

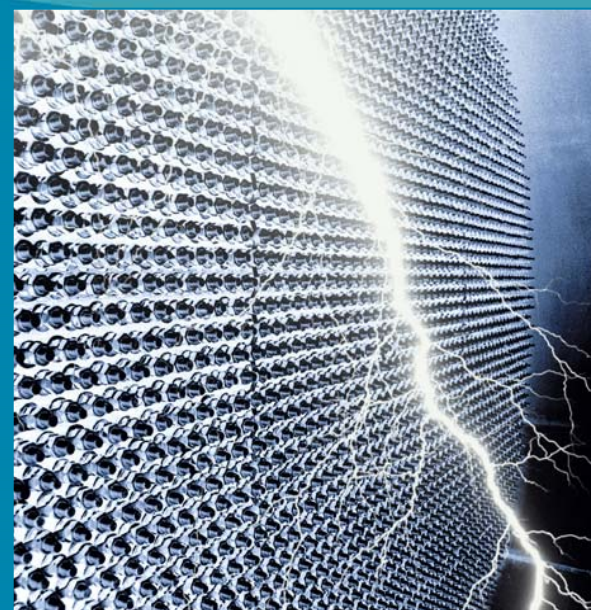
ECOMONDO – Rimini – 04 Novembre 2015

**WEDECO**  
a xylem brand

**xylem**  
Let's Solve Water

# *Applicazione dell'O<sub>3</sub>zono nel trattamento delle acque potabili*

ING. FEDERICO DALLERA



# Cos'è l'Ozono?

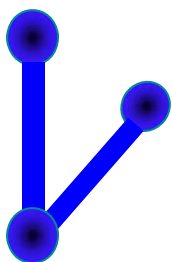
- Gas di colorazione tendente al bluetto, ma non visibile a concentrazioni < 20 wt%
  - Dal caratteristico odore pungente (molto sensibile al nostro naso)
    - Soglia di percezione ~0.01ppm.v
  - é un potente ossidante multifunzionale: utilizzato ad es. per disinfezione, riduzione colore, riduzione COD,....
  - NON è un combustibile
- Breve vita (non può essere trasportato – deve essere generato in sito):
    - ✓ da secondi fino a 25 min in acqua
    - ✓ da secondi fino a 12 ore in aria
    - ✓ se ne produce in base alla domanda
  - Soluzioni per sistemi integrati in combinazione con filtrazione, trattamento biologico etc...
  - Impianto di produzione ozono: Gas di alimentazione, generatore ozono, sistema di miscelazione gas / sezione di contatto, gestione dell'off-gas, strumentazione di misura, prescrizioni di sicurezza...

# Cos'è l'Ozono?

Formula chimica:	O <sub>3</sub>
Peso molecolare:	48 g/mol
Densità @ 1013 mbar, 0°C:	2,14 kg/m <sup>3</sup>
Valore massimo in ambiente:	0,1 ppm.v 0,2 mg/m <sup>3</sup> aria
Soglia di percezione odore:	0,01 ppm.v
Potenziale Redox:	2,07 V

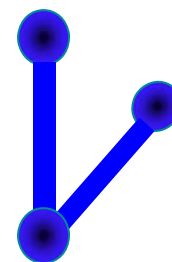
## Potenziale di ossidazione di altri agenti ossidanti:

- Cloro	1,36 V
- Ossigeno (mol.)	1,23 V
- Biossido cloro	1,27 V
- Radicale OH°	2,8 V
- Ipoclorito	1,49 V



Gas di colore tendente al blu, di odore forte e pungente  
→ è assoggettato a leggi e prescrizioni di sicurezza

OZONO [greco = odorare]



# Come agisce l'Ozono?

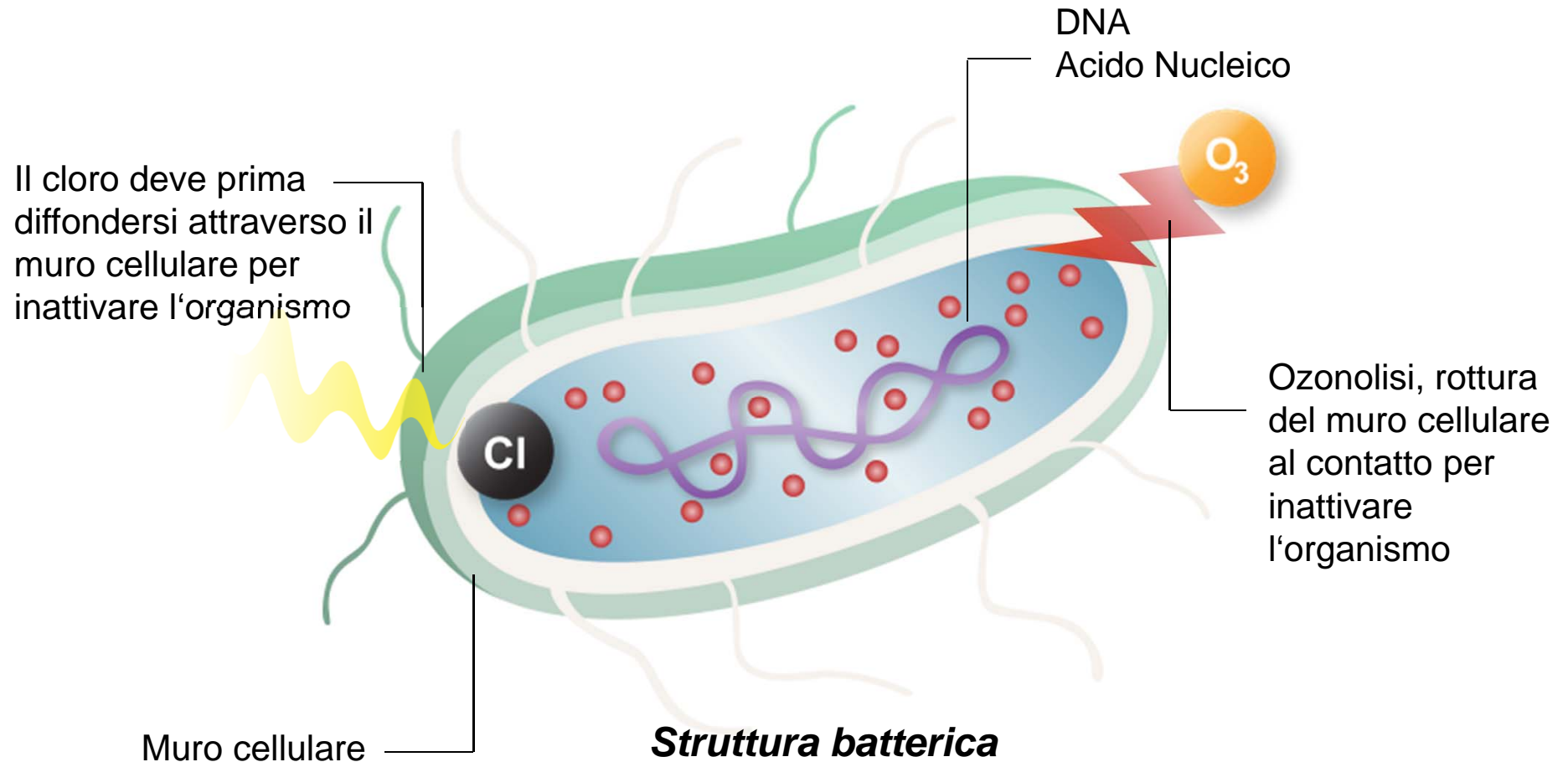
- L'Ozono agisce come ossidante
- Il meccanismo di ossidazione segue due percorsi:
  - Diretto - contatto della molecola sul contaminante
  - Indiretto - l'ozono si decompone in radicali ossidrili, più potenti ma di breve vita
- Entrambe le reazioni avvengono simultaneamente
- Siccome il Cloro è ancora l'agente ossidante e disinfettante più conosciuto, l'ozono viene spesso comparato con il cloro

Ossidante	Potenziale in V	Ossidante	Potenziale in V
Radicale ossidrile	2.80	Ipoclorito di sodio	1.49
<b>Ozono</b>	2.07	Cloro	1.36
Perossido d'idrogeno	1.78	Biossido di Cloro	1.27
Permanganato di Potassio	1.70	Ossigeno	1.23

# Meccanismo di disinfezione

## Cloro Vs Ozono

L'ozono agisce **3000** volte più velocemente del cloro come battericida



# Confronto Ozono / Cloro per la Disinfezione

**C\*T = Concentrazione (dose) x Tempo di contatto**

Valori più elevati del C\*T => maggiore dosaggio oppure maggior tempo di contatto => in entrambi i casi sono costi più elevati!

Exhibit 2.7: Comparison of CT Values for Free Chlorine and Ozone

Log Removal	Giardia						Viruses					
	<1° C		10° C		20° C		<1° C		10° C		20° C	
	Cl	O <sub>3</sub>	Cl	O <sub>3</sub>	Cl	O <sub>3</sub>	Cl	O <sub>3</sub>	Cl	O <sub>3</sub>	Cl	O <sub>3</sub>
0.5	40	0.48	21	0.23	10	0.12	--	--	--	--	--	--
1	79	0.97	42	0.48	21	0.24	--	--	--	--	--	--
2	158	1.9	83	0.95	41	0.48	6	0.9	3	0.5	1	0.25
3	237	2.9	125	1.43	62	0.72	9	1.4	4	0.8	2	0.4

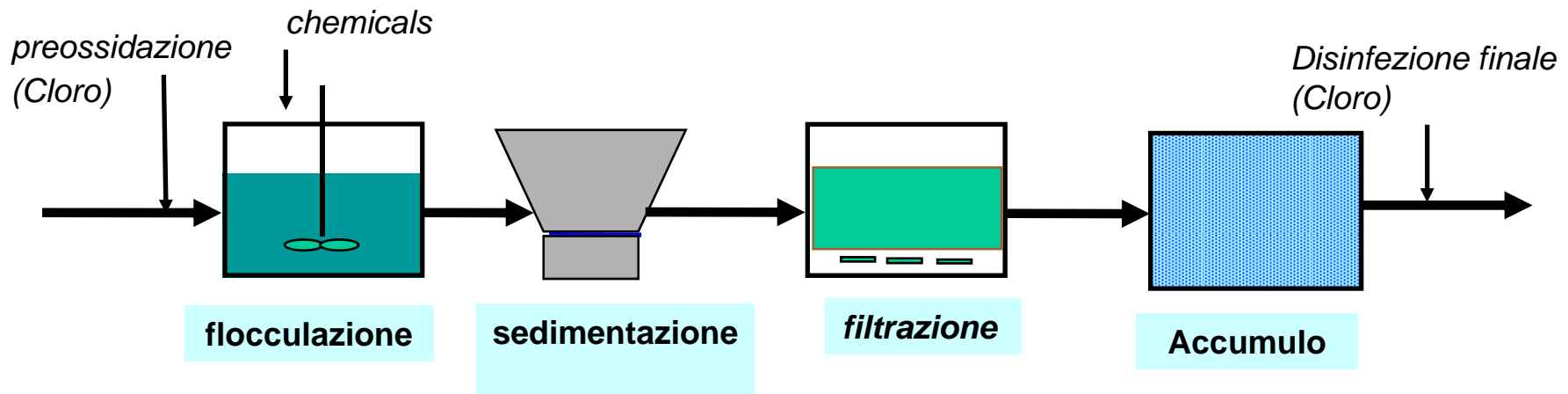
Note: -- Data not available  
Source: USEPA (1990)

Circa 88 volte più alto per il Cloro rispetto all'Ozono!

# *Il trattamento delle acque potabili con O<sub>3</sub>zono*



# Schema tipico di un impianto di potabilizzazione per acque superficiali tradizionale



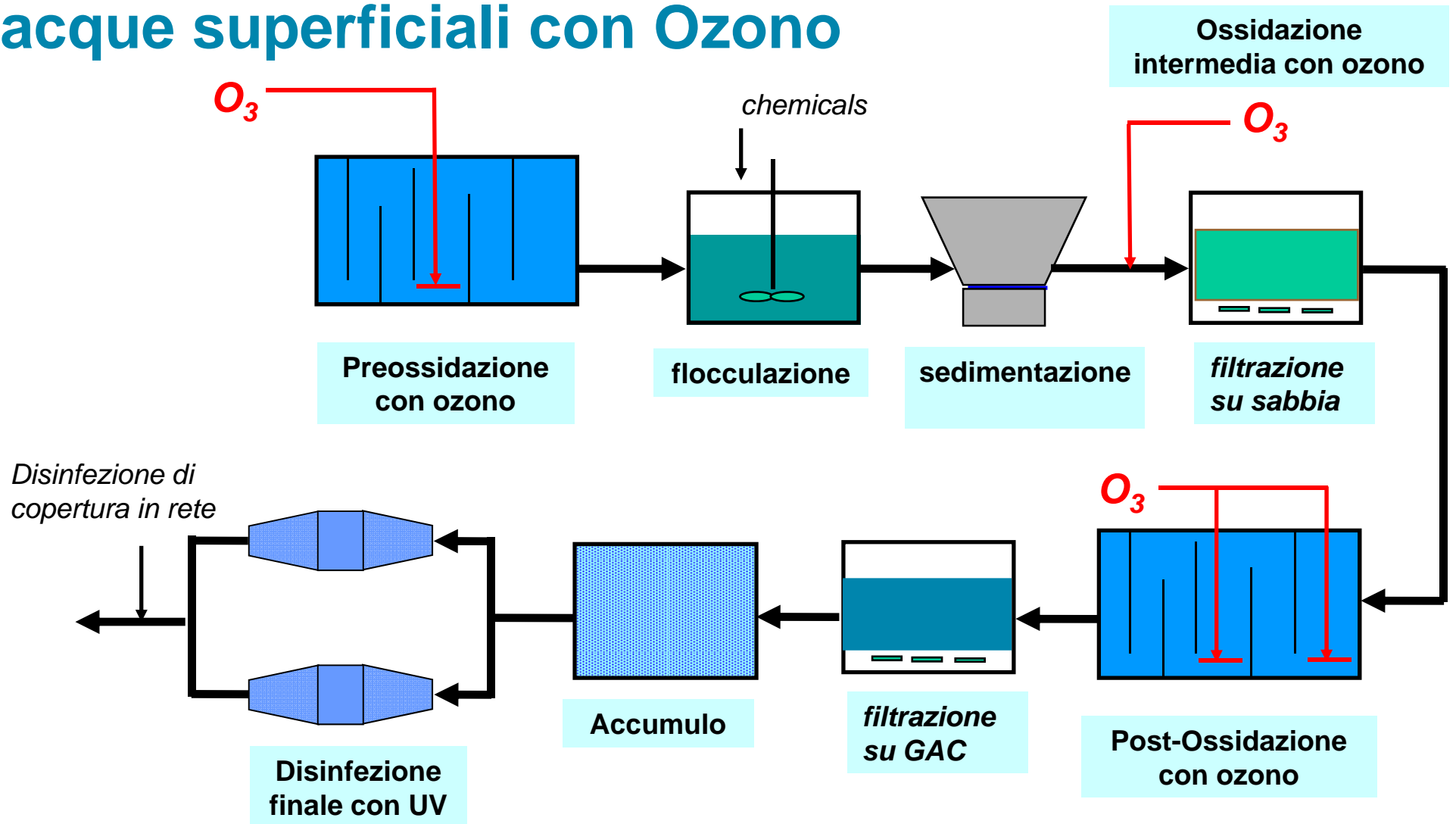
## Problemi potenziali:

- Rimozione insufficiente dei composti organici
- Formazione di THM con l'ossidazione di materiale organico
- Presenza di sapore ed odore
- Nessuna rimozione delle tossine algali
- Disinfezione inadeguata: Protozoi come *Cryptosporidium*, *Giardia Lamblia* (forme resistenza cisti)

**L'acqua non è conforme ai limiti legislativi**



# Schema di un impianto di potabilizzazione per acque superficiali con Ozono



# Pre-ossidazione / Ossidazione intermedia

*A seconda se utilizziamo l'ozono prima della flocculazione o della filtrazione*

## 1. MIGLIORAMENTO COAGULAZIONE

L'Ozono produce la polarizzazione delle molecole incrementando la capacità di aggregazione

*Migliora la sedimentazione*

*Riduce la presenza dei composti organici*

*Risparmio nell'utilizzo dei chemicals e nella gestione*

## 2. OSSIDAZIONE DI FERRO E MANGANESE

L'Ozono trasforma i sali solubili in ossidi o idrossidi insolubili. Gli idrossidi dei metalli sono facilmente rimovibili.

