricolo. La sostenibilità economica è certa, in quanto il termine di paragone è il costo dell'acqua di rete, che rappresenta l'unica alternativa disponibile.



#### *A5) Impianto di Fasano (BR)*

Le prestazioni dell'impianto di depurazione sono buone in termini di rendimenti medi ( $V_D=1,01$ ) e i trattamenti terziari garantiscono una notevole affidabilità di funzionamento. Complessivamente positivo il giudizio anche per l'utilizzatore agricolo ( $V_U=1$ ), soprattutto in virtù della scarsa disponibilità e qualità (per elevata salinità) della risorsa naturale (falda). Il riutilizzo è di tipo diretto. La sostenibilità economica è resa possibile da un contributo comunale. Il riutilizzo di fatto consente di praticare una attività agricola altrimenti non possibile.

**B1) Impianto di Peschiera del Garda (VR)**  
 L'utilizzo potenziale in agricoltura, di tipo indiretto, sarebbe reso possibile considerando i seguenti fattori: elevate prestazioni dell'impianto di depurazione già in assenza dei trattamenti terziari (in fase di realizzazione), sia in termini di rendimenti medi ( $V_D=0,75$ ) sia in termini di affidabilità di funzionamento. Positivo è anche il giudizio per l'utilizzatore ( $V_U=0,43$ ), nonostante possa già oggi disporre di acqua in quantità adeguata e di elevata qualità (fiume Mincio). La sostenibilità economica sarebbe garantita dal fatto che l'unico intervento da realizzare sarebbe lo spostamento del punto di scarico, già però previsto per altre esigenze. Non è viceversa necessario il sollevamento delle acque depurate.





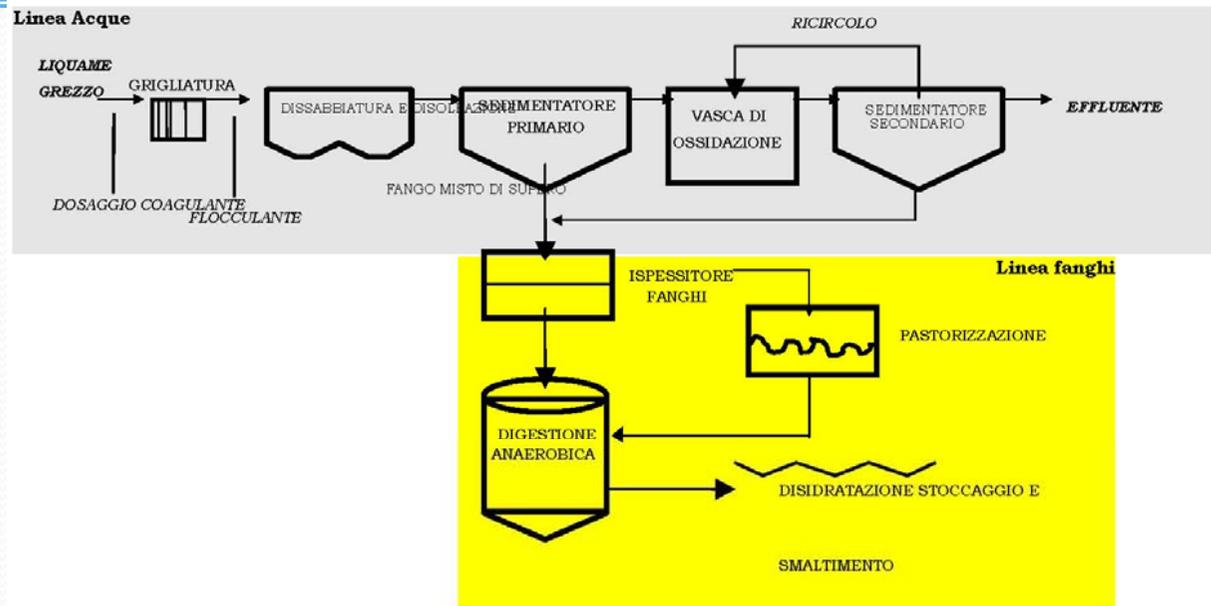
### *B2) Impianto di Acqua dei Corsari (PA)*

