

---

PROGETTO DI RESTAURO  
DEL COMPLESSO MONUMENTALE  
DELLA FONTANA DEL NETTUNO

---

**Relazione tecnico-scientifica relativa  
alle analisi microbiologiche condotte  
sui campioni di acqua prelevati presso  
i vani tecnici e la vasca esterna  
della fontana del Nettuno, ubicata  
in Piazza del Nettuno, Bologna.**

Relazione a cura della  
**Dott.ssa Sandra Cristino**

Bologna, 24/05/16



DIPARTIMENTO DI SCIENZE BIOLOGICHE  
GEOLOGICHE E AMBIENTALI

## Fase 1

Nell'ambito dell'accordo quadro tra il Comune di Bologna e Alma Mater Studiorum – Università di Bologna, il Dipartimento di Scienze Biologiche, Geologiche ed Ambientali (BiGeA), nella persona del Responsabile Scientifico del Laboratorio di Microbiologia Ambientale e biologia molecolare (MAb), Dott.ssa Sandra Cristino, ha eseguito le analisi microbiologiche delle acque della Fontana del Nettuno (vani tecnici e vasca) al fine di valutarne le caratteristiche qualitative.

L'esame microbiologico delle acque dà la possibilità di verificare l'eventuale presenza dei microrganismi presenti in esse, mediante valutazioni quali-quantitative basate su tecniche analitiche che ne permettono l'evidenziazione e/o lo sviluppo. L'analisi microbiologica risulta particolarmente importante quando si parla di acque destinate all'approvvigionamento idrico-potabile sia in relazione alla loro qualità in funzione del trattamento di disinfezione cui sono sottoposte, sia dopo la loro immissione nella rete idrica.

Le valutazioni preliminari e le successive analisi sono state condotte in due fasi differenti: sopralluogo e campionamento.

In data 03.02.2016 è stato effettuato il sopralluogo conoscitivo dei vani tecnici ubicati all'interno dei locali della Sala Borsa e della Centrale Termica situata nei sotterranei di Palazzo D'Accursio. L'attività di sopralluogo ha permesso di valutare lo stato dell'impianto di approvvigionamento idrico e le tecnologie di trattamento acque presenti, ed è stato possibile individuare 5 punti identificati come "campionabili", da cui poter prelevare campioni di acqua da sottoporre alle successive analisi.

I punti individuati, riportati nell'**Allegato 1**, sono i seguenti:

- Alimentazione (punto prelievo n.1)
- Addolcitore (punto prelievo n.2)
- Ricircolo - percorso del tubo di ricircolo dotato di due aperture (punti prelievo n.R1 e R2)
- Vasca di accumulo (punto prelievo n.3)
- Fontana (punto prelievo n.4)

## Fase 2

Durante la fase di campionamento da ciascun punto di prelievo è stato prelevato 1 litro di acqua, da sottoporre alle analisi microbiologiche per la ricerca dei parametri indicatori della qualità dell'acqua, così come stabilito dal DLgs 31/2001: Carica batterica a 36 °C e 22 °C, *P. aeruginosa*, *E. coli*, *St. aureus*, Enterococchi. Le analisi sono state condotte presso il laboratorio, mediante metodiche standardizzate e certificate. A livello degli stessi punti, direttamente sul campo, è stata eseguita la valutazione della concentrazione del disinfettante (cloro) presente mediante la misurazione con colorimetro (Orbeco-Hellige, modello 942-001, NY, USA) e la rilevazione della temperatura mediante termometro a sonda (Eutech Instruments, modello Temp5 Basic PT100).

