

LA PRESENZA E GLI IMPATTI SARS-COV-2 NEL SERVIZIO IDRICO INTEGRATO

Michela Langone^{1*}, Luigi Petta², Gianpaolo Sabia², Carmela Maria Cellamare²,
Marco Ferraris², Roberta Guzzinati², Davide Mattioli²

Laboratorio Tecnologie per l'uso e gestione efficiente di acqua e reflui,
Dipartimento dei Sistemi Produttivi e Territoriali, ENEA – Centri Ricerca ¹Casaccia e ²Bologna.

Sommario – La presenza di virus patogeni umani nel ciclo idrico integrato desta molte preoccupazioni relative agli impatti sulla salute umana. Le misure di emergenza e contenimento adottate durante la pandemia provocata dal SARS-CoV-2, oltre a ripercussioni sul tessuto economico, sociale ed ambientale hanno comportato conseguenze sulle modalità di consumo della risorsa “acqua” evidenziandone l'importanza di una gestione razionale. Il presente lavoro ha lo scopo di fornire un quadro il più possibile aggiornato relativo alle attuali conoscenze sulla presenza e persistenza del SARS-CoV-2 nelle acque reflue, nei fanghi di depurazione nonché nei corpi idrici e le possibili implicazioni per i servizi idrici in termini di trasmissione fecale. Vengono discussi gli impatti in termini di consumi di acqua e qualità degli scarichi prodotti e infine, delineata una “roadmap” per una corretta gestione del servizio idrico integrato durante le pandemie, che riguarda la sicurezza dell'approvvigionamento delle acque potabili, la gestione delle acque reflue e dei fanghi nonché le potenzialità dell'epidemiologia basata sulle acque reflue quale strumento di monitoraggio e di rapido allarme al fine di individuare focolai di malattie infettive.

Parole chiave: trasmissione fecale, salute pubblica, SARS-CoV-2, servizio idrico integrato.

PRESENCE AND IMPACTS OF SARS-COV-2 IN WATER SERVICES

Abstract – The presence of human pathogenic viruses in water services raises many concerns about the impacts on human health. The emergency and containment measures adopted during the pandemic caused by the SARS-CoV-2 have had repercussions on economic, social and environmental fields, as well as on the way to consume water, highlighting the importance of responsible management of water resources. The aim of this work is to provide an up-to-date picture of the current knowledge on the presence and persistence of SARS-CoV-2 in wastewater, sewage sludge as well as in receiving water bodies and the possible implications for the water services in terms of fecal transmission. The impacts in terms of water consumption and quality of the produced discharges are discussed. Finally, a roadmap for safe management of water services during pandemics has been developed in this study, analyzing the drinking-water supply, the fecal, wastewater and sludge management and the potential of wastewater-based epidemiology as a monitoring and early warning tool applicable in order to identify outbreaks of infectious diseases.

* Per contatti: Via Anguillarese, 301, 00123 Roma.
Tel. 06.68303765; e-mail: michela.langone@enea.it

Keywords: fecal transmission, Public health, SARS-CoV-2, Urban water cycle.

Ricevuto il 29-10-2020; Correzioni richieste il 23-11-2020; Accettazione finale il 3-12-2020.

1. INTRODUZIONE

La drammatica emergenza sanitaria mondiale legata alla pandemia di COVID-19 è un chiaro esempio dei nuovi problemi e delle nuove sfide legate a un mondo in rapida evoluzione. Al fine di minimizzare gli impatti negativi su salute umana, ambiente ed economia, è fondamentale ridurre le vie di trasmissione del virus e i rischi di contagio oltre che promuovere adeguate politiche volte a favorire l'utilizzo razionale delle risorse naturali, la sostenibilità dei processi produttivi e la tutela dell'ambiente. In particolare, la razionale gestione delle risorse idriche, delle acque reflue e dei rifiuti dovrebbe far parte di una strategia globale di controllo e minimizzazione degli impatti della pandemia. L'attuale crisi, in particolare, sottolinea chiaramente l'importanza del nesso tra acqua e salute. Relativamente all'emergenza COVID-19, la risorsa idrica è fondamentale nella prevenzione del contagio e nella sorveglianza attraverso il monitoraggio dei sistemi fognari, ma può rappresentare anche una fonte potenziale di contagio. Di conseguenza, il servizio idrico integrato, indispensabile garante delle quotidiane esigenze vitali della popolazione e presidio d'igiene, svolge un ruolo fondamentale nel contesto quotidiano e tanto più nel presente contesto di crisi, dovendo garantire sicurezza e qualità nell'approvvigionamento di acqua potabile nonché nella raccolta e gestione del trattamento delle acque reflue.

L'attuale pandemia di COVID-19 è causata da un nuovo coronavirus, definito “sindrome respiratoria acuta grave coronavirus 2” (SARS-CoV-2).

