

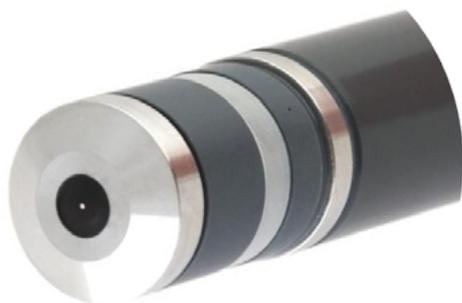
Sensori redox e sensori di cloro amperometrici

PER CONTROLLARE LA DISINFEZIONE IN APPLICAZIONI DI TRATTAMENTO DELLE ACQUE ALCUNI PROFESSIONISTI PREFERISCONO UTILIZZARE SENSORI REDOX MENTRE ALTRI USANO SENSORI AMPEROMETRICI CHE DANNO UNA LETTURA IN PPM DEL DISINFETTANTE.

In questa nota tecnica si analizzano le differenze tra le due tecnologie.

SENSORI AMPEROMETRICI (PPM)

Questi sensori usano principi elettrochimici per misurare la quantità di cloro libero (o altri disinfettanti) presenti nell'acqua. Per il cloro ve ne sono principalmente di due tipi.



Sensore di cloro

Il primo tipo sono **sensori tradizionali** che misurano soltanto una parte del cloro libero (nella forma di HOCl). Questi devono essere evitati poiché estremamente dipendenti dal pH¹. Ciò significa che quando il pH cambia per qualsiasi motivo, l'esattezza della lettura del cloro ne è fortemente condizionata, portando così a problemi di controllo e gestione.

Il secondo tipo sono **sensori innovativi** che misurano tutto il cloro libero presente ai livelli di pH normalmente esistenti nei processi di trattamento. Questi sensori misurano il cloro in entrambe le sue forme (HOCl che OCl⁻) e sono quindi relativamente indi-

pendenti dal pH.

Nel resto di questa nota tecnica si presuppone che vengano utilizzati solo **sensori amperometrici indipendenti dal pH**. Un sensore amperometrico (ppm) in pratica misura la quantità di cloro nell'acqua disponibile per eseguire la disinfezione.

SENSORI REDOX (ORP)

Anche questi sono sensori elettrochimici ma, a differenza dei sensori di cloro, un sensore redox non misura soltanto il cloro. I sensori redox infatti misurano **l'attività degli elettroni**, i quali sono coinvolti nella disinfezione². Ciò significa che i sensori redox misurano vari parametri contemporaneamente, inclusi temperatura e pH.

Nei casi in cui l'attività degli elettroni provenga **prevalentemente** dall'aggiunta di cloro, allora la misura del redox sarà rappresentativa dell'attività degli elettroni del cloro presente o dosato nell'acqua.



Sensore redox

REDOX E AMPEROMETRICI: UN CONFRONTO

Le differenze

Per comprendere le differenze di funzionamento tra questi due tipi di sensori si può ricorrere ad **un'analogia**: si immagina di voler riempire un serbatoio con dell'acqua.

Se si apre il rubinetto per riempire il serbatoio, un sensore redox darà dati sulla pressione dell'acqua che esce dal rubinetto. Questo fornirà un'idea indicativa di quanto velocemente uscirà l'acqua, ma non dirà nulla su quanta acqua sia veramente disponibile per riempire il serbatoio. Infatti, potrebbe semplicemente accadere che la poca acqua disponibile esca rapidamente ma che **non sia abbastanza** per riempire il serbatoio.

D'altra parte, continuando con questa analogia, un sensore di cloro (ppm) dirà quanta acqua è presente in totale e se questa è abbastanza per riempire il serbatoio.

Quindi, in termini più tecnici, è possibile affermare che la misura del potenziale di ossido-riduzione, dà **una misura relativa dell'attività degli elettroni, ma non dice nulla di sicuro sulla quantità di cloro o disinfectante presente**³.

Invece, la misura del cloro residuo in ppm dice **esattamente** quanto cloro è effettivamente presente nell'acqua per effettuare la disinfezione.

La situazione attuale

Negli ultimi 20 anni, in Europa lo standard che si è andato ad affermare sono i sensori amperometrici (ppm) poiché risultano essere il metodo migliore per controllare la disinfezione nell'acqua ed assicurare una protezione globale dei bagnanti delle piscine.

Tuttavia, negli Stati Uniti e in altre parti del mondo dove le regolamentazioni sono meno stringenti, la maggior parte delle piscine utilizzano ancora la misura del potenziale redox. Questa situazione, fortunatamente, sta gradualmente migliorando poiché sempre più piscine scoprono che è possibile ottenere un miglior controllo ed ottimizzare il dosaggio del cloro utilizzando sensori amperometrici di cloro e rendendo così l'acqua di balneazione migliore, **riducendo la corrosione, le clorammine (odore di cloro) ed i costi chimici in generale**.

