



INNOVAZIONE NELLA SANIFICAZIONE ACQUA.  
DA SEMPRE

# **Monoclorammina**

*dalla chimica alla tecnologia SANIKILL*

La soluzione più efficace per combattere  
la *Legionella*, e non solo.

# INDICE

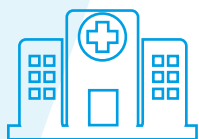
|   |           |
|---|-----------|
| <b>INTRODUZIONE</b>   | <b>4</b>  |
| - <i>SANIKILL, la monoclorammina per il trattamento dell'acqua potabile</i>               | 5         |
| <b>LA PREVENZIONE DEL RISCHIO</b>   | <b>6</b>  |
| - <i>Monoclorammina per la prevenzione, prevenire il rischio Legionellosi e, non solo</i> | 7         |
| - <i>Monoclorammina e le linee guida per la Prevenzione del rischio Legionellosi</i>      | 10        |
| <b>IL REGOLAMENTO BIOCIDI</b>   | <b>12</b> |
| - <i>SANIKILL, la monoclorammina e il Regolamento Europeo Biocidi</i>                     | 13        |
| <b>CARATTERISTICHE CHIMICHE E PROPRIETA' DISINFETTANTI</b>                                | <b>16</b> |
| - <i>La monoclorammina, i principi della produzione</i>                                   | 17        |
| - <i>Pugno di ferro in guanto di velluto, natura chimica ed azione disinfettante</i>      | 20        |
| - <i>Compatibilità con i materiali, nessun rischio di corrosione</i>                      | 23        |
| <b>BIBLIOGRAFIA</b>   | <b>24</b> |

# INTRODUZIONE

# SANIKILL

## Monoclorammina per il trattamento dell'acqua potabile

La **monoclorammina ( $\text{NH}_2\text{Cl}$ )** è un disinfettante a base di cloro **utilizzato per il trattamento dell'acqua potabile fin dall'inizio del Novecento**. Adottato dapprima da numerosi acquedotti in Canada<sup>1</sup> e negli USA (dove oggi garantisce la disinfezione dell'acqua fornita ad oltre il 30% della popolazione) è stata più recentemente introdotta come efficace strategia di disinfezione secondaria. Anche in Europa la monoclorammina risulta **sempre più utilizzata**, non solo in campo acquedottistico, ma anche **come soluzione per il trattamento dell'acqua fredda e calda sanitaria a livello di grandi edifici** quali ospedali, altre strutture sanitarie, hotel e impianti industriali, **al fine di garantire un adeguato controllo del rischio di proliferazioni dei patogeni acquicoli**, con particolare riferimento a batteri del genere *Legionella* e *Pseudomonas*.



L'utilizzo della monoclorammina per la disinfezione dell'acqua potabile è riconosciuto ed approvato dall'EPA (Environmental Protection Agency) e dalla WHO (World Health Organization)<sup>2</sup> che definiscono come limite per la potabilità, rispettivamente, concentrazioni di 4 ppm e 3 ppm.

# LA PREVENZIONE DEL RISCHIO

# Monoclorammina per la prevenzione

*Prevenzione del rischio Legionellosi, e non solo*

Numerose sono le evidenze scientifiche che attestano l'efficacia della monoclorammina prodotta con la tecnologia SANIKILL quale sistema per la prevenzione del rischio Legionellosi, aspetto delicato e meritevole di particolare attenzione specialmente in contesti con elevata probabilità di presenza di soggetto a rischio, come le strutture nosocomiali e sanitarie.

Per citarne solo alcuni: studi condotti dalla Prof.ssa Coniglio e dai suoi collaboratori (Dipartimento di Igiene e Salute Pubblica, Università di Catania) dimostrano chiaramente l'efficacia della monoclorammina nell'eliminazione di contaminazioni da *Legionella*, anche consistenti e persistenti, dagli impianti di distribuzione dell'acqua calda sanitaria. **I dati raccolti presso tre differenti ospedali a seguito del dosaggio di monoclorammina dimostrano chiaramente la completa eliminazione di contaminazioni** che da tempo affliggevano gli impianti idrici, dove i numerosi tentativi condotti con altri sistemi di disinfezione avevano fornito risultati parziali, se non del tutto insoddisfacenti.<sup>3,4</sup> Negli stessi studi, **il monitoraggio condotto sui potenziali sottoprodotti** ritenuti più rilevanti (nitriti, nitrati, ammonio) ha confermato che il sistema assicura che **le concentrazioni di tali specie chimiche siano sempre ben al di sotto dei valori massimi definiti dalla normativa nazionale** (Dlg. 31/2001 e s.m.i.).