## 3. CONTROLLO DEL SAPORE E DELL'ODORE

La presenza di sapori ed odori nelle acque è spesso **dovuta** alla clorazione dei composti organici naturali: fenoli, solfuro d'idrogeno, Alghe,...

*Cloro + Fenoli = sapore + composti tossici*

*Con l'ossidazione dei composti organici con l'ozono si elimina sapore ed odore dall'acqua*

# Pre-ossidazione / Ossidazione intermedia

*A seconda se utilizziamo l'ozono prima della flocculazione o della filtrazione*

## 4. OSSIDAZIONE PRECURSORI ALLA FORMAZIONE DI TRIALOMETANI

L'Ozono distrugge i composti organici precursori alla formazione dei THM

## 5. ALGHE E SOTTOPRODOTTI

Le Alghe possono essere trattate in due steps :

- *In **pre-ossidazione** prima della flottazione o filtrazione: azione diretta*
- *In **ozonazione intermedia**, l'ozono riduce le tossine, il sapore e gli odori prodotti dalle alghe*

## 6. OSSIDAZIONE DEI NITRITI

Nelle acque di sottosuolo

## 7. OSSIDAZIONE DEI SOLFURI

Nelle acque di sottosuolo, spesso responsabili di cattivi odori

# Dosaggi – Pre-ossidazione

## 1. MIGLIORAMENTO COAGULAZIONE

L'Ozono produce la polarizzazione delle molecole incrementando la capacità di aggregazione

→ *Migliora la sedimentazione*

→ *riduce la presenza dei composti organici*

→ *risparmio nell'utilizzo dei chemicals e nella gestione*

**Dosaggio tipico: 0,5 – 1,5 gO<sub>3</sub>/m<sup>3</sup>**

**Tempo contatto tipico: 2-5 minuti**

# Dosaggi – Pre-ossidazione

## 2. OSSIDAZIONE DI FERRO E MANGANESE

- L'Ozono trasforma i sali solubili in ossidi o idrossidi insolubili
- Gli idrossidi dei metalli sono rimossi facilmente tramite sedimentazione
- I composti organici legati a Ferro/Manganese non vengono ossidati con aria o ossigeno
- Il Cloro non ossida il manganese

**Rapporto stechiometrico:** 0.43 mgO<sub>3</sub>/mg Fe – 0.87 mgO<sub>3</sub>/mg Mn

**Tempo contatto tipico:** 5 – 10 minuti

**Acqua superficiale:** Aggiungere 0.5 mgO<sub>3</sub>/mg TOC

***Nota: sovradosaggi possono produrre permanganato (acqua color rosa) !!***

# Dosaggi – Pre-ossidazione

## 3. CONTROLLO DEL SAPORE E DELL'ODORE

La presenza di sapori ed odori nelle acque è spesso dovuta alla clorazione dei composti organici naturali: fenoli, solfuro d'idrogeno, Alghe,...

- Cloro + Fenoli = sapore + composti tossici
- Con l'ossidazione dei composti organici con l'ozono:
  - *Nessun sapore ed odore*
  - *Nessun composto tossico*

**Dosaggio tipico** : **0,5 – 2 gO<sub>3</sub>/m<sup>3</sup>**

**Tempo contatto tipico** : **2-5 minuti**

# Dosaggi – Pre-ossidazione

## 4. Differenti precursori THM:

- Resorcinolo (fenoli)
- Anilina
- Fenoli e Polifenoli
- Acido benzoico
- Aldeide salicilica

## ➡ Differenti THM's +CL<sub>2</sub>

- Cloroformio
- Bromoformio
- Bromodiclorometano
- Dibromoclorometano
- Cloro, dicloro e tricloro acido acetico
- Bromo, dibromo e tribromo acetoneitrile
- Cloro e bromo propano, cloro e bromo nitrometano

  
L'Ozono distrugge i precursori!

# Dosaggi – Pre-ossidazione

## 5. ALGHE E SOTTOPRODOTTI

Le Alghe possono essere trattate in due steps :

- *In pre-ozonazione prima della flottazione o filtrazione: azione diretta*

**Dosaggio tipico** : 2 gO<sub>3</sub>/m<sup>3</sup>

**Tempo di contatto tipico** : 3 minuti

- *In ozonazione intermedia, l'ozono riduce le tossine, il sapore e gli odori prodotti dalle alghe*

**Dosaggio tipico** : 3-5 gO<sub>3</sub>/m<sup>3</sup>

**Tempo di contatto tipico** : 10 minuti



# Dosaggi – Pre-ossidazione

## 6. ELIMINAZIONE DEI NITRITI (Acque di sottosuolo)

L'Ozono trasforma  $\text{NO}_2$  (Nitriti) in  $\text{NO}_3$  ( Nitrati) in pre or inter ozonazione

Dosaggio tipico : 1 - 2  $\text{mgO}_3$  /  $\text{mg NO}_2$

Tempo di contatto tipico : 1-3 minutes

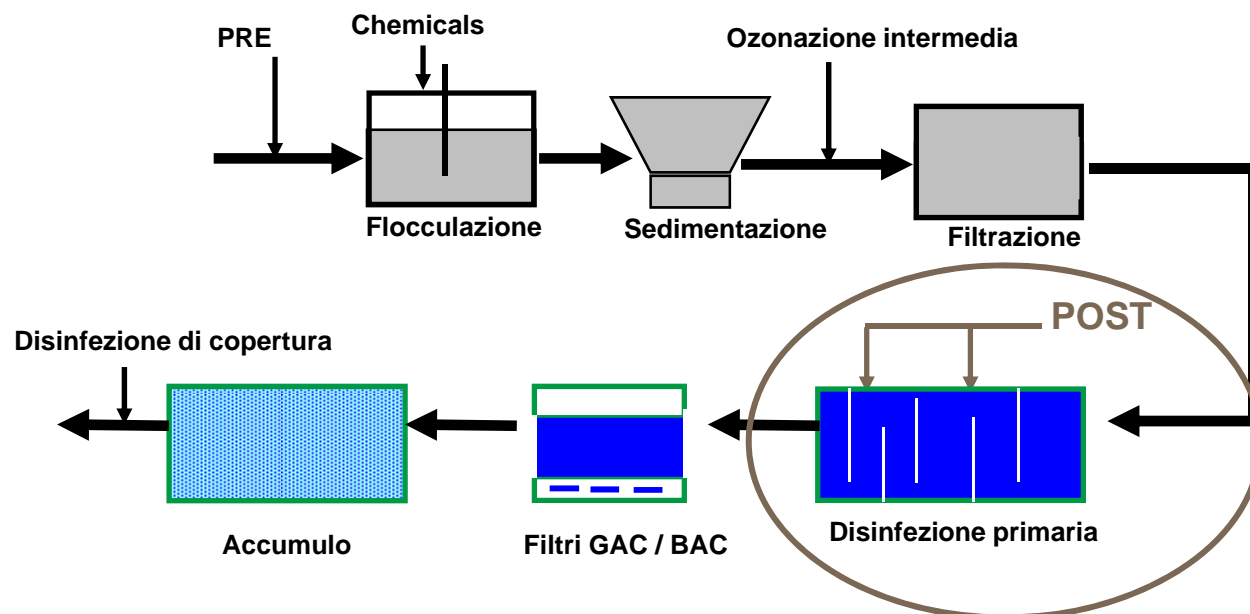
## 7. SOLFURO D'IDROGENO (Acque di sottosuolo)

Odore di uova marce. Alto consumo di ozono.

Dosaggio tipico : 3.5  $\text{mgO}_3$  /  $\text{mgH}_2\text{S}$

Tempo di contatto tipico : 1-3 minuti

# Dosaggi – Post-ossidazione



## Ozono in combinazione con filtrazione a sabbia o GAC/BAC

- ✓ 1 RIDUZIONE DEL MATERIALE ORGANICO
- ✓ 2 RIMOZIONE COLORE
- ✓ 3 RIDUZIONE PESTICIDI
- ✓ 4 DISINFEZIONE
- ✓ **MICROINQUINANTI: EDC'S PCP'S**

# L'utilizzo dell'ozono per la rimozione dei microinquinanti

Ogni tipo di acqua presenta una sua particolare **contaminazione o sostanze indesiderate**

Falda



Acqua superficiale



Riutilizzo



Reflui Municipali



Reflui Industriali



Tutte però sono accomunate dalla presenza di **micro contaminanti emergenti** → **“CORTO CIRCUITO”**

# L'utilizzo dell'ozono per la rimozione dei microinquinanti

Microinquinanti: sostanze presenti in basse concentrazioni che sono difficili o impossibili da rimuovere con le tecnologie di trattamento convenzionali.

**Endocrine Disrupting Compounds (EDC's):** sostanze che afferiscono sulle funzioni ormonali

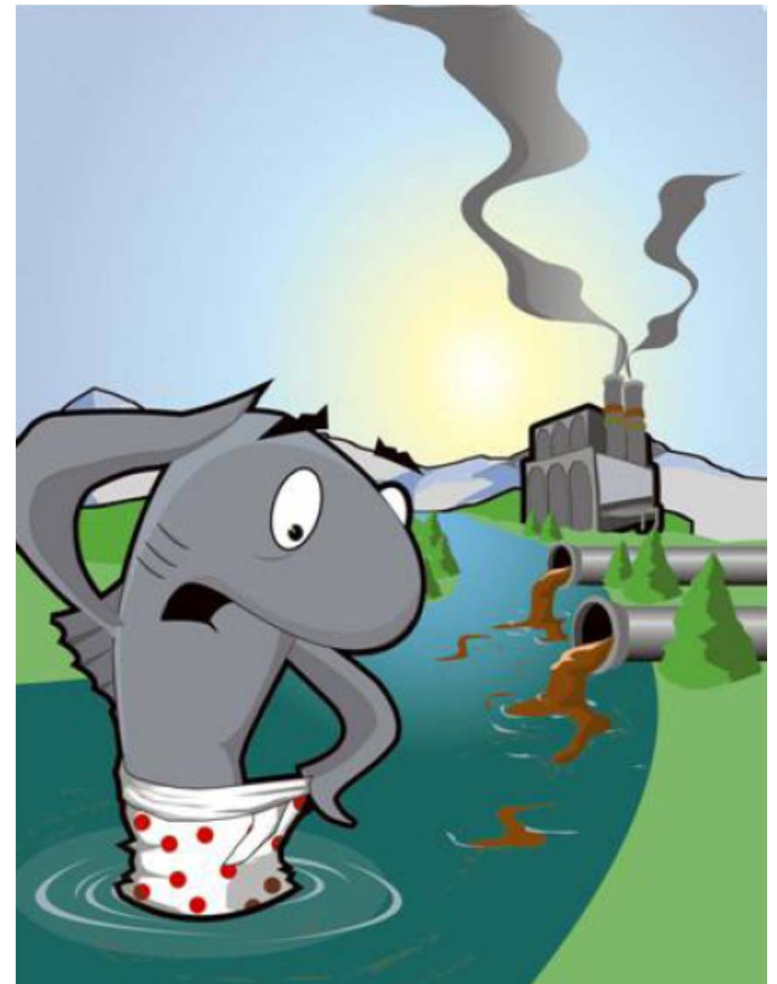
**Personal Care Products (PCPs):** fragranze, creme di protezione solare, prodotti di pulizia, etc.

