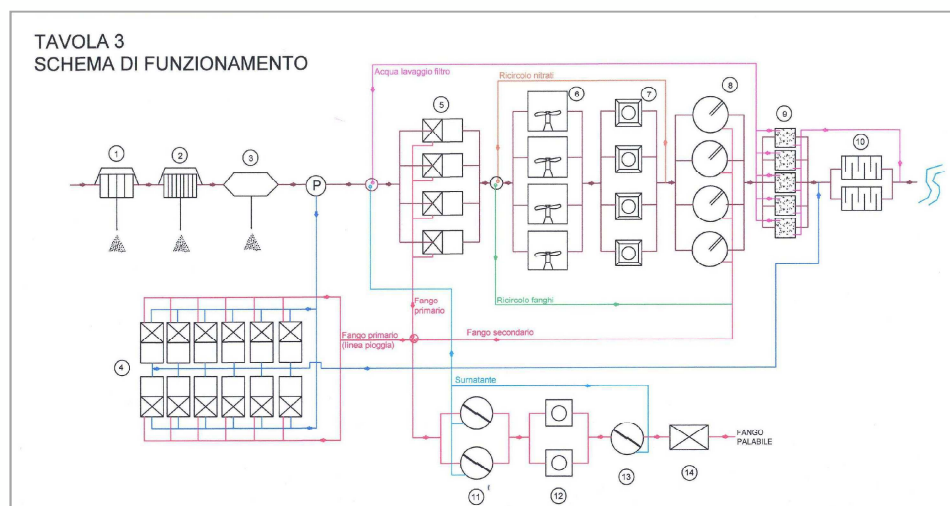


# PROGETTO DI UN IMPIANTO DI DEPURAZIONE

ESERCITAZIONE PER LA QUARTA PROVA DELL' ESAME DI  
STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI  
INGEGNERE CIVILE E AMBIENTALE | Autore: Marina Roma



Il presente elaborato riporta lo svolgimento di un esercizio di progettazione di un impianto di depurazione per acque reflue civili. L'impianto in progetto è a servizio di un centro urbano, il cui numero di abitanti risente di fluttuazioni stagionali, mentre l'effluente finale dovrà essere scaricato in un corpo idrico recettore classificato come sensibile, rispettando i limiti imposti dal D.Lgs 152/2006. Ciò che si vuole abbattere nel refluo sono: sostanza organica, solidi sospesi totali e composti azotati. Il ciclo di trattamento proposto per fare ciò prevede pretrattamenti (grigliatura grossolana, grigliatura fine e uso dissabbiatore), linea liquami (sedimentazione primaria, processo biologico di ossidazione-nitrificazione, denitrificazione, sedimentazione secondaria, filtrazione e disinfezione), linea pioggia (sedimentazione e disinfezione) e linea fanghi (ispessitore, digestore anaerobico e disidratazione). Per una miglior comprensione dello svolgimento dell'esercizio, si premette che: in giallo sono evidenziati i dati di input dell'esercizio (es. numero di abitanti, dotazione idrica, temp. e pH del liquame, apporto di BOD, SST, N-NH<sub>4</sub>); sono evidenziati ugualmente in giallo quei valori che vanno assegnati più o meno arbitrariamente (es. limiti di velocità del liquame nel canale adduttore, assegnazione del valore di primo tentativo per un'iterazione, numero di vasche da adottare, modello di dissabbiatore, velocità di filtrazione nell'omonima fase, etc.) ed i valori delle costanti cinetiche. In verde sono evidenziati i risultati più importanti ottenuti (es. numero e dimensioni delle vasche di sedimentazione primaria e secondaria, ossidazione-nitrificazione, denitrificazione, disinfezione, nonché delle fasi della linea liquami). Nell'elaborato sono riportati anche tutti quegli abachi utili in fase di dimensionamento (es. abaco per la scelta del dissabbiatore aerato e per il dimensionamento del sistema di aerazione a diffusori sul fondo della fase di ossidazione-nitrificazione). Chiudono il documento cinque tavole redatte in AutoCAD e relative a: planimetria impianto, ciclo di trattamento, schema di funzionamento, pianta e sezione del sedimentatore secondario e sezione del digestore.

