
Trattamenti delle acque primarie

Impianti Meccanici

1

Impianti di trattamento delle acque primarie

**ELIMINAZIONE DELL'ANIDRIDE
CARBONICA**

ELIMINAZIONE DELL'OSSIGENO

AEREAZIONE DELL'ACQUA

DEFERRITIZZAZIONE

DEMANGANIZZAZIONE

ADDOLCIMENTO

Impianti Meccanici

2

Trattamenti delle acque primarie

DECARBONATAZIONE

DEMINERALIZZAZIONE

SCAMBIATORI IONICI

TRATTAMENTO DELL'ACQUA PER USI POTABILI

**DISSALAZIONE DELLE ACQUE DI MARE E
SALMASTRE**

Distillazione (" multflash ")

Elettrodialisi

Osmosi inversa Impianti Meccanici

3

Impianti di trattamento delle acque primarie

ELIMINAZIONE DELL'ANIDRIDE CARBONICA

Eliminazione dell'anidride carbonica

L'acqua contiene gas disciolti quali anidride carbonica, ossigeno ed azoto

Le acque sotterranee sono piu' ricche di anidride carbonica libera delle acque superficiali

La riduzione del tenore di CO₂ sciolta nell'acqua puo' essere ottenuta con i seguenti procedimenti :

- Aerazione
- Neutralizzazione con reattivi basici
- Neutralizzazione con filtrazione su prodotti alcalino terrosi.

Impianti Meccanici

4

**Impianti di
trattamento delle
acque primarie**

**ELIMINAZIONE
DELL'ANIDRIDE
CARBONICA**

AEREAZIONE

L'acqua viene suddivisa in pioggia e posta a contatto con aria eventualmente insufflata mediante ventilatori

In tale modo l'anidride carbonica si separa dall'acqua.

Impianti Meccanici

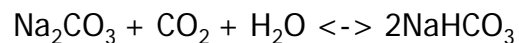
5

**Impianti di
trattamento delle
acque primarie**

**ELIMINAZIONE
DELL'ANIDRIDE
CARBONICA**

NEUTRALIZZAZIONE CON REATTIVI BASICI

L'aggiunta di carbonato di sodio all'acqua provoca la seguente reazione :



Con questo sistema si elimina la CO₂ libera ma si introduce nell'acqua del bicarbonato di sodio che in taluni casi puo' non essere accettabile.

Impianti Meccanici

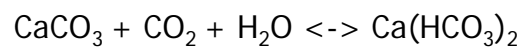
6

Impianti di trattamento delle acque primarie

ELIMINAZIONE DELL'ANIDRIDE CARBONICA

NEUTRALIZZAZIONE MEDIANTE FILTRAZIONE SU
PRODOTTI ALCALINO TERROSI (es. polvere di marmo)

L'anidride carbonica trasforma il CaCO_3 in bicarbonato,
che passa in facilmente in soluzione :



Con questo sistema si elimina la CO_2 libera ma si fa
aumentare la durezza temporanea dell'acqua

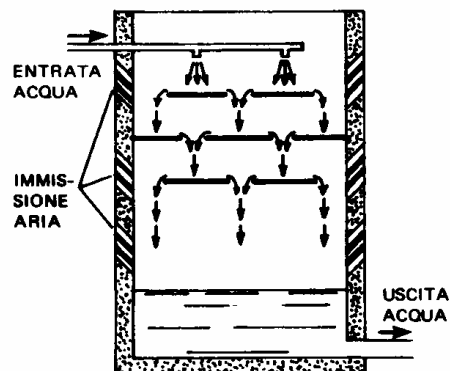
Impianti Meccanici

7

Trattamenti delle acque primarie

ELIMINAZIONE DELL'ANIDRIDE CARBONICA

Riduzione del tenore
di anidride carbonica
contenuta nell'acqua
per aerazione



Impianti Meccanici

8

Impianti di trattamento delle acque primarie

ELIMINAZIONE DELL'OSSIGENO

L'ossigeno disciolto nell'acqua è molto corrosivo, specialmente a temperature elevate.

Per l'acqua destinata a caldaie si ricorre al riscaldamento fino a 100 °C in torri cilindriche liberando l'ossigeno e gli altri gas disciolti.