EDC's, prodotti farmaceutici e di cura della persona costituiscono gruppi di microcontaminanti emergenti

# L'utilizzo dell'ozono per la rimozione dei microinquinanti

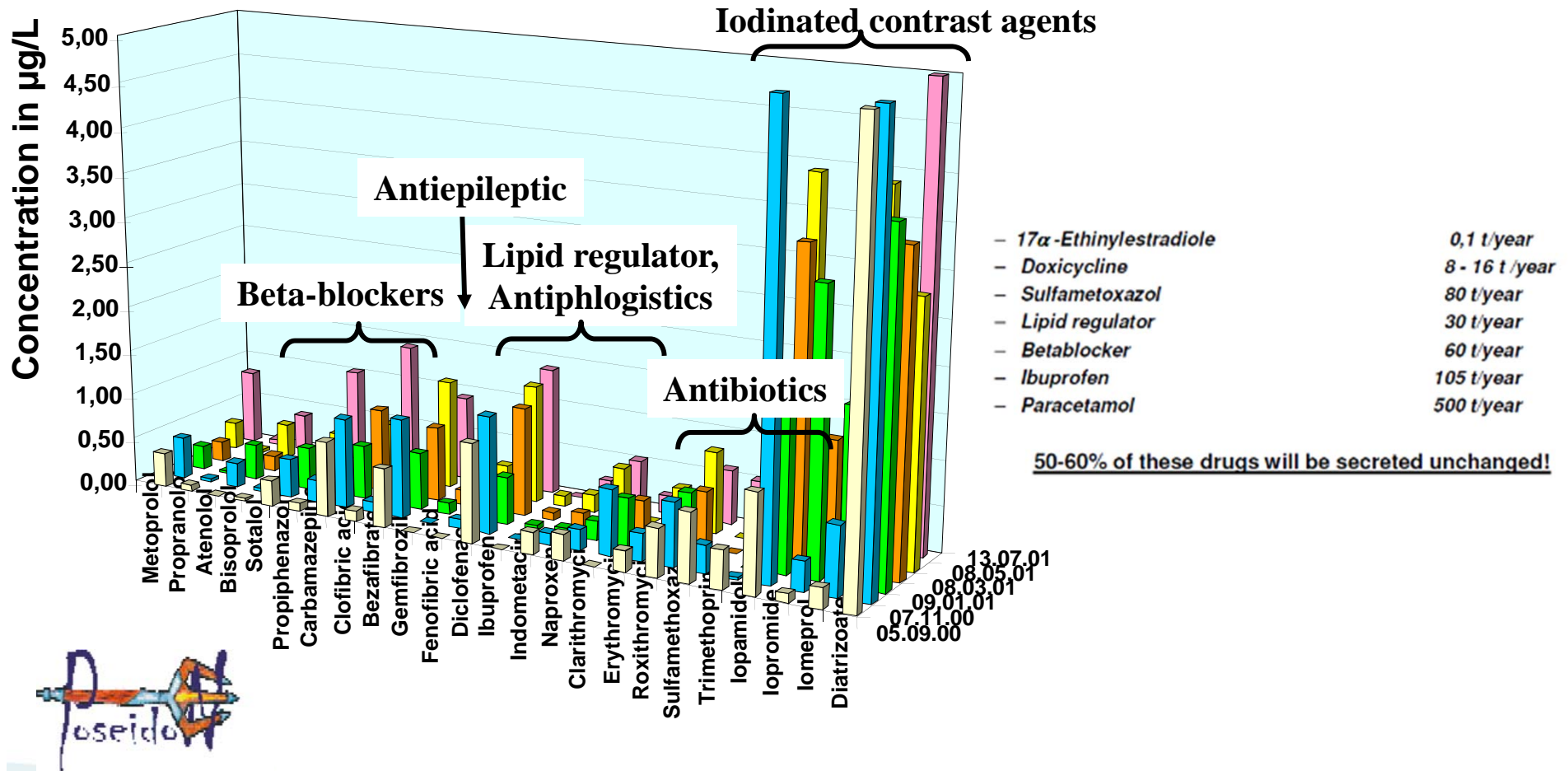
## Effetti sulla salute di animali ed esseri umani

- La presenza degli EDC's ha un impatto negativo sul nostro ecosistema
- Impatto sui pesci:
  - Fenomeni evidenti di scambio di sessualità maschile
  - Diminuzione della fertilità maschile
- Impatto sugli esseri umani:
  - Riduzione della fertilità
  - Aumento dell'incidenza tumorale



# L'utilizzo dell'ozono per la rimozione dei microinquinanti

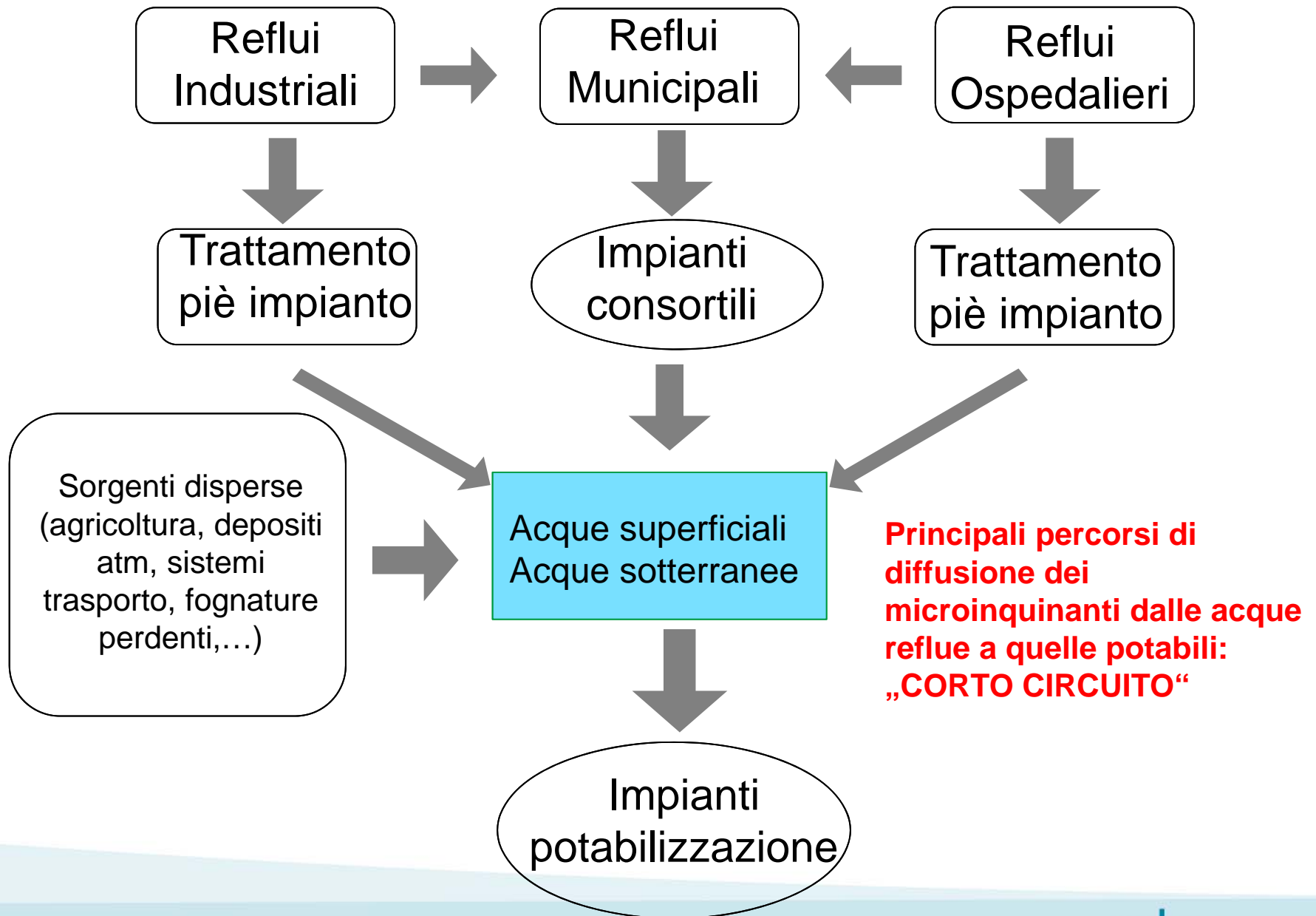
Sostanze trovate in micro-concentrazioni – rapporto Poseidon progetto EU: «Assessment of Technologies for the Removal of Pharmaceuticals and Personal Care Products in Sewage and Drinking Water Facilities to Improve the Indirect Potable Water Reuse»



# L'utilizzo dell'ozono per la rimozione dei microinquinanti



# L'utilizzo dell'ozono per la rimozione dei microinquinanti



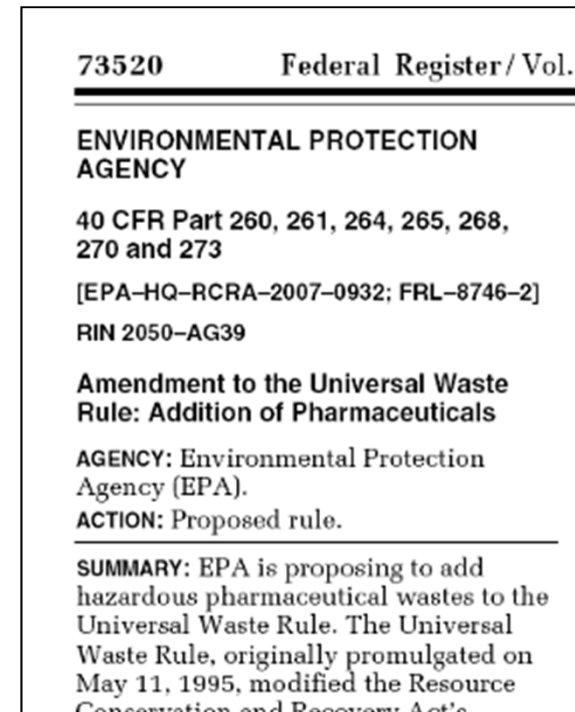


# L'utilizzo dell'ozono per la rimozione dei microinquinanti

Esiste una legislazione???



The screenshot shows the EPA Compliance Assistance website. The header includes the EPA logo and navigation links like 'Recent Additions' and 'Contact Us'. The main content area is titled 'Pharmaceuticals' and features a search bar with a message: 'You will need Adobe Reader to view s...'. Below this, there is a 'Reports' section with several links to documents, including 'EPA/CMA Root Cause Analysis Pilot Project: An Industrial Survey', 'Compliance Improvement Tool (CIT) - (9/9/98)', 'Process-Based Self-Assessment Tool for the Organic Chemical Industry', 'Inorganic Chemical Manufacturing Statutory and Regulatory Summaries', and 'Pharmaceutical Manufacturing Statutory and Regulatory Summaries'.



The screenshot shows a Federal Register notice from the Environmental Protection Agency. The notice number is 73520 and it is from the Federal Register/Vol. The notice title is 'Amendment to the Universal Waste Rule: Addition of Pharmaceuticals'. The notice is dated 40 CFR Part 260, 261, 264, 265, 268, 270 and 273. The notice number is [EPA-HQ-RCRA-2007-0932; FRL-8746-2] and the RIN is 2050-AG39. The notice is from the Environmental Protection Agency (EPA). The action is a proposed rule. The summary states: 'EPA is proposing to add hazardous pharmaceutical wastes to the Universal Waste Rule. The Universal Waste Rule, originally promulgated on May 11, 1995, modified the Resource Conservation and Recovery Act's'.

# L'utilizzo dell'ozono per la rimozione dei microinquinanti

- **Direttiva 2013/39/UE – per quanto riguarda le sostanze prioritarie nel settore della politica delle acque**

## **SVIZZERA**

Misure a piè di impianto (End of pipe-measures)

- » Larghi WWTP (> 100.000 AE): riduzione del carico
- » WWTP che influenzano le riserve di acque potabili (> 30.000 AE): protezione delle fonti di approvvigionamento idropotabile
- » WWTP che recapitano in canali con piccola diluizione (> 10.000 AE)

## **CONSEGUENZE DELLA DIRETTIVA**

- » 100 / 750 WWTP coinvolti
- » Trattamento di circa 50% dell'acqua di scarico in Svizzera
- » Goal: 80% MP-load reduction
- » Costi annuali: 100 Mio. €/y (CAPEX/OPEX; incrementato di ca. 10%)
- » [www.micropoll.ch](http://www.micropoll.ch)

## L'utilizzo dell'ozono per la rimozione dei microinquinanti

- In ITALIA NON esiste ancora l'applicazione di alcuna direttiva.....Ma se NON esiste una legge, significa che siamo autorizzati a non far nulla????



# Dosaggi – Post-ossidazione

## 1. RIDUZIONE DEL MATERIALE ORGANICO

Ozono => ossigeno disciolto => migliora il processo biologico aerobico  
L'Ozono rompe le grandi catene molecolari in gruppi più piccoli e biodegradabili

- Aumenta la vita media del carbone
- Riduce la frequenza dei controlavaggi
- Trasforma parte del COD refrattario in BOD
- Riduzione del Colore e Odore

Tipico dosaggio  $O_3$ : 1.5 - 3 g $O_3$ /m<sup>3</sup>

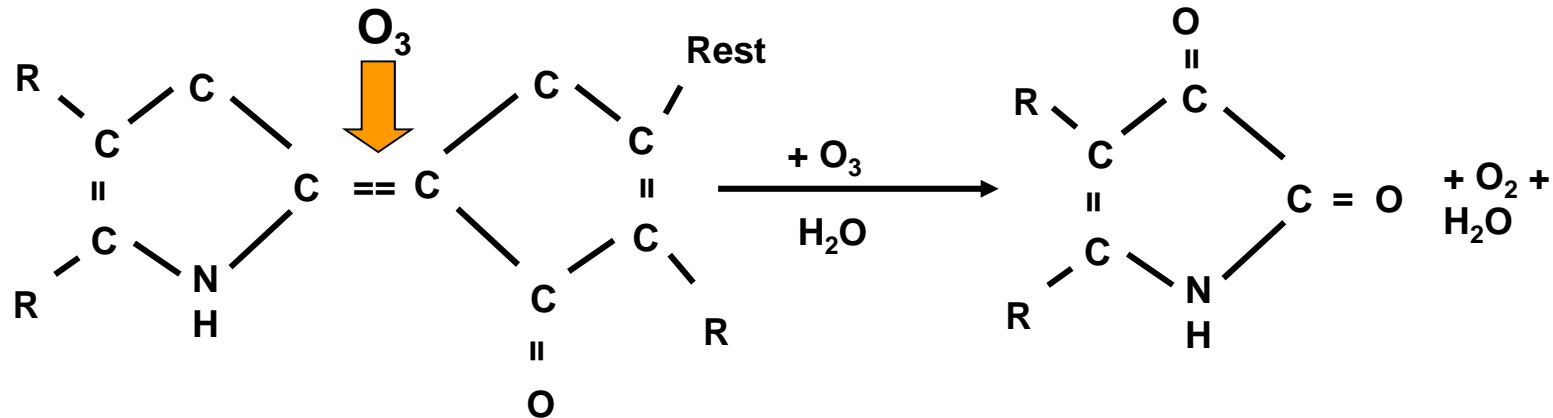
Tipico tempo di contatto : 5 min

# Dosaggi – Post-ossidazione

## 2. RIDUZIONE DEL COLORE

Il colore nelle acque superficiali deriva dal materiale organico naturale presente (acidi umici, fulvici, tannici,...)

„Cracking “ colore blue



# Dosaggi – Post-ossidazione

## 3 PESTICIDI

- L'Ozono, in combinazione con  $H_2O_2$  permette la riduzione di pesticidi come Atrazina, Simazina, etc..