L'efficacia della monocloramina per il controllo del rischio Legionellosi è documentata anche dai lavori redatti dal gruppo coordinato dalla Prof.ssa Borella (Dipartimento di Scienze Biomediche, Metaboliche e Neuroscienze, Università di Modena Reggio Emilia): diversi sono i casi di studio, seguiti presso ospedali del Nord Italia, nei quali **l'impiego di monocloramina si è confermato la strategia ottimale per la risoluzione del problema *Legionella*, rimuovendo le contaminazioni inizialmente presenti e garantendo l'assenza continuativa di successive positività.**<sup>5,6,7,8</sup> Gli stessi lavori confermano anche la completa assenza di effetti corrosivi e il pieno controllo della problematica relativa alla potenziale formazione di sottoprodotti.

Conferme dell'efficacia della monocloramina per il controllo della *Legionella* negli impianti idrici sono state riportate anche dal team guidato dalla Prof.ssa Stout (Special Pathogens Laboratory, Dipartimento di Ingegneria civile e ambientale, Università di Pittsburg): gli studi di **monitoraggio condotti su due differenti ospedali dimostrano la completa eliminazione di *Legionella* dopo pochi giorni dall'avvio del sistema di disinfezione.**<sup>9,10,11</sup> Nel più recente degli studi condotti, gli autori riportano peraltro che la **monocloramina risulta efficace** non solo nell'eradicazione della *Legionella*, ma anche nel **garantire un pieno controllo di altri patogeni acquicoli** rilevanti dal punto di vista delle infezioni nosocomiali, come *Pseudomonas aeruginosa*, *Stenotrophomonas maltophilia* e *Acinetobacter baumannii*.<sup>11</sup>



Nella stessa direzione vanno le osservazioni raccolte in oltre 6 anni di monitoraggio microbiologico dell'acqua dal gruppo coordinato dal Dott. Farina (UOC Microbiologia e Virologia, Ospedale Papa Giovanni XXIII, Bergamo): come condiviso nella presentazione tenuta in occasione del 6° Meeting ESGLI (Atene, settembre 2019) gli oltre 200 campionamenti eseguiti annualmente sulla struttura ospedaliera da quasi 1000 posti letto, la cui acqua calda sanitaria viene disinfettata sin dall'inaugurazione della stessa con monocloramina, non solo confermano l'assenza di *Legionella*, ma riportano risultati altrettanto soddisfacenti anche per altri batteri (*Pseudomonas aeruginosa*, *Stenotrophomonas maltophilia* e *Acinetobacter baumannii*) e funghi (*Aspergillus* spp., *Fusarium* spp.).

# Monoclorammina

## *Linee guida per la Prevenzione del rischio Legionellosi*

Come già anticipato, l'**OMS cita la monoclorammina** tra i disinfettanti indicati per il trattamento dell'acqua al fine di una corretta gestione del rischio Legionellosi, **evidenziando peraltro la maggiore efficacia di questo disinfettante rispetto a quella del cloro libero**.<sup>12</sup>

Anche le **Linee Guida Europee "European Technical Guidelines for the Prevention, Control and Investigation of Infections Caused by *Legionella* species"** annoverano la monoclorammina tra i disinfettanti indicati per la **prevenzione del rischio Legionellosi**.<sup>13</sup>

Stesso parere viene riportato dagli Organi Competenti italiani: le **Linee Guida per la prevenzione ed il controllo della Legionellosi del 2015 indicano come efficace l'utilizzo di monoclorammina**, anche per il trattamento di acqua calda sanitaria. Ne sottolineano la maggiore stabilità e sicurezza (non comporta la formazione di THM) rispetto al cloro, e ne mettono in evidenza la maggiore persistenza in acqua rispetto al cloro e al biossido di cloro, precisando che questa proprietà assicura una più efficace diffusione nelle zone stagnanti e all'interno del biofilm. Viene infine riconosciuta la sua maggiore compatibilità con i materiali impiegati nelle reti di distribuzione dell'acqua.<sup>14</sup>