I coronavirus sono virus respiratori che causano malattie a diverso spettro sintomatico, dal comune raffreddore a sindromi respiratorie e altre gravi condizioni cliniche, fino alla morte. Dal momento in cui è stato scoperto, e in soli dieci mesi, la pandemia ha causato più di 1.000.000 decessi in tutto

il mondo (WHO, 2020a). Il SARS-CoV-2 è altamente contagioso (WHO, 2020b); la trasmissione umana avviene principalmente per contatto diretto o indiretto attraverso goccioline respiratorie ($> 5-10 \mu\text{m}$ di diametro) prodotte da individui infetti. I contatti diretti si verificano tra persone in stretto contatto (entro 1 m), mentre la trasmissione indiretta avviene generalmente a seguito di contatto con superfici e oggetti contaminati da goccioline infette (saliva, secrezioni nasali, espettorato). Il SARS-CoV-2 è risultato più stabile su superfici di plastica e di acciaio inox rimanendo vitale fino a 72 ore, rispetto a superfici di rame e cartone (Van Dorremalen *et al.*, 2020). La letteratura scientifica non riporta studi specifici che verificano la trasmissione del SARS-CoV-2 tramite il consumo di cibi. La trasmissione del SARS-CoV-2 può avvenire anche attraverso particelle $< 5 \mu\text{m}$ provenienti dalle vie respiratorie delle persone infette, rilasciate durante la respirazione o l'azione del parlare (Carducci, Federigi and Verani, 2020). Infine, anche se non sono stati dimostrati casi specifici di trasmissione oro-fecale del SARS-CoV-2, le recenti evidenze scientifiche sulla presenza del virus nelle feci e nelle urine di persone asintomatiche e non, supportano l'ipotesi di questa ulteriore possibile via di trasmissione (Amirian, 2020; Heller, Mota and Greco, 2020).

2. METODOLOGIA

Gli studi riportati in questo documento includono articoli di ricerca, review, comunicazioni, report tecnici, case-study, news. È stata condotta una revisione sistematica della letteratura, combinando parole chiave con l'operatore booleano "AND", e utilizzando differenti database bibliografici, quali NCBI, Google Scholar, Scopus e Science Direct. Nello specifico, le parole chiave "COVID-19" / "SARS-CoV-2" sono state cercate insieme a "acqua, acque reflue, fanghi" / "ciclo idrico" / "servizio idrico" / "trasmissione fecale" / "epidemiologia basata sulle acque reflue". Per fornire una visione abbastanza rappresentativa dell'argomento, la ricerca è stata estesa ai preprint utilizzando il server medRxiv (<https://www.medrxiv.org/>).

3. PRESENZA E PERSISTENZA DEL SARS-COV-2 NELLE ACQUE REFLUE, NEI FANGHI E NEI SISTEMI IDRICI

È stato dimostrato che il SARS-CoV-2 può infettare e replicarsi nel tratto gastrointestinale sia

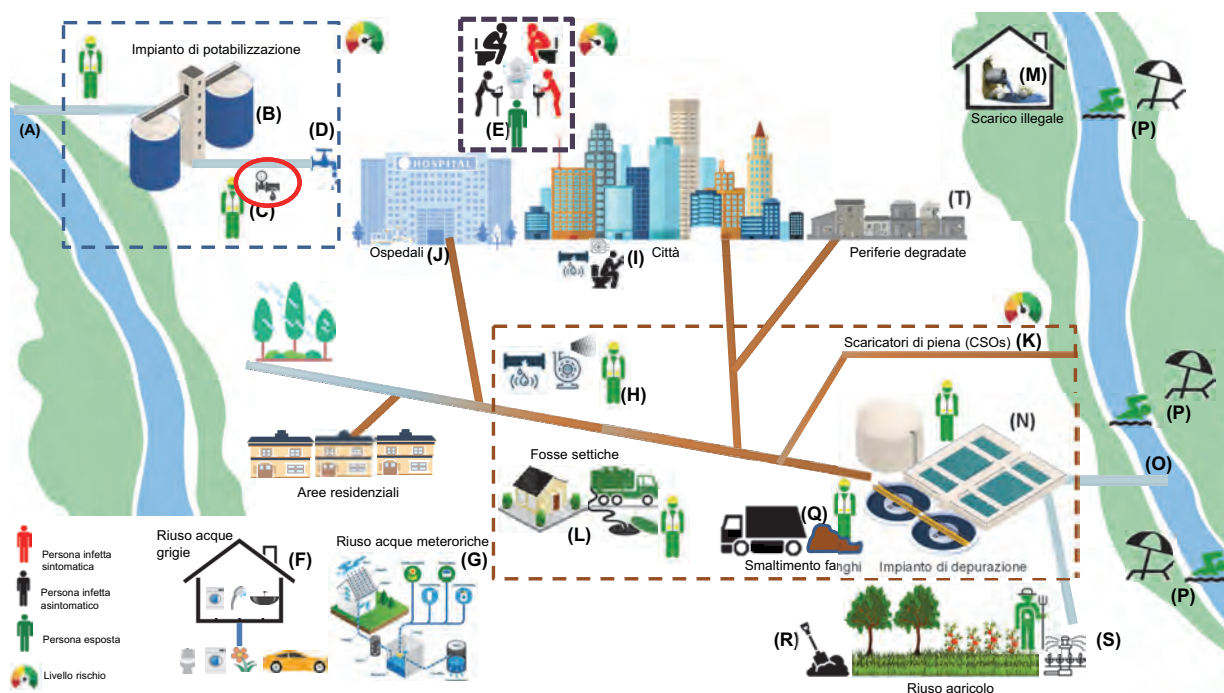
di pazienti sintomatici che asintomatici (Rampelli *et al.*, 2020). Inoltre, mediante il ricorso a tecniche di biologia molecolare, sono state rilevate tracce di RNA del SARS-CoV-2 in campioni di feci, urine e, conseguentemente di acque reflue (Amirian, 2020; Medema *et al.*, 2020). La presenza di RNA virale nelle feci è stata osservata anche in pazienti senza sintomi gastroenterici, e fino a quattro settimane dopo la cessazione dei sintomi. Ad oggi non è chiaro se l'RNA del SARS-CoV-2 nelle feci provenga dall'espettorato ingerito o dalla replicazione attiva all'interno del tratto gastrointestinale. Quest'ultima via di trasmissione influenzerebbe fortemente la diffusione del virus infettivo attraverso le acque reflue. Scarsi sono gli studi che finora sono riusciti a isolare il SARS-CoV-2 da campioni di feci e urine (Zhang, Chen and Zhu, 2020); ciò potrebbe essere imputato alla difficoltà di isolare virioni intatti, piuttosto che all'assenza di virioni infettivi. Nonostante il virus sia stato rilevato nelle acque reflue grezze, ad oggi nessun materiale genetico del virus è stato rilevato negli effluenti degli impianti di depurazione dotati di trattamenti terziari, confermando l'ipotesi degli esperti che il nuovo virus non possa sopravvivere nelle condizioni ambientali di un impianto di trattamento delle acque reflue (Rimoldi *et al.*, 2020). La presenza e persistenza del SARS-CoV-2 nei fanghi di depurazione è un altro problema da valutare con attenzione. Frammenti di RNA di SARS-CoV-2 sono stati recentemente rilevati in fanghi primari di depurazione (Peccia *et al.*, 2020). Tuttavia, questi studi non riportano dati relativi all'infettività virale. Per quel che concerne i sistemi idrici naturali, invece, recentemente, è stata riscontrata la presenza di frammenti genetici di SARS-CoV-2 nel fiume a valle dell'area metropolitana di Milano, in Italia, durante il picco della pandemia COVID-19 (Rimoldi *et al.*, 2020); presenza probabilmente dovuta a scarichi di acque reflue non trattate o traboccamenti di liquami. Tuttavia, l'infettività del virus non è risultata significativa. La persistenza del virus negli ambienti acquatici dipende principalmente dal tipo di acqua (ad es. acqua di rubinetto/acqua di rubinetto filtrata, acqua per reagenti, acqua di lago, acque reflue domestiche, acque reflue pastorizzate, acque reflue ospedaliere), dalla temperatura, dalla presenza di agenti disinfettanti e detersivi, di sostanza organica, di microrganismi antagonisti oltre che dall'esposizione alla luce solare e UV.

