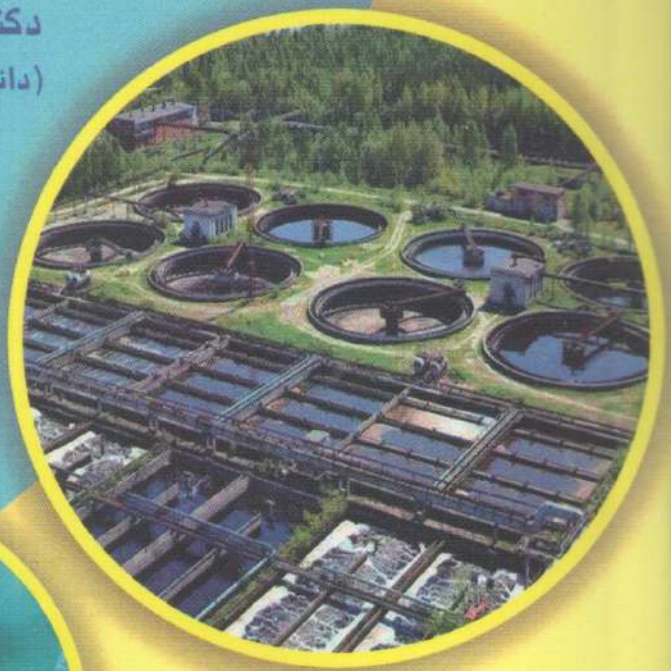
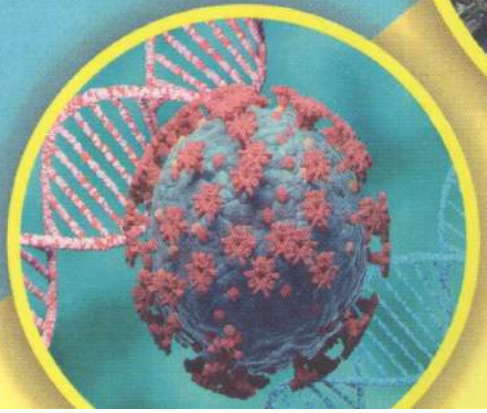
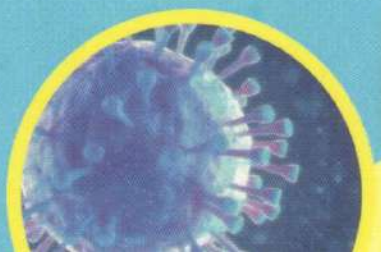
مرکز تحقیقات کیفیت آب
پژوهشکده محیط زیست
دانشگاه علوم پزشکی تهران

محافظت از کارکنان فاضلاب در برابر کووید ۱۹ و سایر مخاطرات بیولوژیکی

مترجمان:
دکتر نعمت‌اله جعفرزاده حقیقی فرد
(استاد مرکز تحقیقات فناوری‌های زیست محیطی دانشگاه علوم پزشکی جندی‌شاپور اهواز)
دکتر مهدی هادی
(دانشیار مرکز تحقیقات کیفیت آب، دانشگاه علوم پزشکی تهران)
دکتر مسعود پناهی فرد
(دکتری تخصصی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی جندی‌شاپور اهواز)







محافظت از کارکنان فاضلاب

در برابر کووید -۱۹ و سایر مخاطرات بیولوژیکی

مترجمان:

دکتر نعمت‌اله جعفرزاده حقیقی فرد

(استاد مرکز تحقیقات فناوری‌های زیست محیطی، دانشگاه علوم پزشکی جندی‌شاپور اهواز)

دکتر مهدی هادی

(دانشیار مرکز تحقیقات کیفیت آب پژوهشکده محیط‌زیست، دانشگاه علوم پزشکی تهران)

دکتر مسعود پناهی فرد

(دانش آموخته دکتری تخصصی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی جندی‌شاپور اهواز)

انتشارات آوای قلم

عنوان و نام پدیدآور	: محافظت از کارکنان فاضلاب در برابر کووید-۱۹ و سایر مخاطرات بیولوژیکی/ [فدراسیون محیط زیست آب]؛ مترجمان نعمت‌اله جعفرزاده‌حقیقی‌فرد، مهدی هادی، مسعود پناهی‌فرد.
مشخصات نشر	: تهران: آوای قلم، ۱۴۰۱. مشخصات ظاهری:۱۰۲ص.
شابک	: ۹۷۸-۶۲۲-۷۶۵۲-۷۰-۳ وضعیت فهرست نویسی: فیپا
یادداشت	: عنوان اصلی: . Protecting wastewater professionals from COVID-19 and other biological hazards
موضوع	: فاضلاب -- تاسیسات انتقال و مصرف -- مصرف انرژی Sewage disposal plants -- Energy consumption کووید-۱۹ -- پیشگیری COVID-19 (Disease) -- Prevention
شناسه افزوده	: جعفرزاده حقیقی، نعمت‌الله، ۱۳۳۴ - ، مترجم
شناسه افزوده	: Jafarzadeh Haghighi Fard, Nematollah
شناسه افزوده	: هادی، مهدی، ۱۳۶۱-، مترجم شناسه افزوده: پناهی‌فرد، مسعود، ۱۳۶۷-
شناسه افزوده	: فدراسیون محیط زیست آب شناسه افزوده: Water Environment Federation
رده بندی کنگره	: TD۷۴۶
رده بندی دیویی	: ۶۲۸/۳
شماره کتابشناسی ملی	: ۹۰۳۰۷۰۶

نام کتاب اصلی: Protecting Wastewater Professionals from Covid-19 and other Biological Hazards

نام کتاب: محافظت از کارکنان فاضلاب در برابر کووید-۱۹ و سایر مخاطرات بیولوژیکی

مترجمان:	دکتر نعمت‌اله جعفرزاده حقیقی فرد	**تاریخ نشر:**	۱۴۰۱
	دکتر مهدی هادی- دکتر مسعود پناهی فرد	**نوبت چاپ:**	اول
ناشر:	انتشارات آوای قلم	**شمارگان:**	۱۵۰جلد
صفحه‌آرایی:	انتشارات خانیران	**شابک:**	۹۷۸-۶۲۲-۷۶۵۲-۷۰-۳
طراحی روی جلد:	انتشارات آوای قلم(مهران خانی)	**قیمت:**	۸۰۰۰۰ تومان

شماره تماس: ۵-۶۶۵۹۱۵۰۴ **همراه:** ۰۹۲۱۲۰۵۷۷۵۱

فروشگاه کتاب الکترونیک و چاپی: www.avapublisher.com

این کتاب در جلسه شورای پژوهشی پژوهشکده محیط زیست دانشگاه علوم پزشکی تهران مورخ ۱۴۰۱/۷/۳۰ مطرح گردید و با نظر موافق جهت چاپ مورد تایید قرار گرفت.

هرگونه چاپ و تکثیر از محتویات این کتاب بدون اجازه کتبی ناشر ممنوع و شرعاً حرام است.
متخلفان به موجب قانون حمایت حقوق مؤلفان، مصنفان و هنرمندان تحت پیگرد قانونی قرار می گیرند.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

مقدمه ناشر ۹
پیش گفتار مترجمان ۱۰
درباره فدراسیون محیط‌زیست آب ۱۲
اختصارات به کار برده شده ۱۳
خلاصه جامع ۱۴
۱. به‌روزرسانی‌های مرتبط با ایمنی، سلامت و امنیت در سیستم‌های فاضلاب ۱۴
۲. اطلاعات ایمنی و ملاحظات کلیدی برای کووید-۱۹ و سایر عوامل بیماری‌زا ۱۵
۳. نیازهای پژوهشی مرتبط با SARS-COV-2 ..... ۱۶
۳-۱. اطلاعاتی که درباره SARS CoV-2 نیاز داریم ۱۶
۳-۲. توصیه‌های کلیدی برای تحقیقات فوری مربوط به SARS-CoV-2 ..... ۱۸

فصل اول: بازبینی‌ها و به روزرسانی‌ها برای ایمنی، سلامت و امنیت در سیستم‌های فاضلاب

۱. انواع مخاطرات بیولوژیکی ۲۰
۱-۱. باکتری‌ها ۲۰
۱-۱-۱. سالمونلا ۲۰
۱-۱-۲. شیگلا ۳۶
۱-۱-۳. ویبریو ۳۶
۱-۱-۴. کلستریدیوم ۳۶
۱-۱-۵. یرسینیا ۳۷
۱-۱-۶. کمپیلوباکتر ۳۷
۱-۱-۷. لپتوسپیرا ۳۷
۱-۱-۸. لژیونلا ۳۸
۱-۲. ویروس‌ها ۳۸
۱-۲-۱. ویروس هپاتیت A ۴۰
۱-۲-۲. نورو ویروس ۴۰
۱-۲-۳. آدنو ویروس ۴۰
۱-۲-۴. روتاویروس ۴۰
۱-۲-۵. کوکساکی ویروس‌های A و B ۴۰
۱-۲-۶. پولیوویروس ۴۱

41 ..... ۱-۲-۷HIV(ویروس نقص ایمنی انسان (
۸-۲-۱. سندرم تنفسی حاد شدید کرونا ویروس ۲ (SARS-CoV-2) ۴۱
۳-۱. انگل‌ها ۴۲
۴-۱. قارچ‌ها ۴۳
۵-۱. ماکرو ارگانیسم‌ها ۴۴
۲. چگونه عفونت‌ها گسترش می‌یابند ۴۴
۳. چگونه می‌توان از بروز عفونت‌ها جلوگیری کرد ۴۵
۱-۳. نحوه کار کردن ۴۵
۲-۳. تجهیزات حفاظت فردی ۴۷
۳-۳. ایمن‌سازی ۵۰
۴-۳. اقدامات محافظت شخصی ۵۱
۴. چگونه عفونت‌ها را درمان کنیم ۵۱
۵. کارگرانی که در معرض خطر هستند ۵۳
۱-۵. کارگران سیستم جمع‌آوری ۵۴
۲-۵. تجهیزات تصفیه و کارکنان آزمایشگاه ۵۵
۳-۵. کارگران مدیریت جامدات بیولوژیکی ۵۶
۴-۵. سایر کارکنانی که ممکن است در معرض آلودگی‌های مدفوعی قرار بگیرند ۵۸
۱-۴-۵. سرریز و رواناب ۵۸
۲-۴-۵. فعالیت‌های حمل و نگهداری در سیستم‌های سپتیک ۵۸
۳-۴-۵. شیرابه محل دفن پسماند ۵۸
۴-۴-۵. پیش‌تصفیه فاضلاب‌های صنعتی ۵۹
۵-۴-۵. نمونه‌گیری از آب محیطی ۵۹
۶. خلاصه ۵۹
۷. منابع ۶۰
۸. برای مطالعه بیشتر ۶۳

فصل دوم: ملاحظات ایمنی مهم در مواجهه با کووید-۱۹ و سایر خطرات بیولوژیکی

۱. مقدمه‌ای بر ارزیابی ریسک در محل کار ۶۶
۲. اطلاعات عمومی برای کارگران فاضلاب ۶۸
۱-۲. آیا باید حین کار با فاضلاب یا جامدات بیولوژیکی نگران ابتلا به کووید-۱۹ باشیم؟ ۶۸
۲-۲. اقدامات احتیاطی معمول در برابر عوامل خطر بیولوژیکی چیست؟ ۶۹

۲-۳. چگونه می‌توان فهمید که میزان احتیاط در نظر گرفته‌شده کافی است؟ ۶۹
۲-۴. آیا من به ماسک احتیاج دارم؟ ۷۰
۳. سؤالات متداول در مورد خطرات ناشی از کووید-۱۹، سایر عوامل خطر بیولوژیکی ... ۷۰
۳-۱. چرا کارشناسان معتقدند که خطر شغلی کارگران فاضلاب ناشی از عوامل بیماری‌زا ... ۷۰
۳-۲. راه‌های اصلی انتقال ویروس SARS-CoV-2 کدامند؟ ۷۱
۳-۳. آیا ویروس SARS-CoV-2 در فاضلاب، لجن و جامدات بیولوژیکی وجود دارد و... ۷۲
۳-۴. ویروس SARS-CoV-2 در محیط چه مدت زنده می‌ماند؟ ... ۷۳
۳-۵. آیا ویروس SARS-CoV-2 در صورت وجود در سیستم‌های تصفیه فاضلاب و... ۷۴
۳-۶. اقدامات عمومی پیشگیری از ابتلا به بیماری کووید-۱۹ کدامند؟ ۷۵
۳-۷. اقدامات احتیاطی و ایمنی برای کارگران تأسیسات فاضلاب و جامدات بیولوژیکی چیست؟ ۷۵
۴. ملاحظات و سؤالات مربوط به تجزیه‌وتحلیل ایمنی کار با فاضلاب ۷۶
۴-۱. سؤالات اصلی برای شناسایی و ارزیابی خطرات محل کار، نوع شغل و ... ۷۶
۴-۲. سؤالاتی که باید در تدوین سیاست‌ها و شیوه‌نامه‌های حمایت از کارگران مطرح کنید ۷۷
۵. منابع ۷۸
۶. برای مطالعه بیشتر ۸۰

فصل سوم: تحقیقات مورد نیاز در زمینه کووید-۱۹

۱. آنچه میدانیم با عمل می‌تواند کاهش یابد ۸۲
۲. مواردی که در حال حاضر دانش کافی در آن زمینه‌ها نداریم ۸۲
۲-۱. رویکرد کامل چرخه آب ۸۲
۲-۲. خطرات ناشی از فعالیت‌های مربوط به نگهداری از سیستم جمع‌آوری فاضلاب برای .. ۸۳
۲-۳. نحوه انتقال عوامل بیماری‌زا از فاز مایع به آئروسل (در فاضلاب خام، اولیه و ثانویه) و لجن ۸۳
۲-۳-۱. تقسیم‌بندی ویروس‌ها بین مراحل جامد و مایع در فاضلاب ۸۳
۲-۳-۲. پیامدهای تقسیم‌بندی ۸۴
۲-۳-۲-۱. محافظت در برابر مواد گندزدا ۸۴
۲-۳-۲-۲. انتقال از طریق جریان‌های پساب (جامد و مایع) ۸۴
۲-۳-۲-۳. ارتباط ویروس‌ها با ذرات و میزان مواجهه ۸۴
۲-۴. نحوه تفسیر علائم مولکولی در محیط‌های مختلف با توجه به بقا و عفونت‌زایی ۸۴
۲-۵. حساسیت SARS-CoV-2 به عوامل گندزدا در محیط‌های آبی ۸۶
۲-۵-۱. کلرامین در برابر کلر آزاد ۸۶
۲-۵-۲. نیازهای مربوط به اشعه ماوراءبنفش و سایر مواد گندزدا ۸۷

۳-۵-۲. سرنوشت سیستم‌های استفاده مجدد ۸۸
۶-۲. رویکردهای ارزیابی ریسک ۸۸
۷-۲. تجهیزات حفاظت شخصی ۸۸
۸-۲. پیشنهادهای تحقیقاتی ۸۹
۱-۸-۲. طراحی، تأمین اعتبار و انجام یک مطالعه اپیدمیولوژیک آینده‌نگر ... ۸۹
۲-۸-۲. طراحی، تأمین اعتبار و انجام مطالعه برای برآورد بزرگی مواجهه تنفسی... ۸۹
۳. پیشنهادهای تحقیقاتی درباره پدیده‌هایی که از ماهیت آن‌ها مطلع نیستیم ۹۰
۱-۳. سرنوشت و انتقال ۹۰
۲-۳. تصفیه و گندزدایی ۹۰
۳-۳. ارزیابی ریسک و مواجهه ۹۰
۴-۳. آمادگی ۹۱
۴. منابع ۹۱
ضمائم ۹۴
ضمیمه الف: نمونه لیست تجزیه‌وتحلیل ایمنی شغلی ۹۵
ضمیمه ب: نمونه‌ای از تجزیه‌وتحلیل ایمنی شغلی ویژه حفاظت تنفسی ۹۶

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۰-۱- E: خلاصه تجهیزات حفاظت فردی ۱۵
جدول ۱-۱: مخاطرات متداول در تأسیسات استفاده مجددی آب ۲۱
جدول ۲-۱: عوامل بیماری‌زای باکتریایی موجود در فاضلاب ۳۶
جدول ۳-۱: ویروس‌های انسانی موجود در فاضلاب ۳۹
جدول ۴-۱: خصوصیات ویروس‌های مختلف موجود در فاضلاب ۳۹
جدول ۵-۱: انگل‌های موجود در فاضلاب ۴۳
جدول ۶-۱: مسیرهای انتقال عفونت ۴۵
جدول ۷-۱: روش‌هایی برای جلوگیری از بلع ارگانیسم‌های بیماری‌زا ۴۶
جدول ۸-۱: تجهیزات حفاظت فردی توصیه شده متناسب با مسیر مواجهه ۴۷
جدول ۹-۱: فعالیت‌های شغلی و تجهیزات محافظت فردی برای محافظت از کارگران فاضلاب ۴۸
جدول ۱۰-۱: موارد احتیاطی محل کار و رهنمودهای بهداشت فردی ۵۱
جدول ۱۱-۱: وسایل پیشنهادی برای جعبه کمک‌های اولیه ۵۲
جدول ۱۲-۱: خلاصه مخاطرات متوجه کارگران فاضلاب و جامدات بیولوژیکی ۵۴
جدول ۱۳-۱: میزان کاهش پاتوژن برمبنای log10 در سراسر فرآیندهای واحد تصفیه ۵۵
جدول ۱۴-۱: اقدامات ایمن آزمایشگاهی ۵۶

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۲: فرایند مفهومی برای تجزیه و تحلیل ایمنی شغلی ۶۷
شکل ۲-۲: سلسله مراتب کنترل‌ها برای کاهش خطرات ۶۸

تقدیم به

انسانهایی که

به فردایی بهتر

می اندیشند.

مقدمه ناشر

سپاس بیکران پروردگار را که به انسان قدرت اندیشیدن بخشید، قدرتی که در مقایسه با سایر موجودات باعث شده است که انسان هرگز به امکانات محدود خود اکتفا نکند. مکاتب الهی، انسان را موجودی کمال‌طلب و پویا می‌دانندکه جهت‌گیری او به سوی خالقش می‌باشد. از جمله راههای تقرب به خداوند علم است، علمی که زیبایی عقل است. علمی که در دریای بیکران آن هر ذره نشانی از آفریدگار است و هر چه علم انسان افزون گردد، تقربش بیشتر می‌شود. از این روست که به علم‌اندوزی و دانش‌آموزی توجهی بی‌نظیر مبذول گردیده است. اما علم‌آموزی به ابزاری نیاز دارد که مهمترین آن کتاب است و انتشار نتیجه مطالعات پژوهشگران و اندیشمندان پاسخگوی این نیاز خواهد بود.

جهت تحقق این امر و گام برداشتن در جهت ارتقای پایه‌های علم و دانش و رشد و شکوفایی استعدادها انتشار کتاب را یکی از اهداف خود قرار داده و انتظار داریم با حمایت‌های معنوی هموطنان گرامی بتوانیم گامهای مؤثر و ارزشمندی را برداریم. گرچه تلاش خواهد شد در حد دانش و تجربه اندکمان کارهایی بدون اشکال تقدیم حضورتان گردد، ولی اذعان داریم که راهنمایی‌های شما عزیزان می‌تواند ما را در ارتقای کیفی کتاب راهگشا باشد لذا همیشه منتظر پیشنهادات و راهنماییهای شما خواهیم بود.

در پایان از همه عزیزانی که در مراحل مختلف تهیه، تدوین و چاپ کتاب از همفکری و همکاری آنها برخوردار بوده‌ام به خصوص آقایان دکتر نعمت‌اله جعفرزاده حقیقی فرد، دکتر مهدی هادی و دکتر مسعود پناهی فرد (مترجمان) و مهندس علی‌محمد خانی (مدیر فروش) سپاسگزاری نموده و موفقیت روزافزونشان را آرزومندم.

