

L'economia circolare applicata al trattamento delle acque

57° Giornata di Studio di Ingegneria Sanitaria-Ambientale

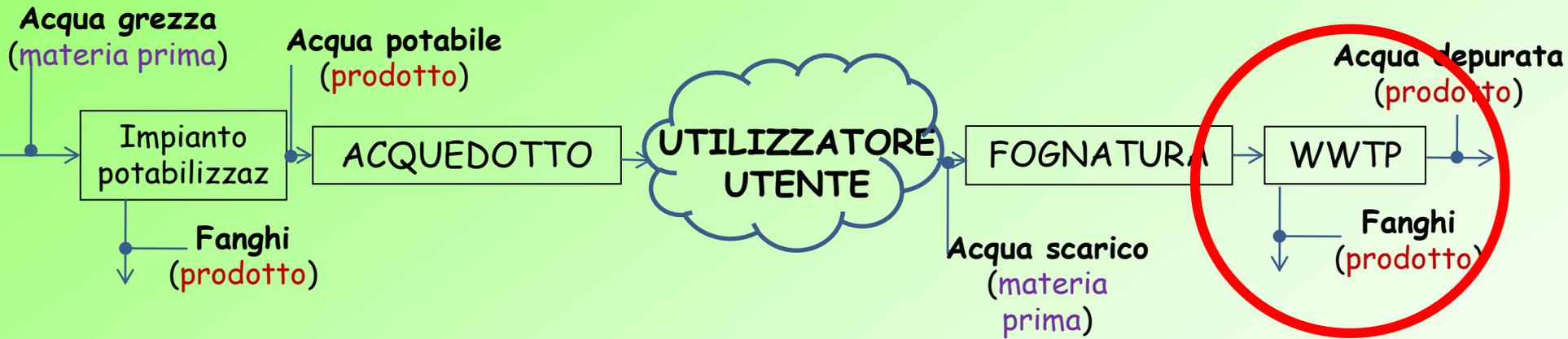
4 Giugno 2019

Università di Parma

**LE VERIFICHE DI FUNZIONALITÀ COME
STRUMENTO PER L'OTTIMIZZAZIONE
DELLA GESTIONE DEGLI IMPIANTI DI
DEPURAZIONE**

Prof. Carlo Collivignarelli

Sistema idrico integrato → la parte tecnica è un **impianto produttivo complesso**



Con numerose componenti:

➤ strutture

- c.a.
- carpenteria
- tubazioni

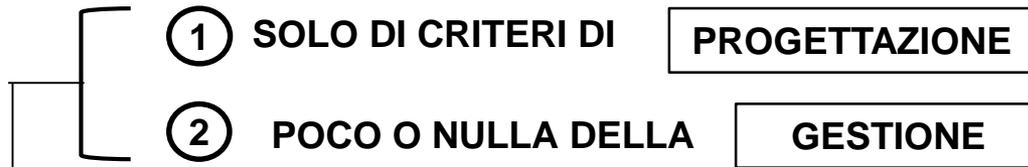
➤ apparecchiature

- meccaniche
- elettriche
- elettroniche

➤ processi

- fisici
- chimici
- biologici

→ IMPIANTI DI DEPURAZIONE: 40 ANNI FACI SI OCCUPAVA:



→ SPIEGABILE PERCHE' ALLORA POCHE IMPIANTI ESISTENTI, IL PIU' ERA DA FARE (PROGETTARE/COSTRUIRE)

→ PRIMI DUBBI circa la RISPONDENZA DEI CRITERI (CONVENZIONALI-SEMPLIFICATI) DI PROGETTAZIONE ALLA REALTA' IMPIANTISTICA



.....dall'INGEGNERIA CHIMICA ("Reattoristica"):

- SPAZI MORTI ?
- NON UNIFORME MISCELAZIONE?
- TEMPI DI RESIDENZA $\neq \bar{t}$ medio ?
- CORTOCIRCUITI ?



