



*Gualtiero A.N. Valeri*

**Valeri Consulenza Industriale**

# **Su un nuovo parametro caratterizzante le celle ozonogene**

*Si sviluppano delle considerazioni relativamente ai parametri fondamentali che caratterizzano le celle ozonogene – per le quali non sono ancora noti modelli teorici organici per il dimensionamento – ed è introdotto un nuovo parametro globale che permette una misura preventiva dell'efficienza della cella, di facile calcolo ed altrettanto facile misurazione, si da poter eseguire un rapido controllo di qualità delle celle, sia in produzione che in opera: la capacità elettrica.*

**Gualtiero A.N. Valeri – Valeri Consulenza Industriale**

**Via Besso, 59 – C.P. 729 – 6903 Lugano (CH)**

**e-mail: [valeri@valericonsulenza.eu](mailto:valeri@valericonsulenza.eu) - Web: [www.valericonsulenza.eu](http://www.valericonsulenza.eu)**



# Proprietà comparate dell'ozono e dell'ossigeno

<i>Proprietà</i>	<i>Ozono</i>	<i>Ossigeno</i>
<b>Molecola</b>	O <sub>3</sub>	O <sub>2</sub>
<b>Peso molecolare</b>	48	32
<b>Colore</b>	Azzurro	Incolore
<b>Odore</b>	Pungente	Inodoro
<b>Solubilità in acqua a 0°C</b>	490 cm <sup>3</sup> /l	48,9 cm <sup>3</sup> /l
<b>Densità</b>	2,144 g/dm <sup>3</sup>	1,429 g/dm <sup>3</sup>
<b>Potenziale elettrochimico</b>	2,07 V	1,23 V



# Potenziale di ossidazione di alcuni reagenti

Ossidante	Potenziale elettrochimico
Fluoro	- 3,06 V
Radicale ossidrile OH	- 2,80
Ossigeno atomico	- 2,42
Ozono	- 2,07 V
Biossido di cloro	- 1,57 V
Cloro	- 1,36
Ossigeno	- 1,23 V
Ione ipoclorito	- 0,94 V