4. IL CICLO IDRICO INTEGRATO E I POTENZIALI RISCHI DI TRASMISSIONE

L'insieme dei servizi idrici connessi con l'uso umano della risorsa idrica, ovvero captazione dell'acqua potabile, suo trasporto e distribuzione e quindi collettamento e depurazione delle acque re-

flue, assume un ruolo cruciale in questo momento di crisi, prevenendo o amplificando il contagio da COVID-19. Esistono diversi elementi del ciclo idrico integrato che possono comportare criticità ed un conseguente incremento dei fattori di rischio di diffusione del virus.

La Figura 1 (vedi sotto) riassume il potenziale destino del SARS-CoV-2 nel servizio idrico integrato,



- (A) Le fonti di acqua potabile (cioè le acque superficiali e sotterranee) possono contenere virus a causa della contaminazione con rifiuti e acque reflue infette. Questa possibilità rappresenta un rischio da prendere in considerazione, soprattutto nei casi di scarichi illeciti di acque reflue in corpi idrici superficiali, utilizzati poi come riserve di acqua potabile.
- (B) L'acqua prelevata per scopi potabili viene sottoposta a trattamenti chimico-fisici per rimuovere i contaminanti, compresi i virus. Potenziali rischi possono esistere in caso di trattamenti di potabilizzazione inadeguati. L'esposizione tramite aerosol o contatto diretto è limitata ai lavoratori professionisti se non adeguatamente forniti di dispositivi di protezione individuale (DPI).
- (C) L'acqua potabile viene distribuita ai consumatori finali attraverso le reti di distribuzione. Possibili rischi di contaminazione possono verificarsi in caso di perdite nelle condutture sotterranee e in caso di bassa pressione di esercizio nel sistema di distribuzione dell'acqua. L'esposizione tramite aerosol o contatto diretto è limitata ai lavoratori professionisti.
- (D) I consumatori di acqua potabile sono potenzialmente esposti a virus se i trattamenti di potabilizzazione dell'acqua non sono adeguatamente efficienti e se i sistemi di distribuzione rivelano debolezze strutturali. Tuttavia questo rischio è molto basso.
- (E) I virus vengono escreti nelle feci, nelle urine e nel vomito di persone sintomatiche e asintomatiche. Dato il tempo di sopravvivenza del virus, è necessario prestare attenzione all'igiene personale. Particolare attenzione dovrebbe essere dedicata ai luoghi affollati come ospedali, case di riposo, centri commerciali, uffici.
- (F) Laddove viene praticato il riutilizzo delle acque grigie, si dovrebbe prestare particolare attenzione al potenziale rischio di trasmissione dovuto alla persistenza del virus sulle

superfici domestiche (es. lavandino in ceramica, sedile del water in plastica).