Infine, anche le **più recenti "Linee Guida Regionali Per La Sorveglianza E Il**

**Controllo Della Legionellosi”** emanate dalla Regione Emilia-Romagna ribadiscono **l’efficacia e la sicurezza dell’impiego di monocloramina quale strategia di disinfezione** per la corretta gestione del rischio Legionellosi.<sup>15</sup>

### I 5 benefici della monocloramina



Eliminazione  
Legionella



Nessun  
sottoprodotto



No rischio  
corrosione



Alta stabilità



Penetrazione  
Biofilm

# **IL REGOLAMENTO BIOCIDI**

# SANIKILL

## *La monocloramina e il Regolamento Europeo Biocidi*

Secondo quanto definito dalla Legislazione Europea, **la monocloramina deve essere considerata un prodotto biocida**: per biocida si intende infatti una qualsiasi sostanza chimica destinata a distruggere, eliminare, rendere innocuo o esercitare un effetto di controllo su qualsiasi organismo nocivo. Pertanto, un disinfettante dosato in qualsiasi tipo di acqua con l'obiettivo di prevenire la proliferazione di microorganismi che potenzialmente rappresentano un rischio per la salute umana è a tutti gli effetti un classificabile come biocida.

**Al fine di armonizzare il mercato di prodotti di questo tipo a livello comunitario, l'Unione Europea ha approvato il Regolamento Europeo Biocidi** (BPR, Regulation (EU) 528/2012), entrato in vigore il 1° Settembre 2012 a sostituzione della Direttiva Europea sui Prodotti Biocidi 98/8/EC (BPD) e recepita come legge da tutti i Paesi dell'Unione. **Scopo del Regolamento è non solo migliorare il mercato dei biocidi a livello dell'UE, ma anche e soprattutto assicurare l'effettiva efficacia dei prodotti e un elevato livello di protezione per la salute umana e per l'ambiente.** Pur con l'obiettivo di assicurare che i prodotti siano stati opportunamente testati e valutati prima di essere immessi sul mercato, il regolamento si pone anche l'obiettivo etico di ridurre la sperimentazione sugli animali, introducendo obblighi relativi alla condivisione dei dati e incoraggiando l'uso di metodi di sperimentazione alternativi.

Il processo di valutazione previsto dal BPR si articola in due fasi: dapprima l'approvazione del principio attivo, che viene eseguita in maniera unificata a livello dell'Unione e, successivamente l'autorizzazione del prodotto biocida vero e proprio, a livello dei singoli Stati membri. Tale autorizzazione può essere estesa ad altri Stati membri tramite riconoscimento reciproco. Alternativamente, è possibile ottenere anche per il prodotto biocida un'autorizzazione unica a livello dell'Unione.

In base al tipo di applicazione ed all'uso a cui sono destinati, i biocidi sono stati suddivisi in 22 differenti tipi di prodotto (PT): ad esempio, nell'ambito della macrocategoria dei disinfettanti, i biocidi utilizzati, come la monocloramina, per la disinfezione dell'acqua potabile sono classificati come PT5. Tale classificazione è funzionale al fatto che ogni sostanza non viene valutata *"per se"*, ma in riferimento ad uno o più specifici tipi di applicazione per essa previsti.

**Secondo quanto stabilito dall'Art. 95 del BPR, a partire da 1° Settembre 2016, i prodotti biocidi possono essere immessi sul mercato solo se il produttore/fornitore è presente nella lista dei produttori/fornitori autorizzati,** in riferimento allo specifico PT a cui l'uso del prodotto fa riferimento. Per essere inclusi in questa lista, disponibile e consultabile sul sito dell'European Chemicals Agency (ECHA)(<https://echa.europa.eu/it/information-on-chemicals/active-substance-suppliers>), **l'azienda deve aver fornito alle Autorità Europee Competenti un proprio dossier,** ovvero una raccolta di dati atti a dimostrare le caratteristiche chimiche, le proprietà, l'azione biocida e la sicurezza del proprio prodotto, oppure

aver ottenuto il permesso di fare riferimento al dossier sottomesso da un'altra azienda.