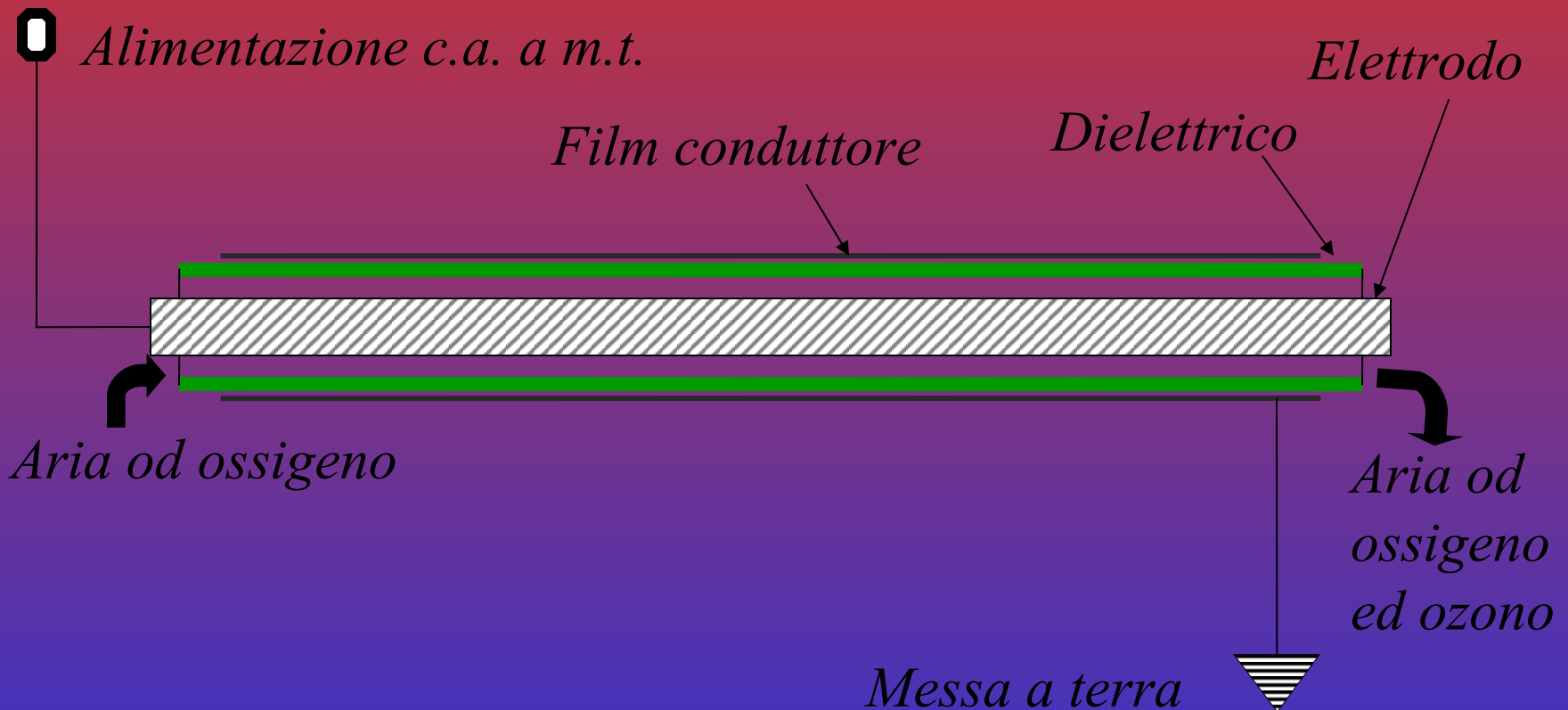


# Applicazioni dell'ozono

- \* Trattamento acque
  - *Potabilizzazione acque*
  - *Trattamento acque reflue difficili*
- \* Sbianca della pasta di cellulosa
- \* Sbianca del caolino
- \* Applicazioni nella terapia di alcune patologie
- \* Disinfezione di superfici tramite soluzioni di acqua ozonizzata
- \* Reattivo ossidante nella chimica industriale
- \* Trattamento di effluenti gassosi



# Schema cella ozonogena classica





# La formazione di ozono in ossigeno

- $O_2 \rightarrow 2 O$
- $O + O_2 + M \rightarrow O_3 + M$  (dove M può essere una molecola di  $O_2$  o di  $O_3$ )
- con la presenza delle seguenti reazioni concorrenti che ricombinano l'ossigeno atomico e decompongono l'ozono formato:
- $2 O + M \rightarrow O_2 + M$
- $O + O_3 \rightarrow 2 O_2$
- Specie che si ritrovano nell'ambiente di reazione sono inoltre  $O^+$ ,  $O_2^+$ ,  $O^-$ ,  $O_2^-$  e  $O_3^-$ , che, tuttavia, non partecipano significativamente al meccanismo di formazione dell'ozono.



# La formazione di ozono in aria

- In aria compaiono tutte le reazioni indicate per l'ossigeno, con il dettaglio che "M" può essere anche una molecola di  $N_2$ , compaiono anche gli ioni  $N^+$  ed  $N_2^+$ , oltre alle reazioni che portano alla formazione di ossidi di azoto:
  - $N_2 + O_2 \rightarrow N_2O + O$
  - $N_2 \rightarrow 2 N$
  - (Queste due reazioni hanno luogo entro 100 ns dall'inizio di una microscarica.)
- $N + O_2 \rightarrow NO + O$
- $N + O_3 \rightarrow NO + O_2$
- $N + NO \rightarrow N_2 + O$
- $N_2 + O_2 \rightarrow N_2 + 2 O$
- Di seguito si formano le molecole  $NO_2$ ,  $N_2O_3$ ,  $N_2O_5$  e  $NO_3$ .