- (G) Laddove viene praticato il riutilizzo dell'acqua piovana, è necessario prestare particolare attenzione alle potenziali vie di trasmissione a causa della persistenza del virus nell'ambiente e negli aerosol.
- (H) I virus escreti con feci, urina e vomito entrano nel sistema fognario, dove potrebbero subire un parziale decadimento. Tuttavia, nella rete fognaria potrebbe verificarsi una trasmissione per via aerea, specialmente nei punti in cui vengono prodotti gli aerosol, come le stazioni di pompaggio. Inoltre, a causa di perdite nelle tubazioni della rete fognaria vi potrebbe essere una contaminazione dei sistemi di distribuzione dell'acqua potabile sotterranea, dei corpi idrici superficiali, del suolo, ecc. L'esposizione tramite aerosol o contatto diretto è limitata ai lavoratori professionisti se non adeguatamente protetti da DPI.
- (I) All'interno di edifici, dove le reti idriche o di aerazione presentano un'infrastruttura o una gestione inadeguata, vi possono essere rischi collegati alla trasmissione aerea o per contatto diretto.
- (J) L'interconnessione della rete idraulica delle acque reflue in ambienti di trasmissione ad alto rischio come ospedali ed edifici sanitari deve essere strettamente monitorata, in quanto potrebbe facilitare l'esposizione a SARS-CoV-2.
- (K) Gli scolinatori di piena presenti nelle reti fognarie di tipo misto possono comportare il rilascio di virus infettivi, oltre ad altri inquinanti, nelle acque superficiali.
- (L) Le fosse settiche utilizzate in edifici isolati possono contenere virus con conseguenti rischi per gli operatori del servizio di estrazione e smaltimento oltre che per eventuali altri soggetti vicini ai luoghi di intervento.

- (M) Gli scarichi illeciti possono causare il deflusso diretto di acque reflue potenzialmente contaminate nel corpo idrico recettore, influenzando sulla sicurezza delle acque potabili e di balneazione.
- (N) Le acque reflue vengono trasportate negli impianti di depurazione per essere trattate prima dello scarico finale in ambiente. I trattamenti adottati devono essere in grado di ridurre le concentrazioni e l'attività del virus. Virus umani infettivi sono stati rilevati principalmente negli effluenti secondari della depurazione, ovvero prima del trattamento di disinfezione. Gli operatori degli impianti possono dunque essere esposti a virus infettivi in caso di contatto con acque reflue grezze, effluenti primari e secondari e fanghi di depurazione. I lavoratori sono adeguatamente protetti indossando DPI.
- (O) Trattamenti inadeguati delle acque reflue possono provocare lo scarico di virus nelle acque superficiali, influenzando sulla sicurezza delle acque potabili e di balneazione.
- (P) Gli scarichi illeciti, gli scolmatori di piena e gli effluenti degli impianti di depurazione potrebbero avere un impatto sulle attività ricreative, come la balneazione.
- (Q) I fanghi prodotti dagli impianti di depurazione vengono smaltiti, spesso tramite applicazione su terreno, compostaggio, incenerimento, discarica. I lavoratori a stretto contatto con i fanghi possono essere esposti a virus infettivi sopravvissuti al trattamento degli stessi.
- (R) Particolare attenzione deve essere posta al riutilizzo dei fanghi in agricoltura e allo spandimento agronomico degli effluenti zootecnici.
- (S) Particolare cautela dovrebbe essere prestata alle pratiche di riutilizzo delle acque reflue trattate.
- (T) Al fine di limitare il rischio di diffusione del virus, è necessario prestare attenzione a tutte le realtà caratterizzate da infrastrutture idriche di scarsa qualità o non affidabili, come ad esempio zone periferiche degradate, centri di prima o seconda accoglienza, etc.

Figura 1 – Potenziale destino della SARS-CoV-2 nel servizio idrico e nei luoghi di potenziale esposizione umana (Langone et al., 2021)

evidenziando le potenziali vie di contaminazione. Il livello di rischio aumenta in caso di inadeguata gestione dell'acqua, dei servizi igienico-sanitari oltre che dell'igiene personale.

5. IMPATTI SUL CICLO IDRICO INTEGRATO

Le evidenze scientifiche legate alla trasmissione del SARS-CoV-2 hanno imposto una serie di misure da adottare al fine di ridurre il contagio diretto e indiretto, quali il distanziamento personale, la quarantena, il lavaggio frequente delle mani, la disinfezione delle superfici, etc. Tali misure hanno avuto effetti sul servizio idrico integrato. Per quel che concerne i consumi idrici, gli effetti complessivi sul sistema idrico nazionale nei mesi di quarantena e nei periodi successivi al lock-down, sono difficili da quantificare e possono essere verificati solo con la raccolta dei dati di consumo reali, con il supporto delle aziende di gestione. Tuttavia è stato stimato che durante il periodo di quarantena, a causa della maggior presenza in casa, della maggiore frequenza dei lavaggi delle mani e delle superfici, si è assistito ad un consumo aggiuntivo di acqua potabile, variabile in funzione del tipo di rubinetteria e sensoristica, tra 25-96 litri per persona al giorno (Langone et al., 2021). È peraltro necessario considerare che l'arresto forzato di innumerevoli attività commerciali e lavorative ha indotto una forte diminuzione dei consumi industriali durante il periodo di quarantena. L'effetto complessivo sul sistema idrico integrato può essere valutato solo con il supporto dei gestori.

Le misure adottate possono comportare inoltre una serie di effetti sulla qualità delle acque reflue pro-

dotte, oltre che sull'ambiente in cui vengono scaricate. Questo aspetto è principalmente legato alle operazioni di pulizia e disinfezione delle superfici degli ambienti interni ed esterni con agenti disinfettanti e detergenti, che possono compromettere la qualità delle acque reflue, compromettendo l'efficacia dei trattamenti di depurazione. Inoltre, la selezione dei disinfettanti dovrebbe tener conto della tossicità e degli impatti sull'ambiente e sulla salute umana. Ad esempio, i prodotti a base di ipoclorito dovrebbero essere utilizzati con attenzione, in quanto pericolosi per l'uomo e per l'ambiente e per la produzione, a contatto con la sostanza organica, di sottoprodotti cancerogeni.