- Primi lavori teorici sul **"COMPORTAMENTO IDRODINAMICO"** :

- C.Collivignarelli, L.Fortina e G.Urbini (1979b): «*Modelli cinetici ed idrodinamici integrati per lo studio del comportamento dei reattori biologici a fanghi attivi – Nota 1: Elaborazione dei modelli*» – Ingegneria Ambientale – Vol. 8 n. 3, maggio.
- C.Collivignarelli, L.Fortina e G.Urbini (1979c): «*Modelli cinetici ed idrodinamici integrati per lo studio del comportamento dei reattori biologici a fanghi attivi – Nota 2: Risultati sperimentali*» - Ingegneria Ambientale – Vol. 8 n. 4, luglio.

- **PRIMA APPLICAZIONE SPERIMENTALE: Battipaglia 1979**

- C.Collivignarelli, G.Iannelli, M.Iannelli e M.Olmo (1979a): «*Studio sperimentale sul comportamento di un reattore a fanghi attivi in bacino unico*» - Inquinamento n. 6, giugno.

▪ Nel frattempo la letteratura tecnica internazionale produceva uno dei rari lavori di argomento «gestionale» (Kayser – Università di Braunschweig)

⇒ criterio di **VERIFICA DELLA FORNITURA DI O₂** **NELLE VASCHE DI OSSIDAZIONE AD IMPIANTO FUNZIONANTE**
(prima la procedura unica era con "acqua pulita")

▪ A CERVIA (1979) APPLICAZIONE CONGIUNTA DELLE **"PRINCIPALI"** VERIFICHE FUNZIONALI:

⇒ IDRODINAMICA

⇒ EFFICIENZA DELL'AERAZIONE

⇒ SEDIMENTABILITA' FANGO ATTIVO



Publicazioni 1981-1982:

- C.Collivignarelli e G.Urbini (1981): «*Nuovi criteri tecnici per il collaudo funzionale degli impianti di depurazione*» – Atti del 2° Corso di Aggiornamento su «Tecniche per la difesa dall'inquinamento» – Università degli Studi della Calabria – giugno.
- G.Urbini, C.Collivignarelli e M.Olmo (1982): «*Nuovi metodi di verifica sperimentale della funzionalità di impianti a fanghi attivi: esempio applicato all'impianto di Cervia*» – Ingegneria Ambientale, vol. 11, n. 6, ottobre.

e perfezionamenti / integrazioni / evoluzioni in anni successivi

▪ PER DIVERSI ANNI:

⇒ APPLICAZIONI DELLE **PRINCIPALI** VERIFICHE FUNZIONALI CON estensione anche agli IMPIANTI DI POTABILIZZAZIONE

LO SVILUPPO DELLE "VERIFICHE" FINO AD OGGI



NEGLI ULTIMI ANNI:

**MANUALE (2012) che contiene
30 tipi di verifiche diverse per:**

- ➔ **Impianti di DEPURAZIONE**
- ➔ **Impianti di POTABILIZZAZIONE**

- **LE VERIFICHE SI SONO "MOLTIPLICATE" ALLA LUCE DI:**
 - ➔ **AUMENTATE CONOSCENZE TEORICHE**
ma soprattutto:
 - ➔ **MAGGIORI ESPERIENZE "GESTIONALI"**



LA CULTURA DELLA GESTIONE



Gruppo di lavoro



GESTIONE IMPIANTI DI DEPURAZIONE

Facoltà di Ingegneria - Università degli Studi di Brescia

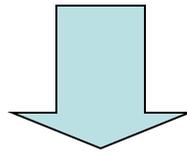
DA
SI SFORZA

↓

18 ANNI
DI SVILUPPARE

LA “CULTURA” della GESTIONE

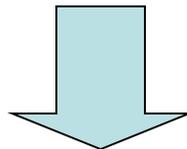
- **PROGETTARE E COSTRUIRE BENE UN IMPIANTO NON BASTA**
- **SENZA UNA CORRETTA GESTIONE IL RISULTATO (QUALITA' AMBIENTALE) VIENE MANCATO**