Impianti Meccanici

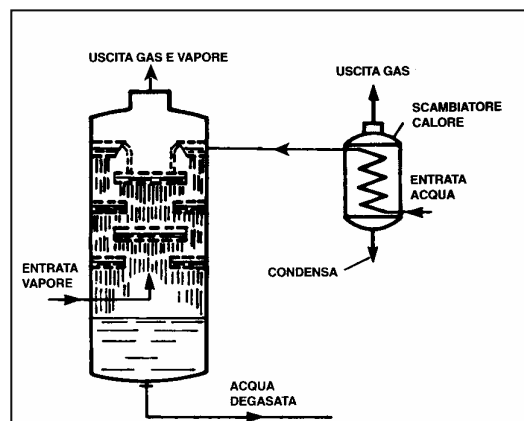
9

Trattamenti delle acque primarie

ELIMINAZIONE DELL'OSSIGENO

Impianto per il degasaggio termico dell'acqua

Il fluido riscaldante è costituito da vapore il quale incontra l'acqua che scende dall'alto, lungo piani sovrapposti



Impianti Meccanici

10

Impianti di trattamento delle acque primarie

AERAZIONE DELL'ACQUA

Si può aerare l'acqua con uno dei seguenti sistemi :

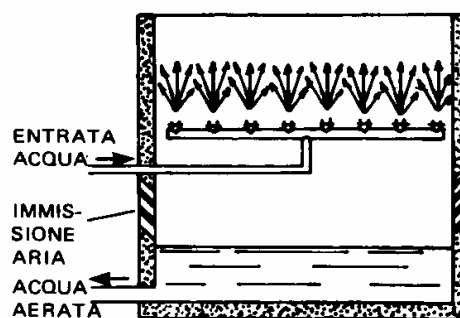
- a) frazionamento dell'acqua
- b) pioggia d'acqua su ripiani sovrapposti, con o senza ventilazione meccanica
- c) Frazionamento e caduta dell'acqua su ripiani sovrapposti.

Impianti Meccanici

11

Trattamenti delle acque primarie

AERAZIONE DELL'ACQUA



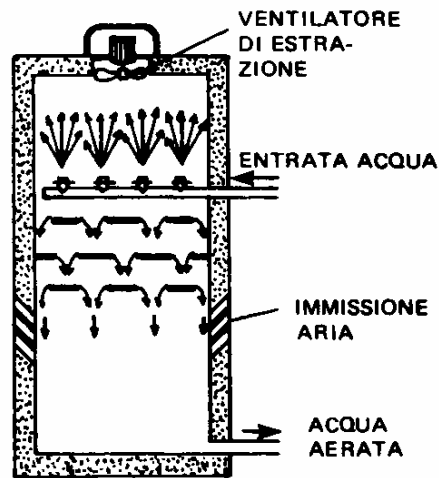
**Frazionamento dell'acqua
per ottenerne l'aerazione**

Impianti Meccanici

12

Trattamenti delle acque primarie

AEREAZIONE DELL'ACQUA



Aeratore a frazionamento
ed a cascata

Impianti Meccanici

13

Impianti di trattamento delle acque primarie

ADDOLCIMENTO, DECARBONATAZIONE, DEMINERALIZZAZIONE

Le acque impiegate nell'industria contengono ioni disciolti; è necessario eseguire sulle acque stesse uno dei seguenti trattamenti :

- Addolcimento : consiste nell'abbattimento della durezza temporanea (bicarbonati di Ca e Mg) e permanente (ioni calcio e magnesio).
- Decarbonatazione : consiste nella eliminazione totale o parziale della durezza temporanea costituita dai bicarbonati alcalino terrosi (Ca e Mg);
- Demineralizzazione : consiste nella eliminazione della salinità dell'acqua

Impianti Meccanici

14

Impianti di trattamento delle acque primarie

ADDOLCIMENTO, DECARBONATAZIONE, DEMINERALIZZAZIONE

Tali trattamenti sono realizzati in due modi diversi :

- 1) Per precipitazione chimica
- 2) Per scambio ionico

Precipitazione chimica : aggiungere all'acqua un reattivo solubile che agendo con gli ioni indesiderabili contenuti nell'acqua porti alla precipitazione fino alla solubilità dei prodotti di tale combinazione

Scambio ionico : sostanze come alcune terre naturali o zeoliti, hanno nella loro struttura molecolare, gruppi acidi o basici in grado di scambiare ioni di uguale segno in soluzione nell'acqua da trattare.