مهدی خانی

مدیر مسئول انتشارات آوای قلم

پیش گفتار مترجمان

تغییرات شیوه زندگی جوامع انسانی در یکصد سال گذشته بر اساس رشد روز افزون فعالیت‌های اقتصادی، توسعه و ارتقاء فناوری و دانش نظری و عملی در جوامع مختلف و در پهنه جهانی موجب دست اندازی‌های متعدد در عرصه‌های طبیعی و بروز اختلال و نا هنجاری در فراگشت و فرآیندهای طبیعی زیست گاه‌ها و گوشه‌های بوم شناختی موجودات زنده گردیده است. این چنین ناهنجاری‌هایی در عمل به گسترش برخی گونه‌های باکتریایی و ویروسی در مناطق مختلف جهان و به‌ویژه در دو دهه اخیر گردیده است که مواردی همچون پیدایش و گسترش بیماری‌های ابولا، سارس، مرس و در سال ۲۰۱۹ ویروس کرونا- سارس کووید ۲ در جهان گشته است. از میان موارد یاد شده بحران جدی و جهانگیر ناشی از کووید-۱۹ به مراتب نگران‌کننده تر بوده و شاید بتوان تاریخ توسعه انسانی و تغییرات در نگرش اجتماعی- فرهنگی و کنش‌های اقتصادی، سیاسی و امنیتی جوامع انسانی را پس از این به دوران پیش از کووید-۱۹ و پس از آن تقسیم نمود. از سوی دیگر هرچند جهانگیر شدن بیماری اخیر تهدیدی جدی برای تمامی جوامع تلقی گردیده است، ولیکن همزمان با آن و در صورت درک و شناخت اصولی از علل و اسباب بروز و گسترش بیماری و کار بست یافته‌های نظری و عملی در پیشگیری، کنترل، مقابله، درمان و جبران خسارت‌های وارده در عرصه سلامت، محیط‌زیست و اقتصادی- اجتماعی بتوان تهدید واقعا موجود را به فرصتی ایده آل برای تغییر باورها و رویکردها و عملکردهای اجتماعی و بسترسازی فرهنگی برای آینده و در مقابله با چالش‌های پی آیند تبدیل نمود. نگاهی به عملکرد دانشمندان و کنشگران حوزه سلامت، محیط‌زیست، مدیریت و فرهنگ سازان جهان در کمتر از یک سال پس از رویارویی با جهانگیر شدن بیماری کووید-۱۹ نشان میدهد که در تمام زمینه ها، تلاش گران عرصه‌های فوق توانسته اند مرزهای جدیدی از نوآوری و خلاقیت را درنوردیده و راهبردها و راهکارهای خلاقانه و اثربخش در شناسایی، پیشگیری، مقابله و کنترل بیماری را عرضه نمایند.

کتاب حاضر نیز که به وسیله یکی از سازمان‌های بسیار معتبر بین‌المللی در زمینه راه‌های ایمن‌سازی و باز بینی و روزآمد نمودن روش‌های ایمن‌سازی و چگونگی فعالیت در تأسیسات جمع‌آوری، تصفیه و دفع فاضلاب‌های شهری با تأکید بر شناخت مسیرها و چگونگی مواجهه با عامل بیماری‌های ویروسی (به‌ویژه کووید-۱۹) تدوین گردیده است و تا زمان ترجمه و چاپ آن اولین و تنها اثر چاپ شده معتبر به حساب می‌آید، از این قاعده پیروی نموده است. با توجه به اهمیت تأمین سلامت نیروی انسانی شاغل در تأسیسات مدیریت فاضلاب شهری و رشد روزافزون این تأسیسات در ایران، سعی شده است تا در اندک زمانی پس از انتشار کتاب (سال ۲۰۲۰) ترجمه و تصحیح و چاپ و انتشار کتاب را به سر انجام برسانند. گروه مترجمان لازم میدانند که از ریاست محترم پژوهشکده محیط‌زیست دانشگاه علوم پزشکی تهران جناب آقای دکتر ندافی به دلیل حمایت بی دریغ و تأمین شرایط لازم برای چاپ و انتشار کتاب سپاسگزاری نموده و امیدواریم ترجمه این کتاب به‌ویژه برای

تلاشگران و دست اندرکاران صنعت فاضلاب کشور و کاهش نگرانی‌های نیـروی انسـانی شـاغل در ایـن صنعت از جنبه شناخت، پیشگیری، مقابله و درمان بیماری کووید-۱۹ مفیـد واقـع گـردد. همچنـین از تمام خوانندگان کتاب صمیمانه تقاضا داریم تا هرگونه نقص و یا ابهام و ضعف در ترجمه حاضر را به هر طریق ممکن اعلام کنند تا در ویراست‌های بعدی مورد تجدید نظر و اصلاح قرار گیرد.

گروه مترجمان

درباره فدراسیون محیط‌زیست آب

فدراسیون محیط‌زیست آب (WEF) یک سازمان فنی و آموزشی غیرانتفاعی است که متشکل از ۳۳۰۰۰ عضو منفرد و ۷۵ انجمن وابسته است که نمایندگان متخصصان کیفیت آب در سراسر جهان هستند. از سال ۱۹۲۸، فدراسیون محیط‌زیست آب و اعضای آن از بهداشت عمومی و محیط‌زیست محافظت می‌کنند. ماموریت ما به‌عنوان یک رهبر برای آب جهان، ایجاد ارتباط بین متخصصان آب، افزایش تخصص متخصصان آب، افزایش آگاهی از تأثیر و ارزش آب؛ و ایجاد بستری برای نوآوری در بخش آب می‌باشد. برای کسب اطلاعات بیشتر به آدرس www.wef.org مراجعه نمایید.

اختصارات به کار برده شده

WEF	Water Environment Federation	فدراسیون محیط‌زیست آب
ACP	Asbestos-Cement Pipe	لوله آزبست سیمان
ACMs	Maintain Asbestos-Containing Materials	مواد ساختمانی حاوی آزبست
OSHA	Occupational Safety and Health Administration	سازمان بهداشت و ایمنی شغلی
PPE	Personal Protective Equipment	تجهیزات حفاظت فردی
SCBA	Self-Contained Breathing Apparatus	دستگاه تنفس خودکار
RDE	Radiological Dispersion Event	رخدادهای انتشار رادیولوژیک
SDS	Safety Data Sheet	برگه اطلاعات ایمنی مواد
PFD	Personal Floatation Device	تجهیزات شناورسازی شخصی
RNA	Ribonucleic Acid	اسید ریبونوکلئیک
AIDS	Acquired Immune Deficiency Syndrome	سندرم نقص ایمنی اکتسابی
HIV	Human Immunodeficiency Virus	ویروس نقص ایمنی انسانی
CDC	Centers for Disease Control and Prevention	مرکز کنترل و پیشگیری از بیماری‌ها
WRRF	Water Resource Recovery Facilities	تأسیسات بازیابی منابع آب
AED	Automated External Defibrillator	دستگاه شوک الکتریکی خارجی خودکار
EPA	Environmental Protection Agency	آژانس حفاظت محیط زیست
CSO	Combined Sewer Overflows	کانال سرریز فاضلاب ترکیبی
JSA	Job Safety Analysis	تجزیه‌وتحلیل ایمنی شغلی
JHA	Job Hazard Analysis	تجزیه و تحلیل خطر شغلی
WHO	World Health Organization	سازمان بهداشت جهانی
NIOSH	National Institute for Occupational Safety and Health	انستیتوی ملی بهداشت و ایمنی کار
PCR	Polymerase Chain Reaction	واکنش زنجیره‌ای پلیمراز
QMRA	Quantitative Microbial Risk Assessment	ارزیابی کمی خطر میکربی
ETEC	Enterotoxigenic E. coli	اشرشیاکلی انتروتوکسیژن
EPEC	Enteropathogenic E. coli	اشرشیاکلی انتروپاتوژنیک

خلاصه جامع

۱. به‌روزرسانی‌های مرتبط با ایمنی، سلامت و امنیت در سیستم‌های فاضلاب

از دیدگاه بهداشت و ایمنی عمومی، ویژگی مهم ویروس‌ها این است که آن‌ها فقط در سلول‌های زنده تولیدمثل می‌کنند و نمی‌توانند بدون سلول میزبان تولیدمثل نمایند؛ بنابراین، ویروس‌ها در فاضلاب تولیدمثل نمی‌کنند. منبع اصلی ویروس‌های موجود در فاضلاب، ضایعات انسانی تخلیه شده در سیستم جمع‌آوری فاضلاب می‌باشد. بیش از ۱۰۰ نوع ویروس مختلف در ضایعات انسانی وجود دارد. ویروس‌های غیر پوششی مانند ویروس‌های روده‌ای ماندگاری بیشتری در فاضلاب دارند و بنابراین کارکنان فاضلاب به دلیل تماس روزانه با فاضلاب، احتمال بالاتری برای مواجهه با این ویروس‌ها دارند. برعکس، ویروس‌های دارای پوشش (ویروس کرونا) نسبت به تصفیه فاضلاب حساسیت بیشتری دارند و بنابراین نگرانی کمتری برای افراد در زمان مواجهه با فاضلاب دارد. SARS-CoV-2 یک ویروس دارای پوشش است و در محیط پایدار نیست. راه‌های اصلی انتقال، قطرات تنفسی و تماس مستقیم است و تاکنون گزارشی از انتقال مدفوعی- دهانی و دهان ارائه نشده است و به نظر می‌رسد خطر انتقال SARS-CoV-2 از مدفوع کم باشد. انتظار می‌رود فرآیندهای معمول تصفیه و گندزدایی در تصفیه‌خانه‌های فاضلاب در غیرفعال‌سازی SARS-CoV-2 مؤثر باشد. بهترین روش‌ها برای محافظت از سلامت کارگران در معرض فاضلاب باید بدون توجه به موارد زیر دنبال شود:

مهندسی و کنترل‌های اجرایی. معمولاً رعایت ایمنی در کار و استفاده از تجهیزات حفاظت فردی در زمان کار با فاضلاب تصفیه نشده مورد نیاز است. در مکان‌هایی که فاضلاب یا لجن پاشیده می‌شود، احتمال استنشاق عوامل عفونی افزایش می‌یابد. در مواردی که قرار گرفتن در معرض آئروسل‌ها پیش‌بینی می‌شود، استفاده از ماسک تنفسیN95, ماسک جراحی و عینک محافظ چشم ممکن است در به حداقل رساندن مواجهه کمک کند. هیچ نوع محافظت اضافی مخصوص کووید-۱۹ توصیه نمی‌شود. خلاصه تجهیزات حفاظت فردی مورد استفاده در جدول E.1 آورده شده است. علاوه بر این، رعایت بهداشت فردی مناسب برای کاهش احتمال آلودگی توسط فاضلاب نیز مهم است.

به دلیل مواجهه بالا با فاضلاب خام، کارگران سیستم جمع‌آوری (از جمله سرریز فاضلاب ترکیبی و اپراتورهای سرریز فاضلاب بهداشتی) در مقایسه با کارکنان تأسیسات تصفیه بیشتر در معرض ابتلا به عفونت ناشی از عوامل بیماری‌زا هستند. علاوه بر این، کارکنان فاضلاب که درگیر حمل‌ونقل لجن‌ها، تجزیه‌وتحلیل‌های آزمایشگاهی، کارکنان تصفیه‌خانه شیرابه‌های محل دفن پسماند، کارکنان واحدهای پیش‌تصفیه صنعتی و افرادی که نمونه‌برداری از کیفیت آب محیط را انجام می‌دهند، در معرض بالقوه مواجهه با عوامل بیماری‌زا قرار دارند؛ اما این خطرات برای SARSCoV-2 ناچیز در نظر گرفته می‌شوند، زیرا هنوز این ویروس در شکل عفونی خود در فاضلاب شناسایی نشده است. در همه موارد، استفاده از تجهیزات حفاظت فردی مناسب و رعایت بهداشت فردی می‌تواند این خطرات را

کاهش دهد.

جدول ۰-۱- E: خلاصه تجهیزات حفاظت فردی

مسیر مواجهه	تجهیزات حفاظت فردی توصیه شده
انتقال تماسی	دستکش، چکمه و لباس فرم یکنواخت
پاشیدن	محافظت از چشم و صورت از طریق عینک ایمنی و محافظ صورت
تماس کل بدن	لباس سرتاسری
خراش، برش یا سوراخ شدن	دستکش بادوام برای محافظت در برابر بریدگی یا سوراخ شدن
تنفس اسپری‌ها و مه یا گردوغبار	ماسک تنفسی N95، ماسک جراحی یا گردوغبار

۲. اطلاعات ایمنی و ملاحظات کلیدی برای کووید-۱۹ و سایر عوامل بیماری‌زا

بر اساس اطلاعات موجود در مورد ویروس SARS-CoV-2 و ویروس‌های مشابه، می‌توان نتیجه گرفت که خطر ایجاد عفونت برای کارگران فاضلاب از طریق ویروس SARS-CoV-2 کم بوده و بیشتر از سایر عوامل بیماری‌زا نمی‌باشد. موجود در زیر نکات کلیدی مرتبط با فاضلاب ارائه شده است:

- ویروس SARS-CoV-2 عمدتاً از طریق قطرات تنفسی که فرد مبتلا از طریق سرفه، عطسه یا مکالمه در محیط منتشر می‌کند و یا تماس مستقیم با فرد آلوده منتقل می‌شود، همچنین انتقال بیشتر ممکن است از طریق تماس با سطوح آلوده رخ دهد.
- انتقال از طریق آئروسل‌های فاضلاب، مواد زائد مدفوعی، فاضلاب‌ها و لجن‌ها بعید است. میزان خطرات انتقال وابسته به محل و نوع فعالیت است: نوع و سطح خطرات بسته به وظیفه و شرایط، تجهیزات و پیکربندی هر برنامه متفاوت است. با انجام اقدامات احتیاطی که از کارگران در برابر عوامل بیماری‌زای فاضلاب محافظت می‌کند، باید از کارگران در برابر ویروس SARS-CoV-2 نیز محافظت شود.
- ویروس عفونی SARS-CoV-2 تاکنون در فاضلاب و لجن شناسایی نشده است. اگرچه وجود ویروس عفونی SARS-CoV-2 در این محیط‌ها قابل رد نیست، اما به نظر می‌رسد که در غلظت‌هایی که خطر سلامتی قابل‌توجه دارند، وجود نداشته باشد.
- خطر ابتلا به ویروس SARS-CoV-2 در اثر مواجهه با فاضلاب و لجن، به دلیل وجود غیرمحتمل آن و احتمال ترقیق و از بین رفتن ویروس در این محیط‌ها، کم در نظر گرفته می‌شود. به همین دلایل خطر انتقال این ویروس توسط آئروسل‌های موجود در سیستم‌های فاضلاب و لجن‌ها به‌طور مشابه کم است.
- اگر مشخص شود ویروس SARS-CoV-2 در فاضلاب وجود دارد، انتظار می‌رود که

فرآیندهای تصفیه فاضلاب و لجن‌ها به‌طور قابل توجهی این ویروس را حذف و یـا غیرفعـال کنند.

- انتظار نمی‌رود ویروس SARS-CoV-2 خطرات جدید یا فزاینده‌ای برای عفونت ایجاد کنـد. کارگران سیستم‌های فاضلاب باید با رعایت مداوم و صحیح اقدامات ایمنی مناسب، از خـود محافظت کنند.
- تجهیزات حفاظت فردی پیش‌فرض شامل دستکش ضـد آب، چکمـه‌هـای ضـد آب، لبـاس سرتاسر یا روپوش ضد آب، روکـش دهـان و بینـی (ماسـک تنفسـی) و محافظـت از چشـم (عینک ایمنی، سپر صورت) می‌باشد.
- ماسک‌های جراحی یا گردوغبار می‌توانند از کارگران در برابر پاشش، اسـپری و مـواد ذره‌ای (گردوغبار) محافظت کرده و احتمال گسترش بیمـاری‌هـای توسـط کـارگران بیمـار را نیـز کاهش دهند.
- برای تعیین مناسب بودن تجهیزات حفاظت فردی مانند ماسک تنفس، بـرای محافظـت در برابر استنشاق آئروسل‌ها، باید از تجزیه‌وتحلیل ایمنی شغلی (JSAیا JHA)استفاده شود.
- ازآنجاکه خطرات بیولوژیکی با توجه به نوع فعالیت شغلی و نوع سیسـتم فاضـلاب متفـاوت است، لازم است مدیران و کارکنان تأسیسات تجزیه‌وتحلیل ایمنـی شـغلی (خطـر) / (JSA JHA)را انجام دهند (OSHA، ۲۰۰۲). این تجزیـه‌وتحلیـل خطـرات احتمـالی هـر نـوع از فعالیت‌ها را در یک شغل مشخص شناسایی و اقدامات مهم ایمنی مشخص می‌کند.

۳. نیازهای پژوهشی مرتبط با SARS-COV-2

۳-۱. اطلاعاتی که درباره *SARS CoV-2* نیاز داریم

- در حال حاضر اطلاعات کمی در مـورد تقسـیم ویـروس‌هـا بـین فازهـای جامـد و مـایع در فاضلاب وجود دارد. این امر در مورد ویروس SARSCoV-2 نیز صادق است. اطلاعات مـورد نیاز در این زمینه باید از ویروس‌های دیگر استنباط شود.
- اگر در محیط فاضلاب، اکثر قسمت‌هایی از SARS-COV-2 وجود دارد، بنابراین بهینه‌سازی روش‌ها باید بر کارایی‌ترین جداسازی مواد جامد و بازیابی از کنسانتره جامد متمرکز شود.
- ذرات موجود در فاضلاب ممکن است از ویروس‌ها در برابر ضـدعفونی‌کننـده‌هـا، در صـورت گندزدایی با اشعه ماورا بنفش (UV) یا تأثیر مواد شیمیایی، محافظت نماید.
- اگر غلظت ذرات در فاضلاب بالا باشد، انتقال ویروس توسط رفتـار ذرات کنتـرل مـی‌شـود؛ بنابراین، مدل‌های هیدرودینامیکی انتقال و همچنین مدل‌های فرایند تصـفیه، بایـد چنـین ارتباطاتی را در نظر بگیرند.
- احتمالاً ارتباط ویروس‌ها با ذرات نسبت به اتصال مخصوص گیرنـده میزبـان غیراختصاصـی

است. لذا کاربرد این احتمال در مطالعات مربوط به SARSCoV-2 باید تائید شود.