Anche in questo caso si prevede l'utilizzo in agricoltura, di tipo indiretto. E' stato calcolato un indice  $V_D=0,84$  (elevato, considerando che non si è preso in esame il previsto affinamento terziario); l'impianto dovrebbe essere dotato di stazione di affinamento, tale da garantire affidabilità di funzionamento. La disponibilità di questa risorsa in un'area caratterizzata da carenza di acqua naturale porta ad un indice per l'utilizzatore abbastanza elevato ( $V_U=0,53$ ). La sostenibilità economica è garantita dalla possibilità di incrementare la produzione agricola, grazie alla disponibilità di acqua di recupero.

### *B3) Impianto di Fregene (Roma)*

Pur non esistendo, oggi, il sistema idraulico di connessione dello scarico con la rete irrigua, il riutilizzo di tipo indiretto (miscelazione con le acque prelevate dal fiume Tevere), sarebbe possibile dal punto di vista sia tecnico che economico, in considerazione dei previsti interventi sull'impianto di depurazione. Infatti, l'impianto mostra già oggi buone rese di rimozione ( $V_D=0,71$ ) e il previsto upgrading, che comprende una stazione di affinamento terziario, garantirà anche un'adeguata affidabilità delle prestazioni. In tal caso, sarebbe decisamente positivo anche il giudizio per l'utilizzatore, nonostante la disponibilità di acqua superficiale. La sostenibilità economica sarebbe infine garantita, poiché il costo del trasporto dell'acqua di scarico fino alla immissione nella rete irrigua risulterebbe inferiore al costo oggi sostenuto per il prelievo (e trasporto) dell'acqua dal fiume Tevere.





### C1) Impianto di Udine

Le acque effluenti dal depuratore di Udine potrebbero essere destinate al riuso agricolo diretto. La qualità dello scarico è buona ( $V_D=1,1$ ) e l'affidabilità solo sufficiente non essendo l'impianto dotato di trattamenti terziari. La risorsa naturale è insufficiente per servire le aree agricole, e nel complesso il giudizio per l'utilizzatore è positivo ( $V_U=0,32$ ), tuttavia la qualità dell'acqua del depuratore determina un indice di qualità per l'utilizzatore negativo ( $I_Q=-0,44$ ). A ciò si aggiunge una dubbia sostenibilità economica dell'opera, per la necessità di realizzare una rete di distribuzione in pressione. Questi fattori spiegano l'attuale mancato ricorso al riutilizzo.



### *C2) Impianto di Locate Triulzi (MI)*

Anche lo scarico del depuratore di Locate Triulzi potrebbe essere destinato al riuso agricolo diretto. La qualità dello scarico è accettabile come condizioni medie ( $V_D=0,48$ ) ma l'indice  $V_D$  risulta negativo se calcolato con il 95° percentile delle concentrazioni in uscita; questo perché il depuratore oggi rispetta i limiti per lo scarico in acque superficiali, pur essendo strutturalmente adeguato per raggiungere prestazioni più elevate. Se venisse gestito in condizioni più spinte, così come richiesto per il riutilizzo, i costi operativi sarebbero ingiustificatamente più elevati. In conclusione, il riutilizzo non viene praticato nonostante sussista la sostenibilità economica dell'operazione (l'effluente dovrebbe essere solo trasportato per un breve tratto e sollevato di soli 3 m).