**Come verificabile consultando la lista dell'Art. 95<sup>16</sup> Sanipur è stata autorizzata (ed è l'unica in Italia) in virtù dei dati forniti all'interno del dossier, alla commercializzazione di monoclorammina quale prodotto biocida per il trattamento di acqua potabile (PT5),** che può continuare ad essere utilizzato anche per tutta la durata del periodo transitorio (ovvero fino alla conclusione del processo di valutazione), come previsto dall'Art. 93 del BPR per i prodotti biocidi generati *in situ*.

# **C**ARATTERISTICHE CHIMICHE E PROPRIETÀ DISINFETTANTI



# LA MONOCLORAMMINA

## *I principi chimici della produzione*

In generale, la monoclorammina viene **prodotta attraverso la reazione tra un precursore dell'acido ipocloroso e una fonte di ammonio. Per garantire la massima resa produttiva** ed evitare la formazione di prodotti indesiderati, è necessario che il sistema di produzione garantisca:

- il preciso controllo della stechiometria di reazione, ovvero il **giusto bilanciamento dei due precursori**, che è essenziale per garantire la formazione di monoclorammina pura.
- Il **mantenimento di un ottimale valore di pH** della soluzione in cui la reazione ha luogo: a valori di pH superiori a 7.2, la reazione è completamente spostata verso la formazione della sola monoclorammina.

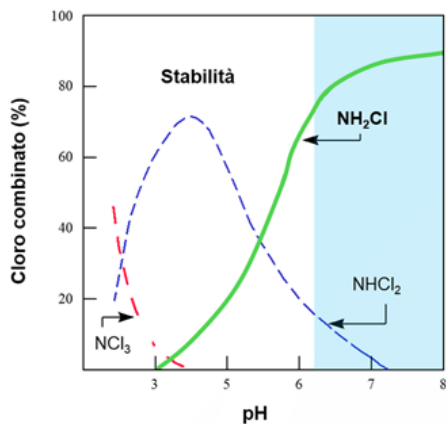
Operare in condizioni di pH adeguato e rispettare la corretta stechiometria tra i due precursori garantisce che il processo avvenga secondo quanto rappresentato nella reazione di seguito riportata, avvicinandosi alla situazione ideale in cui **il solo prodotto secondario della sintesi della monoclorammina è rappresentato da H<sub>2</sub>O**:



Poiché la monoclorammina viene prodotta *in situ*, il rispetto della stechiometria di reazione è reso possibile dall'impiego di impianti tecnologici che garantiscano un

dosaggio proporzionale e temporalmente coordinato dei due precursori, in modo che questi possano reagire nelle condizioni e alle concentrazioni ottimali per la reazione sopra descritta.

Relativamente al pH, considerati i valori tipici dell'acqua potabile, **la formazione della monoclorammina in soluzione acquosa risulta fortemente favorita rispetto a quella di qualsiasi altro prodotto (Figura 1)**. Valori di pH superiori a 7, come detto, influenzano positivamente l'efficacia disinfettante del trattamento basato sull'utilizzo di monoclorammina, che in tali condizioni è sostanzialmente l'unica specie chimica presente.



**Figura 1.** Influenza del pH sulla formazione di monoclorammina (a sonostra).

La tecnologia **SANIKILL** ideata, realizzata e brevettata da Sanipur **consente la produzione di monoclorammina *in situ* e direttamente nel flusso di acqua nel pieno rispetto di questi specifici requisiti**, rendendo il sistema di produzione e dosaggio ottimale non solo per l'acqua fredda potabile, ma anche per l'acqua calda

sanitaria.

Essendo dotata di sistemi che consentono il controllo ed il monitoraggio in continuo di alcuni parametri chimico-fisici dell'impianto idrico e dell'acqua, **la tecnologia SANIKILL garantisce una produzione e un dosaggio di disinfettante proporzionali al consumo di acqua**, così da assicurare la presenza di una concentrazione costante di monocloramina e da garantire in ogni momento il corretto rapporto cloro/azoto, fattore che come già accennato è essenziale per ottenere monocloramina pura, evitando la formazione dei sottoprodotti della sua decomposizione (i.e. ione ammonio).