**Dosaggio ozono tipico: 3 gO<sub>3</sub>/m<sup>3</sup>**

**Tempo di contatto tipico: 15 minuti**

**Attenzione a controllare l'eventuale formazione di bromati!!**

# Dosaggi – Post-ossidazione

## 4. DISINFEZIONE

L'Ozono distrugge la membrana cellulare dei batteri.

Per il raggiungimento dei risultati i microrganismi devono essere in contatto con  $O_3$  (mg/l) per un certo periodo di tempo (minuti) : si parla di **C\*T index**.

Dosaggio tipico per ottenere 3 Log di disinfezione batterica:

**3.0 mg/l**

Tempo di contatto tipico: **4 minuti**

# Potenzialità di utilizzo nei trattamenti di potabilizzazione

## Parametri indicatori, stabiliti dalla direttiva 98/83/CE:

Sono menzionati **24** parametri chimici e **13** di questi **sono migliorati** in maniera diretta o indiretta **dall'utilizzo dell'ozono**, mentre 1 solo di questi, il **bromato**, viene controllato nel caso di utilizzo dell'ozono nel trattamento.

La formazione dei **bromati**, nel caso di utilizzo dell'ozono nel trattamento, può essere **controllata**:

***Mantenendo basso il valore di ozono residuo a valle del trattamento;***

***Riducendo al minimo il tempo di contatto in vasca;***

***Controllo sul pH (valore intorno a 6.5 - 7);***



# Sottoprodotti di disinfezione

## Principali sottoprodotti del Cloro

Cloroformio

Bromoformio

Bromodichlorometano

Dibromoclorometano

Cloro, dicloro e tricloro acido acetico

Bromo, dibromo e tribromo acetonitrile

Cloro e bromo propano, cloro e bromo nitrometano

## Principali sottoprodotti dell'Ozono

Bromato

# Sottoprodotti di disinfezione dell'ozono

Lo ione Bromato ( $\text{BrO}_3^-$ ) è considerato come genotossico **cancerogeno**

Livello di concentrazione ammissibile (USEPA, EU):  $10 \mu\text{g/l}$

Soglia di detenzione:  $2-5 \mu\text{g/l}$

Lo ione Bromato si forma dall'ossidazione del **Bromuro**

Il Bromuro si trova in alcune sorgenti di acqua potabile, principalmente (ma non solo) in quelle prossime alle aree costiere.



**L'acqua da trattare contiene Bromuri o Bromati?**

**Se si, in che concentrazione??**

# 5 – Sottoprodotti di disinfezione dell'ozono

COME LIMITARE LA FORMAZIONE DEI BROMATI ?

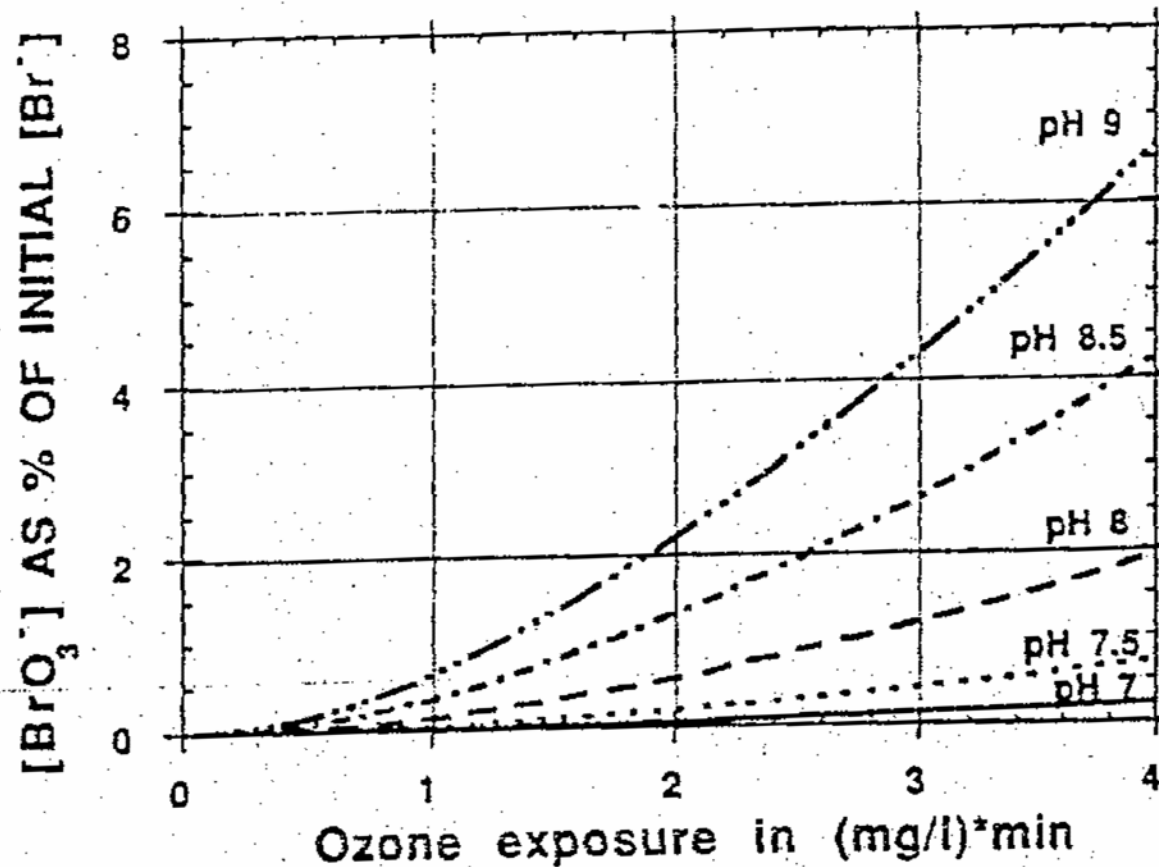
La Pre-Ozonazione, generalmente NON è un problema

- Brevi tempi di contatto / dosaggi limitati
- Presenza di Mn e materiale organico

La formazione dei Bromati dipende dal dosaggio ozono, dal tempo di contatto, pH, Manganese, TOC, Temperatura acqua, etc..

Agendo su questi parametri, quando possibile, si riduce la formazione.

# Sottoprodotti di disinfezione dell'ozono



ESEMPIO DI FORMAZIONE DI BROMATI IN FUNZIONE DI pH E DOSAGGIO O<sub>3</sub>

# EU Biocidal Products Regulation N. 528/2012 (BPR)

O3 è dichiarato come “sostanza attiva” dalla BPR a partire dal 01/09/2013

Per inserire l’ozono come sostanza normata occorrono n. 2 step di approvazione:

- Approvazione dell’O3 come sostanza attiva (Biocida). Ciò deve riflettere la rilevante azione biocida su applicazioni effettive → **Active Substance Dossier**
- Autorizzazione del “prodotto” generato dai singoli impianti → **Equipment-Specific Ozone**

**Entro 01/09/2016 l’Active Substance Dossier deve essere approvato dalla EU**

Autorizzazione del Prodotto coinvolge i Clienti finali ed è retroattiva → Wedeco opererà in conformità al BPR e ciò tutelerà tutti i nostri Clienti nell’EU

**Entro 2018 Ozono viene inserito anche nel REACH** (registrazione, valutazione, autorizzazione e restrizione delle sostanze chimiche )

WEDECO → [www.euro3zon.org](http://www.euro3zon.org)

# Caso applicativo

## IMPIANTO DI POTABILIZZAZIONE da 600 m<sup>3</sup>/h (50.000 AE)

Cliente finale : SOCIETA' MULTISERVIZI  
Applicazione : Pre-ossidazione / Ossidazione intermedia  
Schema impianto: **O<sub>3</sub>** – CF – SF – **O<sub>3</sub>** – GAC – ClO<sub>2</sub>  
Portata trattata: 600 - 1100 m<sup>3</sup>/h  
Dosaggio ozono: 0,5 – 2,5 gO<sub>3</sub>/m<sup>3</sup>  
Produttore ozono: SMO400S da 3,0 kg/h, alimentazione da Ossigeno

# Caso applicativo

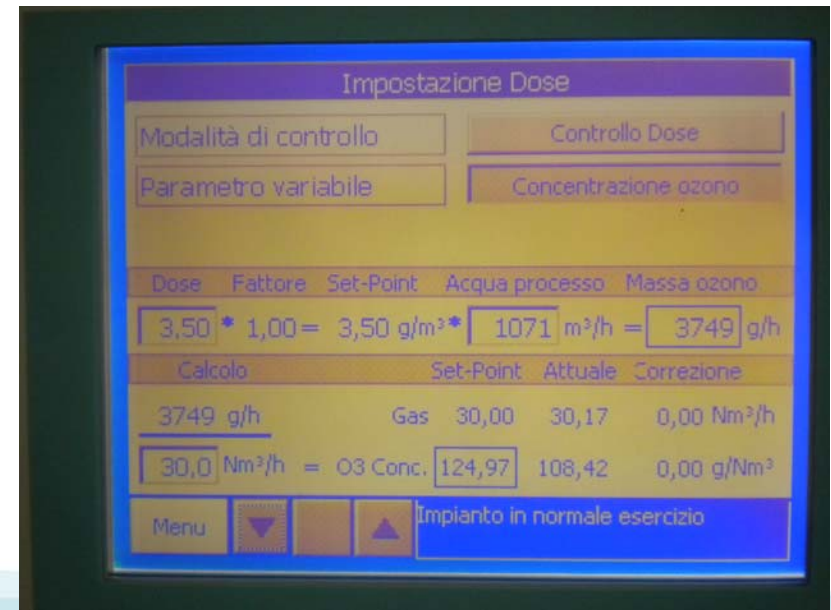
IMPIANTO DI POTABILIZZAZIONE da 600 m<sup>3</sup>/h (50.000 AE)

IMPIANTO VECCHIO



# Caso applicativo

**IMPIANTO NUOVO!!**





# *Aspetti impiantistici*



# Cenni Storici

1840 → Schönbein scopre il gas „Ozono“

1857 → Werner von Siemens inventa il primo tubo ozonogeno

1898 → Viene costruito il primo impianto ozono utilizzato

per combattere le epidemie di tifo e colera

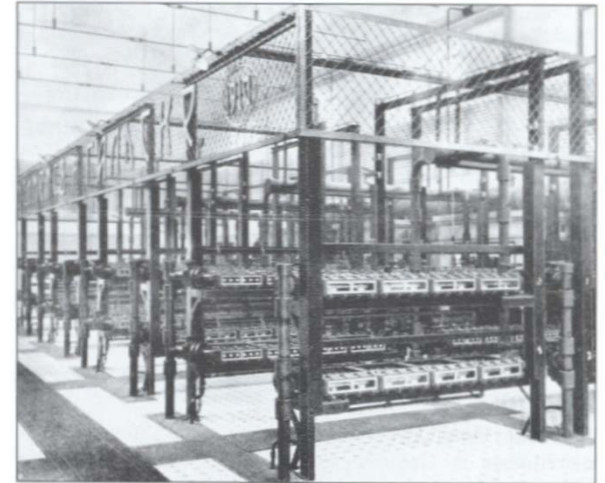
1910 → Viene costruito impianto trattamento acque

con O<sub>3</sub> a San Pietroburgo (Russia)

1920 → Cloro diventa applicabile rispetto all'O<sub>3</sub>

Dal 1960 → Ozono riguadagna importanza:

- I generatori di O<sub>3</sub> diventano più performanti e meno costosi
- O<sub>3</sub> offre diversi vantaggi rispetto al Cloro nel migliorare la qualità delle acque
- O<sub>3</sub> può essere utilizzato in vari modi

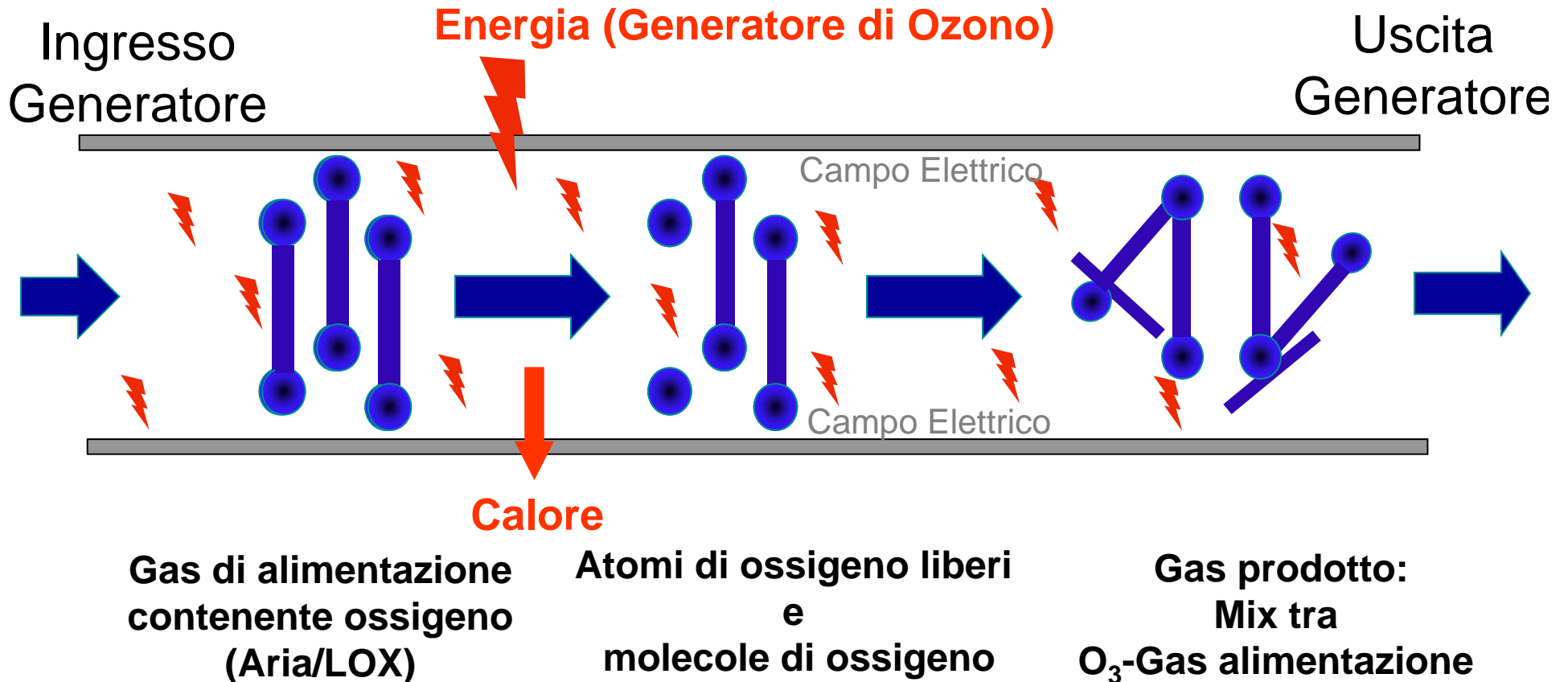


San Pietroburgo, 4 kgO<sub>3</sub>/h

***E' una tecnologia CONSOLIDATA!!***

# Come si produce l'Ozono?

All'interno di un opportuno campo elettrico



# Come si produce l'Ozono?

Tecnologia WEDECO  
EFFIZON HP

Come si produce un opportuno campo elettrico?