6. ROADMAP

In accordo con l'attuale quadro normativo (D.Lgs 152/06 e s.m.i. e D.Lgs 31/01) e a valle delle analisi effettuate, è stata delineata una "roadmap" per una corretta gestione del servizio idrico integrato durante le pandemie (Figura 2, a pagina 271), che riguarda la sicurezza dell'approvvigionamento delle acque potabili, la gestione delle acque reflue e dei fanghi nonché le potenzialità dell'epidemiologia basata sulle acque reflue quale strumento di monitoraggio e di rapido allarme al fine di individuare focolai di malattie infettive.

6.1. La sicurezza dell'approvvigionamento delle acque potabili

In un contesto di impianti di potabilizzazione centralizzati, il rischio di trasmissione del SARS-CoV-2 tramite il sistema di approvvigionamento delle acque potabili è basso. Tuttavia, l'utenza allacciata



Figura 2 – Roadmap per una corretta gestione del servizio idrico integrato durante le pandemie

alla rete di distribuzione di acqua potabile può essere esposta ai virus nel caso di contaminazione delle riserve idriche, trattamenti di potabilizzazione inadeguati o a causa di guasti nella rete di distribuzione.

In Italia nel 2018 il volume di acqua complessivamente prelevato per uso potabile risultava pari a 9,2 miliardi di metri cubi (417 litri per abitante al giorno). Di questi l'84,8% deriva da acque sotterranee (48,9% da pozzo e 35,9% da sorgente), il 15,1% da acque superficiali (9,8% da bacino artificiale, il 4,8% da corso d'acqua superficiale e lo 0,5% da lago naturale) e il restante 0,1% da acque marine o salmastre (ISTAT, 2020).

Il primo passo per prevenire la contaminazione delle acque potabili richiede una adeguata protezione delle riserve idriche evitando che i corpi idrici superficiali e sotterranei possano venire a contatto con materiale fecale, principale fonte di potenziale contaminazione di virus e patogeni. L'attuale normativa prevede la definizione e perimetrazione delle aree di salvaguardia delle acque superficiali e sotterranee destinate al consumo umano. Le acque superficiali detengono un rischio di contaminazione superiore rispetto alle acque sotterranee, che beneficiano invece degli effetti della filtrazione del terreno, dell'adsorbimento sui sedimenti e dell'inattivazione progressiva, che aumenta con il tempo necessario a raggiungere la falda. Occorre dunque controllare e limitare gli scarichi illeciti di acque reflue, così come assicurare trattamenti di depurazione adeguati e ridurre al minimo i rischi legati alla presenza degli scolmatori di troppo pie-

no (CSO – combined sewer overflow) nelle reti fognarie di tipo misto. La protezione delle riserve idriche non può prescindere, inoltre, dall'adeguato trattamento di depurazione delle acque reflue.

Per garantire una maggiore sicurezza è comunque necessario un trattamento di potabilizzazione appropriato, che dipende dalle caratteristiche chimico-fisiche e microbiologiche dell'acqua di partenza, al fine di rimuovere i contaminanti, compresi i virus potenzialmente presenti in captazione. I metodi convenzionali e centralizzati di trattamento dell'acqua che utilizzano la filtrazione e la disinfezione con cloro sembrano essere sufficienti ad inattivare il virus COVID-19 (WHO, 2020c). Anche la disinfezione con luce ultravioletta (UV) risulta essere un valido metodo per abbattere alcune tipologie di virus. Un potenziale rischio di contaminazione delle acque potabili è legato, inoltre, alla presenza di perdite nelle reti di distribuzione, che in Italia risultano essere ancora rilevanti, corrispondenti a circa il 37.3% del volume immesso in rete (ISTAT, 2020). Al fine di ridurre tale rischio occorre abbassare l'entità delle perdite oltre che evitare cali di pressione nelle condutture. In caso di necessario stoccaggio, l'acqua trattata deve essere conservata in sicurezza in contenitori regolarmente puliti e coperti.

Laddove sia previsto il riutilizzo delle acque grigie/piovane va posta particolare attenzione ad un potenziale rischio di trasmissione. Tuttavia, per le acque grigie, caratterizzate dalla presenza di detergenti e disinfettanti che possono inattivare il virus, il rischio risulta essere basso. Infine, van-

no evidenziati ambiti particolari, quali ad esempio *hotspot* e centri di prima e seconda accoglienza, o alcune zone periferiche di grandi città, ove si configurano situazioni di disagio sociale, che presentano uno specifico fabbisogno di interventi idrici ed igienico-sanitari volti al miglioramento ed alla sicurezza dell'approvvigionamento idrico oltre che ad una corretta gestione delle acque reflue al fine di limitare il rischio di diffusione di agenti patogeni.