OCCORRE QUINDI per i GESTORI:

- a) notevole PREPARAZIONE DI BASE;
- b) grande ESPERIENZA SUL CAMPO;
- c) continuo AGGIORNAMENTO TECNICO

- TEORICO → conoscenze “nuove”
 - analitiche
 - processistiche
 - impiantistiche
- PRATICO → applicazione di CRITERI DI
CONOSCENZA APPROFONDATA del processo



MONITORAGGIO E VERIFICHE DI FUNZIONALITA'

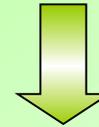
ESITO DEL MONITORAGGIO



"POSITIVO"



Indicazioni al "gestore"
per normali manovre di
adeguamento



"NEGATIVO"



- 1) Verifica di **DIMENSIONAMENTO**
(potenz. **NOMINALE** ↔ **CARICO**
EFFETTIVO)
- 2) Verifiche sperimentali di
FUNZIONALITA'

VERIFICHE DI FUNZIONALITA'

SCOPI

- RISPONDENZA IMPIANTO ALLE GARANZIE DI PROGETTO (limiti, ecc.) → in sede di COLLAUDO
- VERIFICA BUON FUNZIONAMENTO → in sede di GESTIONE ROUTINARIA
- VERIFICA POTENZIALITA' MASSIMA DEI COMPARTI → in sede di POTENZIAMENTO

1. VERIFICHE DI FUNZIONALITA' CONSOLIDATE

- ⇒ CAPACITA' DEI SISTEMI DI FORNITURA DELL'OSSIGENO
- ⇒ COMPORTAMENTO IDRODINAMICO DEI BACINI
- ⇒ CARATTERISTICHE DI SEDIMENTABILITA' DEL FANGO
- ⇒ QUALITA' E ATTIVITA' DEL FANGO BIOLOGICO

2. VERIFICHE DI FUNZIONALITA' NON CONVENZIONALI

- ⇒ CALCOLO CONSUMI ENERGETICI
- ⇒ CALCOLO CONSUMI REAGENTI
- ⇒ BILANCI DI MASSA
- ⇒ TEST RESPIROMETRICI

► APPLICAZIONI AD IMPIANTI CHE TRATTANO RIFIUTI LIQUIDI

VERIFICA DEI SISTEMI DI OSSIGENAZIONE

Problematiche:

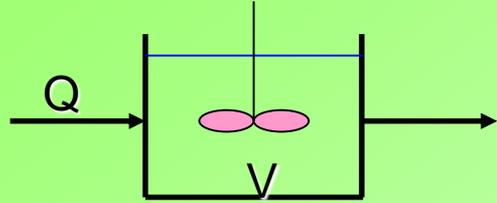
- carezza di ossigeno disciolto;
- distribuzione dell'ossigeno non uniforme;
- fenomeni di tossicità (concentrazione di ossigeno disciolto elevata)
- eccessivo consumo energetico (= tenore di ossigeno disciolto troppo elevato);
- etc.

Interventi attuabili:

- aggiunta fornitura supplementare (anche O₂ puro);
- adozione sistemi di controllo OD;
- miglioramento caratteristiche sedimentabilità fanghi;
- miglioramento grado di miscelazione.