- روش‌های موجود برای حذف تداخل در تشخیص واکنش زنجیره‌ای پلیمراز (PCR) از اسیدهای نوکلئیک ویروس‌های آسیب‌دیده، به‌طور بالقوه مسیری را برای تشخیص مقادیر ویروسی مولکولی از ویروس عفونی فراهم می‌کند. اگرچه این روش‌ها اخیراً مورد بررسی قرار گرفته‌اند، اما هیچ آگاهی از کار قبلی که نشان‌دهنده مناسب بودن آن‌ها برای تشخیص ویروس‌های دارای پوشش مانند SARS-CoV-2 باشد، وجود ندارد.
- تعیین اینکه آیا SARS-CoV-2 زنده در فاضلاب و با چه غلظت‌هایی وجود دارد، کار مهمی است. روش‌های اضافی برای حذف تداخل تشخیص PCR ویروس‌های آسیب‌دیده SARS-CoV-2 نیز ممکن است به یکسان‌سازی این اندازه‌گیری‌ها کمک کند.
- حداقل الزامات گزارش اطلاعات باید ایجاد شود. در حالی که اندازه‌گیری فاضلاب خام و لجن ممکن است برای نظارت بر جمعیت مفید باشد، ممکن است مقدار اطلاعات محدودی برای تجزیه‌وتحلیل پساب‌های نهایی وجود داشته باشد و این موضوع نیاز به مطالعات بیشتر دارد.
- هنوز اطلاعاتی در مورد پایداری یا سینتیک گندزداها در برابر SARS-CoV-2 در محیط آب در دسترس نیست. بااین‌حال، مطالعات قبلی در مورد بقای SARS-CoV-1 در سیستم‌های آبی انجام شده است. این بسیار مهم است که مطالعات آتی در مورد بررسی و تداوم و ضدعفونی کردن SARS-CoV-2، انجام گردند.
- در حالی که داده‌ها در مورد ماندگاری و گندزدایی SARS-CoV-2 در محیط‌های آبی در حال حاضر محدود هستند، ممکن است بتوانیم با استفاده از داده‌های مربوط به ماندگاری، سطح بینشی در مورد سرنوشت ویروس در این محیط‌ها به دست آوریم.
- اگرچه اعتقاد بر این است که فرآیندهای فعلی گندزدایی فاضلاب به‌احتمال زیاد در برابر ویروس‌های کرونا مؤثر هستند، اما داده‌های کمی برای مقایسه با ویروس‌های روده‌ای که بیشتر مورد مطالعه قرار می‌گیرند وجود دارد و برای اطمینان از کافی بودن فرآیند تصفیه متداول برای کنترل خطر ویروس‌های کرونا، مطالعات بیشتری لازم است.
- هنوز هیچ داده‌ای در مورد SARS-CoV-2 و تأثیر UVC(نور ماورا بنفش با طول موج بین ۲۰۰ تا ۲۸۰ نانومتر) و دوز به پاسخ (سینتیک ضدعفونی) SARS-CoV-2 در محیط آبی یا روی سطح موجود نیست.
- هیچ داده‌ای برای تعیین طیف عملکرد (وابستگی به طول موج) برای تابش UVC در تخریب SARS-CoV-2 در دسترس نیست.
- هیچ داده‌ای برای غیرفعال شدن ویروس SARS-CoV-2 در محیط‌های آبی مانند فاضلاب توسط دی‌اکسید کلر یا ازن در دسترس نیست.
- اطلاعات مربوط به حذف ویروس‌های دارای پوشش، مانند SARS-CoV-2، در مراحل

مختلف تصفیه و مراحل مورد استفاده در تصفیه‌خانه‌ها برای استفاده مجدد از آب در دسترس نیست.

۳-۲. توصیه‌های کلیدی برای تحقیقات فوری مربوط به *SARS-CoV-2*

۱. توسعه، تأمین اعتبار و انجام یک مطالعه اپیدمیولوژیک آینده‌نگر از بروز بیماری‌های عفونی در میان کارگران فاضلاب و سیستم‌های جمع‌آوری. این مطالعه باید حداقل شامل موارد زیر باشد:

- اطلاعات پایه‌ای از استفاده از تجهیزات حفاظت فردی را در بین کارکنان سیستم‌های فاضلاب و جمع‌آوری ایجاد کند.
- نتایج بهداشتی مشاهده شده را با توجه به گزارش استفاده از تجهیزات حفاظت فردی بررسی کند تا اثربخشی این تجهیزات را که در حال حاضر در کاهش خطرات بیماری‌های عفونی انجام می‌شود، ارزیابی کند.

۲. مطالعه‌ای را برای توصیف مواجهات تنفسی در زمان انجام کارهای معمولی که توسط کارگران در عملیات جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب انجام می‌شود، تهیه، تأمین مالی و انجام شود. حضور و میزان غلظت عوامل عفونی در کارهایی که توسط کارگران فاضلاب انجام می‌شود به خوبی درک نشده است، حتی اگر تحقیقات جدید نشان دهد که این عوامل در فاضلاب وجود دارند.

فصل اول

بازبینی ها و به روزرسانی ها برای ایمنی، سلامت و امنیت در سیستم های فاضلاب

مسیرهای معمول مواجهه، خطرات و توصیه‌های مرتبط با پیشگیری از مخاطرات موجود در تأسیسات متداول بازیابی منابع آب در (جدول۱-۱) نشان داده شده است.

۱. انواع مخاطرات بیولوژیکی

۱-۱. باکتری‌ها

باکتری‌های بیماری‌زا عوامل میکروسکوپی بوده و در فاضلاب به تعداد زیادی حضور دارند. از آنجا که باکتری‌ها می‌توانند در خارج از بدن میکروارگانیسم‌ها تولیدمثل کنند، لذا می‌توانند به مقدار قابل توجهی در سیستم‌های جمع‌آوری فاضلاب حضور داشته باشد؛ بنابراین عفونت‌های باکتریایی از طریق تکثیر آن‌ها در یک محیط آبی حاصل می‌شود. در جدول ۱-۲ خلاصه‌ای از بیماری‌های مختلف مرتبط با محیط‌های آلوده به فاضلاب ارائه شده است. بسیاری از این باکتری‌ها به‌طور معمول از طریق مسیر مدفوعی- دهانی منتقل می‌شوند (از طریق خوردن غذا و آب آلوده و یا تماس دست‌های آلوده با دهان). به دلیل مواجهه روزانه با محیط‌های آلوده به فاضلاب، کارکنان فاضلاب در مقایسه با عموم مردم احتمال بیشتری برای مواجهه با عوامل بیماری‌زا دارند. بااین‌حال، برای بیشتر کارگران، احتمال ابتلا به بیماری نسبتاً کم است. البته باید توجه داشت که ایجاد مقاومت ضد میکربی نیز یک نگرانی نوظهور در مورد باکتری‌ها می‌باشد. رعایت بهداشت فردی و استفاده از تجهیزات حفاظت فردی بسیار مهم است، زیرا ممکن است عوامل عفونت‌زای باکتریایی ازجمله آن‌هایی که به آنتی‌بیوتیک‌ها مقاوم هستند، بدون علائم بروز کنند. سپس کارگران بدون علامت می‌توانند بدون اینکه هرگز بیماری (عفونت نهفته) را تجربه کنند، میکروب‌ها را به خانواده خود و اعضای جامعه منتقل نمایند. شایع‌ترین عوامل بیماری‌زای باکتریایی که در فاضلاب یافت می‌شوند شامل سالمونلا و شیگلا می‌باشند. سایر عوامل بیماری‌زای باکتریایی شامل ویبریو، کلستریدیوم، یرسینیا، کمپیلوباکتر و لپتوسپیرا هستند. اشرشیاکلی (E. coli) به‌طورکلی غیر بیماری‌زا محسوب می‌شود، اما سویه‌های بیماری‌زای آن وجود دارد (به‌عنوان‌مثال E. coli تولیدکننده سم شیگا، E. coli انتروتوکسیژنیک و E. coli انتروپاتوژنیک). در جدول ۲-۱ شایع‌ترین عوامل بیماری‌زای باکتریایی موجود در فاضلاب آورده شده است.

۱-۱-۱. سالمونلا

در محصولاتی که به صورت نادرست تهیه شده‌اند، سالمونلا عامل مهمی در ایجاد مسمومیت غذایی می‌باشد. *سالمونلا* می‌تواند موجب ایجاد عفونت‌های معده و روده (ورم حاد معده و روده)، تب حصبه و تب پاراتیفوئید گردد. عفونت سالمونلایی ناشی از خوردن مواد غذایی می‌باشد، البته تعداد زیادی از این میکروارگانیسم‌ها برای ایجاد بیماری مورد نیاز هستند. *سالمونلا* به‌طور روزمره از فاضلاب خام و کمی تصفیه شده، عملیات کمپوست، تأسیسات حمل‌ونقل لجن و محل دفن پسماندها، جدا می‌شود.

جدول ۱-۱: مخاطرات متداول در تأسیسات استفاده مجددی آب

مواجهه‌های متداول	فعالیت‌ها و منابع مواجهه‌های متداول	احتمال‌های خطر	رهنمودهای پیشگیری	سایر منابع
آزبست، لوله آزبست سیمان (ACP)، سیستم‌های عایق حرارتی	نوسازی، تخریب و یا سایر فعالیت‌هایی که باعث آسیب در محصولات حاوی آزبست مانند عایق‌بندی، ضد حریق، مواد صوتی، کاشی کف و لوله آزبست سیمان (ترانزیت) می‌شود.	در صورت انتشار، الیاف آزبست میکروسکوپی می‌توانند از طریق هوا منتقل شده و وارد ریه‌ها شده و باعث بیماری‌های جدی ریه شوند.	از طریق یک برنامه نگهداری با مدیریت مناسب، مواد ساختمانی حاوی آزبست (ACMs)را در شرایط مناسب نگهداری کنید. هنگام از بین بردن مواد ACP، از طریق ارزیابی اولیه مواجهه تعیین کنید که آیا متوسط وزنی PEL طی ۸ ساعت طبق استاندارد OSHA کمتر از ۰٫۱ فیبر در سانتی‌متر مکعب است و همچنین از رهنمودهای کاهش OSHA برای حذف استفاده کنید.	29 CFR 1926.1101, for regulatory details.
خطرات بیولوژیکی (به‌جز عوامل بیماری‌های منتقله از طریق خون)	قرار گرفتن در معرض فاضلاب، لجن یا جامدات بیولوژیکی تصفیه نشده یا کم تصفیه‌شده از طریق تماس مستقیم، پاشیده شدن، بریدگی، سایش یا آئروسل	عفونت‌های حاد ویروسی، باکتریایی، تک‌یاخته‌ای، قارچی یا کرمی	برای تعیین احتمال، شدت و پیامد بالقوه هر خطر و اقدامات مناسب کنترل خطر، لازم است برای هر فعالیت تجزیه‌وتحلیل ایمنی شغلی (خطر) انجام شود. PPE می‌تواند شامل دستکش، چکمه، لباس فرم / روپوش / لباس ضد آب، محافظت از چشم، محافظ صورت، ماسک تنفسی N95، ماسک جراحی یا گردوغبار باشد.	برای اطلاعات بیشتر به بخش ۸ مراجعه کنید

مواد شیمیایی (مایع)، هیپوکلریت سدیم، بی سولفیت سدیم، هیدروکسید سدیم، کلرید فریک، پلیمرها، آمونیاک بی‌آب، پراکسید هیدروژن و متانول.	تخلیه، شروع و قطع فعالیت‌ها؛ انتقال مواد شیمیایی فله‌ای به ظروف ثانویه؛ و پاسخ اضطراری به نشت‌های تصادفی.	خطرات حاد تنفسی ناشی از استنشاق گازهای سمی یا بخارات. صدمات احتمالی حاد یا مزمن / بیماری چشم و پوست؛ خطرات لغزش از سطح مرطوب و لغزنده؛ و واکنش‌های ترمودینامیکی بالقوه ناشی از اختلاط مواد ناسازگار.	کارمندان باید در مورد روش‌های مناسب استفاده از مواد شیمیایی آموزش ببینند و از PPE مناسب استفاده کنند (برای توصیه‌های PPE به برگه اطلاعات ایمنی مواد شیمیایی مراجعه کنید). کارکنانی که برای کنترل نشت اقدام می‌کنند، باید در مراحل واکنش اضطراری آموزش ببینند و به سطح مناسب PPE مجهز شوند. فرقی نمی‌کند نشت کوچک باشد یا بزرگ، باید بلافاصله تمیز شده و به‌درستی مواد شیمیایی ازجمله مخازن، لوله‌های مرتبط، پمپ‌ها و شیرها برچسب‌گذاری شوند.	برای اطلاعات بیشتر به ۴,۲,۶، ۴,۳,۳، ۴,۴، ۴,۴,۳,۸ و فصل ۱۰ مراجعه کنید.
کلر (گاز)	بارگیری / تخلیه، اتصال و قطع فعالیت‌ها و واکنش اضطراری به انتشارهای تصادفی.	خطرات حاد تنفسی ناشی از استنشاق گاز کلر. در غلظت 40 ppm تا ۶۰، گاز کلر باعث پنومونیت سمی و ورم ریوی می‌شود. در ۴۳۰ ppm، قرار گرفتن در معرض آن در عرض ۳۰ دقیقه کشنده است و در ۱۰۰۰ ppm در عرض چند دقیقه کشنده است. سوختگی شیمیایی یا حرارتی موضعی (سرمازدگی) در اثر تماس با کلر مایع در پوست ایجاد می‌شود. کلر گازی در تماس با پوست	کارکنان باید در مورد روش‌های استفاده از کلر آموزش ببینند و هنگام کار با کلر باید از سطح مناسب PPE استفاده کنند. در طی مراحل بارگیری / تخلیه، بسته به غلظت‌های مواجهه مورد انتظار، باید از یک ماسک تنفسی تصفیه‌کننده هوا به صورت کامل یا دستگاه تنفس خودکار (SCBA) استفاده شود. واکنش اضطراری به انتشار نیاز به سطح حفاظتی بالاتری دارد. علاوه بر دستکش (محافظت حرارتی) و SCBA	برای اطلاعات بیشتر به ۴,۲,۶,۱ و فصل ۱۰ مراجعه کنید.

		می‌تواند در رطوبت بدن حل‌شده و اسیدهای هیپوکلروس و هیدروکلریک ایجاد کند. سوزش چشم از غلظت کم گاز کلر تا سوختگی‌های جدی حرارتی و یا شیمیایی از کلر مایع امکان‌پذیر است.	موسسه کلر موارد زیر را نیز توصیه می‌کند: استفاده از سطح B PPE در صورت عدم حضور کلر مایع و استفاده از سطح پیشرفته B PPE هنگام نشت کلر مایع.	
گازهای فشرده	ذخیره و استفاده از سیلندرهای گاز فشرده و هوا.	خطرات پرتابه در اثر آزاد شدن ناگهانی فشار؛ آتش‌سوزی و انفجار از گازهای قابل اشتعال یا واکنش‌پذیر. کمبود اکسیژن جو در اثر نشت گازهای بی‌اثر؛ و جو سمی ناشی از نشت گازهای سمی.	به‌طور مناسب سیلندرها باید در محلی با تهویه مناسب و دور از گرما، شعله‌های آتش و آفتاب نگهداری شوند. در صورت عدم استفاده، آن‌ها به حالت ایستاده نگهداری گردند. هنگام ذخیره در داخل ساختمان، گازهای فشرده‌شده حداقل ۶,۱ متر (۲۰ فوت) از مواد قابل‌احتراق نگهداری شوند. سیلندرهای اکسیژن از سیلندرهای گاز سوختی در فاصله حداقل ۶,۱ متر (۲۰ فوت) یا توسط یک مانع غیرقابل‌احتراق با ارتفاع حداقل ۱,۵ متر (۵ فوت) جدا شوند و سیلندرهای تنفسی SCBA باید طبق رهنمودهای مربوط به مشخصات کانتینر حمل‌ونقل وزارت حمل‌ونقل ایالات‌متحده (CFR ۴۹ قسمت ۱۷۳ و قسمت ۱۷۸) آزمایش و نگهداری شوند.	در مورد قوانین گاز فشرده به شماره CFR ۲۹، ۱۹۱۰ Sub H مراجعه و در مورد جزئیات قوانین هوای تنفسی، به CFR 1910.134 ۲۹ مراجعه کنید.

فضاهای بسته	ورود به فضای بسته	شرایط جوی سمی سولفید هیدروژن، مونوکسید کربن و سایر آلاینده‌ها. شرایط کمبود اکسیژن و شرایط بروز اشتعال.	هیچ کس نمی‌تواند وارد فضای بسته شود مگر اینکه به‌عنوان یک کارمند به‌طور مناسب آموزش دیده باشد. مراحل ورود به فضای بسته شامل تهویه، نظارت بر گازها و استفاده از سطح مناسب PPE و تجهیزات نجات می‌باشد.	برای کسب اطلاعات بیشتر به فصل ۵،۸ و فصل ۶،۵ مراجعه و برای جزئیات نظارتی به ۲۹ CFR 1910.146 مراجعه کنید.
جرثقیل و بالابر	استفاده از جرثقیل سیار یا بالابر برای بلند کردن و یا جابجایی مواد.	جرثقیل: فوت یا جراحات جدی ناشی از واژگونی جرثقیل، برق‌گرفتگی در اثر برخورد تصادفی با خطوط هوایی و صدمات و یا خسارات ناشی از تماس تصادفی با مردم، تجهیزات یا ساختمان‌ها. بالابرها: آسیب یا خسارات ناشی از انداختن بار.	فقط کارکنانی که از طرف کارفرما مجاز هستند و در زمینه کار ایمن با جرثقیل یا تجهیزات بالابر آموزش می‌بینند، می‌توانند از این وسایل استفاده کنند. اپراتورهای جرثقیل سیار باید یک گواهی صلاحیت معتبر (گواهینامه) ارائه‌شده توسط یک‌نهاد معتبر برای کار با جرثقیل‌های سیار با ظرفیت خاص بار و معیارهای دیگر داشته باشند.	برای مطالعه جزئیات قانونی به ۲۹ CFR 1926.552 و ۱۹۱۰،۱۷۹ مراجعه کنید.
کار در ارتفاع	کار در مکان‌های مرتفع محافظت نشده، بالا بردن سکوهای کار و بالابرهای هوایی، نردبان‌ها و داربست‌ها؛ و کار در نزدیکی دهانه گودال‌های محافظت نشده	مرگ، شکستگی استخوان، آسیب نخاعی، ضربه‌مغزی و سایر آسیب‌های جدی در اثر سقوط از یک محل کار مرتفع یا داخل گودال. بر اساس اطلاعات اداره کار، در سال ۲۰۰۷، ۱۵٪ از کل کشته‌شدگان ناشی از سقوط بوده است.	اگر کارمندان را در معرض سقوط ۱،۲ متر (۴ فوت) یا بیشتر قرار دهید، اطمینان حاصل کنید که تمام مناطق کار مرتفع دارای حفاظ استاندارد هستند. فقط از نردبان‌هایی استفاده کنید که برای بار و نوع کار انجام شده مناسب باشند. نردبان‌ها را قبل از استفاده از نظر آسیب یا ساییدگی بازرسی کنید. اطمینان حاصل کنید که	برای اطلاعات بیشتر به فصل ۵،۱ و قسمت ۲۹ CFR D 1910 مراجعه کنید.

			داربست توسط یک فرد واجد شرایط برداشته و برچیده شده است. داربست بیش‌ازحد اضافه نکنید و آن‌ها را در شرایط ایمن نگه دارید. کارکنانی که با سکوی کار بالابر یا بالابر هوایی کار می‌کنند یا راننده این دستگاه‌ها هستند باید آموزش ببینند. در صورت عدم تهیه محافظ استاندارد، از سیستم محافظت شخصی در برابر سقوط استفاده کنید. تمام دهانه‌های کف و دیوار را با یک محافظ استاندارد یا سد مؤثر دیگر پوشانده یا محافظت کنید. هرگز چاله‌ای را به صورت باز گودال را بدون حفاظ رها نکنید اطمینان حاصل کنید که دهانه‌های نورگیرهای سقفی توسط یک صفحه استاندارد نورگیر و مستحکم محافظت می‌شوند یا یک نرده استاندارد ثابت در اطراف نورگیر وجود دارد.	
حفاری و ترانشه کندن	برش، ترانشه، یا ایجاد فرورفتگی در سطح و از بین بردن مواد خاکی به‌منظور کارگذاری و یا تعمیر لوله‌ها، خطوط، کابل‌ها یا سایر تأسیسات زیرزمینی.	خفگی؛ شرایط جوی سمی یا کمبود اکسیژن؛ انفجار و آتش‌سوزی ناشی از قطع خطوط برخط سوخت؛ و برق‌گرفتگی ناشی از پارگی در خطوط برق.	بازرسی‌های روزانه از حفاری‌ها، مناطق مجاور و سیستم‌های حفاظتی توسط یک شخص خبره، نصب سیستم‌های حفاظتی برای محافظت از کارمندان در برابر سقوط مواد و گودال‌های حفاری‌شده؛ علامت‌گذاری	برای اطلاعات بیشتر به فصل ۶,۴ مراجعه کنید. برای آگاهی از جزئیات مقررات، به بخش ۲۹ P CFR 1926 مراجعه کنید.