## PROGETTO di un IMPIANTO di DEPURAZIONE

Dati di proporzionamento CONDIZIONI INVERNALI

Numero di abitanti	N	[ab]	112000
Dotazione idrica	d	[m <sup>3</sup> /(ab d)]	0.31
Coeff. di afflusso in fognatura	φ	-	0.8
Portata di punta nera Q <sub>p,n</sub>		[m <sup>3</sup> /s]	2 * Q <sub>m,n</sub>
Portata max in tempo di pioggia Q <sub>p max</sub>		[m <sup>3</sup> /s]	2.5 * Q <sub>m,n</sub>
Temperatura del liquame		[ °C]	10
pH del liquame		-	7.2
Apporto di BOD <sub>5</sub>		[g/(ab*d)]	60
Apporto di SST		[g/(ab*d)]	90
Apporto di N-NH <sub>4</sub>		[g/(ab*d)]	15

Calcolo delle portate

Q <sub>m,n</sub>	27776	[m <sup>3</sup> /d]
Q <sub>p,n</sub>	55552	[m <sup>3</sup> /d]
Q <sub>p max</sub>	69440	[m <sup>3</sup> /d]

$$N * d * \phi$$

1157.33	[m <sup>3</sup> /h]
2314.67	[m <sup>3</sup> /h]
2893.33	[m <sup>3</sup> /h]

$$:24$$

0.321	[m <sup>3</sup> /s]
0.643	[m <sup>3</sup> /s]
0.804	[m <sup>3</sup> /s]

$$:3600$$

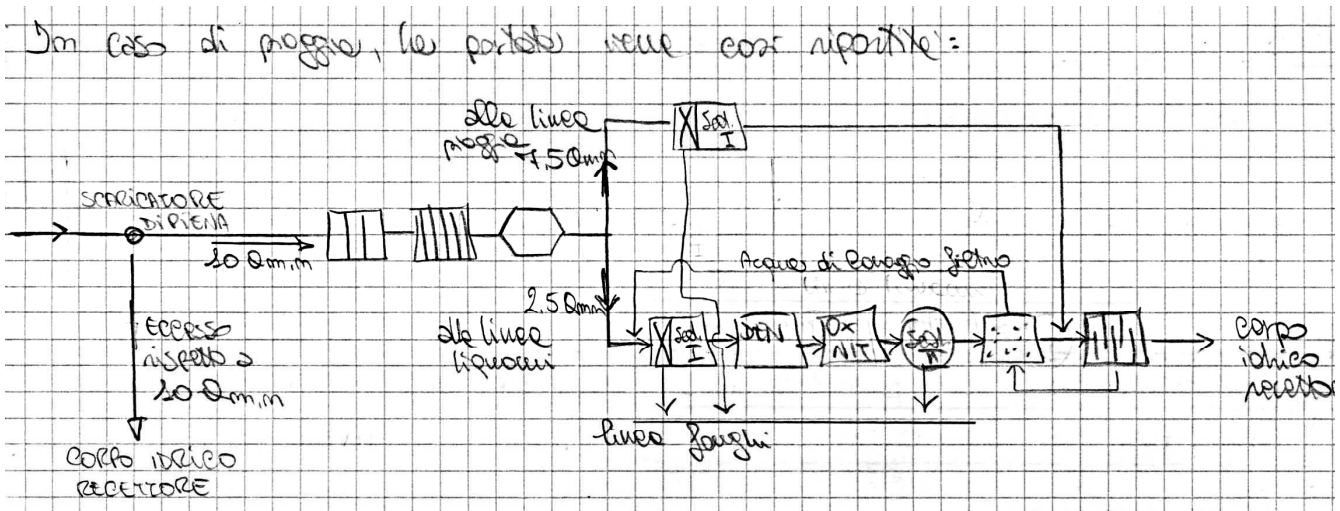
Calcolo delle concentrazioni degli inquinanti all'interno del liquame

		C <sub>in</sub>
BOD <sub>5</sub>	[g/m <sup>3</sup> ]	241.94
SST	[g/m <sup>3</sup> ]	362.90
N-NH <sub>4</sub>	[g/m <sup>3</sup> ]	60.48

$$C_{in} = \text{Apporto} / (\phi * d)$$

LIMITI NORMATIVA	C <sub>in</sub> /C <sub>out</sub>
25	9.68
35	10.37
10	6.05

Il rapporto C<sub>in</sub>/C<sub>out</sub> mi serve a capire quanto deve essere diluita la portata nera per poter andare direttamente al corpo idrico recettore rispettando i limiti normativi (sarebbe assurdo trattare tutta la portata di pioggia, che può arrivare anche a 50-100 volte la Q<sub>m,n</sub> in impianto, per cui si stabilisce una soglia a partire dalla quale si attiva lo sfioratore (scaricatore di piena) che bypassa la portata eccedente mandandola direttamente al recettore; a rigore dovrebbe essere il maggiore tra i rapporti ottenuti, cioè 10.37 (arrotonderei 11) per i SS; tuttavia in genere si fa riferimento al BOD e, in ogni caso, all'impianto non si fa mai arrivare una portata superiore a 10\*Q<sub>m,n</sub>, perché sarebbe troppo oneroso. Per cui in pratica:



## DIMENSIONAMENTO della FASE di GRIGLIATURA GROSSOLANA

Si fa con riferimento alla minima velocità ( $V_{\min}$ ) e alla minima portata ( $Q_{m,n INV}$ )

Ipotesi assunte

Spaziatura tra le barre s	[m]	0.05
Larghezza della barra b	[m]	0.01

Calcolo il numero di barre (n) e la base allargata del canale in corrispondenza della griglia ( $B_G$ )

\* La sezione utile  $\sigma_u$  al passaggio dell'acqua è pari a:  $(n+1)*s*h$  da cui ricavo il num. di barre n.

\* La base allargata  $B_G$  in corrispondenza della griglia è pari a:  $B_G = (n+1)*s + n*b$

$\sigma_u$ [m <sup>2</sup> ]	n	<b>n</b>	$\sigma_{u\_min} = (n+1) * s * h_{min}$ $\rightarrow n = \frac{\sigma_{u\_min}}{s * h_{min}} - 1$	$B_G$ [m]
0.536	47.38	<b>48</b>		<b>2.93</b>

arrotondamento

Verifica sulla Vmax

$V_{\text{per } Q_{\text{pioggia}}}$ [m/s]
1.3

Esito verifica
<b>Ok!!!</b>

l'allargamento è tale che, considerate le barre, la sezione utile rimane tale e quale, per cui se le verifiche erano ok prima dovrebbero essere ok anche ora

$$V_{\max} = \frac{Q_{\max}}{\sigma_{u\_max}} = \frac{Q_p}{(n+1) * s * h_{\max}}$$

## DIMENSIONAMENTO della FASE di GRIGLIATURA FINE

Si fa con riferimento alla minima velocità ( $V_{\min}$ ) e alla minima portata ( $Q_{m,n INV}$ )

Ipotesi assunte

Spaziatura tra le barre s	[m]	0.01
Larghezza della barra b	[m]	0.01

Calcolo il numero di barre (n) e la base allargata del canale in corrispondenza della griglia ( $B_G$ )

$\sigma_u$ [m <sup>2</sup> ]	n	<b>n</b>	$\sigma_{u\_min} = (n+1) * s * h_{min}$ $\rightarrow n = \frac{\sigma_{u\_min}}{s * h_{min}} - 1$	$B_G$ [m]	$B_G = (n+1)*s + n*b$
0.536	240.9	<b>241</b>		<b>4.83</b>	

arrotondato

Verifica sulla Vmax

$V_{\text{per } Q_{\text{pioggia}}}$ [m/s]
1.3

Esito verifica
<b>Ok!!!</b>

$$V_{\max} = \frac{Q_{\max}}{\sigma_{u\_max}} = \frac{Q_p}{(n+1) * s * h_{\max}}$$

>> Prima di passare al dimensionamento vero e proprio bisogna verificare che la sostanza organica presente nel liquame sia sufficiente.

$$S_0 > \frac{[(N - NH_4)_0 - (N - NH_4)_e - (N - NO_3)_e] \omega}{1 + \varepsilon \omega}$$

La quantità a secondo membro è pari a:	178.72	[g/m <sup>3</sup> ]
Il substrato organico in ingresso è:	187.5	[g/m <sup>3</sup> ]

Esito verifica (IN AUTOMATICO)

**VERIFICA SODDISFATTA!**

(se non era soddisfatta, rimuovevo la sed.l o aggiungo metanolo)

>> Calcolo  $S_e$  tramite l'equazione di secondo grado:

A	B	C
1.502	-72.063	79.77253

Soluzione positiva:

$S_e$	1.13	[g/m <sup>3</sup> ]
-------	------	---------------------

$V_N$	
0.394	

$$V_N = V_N \cdot \frac{(N - NH_4)_e}{K_N + (N - NH_4)_e} \cdot \frac{O_2}{K_{O_2} + O_2}$$

>> Impongo un valore minimo per la somma dei due rapporti di ricircolo:

$$R1 + R2 > \frac{(N - NH_4)_0 - (N - NH_4)_e - \varepsilon(S_0 - S_e)}{(N - NO_3)_e} - 1$$

La quantità a secondo membro è pari a:

6.64
------

R1+R2

7.31\*

\* Impongo R1+R2 il 10% più grande di quel valore a secondo membro.