VERIFICA DEL COMPORTAMENTO IDRODINAMICO

Schemi di flusso ideali di un reattore



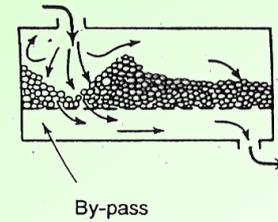
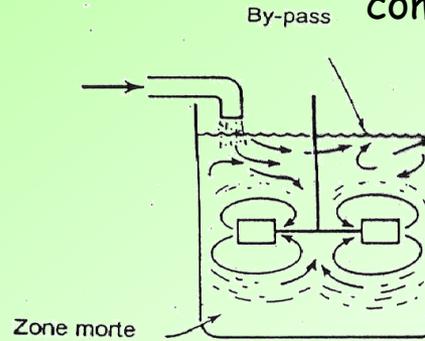
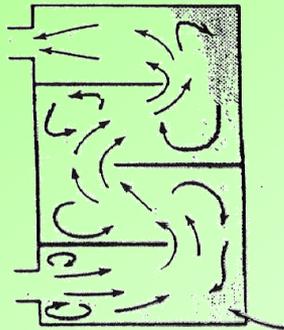
Reattore Complete Mixing



Reattore Plug-Flow

Schemi di flusso reali di un reattore

- Dispersione assiale nei reattori plug-flow
- Ricircoli interni
- By-pass
- Suddivisione del volume in zone a comportamento idrodinamico differente
- Spazi morti



Interventi attuabili:

- deviazione del flusso in ingresso o in uscita;
- aumento della lunghezza degli stramazzi di sfioro;
- posizionamento di setti frangiflutti;
- installazione di mixer sommersi.

VERIFICA DI SEDIMENTABILITÀ DEI FANGHI

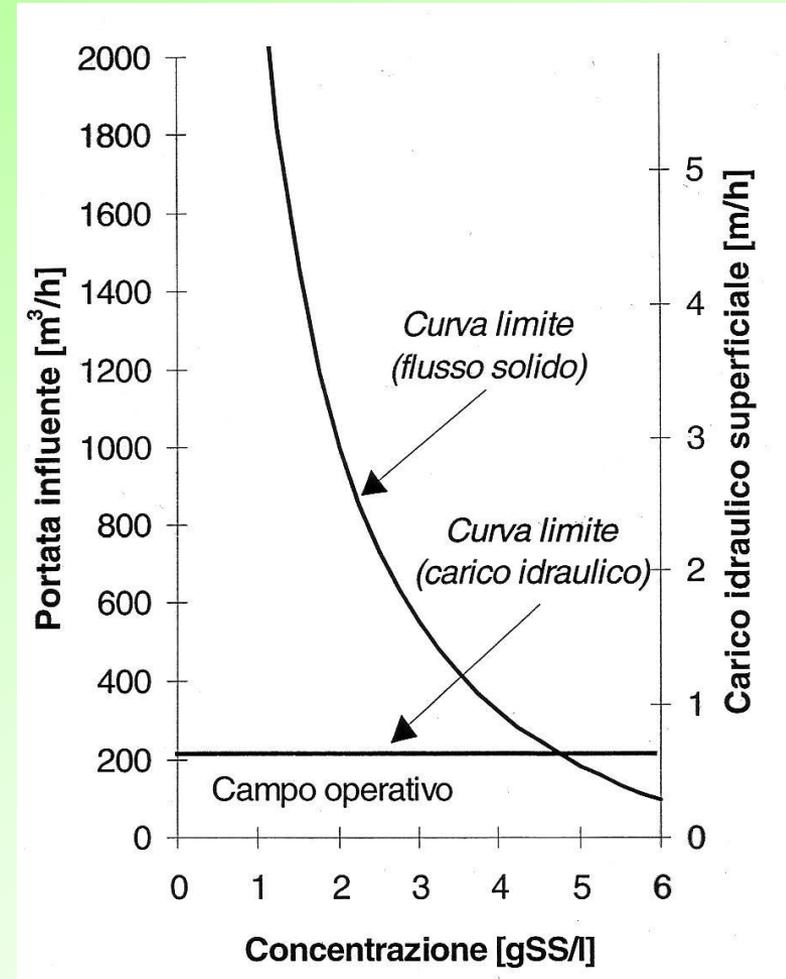
Valutazione delle caratteristiche di sedimentabilità del fango attivo (prove in cilindro):

- individuazione della potenzialità massima del sedimentatore finale (in termini di flusso solido);
- confronto con le reali condizioni di funzionamento.