## GIUDIZIO SULL'APPLICABILITA' DELLA PROCEDURA

- Procedura di valutazione → formulazione di un giudizio oggettivo sulla fattibilità del riuso delle acque reflue depurate

## DATI NECESSARI

Informazioni minime da acquisire	Informazioni supplementari che consentono una valutazione ottimale
<b>1) SULL'IMPIANTO DI DEPURAZIONE</b>	
Schema dell'impianto di depurazione nell'assetto attuale e previsto (ad es. se è prevista la realizzazione di trattamenti terziari per consentire il riutilizzo dello scarico)	Caratteristiche dimensionali e dati di progetto. Costo (realizzazione e gestione) di eventuali interventi finalizzati a consentire il riutilizzo dell'acqua (es. trattamenti terziari)
Portata media di tempo asciutto nel periodo di riutilizzo (per esempio, nel caso di riutilizzo in agricoltura, la stagione irrigua)	Valori di portata media giornaliera per un anno
Concentrazioni tipiche in ingresso ed in uscita all'impianto di: COD, BOD, Ntot, Ptot, <i>E.coli</i> e/o di altri parametri selezionati in base alla destinazione prevista per l'acqua di depurata	Concentrazioni giornaliere di tutti i parametri monitorati in ingresso ed in uscita all'impianto (per esempio, quelli di Tabella 3 del D.Lgs 152/2006 oppure quelli previsti dal DM 185/2003 nel caso di riutilizzo in agricoltura) per un anno
<b>2) SULL'UTILIZZATORE DELL'ACQUA RECUPERATA (per esempio, il comparto agricolo nel caso di riutilizzo in agricoltura, oppure industriale o altro)</b>	
Fabbisogno idrico dell'utilizzatore (portata media giornaliera, durata del periodo di utilizzo)	Descrizione dell'ambito del riutilizzo: ad esempio, nel caso di riutilizzo agricolo, la coltura praticata ed il fabbisogno colturale specifico, l'estensione dell'area, ...
Disponibilità attuale di acqua da fonti naturali	
Rapporto di diluizione tra l'acqua di scarico riutilizzata e l'acqua eventualmente prelevata da fonti naturali	
Qualità richiesta per l'acqua: ad esempio, i limiti indicati nel DM 185/2003 nel caso di utilizzo agricolo, oppure altri limiti da specificare	
Caratteristiche qualitative dell'acqua prelevata da fonte naturale (in caso di assenza del riutilizzo)	
Costo attuale dell'acqua prelevata da fonte naturale (in caso di assenza del riutilizzo)	
<b>3) SUL SISTEMA IDRAULICO PER IL POMPAGGIO E IL TRASPORTO DELL'ACQUA DAL DEPURATORE ALL'UTILIZZATORE</b>	
Stima di massima delle opere richieste, in termini di: caratteristiche geometriche del sistema idraulico di trasporto (collettore, canale ...), eventuale prevalenza geodetica da vincere, eventuale volume del bacino di accumulo, eventuali manufatti speciali (sifoni, ...)	Costi di realizzazione e di gestione del sistema idraulico di trasporto
Presenza di finanziatori (reali o potenziali) delle opere	

# PIANO DI MONITORAGGIO PER IL RIUTILIZZO DI ACQUE REFLUE DEPURATE

Riuso dell'acqua in agricoltura

## a) ACQUA DI SCARICO

valutare l'efficienza dell'impianto di depurazione, e la quantità e qualità dell'acqua destinata al riuso

Quantità: rilevare giornalmente i volumi di acqua destinati a riutilizzo;

Qualità: rilevare, settimanalmente, tutti i parametri riportati nel DM 185/2003

Dopo un primo periodo (di durata indicativa di un mese), si potrà diradare la frequenza dei controlli e ricercare solo alcuni parametri critici/indicatori (es.: salinità, SAR, parametri microbiologici, ...).