			محل نصب کلیه تأسیسات زیرزمینی، تأمین دسترسی و خروج ایمن، حفاظت در برابر ترافیک وسایط نقلیه، سقوط بار و انباشت آب؛ در صورت ورود کارکنان به حفاری‌های با عمق بیش از ۱,۲ متر (۴ فوت) انجام آزمایش اتمسفر از نظر اکسیژن در صورت کمبود اکسیژن یا وجود گازهای خطرناک	
آتش‌سوزی و انفجار	سوخت‌رسانی به وسایط نقلیه و تجهیزات، ذخیره و استفاده از مواد قابل اشتعال و کار بر روی منابع سوختی قابل اشتعال مانند منابع متان یا گاز طبیعی یا نزدیک به آن‌ها.	آتش‌سوزی و انفجار		برای آگاهی از جزئیات قوانین به بخش ۲۹ CFR 1910.1.6 مراجعه کنید.
ذرات پرتابی	انجام فعالیت‌هایی مانند سنگ‌زنی، خرد کردن، محوطه‌سازی و استفاده از جک چکشی یا تجهیزات دیگری که باعث انتشار ذرات پرتابی می‌شود.	آسیب به چشم و پوست.	در صورت امکان، از سپر، پرده محافظ یا از محافظ چشم، صورت و بدن استفاده کنید.	برای اطلاعات بیشتر به فصل ۱۰ مراجعه کنید. به بخش ۲۹ CFR 1910.133 مراجعه کنید.
انرژی خطرناک	تمیز کردن، تعمیر، سرویس، یا تنظیم موتورهای اصلی یا سیستم‌های الکتریکی.	برق‌گرفتگی، قطع عضو یا سایر صدمات جدی ناشی از انرژی غیرمترقبه یا راه‌اندازی ماشین‌آلات یا تجهیزات یا آزاد شدن انرژی ذخیره شده یا ثانویه	فقط کارکنان آموزش دیده می‌توانند با تجهیزات، ماشین‌آلات یا سیستم‌های الکتریکی کار کنند و هنگام تمیز کردن، تعمیر، سرویس، راه‌اندازی یا تنظیم	برای اطلاعات بیشتر به فصل ۵,۲ مراجعه کنید. برای آگاهی از جزئیات قوانین به بخش ۲۹ CFR

		(خازن‌ها، فنرها، باتری‌ها و منبع تغذیه دائمی).	سیستم‌های انتقال قدرت یا سیستم‌های الکتریکی از روش‌های مسدودسازی/ تگ‌گذاری پیروی شود.	1910.147 مراجعه کنید.
گرما و سرما	کار طولانی‌مدت در فضای باز در شرایط آب و هوایی با گرما یا سرمای شدید.	بیماری‌های گرمایی ازجمله گرمازدگی، خستگی گرمایی، گرفتگی گرمایی، غش و هیپوترمی و سرمازدگی.	سایه و آب کافی برای کارکنانی که نیاز به کار در شرایط شدید هوای گرم دارند فراهم کرده و آن‌ها را در زمینه پیشگیری از بیماری‌های ناشی از گرما آموزش داده و زمان مواجهه کاهش یابد، تهیه لباس گرم و نوشیدنی‌های گرم برای کارکنانی که ناچار به کار در هوای سرد شدید هستند و آموزش آن‌ها در زمینه مواجهه با سرما برای پیشگیری از بیماری / صدمات جوی	به سایت زیر مراجعه نمایید: http://www.osha.gov/index.html
سطوح داغ	کار در نزدیکی لوله‌ها یا سایر سطوح که در فاصله ۲٫۱ متر (۷ فوت) هستند و دمای سطح خارجی آن‌ها ۶۰ درجه سانتی‌گراد (۱۴۰ درجه فارنهایت) یا بالاتر است.	سوختگی	از تماس از طریق پوشش توسط مواد عایق حرارتی جلوگیری کنید.	آیین‌نامه کالیفرنیا؛ عنوان ۸، ۳۳۰۸
کامیون‌های صنعتی (لیفتراک)	رانندگی یا کار با کامیون صنعتی (لیفتراک).	تلفات یا صدمات جدی ناشی از واژگون کردن لیفتراک؛ آسیب به تجهیزات و سازه‌ها؛ و مسمومیت با مونوکسید کربن.	کارکنان نباید با لیفتراک کار کنند مگر اینکه آموزش دیده باشند و توانایی خود را در رانندگی یا کار با لیفتراک نشان دهند. هنگام کار با لیفتراک و موتورهای احتراق داخلی در	برای اطلاعات بیشتر به فصل ۷ مراجعه کنید. برای آگاهی از جزئیات قوانین به CFR 1910.178 ۲۹

			داخل ساختمان‌ها یا سازه‌های محصور یا نیمه محصور، اطمینان حاصل کنید که سیستم‌های تهویه طبیعی یا مکانیکی بخارها و گازهای سمی را زیر حد مجاز OSHA نگه می‌دارند. در صورت عدم اطمینان، هنگام کار با لیفتراک در داخل محل کار بسته، از یک مانیتور نشان‌دهنده غلظت گاز فردی استفاده کنید.	مراجعه کنید.
سرب	فعالیت‌های تخریب یا نوسازی که حاوی رنگ‌های مبتنی بر سرب است.	مسمومیت با سرب	در صورت وجود سرب، ارزیابی میزان مواجهه را انجام داده تا مشخص شود تا اطمینان حاصل شود که کارکنان در معرض غلظت‌های بیشتر از ۵۰ $\mu g/m^3$ به‌طور متوسط در طی ۸ ساعت هوای حاوی سرب قرار نگیرد. برای جلوگیری از قرار گرفتن در معرض سرب، از وسایل حفاظتی تنفسی و سایر تجهیزات حفاظت فردی مناسب استفاده شود.	برای اطلاعات بیشتر در مورد روش‌های حفاظت از دستگاه تنفسی به فصل ۱۰ مراجعه کنید. برای آگاهی از جزئیات قوانین به بخش ۲۹ CFR 1926.62 و ۲۹ CFR 1910.1025 مراجعه کنید.
شکستن خطوط انتقال	باز کردن لوله‌ها یا سیستم‌های تحت‌فشار بسته یا تحت ثقل سیستم‌های حاوی مواد داغ، سمی، خورنده، قابل اشتعال یا سایر مواد خطرناک.	سوختگی و سایر صدمات ناشی از قرار گرفتن در معرض مواد شیمیایی و سایر محصولات خطرناک سمی.	قبل از شکستن خطوط یا سیستم‌های تحت‌فشار مشخص شود که لوله یا سیستم‌ها حاوی چه مادهای می‌باشند. برای کاهش غلظت مواد داخل لوله یا سیستم، از آب یا سایر مواد سازگار برای پاک‌سازی استفاده	برای آگاهی از جزئیات قوانین به بخش ۲۹ CFR 1910.119، ۲۹ CFR 1910.146 مراجعه کنید. آیین‌نامه کالیفرنیا؛ عنوان ۸،

			شود. برای جلوگیری از آزاد شدن ناگهانی فشار یا پاشش مایعات، فشار داخلی کاهش داده شود.	۳۳۲۹
محافظت از خطرات ناشی از ماشین‌آلات	کار در نزدیکی موتورهای مولد، ماشین‌آلات و قطعات و قطعاتی که وظیفه خرد کردن، برش، پانچ، فشار، رول، مخلوط کردن و چرخش یا کارهای مشابه را دارند	قطع عضو یا سایر آسیب‌های جدی در دست، انگشتان، بازوها یا سایر اعضای بدن.	اگر کارمندان در منطقه خطر قرار می‌گیرند، محافظه‌ای مناسب برای ماشین‌ها تعبیه شود.	برای اطلاعات بیشتر به فصل ۵,۳ و قسمت ۲۹ ۰ CFR 1910 مراجعه کنید.
اختلالات اسکلتی - عضلانی (ارگونومی)	انتقال دستی مواد مانند بلند کردن، حرکت دادن، کشیدن و هول دادن و استفاده از ابزارهای لرزشی دستی و ثابت.	کشیدگی و پیچ‌خوردگی در ناحیه پشت، شانه‌ها، اندام فوقانی و سندرم ارتعاش که همچنین به‌عنوان انگشت سفید و به‌عنوان پدیده رینو با منشأ شغلی شناخته می‌شود.	جابجایی دستی مواد: ایجاد تناسب بین توانایی نیروی کار با کار مورد انتظار از طریق طراحی مجدد تجهیزات، فرآیندها یا ایستگاه‌های کاری، پیشرفت‌های اجرایی (جایگزینی کارهای سنگین باکارهای سبک و چرخش فعالیت‌های شغلی) و اصلاح شیوه‌های کاری به گونه‌ای که کارگران از اندام قوی خود (بالای زانو، زیر شانه‌ها و نزدیک به بدن برای انجام کار استفاده کنند. از گزینه‌هایی برای جابجایی مواد به‌صورت دستی مانند ابزارهای ویژه و تجهیزات مجهز به مولد نیرو و غیره استفاده گردد. لرزش: سرعت شتاب ابزار یا تجهیزات را کاهش داده، وسایل و تجهیزات به خوبی	برای کسب اطلاعات بیشتر در مورد جابجایی دستی مواد، به http://www.cdc.gov/az/ نشریه DHHS (NIOSH) شماره ۲۰۰۷–۱۳۱ (آوریل ۲۰۰۷) و DHHS (NIOSH) شماره ۸۹–۱۰۶ مراجعه کنید.

			نگهداری شوند، از ابزارهای کاهش‌دهنده انتقال انرژی برای کاهش انتقال از ابزار به دست‌ها استفاده شود و فرآیند را اصلاح کرده تا نیاز به ابزارهای لرزشی کاهش یابد یا از بین برود.	
قرار گرفتن در معرض صدا	کار در مناطق پر سروصدا مانند اتاق‌های تولیدکننده پشتیبان، اتاق‌های دمنده و اتاق‌های کمپرسور و انجام فعالیت‌هایی با صدای زیاد مانند استفاده از ابزارهای محوطه‌سازی و جک چکشی و کار با تجهیزات سنگین، کامیون‌های وکتور یا پمپ‌های قابل‌حمل.	از دست دادن شنوایی	بررسی کامل میزان صدا در تمام مناطق کاری و وظایف شغلی که مشکوک به صداهایی بالاتر از حد مجاز OSHA هستند، در مناطقی که نیاز به استفاده از محافظ شنوایی دارند، در صورت لزوم از محافظ شنوایی استفاده شود و در صورت مواجه با صداهای بالا، در برنامه‌های محافظت شنوایی شرکت کنید.	برای آگاهی از جزئیات قوانین به ۲۹ CFR 1910.95 مراجعه کنید.
ابزارهای میخ‌کوب	استفاده از اتصال‌دهنده‌ها به داخل دیوارهای بتونی یا فولادی با استفاده از ابزارهای میخ‌کوب	مرگ‌ومیر یا سایر آسیب‌های جدی چشم و بدن از طریق بست ها، میخ‌ها و داربست‌ها.	فقط افراد آموزش دیده و واجد شرایط می‌توانند از ابزارهای میخ‌کوب استفاده کنند. در صورت عدم استفاده از ابزارها، آن‌ها را در ظرف قفل شده نگه‌دارید. به علائم هشداردهنده در هنگام استفاده توجه کنید. فقط از اتصال‌دهنده‌ها و ولتاژ برق توصیه‌شده توسط سازنده ابزار، استفاده کنید.	برای اطلاعات بیشتر به فصل ۵،۵ مراجعه کنید. برای آگاهی از جزئیات مقررات به CFR 1926.302 مراجعه کنید.

ابزار برقی و دستی	کار با ابزارهای برقی، هیدرولیکی، پنوماتیک و سوختی.	شوک الکتریکی، اثر حاصل از اتصالاتی که به‌طور تصادفی رخ می‌دهند؛ جراحات ناشی از فشار زیاد و سرعت بالا و شرایط اشتعال‌پذیر یا کمبود اکسیژن هنگام استفاده از ابزارهای مجهز به سوخت در مناطق کار بسته.	فقط باید از ابزارهای الکتریکی استفاده شود که دارای عایق دولایه هستند. هرگز گیره‌های ایمنی، نگهدارنده‌ها و سایر وسایل ایمنی را از ابزار ضربه پنوماتیک (کوبه‌ای) برنداشته و غیرفعال نکنید. هنگام سوخت‌گیری یا سرویس‌دهی، ابزارهای مجهز به سوخت را خاموش کنید. هنگام استفاده از ابزارهای مجهز به سوخت در مناطق کار بسته یا نیمه محصور، از یک مانیتور فردی گاز استفاده کنید. هنگام استفاده از ابزار هیدرولیک، از اشاره‌ای ایمن کارخانه سازنده برای شلنگ‌ها، سوپاپ‌ها، لوله ها، فیلترها و سایر اتصالات فراتر نروید.	برای اطلاعات بیشتر به فصل ۵،۵ مراجعه کنید. برای آگاهی از جزئیات مقررات به CFR 1926.302 مراجعه کنید.
خطرات رادیولوژیکی	رادیونوکلیدهای طبیعی و مصنوعی که به فاضلاب‌های بهداشتی تخلیه می‌شوند. رخدادهای انتشار رادیولوژیک (RDE) که منجر به ورود مقادیر قابل توجهی از ماده رادیواکتیو در سیستم مشترک بهداشتی و رواناب‌های فاضلاب می‌شود که می‌تواند از یک دستگاه پراکندگی رادیولوژیکی مانند "بمب کثیف"	مطالعات نشان داده است که رادیونوکلئیدهای طبیعی و دست‌ساز در لجن و خاکستر فاضلاب نشان‌دهنده یک مشکل گسترده نمی‌باشند و دوزهای مواجهه با آن به‌طورکلی کمتر از سطحی است که به انجام اقدامات محافظت‌کننده در برابر اشعه نیاز داشته باشد.	آماده شدن در برابر بروز یک RDE در سیستم فاضلاب نیاز به مطالعات گسترده و برنامه‌های دقیق دارد. در این خصوص، روش‌های تشخیص مواجهه با رادیواکتیو، تصفیه یا بی‌خطر سازی، نحوه تفکیک، ذخیره و دفع پسماند رادیواکتیو، به‌علاوه وظیفه کارگران فاضلاب برای محافظت از مردم با تصفیه مواد زائد آلوده باید در نظر گرفته شوند.	D. J. (2005) ،Strom ارزیابی خطر رادیولوژیکی برای فاضلاب کینگ کانتی؛ PNNL 15163 جلد ۱

	که جامعه را به‌طور گسترده آلوده می‌کند و یا از طریق ورود تعمدی و مخرب مواد رادیواکتیو در آبراه‌ها و سیستم‌های تأمین آب، ناشی شود.			
برداشتن پوشش‌ها	باز کردن یا برداشتن درپوش‌ها انواع پوشش‌ها مانند درب آدم رو ها، درب مخازن، فلج‌های کور، دریچه‌ها یا توری‌ها.	آسیب به کمر، شانه‌ها و بازوها. • خطرات ناشی از گودال‌های باز • شرایط جوی سمی و یا شرایط قابل اشتعال حاصل از گازهای غلیظ زیر دریچه‌ها • نقاط تخلیه • منابع انرژی خطرناک هنگام باز کردن سیستم‌های تحت‌فشار	برای جلوگیری از آسیب‌دیدگی هنگام برداشتن درپوش‌های سنگین از دستگاه‌های بالابر به دلیل مزایای مکانیکی استفاده شود. هنگام برداشتن پوشش‌ها، برای جلوگیری از افتادن در دهانه‌های کف یا چاله‌ها، یک مانع فیزیکی (محافظ قابل‌حمل) تهیه شود. اگر احتمال تجمع گازهای قابل اشتعال یا سمی در زیر درپوش یا داخل فضا وجود دارد، قبل از باز کردن درپوش نمونه‌برداری انجام شود. هنگام باز کردن درپوش برای سیستم تحت‌فشار، سیستم با استفاده از روش‌های استاندارد بررسی شود. درپوش‌های مربعی (توری‌ها) می‌توانند به دهانه سقوط کنند. اقدامات احتیاطی انجام شود تا با استفاده از دستگاه بالابر یا استفاده از کارگر دیگر، از افتادن آن‌ها جلوگیری گردد، مخصوصاً اگر پوشش آن سنگین‌وزن و بزرگ است و به‌تنهایی قابل‌کنترل نیست.	برای اطلاعات بیشتر به فصل ۴,۲ و ۴,۳ مراجعه کنید. برای اطلاع از جزئیات مقررات به ۲۹ CFR 1910.22 و ۲۹ CFR 1910.23 مراجعه کنید.

خطرات تنفسی	ورود به فضای محدود و کار با مواد شیمیایی، گردوغبار، دود، پلیمرهای خشک و سایر ذرات و مواجهه با نشت‌های شیمیایی.	شرایط جوی سمی و یا کمبود اکسیژن، خطرات تنفسی حاد یا مزمن ناشی از استنشاق بخارات شیمیایی سمی یا گازهای گلخانه‌ای، تحریک دستگاه تنفسی ناشی از ذرات خشک و غلظت بالای گازهای سمی هنگام مواجهه با نشت شیمیایی.	قبل از ورود به فضای محدود، هوا را بررسی کنید. اگر جو بلافاصله برای زندگی یا سلامتی خطرناک باشد، یک SCBA با فشار کامل و حداقل عمر ۳۰ دقیقه یا یک ماسک تنفسی تهویه مطبوع استفاده شود. هنگام کار با مواد شیمیایی، برچسب و یا SDS را بررسی کنید تا مشخص شود آیا دستگاه تنفس مورد نیاز است و یا توصیه می‌شود. در صورت نیاز به محافظت در هنگام کار با گردوغبار یا سایر محصولات خشک و غیر خطرناک، از ماسک تنفسی مناسب برای ذرات استفاده شود. هنگام پاسخ به نشت‌های شیمیایی اضطراری، از SCBA استفاده شود، به‌خصوص اگر غلظت آن ناشناخته باشد یا به‌تدریج در هوا منتشر شوند (off-gassing).	برای اطلاعات بیشتر به فصل ۱۰ مراجعه کنید. برای اطلاع از جزئیات مقررات به CFR 1910.134 ۲۹ و CFR 1910.146 مراجعه کنید.
نمونه‌برداری و کار در کنار آب	نمونه‌برداری از حوضچه‌ها، کانال‌ها و سایر فرایندهای تصفیه؛ نمونه‌گیری از نهرها، کانال‌ها و سایر آب‌های جاری؛ نمونه‌گیری از دریاچه‌ها، استخرها، تالاب‌ها و سایر آب‌های ساکن؛ نمونه‌برداری	قرار گرفتن در معرض غرق شدن در اثر سقوط در حوضچه‌ها، هنگام نمونه‌برداری از آب‌های جاری؛ ایجاد آسیب هنگام حمل تجهیزات سنگین نمونه‌گیری؛ بثورات و واکنش‌های آلرژیک به گیاهان سمی، مارها، زنبورها و عنکبوت‌ها هنگام	از نرده‌های محافظ یا سایر موانع محافظ بالا نروید و یا خم نشوید. اگر لازم است از محدوده محافظت‌شده در برابر سقوط فراتر بروید، از تجهیزات مورد نیاز شخصی استفاده کنید. هنگام کار روی آب یا داخل آب، از یک دستگاه شناور شخصی مورد تائید گارد	برای اطلاعات بیشتر به بخشهای ۲,۲ تا ۲,۴ مراجعه کنید. برای آگاهی از جزئیات مقررات به CFR ۲۰ 1926.106 مراجعه کنید.