⇒ EVENTUALE SOVRACCARICO

Interventi attuabili:

- rimediare a "carenze indirette" estranee al sedimentatore (tossicità, carenza OD, ecc.);
- interevento "diretto" (ampliamento del comparto di sedimentazione)



QUALITÀ ED ATTIVITÀ DEL FANGO BIOLOGICO

Serve per capire:

- la "effettiva" **biodegradabilità** dei reflui;
- il **fabbisogno di ossigeno "effettivo"** per il fango attivo;
- l'eventuale **effetto inibitorio** da parte di reflui non "idonei" (conferiti sia per via fognaria che come rifiuti liquidi)
- i risultati delle prove (analisi dei **rendimenti di nitrificazione e denitrificazione**). carenza di ossigeno disciolto;

OUR (Oxygen Utilization Rate): misura la velocità con la quale la biomassa consuma ossigeno in presenza di un substrato;

AUR (Ammonia Utilization Rate): misura l'attività dei batteri nitrificanti presenti nella biomassa;

NUR (Nitrogen Utilization Rate): misura l'attività dei batteri denitrificanti presenti nella biomassa;

Interventi attuabili:

- selezionare i rifiuti in ingresso agli impianti;
- correggere la qualità dei reflui con trattamenti ad hoc (ad esempio ossidazione chimica)

- **LE VERIFICHE DI FUNZIONALITA'** rispondono a più esigenze :
 - **A** → conseguire gli obiettivi di QUALITA' DEL SERVIZIO
 - **B** → conseguire gli obiettivi ECONOMICI
 - **C** → sviluppare la COMPETENZA TECNICA dei gestori (OBIETTIVO "CULTURALE")

- **NEL caso degli IMPIANTI DI DEPURAZIONE DEGLI SCARICHI (settore dove c'è più lunga esperienza) LE VERIFICHE FUNZIONALI :**

- garantiscono con continuità la QUALITA' DEI CORPI IDRICI } obiettivo ○ **A**
- prevengono PROBLEMI IMPIANTISTICI }
- contengono gli INVESTIMENTI (solo QUELLI "UTILI") } obiettivo ○ **B**