6.2. La corretta gestione delle acque reflue

I virus escreti con feci, urine, vomito, saliva o secrezioni respiratorie entrano nel sistema fognario. A valle, dunque, di usi domestici, pubblici, commerciali e produttivi, le acque reflue possono rappresentare una fonte di trasmissione del virus se non gestite correttamente. Una adeguata gestione deve necessariamente partire da un collettamento delle acque reflue quanto più capillare e distribuito sul territorio. Particolare attenzione va posta nel ridurre e controllare gli scarichi non depurati, che possono rappresentare una via di trasmissione in caso di attività ricreative (es. balneazione), di contaminazione di riserve idriche, di contatto con la rete di distribuzione dell'acqua potabile. In Italia, l'infrastruttura fognaria colletta nel complesso un carico pari all'88,7% di quanto generato sul territorio nazionale (ARERA, 2017). In caso di scarichi isolati non convogliabili in reti fognarie sono previste soluzioni locali per il trattamento delle acque reflue, quali vasche Imhoff, con dispersione finale dei reflui trattati per immersione a suolo e prelievo dei fanghi tramite autospurgo. Va inoltre riportato che vi sono anche casistiche di scarichi non autorizzati in cui i reflui non subiscono nessuna fase di trattamento.

L'infrastruttura fognaria italiana è composta in prevalenza da reti di tipo misto (73%), che raccolgono nella medesima canalizzazione sia acque bianche che nere, con una copertura di reti separate per acque nere pari al 27% (ARERA, 2017). Rotture o interruzioni a carico delle reti fognarie possono causare la contaminazione di corpi idrici superficiali e sotterranei, oltre che dell'acqua potabile nel caso in cui le reti di distribuzione e fognaria entrino in contatto. Nel sistema fognario-depurativo vi può essere una trasmissione via aerea, soprattutto nei punti dove vi è produzione di aerosol, quali le stazioni di sollevamento e le vasche biologiche aerate. Tuttavia, l'esposizione attraverso aerosol è limitata agli operatori profes-

sionali, che sono adeguatamente protetti attraverso dispositivi di protezione individuale (DPI). Analoghi rischi possono verificarsi all'interno di edifici in cui attraverso impianti o operazioni inadeguate si verifichi l'ingresso di acque reflue o aerosol generato da reflui, nelle reti idriche o di aerazione. Un altro rischio legato alle reti fognarie di tipo misto è rappresentato dalla presenza di scolmatori di troppo pieno (CSO), che in condizione di eventi meteorici rilevanti, in cui viene superata la relativa capacità di carico volumetrico, consentono sversamenti in ambiente di acque reflue non trattate.

Vanno previste dunque una serie di azioni volte al miglioramento dell'infrastruttura fognaria, sia in termini di collettamento che di manutenzione, oltre che una serie di iniziative volte a superare i problemi legati agli scolmatori di troppo pieno, quali ad esempio trattamenti *ad hoc* di tali flussi, piuttosto che aumentare la percentuale di rete fognaria di tipo separato.

Gli impianti di depurazione in esercizio in Italia sono 17.897. Il 46,8% sono vasche Imhoff, il 31,3% impianti secondari, il 12,9% impianti avanzati (con trattamenti terziari) e il 9% impianti primari (ISTAT, 2019). Gli impianti di tipo avanzato – seppur meno numerosi – trattano oltre la metà (66,7%) dei carichi inquinanti. Gli impianti di trattamento centralizzato convenzionali sono in grado di assicurare un adeguato livello di protezione (WHO, 2020c). In generale, diverse fasi di trattamento contribuiscono alla rimozione o all'inattivazione dei virus, a partire dalla sedimentazione primaria laddove presente, che consente di separare la porzione di virus associata al materiale particolato in sospensione. Il trattamento biologico convenzionale a fanghi attivi assicura ulteriori significative rimozioni degli agenti patogeni per l'effetto combinato dell'aerazione dei reflui, dell'attività biologica della biomassa e della sedimentazione secondaria. Contribuisce all'inattivazione del virus anche il tempo di residenza nelle vasche di trattamento e l'esposizione alla luce solare, seppure limitata agli strati più vicini alla superficie. Inoltre un ruolo essenziale è quello della fase finale di disinfezione, non sempre prevista soprattutto in caso di piccoli impianti e che invece potrebbe assicurare un'ulteriore forma di protezione, se correttamente applicata a tutti gli scarichi per tutta la durata degli episodi epidemici. I rischi sanitari per i lavoratori nelle strutture di trattamento igienico-sanitario sono minimizzati prevedendo l'adozione di adeguati DPI.

Infine, anche se non vi sono evidenze di presenza e persistenza del SARS-CoV-2 negli effluenti degli impianti di depurazione, va posta particolare attenzione alla pratica del riutilizzo idrico delle acque depurate, dove le principali vie di esposizione al virus consistono nell'ingestione di cibo e acqua contaminati e nell'inalazione di aerosol promossa soprattutto dall'impiego di sistemi d'irrigazione a sprinkler. Ai fini della minimizzazione di rischi igienici sanitari, l'utilizzo di tecniche irrigue quali irrigazione a goccia o sub-irrigazione o il reimpiego di acque reflue per colture non edibili risultano misure efficaci di prevenzione e protezione.

6.3. La corretta gestione dei fanghi di depurazione

I trattamenti delle acque reflue generano fanghi di depurazione (primari, secondari, misti) che vengono sottoposti, nella linea fanghi degli impianti di depurazione, ad una serie di trattamenti atti a ridurre il contenuto di sostanze organiche biodegradabili, il contenuto di acqua e la carica microbica e patogena. I normali trattamenti dei fanghi, eseguiti negli impianti di depurazione, non sono sempre efficaci nel ridurre il numero di patogeni e, a seconda del metodo di smaltimento dei fanghi (es. spargimento su terreni agricoli, compostaggio, incenerimento o conferimento in discarica) possono essere necessari ulteriori processi.