	از سازه‌های فاضلاب و نمونه‌برداری از تجهیزات انتقال آب.	نمونه‌برداری از مکان‌های با تراکم بالای گیاهی و هنگام حمل تجهیزات نمونه‌برداری در زمین‌های ناهموار و یا عبور از خاک‌ریزهای خاکی یا بتونی با شیب زیاد	ساحلی ایالات‌متحده استفاده کنید، به خصوص اگر روی آب عمیق کار می‌کنید. اگر احتمال دارد هنگام انجام نمونه‌گیری "غرق" شوید، از تجهیزات شناورسازی شخصی (PFD) مورد تائید گارد ساحلی ایالات‌متحده استفاده کنید. کارمندانی که برای جمع‌آوری نمونه‌ها از کشتی‌های آبی استفاده می‌کنند باید آموزش ایمنی قایقرانی را دیده باشند و دارای گواهینامه معتبر گارد ساحلی ایالات‌متحده برای کلاس شناورها و نوع آب مورد استفاده باشند. هنگام بلند کردن ادوات نمونه‌بردارهای خودکار از تکنیک‌های بالابری مناسب استفاده کنید. اگر نمونه‌گیر پر یا خیلی سنگین است، از جرثقیل لبه‌دار، بالابر مکانیکی استفاده کنید یا از شخص دیگری بخواهید تا آن را بلند کند. برای دوری از گیاهان و حیوانات سمی، فضای سبز را که در اطراف سایت‌های نمونه‌گیری از راه دور که در معرض رشد بیش‌ازحد گیاه قرار دارند، هرس کنید. هنگام عبور از خاک‌ریزهای شیب‌دار، از یک چوب محکم استفاده کنید یا به یک نقطه، اتصال ایمن داشته باشید.	

خطرات لغزش/ سقوط	سطوح مرطوب؛ نشت مواد شیمیایی؛ سطوح ناهموار، عبور از رمپ‌ها راه‌پله‌ها و سطوح شیب‌دار	کوفتگی، شکستگی استخوان و آسیب‌دیدگی‌های مختلف	بلافاصله نشت مواد در کف یا مسیرهای پیاده روی را تمیز کنید یا از مخروط هشدار یا سایر وسایل هشداردهنده استفاده کنید تا افراد را از خطرات مطلع سازد. در مناطق با شرایط لغزنده از رنگ، موکت یا سایر مواد برای کاهش لغزندگی استفاده کنید. بلافاصله نشت مواد شیمیایی را تمیز کنید. برای جلوگیری از خطرات سقوط، همه توری‌ها یا روکش‌ها را ایمن کنید یا در صورت عدم شستشوی پیاده‌رو یا مسیر عبور، آن‌ها را تعویض کنید. چکمه‌های کاری محکم و آجدار خوبی بپوشید. هنگام عبور از دامنه‌ها یا پله‌ها از نرده‌های دستی یا نگهدارنده‌های دیگر استفاده کنید.	برای اطلاعات بیشتر به بخشهای ۲,۲ تا ۲,۵ مراجعه کنید.
خطرات ترافیکی	تنظیم تجهیزات، ورود به فضاهای محدود و تمیز کردن یا بازرسی فاضلاب یا سایر فعالیت‌های انجام شده در جاده‌های عمومی.	فوتی و صدمات جدی ناشی از حوادث وسایط نقلیه.	مناطق کاری را طبق دفترچه راهنمای حمل‌ونقل ایالات‌متحده در دستگاه‌های کنترل یکنواخت ترافیک برای خیابان‌ها و بزرگراه‌ها آماده کنید.	برای اطلاع از جزئیات مقررات به CFR 23، قسمت ۶۵۵، بخش F مراجعه کنید.

۲-۱-۱. شیگلا

شیگلا (عمدتاً *Shigella sonnei* و *Shigella flexneri*) سالانه حدود ۴۵۰۰۰۰ مورد اسهال در ایالات‌متحده ایجاد می‌کنند (CDC, 2019). *شیگلا* به‌طور معمول از طریق بلع (مدفوعی- دهانی) منتقل می‌شود. بااین‌حال، *شیگلا* فقط برای مدت کوتاهی در سیستم جمع‌آوری فاضلاب زنده می‌ماند و به‌طورکلی عامل خطر بالقوه مهم‌تری برای کارگران سیستم جمع‌آوری نسبت به اپراتورهای تأسیسات تصفیه محسوب می‌شود.

جدول ۲-۱: عوامل بیماری‌زای باکتریایی موجود در فاضلاب

میکروارگانیسم	بیماری
اشرشیاکلی[الف]	ورم معده و روده، سندرم اورمیک همولیتیک
سالمونلا	سالمونلوز (ورم معده و روده)، تب حصبه
شیگلا	شیگلوز (ورم معده و روده)، اسهال خونی باکتریایی
ویبریو	وبا
کلستریدیوم	کزاز، قانقاریای گازی، ورم معده و روده
یرسینیا	ورم معده و روده
کمپیلوباکتر	انتریت حاد باکتریایی
لپتوسپیرا	بیماری ویل (لپتوسپیروز)
لژیونلا	بیماری لژیونر

الف. بسیاری از سویه‌های اشرشیاکلی غیر بیماری زا هستند. اشرشیاکلی بیماری‌زا شامل اشرشیاکلی تولید سم Shiga، اشرشیاکلی انتروتوکسیژن (ETEC)، اشرشیاکلی انتروپاتوژنیک (EPEC) می‌باشند.

۳-۱-۱. ویبریو

بیماری وبا توسط باکتری *ویبریو کلرا* ایجاد می‌شود و سمی که این باکتری تولید می‌کند منجر به استفراغ، اسهال و از دست دادن مایعات بدن می‌شود. وبا با مصرف آب آلوده به مدفوع قابل انتقال بوده و به‌طور معمول در بسیاری از کشورها و جوامع در حال توسعه با اقدامات بهداشتی ناکافی، وجود دارد. کنترل این بیماری از طریق اقدامات مناسب مانند گندزدایی آب و تصفیه فاضلاب حاصل می‌شود.

۴-۱-۱. کلستریدیوم

کلستریدیوم یک باکتری تشکیل‌دهنده اسپور است. *کلستریدیوم پرفرنژنس* را می‌توان در خاک،

غذا، فاضلاب و دستگاه گوارش انسان و حیوان بیمار و غیر بیمار یافت. این باکتری که اغلب بـه واسـطه غذا منتقل می‌شود، می‌تواند باعث بیماری‌های سیستمیک و روده‌ای مهمی ازجمله قانقاریـای گـاز، ورم معده و روده در حیوانات و انسان شود(Kiu & Hall, 2018) . *کلستریدیوم تتانی* باعث کزاز می‌شود کـه ممکن است در اثر عفونت موضعی یک زخم عمیق یا خراش ایجاد شود.

نشانه‌های عفونت شامل انقباض عضلات کنترل‌کننده فک، اسپاسم عضـلات بـدن و فلـج عضـله گلو است که می‌تواند منجر به مرگ بر اثر نارسایی تنفسی شود. هرگاه زخم عمیق، بـه مـواد آلـوده بـه فاضلاب آغشته شود، ممکن است عفونت رخ دهد. برای عموم مردم و ازجمله کارکنان سیستم فاضـلاب باید اطمینان حاصل شود که واکسن کزاز هر ۱۰ سال پس از دریافت دز اولیه و یا پس از ایجـاد زخـم، دریافت می‌شود، مگـر اینکـه از آخـرین دز دریـافتی کمتـر از ۵ سـال گذشـته باشـد. یـک توکسـوئید تقویت‌کننده کزاز است که در زمان ایجاد آسیب استفاده می‌شود. همچنین در برابر بیماری ایمنی ایجاد می‌کند.

۵-۱-۱. یرسینیا

یرسینیا انتروکولیتیکا یک بیماری‌زای روده‌ای می‌باشـد کـه باعـث ورد معـده و روده مـی‌شـود. شایع‌ترین علائم آن شامل تب و اسهال با کم آبی متوسط است. مسیر مدفوعی دهانی شـایع‌تـرین روش انتقال این باکتری است.

۶-۱-۱. کمپیلوباکتر

کمپیلوباکتر فتـوس و *کامپیلوبـاکتر ججـونی* باعـث ایجـاد انتریـت حـاد باکتریـایی مـی‌شـوند (Tortora et al., 1982). این ارگانیسم‌ها از طریـق مسـیر مـدفوعی- دهـان منتقـل مـی‌شـوند و اغلـب طغیان‌های انتریت روده‌ای ناشی از *کمپیلوباکتر*، با مصرف مرغ، شـیر خـام و آب تصـفیه نشـده مـرتبط می‌باشند (CDC, 2020b).

۷-۱-۱. لپتوسپیرا

باکتری‌های *لپتوسپیرا* که از طریق ادرار منتشر می‌شوند، مسئول لپتوسـپیروز یـا بیمـاری ویـل هستند که کبد، کلیه‌ها و سیستم عصبی مرکزی را آلوده می‌کنند. ایـن بیمـاری در انگلـیس بـه‌عنـوان "بیماری کارگران فاضلاب" شناخته شد. در حال حاضر مراکز کنترل و پیشگیری از بیماری، *لپتوسـپیرا* را به‌عنوان یک عامل خطر شغلی برای کارگران فاضلاب ذکر کرده‌انـد (CDC, 2020c). انتقـال عفونـت به‌طـور معمـول از طریـق تمـاس بـا غشـای مخـاطی یـا از طریـق خـراش پوسـت صـورت مـی‌گیـرد (CDC, 2020c).

۸-۱-۱. لژیونلا

لژیونلا باعث بیماری لژیونر می‌شود که یک عفونت شدید ریوی ناشی از تنفس قطرات کوچک آب که حاوی باکتری *لژیونلا* است، می‌باشد. افراد ۵۰ ساله و مسن‌تر، افرادی که قبلاً سیگاری بوده‌اند و یا هستند و کسانی که بیماری‌های مزمن یا سیستم ایمنی ضعیف دارند، در معرض خطر بیشتری برای بیماری لژیونر هستند (Soda et al., 2017). تصفیه‌خانه‌های فاضلاب ممکن است در بروز موارد محلی و یا مواردی از بروز در جامعه و یا طغیان بیماری لژیونر نقش داشته باشند. به‌طور خاص، سیستم‌های بیولوژیکی هوازی به دلیل غلظت زیاد نیتروژن و اکسیژن آلی، دمای ایده آل و وجود تک‌یاخته‌ها، محیط بهینه‌ای برای رشد *لژیونلا* فراهم می‌کنند (Caicedo et al., 2019).

۲-۱. ویروس‌ها

ویروس به گروهی از عوامل اولترا میکروسکوپی اطلاق می‌شود که فقط در سلول‌های زنده توانایی تولیدمثل دارند. این ویژگی ویروس‌ها از این جهت مهم است که ویروس‌ها بدون سلول میزبان نمی‌توانند تولیدمثل کنند و بنابراین در فاضلاب تولیدمثل نمی‌کنند و تکثیر نمی‌شوند. منبع اصلی ویروس‌هایی که انسان را آلوده می‌کنند، فضولات انسانی تخلیه شده به فاضلاب است. بیش از ۱۰۰ نوع مختلف ویروس در فضولات انسانی یافت می‌شوند. ویروس‌های انسانی که معمولاً در فاضلاب یافت می‌شوند در جدول ۳-۱ ذکر شده‌اند (WEF, 2001). اکثر این ویروس‌ها در سلول‌های زنده روده تکثیر می‌یابند و در نهایت توسط مدفوع انسان دفع می‌شوند. از آنجا که میلیون‌ها ویروس می‌توانند توسط یک سلول آلوده تولید شوند، از این‌رو تعداد زیادی ویروس نیز در فاضلاب یافت می‌شود. مشخصات ویروس‌های مختلف فاضلاب در جدول ۴-۱ ارائه شده است (WEF, 2001). گرچه ویروس‌های زیادی در فاضلاب وجود دارد، اما بیشترین مطالعات بر روی ویروس‌های روده‌ای انجام شده است. این گروه شامل گونه‌هایی است که عامل ایجاد بیماری‌هایی مانند هپاتیت عفونی، مننژیت، فلج اطفال، بیماری‌های تنفسی، ورم معده و روده و سرماخوردگی می‌باشند. علاوه بر این، ویروس‌های روده‌ای مهم (جدول ۳-۱) ویروس‌های غیر پوششی هستند که از یک کپسید پروتئین و اسید ریبونوکلئیک (RNA یا DNA) تشکیل شده‌اند و در مقایسه با ویروس‌های دارای پوشش در فاضلاب ماندگارتر و نسبت به برخی از مواد ضدعفونی‌کننده (مانند کلرآمین ها) مقاوم هستند. بسیاری از ویروس‌های روده‌ای در دزهای بسیار پایین نیز عفونت‌زا هستند؛ بنابراین، کارگران فاضلاب به دلیل تماس روزانه با فاضلاب، به‌احتمال بالاتری در معرض این ویروس‌ها دارند.

از طرف دیگر، ویروس‌های پوشش‌دار (به‌عنوان‌مثال ویروس کرونا، آنفلوانزا و اچ‌ای وی) که از غشای چربی، پروتئین کپسید و اسید نوکلئیک تشکیل شده‌اند، نسبت به تنش‌های محیطی و

فرآیندهای تصفیه فاضلاب بیشتر حساس و آسیب‌پذیر هستند. هنگامی که پوشش چربی آن‌ها آسیب ببیند، ویروس دیگر عفونت‌زا نیست و قادر به تکثیر نیست؛ بنابراین، عموماً نگرانی ناشی از ویروس‌های دارای پوشش برای افرادی که با فاضلاب در تماس هستند کمتر است.

جدول ۳-۱: ویروس‌های انسانی موجود در فاضلاب

گروه ویروس	بیماری
نورووویروس	ورم معده و روده
روتا ویروس	ورم معده و روده
آدنوویروس	بیماری حاد تنفسی، التهاب ملتحمه، تب حنجره
کوکساکی A	عفونت دستگاه تنفسی فوقانی
کوکساکی B	عفونت دستگاه تنفسی فوقانی، میوکاردیت، مننژیت آسپتیک، بیماری پهلو درد
اکوویروس	سرماخوردگی، مننژیت آسپتیک، ورم ملتحمه، ورم معده و روده
هپاتیت A	هپاتیت عفونی
پولیو ویروس	فلج اطفال
رئوویروس	عفونت دستگاه تنفسی فوقانی

جدول ۴-۱: خصوصیات ویروس‌های مختلف موجود در فاضلاب

گروه ویروس	حالت انتقال	دوره نهفتگی
آدنوویروس	بلع یا استنشاق	۵-۷ روز
اکوویروس	استنشاق	۱-۲ روز
هپاتیت A	بلع	۱۵-۴۰ روز
پولیو ویروس	بلع	۵-۲۰ روز
نورووویروس	بلع	۱-۲ روز
روتاویروس	بلع	-
کوکساکی A	بلع یا استنشاق	-
کوکساکی B	بلع یا استنشاق	-

۱-۲-۱. ویروس هپاتیت A

اصلی‌ترین بیماری منتقله از آب که ناشی از عفونت ویروسی می‌باشد، هپاتیت A است. ویروس هپاتیت A عامل ایجادکننده هپاتیت عفونی بوده که یک بیماری سیستمیک است و در درجه اول کبد را درگیر می‌کند. این ویروس معمولاً از طریق مدفوعی ـ دهانی و در اثر آلودگی ناشی از فاضلاب و یا مواد غذایی آلوده منتقل می‌شود. یک فرد آلوده به‌طورکلی علائمی شبیه آنفولانزا، گرفتگی عضلات، استفراغ، تب بالا و زردی را از خود نشان می‌دهد.

۱-۲-۲. نورو ویروس

نورویروس نوع رایج دیگری از ویروس‌ها می‌باشد که در فاضلاب تصفیه نشده وجود دارد و باعث بیماری معده و روده شده و علائم آن شامل استفراغ، اسهال، تب با درجه پایین و بدن درد می‌باشد. این علائم به‌طورکلی برای مدت‌زمان کوتاهی، به‌طور معمول ۲۴ تا ۴۸ ساعت ادامه دارد. در طی این مدت، ویروس از طریق مدفوع قابل انتقال است و در صورت عدم رعایت بهداشت مناسب، می‌تواند سایر اعضای خانواده را نیز تحت تأثیر قرار دهد. نورویروس در تراکم بالا در فاضلاب خام وجود دارد (Eftim et al., 2017) و طغیان‌های بیماری می‌تواند با دفع فاضلاب، منابع آب شهری و تفرجگاه‌های آبی در اثر تماس با آب‌های آلوده مرتبط باشد.

۱-۲-۳. آدنو ویروس

ویروس‌های *آدنوویروس* با عفونت‌های دستگاه تنفسی، التهاب ملتحمه (عفونت چشم) و ورم روده و معده حاد ویروسی همراه هستند. این ویروس معمولاً در تعداد بالا در فاضلاب و لجن وجود دارد.

۱-۲-۴. روتاویروس

روتاویروس‌ها یکی از عوامل عمده ورم معده و روده می‌باشند. نشان داده شده است که *روتاویروس‌ها* در فاضلاب خام و برخی پساب‌های کلرزنی شده ناشی از تأسیسات لجن فعال که در تصفیه فاضلاب‌های خانگی مورد استفاده می‌باشند، به تعداد زیادی وجود دارند.

۱-۲-۵. کوکساکی ویروس‌های A و B

کوکساکی‌ویروس A باعث ایجاد مننژیت آسپتیک و ورم ملتحمه می‌شود و یکی از دلایل سرماخوردگی است. کوکساکی‌ویروس B باعث انواع مختلفی از بیماری‌ها ازجمله بیماری‌های قلبی

می‌شود. روش‌های اصلی انتقال کوکساکی‌ویروس از طریق استنشاق یا بلع مواد آلوده می‌باشد.

۶-۲-۱. پولیوویروس

پولیوویروس (ویروس فلج اطفال) با پولیومیت همراه است که بر سیستم عصبی مرکزی تأثیر می‌گذارد. روش اصلی انتقال این ویروس، مصرف آب آلوده به مدفوع حاوی ویروس است. واکسن‌های ویروس فلج اطفال میزان بروز بیماری پولیومیت را کاهش داده و به کاهش موارد گزارش شده از بیماری کمک کرده‌اند. در حال شیوع بیماری معمولاً فقط در بخش‌هایی از جامعه که فاقد واکسیناسیون مناسب می‌باشند اتفاق می‌افتد.

۷-۲-۱. ویروس نقص ایمنی انسان (HIV)

سندرم نقص ایمنی اکتسابی (AIDS) توسط ویروس نقص ایمنی انسانی (HIV) ایجاد می‌شود که به سیستم ایمنی بدن حمله می‌کند و بدن را مستعد بیماری‌های زیادی می‌نماید. ویروس HIV دارای پوششی است که نمی‌تواند برای مدت طولانی خارج از بدن انسان زنده بماند. مرکز کنترل و پیشگیری از بیماری‌ها (CDC) بر این باور است که هیچ مدرکی مبنی بر انتشار HIV از طریق فاضلاب یا آئروسل‌های آن وجود ندارد. مطالعات نشان داده است که ویروس HIV با قادر نیست برای مدت طولانی در فاضلاب زنده بماند و تعداد آن در فاضلاب طی ۲۴ تا ۴۸ ساعت (Casson et al., 1992) بین ۱ تا ۳ لوگ کاهش خواهد یافت. تا کنون هیچ گزارشی مبنی بر ابتلای کارگران فاضلاب به ایدز از طریق مواجهه با فاضلاب ارائه نشده است.