>> Calcolo, a cascata, le altre incognite:

$V_N^*(X_{AUT}/N)$	4400182	g
--------------------	---------	---

$$V_N(X_{AUT}/N) = \frac{Q[(N - NH_4)_0 - (N - NH_4)_e] - \varepsilon Q(S_0 - S_e)}{V_N}$$

$$AS_e^2 + BS_e + C = 0$$

con:

$$A = (\hat{V}_S Y_H - V_N Y_{AUT})(1 + \varepsilon \omega) - \varepsilon_S \hat{V}_S Y_D$$

$$B = V_N Y_{AUT}(S_0 - K_S - \varepsilon \omega K_S) - \hat{V}_S Y_H S_0 + (\omega V_N Y_{AUT} - \omega \hat{V}_S Y_H + \hat{V}_S Y_D)\{(N - NO_3)_e - [(N - NH_4)_0 - (N - NH_4)_e] + \varepsilon S_0\}$$

$$C = V_N Y_{AUT} K_S \{\omega(N - NO_3)_e - [(N - NH_4)_0 - (N - NH_4)_e] + (1 + \varepsilon \omega) S_0\}$$

## LINEA FANGHI

Calcolo delle portate di fango

$$Q_{massica} = \frac{2}{3} * \text{apporto} \cdot \text{procapite} S_{ST} * N_{ab}$$

### FANGO PRIMARIO

$Q_{massica\_I}$	9120000	[gr SST/d]
U	0.98	cioè il 98%
1-U	0.02	complemento a 1
conc solido fango	20	[kg SST/m <sup>3</sup> ]

9120	[kg SST/d]	:1000
------	------------	-------

$$C = (1 - U) \cdot \gamma$$

$\gamma_{H_2O}$	1000	Kg/m <sup>3</sup>
-----------------	------	-------------------

$Q_{volumet\_I}$	456	[m <sup>3</sup> /d]
------------------	-----	---------------------

$$Q_{volumet} = \frac{Q_{massica}}{C_{conc\_solidi\_fango}}$$

### FANGO SECONDARIO

$K_{dH}$	0.04	[d <sup>-1</sup> ]
$K_{dAUT}$	0.02	[d <sup>-1</sup> ]

$Y_H$	0.64	-	D A T I  F A S E  B I O L O G I C A  estiva
$Y_{AUT}$	0.24	-	
$Y_D$	0.512	-	
Q	34048	[m <sup>3</sup> /d]	
$S_0$	187.5	[g/m <sup>3</sup> ]	
$S_e$	1.13	[g/m <sup>3</sup> ]	
$S_1$	2.24	[g/m <sup>3</sup> ]	
$(N-NH_4)_1$	9.52	[g/m <sup>3</sup> ]	
$(N-NH_4)_e$	3.33	[g/m <sup>3</sup> ]	
$(X_H)_D$	2449.61	[mg/l]	
$(X_H)_N$	2450.32	[mg/l]	
$(X_{AUT})_N$	1049.68	[mg/l]	
$V_N$	4191.93	[m <sup>3</sup> ]	
$V_D$	18702.04	[m <sup>3</sup> ]	
$\epsilon$	0.05	-	

$$Q_s * x_r = y_d * Q * (S_0 - S_1) + y_H * Q * (S_1 - S_e) + y_{AUT} * Q * [(N - NH_4)_1 - (N - NH_4)_e - \epsilon(S_1 - S_e)] - K_{dH} * (X_H)_D * V_D - K_{dH} * (X_H)_N * V_N - K_{dAUT} * (X_{AUT})_N * V_N$$

$Q_s * X_r$	972397.22	[gr SST/d]
-------------	-----------	------------

:1000

972.40	[kg SST/d]
--------	------------

è una portata massica

conc solido fango	10	[kg SST/m <sup>3</sup> ]
-------------------	----	--------------------------