In riferimento ai dati del 2016, in Italia la produzione di fanghi di origine civile è di circa 3.183.919 t TQ/anno (ISPRA, 2018). Ipotizzando un tenore medio del 25% di sostanza secca nei fanghi disidratati, è possibile stimare una produzione di 795.980 t SS/anno nel 2016. Secondo i dati raccolti nel 2016 da ARERA, tra le modalità di smaltimento previsto vi è ancora il ricorso alla discarica (circa 25% del totale), mentre circa il 75% dei fanghi viene recuperato. Tra le modalità di recupero più diffuse in Italia vi è il riutilizzo in agricoltura mediante spandimento diretto (38%) o compostaggio (46%) e la produzione di prodotti ammendanti. Solo il 6% dei fanghi recuperati vengono destinati al co-incenerimento in impianti di termovalorizzazione dei rifiuti, e piccole altre quote residuali in altre forme di recupero, come ad esempio l'invio ai cementifici.

Particolare attenzione va riposta quando è previsto il riutilizzo agricolo dei fanghi municipali. Il rischio di trasmissione del virus è basso laddove vengano assicurati gli appropriati trattamenti (es. trattamento di stabilizzazione con calce, acido solfo-

rico, ammoniaca, soda o una combinazione di questi, digestione anaerobica (mesofila e termofila) o aerobica (mesofila e termofila), disidratazione termica, idrolisi termica con temperatura superiore a 100°C per almeno 20 minuti, pastorizzazione del fango liquido per un minimo di 30 minuti a 70°C) (ISS, 2020), mentre un potenziale pericolo di trasmissione del virus può essere rappresentato da smaltimenti illeciti di fanghi non trattati. Ai fini della minimizzazione di rischi igienici sanitari legati allo spandimento dei fanghi in agricoltura, è possibile incorporarli al suolo, immediatamente dopo lo spandimento, oppure ricorrere a tecniche di iniezione profonda.

6.4. Sorveglianza epidemiologica basata sulle acque reflue

L'epidemiologia basata sulle acque reflue è stata proposta come uno strumento efficiente, economico e potente per valutare, monitorare e gestire la pandemia (Mao *et al.*, 2020). Vari gruppi di ricerca hanno segnalato in modo indipendente la presenza di SARS-CoV-2 nelle acque reflue non trattate, cercando di correlare la sua concentrazione alla presenza dell'infezione nella popolazione. Il monitoraggio delle acque reflue può essere utilizzato per tracciare e fornire avvisi precoci di focolai di SARS-CoV-2. Tuttavia, le attuali sfide sono rappresentate dallo sviluppo e dalla standardizzazione di metodi analitici e dal campionamento statisticamente rappresentativo delle acque reflue.

Numerosi Stati membri hanno preso l'iniziativa di monitorare la presenza dei residui di COVID-19 nelle acque reflue. In Italia, a luglio 2020, ha preso il via il progetto Sari (Sorveglianza ambientale reflue in Italia) coordinato dall'Istituto superiore di sanità (ISS) e che coinvolge le Agenzie ambientali, Snpa, Asl, Izs, Università, centri di ricerca e, attraverso Utilitalia, oltre 50 gestori del servizio idrico integrato. Il Joint Research Centre (JRC) ha preso l'iniziativa di avviare uno studio a ombrello (umbrella study) paneuropeo che collega i principali studi di riferimento a livello nazionale e regionale in un approccio unico. In tale studio numerosi stakeholder europei stanno lavorando in parallelo, con differenti modelli e approcci, collaborando per risolvere le sfide legate al campionamento, alla metodologia analitica, all'interazione con servizi sanitari ed epidemiologi, al data hosting e al supporto decisionale e al trasferimento di conoscenze.

7. CONCLUSIONI

Questo studio evidenzia gli aspetti fondamentali per una gestione sicura dei servizi idrici, gli impatti delle misure di prevenzione e contenimento sul ciclo idrico integrato ed illustra le potenzialità e i limiti dell'approccio epidemiologico delle acque reflue. In particolare, evidenzia che sono necessarie diverse azioni per ridurre al minimo il rischio di trasmissione fecale nel sistema idrico integrato, partendo dall'approvvigionamento, fino alla gestione delle acque reflue e dei fanghi. In particolare necessita un'ottimizzazione delle reti di distribuzione dell'acqua e delle reti fognarie, riducendo le perdite nelle tubazioni, gli scolmatori di troppo pieno e gli scarichi illeciti. Inoltre, è necessario incrementare l'efficacia delle pratiche di riutilizzo agricolo delle acque depurate e dei fanghi al fine di minimizzare i rischi di contaminazione di virus.

Infine, il lavoro porta all'attenzione una serie di aspetti chiave da approfondire al fine di progredire nella conoscenza tecnica e nella corretta impostazione di una gestione sostenibile dei servizi idrici in caso di ri-emergenza di SARS-CoV-2, e di future epidemie mortali o pandemie, in particolare:

- Standardizzare i metodi per la rilevazione biomolecolare di SARS-CoV-2 (concentrazione, estrazione e purificazione) nelle acque reflue, fanghi e acque superficiali.
- Aumentare le conoscenze sulla vitalità, infettività e persistenza del SARS-CoV-2 in feci, urine, acque reflue grezze, sistemi fognari, impianti di depurazione e fanghi.
- Integrare il settore idrico con gli altri settori pubblici, come il sanitario e altri organismi competenti per perseguire un approccio sistematico nella sorveglianza delle pandemie.
- Considerare l'approccio epidemiologico delle acque reflue come primo step di una sorveglianza efficace per individuare focolai, seguito da test clinici specifici per identificare i singoli individui infetti.
- Condurre valutazioni quantitative del rischio di trasmissione del SARS-CoV-2 attraverso le acque potabili, le acque reflue e i corpi e gli impianti idrici ricreativi.
- Condividere le informazioni tra gestori del servizio idrico integrato, organismi sanitari di sorveglianza e controllo (ARPA, ISS, Utilitalia, etc) ed enti di ricerca (Università, ENEA, CNR, etc).