۸-۲-۱. سندرم تنفسی حاد شدید کرونا ویروس ۲ (SARS-CoV-2)

ویروس سارس-کووید-۲ (SARS-CoV-2)ویروسی است که باعث سندرم حاد شدید تنفسی یا بیماری کووید-۱۹ (کووید-۱۹) می‌شود. افراد مبتلا به کووید-۱۹ طیف وسیعی از علائم را از خفیف تا شدید تجربه می‌کنند. علائم متداول شامل سرفه خشک، تب، تنگی نفس، لرز، درد عضلانی، گلودرد و از دست دادن حس بویایی و چشایی می‌باشد که البته محدود به این علائم هم نمی‌شود. برخی از بیماران علائم گوارشی مانند اسهال و استفراغ را نیز تجربه کرده‌اند (CDC, 2020a). راه‌های اصلی انتقال این ویروس قطرات تنفسی و تماس مستقیم است و تاکنون گزارشی از انتقال مدفوعی ـ دهانی ویروس ارائه نشده است. علاوه بر این، SARS-CoV-2 در مقایسه با بسیاری از ویروس‌های روده‌ای غیر پوششی موجود در فاضلاب تصفیه نشده، یک ویروس دارای پوشش است و در محیط پایدار نیست. انتظار می‌رود فرایندهای تصفیه و ضدعفونی استاندارد در تأسیسات بازیابی منابع آب (WRRF) در

غیرفعال‌سازی SARS-CoV-2 مؤثر باشند. در حالی که ماده ژنتیکی ویروس در فاضلاب تصفیه نشده شناسایی شده است (Ahmed et al., 2020)، شواهدی مبنی بر عفونت‌زا بودن ویروس در مدفوع یا فاضلاب به صورت قطعی وجود ندارد (Sun et al., 2020). بااین‌حال، یک مطالعه نشان داده است که انتقال SARS-CoV-2 از طریق ادرار ممکن است عفونت‌زا باشد. به‌طورکلی، خطر انتقال SARS-CoV-2 از مدفوع یک فرد آلوده یا از طریق سیستم‌های فاضلاب کم به نظر می‌رسد. برای حفاظت از سلامت کارگران در معرض فاضلاب باید از بهترین روش‌های ممکن مانند کنترل‌های مهندسی و اجرایی و به‌کارگیری شیوه‌های کار ایمن و تجهیزات حافظت فردی که معمولاً برای کار در هنگام کار با فاضلاب تصفیه نشده مورد نیاز است، استفاده شود. به‌جز این موارد، تجهیزات حفاظتی اختصاصی دیگری برای کارکنان درگیر در عملیات مدیریت فاضلاب، جهت حفاظت در برابر کووید-۱۹ توصیه نمی‌شود (Environmental Protection Agency [U.S. EPA], 2020a).

۳-۱. انگل‌ها

انگل‌ها در داخل بدن یا بر روی بدن ارگانیسم‌های دیگر که از گونه‌های متفاوتی هستند زندگی می‌کنند و از آن‌ها تغذیه می‌نمایند. این ارگانیسم‌ها میزبان انگل‌ها نامیده می‌شوند. انگل‌ها معمولاً میزبانان خود را نمی‌کشند زیرا عمرشان پایان می‌یابد. بااین‌حال، در بسیاری از موارد، انگل‌ها میزبان را ضعیف می‌کنند یا علائمی شبیه بیماری‌های ناشی از باکتری‌ها یا ویروس‌ها ایجاد می‌نمایند. انگل‌های منتقل شونده از طریق آب که در فاضلاب یافت می‌شوند از انواع مختلفی از تک یاخته‌ها و کرم‌ها هستند. فرم زنده یا رویشی بسیاری از این موجودات معمولاً در طی مسیر انتقال در سیستم جمع‌آوری فاضلاب و تصفیه زنده نمی‌ماند. بااین‌حال، اووسیت‌ها، سیست‌ها و تخمک‌هایی که تک‌یاخته‌ها و کرم‌ها تولید می‌کنند، اغلب در برابر شرایط نامساعد مقاوم هستند و بنابراین ممکن است در نمونه‌های فاضلاب یا لجن وجود داشته باشد. تعداد و تنوع اشکال انگلی موجود در فاضلاب یا لجن بستگی زیادی به منشأ فاضلاب وارد شده به تصفیه‌خانه دارد.

تک‌یاخته‌هایی که بیشتر مورد مطالعه قرار گرفته‌اند شامل *Entamoeba histolytica*، *Cryptosporidium parvum* و Giardia lamblia می‌باشند. آنتامبا هیستولیتیکا عامل اسهال خونی آمیبی بوده که این بیماری با علائمی شامل طیف متغیری از گرفتگی‌های شکمی و اسهال و یا توأم با یبوست همراه است. همچنین *Giardia lamblia* می‌تواند منجر به انواع علائم روده شود. ژیاردیا یک تک یاخته مقاوم است که در مرحله سیست می‌تواند در برابر کلر مقاوم باشد. *Cryptosporidium parvum* را می‌توان در مدفوع انسان و حیوانات یافت و اووسیت‌های آن در برابر گندزدایی توسط کلر بسیار مقاوم هستند. متداول‌ترین انگل‌های موجود در فاضلاب در جدول ۵-۱ آورده شده‌اند. علاوه بر

این انگل‌ها، تخم بسیاری از گونه‌های کرم‌های روده‌ای (شامل کرم‌های گرد، کرم‌های قلاب‌دار و کرم‌های نواری) نیز در فاضلاب یافت می‌شوند. انتقال کرم‌های گرد و کرم‌های نواری از طریق مدفوعی ـ دهانی است و به‌طور معمول منجر به درد شکم و کاهش وزن می‌شوند. کرم قلاب‌دار به‌طورکلی از طریق ترک‌های پوستی (مانند بین انگشتان پا) منتقل می‌شود، اگرچه انتقال آلودگی دهانی آن نیز ممکن است. کرم‌های قلاب‌دار باعث تضعیف انرژی و کم‌خونی می‌شوند. میزان زنده ماندن انگل‌ها در فاضلاب تحت تأثیر نوع فرایندهای تصفیه فاضلاب یا لجن متفاوت است. به‌طورکلی، هر فرآیندی که انگل‌ها را در معرض یک محیط متفاوت و نامناسب قرار دهد، ممکن است زمان بقای آن‌ها را کوتاه کند. از آنجا که تماس دست‌های آلوده با دهان دلیل اصلی انتقال عامل عفونت است، استفاده از تجهیزات حفاظت فردی مناسب و شستن مکرر دست‌ها ضروری است.

جدول ۵-۱: انگل‌های موجود در فاضلاب

میکروارگانیسم	بیماری
تک‌یاخته‌ای	
آنتامبا هیستولیتیکا	اسهال آمیبی
ژیاردیا لامبلیا	ژیاردیازیس
کریپتوسپوریدیوم پاروووم	کریپتوسپوریدیوزیس
کرم‌ها	
کرم‌های گرد (نماتد)	شکم درد و کاهش وزن
کرم قلاب‌دار (آنکلیوستوما)	کم‌خونی
کرم‌های نواری (سستود)	شکم درد و کاهش وزن

۴-۱. قارچ‌ها

قارچ‌ها در محیط با تنوع بالایی وجود دارند. برخی از گونه‌های قارچ‌ها ممکن است باعث واکنش‌های آلرژیک شوند و یا کسانی که دارای سیستم ایمنی آسیب‌پذیر و ضعیف هستند را تحت تأثیر قرار دهند. هاگ قارچ‌هایی مانند .Aspergillus spp در بیوآئروسل‌های مرتبط با تأسیسات بازیابی منابع آب و جامدات بیولوژیکی یافت شده‌اند (Niazi et al., 2015). افراد دارای سیستم ایمنی ضعیف یا مبتلا به بیماری‌های ریوی در مواجهه با آسپرژیلوس، در معرض مشکلات بهداشتی بیشتری هستند. در تأسیسات بازیابی منابع آب، بیشترین میزان انتشار بیوآئروسل در واحدهای پیش‌تصفیه و زلال‌ساز اولیه و واحدهایی که حاوی تجهیزات مکانیکی متحرک برای هوادهی فاضلاب هستند، رخ می‌دهد

(Pascual et al., 2003). با توجه به اندازه اسپورهای قارچ (۱ تا ۳۰ میکرومتر)، برای محافظت از کارگران در برابر آن‌ها باید از ماسک تنفسی استفاده شود.

۵-۱. ماکرو ارگانیسم‌ها

مکان‌های بی‌شماری وجود دارد که می‌تواند جوندگان را به تأسیسات فاضلاب جذب کنند. متداول‌ترین مناطقی که این اتفاق می‌افتد شامل آشغال‌گیرها، دانه‌گیرها و واحدهای مربوط به تصفیه و دفع لجن می‌باشند. آشغال‌ها و ذرات شنی جمع‌آوری شده باید در ظروف مناسب جهت کاهش ورود و تجمع جوندگان ذخیره شوند. همچنین رعایت اقدامات مربوط بهداشت اماکن نیز می‌تواند در کاهش ورود و تجمع جوندگان مؤثر باشد. نماتدها و کرم‌های بریستل رایج‌ترین کرم‌هایی هستند که در سیستم‌های فاضلاب یافت می‌شوند. کرم‌های بریستل گاهی اوقات نشانه وجود نیترات با غلظت بالا بوده و می‌توانند عملکرد کل سیستم را مختل نمایند (Environmental Leverage Inc., 2003). همچنین، حشرات نیز می‌توانند در تأسیسات بازیابی منابع آب به یک مشکل تبدیل شوند. در مناطقی که آب به صورت مانداب وجود داشته باشد می‌تواند محل مناسبی برای حضور پشه‌ها باشد؛ بنابراین، از تشکیل مانداب در تأسیسات تصفیه باید جلوگیری شود. در صورت امکان، مخازنی که حاوی آب یا فاضلاب هستند و از آن‌ها استفاده نمی‌شود باید تخلیه شوند. برای جلوگیری از جذب حشرات باید اقدامات مناسب مربوط بهسازی اماکن انجام شود.

۲. چگونه عفونت‌ها گسترش می‌یابند

در رابطه با فاضلاب، چهار مسیر اساسی وجود دارد که ممکن است منجر به عفونت شود:

۱- **بلع** از طریق پاشیدن فاضلاب، مواد غذایی یا نوشیدنی‌های آلوده، یا انتقال عوامل بیماری‌زا از طریق دست‌های آلوده

۲- **استنشاق** عوامل عفونی موجود در آئروسل‌ها یا بیوآئروسول‌های منتشر شده در طی فرآیندهای مختلف تصفیه فاضلاب یا از طریق تماس نزدیک فردبه‌فرد.

۳- ورود آلودگی به بدن از طریق **برش یا زخم**

۴- از طریق **تماس** با پوست.

کارگران فاضلاب معمولاً در طی فعالیت‌های روزمره با فاضلاب خام و لجن تماس فیزیکی دارند. حتی اگر از تماس فیزیکی با فاضلاب جلوگیری شود، کارگر ممکن است در هنگام جابجایی اشیاء آلوده به‌طور تصادفی عوامل بیماری‌زا را از طریق انتقال دستی به دهان خود منتقل کند. از برش‌ها و خراش‌های ایجاد شده در بدن، حتی موارد جزئی، باید به درستی مراقبت شود. زخم‌های باز مستعد

عفونی شدن توسط بسیاری از ویروس‌ها و باکتری‌های موجود در فاضلاب هستند. لذا باید زخم‌ها به صورت مناسب درمان شوند. در جدول ۱-۶ مسیرهای مهم انتقال عفونت به‌طور خلاصه ارائه شده است. عموماً، بلع مسیر اصلی انتقال عامل عفونت‌زا به کارگران فاضلاب می‌باشد. معمولاً لمس صورت یا دهان با دست به‌احتمال انتقال عامل عفونت‌زا کمک می‌کند. کارگرانی که بدون شستن دست‌های خود غذا می‌خورند یا سیگار می‌کشند بسیار بیشتر در معرض خطر عفونت قرار دارند. اغلب سطوح نزدیک به تجهیزات فاضلاب احتمالاً آلوده به باکتری‌ها یا ویروس‌ها هستند. این عوامل بالقوه عفونی ممکن است به صورت آئروسل روی سطوح نشسته یا از تماس مستقیم فاضلاب یا لجن با سطوح حاصل شوند. یک توصیه مناسب برای محافظت از سلامت کارگران این است که هر زمانی که با فاضلاب تماس داشتند، هرگز از گردن به بالای خود را لمس نکنند. در جدول ۷-۱ روش‌های جلوگیری از بلع عوامل بیماری‌زا ذکر شده است. در مکان‌هایی که فاضلاب یا لجن متلاطم می‌شود، احتمال استنشاق عوامل عفونی افزایش می‌یابد. کارگران باید از تجهیزات حفاظت فردی مناسب برای جلوگیری از استنشاق در مناطقی که احتمال تماس با چنین آئروسل‌هایی وجود دارد، استفاده کنند. در مواردی که احتمال در معرض قرار گرفتن با آئروسل‌ها وجود دارد، استفاده از ماسک تنفسی N95 یا ماسک جراحی و عینک محافظ چشم ممکن است در به حداقل رساندن تماس کمک نماید.

۳. چگونه می‌توان از بروز عفونت‌ها جلوگیری کرد

۱-۳. نحوه کار کردن

در بخش ۶۵۴ از بند ۲۹ مربوط به وظیفه عمومی کارفرما و کارگران در قانون ایمنی و بهداشت شغلی (OSHA) ایالات‌متحده آمده است:" کارفرما باید برای هر یک از کارگران خود، شرایط شغلی مناسبی فراهم کند که عاری از عوامل خطر شناخته شده‌ای که احتمالا باعث مرگ یا صدمه جدی جسمی به آن‌ها شود، باشد". بر اساس بحث قبلی در بخش ۱، روشن است که فاضلاب تصفیه نشده و کم تصفیه شده، حاوی عوامل خطر بیولوژیکی برای کارگران فاضلاب است.

جدول ۶-۱: مسیرهای انتقال عفونت

بلع	خوردن، آشامیدن یا بلعیدن تصادفی ارگانیسم بیماری‌زا (به‌عنوان‌مثال هپاتیت A)
استنشاق	آئروسل‌های تنفسی یا گردوغبار حاوی ارگانیسم‌های بیماری‌زا (به‌عنوان‌مثال سرماخوردگی، لژیونلا، کرونا ویروس‌ها).
تزریق	ورود به بدن از طریق بریدگی، سایش یا تزریق وریدی.
تماس پوستی	ورود ارگانیسم بیماری‌زا به بدن از طریق تماس با پوست.

جدول ۷-۱: روش‌هایی برای جلوگیری از بلع ارگانیسم‌های بیماری‌زا

بهداشت مناسب

- از خوردن، آشامیدن و استفاده از دخانیات یا محصول دخانی قبل از شستشوی دست، اجتناب کنید.
- قبل از شستن دست از لمس صورت، دهان، چشم یا بینی خودداری کنید و بلافاصله پس از تماس با فاضلاب یا لجن دست‌ها را بشویید.
- دست‌ها را حداقل به مدت ۲۰ ثانیه با استفاده از صابون ضد باکتری بشویید.
- اگر شستشوی دست‌ها بلافاصله امکان‌پذیر نیست، از ضدعفونی‌کننده دست که حداقل ۶۰ ٪ الکل دارد استفاده کنید. دست‌ها را به هم بمالید تا تمام سطوح پوست را بپوشاند.

فعالیت‌های کنترلی

باید فقط در مناطق تعیین‌شده و دور از تأسیسات تصفیه فاضلاب، غذا صرف شود و هنگام کار و تماس مستقیم با فاضلاب یا لجن، از کشیدن سیگار خودداری گردد.

بنابراین مهم است که مدیریت:

۱- به مسئولیت‌های خود در قالب وظایف عمومی تعریف شده در قوانین پایبند باشد.

۲- عوامل خطر محل کار را شناسایی کند.

۳- تجهیزات حفاظت فردی متناسب با نوع فعالیت را فراهم کرده و آموزش استفاده صحیح از آن را ارائه دهد.

از آنجا که عوامل خطر بیولوژیکی می‌توانند بر اساس نوع فعالیت شغلی و از تأسیساتی به تأسیسات دیگر متفاوت باشند، لازم است مدیران و کارکنان تأسیسات، تجزیه‌وتحلیل ایمنی شغلی (خطر) را انجام دهند (OSHA, 2002). تجزیه‌وتحلیل ایمنی شغلی تکنیکی است که در محیط‌های شغلی، بر شناسایی عوامل خطر قبل از وقوع خطر تمرکز دارد. با تجزیه‌وتحلیل هر یک از فعالیت‌های شغلی در مراحل مختلف، رخدادهای مخاطره‌آمیز احتمالی موجود و اقدامات ایمنی مهم مشخص می‌شود. این تجزیه‌وتحلیل شامل بررسی‌های فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی، الکتریکی، رادیولوژیکی و بررسی انتشار گازها است. خطرات مربوط به هر شغل بر اساس احتمال، شدت و پیامد بالقوه طبقه‌بندی می‌شوند. پس از شناسایی و اولویت‌بندی خطرات، مدیریت و کارکنان می‌توانند اقدامات کنترل خطر مناسب را شناسایی کنند که می‌تواند شامل موارد زیر باشد:

- کنترل‌های مهندسی
- کنترل‌های اجرایی
- تجهیزات حفاظت فردی مورد نیاز
- آموزش‌های مورد نیاز

- مجوزهای مورد نیاز
- سایر اطلاعات (واکسن‌ها، نیازهای فیزیکی و غیره)

۲-۳. تجهیزات حفاظت فردی

در سیستم‌های فاضلاب، انتقال عوامل خطر بیولوژیکی می‌تواند از طریق تماس، پاشیدن، تماس کل بدن، سایش یا بریدگی، آئروسل و گردوغبار صورت گیرد. در جدول ۸-۱ تجهیزات حفاظت فردی توصیه شده بر اساس مسیرهای مختلف مواجهه، خلاصه شده است. در جدول ۹-۱ نیز چگونگی استفاده از تجهیزات حفاظت فردی توصیه شده برای فعالیت‌های مختلف شغلی آورده شده است. کارگران باید پس از اتمام کار، تجهیزات حفاظت فردی را در محل کار از خود جدا کنند. کارگران هرگز نباید از تجهیزات حفاظت فردی در داخل مناطق اداری، اتاق ناهار یا وسایل نقلیه استفاده کنند، زیرا می‌توانند این مناطق را آلوده کنند. آموزش نحوه استفاده و نصب تجهیزات حفاظت فردی و همچنین نحوه برداشتن تجهیزات حفاظت فردی بدون آلوده کردن کارگر، بسیار مهم است. هنگامی که از ماسک تنفسی N95 استفاده می‌شود، ارائه آموزش برای اطمینان از استفاده صحیح لازم است (WHO, 2020). در برخی موارد، ماسک‌های جراحی یا ماسک‌های گردوغبار ممکن است به اندازه کافی محافظت‌کننده باشند. همان‌طور که در جدول ۱۰-۱ آمده است، علاوه بر تجهیزات حفاظت فردی مناسب، رعایت بهداشت فردی نیز برای کاهش احتمال آلودگی بیولوژیکی مهم است. کارگران باید در پایان روز کاری قبل از رفتن به خانه کاملاً خود را تمیز کنند. تمام ابزارهای آلوده به فاضلاب باید با یک پاک‌کننده معمولی یا یک محلول رقیق از هیپوکلریت سدیم گندزدایی شوند. جعبه کمک‌های اولیه باید به راحتی در محل کار در دسترس باشد تا امکان درمان فوری بریدگی‌های جزئی را فراهم کند. لباس‌های آلوده باید قبل از بردن به خانه شسته شوند و یا از لباسشویی‌های خانگی به صورت جداگانه استفاده شود و با آب گرم شسته و ضدعفونی گردند. استفاده از کمدهای دوتایی برای همه کارگران فاضلاب مطلوب بوده و این امکان را فراهم می‌کند که یک کمد برای لباس کار و دیگری برای لباس خیابانی استفاده شود.

جدول ۸-۱: تجهیزات حفاظت فردی توصیه شده متناسب با مسیر مواجهه(LeChevallier و همکاران، ۲۰۱۹).