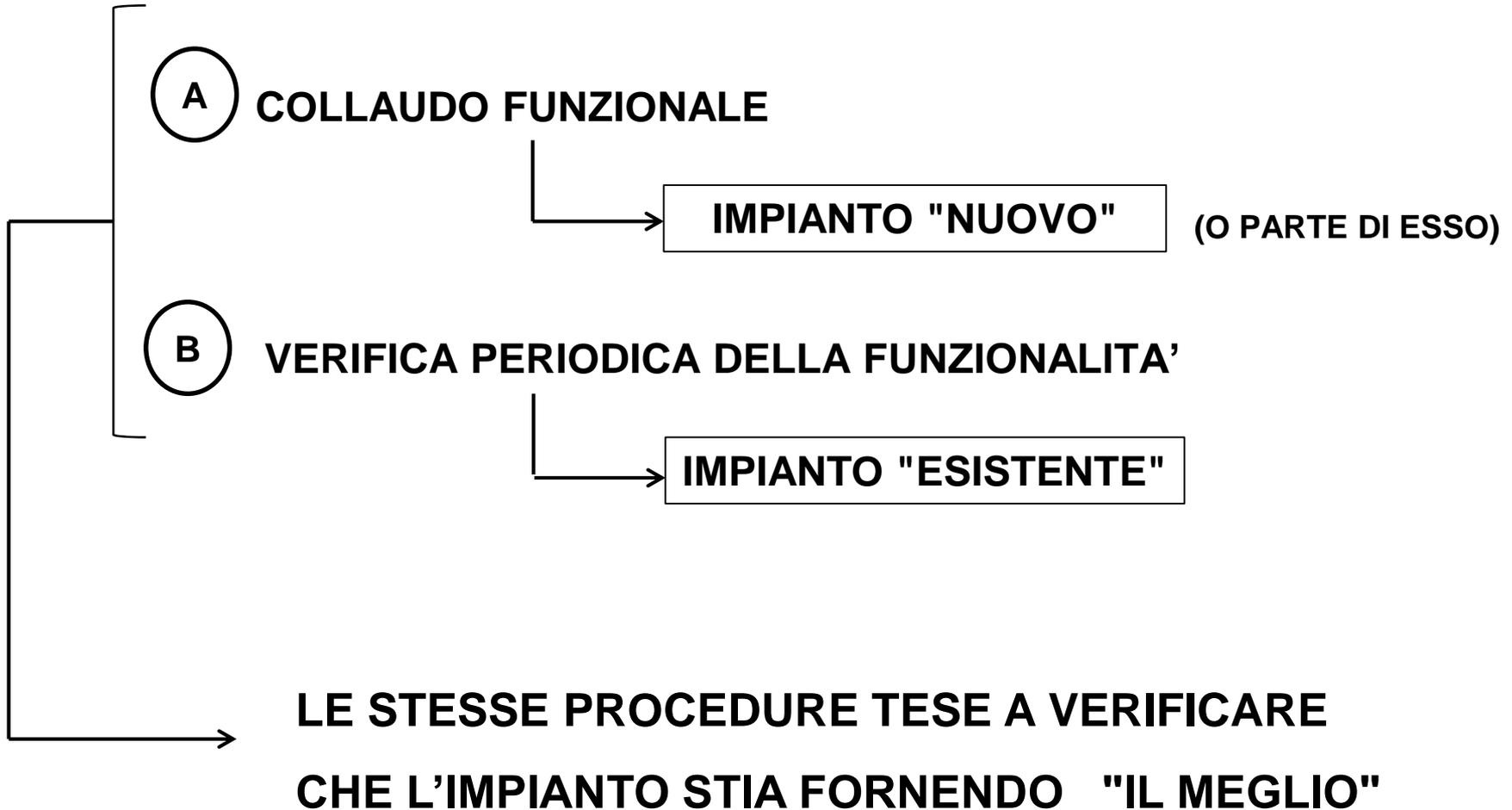


in quanto spesso l'UPGRADING GESTIONALE
 garantisce OTTIMA EFFICIENZA senza
 ricorrere a costosi (E INUTILI) interventi di
UPGRADING STRUTTURALE

- "formano" la competenza dei GESTORI che, con questo strumento diventano PADRONI del processo depurativo che devono gestire } obiettivo ○ **C**

USO DELLE PROCEDURE DI VERIFICA

- SI E' VIA VIA PRECISATO L'OBIETTIVO ATTESO DALLE "VERIFICHE",
che è comune a 2 momenti:



COLLAUDO FUNZIONALE

- FINORA SOLO POCHE REGIONI (VENETO - con una norma degli anni '80 + PIEMONTE + Prov. di Bolzano) HANNO PREVISTO L'OBBLIGO DEL COLLAUDO FUNZIONALE DEGLI IMPIANTI DI TRATTAMENTO ACQUE E RIFIUTI



- I CONTENUTI "TECNICI" DEL COLLAUDO FUNZIONALE POSSONO FAR RIFERIMENTO AL **MANUALE** (di recente pubblicazione) CHE RACCOGLIE LA MOLE DI LAVORO (iniziata fine degli anni '70) DI RICERCA, MESSA A PUNTO SPERIMENTALE E CONSOLIDATA ESPERIENZA DEL GdL "Gestione impianti di depurazione"
- UN COLLAUDO BEN FATTO SODDISFA LE ESIGENZE:
 - 1) del "GESTORE" (= una macchina "garantita")
 - 2) dell' "ENTE FINANZIATORE" (= soldi ben spesi, rivalsa per eventuali difetti)
 - 3) dell'"AUTORITA' DI CONTROLLO" (= strumento affidabile)
 - 4) del "CITTADINO/UTENTE/AMBIENTE" (= obiettivo + importante)