Attenzione: il carico di azoto rientra nel conteggio del carico massimo ammissibile sui terreni.



b) ALTRAACQUA PER L'IRRIGAZIONE

Analisi quali-quantitative analoghe a quelle effettuate per l'acqua di scarico dovranno essere svolte su tutta l'acqua (di rete, di falda, da corpo idrico superficiale) comunque utilizzata durante il periodo irriguo

c) PESTICIDI

È indispensabile conoscere i quantitativi e le caratteristiche qualitative dei pesticidi a vario titolo impiegati per discriminare il loro ruolo rispetto alla contaminazione di terreno e colture, per sostanze quali diossine (es. se si usano erbicidi fenossiacetici), altri composti clorurati, solventi aromatici e, in caso di utilizzo di pesticidi inorganici, Cu, Zn, Pb, As.

È stato calcolato che più del 10% dei fungicidi e degli insetticidi tradizionalmente utilizzati apportano Cu, Hg, Mn, Pb e Zn.



d)            AMMENDANTI E FERTILIZZANTI

E' necessario conoscere le caratteristiche quali-quantitative di ammendanti e fertilizzanti di sintesi e/o "naturali" (reflui zootecnici e fanghi di depurazione).

Da considerare i metalli (es. Cu, Zn, Pb, As, Cd, Cr, Hg, Ni) e le sostanze organiche (farmaci e loro metaboliti, grassi e oli animali e vegetali, oli minerali, tensioattivi, solventi organici clorurati, solventi aromatici).

Ad esempio, i liquami, soprattutto suini, contengono notevoli quantità di Zn e di Cu, somministrati come integratori dietetici. I concimi chimici possono contenere metalli pesanti (Co, Cr, Cu, Mn, Mo, Ni, Pb, Zn) derivanti dalle materie prime e dai processi industriali. Pur essendo modesto il contributo annuo dei concimi all'inquinamento, esso in realtà non è trascurabile dato che la concimazione viene effettuata tutti gli anni



e) FALDA ACQUIFERA

Monitoraggio stagionale (1 volta/stagione) della falda acquifera per verificare eventuali contaminazioni, ad esempio da metalli molto mobili (in particolare, rame e zinco), azoto (nitrati) e microinquinanti organici.

La scelta dei parametri sarà fatta in funzione dei risultati del monitoraggio delle acque e di tutti i materiali usati in agricoltura.

f) CORPI IDRICI SUPERFICIALI CIRCOSTANTI

Monitoraggio stagionale (1 volta/stagione).

## g) SUOLO

Da effettuare con frequenza annuale per:

1. Caratterizzare la matrice in relazione alla sua interazione con gli inquinanti:

**METALLI:** l'assimilabilità dei metalli dipende da pH, potenziale redox, attività biologica, sostanza organica, quantità e tipo di argilla, capacità di scambio cationico (CSC). I metalli possono essere presenti in diverse forme chimiche: in soluzione nel terreno come ioni semplici o complessati nella soluzione circolante; assorbiti con i costituenti di terreno inorganico in siti di scambio ionico; legati alla sostanza organica; occlusi e coprecipitati con ossidi, carbonati, fosfati, idrossidi, o con altri minerali secondari; uniti in reticoli cristallini dei minerali primari. I metalli presenti nelle prime tre forme chimiche sono considerati i più disponibili per la nutrizione vegetale.

**ORGANICI:** le caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche dei suoli influenzano i processi di adsorbimento/desorbimento, degradazione (biotica ed abiotica), volatilizzazione, erosione e lisciviazione, e, in ultima analisi, la concentrazione delle sostanze inquinanti potenzialmente disponibili per la pianta.

2. Verificare l'eventuale accumulo di inquinanti e nutrienti (interessante monitorare l'azoto totale, i fosfati ( $P_2O_5$ ) assorbibili,  $K_2O$  scambiato, inquinanti organici, metalli pesanti e parametri microbiologici). Sostanze organiche di interesse ambientale sono ad esempio: BTEX (Benzene, Toluene, Etilbenzene e Xilene) e loro cloro e nitro sostituiti; detergenti (LAS - alchilsolfonati a catena lineare -, NPnEO (nonilfenoli polietossilati) e loro sottoprodotti di degradazione); diossine e furani; fenoli; ftalati; IPA (Idrocarburi Policiclici Aromatici); PCB (Bifenili policlorurati); pesticidi; composti organici alifatici clorurati.