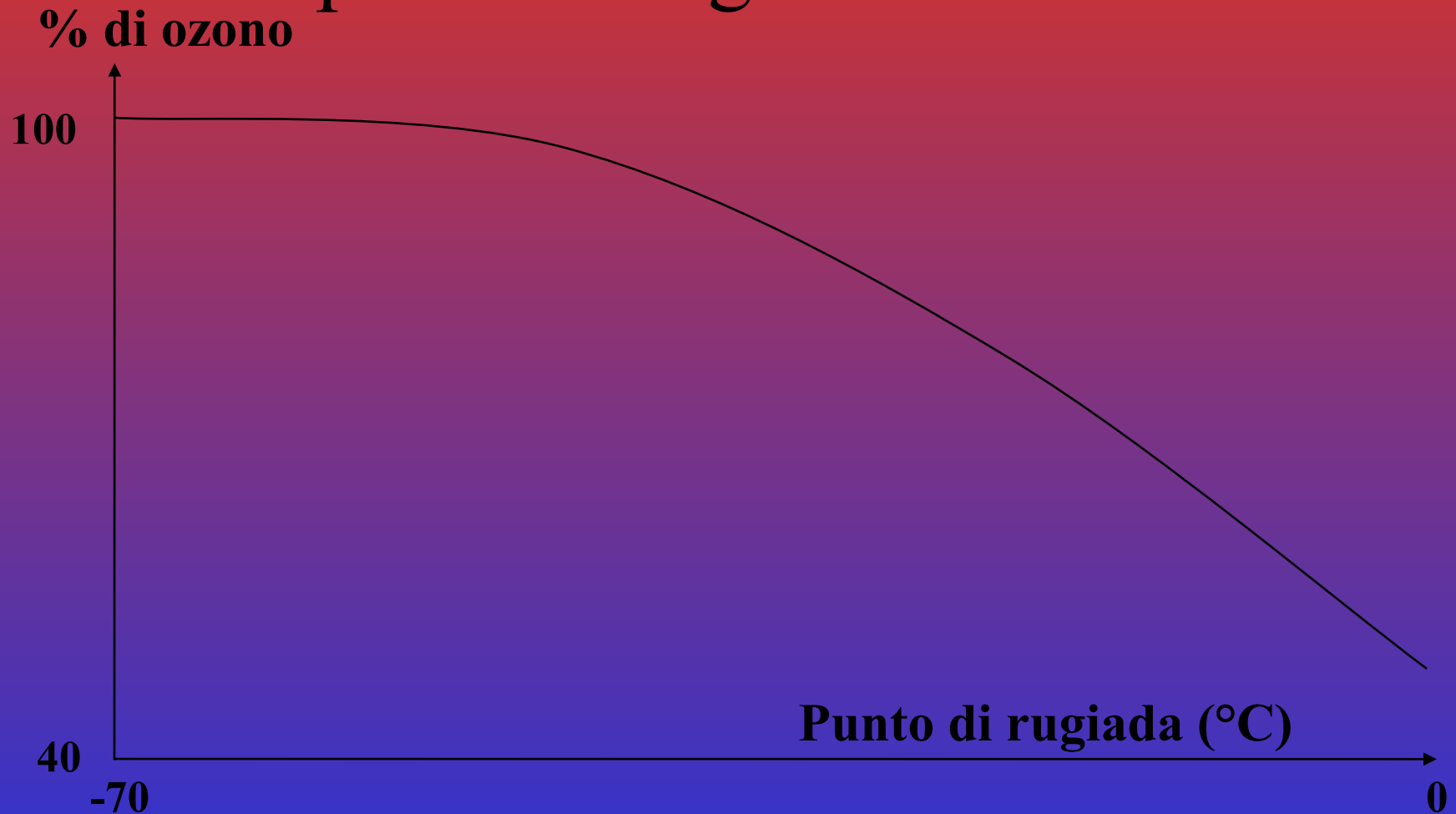
# Caratteristiche di una microscarica

- Raggio del canale di propagazione:  $100 \mu\text{m}$
- Durata:  $10^{-7} \div 10^{-9} \text{ s}$
- La densità di corrente:  $100 \div 1000 \text{ A/cm}^2$
- Carica trasportata:  $10^{-10} \div 10^{-9} \text{ C}$





# Resa relativa in ozono in relazione al punto di rugiada dell'aria





# Classificazione dei generatori d'ozono sulla base della frequenza

- *bassa frequenza* – 50 ÷ 100 Hz
- *media frequenza* – 100 ÷ 1000 Hz
- *alta frequenza* – oltre i 1000 Hz



# Formula di Manley

$$P = 4 \cdot f \cdot C_v \cdot U_d \cdot [ U_m - U_d \cdot (1 + \frac{C_a}{C_v}) ]$$

*dove: P = potenza*

*f = frequenza*

*C<sub>v</sub> = capacità del dielettrico*

*C<sub>a</sub> = capacità dell'intercapedine*

*U<sub>d</sub> = tensione di scarica*

*U<sub>m</sub> = tensione di picco*



# Semivita dell'ozono allo stato gassoso

TEMPERATURA	SEMIVITA
- 50°C	3 mesi
- 35°C	18 giorni
- 25°C	8 giorni
20°C	3 giorni
120°C	1,5 ore
250°C	1,5 secondi