LE VERIFICHE FUNZIONALI "PERIODICHE"

- SI FA LA "Revisione periodica" DELL'AUTOMOBILE PERCHE' NON APPLICARLA AGLI IMPIANTI DI DEPURAZIONE?
- IL "Tagliando" SI FA CON LE PROVE PREVISTE DAL PROTOCOLLO "VERIFICHE DI FUNZIONALITA'«
- VANTAGGI PER TUTTI I SOGGETTI COINVOLTI:
 - per il GESTORE:
 - serve a migliorare l'EFFICIENZA dell'impianto
 - serve a minimizzare i COSTI di GESTIONE
 - serve ad aggiornare la effettiva CAPACITA' DI TRATTAMENTO (POTENZIALITA' REALE) dell'impianto (e a valutare la CAPACITA' RESIDUA)
 - serve a migliorare la COMPETENZA DEL PERSONALE
 - per il CONTROLLORE (Provincia/Arpa):
 - serve a VALUTARE con più più precisione e più agevolmente il grado di EFFICIENZA dell'impianto (riducendo anche il n° di controlli esterni)
 - si potrebbe CONDIZIONARE IL RINNOVO DELL' AUTORIZZAZIONE all' ESERCIZIO ALL'ESITO FAVOREVOLE "Tagliando"
 - per l'AUTORITA' DI PIANIFICAZIONE (Regione, ATO)
 - serve a CONOSCERE meglio la EFFETTIVA CAPACITA' DI TRATTAMENTO e a VALUTARE OGGETTIVAMENTE LE ESIGENZE DI INVESTIMENTO

CON LE VERIFICHE FUNZIONALI PERIODICHE SI OTTIENE LO SCOPO DI:

- INDIVIDUARE LE "REALI" ESIGENZE DI MIGLIORAMENTO/AMPLIAMENTO (= UPGRADING) DEGLI IMPIANTI

↳ le verifiche di funzionalità "base essenziale" per la progettazione dell'ampliamento di un impianto

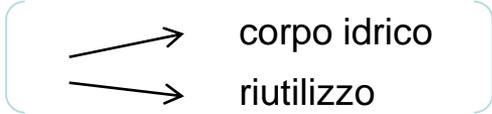
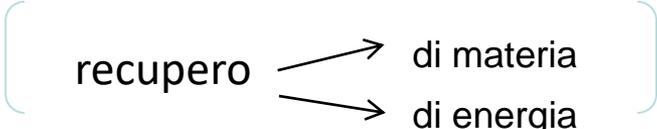


- 1° step MONITORAGGIO E VERIFICHE DI FUNZIONALITA'
- 2° step UPGRADING GESTIONALE
- 3° step UPGRADING STRUTTURALE



OBIETTIVO FINALE

IMPIANTI DI DEPURAZIONE = PROCESSI PRODUTTIVI

- prodotto ACQUA (potabilizzazione)
- prodotto REFLUO DEPURATO 
- prodotto FANGO 

LO SVILUPPO AUSPICABILE



RENDERE "ISTITUZIONALE" IL CRITERIO DELLA GESTIONE EFFICIENTE DEGLI IMPIANTI DI TRATTAMENTO ACQUE:

- 1 COLLAUDO FUNZIONALE DEGLI IMPIANTI**
- 2 VERIFICA PERIODICA DELLA FUNZIONALITA'**

ATTRAVERSO UNA NORMATIVA APPROPRIATA PER ENTRAMBI I "MOMENTI"

COLLAUDO: prevedere il "contenuto" delle verifiche già in sede di CAPITOLATO D'APPALTO

**VERIFICA PERIODICA: prevedere «contenuto» (minimo) e "frequenza" delle verifiche da mettere a disposizione dell'Ente di controllo
(contestualmente a rinnovo autorizzazione ?)**