nel fango secondario alla base del sed. Il ho circa 10 000 mg/l

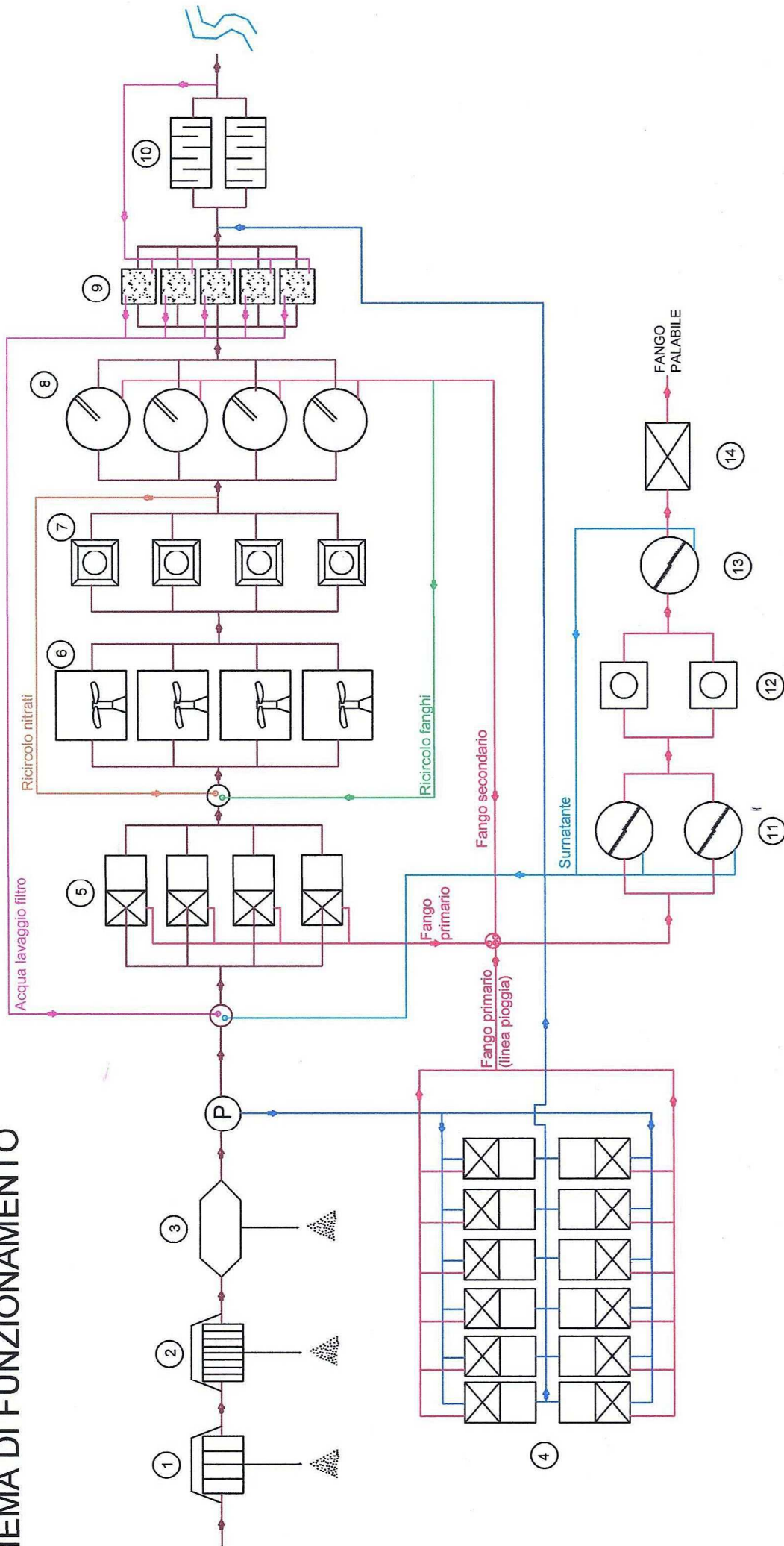
U	0.99	$U = 1 - C/\gamma$
---	------	--------------------

cioè 10 000 gr/m<sup>3</sup>, cioè 10 Kg/m<sup>3</sup>

$Q_{volumet\_II}$	97.24	[m <sup>3</sup> /d]
-------------------	-------	---------------------

$$Q_{volumet} = \frac{Q_{massica}}{C_{conc\_solidi\_fango}}$$

# TAVOLA 3 SCHEMA DI FUNZIONAMENTO



## LEGENDA

- 1. GRIGLIATURA GROSSOLANA
- 2. GRIGLIATURA FINE
- 3. DISSABBIATORE AERATO
- 4. SEDIMENTAZIONE PRIMARIA
- 5. VASCHE LINEA PIOGGIA
- 6. DENITRIFICAZIONE
- 7. NITRIFICAZIONE COMBINATA
- 8. SEDIMENTAZIONE SECONDARIA
- 9. FILTRAZIONE RAPIDA
- 10. DISINFEZIONE
- 11. PRE-ISPESSIMENTO
- 12. DIGESTORI
- 13. POST-ISPESSIMENTO
- 14. DISIDRATAZIONE

- LINEA LIQUAMI
- LINEA FANGHI
- LINEA PIOGGIA
- RICIRCOLO NITRATI
- RICIRCOLO FANGHI
- ACQUA LAVAGGIO FILTRO
- SURNATANTE