Elettrodo di  
alta tensione



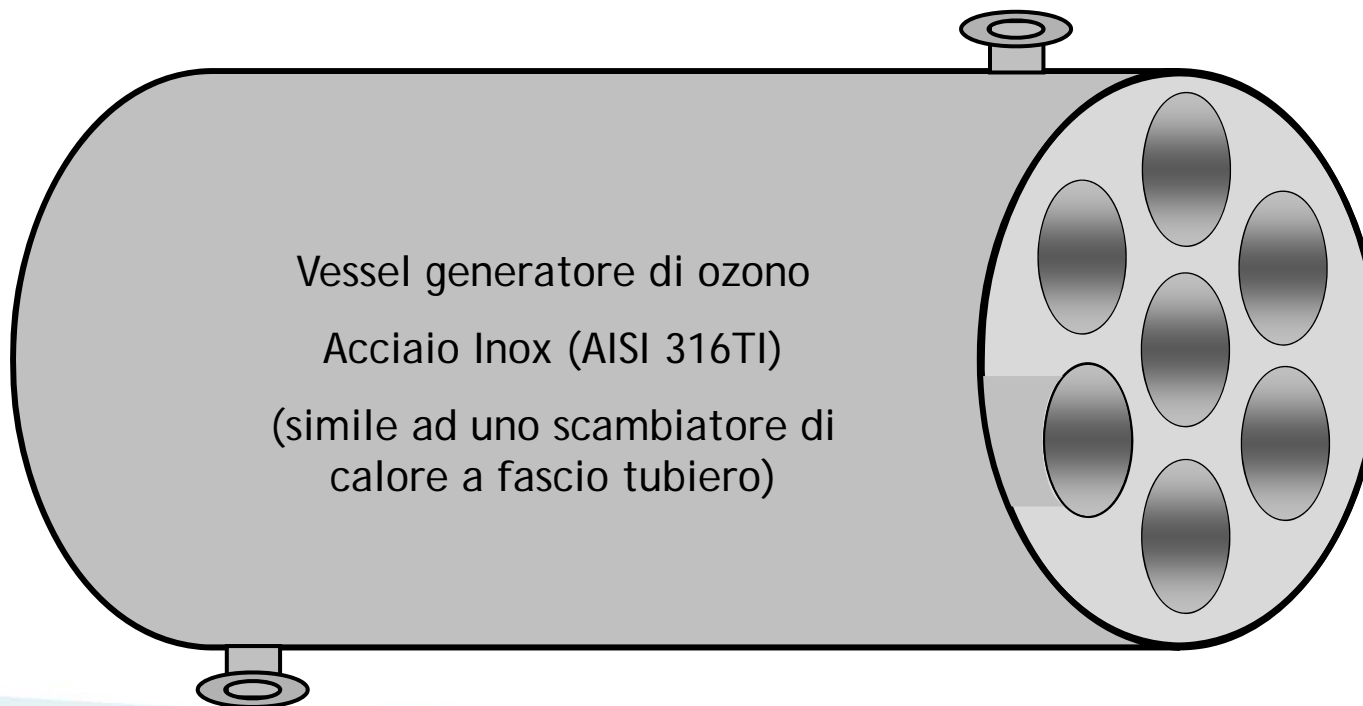
5500 Volt

Dielettrico

(vetro borosilicato)



Elettrodo  
di terra



Vessel generatore di ozono  
Acciaio Inox (AISI 316TI)  
(simile ad uno scambiatore di  
calore a fascio tubiero)

# Come si produce l'Ozono?

Tecnologia WEDECO  
EFFIZON HP

Elettrodo di Alta Tensione



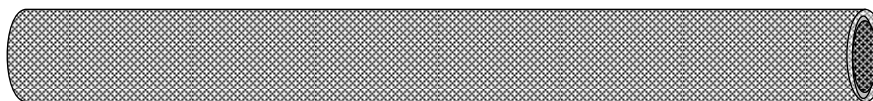
Elettrodo di HV  
(ss 316Ti)

lunghezza elettrodo = 1,4 m

diametro = 11 mm



Maglia Effizon  
(ss 316Ti)



Manicotto- gd  
(ss 316Ti)

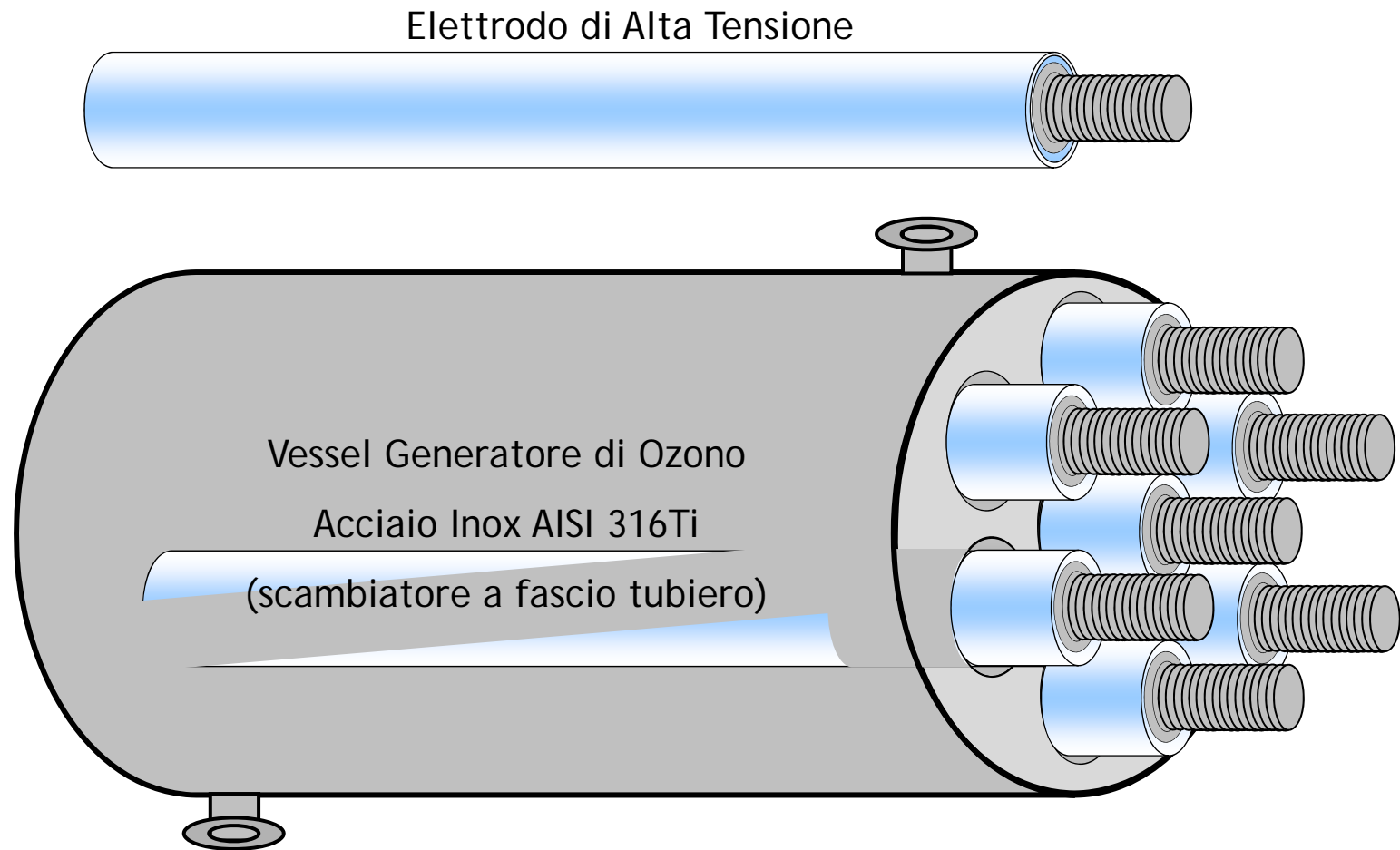


Tubo dielettrico  
(vetro borosilicato)



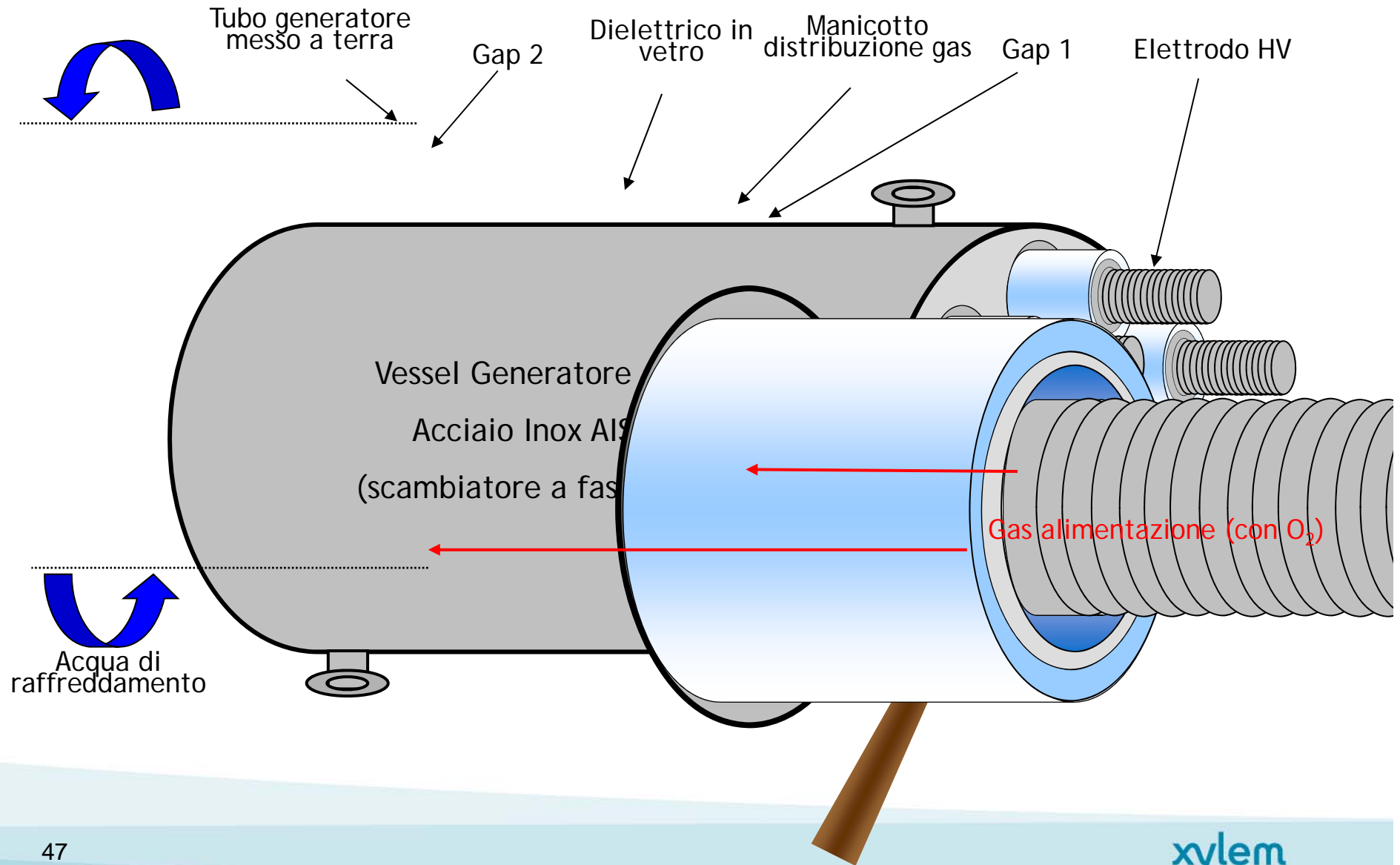
# Come si produce l'Ozono?