ALTRE DIFFERENZE

1. Un sensore ppm dà **risposte lineari**: la quantità di cloro e la risposta del sensore sono proporzionali. Un sensore redox invece non dà una risposta lineare infatti, oltre ai 3 ppm di cloro, diventa difficile effettuare una misura precisa in quanto aggiungendo cloro in più la risposta del segnale cresce **meno che proporzionalmente**. Questo è un problema soprattutto per impianti termali che funzionano a livelli superiori ai 3 ppm⁴.
2. Un sensore redox costa circa un quinto rispetto ad un sensore di cloro libero.
3. Un sensore di cloro propriamente mantenuto durerà fino a **10 anni** mentre un sensore redox dura tra i 12 ed i 18 mesi.
4. Un sensore ppm riporta il valore di 0 ppm quando non vi è disinfectante nell'acqua mentre un sensore redox darà letture differenti da impianto ad impianto, da piscina a piscina e quindi risulta **impossibile standardizzare il processo**⁵.
5. In Europa si utilizzano i sensori ppm o una combinazione di sensori ppm e sensori redox. Negli Stati Uniti la norma è ancora quella di utilizzare sensori redox (nel 2019) ma questo sta cambiando velocemente grazie allo sviluppo delle conoscenze degli operatori.
6. Un sensore in ppm permette un controllo preciso del livello di disinfectante nella piscina diminuendo così gli sprechi di cloro, il fenomeno degli "occhi rossi", la corrosione e i costi associati alle sostanze chimiche^{6,7,8}.

	Vantaggi	Svantaggi
Redox	Minor costo Pochissima/Nessuna manutenzione Indica il tasso di disinfezione e non la quantità di disinfettante	Risponde a variazioni del pH Risponde a molti altri parametri Normalmente risulta in livelli di cloro più alti nelle piscine Non funziona bene a livelli > 3 ppm Non riproducibile
Sensore di cloro ppm indipendenti dal pH	Preciso e riproducibile Indica la quantità di disinfettante disponibile Non è influenzato dal pH Funziona a livelli > 3 ppm Generalmente porta a minor costi chimici	Maggior investimento iniziale Necessita di manutenzione (calibrazione)

CONCLUSIONE

La *Process Instruments (UK) Ltd.* fornisce centraline per piscina con sensori redox (ORP), con sensori di cloro (ppm) e con entrambi; è prerogativa dei gestori della piscina scegliere la tecnologia adeguata a controllare la disinfezione dell'acqua di balneazione del proprio impianto.

Crediamo fermamente che il controllo del cloro dovrebbe essere effettuato conoscendo tutte le opzioni disponibili e basandosi su dati oggettivi e che la risposta giusta dipende dalla situazione reale.

Endnote

¹ Desiderio DM, Nibbering NMM. *White's Handbook of Chlorination and Alternative Disinfectants: Fifth Edition.*; 2010. doi:10.1002/9780470561331.

² Venkobachar C, Iyengar L, Rao AVSP. *Mechanism of disinfection: effect of chlorine on cell membrane functions.* Water Res. 1977;11(8):727729. doi:10.1016/00431354(77)901142.

³ SUSLOW T V. *Oxidation-Reduction Potential (ORP) for Water Disinfection Monitoring, Control, and Documentation.* ANR Publ. 2004;8149:15.

⁴ World Health Organisation. *Guidelines for safe recreational water environments: Volume 2. Swimming pools and similar environments.* 2006;2:146.

⁵ Bergendahl J A., Stevens L. *Oxidation reduction potential as a measure of disinfection effectiveness for chlorination of wastewater.* Environ Prog. 2005;24(2):214222. doi:10.1002/ep.10074.

⁶ Chowdhury S, Alhooshani K, Karanfil T. *Disinfection byproducts in swimming pool: Occurrences, implications and future needs.* Water Res. 2014;53:68109. doi:10.1016/j.watres.2014.01.017.

⁷ Florentin A, Hautemanière A, Hartemann P. *Health effects of disinfection byproducts in chlorinated swimming pools.* Int J Hyg Environ Health. 2011;214(6):461469. doi:10.1016/j.ijheh.2011.07.012.

⁸ Lee J, Jun MJ, Lee MH, Lee MH, Eom SW, Zoh KD. *Production of various disinfection byproducts in indoor swimming pool waters treated with different disinfection methods.* Int J Hyg Environ Health 2010;213(6):465474. doi:10.1016/j.ijheh.2010.09.005.