# Pugno di ferro in guanto di velluto

## *Natura chimica ed azione disinfettante*

Dal punto di vista della struttura molecolare, ciò che caratterizza la monoclorammina conferendole proprietà peculiari e differenziandola dall'acido ipocloroso/ipoclorito di sodio e dal biossido di cloro (gli altri due disinfettanti a base di cloro comunemente utilizzati per la disinfezione dell'acqua potabile) è la presenza di un legame covalente Cl-N, anziché di un legame Cl-O: l'azoto, essendo meno elettronegativo dell'ossigeno, condivide la nube elettronica con il cloro, rendendo quest'ultimo meno incline a rompere il legame covalente e a reagire con altre molecole in qualità di ossidante. **Ciò giustifica la minore reattività e il minor potere ossidante della monoclorammina rispetto agli altri disinfettanti a base di cloro (Tabella 1).**<sup>17</sup>

| DISINFETTANTE               | FORMULA CHIMICA            | POTENZIALE REDOX STD. |
|-----------------------------|----------------------------|-----------------------|
| Biossido di Cloro           | $\text{ClO}_2$             | 1.71 V                |
| Acido ipocloroso/ipoclorito | $\text{HClO}/\text{ClO}^-$ | 1.4/0.9 V             |
| Monoclorammina              | $\text{NH}_2\text{Cl}$     | 0.75 V                |

**Tabella 1.** Potenziale redox standard dei disinfettanti a base di cloro, definito in soluzione acquosa a 25°C

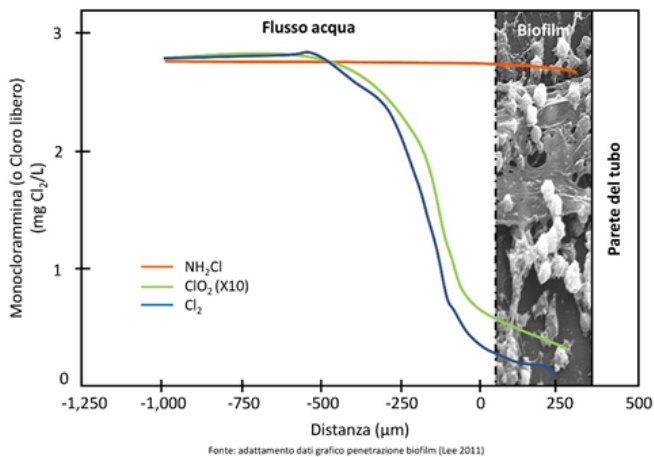
Questo blando potere ossidante è ciò che rende ragione dell'efficacia della monoclorammina come disinfettante e che determina la selettività del suo meccanismo d'azione: evidenze sperimentali suggeriscono che essa esplica la propria azione biocida non reagendo in modo aspecifico con tutte le macromolecole

organiche come accade utilizzando gli altri ossidanti, bensì reagendo specificamente con i gruppi sulfidrilici degli aminoacidi appartenenti a proteine della membrana batterica e ad enzimi coinvolti in processi cellulari essenziali come il trasporto e la respirazione.<sup>18,19</sup>

**Stabilità e selettività permettono inoltre alla monoclorammina di agire in maniera più mirata ed efficace nei confronti dei microrganismi presenti nell'acqua**, non solo di quelli presenti in forma libera (planctonica) ma **anche di quelli annidati all'interno del biofilm**, lo strato costituito da matrice extracellulare polimerica che favorisce l'aggregazione dei microrganismi e il loro ancoraggio alle superfici. La presenza di **biofilm** interferisce significativamente con l'azione dei disinfettanti poiché **contribuisce alla generazione di un microambiente ottimale per la proliferazione di batteri e altri microrganismi**, che in esso trovano disponibilità di nutrienti e, per l'appunto, protezione dagli agenti disinfettanti. Data la loro elevata reattività e il loro forte potere ossidante, **disinfettanti quali cloro e biossido di cloro** sono caratterizzati da cinetiche di reazione con altre molecole molto superiori rispetto a quelle di diffusione all'interno del biofilm e quindi **presentano una ridotta capacità di penetrazione dello stesso, poiché tendono a reagire immediatamente con le componenti organiche abiotiche dei suoi strati superficiali, raggiungendo i batteri a concentrazioni residue e estremamente ridotte e pertanto inefficaci.**