Tecnologia WEDECO  
EFFIZON HP



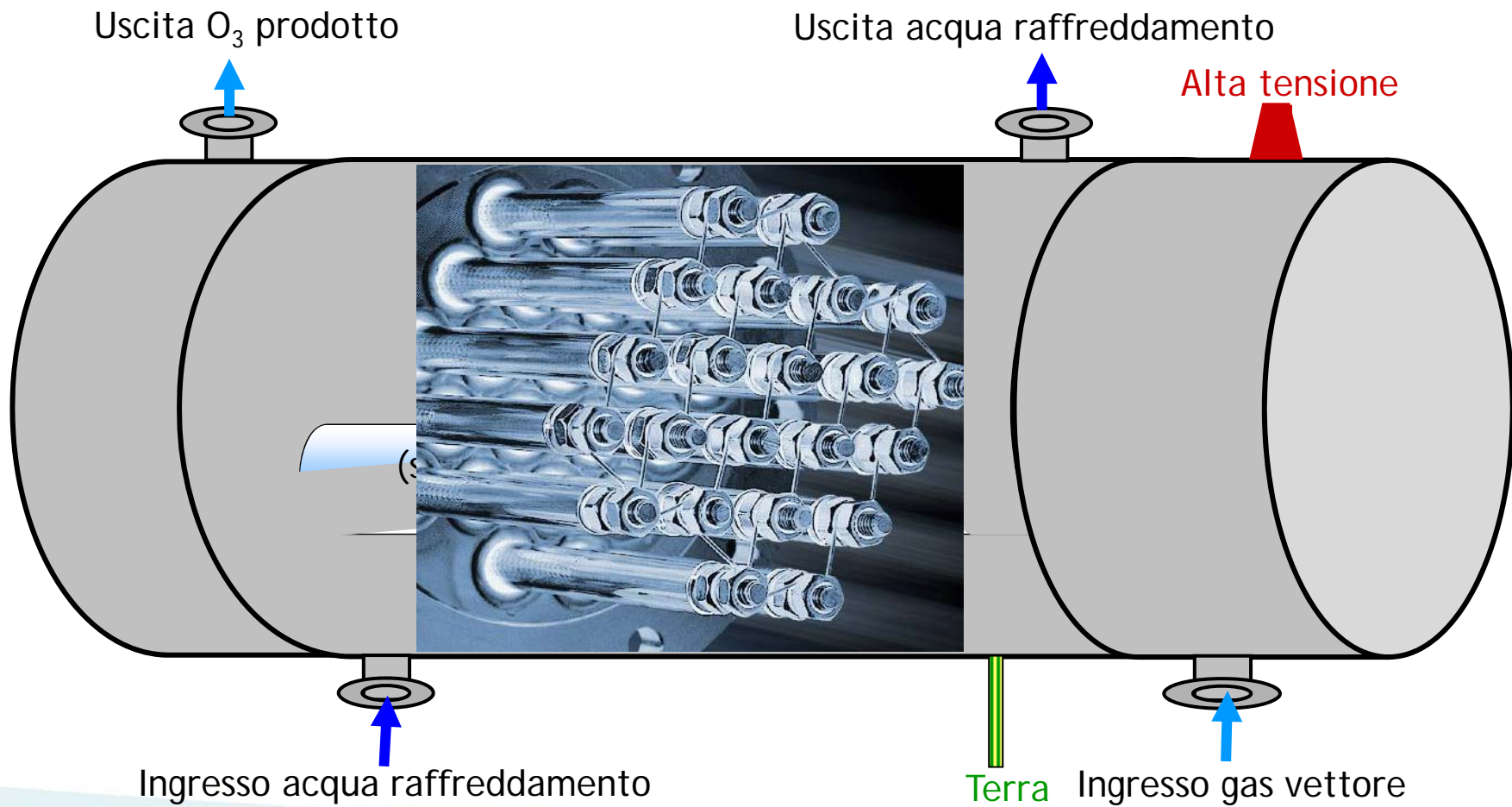
# Come si produce l'Ozono?

Tecnologia WEDECO  
EFFIZON HP

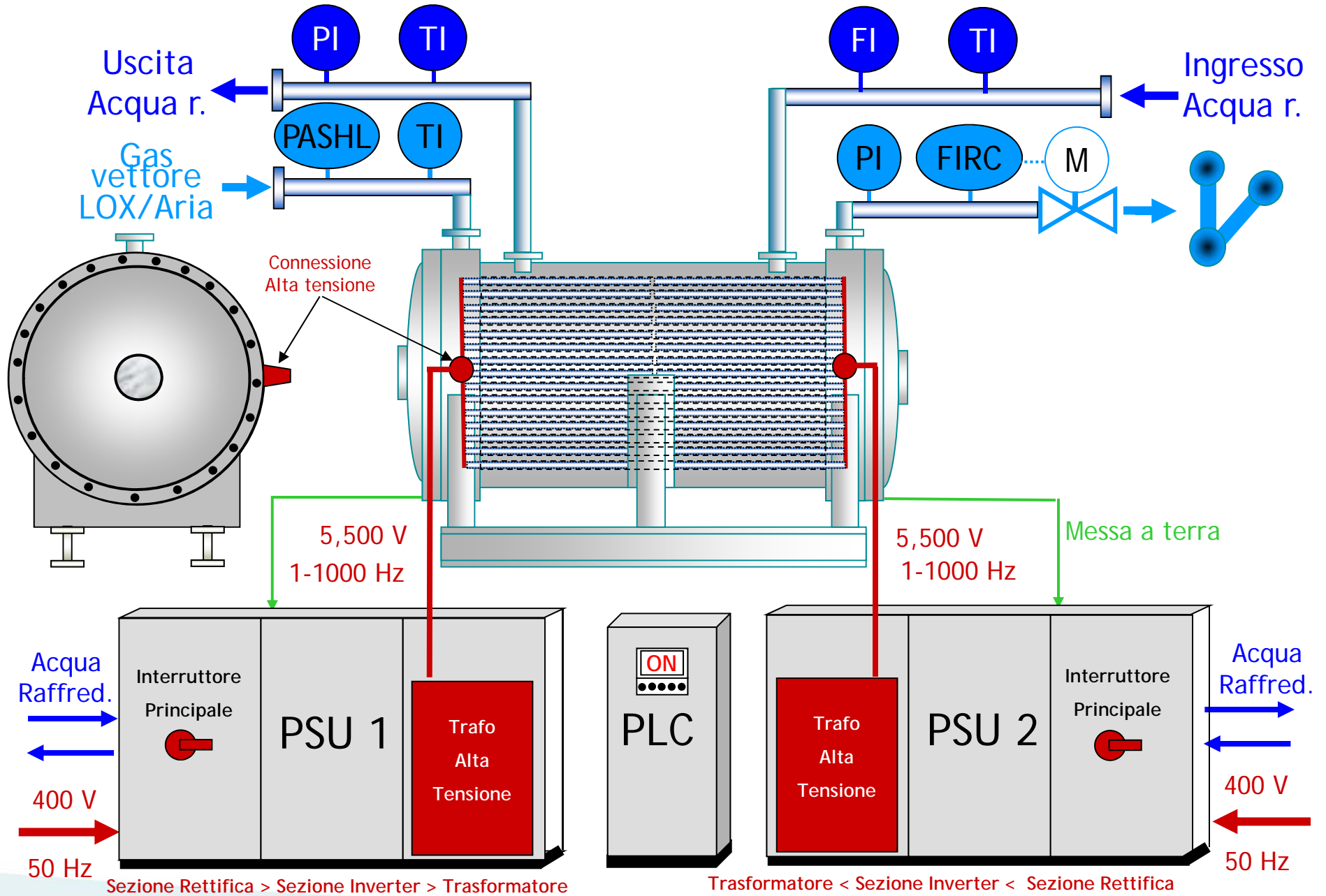


# Come si produce l'Ozono?

Tecnologia WEDECO  
EFFIZON HP







# Quanto costa produrre l'Ozono?

In linea generale i costi di esercizio per la generazione ozono sono dovuti all'energia elettrica ed all'ossigeno di alimentazione.

Il costo medio dell'ossigeno è di: 0,11 €/kgO<sub>2</sub> ➡ **f(quantitativo!)**

Il costo medio dell'energia elettrica è di: 0,15 €/kWh

*Per un impianto con alimentazione da ossigeno, per produrre 1 KgO<sub>3</sub>/h in condizioni standard di temperatura (T<sub>cw</sub>=15°C; C<sub>O<sub>3</sub></sub>=10%wt) occorrono circa 9,67 kgO<sub>2</sub>/h e 8,9 kWh.*

**Il costo di produzione di 1 kg di ozono è di ~ 2,4 Euro/h**

**(da considerare anche 1,6 m<sup>3</sup>H<sub>2</sub>O/kgO<sub>3</sub>)**

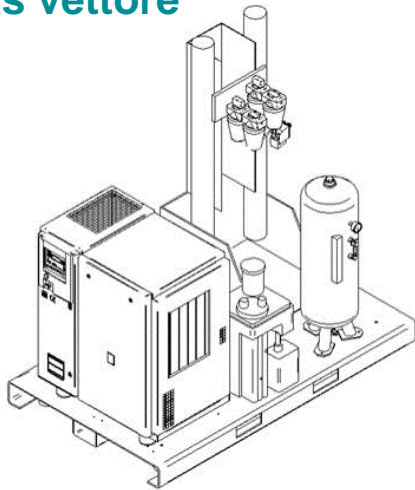
*Per un impianto con alimentazione da aria, per produrre 1 KgO<sub>3</sub>/h in condizioni standard di temperatura (T<sub>cw</sub>= 15°C; C<sub>O<sub>3</sub></sub>= 2,3 %wt) occorrono circa 22 kWh (compreso compressore).*

**il costo di produzione di 1 kg di ozono è di ~ 3,3 Euro/h**

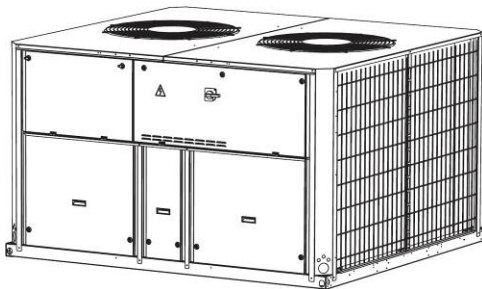
**(da considerare anche 1,6 m<sup>3</sup>H<sub>2</sub>O/kgO<sub>3</sub>)**

# Impianti ad O<sub>3</sub>

Gas vettore



Acqua di raffreddamento

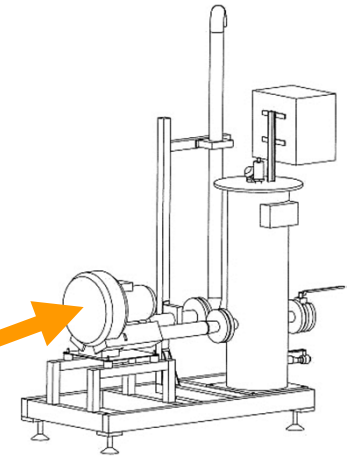


PLC  
+  
SCADA

Generatore ozono



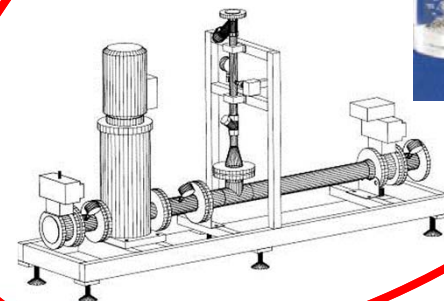
Distruttore di ozono



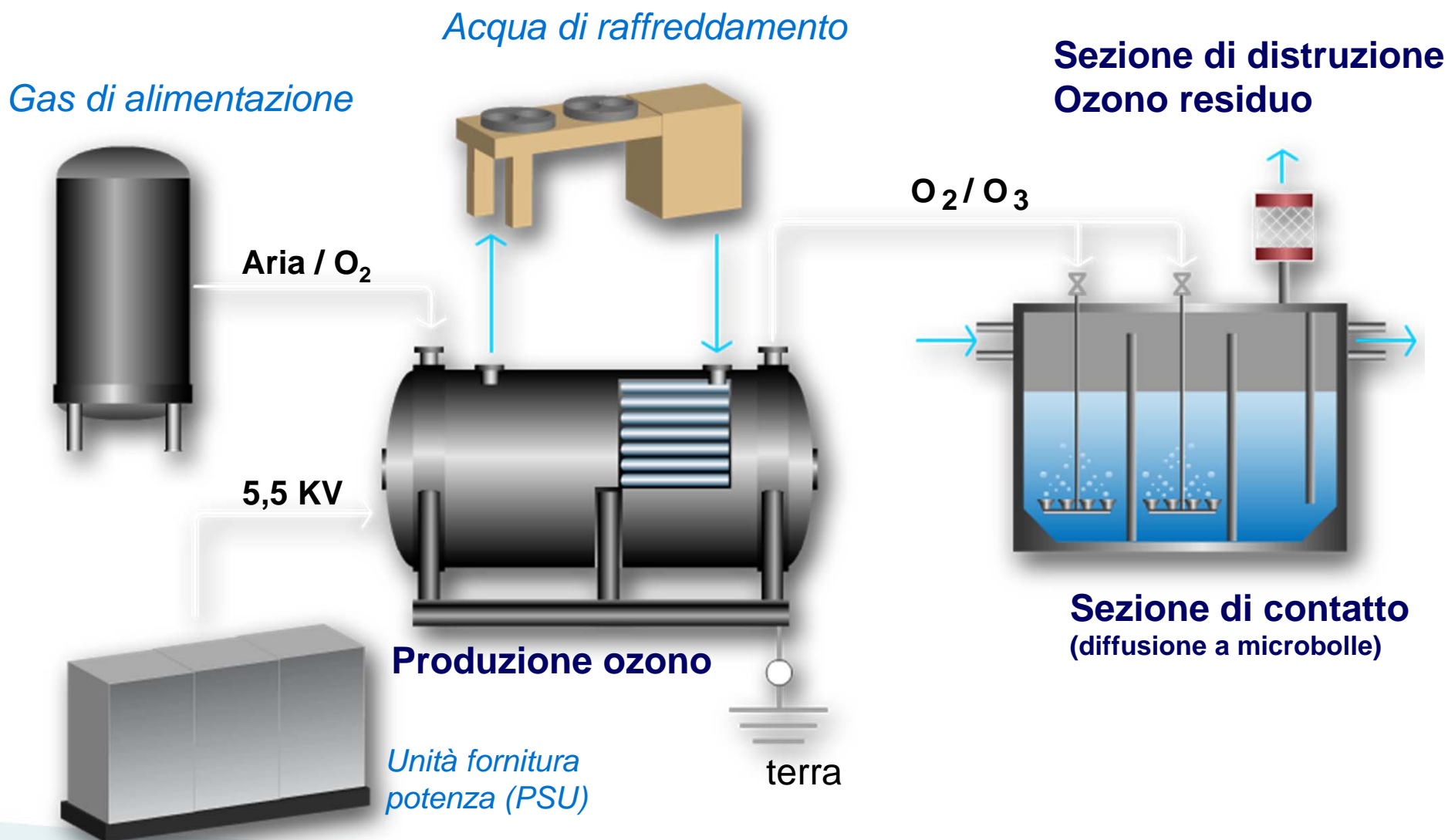
Sistemi di contatto



Strumentazione



# Impianti ad O<sub>3</sub>: schema tipico con diffusori



# Impianti ad O<sub>3</sub>: schema tipico con diffusori

## Diffusori ceramici a disco: microbolle

*Tecnologia consolidata per la lunga esperienza maturata: in Italia impiegati generalmente su grandi portate e con vasche di contatto in calcestruzzo (cls.)*