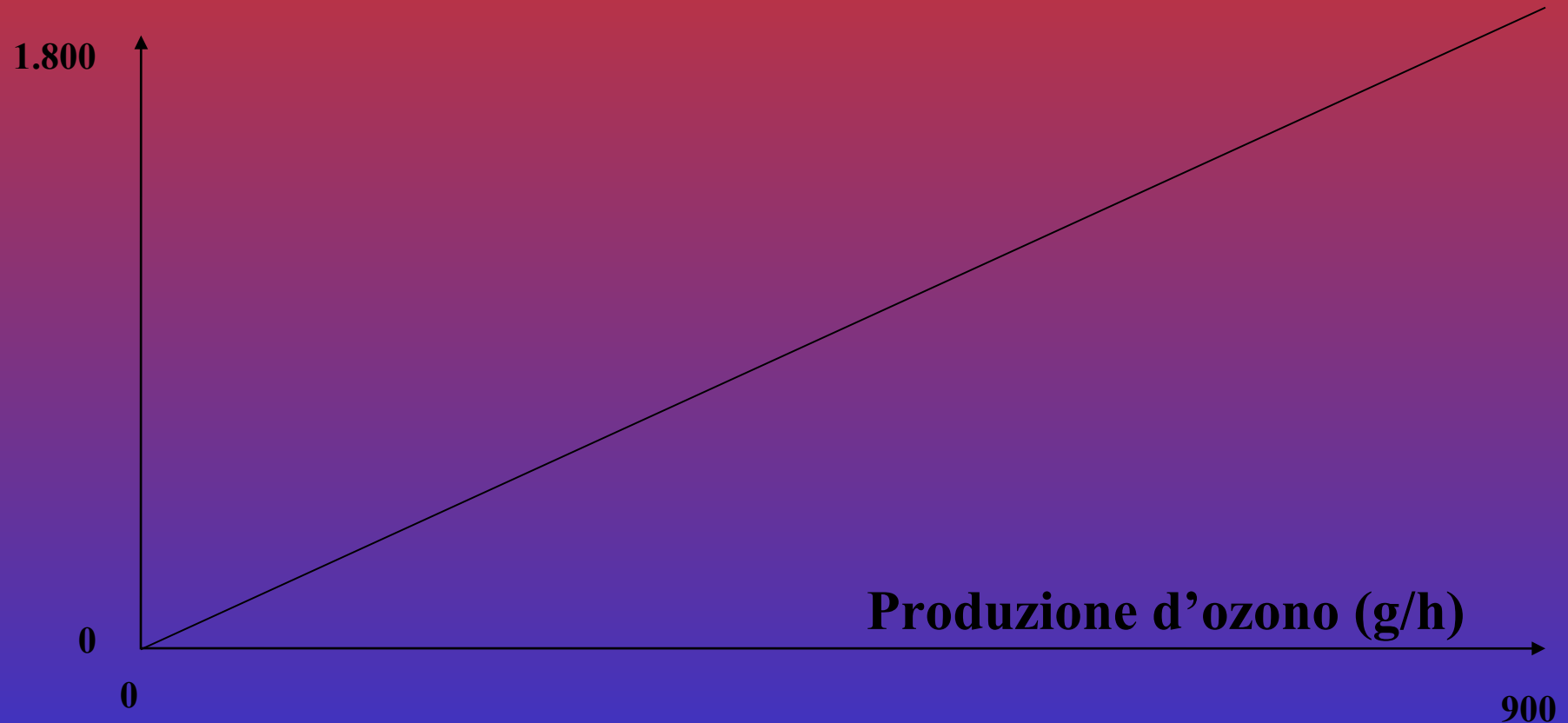
# Semivita dell'ozono in soluzione acquosa

TEMPERATURA	SEMIVITA
15°C	30 minuti
20°C	20 minuti
25°C	15 minuti
30°C	12 minuti
35°C	8 minuti