3. Verificare l'attività della biomassa microbica e la presenza di ossigeno, attraverso misure di respirazione.



## h) COLTURE

Controllo visivo continuo, per evidenziare eventuali malattie delle piante.

Alla raccolta, verifica della produttività (t/ha), analisi chimica per determinare la presenza di metalli pesanti e/o inquinanti organici, contaminazione microbiologica da confrontare con i valori limite di legge (Regolamento CE 466/2001 e s.m.i.).

REGOLAMENTO (CE) N. 466/2001 della Commissione dell'8 marzo 2001 "Tenori massimi di taluni contaminanti presenti nelle derrate alimentari"

## ***6.2 Riuso in ambito industriale***

Per quanto riguarda il riutilizzo in ambito industriale, il monitoraggio potrà essere semplificato, rispetto al caso precedente, qualora l'uso dell'acqua riciclata non comporti interazioni dirette con l'ambiente.

I parametri di qualità da monitorare saranno definiti in funzione dell'applicazione specifica.

Da segnalare, per alcune applicazioni in campo industriale, possibili problemi di incrostazione o biofouling di tubazioni, vasche, ecc., che dovranno necessariamente essere verificati nel tempo.

## ***6.3 Riuso in ambito civile***

Il riuso per l'irrigazione del verde pubblico/privato può essere visto essenzialmente come un sottocaso del riutilizzo in campo agricolo. In questo caso assume un ruolo importante l'aspetto della contaminazione microbiologica.

Altri usi in ambito civile (es. lavaggio strade, alimentazione dei sistemi di riscaldamento o raffreddamento, alimentazione di reti duali di adduzione separate da quelle delle acque potabili) possono essere invece assimilati a situazioni tipiche del riutilizzo in ambito industriale.

## 2

## SCOPO DELLE LINEE GUIDA

Scopo delle **linee guida** è di fornire ai **soggetti istituzionali, ai gestori ed ai progettisti** che operano nel settore delle acque reflue indicazioni metodologiche e tecniche per:

1. la **valutazione della fattibilità del riuso** delle acque reflue depurate;
2. la **verifica della funzionalità degli impianti**, in particolare verifiche di funzionalità “non convenzionali” utili per la quantificazione dei consumi energetici e di reagenti nonché per l’ottimizzazione dei criteri di dimensionamento e delle rese dei trattamenti di tipo biologico;
3. la **massimizzazione dei recuperi di risorsa** (acque e fanghi) e la **riduzione dei consumi energetici**;
4. le **modalità di riutilizzo e le tecnologie di trattamento più affidabili e mature con costi di investimento e gestione sostenibili.**

### 3. CONTENUTI PROPOSTI PER LE LINEE GUIDA

#### **Aspetti ambientali**

effetti sul suolo

effetti sulle colture

effetti sulle infrastrutture

#### **Aspetti tecnici**

**tecnologie di affinamento** delle acque reflue: sistemi di trattamento intensivo (chiari flocculazione, filtrazione, disinfezione); sistemi di trattamento estensivo (fitodepurazione)

**interventi di adeguamento** delle infrastrutture (sistemi di stoccaggio, sistemi di distribuzione, sistemi di irrigazione)

#### **Aspetti gestionali**

**verifiche di funzionalità** degli impianti

applicazione di **indici di funzionalità** agli impianti

criteri di **ottimizzazione della gestione** per il miglioramento dell'efficienza **depurativa**

miglioramento dell'efficienza **energetica**

**riduzione del quantitativo di fanghi prodotti** e **recupero** di materia ed energia

#### **Fattibilità tecnico-economica**

**modello di indagine** per la valutazione della fattibilità del riuso delle acque reflue depurate.

#### **Esempi applicativi**