**La monoclorammina**, al contrario, riesce a **diffondere attraverso il biofilm**

(Figura 2), raggiungendo gli strati sottostanti, dove si trovano i microrganismi, ad una concentrazione sostanzialmente invariata rispetto a quella presente in **soluzione**, **ottimale per l'espletamento della sua azione biocida**.<sup>20</sup>



**Figura 2.** Confronto della capacità di penetrazione del biofilm di cloro libero (in blu), biossido di cloro (in verde) e monoclorammina (arancio).

**La stabilità chimica che caratterizza la monoclorammina è responsabile anche della sua elevata persistenza, proprietà che assicura un efficace “effetto residuo”:** ciò garantisce un’adeguata **disinfezione lungo tutto l’impianto idrico**, fino alle utenze più distanti dal punto di iniezione del disinfettante, anche nel caso di edifici di grandi dimensioni con sistemi molto estesi. Questo permette inoltre di **ridurre la frequenza delle operazioni di flussaggio necessarie** per garantire un’adeguata disinfezione anche a livello di utenze poco utilizzate, scongiurando quindi indesiderati ed evitabili sprechi della risorsa idrica.

# Compatibilità con i materiali

*Nessun rischio di corrosione*

La stabilità e il ridotto potere ossidante, peraltro, determinano la **completa compatibilità della monocloramina con qualsiasi materiale metallico o plastico utilizzato per gli impianti idrici**: l'esperienza raccolta su centinaia di impianti presenti in Europa e USA ha dimostrato la totale assenza di fenomeni corrosivi, anche a seguito di oltre 10 anni di impiego di tale strategia di disinfezione in continuo. Ciò è confermato anche dai test eseguiti da diversi produttori di tubazioni che hanno analizzato la compatibilità della monocloramina generata con sistema SANIKILL con differenti materiali (acciaio inox, acciaio al carbonio, PPr, PE, multistrato): anche utilizzando in questi test di invecchiamento accelerato concentrazioni di monocloramina fino a 100 ppm non è stato osservato alcun fenomeno ossidativo e corrosivo nei confronti dei materiali sottoposti a saggio. La compatibilità con tutti i materiali rappresenta un enorme **punto di forza della monocloramina rispetto agli altri disinfettanti a base di cloro, in particolare al biossido di cloro** (e agli ossidanti in generale, es. perossido di idrogeno, acido peracetico, ecc.): benché la sua efficacia come biocida sia innegabile, numerose evidenze riportate in letteratura attestano la sua responsabilità nel provocare consistenti fenomeni corrosivi a carico di materiali sia metallici che plastici, provocando l'insorgenza di rotture e perdite consistenti a carico dell'impianto idrico.<sup>21,22,23,24,25,26</sup>

# BIBLIOGRAFIA



<sup>1</sup> McGuire M. J. Eight Revolutions in the History of US Drinking Water Disinfection. J AWWA (2006) 98-123.

<sup>2</sup> World Health Organization. Monochloramine in Drinking-water. (2003)

<sup>3</sup> Coniglio M. A. et al. Continuous disinfection by monochloramine on domestic hot water system of healthcare facilities for the control of Legionella contamination. A seven months experience from Italy. J. Health Science (2015) 3, 11-17.

<sup>4</sup> Coniglio M. A. et al. Preventing Healthcare-Associated Legionellosis: Results after 3 Years of Continuous Disinfection of Hot Water with Monochloramine and an Effective Water Safety Plan. Int. J. Environ. Res. Public Health (2018) 15, 1594-1605.

<sup>5</sup> Marchesi I. et al. Control of Legionella contamination in a hospital water distribution system by monochloramine. Am. J. Inf. Cont., 40/3 (2012) 279-281.

<sup>6</sup> Marchesi I. et al. Monochloramine and chlorine dioxide for controlling Legionella pneumophila contamination: biocide levels and disinfection by-products (DBPs) formation in hospital water networks. J. Water Health (2013) 11.4, 738-747.