مسیر مواجهه	تجهیزات حفاظت فردی توصیه شده
انتقال تماسی	دستکش، چکمه و لباس فرم یکنواخت
پاشیدن	محافظت از چشم و صورت از طریق عینک ایمنی و محافظ صورت
تماس کل بدن	لباس سرتاسری
خراش، برش یا سوراخ شدن	دستکش بادوام برای محافظت در برابر بریدگی یا سوراخ شدن
تنفس اسپری‌ها و مه یا گردوغبار	ماسک تنفسی N95، ماسک جراحی یا گردوغبار

جدول ۹-۱: فعالیت‌های شغلی و تجهیزات محافظت فردی برای محافظت از کارگران فاضلاب(LeChevallier و همکاران، ۲۰۱۹)

منطقه / مکان	فعالیت	انتقال تماسی	پاشیدن به چشم و صورت	تماس کل بدن	خراش، برش، سوراخ	تنفس
سیستم جمع‌آوری						
	بازرسی ایستگاه انتقال	X				
	شستشو با واتر جت	X	X			C
	اختلاط قبل از تصفیه	X	X		X	
	CCTV یا تمیز کردن خطوط	X	X		X	
	نمونه‌برداری میدانی از فاضلاب	X				
	ورودی فاضلاب	X	X	X	X	X
	ورودی فاضلاب (کنارگذر)	X	X		X	
	تعمیر و نگهداری آدم‌رو	X			X	
	تعمیر لوله‌های فاضلاب	X	X	X	X	X
	کار تعمیر لوله‌های فاضلاب (کنارگذر)	X	X		X	
	تعمیر نشتی‌هاSSO/CSO	X	X		X	
فعالیت‌های روتین اپراتور در تأسیسات						
	بازرسی میدانی از تأسیسات	X				
	عملکرد تجهیزات خودکار	X				
	عملکرد شیر دستی	X				
	نمونه‌برداری از فاضلاب (خودکار)	X			X	
	نمونه‌برداری از فاضلاب (لحظه ای)	X				
	کالیبراسیون ابزار(مانند اکسیژن متر محلول)	X	X			

	بررسی لجن	X	X			
	فعالیت‌های عمومی	X	X			
	جاروب خشک، شستشو با فشارقوی	X	X			C
	فعالیت‌های آزمایشگاهی	X	X		X	
	دستگاه اندازه‌گیری اکسیژن محلول دستی	X	X			
نگهداری						
	تعمیر و نگهداری تجهیزات / بازدیدهای روزانه	X				
	نگهداری و تعمیرات خطوط و پمپ‌ها	X	X	X	X	C
	تعمیر و نگهداری تجهیزات در تماس با فاضلاب	X	X			
	فعالیت‌های نگهداری مخزن ورودی (مخزن خالی)	X	X	X		C
تجهیزات اولیه						
	تمیز کردن آشغال‌گیر میله‌ای	X	X		C	C
	جابجایی آشغال‌گیر	X	C		C	
	جابجایی دانه‌ها و ذرات	X	C			
ضدعفونی‌کننده UV						
	بازرسی معمول	X				
	نگهداری معمول	X				
	تعویض لامپ	X	X		X	
	تعویض میزان ساز لامپ‌ها	X	X			
فرآیندهای مدیریت جامدات بیولوژیکی						
	عملیات تغلیظ	X				

	سایر عملیات تغلیظ (شناورسازی با هوای محلول، درام، تغلیظ کننده ثقلی)	X	X			
	عملکرد تجهیزات آبگیری در فضای باز	X	X			
	عملیات تجهیزات آبگیری محصور	X				
	نمونه‌گیری از مایع و کیک لجن	X				
	دریافت زباله	X	X			C
	حمل‌ونقل کمپوست	X				C
	جابجایی جامدات بیولوژیکی کلاس B آبگیری شده	X				C
	جابجایی جامدات بیولوژیکی کلاس A آبگیری شده	X				
	جامدات بیولوژیکی خشک‌شده با حرارت/ جابجایی خاکستر	X				
X: توصیه شده C: بسته به مشخصات کار برای آگاهی از تجهیزات حفاظت فردی توصیه شده بر اساس مسیر مواجهه، به جدول ۱-۸ مراجعه کنید.						

۳-۳. ایمن‌سازی

مرکز کنترل بیماری‌های واگیر (CDC) توصیه می‌کند که با مشورت مقامات بهداشتی، یک برنامه واکسیناسیون برای کارگران در معرض فاضلاب یا پسماندهای انسانی تهیه شود (CDC, 2020d). همچنین توصیه می‌کند که برنامه واکسیناسیون کزاز باید به‌روز باشد و واکسیناسیون فلج اطفال، تب حصبه، هپاتیت A و هپاتیت B نیز مورد توجه قرار گیرد. در صورت آلوده شدن زخم و یا عدم واکسیناسیون طی ۱۰ سال اخیر، واکسن کزاز باید تکرار شود. CDC لیستی از واکسیناسیون‌های توصیه شده برای کودکان، بزرگسالان و کارکنان مراقبت‌های بهداشتی را ارائه کرده است (CDC, 2020e).

جدول ۱۰-۱: موارد احتیاطی محل کار و رهنمودهای بهداشت فردی

- قبل از ورود به مناطق اداری، اتاق ناهار یا وسایل نقلیه کار، وسایل حفاظت شخصی (دستکش، روپوش و غیره) را درآوردید.
- پس از تماس با فاضلاب، رفتن به دستشویی، قبل از خوردن، آشامیدن یا سیگار کشیدن و در پایان شیفت کاری مرتباً دست‌ها را با آب و صابون بشویید.
- با استفاده از اقدامات مناسب کمک‌های اولیه، سریعاً بریدگی‌ها و خراش‌ها را درمان کنید.
- لباس‌های آلوده یا لباس‌های محافظ را به‌محض اتمام کار عوض کنید.
- قبل از تغییر لباس و کفش تمیز دوش بگیرید.
- لباس کار را در محل کار خود و نه در خانه بشویید.
- برای جلوگیری از آسیب‌دیدگی‌های تصادفی، با مراقبت بیشتری از وسایل تیز استفاده کنید
- ابزارهای آلوده را پس از استفاده، تمیز کنید.
- هر زمان که با آب یا لجن آلوده تماس پیدا کردید احتیاط بیشتری انجام دهید.
- هر جا ممکن است از قفسه‌های دوتایی برای جداسازی لباس کار و بیرون استفاده کنید.
- به‌سرعت قسمت‌های بدن را که با فاضلاب یا لجن تماس دارند، تمیز کنید.

۴-۳. اقدامات محافظت شخصی

همان‌طور که قبلاً بحث شد، هنگام کار در تأسیسات بازیابی منابع آب، مهم‌ترین اقدام مربوطه در این زمینه، رعایت بهداشت فردی و شستن دست‌ها می‌باشد. کارگران باید از طریق استفاده از دستکش، چکمه، روپوش ضد آب، عینک محافظ چشم و صورت و سایر تجهیزات حفاظت فردی مخصوص به شغل، از تماس مستقیم با فاضلاب جلوگیری کنند. به‌طور خلاصه، کارگران باید خطر مواجهه با فاضلاب را ارزیابی کنند و سپس از تجهیزات حفاظت فردی مناسب استفاده نماید. در صورت ایجاد بریدگی یا زخم، کارگر باید در اسرع وقت با استفاده از مراقبت‌های پزشکی، برای تمیز کردن و پوشاندن ناحیه آسیب‌دیده اقدام نماید.

۴. چگونه عفونت‌ها را درمان کنیم

اولین و مهم‌ترین نکته این است که اگر کارگری علائم بیماری مانند تب، سرفه، تنگی نفس، سرگیجه، حالت تهوع و غیره را داشته باشد، نباید وارد محل کار شود، بلکه باید در خانه بماند تا دیگران را در معرض بیماری عفونی احتمالی قرار ندهد. اگر کارگری آسیب جرحی دیده باشد، برای جلوگیری از عفونت یا بیماری باید سریعاً تمام آسیب‌ها گزارش و درمان شود. در جدول ۱۱-۱ حداقل محتویات

توصیه شده در یک جعبه کمک‌های اولیه استاندارد ذکر شده است. بسته به سطح آموزش‌های پزشکی کارکنان، موارد اضافی (مانند دستگاه شوک الکتریکی خارجی خودکار[۱] یا AED) را نیز می‌توان در نظر گرفت. اگر آسیب جزئی در پوست یا غشاهای مخاطی ناشی از سوختگی، بثورات، بریدگی و گزش حشرات درمان نشود، میکروارگانیسم‌ها می‌توانند از طریق این نقاط ایجاد عفونت کنند. استفاده از صابون و آب بهترین اقدام اولیه برای پیشگیری از عفونت بوده و می‌تواند برای کاهش جزئی آسیب استفاده شود. بعد از شستشوی کامل باید روی زخم پماد آنتی‌بیوتیک یا ضدعفونی‌کننده مالیده شود. از باند، نوار و گاز استریل نیز باید برای محافظت بیشتر از ناحیه تحت درمان و تمیز و خشک نگه داشتن زخم استفاده شود. به‌طورکلی، اگر صدمات ناشی از تماس با فاضلاب یا لجن آلوده یا زخم یا خراش به روش‌های کنترل خونریزی پاسخ ندهند، به مراقبت سریع پزشکی نیاز است. تجهیزات و وسایل لازم در جعبه‌های کمک‌های اولیه در تاسیسات بازیابی منابع آب باید بر اساس میزان دسترسی منطقه به مراقبت‌های فوری پزشکی تعیین شود.

جدول ۱۱-۱: وسایل پیشنهادی برای جعبه کمک‌های اولیه

پمادها، کرم‌ها یا ضدعفونی‌کننده‌های ضد باکتری
وسایل پانسمان
صابون خشک
دستمال مرطوب ضدعفونی‌کننده
ضدعفونی‌کننده دست
دستکش لاتکس
ماسک جراحی
محلول استریل چشمی
بانداژهای چسبنده
نوار
قیچی و موچین
گاز استریل
آتل
داروهای آلرژی
ضد دردها

[۱]. دفیبریلاتور خارجی خودکار(AED) ، وسیله‌ای قابل حمل و سبک است که یک شوک الکتریکی را از خلال قفسه سینه به قلب وارد می‌کند. این شوک می‌تواند سبب متوقف نمودن ریتم غیرطبیعی شده و در هنگام ایست ناگهانی قلبی اجازه از سرگیری ریتم طبیعی را به قلب بدهد.

از آنجا که کارگران فاضلاب به‌طور مکرر دست‌های خود را در معرض آب و فاضلاب قرار می‌دهند، گاهی اوقات ممکن است مشکلات پوستی مانند عفونت‌های قارچی، بثورات پوستی، ترک‌خوردگی رخ دهد. به‌طور معمول می‌توان از کرم‌ها یا لوسیون‌های محافظتی دست برای به حداقل رساندن چنین مشکلاتی استفاده کرد. اگر استفاده از این داروها بی‌تأثیر باشد یا مشکل درماتیت پوستی ایجاد کنند، باید با یک پزشک طب کار مشورت شود. اگر فاضلاب به چشم‌ها، گوش یا بینی یک کارگر پاشیده شود، باید بلافاصله با آب آشامیدنی تازه یا یک محلول استریل موجود در جعبه کمک‌های اولیه شسته شود. برای مناطقی که پاشش فاضلاب اتفاق می‌افتد و قطره‌های آب در هوا معلق می‌شوند، کارکنان همیشه باید از تجهیزات حفاظت فردی مناسب استفاده کنند تا از قرار گرفتن در معرض عوامل خطر بیولوژیکی یا شیمیایی که ممکن است وجود داشته باشد، محافظت گردند.

۵. کارگرانی که در معرض خطر هستند

تاکنون چندین مطالعه در مورد میزان ابتلا به عفونت در کارگران فاضلاب انجام شده است. در طول سال‌های اولیه اشتغال، کارگران تازه‌کار بیشتر از کارگران باتجربه در معرض بیماری هستند (Thorn & Kerekes, 2001 .۲۰۱۷Carducci et al., 2000; Carducci et al., 2016; Lin and Marr,). کارگران جدیدتر ممکن است با افزایش نرخ بیماری‌های دستگاه گوارش و دستگاه تنفس فوقانی روبرو شوند که تصور می‌شود مربوط به مواجهه بیولوژیکی باشد (Thorn & Kerekes, 2001). در جدول ۱۲-۱ نتایج مطالعات مختلف در مورد اثرات سلامتی عوامل خطر بیولوژیکی بر کارگران فاضلاب آورده شده است.

روش‌های ساده شامل آموزش، استفاده از تجهیزات حفاظت فردی مناسب، بهداشت فردی و نحوه انجام کار، می‌توانند این خطرات را به حداقل میزان کاهش دهند. اکثر مطالعات نشان داده‌اند که در مناطقی که امکان تماس منظم و مستقیم با فاضلاب یا لجن تصفیه نشده است بیشترین خطر ابتلا به عفونت وجود دارد. در این مناطق عمدتاً کارگران مشارکت‌کننده در نگهداری سیستم فاضلاب و جابجایی لجن خام حضور دارند. همان‌طور که در جدول ۱۳-۱ نشان داده شده است، فرآیندهای مختلف تصفیه که برای حذف جامدات یا اکسیژن بیوشیمیایی مورد نیاز طراحی‌شده‌اند، درجات مختلفی از حذف پاتوژن را فراهم می‌کنند. با گذراندن مراحل مختلف تصفیه فاضلاب، خطر مواجهه نیز کاهش می‌یابد (Metcalf and Eddy, 2013).

جدول ۱۲-۱: خلاصه مخاطرات متوجه کارگران فاضلاب و جامدات بیولوژیکی

نوع خطر	اثرات مشاهده شده
هپاتیت A	شواهدی از افزایش خطر هنگام کار با فاضلاب خام و لجن اولیه (Thorn & Kerekes، ۲۰۰۱).
سایر عفونت‌های ویروسی	ممکن است عفونت در اغلب کارگران بروز نماید. از این عوامل مؤثر در عفونت نباید غافل شد (Carducci و همکاران، ۲۰۱۸).
لپتوسپیروز	این عفونت در بین کارگران تصفیه فاضلاب به‌طور قابل توجهی بالاتر از یک گروه مورد مقایسه بوده است (Al-Batanony & El-Shafie، ۲۰۱۱).
بیماری دستگاه گوارش	افزایش نرخ ابتلا به‌ویژه در میان کارگران جدید (Thorn & Kerekes، ۲۰۰۱).
گردوغبار جامدات بیولوژیکی	ایجاد بیش‌ازحد ناهنجاری‌های بینی، گوش و پوست و تحریک چشم (Oppliger و همکاران، ۲۰۰۵).

۱-۵. کارگران سیستم جمع‌آوری

کارگران سیستم جمع‌آوری به دلیل مواجهه مستقیم زیاد با فاضلاب خام، در مقایسه با کارکنان تأسیسات تصفیه، احتمال خطر بیشتری برای آلوده شدن دارند. اگرچه مطالعات مختلف شواهدی از افزایش خطر ابتلا به عفونت‌های ویروسی ازجمله هپاتیت A، عفونت‌های انگلی و بیماری‌های دستگاه گوارش را در این کارگران نشان داده است(Thorn & Kerekes, 2001)، اما استفاده از تجهیزات حفاظت فردی مناسب و اقدامات بهداشتی می‌تواند این خطرات را کاهش دهد. کارکنان سیستم جمع‌آوری باید نه تنها از خطرات تماس با فاضلاب خام آگاه باشند، بلکه باید از خطرات مربوط به پاشش، آغشته شدن کل بدن با فاضلاب و احتمال استنشاق آئروسل‌ها نیز آگاه گردند. فعالیت‌هایی مانند تمیز کردن یک کانال مسدود شده فاضلاب می‌تواند باعث ایجاد ذرات معلق در هوا شود که نه تنها برای کارگر بلکه به‌طور بالقوه برای مردم نیز خطراتی را به همراه دارد. از این‌رو باید ملاحظاتی در نظر گرفته شود تا با ایجاد موانع مناسب در منطقه انجام کار میزان مواجهه عموم مردم به حداقل برسد.

۲-۵. تجهیزات تصفیه و کارکنان آزمایشگاه

مطالعات نشان داده است که برای اپراتورهایی که با لجن خام یا در مناطق محصوری که در آن هوادهی یا اختلاط ایجاد انجام می‌شود کار می‌کنند، احتمال خطر بیشتری وجود دارد (Oppliger et al., 2005). کارکنان آزمایشگاه ملزم به انجام تجزیه‌وتحلیل بر روی انواع نمونه‌های فاضلاب و لجن هستند. اگرچه خطر ابتلا به عفونت از نمونه‌های فاضلاب در محیط آزمایشگاه به اندازه سیستم‌های جمع‌آوری یا تأسیسات تصفیه نیست، اما عوامل عفونی که معمولاً در چنین نمونه‌هایی یافت می‌شوند یک عامل خطر بیولوژیکی می‌باشند. خطر انتقال عفونت در آزمایشگاه ناشی از فعالیت‌هایی است که به هر نحو منجر به رها شدن ارگانیسم‌های عفونی در محیط آزمایشگاه شوند یا دسترسی چنین موجوداتی را به بدن انسان فراهم می‌نمایند؛ بنابراین محیط آزمایشگاه باید توسط سیستم هوائی پلنوم به درستی تهویه شود تا احتمال مواجهه با خطرات شیمیایی یا بیولوژیکی کاهش یابد. هوای خروجی باید از آزمایشگاه به بیرون ساختمان و به اتمسفر منتقل شود.

۱۳-۱: میزان کاهش پاتوژن برمبنای log10 در سراسر فرآیندهای واحد تصفیه(اقتباس شده از Soller و همکاران، ۲۰۱۸).

	آدنو ویروس	کمپیلوباکتر	کریپتوسپوریدیوم	ژیاردیا	نورو ویروس	سالمونلا
تصفیه فاضلاب ثانویه متعارف	۰/۹ -۳/۲	۰/۶ -۲	۰/۷ -۱/۵	۰/۵ -۳/۳	۰/۸-۳/۷	۱/۳ -۱/۷
ازن زنی	۴	۴	۱	۳	۵/۴	۴
فیلتراسیون بیولوژیکی فعال	۰-۰/۶	۰/۵ -۲	۰ -۰/۹	۰ -۳/۹	۱-۰	۰/۵ -۲
فیلتراسیون غشایی	۲/۴ -۴/۹	۹-۳	۷-۴	۷-۴	۱/۵ -۳/۳	۹-۳
اسمز معکوس	۲/۷ -۶/۵	۴	۲/۷ -۶/۵	۲/۷ -۶/۵	۲/۷ -۶/۵	۴
اولترافیلتراسیون	۴/۹	۵/۶ -۹	۴/۴ -۶	۴/۷ -۷/۴	۴/۵	۵/۶ -۹
در UV						
$۸۰۰ mJ/cm^2$	۶	۶	۶	۶	۶	۶
$۱۲ mJ/cm^2$	۰ - ۰/۵	۴	۲ -۳/۵	۲-۳/۵	۰/۵ -۱/۵	۴
کلرآمین‌ها	۴-۱	۴-۱	۳-۱	۳-۱	۴-۱	۴-۱

به کارکنان آزمایشگاه باید آموزش کافی در زمینه تکنیک‌های میکروبیولوژیکی مناسب و ایمن داده شود. کارکنان باید با تکنیک‌های جابجایی نمونه‌های عفونی مورد ارزیابی آشنا باشند تا خطر بالقوه را کاملاً ارزیابی کنند. همچنین باید یک روش اضطراری برای مقابله با آلودگی تصادفی کارکنان و محیط کار تدوین شود و در صورت ارزیابی عوامل بیماری‌زای شناخته شده، باید واکسیناسیون‌های مناسب انجام شود. همه دستگاه‌های آزمایشگاهی و پسماندها نیز باید ضدعفونی شوند تا محیط از میکروارگانیسم‌ها پاک‌سازی گردد. در جدول ۱۴-۱ اقدامات آزمایشگاهی ایمن ارائه شده است.