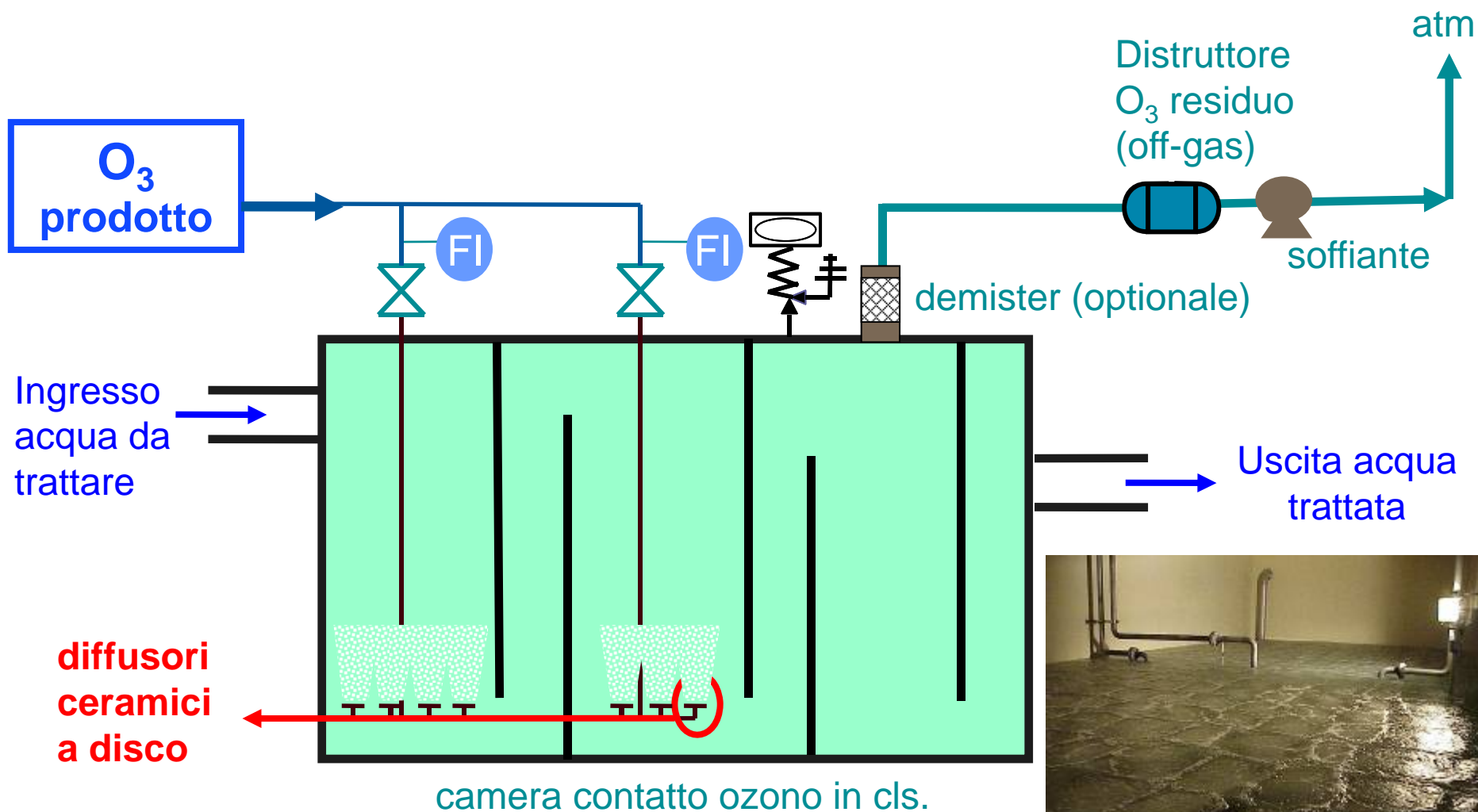
*WEDECO Standard*

*SANITAIRE (Xylem) AF 30*

- Progetto: 0.5 - 2.0 Nm<sup>3</sup>/h
- Max: 3.0 Nm<sup>3</sup>/h
- Min: 0.3 Nm<sup>3</sup>/h



# Impianti ad O<sub>3</sub>: schema tipico con diffusori



# Impianti ad O<sub>3</sub>: schema tipico con diffusori



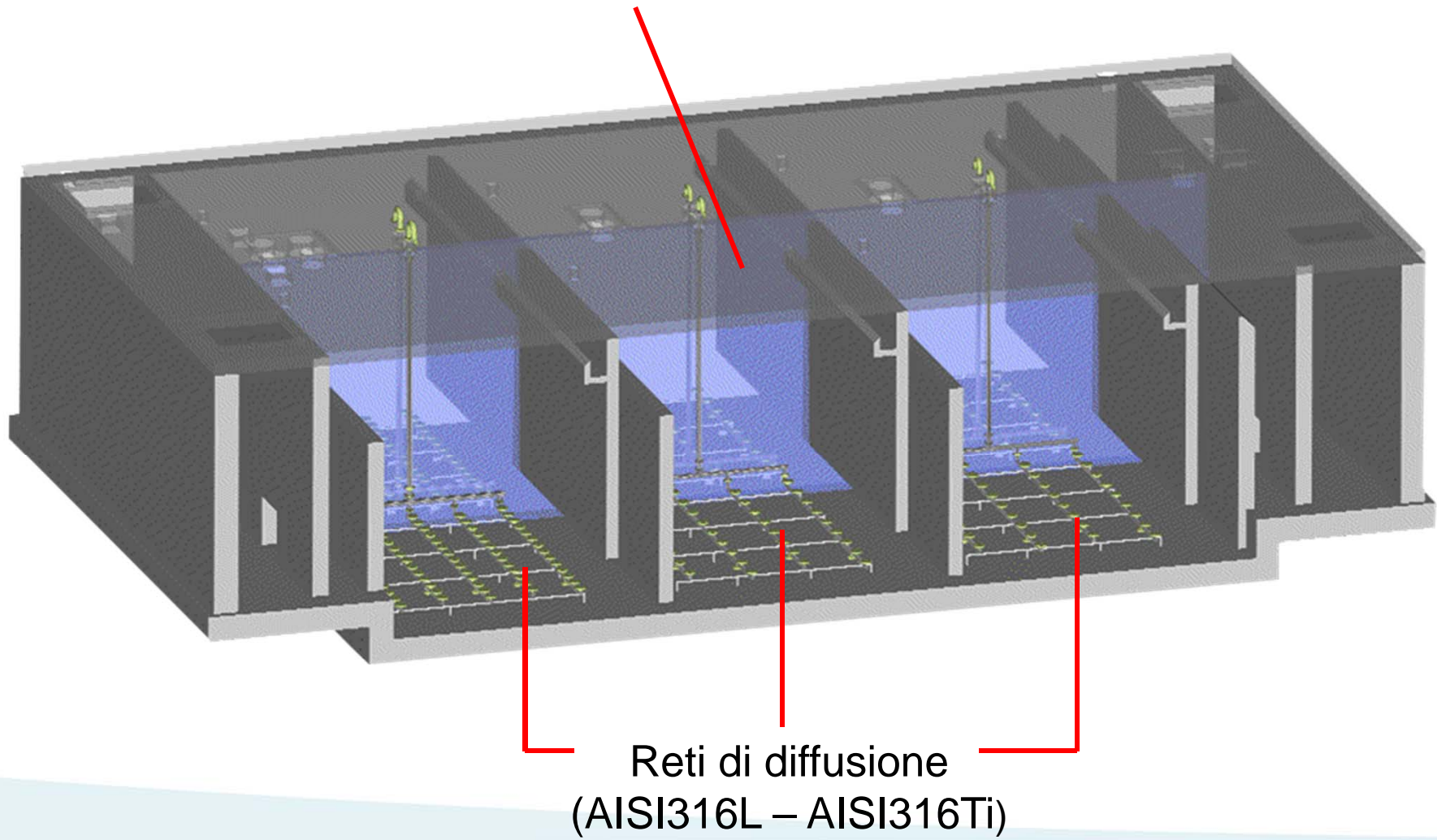
Flussimetri e valvole di regolazione gas  
(GDM)



Raggera di diffusione

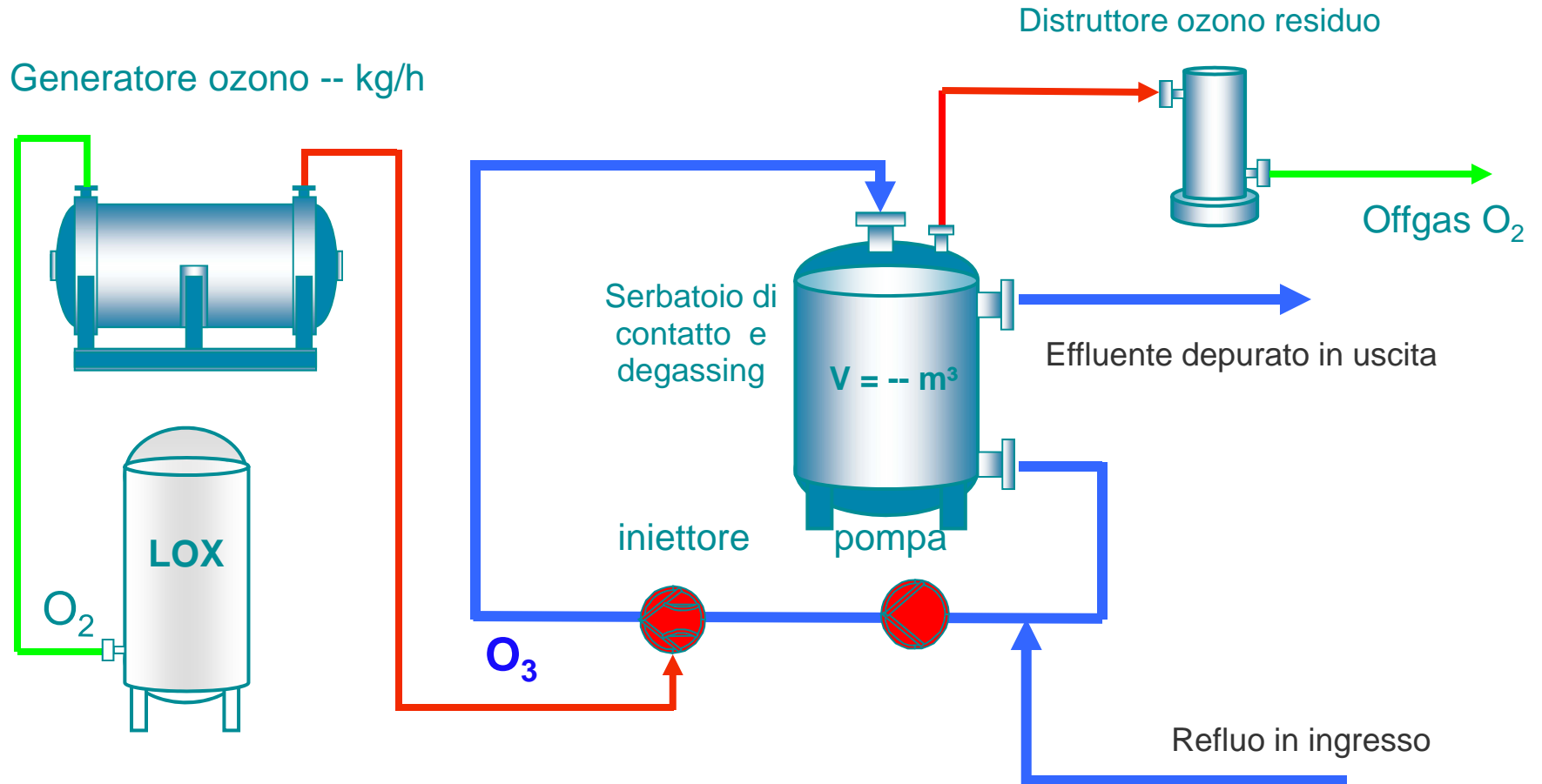
# Impianti ad O<sub>3</sub>: schema tipico con diffusori