Impianti Meccanici

15

Trattamenti delle acque primarie

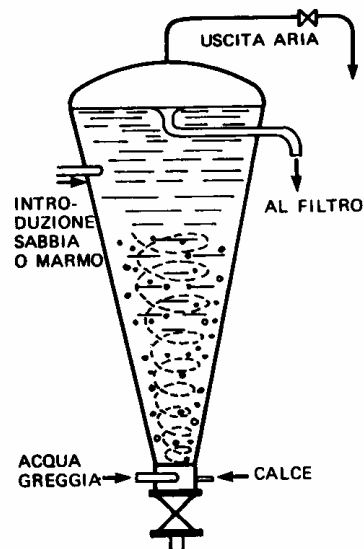
Addolcimento

Decarbonatazione

Demineralizzazione

Precipitazione chimica

Decarbonatazione a freddo della durezza calcica



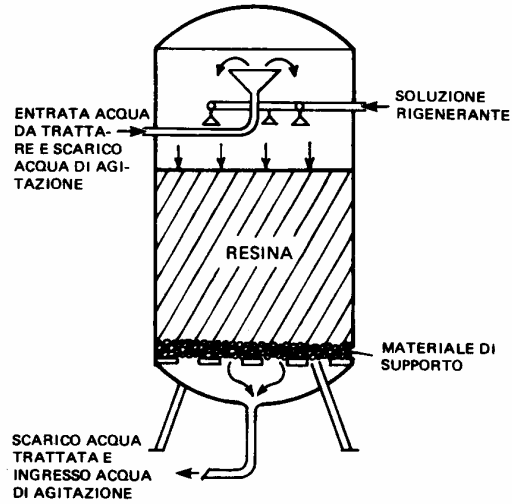
Impianti Meccanici

16

Trattamenti delle acque primarie

Scambio ionico

Sostanze (zeoliti o resine sintetiche) suscettibili di scambiare gli ioni positivi o negativi fissati nel loro reticolo molecolare con ioni dello stesso segno.



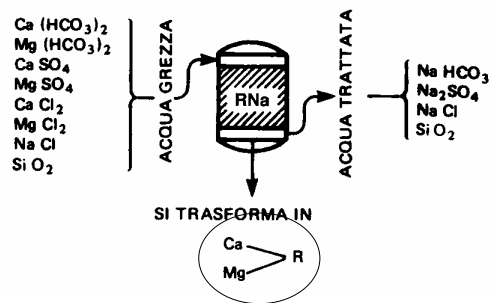
Impianti Meccanici

17

Trattamenti delle acque primarie

SCAMBIATORI IONICI

Addolcimento mediante scambiatore cationico



I Sali contenuti nell'acqua si trasformano in sali di sodio

Impianti Meccanici

18

Impianti di trattamento delle acque primarie

DISSALAZIONE DELLE ACQUE DI MARE

GENERALITA'

Le acque di mare e le acque salmastre contengono sali minerali disciolti.

Cloruri di sodio e di magnesio, solfati di magnesio, di calcio e di potassio, carbonato di calcio, bromuro di magnesio.

Il tenore in Sali disciolti (salinità) è misurato in ppm o in mg/l.

L'acqua marina contiene da 35000 a 42000 mg/l di Sali minerali disciolti.

Impianti di trattamento delle acque primarie

DISSALAZIONE DELLE ACQUE SALMASTRE

GENERALITA'

L'acqua salmastra (sia superficiale che sotterranea) ha un tenore di sali disciolti inferiore a quello dell'acqua marina.

Con riferimento alle acque salmastre più frequentemente disponibili, la salinità è compresa fra 2000 e 10000 mg/l.

→ L'acqua destinata ad usi potabili non dovrebbe contenere più di 500 mg/l di sali disciolti (come suggerisce l'Organizzazione Mondiale della Sanità)

Fra i numerosi procedimenti di dissalazione, citiamo quelli più applicati e che richiedono minori consumi di energia.

**Impianti di
trattamento delle
acque primarie**

**DISSALAZIONE DELLE
ACQUE DI MARE E
SALMASTRE**

Distillazione con evaporazione istantanea a stadi
multipli ("multiflash")

Procedimento utilizzato per produzioni elevate di acqua dissalata (centinaia di migliaia di metri cubi / giorno).