La ricerca dei microrganismi in laboratorio si basa sulla possibilità di coltivare, su idonei substrati ed in idonee condizioni colturali (temperatura, umidità e presenza/assenza di CO<sub>2</sub>), batteri presumibilmente presenti nell'acqua, utilizzando le metodologie finalizzate all'individuazione differenziale di specie o di gruppi microbici ritenuti significativi ai fini del giudizio igienico e/o di qualità dell'acqua in esame. In particolare, i metodi utilizzati sono quelli certificati basati sulla semina per inclusione su piastra per la determinazione della carica batterica totale eterotrofa e mesofila a 36 °C e 22 °C (metodo ISO 6222:1999) e la filtrazione su membrana per la ricerca di determinati gruppi microbici o per la ricerca di una singola specie (metodi: UNI EN ISO 12780:2002 per *P. aeruginosa*, ISS A 001B rev. 00 per *E. coli*, ISS A 018A rev. 00 per *St. aureus*, ISO 7899-2:2000 per Enterococchi).

Tutte le analisi condotte hanno mostrato l'assenza dei microrganismi ricercati, come mostrato nella **Tabella 1**, in linea con quanto previsto dal Decreto Legislativo 2 febbraio 2001, n. 31 "Attuazione della direttiva 98/83/CE relativa alla qualità delle acque destinate al consumo umano."

N° campione	Carica a 36 °C	Carica a 22°C	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Coliformi fecali	<i>Escherichia coli</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>	Enterococchi
1.	5 ufc/ml	8 ufc/ml	0	0	0	0	0
R1	1 ufc/ml	6 ufc/ml	0	0	0	0	0
R2	8 ufc/ml	7 ufc/ml	0	0	0	0	0
2.	17 ufc/ml	33 ufc/ml	0	0	0	0	0
3.	6 ufc/ml	2 ufc/ml	0	0	0	0	0
4.	4 ufc/ml	4 ufc/ml	0	0	0	0	0

**Tabella 1:** Parametri microbiologici ricercati nei punti di campionamento a livello della Fontana del Nettuno (vani tecnici e fontana)

L'assenza di microrganismi indicatori e il basso livello di carica eterotrofa sono notoriamente interpretati come un ottimo livello di qualità dell'acqua destinata al consumo umano; nella fattispecie trattandosi di una fontana presente in un ambiente facilmente "contaminabile" da agenti biologici (animali, persone etc) e da agenti chimici (carico inquinante) l'assenza di contaminazione è attribuibile alla scelta di impiegare il cloro come agente disinfettante. In particolare, le acque di ricircolo e di reintegro della Fontana del Nettuno vengono trattate con "Pool pastiglioni" (FACOT Chemicals), un prodotto a base di acido tricloroisocianurico in forma di pastiglie, solitamente utilizzato per la disinfezione delle piscine, e dalla cui reazione in acqua si libera acido ipocloroso (HOCl).

Si vuole sottolineare che il cloro (nelle varie preparazioni) è l'agente disinfettante più usato in Italia per la disinfezione delle acque potabili in quanto esplica un'azione battericida attraverso l'ossidazione di qualsiasi forma vivente presente nell'acqua.

Le valutazioni che generalmente vengono fatte dagli sperimentatori sul campo riguardano le due componenti associate all'attività di qualunque sostanza che si produce dalla reazione tra il cloro libero e l'acqua, ossia: il cloro libero e il cloro totale.

Il cloro libero è quello che ha capacità igienizzante e che negli acquedotti non deve superare determinati valori all'utenza (0.2 mg/l); il cloro totale è la somma di cloro libero (totalmente disponibile per la disinfezione) e cloro combinato (composto di cloro con altre sostanze organiche prodotte dalla disinfezione) e non corrisponde al cloro originariamente dosato, ma a quello ridotto da evaporazione e ossidazione durante la fase di disinfezione. La dose di cloro deve essere sufficientemente elevata da consentire al cloro stesso di rimanere nell'acqua per la disinfezione: dunque, il dosaggio dipende dalla quantità di materia organica presente nell'acqua, dal pH, dal tempo di contatto e dalla temperatura. Nel dosaggio, però, è importante tener conto del fatto che il cloro reagisce con la materia organica formando i sottoprodotti di disinfezione, come i trialometani (THM) e gli acidi acetici alogenati (HAA), ritenuti dannosi e potenzialmente pericolosi per la salute dell'uomo. Per tutti questi motivi il cloro deve essere dosato in maniera controllata e se impiegato per il "trattamento di acque destinate al consumo umano" deve essere conforme al **DLgs 31/2001**, allegato 1, parte c (parametri indicatori) secondo cui "Qualora sia necessario un trattamento di clorazione dell'acqua è consigliabile che, al punto di messa a disposizione dell'utente, nell'acqua si abbia un valore di 0.2 mg di cloro per litro".