# Portata d'acqua di raffreddamento nella produzione di ozono da aria

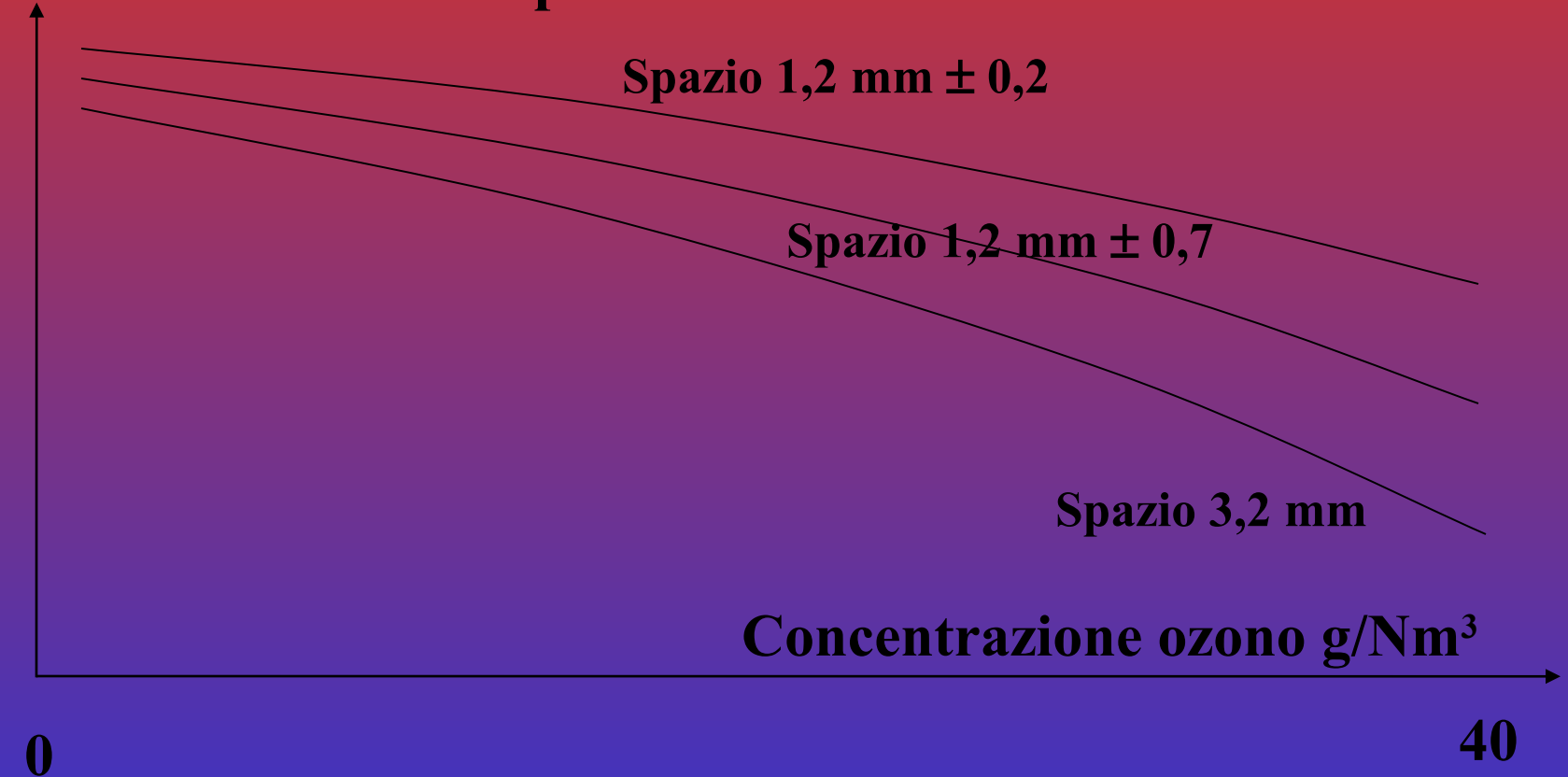
Portata d'acqua (l/h)





# Influenza dello spazio tra gli elettrodi e della precisione di lavorazione sull'efficienza della cella

Produzione d'ozono per cella





## Tensione di alimentazione della cella ozonogena

$$U = \frac{P}{f \cdot C_v \cdot U_d} + U_d$$

*dove: P = potenza*

*f = frequenza*

*C<sub>v</sub> = capacità del dielettrico*

*U<sub>d</sub> = tensione di scarica*

*U = tensione di alimentazione*





# Potenza assorbita e produzione di ozono

$$VA/(g/h) = 20 + \left( 4 - \frac{\sqrt{O_3(g/h)}}{10} \right)^2$$



Capacità elettrica di una cella ozonogena,  
considerata come un condensatore cilindrico

$$C = \frac{2\pi \cdot \varepsilon_0 \cdot l}{\sum_0^n \frac{\ln(a_{i+1}/a_i)}{\kappa_i}}$$

*Dove:*  $C = \text{capacità}$

$\varepsilon_0 = \text{costante dielettrica del vuoto}$

$l = \text{lunghezza utile della cella}$

$a_i = \text{spessore dello strato dielettrico}$

$\kappa_i = \text{fattore dielettrico del materiale}$



# Capacità elettrica teorica e reale di celle in tubo di borosilicato

*Lunghezza utile della cella = 593 mm*

*Diametro elettrodo interno = 35 mm*

*Diametro interno del tubo il borosilicato = 36,5 mm*

*Diametro esterno del tubo di borosilicato = 40 mm*

***Capacità elettrica calcolata***

***0,533 nF***

Capacità cella n°1

0,460 nF

Capacità cella n°2

0,454 nF

Capacità cella n°3

0,485 nF

Capacità cella n°4

0,447 nF