→ Un recipiente contiene dell'acqua marina ad una certa temperatura; si fa diminuire la pressione nel recipiente fino a che la tensione di vapore ne provoca l'evaporazione.

→ L'impianto che realizza il procedimento è composto di un certo numero di recipienti, isolati termicamente all'esterno, disposti in serie, nei quali si produce l'evaporazione.

Impianti Meccanici

21

**Impianti di
trattamento delle
acque primarie**

**DISSALAZIONE DELLE
ACQUE DI MARE E
SALMASTRE**

Distillazione con evaporazione istantanea a stadi multipli
("multiflash")

L'acqua marina è riscaldata sotto pressione, senza evaporazione, quindi introdotta negli stadi sotto vuoto parziale, dove circola in successione.

In tali stadi la pressione e la temperatura descrescono via via e, nell'ultima, si realizza un vuoto spinto.

La circolazione avviene sotto l'influenza del gradiente di pressione.

Impianti Meccanici

22

Impianti di trattamento delle acque primarie

DISSALAZIONE DELLE ACQUE DI MARE E SALMASTRE

Distillazione con evaporazione istantanea a stadi multipli ("multiflash")

In ogni recipiente si produce del vapore che condensa nella parte superiore a contatto di un fascio tubiero nel quale scorre l'acqua di alimentazione preriscaldandola.

→ Il costo minimo del metro cubo di acqua dolce prodotto si ottiene individuando il numero di stadi ottimali :

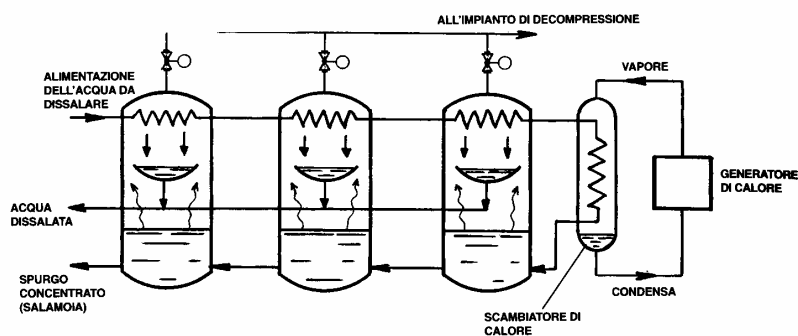
→ la somma dei costi dovuti al consumo di energia ed all'ammortamento dell'investimento iniziale deve risultare minima.

Impianti Meccanici

23

Trattamenti delle acque primarie

DISSALAZIONE DELLE ACQUE DI MARE E SALMASTRE



Distillazione con evaporazione istantanea a stadi multipli (" multiflash ")

Impianti Meccanici

24

**Impianti di
trattamento delle
acque primarie**

**DISSALAZIONE DELLE
ACQUE DI MARE E
SALMASTRE**

ELETTRODIALISI

Nel fenomeno dell'elettrodialisi un'acqua salmastra (ricca di ioni) è sottoposta ad un campo elettrico creato da due elettrodi.

Gli anioni si dirigono verso l'elettrodo positivo (anodo).

I cationi verso l'elettrodo negativo (catodo).

Tra i due elettrodi si interpongono delle membrane selettive permeabili agli anioni (membrane anioniche) o ai cationi (membrane cationiche o negative).

Impianti Meccanici

25

**Impianti di
trattamento delle
acque primarie**

**DISSALAZIONE DELLE
ACQUE DI MARE E
SALMASTRE**

ELETTRODIALISI

Gli ioni positivi (Na^+) attratti dal polo negativo, attraversano solo le membrane negative.

Gli ioni negativi (Cl^-) attratti dal polo positivo, attraversano solo le membrane positive

In una cella a tre compartimenti gli elettrodi sono collocati nelle celle 1 e 3.

Una membrana anionica separa i comparti 1 e 2 ed una membrana cationica separa i comparti 2 e 3.

Impianti Meccanici

26

Impianti di trattamento delle acque primarie

DISSALAZIONE DELLE ACQUE DI MARE E SALMASTRE

ELETTRODIALISI

Se l'elettrodo nel comparto 3 funziona da anodo sia gli anioni che i cationi si accumulano nel nel comparto 2.