Procedendo infatti alla valutazione del disinfettante presente nella rete idrica della Fontana del Nettuno in tutti i punti campionati, abbiamo rilevato concentrazioni elevate dei due componenti (cloro libero e cloro totale) come mostrato in **Tabella 2**.

In data 04.03.2016 è stato eseguito lo svuotamento della vasca del Nettuno, e a livello della conchiglia (Vasca superiore, lato Nord) è stato prelevato un campione di acqua su cui è stata condotta l'analisi microbiologica per la ricerca dei parametri indicatori, come precedentemente descritto. Anche a livello di tale campione è stata riscontrata l'assenza dei contaminanti ricercati; su tale acqua è stata effettuata inoltre l'analisi della durezza pari a 20 °F, del pH pari a 5 e la misurazione del disinfettante residuo (**Tabella 2**).

N° campione	Punto di prelievo	Temperatura °C Termometro a sonda (dotazione laboratorio)	Cloro libero (mg/l)	Cloro totale (mg/l)
1.	Alimentazione	16.6	0.092	0.191
2.	Addolcitore	n.r	n.d.	n.d.
R1	Ricircolo (prima di avvallamento)	n.r	2.880	5.880
R2	Ricircolo (dopo avvallamento)	n.r	n.d.	n.d.
3.	Vasca di accu- mulo (con reinte- gro dentro)	n.r	1.592	3.780
4.	Fontana (ester- no-piazza)	10.4	0.728	2.360
Conchiglia	Vasca superiore – lato Nord	n.r	1.545	7.104

**Tabella 2:** Parametri chimico-fisici ricercati nei punti di campionamento a livello della Fontana del Nettuno (vani tecnici e fontana) \*n.r.: non rilevata (la misurazione della temperatura non è stata effettuata a causa dell'impossibilità di accesso della sonda al punto di prelievo).

## Conclusioni

Dalle analisi condotte sia in fase di sopralluogo che al momento dei campionamenti è emerso quanto segue:

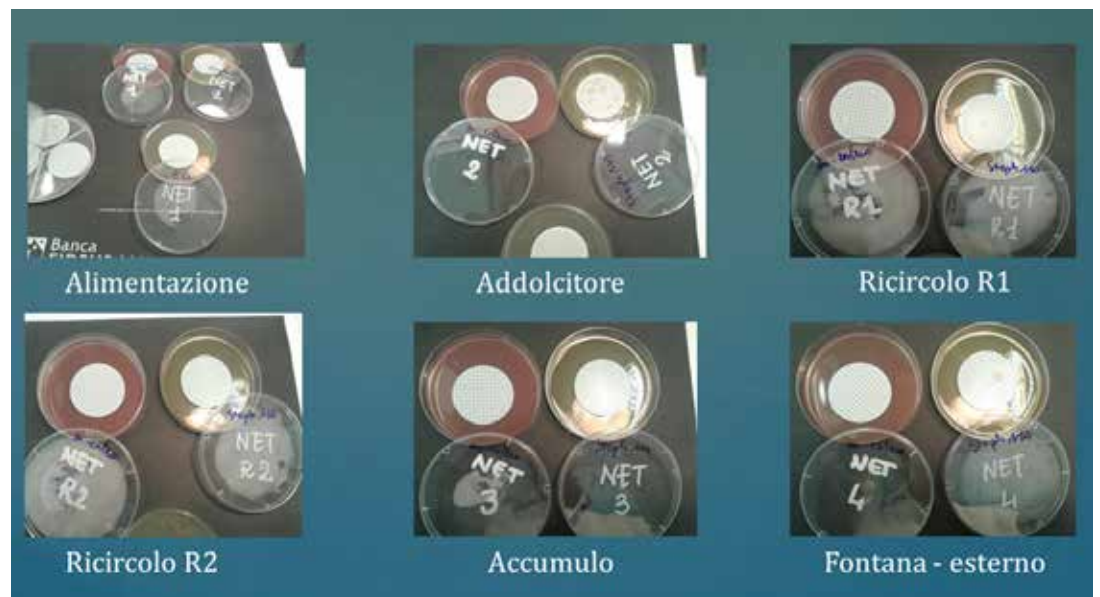
- È stata riscontrata una generale carenza nella gestione della manutenzione a livello dei diversi componenti dell'impianto idrico a servizio della Fontana del Nettuno (vani tecnici).
- I vani tecnici mostrano un generale stato di abbandono e dissesto: in particolare a livello della vasca di accumulo e a livello del tubo del ricircolo si osserva la presenza di aperture che rendono tali punti facile oggetto di contaminazione, anche da parte degli escrementi o dei resti di volatili morti che mediante tale tubazione vengono veicolati alla vasca di accumulo (Allegato 1). Non è presente, infatti, un sistema di filtri né a monte né a valle in grado di limitare il transito di detriti, specie se di natura organica. La contaminazione fecale ad opera dei volatili (piccioni) che hanno trovato il loro "habitat" sulla Fontana in tutte le sue componenti esterne raggiunge il vano tecnico, dove si assiste alla dispersione nei sistemi di tubatura e nella vasca di raccolta e reintegro del guano dei piccioni diventando un serio problema igienico-sanitario, in quanto serbatoi di malattie infettive per l'uomo. Si suggerisce, pertanto, di provvedere all'introduzione di un adeguato ed efficiente sistema di filtrazione in grado di trattenere, il passaggio di agenti organici e/o inorganici inquinanti, provenienti dalla fontana stessa.
- La quantità di cloro riscontrata – non in linea con quanto prescritto dal D. Lgs 31/2001 – non ha permesso la rilevazione e la crescita dei microrganismi ricercati. Livelli troppo alti di disinfettante esplicano un'azione che si rivela aggressiva, ed alla lunga corrosiva, nei confronti dei componenti della Fontana, in particolare per i bronzi e per i marmi, oltre ad essere una fonte di potenziale pericolo per l'utenza che avvicinandosi alla stessa potrebbe entrarne in contatto (occhi, viso, mucose in generale). L'assenza di un sistema di dosaggio del disinfettante, che ne assicuri l'apporto nel circuito idrico proporzionale al consumo e/o all'acqua di reintegro, fa sì che l'aggiunta manuale dei pastiglioni in uso, determini, sì l'assenza di una flora microbica, ma contestualmente un accumulo di disinfettante che espone i marmi e i bronzi ad una attività corrosiva e di ingiallimento "cronica".
- Il sistema di addolcimento seppur presente, mostra tuttavia uno stato di deterioramento tale da ipotizzare un inadeguato trattamento dell'acqua stessa, che venendo addolcita può diventare più aggressiva nei confronti delle tubature (in ferro-zinco e plastica) oltre che sulle componenti della Fontana.
- Si suggerisce pertanto, considerando l'importanza storica della Fontana del Nettuno, di non trascurare durante la fase di restauro, il rifacimento dell'impianto idrico in tutte le sue componenti: il ripristino di adeguate condizioni di funzionamento dei vani tecnici, congiuntamente all'adozione di un sistema di trattamento/disinfezione adeguato alla tipologia di impianto, possono essere strategie vincenti per riportare il monumento alle originarie condizioni storiche e architettoniche.