<sup>7</sup> Casini B. et al. Long-term effects of hospital water network disinfection on Legionella and other waterborne bacteria in an Italian university hospital. Infect. Contr. Hosp. Epidemiol. 35 (2014) 293-299.

<sup>8</sup> Marchesi I. et al. Control of Legionella Contamination and Risk of Corrosion in Hospital Water Networks following Various Disinfection Procedures. Appl. Env. Microbiol. (2016) 82, 2959-2965.

<sup>9</sup> Kandiah S. et al. Control of Legionella Contamination with Monochloramine Disinfection in a Large Urban Hospital Hot Water System. Am. J. Inf. Cont. (2012) 40,

e84.

<sup>10</sup> Kandiah S. et al. Monochloramine Use for Prevention of Legionella in Hospital Water Systems. *Infectious Disorders - Drug Targets* (2013) 13, 1-7.

<sup>11</sup> Duda S. et al. Evaluation of a New Monochloramine Generation System for Controlling Legionella in Building Hot Water Systems. *Infect. Contr. Hosp. Epidemiol.* (2014) 35, 1356-1363.

<sup>12</sup> World Health Organization. LEGIONELLA and the prevention of legionellosis. 2007

<sup>13</sup> European Center for Disease Control. European technical guidelines for the prevention, control and investigation of infections caused by Legionella species. 2017

<sup>14</sup> Ministero della Salute (Approvato in Conferenza Stato-Regioni nella seduta del 7 maggio 2015). Linee guida per la prevenzione ed il controllo della legionellosi. 2015

<sup>15</sup> Regione Emilia Romagna. Linee Guida Regionali Per La Sorveglianza E Il Controllo Della Legionellosi. 2017

<sup>16</sup> <https://echa.europa.eu/it/information-on-chemicals/active-substance-suppliers>

<sup>17</sup> Copeland A and Lyte DA. Measuring the oxidation–reduction potential of important oxidants in drinking water. *Journal AWWA*. 2014; 106, E10-E20.

<sup>18</sup> Jacangelo G. et al. Oxidation of sulfhydryl groups by monochloramine. *Water Res.* (1987) 21, 1339-1344.

<sup>19</sup> Jacangelo G. et al. Investigating the Mechanism of Inactivation of Escherichia coli B by Monochloramine. *J AWWA* (1991) 83, 80-87.

<sup>20</sup> Lee W.H. et al. Free chlorine and monochloramine application to nitrifying biofilm:

comparison of biofilm penetration, activity, and viability. *Env. Sci. Technol.* (2011) 45, 1412-1419.

<sup>21</sup> Jacobson K. Corrosion of plastic pipes – the role of disinfectants. Ceacor conference, Luzern. 2012.

<sup>22</sup> Chung S et al. An examination of field failures of plastic piping system components in potable water applications. *Plastic Pipes & Fittings*. 2007, 58-65.

<sup>23</sup> Yu W, Azhdar B, Andersson A, Reitberger T, Hassinen J, Hjertberg T, Gedde UW. Deterioration of polyethylene pipes exposed to water containing chlorine dioxide. *Polymer Degradation and Stability*. 2011. 96, 790 - 797.

<sup>24</sup> Chord F, Fascia P, Mallaval F, Cornillon J, Roesch L, Pozzetto B, Grattard F, Berthelot P. Chlorine dioxide for *Legionella* spp. disinfection: a danger for cross-linked polyethylene pipes? *J Hosp Infect*. 2011; 78, 242–243.

<sup>25</sup> Marchesi I, Ferranti G, Mansi A, Marcelloni AM, Proietto AR, Saini N, Borella P, Bargellini A. Control of *Legionella* Contamination and Risk of Corrosion in Hospital Water Networks following Various Disinfection Procedures. *Appl Environ Microbiol*. 2016; 82, 2959-2965.

<sup>26</sup> Ortenzi M. Tubazioni, l'impatto del biossido di cloro. *Il Giornale dell'Ingegnere* (2019), 2, 20.



INNOVAZIONE NELLA SANIFICAZIONE ACQUA.  
DA SEMPRE

**Sanipur**

Via Quasimodo, 25 - 25020 Flero (BS) - Italy | P +39 030 3582390  
[www.sanipur.it](http://www.sanipur.it)