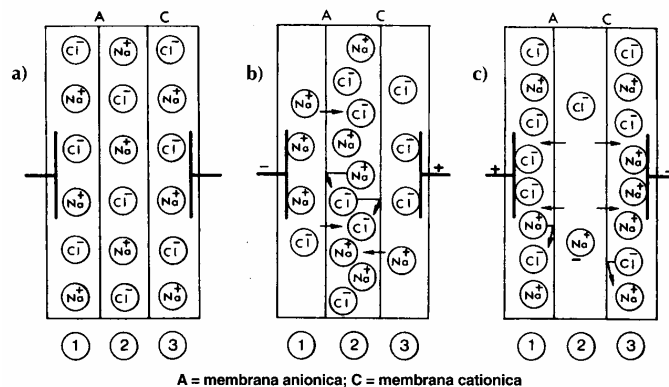
Quando la corrente viene invertita cationi ed anioni escono dal comparto 2 e l'acqua in esso contenuta risulta dissalata, mentre nei compartimenti adiacenti si arricchisce di sale.

Impianti Meccanici

27

Trattamenti delle acque primarie

DISSALAZIONE DELLE ACQUE DI MARE E SALMASTRE



Elettrodialisi – Membrane selettive permeabili

Impianti Meccanici

28

Impianti di trattamento delle acque primarie

DISSALAZIONE DELLE ACQUE DI MARE E SALMASTRE

ELETTRODIALISI

In pratica si realizzano impianti costituiti da numerosi compartimenti separati alternativamente da membrane permeabili ai cationi ed agli anioni.

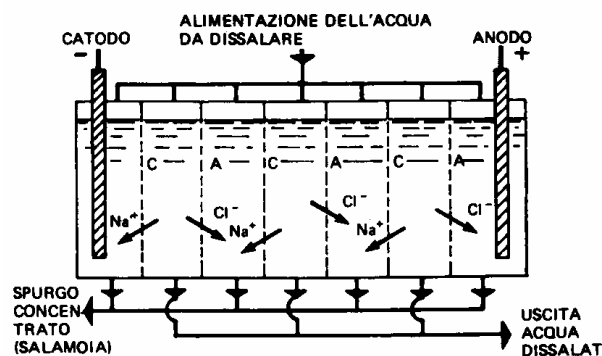
L'elemento base, chiamato "*coppia di celle*" consiste di due compartimenti, uno di diluizione e uno di concentrazione, e in due membrane, una a scambio anionico ed una a scambio cationico.

Impianti Meccanici

29

Trattamenti delle acque primarie

DISSALAZIONE DELLE ACQUE DI MARE E SALMASTRE



Elettrodialisi – Schema di una unità di elettrodialisi

Impianti Meccanici

30

**Impianti di
trattamento delle
acque primarie**

**DISSALAZIONE DELLE
ACQUE DI MARE E
SALMASTRE**

OSMOSI INVERSA

Due soluzioni acquose, aventi concentrazioni saline differenti, sono separate da una membrana semipermeabile (permeabile all'acqua pura, ma non alle sostanze disciolte o alle particelle colloidali).

Dalle due parti della membrana si stabilisce una differenza di pressione, evidenziata da una differenza di livello tra le due soluzioni.

L'acqua attraversa la membrana dal compartimento in cui la concentrazione salina è minore verso quello in cui la concentrazione è maggiore.

La pressione dell'acqua salina aumenta.

Impianti Meccanici

31

**Impianti di
trattamento delle
acque primarie**

**DISSALAZIONE DELLE
ACQUE DI MARE E
SALMASTRE**

OSMOSI INVERSA

Il flusso d'acqua attraverso la membrana tende a diminuire fino a cessare completamente quando la contropressione esercitata dalla colonna d'acqua della soluzione più concentrata raggiunge un valore limite.

" Equilibrio osmotico " .

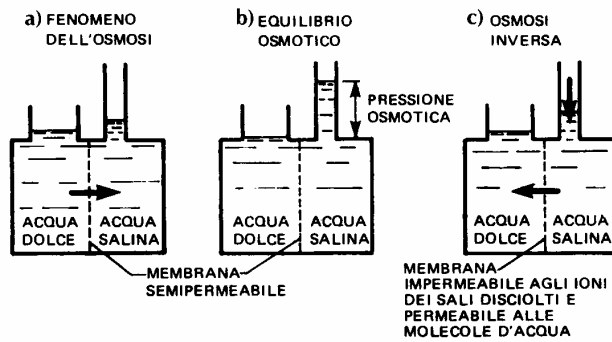
Se sulla soluzione concentrata ed in equilibrio si esercita una pressione esterna superiore alla pressione osmotica, si verifica la inversione del flusso e pertanto la soluzione si concentra ulteriormente.