**Dott.ssa Sandra Cristino**

**Allegato 1**

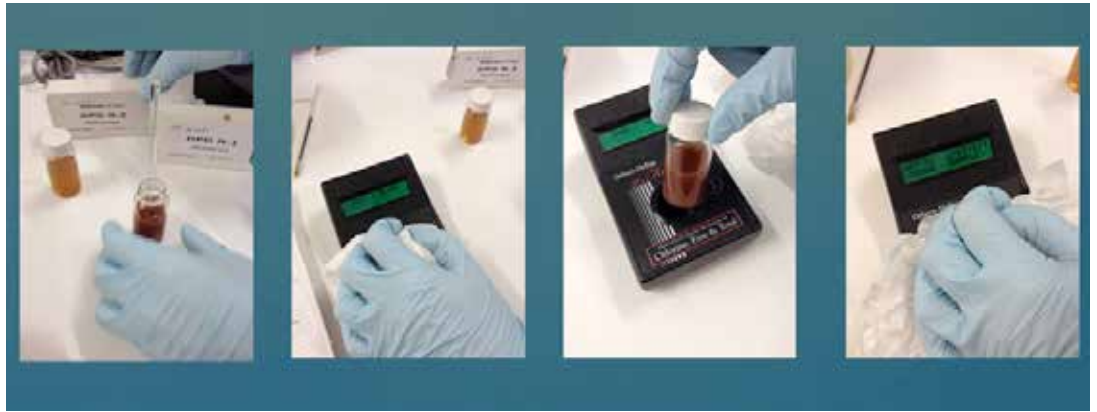


**Punti prelievo nei vani tecnici**  
Alimentazione (1)  
Addolcitore (2)  
Ricircolo (R1 e R2)  
Vasca di accumulo (3)  
Acqua in fontana (4)



Risultati ricerca parametri indicatori di contaminazione batterica

Rilevazione disinfettante (cloro libero e cloro totale)



Stato di deterioramento del sistema idrico (vani tecnici)



## Allegato 2

## Analisi microbiologiche-chimico-fisiche in condizioni metereologiche primaverili

Le analisi condotte a livello della vasca della fontana, in condizioni climatiche di tipo primaverile, hanno confermato l'assenza dei microrganismi ricercati (patogeni e indicatori) **Tabella 1**, ma hanno confermato l'elevata presenza di disinfettante (**Tabella 2**).

**TABELLA 1:** Parametri microbiologici rilevati a livello della Fontana del Nettuno

	Data prelievo	Carica batterica 36 °C	Carica batterica 22°C	Coliformi fecali UFC /100ml	Enterococchi UFC /100ml	<i>Staphylococcus aureus</i> UFC /100ml	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> UFC /100ml
Campione Vasca fontana - lato nord	12.05.2016	0	3	0	0	0	0
Campione Vasca fontana - lato ovest	17.05.2016	1	2	0	0	0	0

**TABELLA 2:** Parametri chimico-fisici rilevati a livello della Fontana del Nettuno

	Data prelievo	Temperatura (°C)	Durezza (°F)	Cloro libero (mg/l)	Cloro totale (mg/l)
Campione Vasca fontana - lato nord	12.05.2016	18 °C	20	126.80	141.60
Campione Vasca fontana - lato ovest	17.05.2016	23 °C	20	11.76	18.60

L'analisi dei dati ottenuti da campionamenti effettuati, in presenza di due temperature diverse suggeriscono, che durante la stagione primaverile-estiva, la presenza di temperature più alte, determinando una evaporazione del cloro, determinando un aumento della "cloro richiesta", quindi di disinfettante utilizzato, al fine di garantire un'acqua di buona qualità.

È chiaro che l'aumento di concentrazione di disinfettante utilizzato, peggiora lo stato di deterioramento dei bronzi e dei marmi.

**Dott.ssa Sandra Cristino**