Spazio di testa: accumulo off-gas

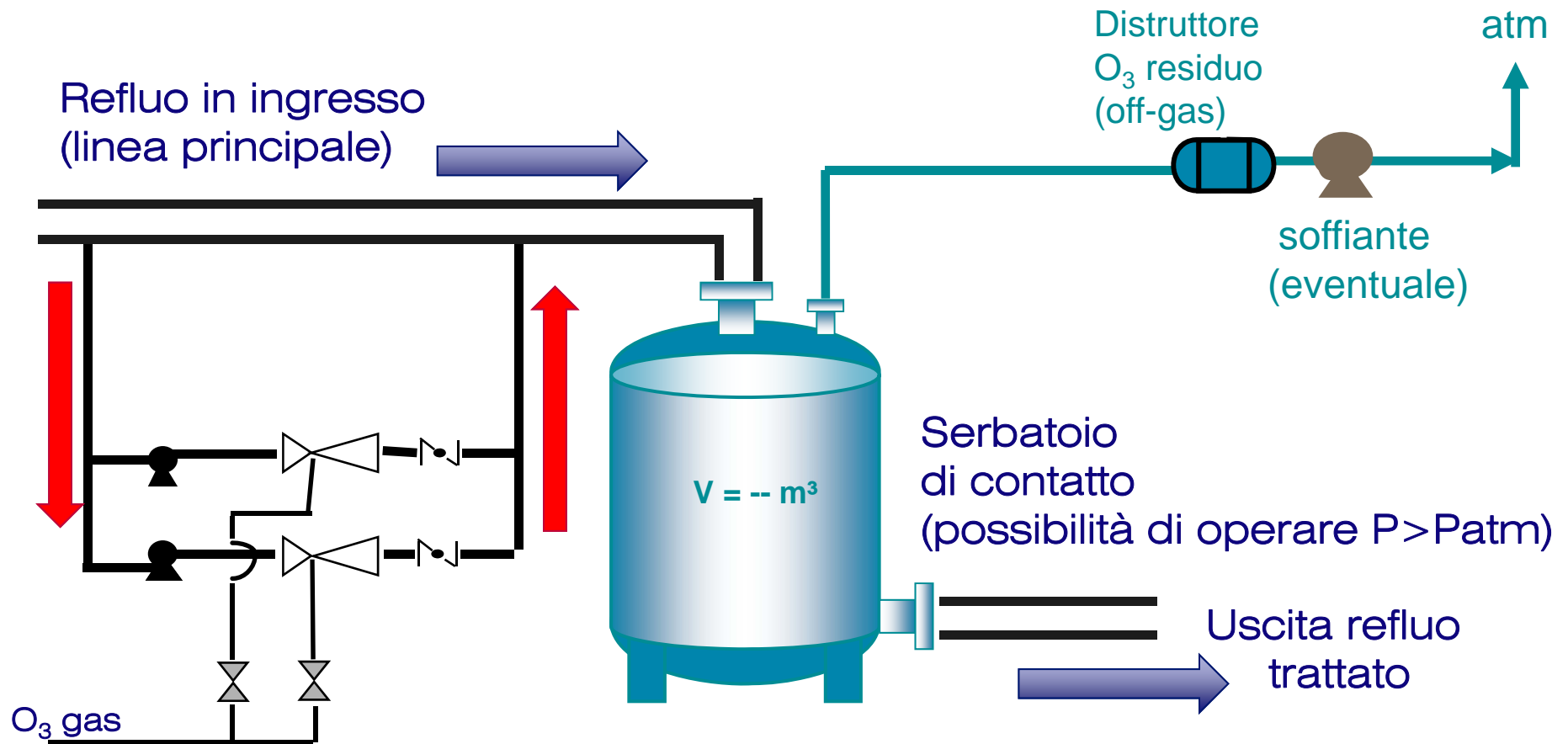




# Impianti ad O<sub>3</sub>: schema con pompa/eiettore

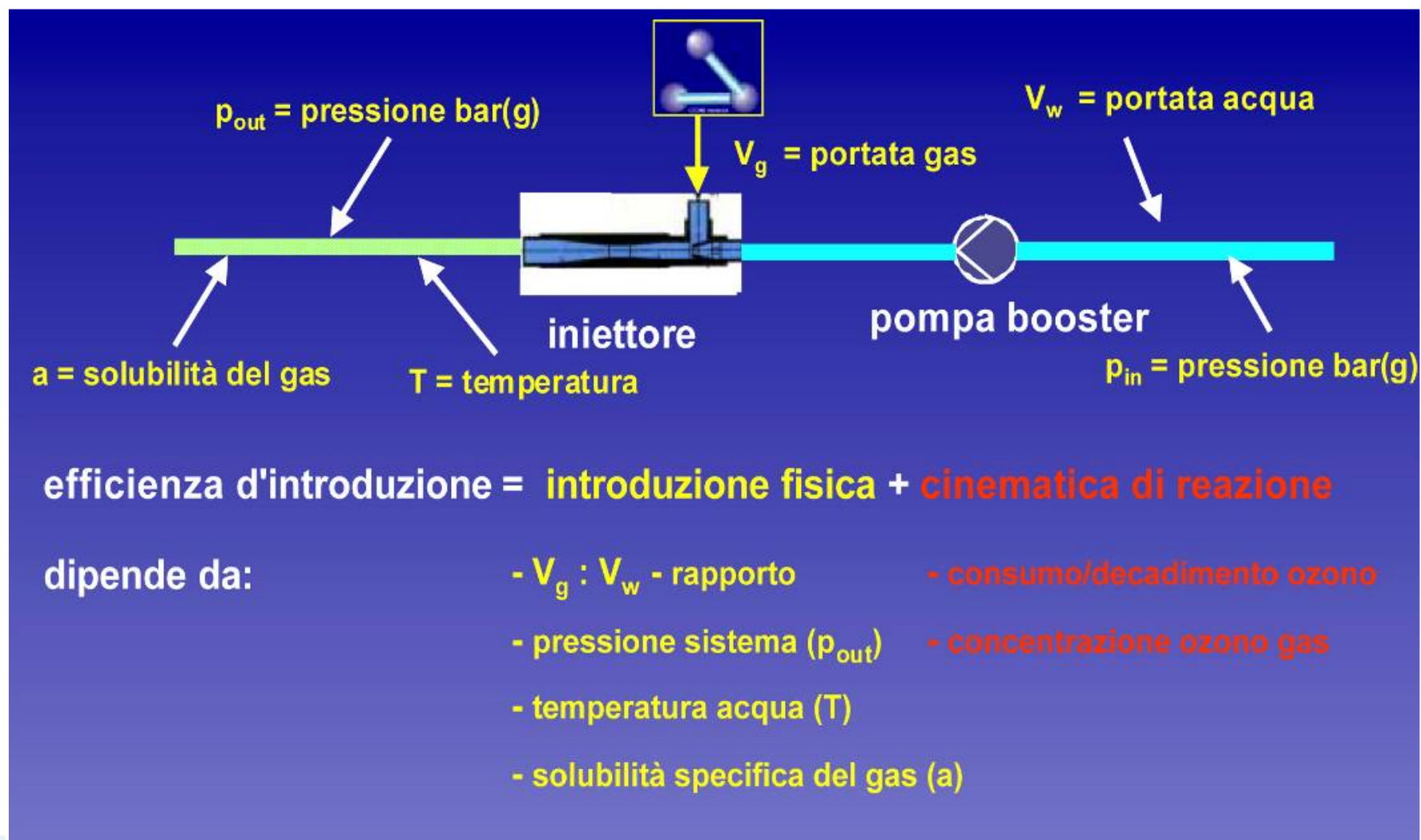


# Impianti ad O<sub>3</sub>: schema con pompa/eiettore



*Sistema di contatto side-stream*

# Impianti ad O<sub>3</sub>: schema con pompa/eiettore



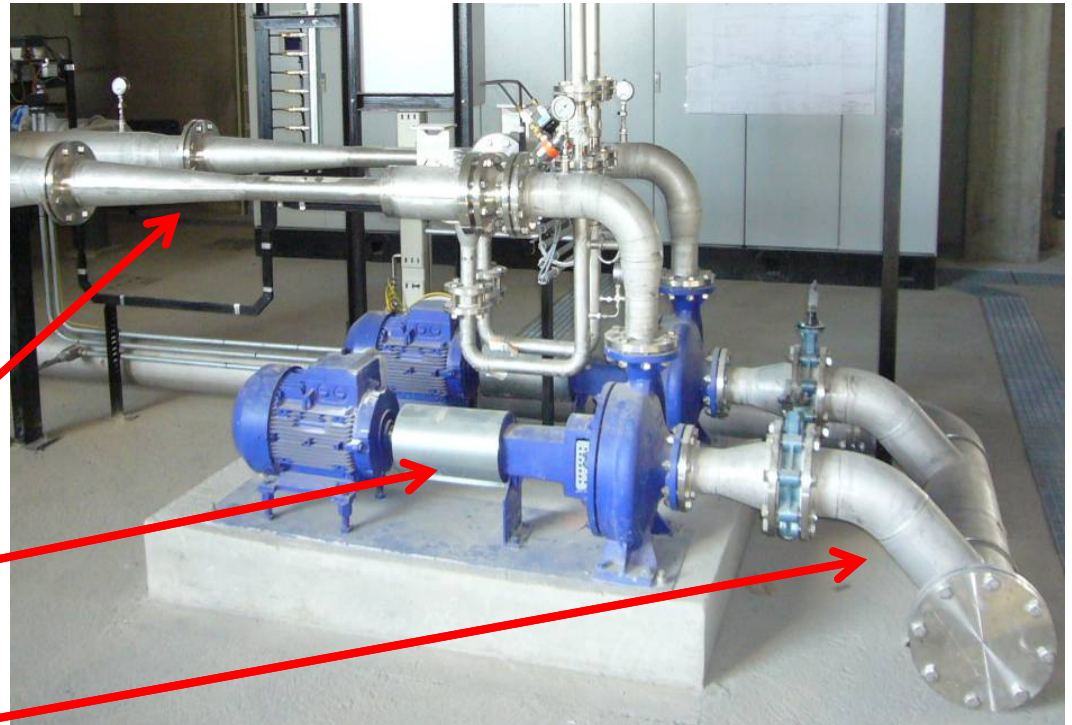
# Impianti ad O<sub>3</sub>: schema con pompa/eiettore

- *L'iniettore Venturi è utilizzato per l'introduzione di ozono*
- *Tecnologia provata*

Eiettore in SS AISI316Ti

Pompa booster

Side-stream acqua grezza



*WEDECO ha oltre 500 installazioni con la tecnologia side-stream injection*

*E' richiesta solo una portata parziale in side-stream*

# Impianti ad O<sub>3</sub>: Pro – Con sistemi contatto

	Vantaggi - PRO	Svantaggi - CON
<b>Diffusori Porosi</b>	Sistema semplice impiantisticamente – non necessita di automazioni particolari (GDM)	Sistema immerso in acqua con difficile accessibilità in caso di malfunzionamenti e/o manutenzioni programmate (necessità fermo impianto e svuotamento vasche)
	Sfrutta la pressione del gas in uscita (> 1.2 bar.g)	Necessita di notevoli impegni di superficie (max 4 diffusori/m <sup>2</sup> )
	Nessun costo energetico associato	Necessita almeno 4 m di battente idrico per la formazione microbolle (senza rischio di coalescenza)
	Sistema tradizionalmente utilizzato per grandi portate e vasche in cemento	Mal si adatta al trattamento di piccole portate → sistema ingombrante, poco compatto
	Flessibilità rispetto alle variazioni di portata di gas (soprattutto incrementi)	Possibilità di operare solo a Patm all'interno del sistema di contatto

# Impianti ad O<sub>3</sub>: Pro – Con sistemi contatto

	Vantaggi - PRO	Svantaggi - CON
<b>Pompa-eiettore</b>	Elevate possibilità di automazione rispetto alle modulazioni di portata gas con possibilità di interfaccia sistema di dosaggio (dose di O <sub>3</sub> costante, possibilità diminuzione portata gas o consumo di EE)	Sistema non flessibile agli incrementi di portata gas – l'eiettore è un sistema rigido
	Sistema esterno al flusso idrico con facile accessibilità per interventi di manutenzione	Costo energetico associato alla presenza della pompa booster
	Sistemi compatti: è possibile dimensionare il serbatoio di contatto solamente in funzione del tempo di reazione	Sistema mediamente più costoso rispetto ai diffusori
	Sistema tradizionalmente utilizzato per portate medio-piccole e sistemi in serbatoio	
	Possibilità di operare con sistemi di contatto in pressione $P > P_{atm}$ e con battenti bassi $< 4$ m	

# Impianti ad O<sub>3</sub>: Distruttori di ozono

Normativa: concentrazione max di O<sub>3</sub> scaricato in atm → 0,1 ppm.v = 0,2 mgO<sub>3</sub>/Nm<sup>3</sup>

Naso umano: sensibilità ad una concentrazione di O<sub>3</sub> in aria → 0,01 ppm.v = 0,02 mgO<sub>3</sub>/Nm<sup>3</sup>

O<sub>3</sub> prodotto: in uscita da generatore di ozono 20 – 50 gO<sub>3</sub>/Nm<sup>3</sup> da aria oppure 86 – 190 gO<sub>3</sub>/Nm<sup>3</sup> da O<sub>2</sub>)

Off-gas: concentrazione di O<sub>3</sub> in uscita da sistemi di contatto → approx 5 - 10 gO<sub>3</sub>/Nm<sup>3</sup>

# Impianti ad O<sub>3</sub>: Distruttori di ozono

- **Distruttore termocatalitico (COD) - con o senza soffiante**
  - ***Basso costo capitale (dimensioni ridotte)***
  - ***Basso costo di esercizio***
  - ***Rimuovere il materiale catalitico alla fine del suo ciclo***
  - ***Molto utilizzato***
- **Distruttore termico - con o senza recupero di calore (TOD)**
  - ***Alto costo capitale (dimensioni importanti)***
  - ***Alto costo di esercizio***
  - ***Oggi utilizzato quando c'è presenza nell'off-gas di sostanze potenzialmente velenose per il materiale catalitico (ad es. in reflui industriali H<sub>2</sub>S, BTEX etc.)***



# Impianti ad O<sub>3</sub>: Distruttori di ozono



**COD**



**TOD**

# Acqua di raffreddamento

## Possibili soluzioni

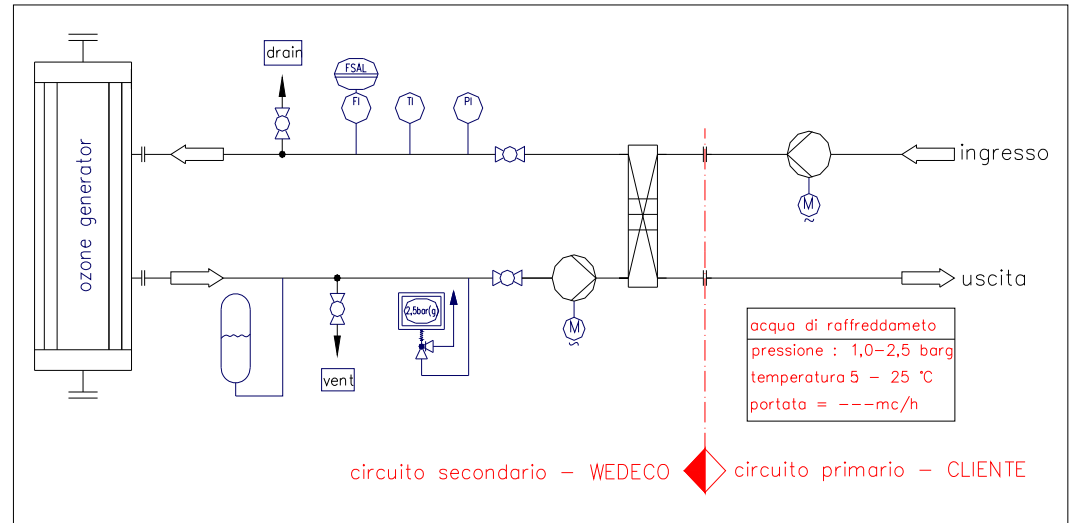
*Raffreddamento diretto (acqua a perdere in circuito aperto)  
→ se l'acqua disponibile è in quantità e di qualità  
sufficiente (potabilizzatori)*

*Scambiatore di calore a piastre (raffreddamento indiretto in  
circuito semi-aperto / semi-chiuso) → se l'acqua disponibile è  
di qualità insufficiente (depuratori civili o industriali)*

*Ciclo chiuso (gruppo frigo – Chiller condensato ad aria )  
→ se non c'è disponibilità di acqua di raffreddamento in  
sito (depuratori civili o industriali)*

# Acqua di raffreddamento

## Scambiatore di calore a piastre



# Acqua di raffreddamento

## Gruppo FRIGO (Chiller)



# Analizzatori di O<sub>3</sub>:

L'impianto può essere corredato di monitor di controllo:

- Analizzatore ozono (**std!!**) / ossigeno in ambiente
  - Sensore punto di rugiada (dew-point)
- Monitor di misura della concentrazione ozono :
- a) nel gas prodotto
  - b) nell'off-gas
  - c) in acqua (per acque potabili)



**WEDECO**

a xylem brand

**xylem**  
Let's Solve Water

**GRAZIE !**

*Ing. Federico Dalleria*  
*Xylem Water Solutions Italia S.r.l.*  
*Reparto Treatment WEDECO*  
*Via G. Rossini 1/A – Lainate (MI)*  
*Tel. 02.90358.227*  
*federico.dalleria@xyleminc.com*