Impianti Meccanici

32

Trattamenti delle acque primarie

DISSALAZIONE DELLE ACQUE DI MARE E SALMASTRE



Osmosi inversa – Equilibrio osmotico

Impianti Meccanici

33

Impianti di trattamento delle acque primarie

DISSALAZIONE DELLE ACQUE DI MARE E SALMASTRE

OSMOSI INVERSA

Su tale principio si basa il metodo della dissalazione detto di osmosi inversa.

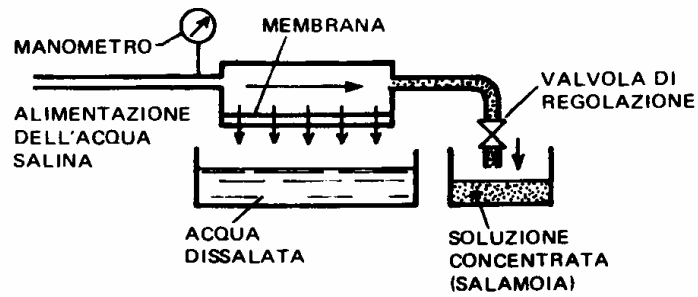
Con membrane in acetato di cellulosa o in poliammide si può ottenere, da acque salmastre, acqua dolce contenente meno del 10% della salinità iniziale.

Impianti Meccanici

34

Trattamenti delle acque primarie

DISSALAZIONE DELLE ACQUE DI MARE E SALMASTRE



Osmosi inversa

Impianti Meccanici

35

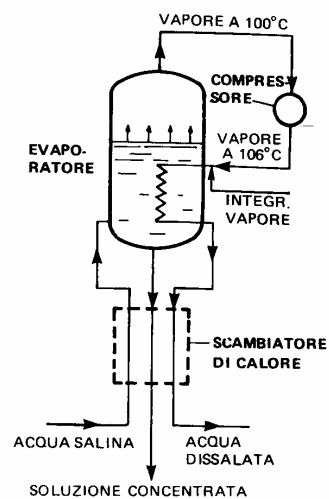
Trattamenti delle acque primarie

Altri sistemi di dissalazione :

Termocompressione

Distillazione solare

Congelamento



Impianti Meccanici

36

Trattamenti delle acque primarie

Resine

Resine	Tipo	Forma	Rigenerante	Impieghi	Esempi
Cationiche	forti	Na	NaCl	trasformazione dei sali di calcio e magnesio nei sali di sodio corrispondenti	addolcimento
		H	HCl H ₂ SO ₄	scambio di tutti i cationi dei sali disciolti nell'acqua (con idrogeno) che vengono così trasformati nei corrispondenti acidi liberi	demineralizzazione
	deboli	H	HCl H ₂ SO ₄	scambio dei cationi dei bicarbonati disciolti nell'acqua	decarbonatazione
Anioniche	forti	OH	NaOH	scambio degli anioni degli acidi forti (con ioni ossidrilici), compresi acido carbonico e silice	demineralizzazione totale
	deboli	OH	NaOH	scambio degli anioni degli acidi forti (con ioni ossidrilici), ma non dell'acido carbonico e della silice	demineralizzazione senza decarbonatazione e desilicizzazione

Impianti Meccanici

37

Impianti di trattamento delle acque primarie

DISSALAZIONE DELLE ACQUE DI MARE E SALMASTRE

SCELTA DEL PROCESSO DI DISSALAZIONE

- natura e concentrazione dei sali disciolti nell'acqua;
- portata di acqua da dissalare;
- risorse energetiche disponibili in loco e loro costo;
- costi unitari di produzione dell'acqua pura;
- grado di purezza dell'acqua ottenuta;
- referenze tecnico-economiche relative ad impianti già funzionanti.

Impianti Meccanici

38

**Impianti di
trattamento delle
acque primarie**

FINE DELLA LEZIONE

**Impianti di
trattamento delle
acque primarie**

TITOLO PARAGRAFO

TITOLO SLIDE

Testo 1

Testo 2

Testo 3

Testo 4

Testo 5

Testo 6

Commento