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Amirian E.S. (2020) 'Potential fecal transmission of SARS-CoV-2: Current evidence and implications for public health', *International Journal of Infectious Diseases*. International Society for Infectious Diseases, 95, pp. 363-370.
- ARERA (2017) Relazione annuale sullo stato dei servizi e sull'attività svolta.
- Carducci A., Federigi I. and Verani M. (2020) 'Covid-19 Airborne Transmission and Its Prevention: Waiting for Evidence or Applying the Precautionary Principle?', *Atmosphere*, 11(710), pp. 1-21.
- Van Doremalen N. et al. (2020) 'Aerosol and Surface Stability of SARS-CoV-2 as Compared with SARS-CoV-1', *The New England Journal of Medicine*, 382(16), pp. 1-4.
- Heller L., Mota C.R. and Greco D.B. (2020) 'COVID-19 faecal-oral transmission: Are we asking the right questions?', *Science of the Total Environment*. Elsevier B.V., 729, pp. 10-12. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.138919.
- ISPRA (2018) Rapporto Rifiuti Speciali. Edizione 2018, Rapporto 285/2018.
- ISS (2020) Interim indications on the management of sewage sludge for the prevention of the spread of the SARS-CoV-2 virus. Report n. 9/2020. [In italiano].
- ISTAT (2019) Utilizzo e qualità della risorsa idrica in Italia.
- ISTAT (2020) Le statistiche dell'ISTAT sull'acqua, anni 2018-2019.
- Langone M. et al. (2021) 'SARS-CoV-2 in water services: presence and impacts', *Environmental Pollution*, 268(Part A), pp. 1-13.
- Mao K. et al. (2020) 'The potential of wastewater-based epidemiology as surveillance and early warning of infectious disease outbreaks', *Current opinion in Environmental Science & Health*, 17, pp. 1-7.
- Medema G. et al. (2020) 'Presence of SARS-Coronavirus – 2 RNA in Sewage and Correlation with Reported COVID-19 Prevalence in the Early Stage of the Epidemic in The Netherlands', *Environmental Science & Technology Letters*, 7, pp. 511-516. doi: 10.1021/acs.estlett.0c00357.
- Peccia J. et al. (2020) 'SARS-CoV-2 RNA concentrations in primary municipal sewage sludge as a leading indicator of COVID-19 outbreak dynamics', *Preprints* 20105999.
- Rampelli S. et al. (2020) 'Retrospective Search for SARS-CoV-2 in Human Faecal Metagenomes', Available SSRN <https://ssrn.com/abstract=3557962>
- Rimoldi S.G. et al. (2020) 'Presence and vitality of SARS-CoV-2 virus in wastewaters and rivers', *Preprints* 20086009.
- WHO (2020b) Modes of transmission of virus causing COVID-19: implications for IPC precaution recommendations: scientific brief, 29 March 2020. doi: 10.1056/NEJMoa2001316.5.
- WHO (2020c) Water, sanitation, hygiene and waste management for the COVID-19 virus. Technical brief 3 march 2020.
- WHO (2020a) Weekly Epidemiological Update on COVID-19 – 27 October 2020. Available at: <https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/situation-reports/20201012-weekly-epi-update-9.pdf>
- Zhang Y., Chen C. and Zhu S. (2020) 'Isolation of 2019-nCoV from a stool specimen of a laboratory-confirmed case of the coronavirus disease 2019 (COVID-19)'. (In Chinese)', *China CDC Weekly*, 2(8), pp. 123-124.



INGEGNERIA DELL'AMBIENTE

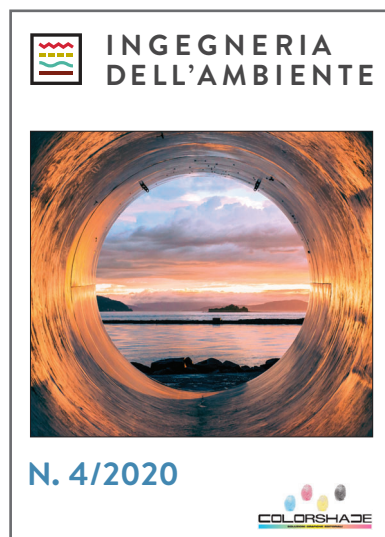
per il 2020 è sostenuta da:



better together



REFRACTORY SOLUTION



Vacuum Evaporation Systems



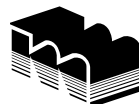
Veolia Water Technologies Italia S.p.A.



Ing. VENTURA srl



Solutions for a world in motion



tecnologie per l'ambiente e per la vita



ANALISI, RICERCHE E SERVIZI
PER L'AMBIENTE



l'acqua e l'ambiente



Tecnologie Energetiche e Ambientali



STADLER ITALIA S.r.l.