جدول ۱۴-۱: اقدامات ایمن آزمایشگاهی

- در آزمایشگاه یا هنگام دست زدن به نمونه‌های فاضلاب یا لجن از خوردن، آشامیدن یا سیگار کشیدن خودداری کنید.
- هنگام کار در آزمایشگاه مرتباً دست‌ها را بشویید.
- در صورت لزوم از لباس محافظ، روپوش آزمایشگاهی، محافظ چشم و دستکش لاتکس استفاده کنید.
- هنگام کار در آزمایشگاه، دست‌ها را به صورت، چشم، بینی یا دهان نزنید. دستان خود همیشه پایین‌تر از یقه نگه دارید.
- برای جابجایی محتوای ظروف نمونه‌های از پیپت حبابدار استفاده کنید. از دهان خود استفاده نکنید.
- بلافاصله نشت‌ها را پاک کرده و ضدعفونی کنید.
- تمام نمونه‌های بلااستفاده را بلافاصله ضدعفونی و دور بریزید.
- در هنگام دست زدن به ظروف شیشه‌ای اقدامات احتیاطی بیشتری انجام دهید تا از آسیب‌دیدگی در برابر شکستگی جلوگیری شود.

۳-۵. کارگران مدیریت جامدات بیولوژیکی

جامدات فاضلاب می‌توانند شامل طیف وسیعی از مواد، از لجن خام تا جامدات بیولوژیکی تصفیه شده باشد که بسته به سطح کاهش پاتوژن، می‌توان آن‌ها را به‌عنوان جامدات بیولوژیکی کلاس A یا کلاس B دسته‌بندی کرد(U.S. EPA, 2020b). مطالعات خاصی بر روی کارگرانی که با کمپوست لجن فاضلاب سروکار دارند انجام شده است(CDC, (2002. اگر گرمای تولید شده در طی عملیات کمپوست‌سازی به درستی مدیریت شود، می‌تواند برای کاهش قابل توجه سطح پاتوژن‌های نگران‌کننده در صنعت فاضلاب مناسب باشد. بااین‌حال، شرایط ایجاد شده در کمپوست‌سازی، تکثیر بسیاری از

میکروارگانیسم‌های گرمادوست مانند Aspergillus fumagatus را فراهم می‌کند.A. fumagatus در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد (۱۱۳ درجه فارنهایت) و بالاتر به خوبی رشد می‌کند که این امر باعث شیوع آن در سایت‌های کمپوست می‌شود. عفونت از طریق استنشاق اسپورهای A. fumagatus موجود در غبار ایجاد می‌گردد. علائمی که توسط کارگران گزارش شده است شامل عفونت‌های غیرطبیعی پوست، گوش و بینی است. همچنین، میزان بالاتر تحریکات چشم و پوست نیز مشاهده شده است؛ بنابراین مهم است که از تجهیزات محافظتی چشم و دستگاه تنفسی مناسب استفاده شود. استفاده از ماسک‌های گردوغبار ممکن است در هنگام حمل جامدات بیولوژیکی و مکان‌های موجود در مرکز سیستم تصفیه که در آن فاضلاب خام یا نیمه تصفیه شده وجود دارند، مناسب باشد. همان‌طور که در قسمت ۵۰۳، ۴۰ C.F.R شرح داده شده است، پروتکل حمل کمپوست با پروتکل حمل جامدات بیولوژیکی کلاس B آبگیری شده، جامدات بیولوژیکی کلاس A آبگیری شده و همچنین حمل جامدات بیولوژیکی خشک‌شده به روش حرارتی و خاکستر متفاوت است. در مورد جامدات بیولوژیکی کلاس B کاهش قابل توجه پاتوژن تا یعنی ۹۹٪ صورت می‌پذیرد و محل ذخیره این جامدات مشمول محدودیت‌های استفاده از سایت و دسترسی می‌باشند. جامدات بیولوژیکی کلاس A (ازجمله جامدات بیولوژیکی خشک‌شده حرارتی) تا حدی ضدعفونی می‌شوند که عوامل بیماری‌زا غیرفعال شوند و سایت نگهداری این جامدات محدودیت کمتری از نظر دسترسی دارند. جامدات بیولوژیکی کلاس A که دارای غلظت پایینی از نظر فلزات سنگین هستند، به‌عنوان جامدات بیولوژیکی کلاس Aبا کیفیت استثنایی[1] (EQ) شناخته می‌شوند و می‌توانند برای استفاده در منزل بسته‌بندی و توزیع شوند. توجه به الزامات و راهنمایی‌های موجود به شما اطمینان می‌دهد که جامدات بیولوژیکی فرآوری شده، خطر مواجهه با عوامل بیماری‌زا ازجمله ویروس‌ها را به حداقل می‌رساند. به‌طورکلی، جامدات بیولوژیکی کلاس B علیرغم رعایت الزامات قسمت ۵۰۳ ۴۰ C.F.R، همچنان حاوی عوامل بیماری‌زاها خواهند بود. لذا به همین خاطر است که محدودیت تماس و دسترسی به این جامدات به‌منظور تأمین زمان کافی برای تخریب عوامل بیولوژیکی قبل از برداشت محصولات کشاورزی، چرای دام و اجازه دسترسی عمومی توسط EPA اعمال شده است. علاوه بر این، طبق *راهنمای CDC برای کنترل خطرات بالقوه برای کارگران در معرض جامدات بیولوژیکی کلاس B* (CDC,2020)، کارفرمایان باید با تهیه تجهیزات حفاظت فردی مناسب و حمایت از سایر اقدامات بهداشتی و ایمنی برای افرادی که در حال حمل و کار کردن با جامدات بیولوژیکی هستند از بروز بیماری‌های مربوط به کار جلوگیری کنند. علاوه بر اقدامات احتیاطی ایمنی برای جامدات بیولوژیکی کلاس B، در بخش ۵۰۳ C.F.R.40 لیستی از الزامات سخت‌گیرانه برای کنترل عوامل پاتوژن در جامدات بیولوژیکی کلاس A آورده شده است. برای اطمینان

[1]. Exceptional quality (EQ)

از تأمین ایمنی کارکنان در کار کردن با جامدات بیولوژیکی کلاس A، از رهنمودهای روش‌های آزمایشگاهی ایمن که در قانون آب تمیز C.F.R ۴۰، (قسمت ۵۰۳) آمده است استفاده نمایید.

۵-۴. سایر کارکنانی که ممکن است در معرض آلودگی‌های مدفوعی قرار بگیرند

۵-۴-۱. سرریز و رواناب

سیستم‌های جمع‌آوری مشترک فاضلاب، به گونه‌ای طراحی می‌شوند که فاضلاب‌های بهداشتی و رواناب‌های سطحی را به‌طور مشترک و توسط یک لوله جمع‌آوری کنند. در هنگام بارندگی‌های شدید یا ذوب برف، رواناب تصفیه نشده و فاضلاب توسط کانال سرریز که تحت عنوان کانال سرریز فاضلاب ترکیبی (CSO) شناخته می‌شود به آب‌های پذیرنده تخلیه می‌شوند. سیستم‌های فاضلاب بهداشتی مجزا فقط فاضلاب بهداشتی را جمع‌آوری می‌کنند، اما در هنگام بارندگی شدید یا ذوب برف به دلیل نفوذ رواناب سطحی می‌توانند سرریز شوند. سیستم‌های جمع‌آوری رواناب مجزا نیز فقط آب حاصل از بارندگی‌ها را جمع‌آوری می‌کنند. کارگران سیستم‌های جمع‌آوری رواناب که این سیستم‌ها را نگهداری و تعمیر می‌کنند، می‌توانند در معرض خطرات بیولوژیکی مشابه با کارگران سیستم‌های جمع‌آوری فاضلاب باشند. بسیاری از اوقات، این کارگران همچنین تعمیر و نگهداری سیستم‌های جمع‌آوری فاضلاب را نیز انجام می‌دهند.

۵-۴-۲. فعالیت‌های حمل و نگهداری در سیستم‌های سپتیک

کارگران فعال در زمینه حمل و نگهداری از سیستم‌های سپتیک ممکن است هنگام انجام کارهایی مانند پمپاژ، جت، تمیز کردن، حمل‌ونقل و تعمیرات، از طریق تماس مستقیم با فاضلاب تصفیه نشده، در معرض خطر بالایی قرار بگیرند. لذا بهترین اقدام مربوط به جابجایی، ضدعفونی نمودن تجهیزات و سایر روش‌های مناسب مشخص شده است (Washington On-site Sewage Association, 2020).

۵-۴-۳. شیرابه محل دفن پسماند

انتقال شیرابه‌های محل دفن پسماند نیز می‌تواند نوع دیگری از مواجهه کارگران فاضلاب باشد که پاشیدن این شیرابه‌ها به‌عنوان محتمل‌ترین مسیر مواجهه در نظر گرفته شده است. مواجهه با مواد زائد خطرناک و پسماندهای پزشکی نیز یکی از اثرات تصفیه شیرابه پسماندها است. مطالعات نشان داده است که عوامل بیماری‌زای باکتریایی، تک‌یاخته‌ای و ویروسی در محل دفن پسماندهای شهری وجود دارند (Gerba et al., 2011).

۵-۴-۴. پیش‌تصفیه فاضلاب‌های صنعتی

طبق برنامه پیش‌تصفیه صنعتی در قانون آب پاک به نظارت مستمر بر عملیات صنعتی تأکید شده است. به‌طور معمول، فاضلاب حاصل از عملیات صنعتی حاوی عوامل بیماری‌زا نیست. بااین‌حال، از آنجا که عوامل خطر در عملیات صنعتی ممکن است متفاوت باشد و احتمال دارد که کارگران پیش‌تصفیه در زمان حمل تجهیزات نمونه‌برداری و نمونه‌های جمع‌آوری شده و همچنین از طریق آدم روها با فاضلاب در تماس باشند، لذا انجام تجزیه‌وتحلیل ایمنی شغلی برای هر یک از تأسیسات و اقدامات احتیاطی مشابه برای کارگران سیستم جمع‌آوری فاضلاب ضروری است.

۵-۴-۵. نمونه‌گیری از آب محیطی

آلودگی مدفوعی انسانی می‌تواند از طریق سرریز شدن یا ریختن فاضلاب مشترک بهداشتی و صنعتی به آب‌های سطحی وارد شود؛ بنابراین، هنگام نمونه‌برداری از آب‌های آلوده به مدفوع، باید اقدامات احتیاطی مناسبی انجام شود. برخی از تأسیسات فاضلاب دارای برنامه‌هایی برای نمونه‌برداری از محدوده خارج از سیستم تصفیه یا محدوده مربوط به پیش‌تصفیه فاضلاب صنعتی هستند. این نمونه‌ها می‌توانند توسط کارگران از رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و آب‌های ساحلی برداشت شوند. از این‌رو این کارگران باید از پتانسیل عوامل خطر بیولوژیکی آگاه باشند و از تجهیزات حفاظت فردی مناسب هنگام جمع‌آوری و تجزیه‌وتحلیل نمونه‌ها استفاده نمایند.

۶. خلاصه

کارگران سیستم‌های جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب با تعداد متنوعی از عوامل خطر شغلی روبرو هستند. لذا در صورت عدم رعایت نکات ایمنی مناسب، خطر عفونت برای این کارگران از طریق تماس با فاضلاب وجود دارد. اگرچه احتمال عفونت برای کارگران در مناطق پرمخاطره مانند سیستم‌های جمع‌آوری و فرآوری لجن خام بیشتر است، اما همه کارگرانی که فاضلاب را کنترل یا در تماس با آن هستند، مستعد ابتلا به عفونت می‌باشند. در صورت آموزش و استفاده از تجهیزات حفاظت فردی مناسب، بروز بیماری شغلی یا بیماری در بین کارگران باتجربه فاضلاب می‌تواند قابل مقایسه با سایر مشاغل غیر مرتبط با فاضلاب باشد. بااین‌وجود، کارگران فاضلاب باید نسبت به‌احتمال بیماری آگاه باشند و نکات ایمنی در کار را رعایت کنند. اجرای برنامه‌های ایمنی مناسب، انجام اقدامات بهداشت فردی و استفاده از تجهیزات حفاظت فردی، خطر قرار گرفتن در معرض عوامل عفونی را که معمولاً در فاضلاب و لجن یافت می‌شوند، به حداقل می‌رساند.

۷. منابع

1. Ahmed, W., Angel, N., Edson, J., Bibby, K., Bivins, A., O'Brien, J. W., Choi, P. M., Kitajima, M., Simpson, S. L., Li, J., Tscharke, B., Verhagen, R., Smith, W. J. M., Zaugg, J., Dierens, L., Hugenholtz, P., Thomas, K. V., & Mueller, J. F. (2020). First confirmed detection of SARS-CoV-2 in untreated wastewater in Australia: A proof of concept for the wastewater surveillance of کووید-۱۹ in the community. *Science of the Total Environment*, 728. 10.1016/j.scitotenv.2020.138764.

2. Al-Batanony, M. A., & El-Shafie, M. K. (2011). Work-related health effects among wastewater treatment plants workers. International Journal of Occupational and Environmental Medicine, 2(4), 237–244.

3. Ballester, N. A., & Malley, J. P. (2004). Sequential disinfection of adenovirus type 2 with UV-Chlorine-Chloramine. *Journal AWWA, 96*(10), 97–103. https://doi.org/10.1002/j.1551 8833.2004.tb10726.

4. Caicedo, C., Rosenwinkel, K.-H., Exner, M., Verstraete, W., Suchenwirth, R., Hartemann, P., & Nogueira. R. (2019). *Legionella* occurrence in municipal and industrial wastewater treatment plants and risks of reclaimed wastewater reuse: Review. *Water Research, 149*, 21–34. https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.10.080.

5. Carducci, A., Tozzi, E., Rubulotta, E., Casini, B., Cantiani, L., Rovini, E., Muscillo, M., & Pacini, R. (2000). Assessing airborne biological hazard from urban wastewater treatment. *Water Research, 34*(4), 1173–1178. DOI: 10.1016/S0043-1354(99)00264-X.

6. Carducci, A., Donzelli, G., Cioni, L., & Verani, M. (2016). Quantitative microbial risk assessment in occupational settings applied to the airborne human adenovirus infection. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 13*(7), 733. https://doi.org/10.3390/ijerph13070733.

7. Carducci, A., Donzelli, G., Cioni, L., Federigi, I., Lombardi, R., & Verani, M. (2018). Quantitative microbial risk assessment for workers exposed to bioaerosol in wastewater treatment plants aimed at the choice and setup of safety measures. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 15*, 1490. doi:10.3390/ijerph15071490

8. Casson, L. W., Sorber, C. A., Palmer, R. H., Enrico, A., & Gupta, P. (1992). HIV survivability in wastewater. *Water Environment Research, 64*, 213– 215. doi:10.2175/WER.64.3.4

9. Centers for Disease Control and Prevention. (2002). Guidance for Controlling Potential Risks to Workers Exposed to Class B Biosolids. National Institutes for Occupational Safety and Health: 2002-149. https://www.cdc.gov/niosh/docs/2002-149/pdfs/2002-149.pdf

10. Centers for Disease Control and Prevention. (2019). Antibiotic Resistance Threats in the United States, 2019. Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, CDC. https://www.cdc.gov/drugresistance/ pdf/threats-report/2019-ar-threats-report-508.pdf

11. Centers for Disease Control and Prevention. (2020a). Coronavirus (COVID- 19). https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/index.html Centers for Disease Control and Prevention. (2020b). Reports of selected campylobacter outbreak investigations.

https://www.cdc.gov/campylobacter/ outbreaks/outbreaks.html

12. Centers for Disease Control and Prevention. (2020c). Leptospirosis. https:// www.cdc.gov/leptospirosis/index.html

13. Centers for Disease Control and Prevention. (2020d). Guidance for reducing health risks to workers handling human waste or sewage https://www.cdc.gov/healthywater/global/sanitation/workers_handlingwaste.html

14. Centers for Disease Control and Prevention. (2020e). Immunization schedules. https://www.cdc.gov/vaccines/schedules/hcp/index.html

15. Clark, C. S. (1987). Potential and actual biological related health risks of wastewater industry employment. *Journal of Water Pollution Control Federation, 59*(12), 999.

16. Clark, C. S., Bjornson, H. S., Schwartz-Fulton, J., Holland, J. W., & Gartside, P. S. (1984). Biological health risks associated with the composting of wastewater treatment plant sludge. *Journal of Water Pollution Control Federation, 56*(12), 1269.

17. Cromeans, T. L., Kahler, A. M., & Hill, V. R. (2010). Inactivation of adenoviruses, enteroviruses, and murine norovirus in water by free chlorine and monochloramine. *Applied and Environmental Microbiology, 76*, 1028–1033.

18. Eftim, S. E., Hong, T., Soller, J., Boehm, A., Warren, I., Ichida, A., & Nappier, S. P. (2017). Occurrence of noroviruses in raw sewage: A systematic literature review and meta-analysis. *Water Research, 11*, 366–374. https:// doi.org/ 10.1128/AEM.01342-09

19. Environmental Leverage, Inc. (2003). Higher life forms or indicator organisms. https://environmentalleverage.com/Higher%20life%20forms.htm Gerba, C. P., Tamimi, A. H., Pettigrew, C., Weisbrod, A. V., & Rajagopalan, V. (2011). Sources of microbial pathogens in municipal solid waste landfills in the United States of America. *Waste Management & Research, 29*(8), 781–790. https://doi.org/10.1177/0734242X10397968

20. Kiu, R., & Hall, L. J. (2018). An update on the human and animal enteric pathogen. *Emerging Microbes & Infections, 7*(1), 141 https://doi.org/10.1038/s41426-018-0144-8

21. LeChevallier, M. W., Mansfield, T. J., & MacDonald Gibson, J. (2019). Protecting wastewater workers from disease risks: Personal protective equipment guidelines. *Water Environment Research, 92*(4), 1–10. https://doi.org/ 10.1002/wer.1249

22. Lin, K., & Marr, L. C. (2017). Aerosolization of Ebola virus surrogates in wastewater systems. *Environmental Science & Technology, 51*(5), 2669– 2675.

23. Metcalf and Eddy (Eds.). (2007). *Water reuse: Issues, technologies, and applications*. New York, NY: McGraw-Hill.

24. Metcalf and Eddy, Inc. (2013). Wastewater engineering: Treatment and resource recovery (5th ed.). New York, NY: McGraw-Hill.

25. Niazi, S., Hassanvand, M. S., Mahvi, A. H., Nabizadeh, R., Alimohammadi, M., Nabavi, S., Faridi, S., Dehghani, A., Hoseini, M., Moradi-Joo, M., Mokamel, A., Kashani, H., Yarali, N., & Yunesian, M. (2015). Assessment of bioaerosol contamination (bacteria and fungi) in the largest urban wastewater treatment plant in the Middle East. *Environmental Science and Pollution Research, 22*(20), 16014–16021. https://doi.org/10.1007/ s11356-015-4793-z

26. Occupational Safety and Health Administration. (2002). Job Hazard Analysis. 29 C.F.R. 1910.132 (d),(1); https://www.osha.gov/Publications/osha

3071.pdf

27. Oppliger, A., Hilfiker, S., & Vu Duc, T. (2005). Influence of seasons and sampling strategy on assessment of bioaerosols in sewage treatment plants in Switzerland. *The Annals of Occupational Hygiene*, *49*(5), 393–400. https://doi.org/10.1093/annhyg/meh108

28. Pascual, L., Perez-Luz, S., Yanez, A., Santamaria, A., Gibert, K., Salgot, M., Apraiz, D., & Catalan, V. (2003). Bioaerosol emission from wastewater treatment plants. *Aerobiologia*, *19*(3–4), 261–270. https://doi.org/ 10.1023/B:AERO.0000006598.45757.7f

29. Soda, E. A., Barskey, A. E., Shah, P. P., Schrag, S., Whitney, C. G., Arduino, M. J., Reddy, S. C., Kunz, J. M., Hunter, C. M., Raphael, B. H., & Cooley, L. A. (2017). Health Care–Associated Legionnaires' Disease Surveillance Data from 20 States and a Large Metropolitan Area—United States, 2015. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 66(22), 584–589.

30. Soller, J. A., Eftim, S. E., & Nappier, S. P. (2018). Direct potable reuse microbial risk assessment methodology: Sensitivity analysis and application to State log credit allocations. *Water Research*, *128*, 286−292. https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.10.034

31. Sun, J., Zhu, A., Li, H., Zheng, K., Zhuang, Z., Chen, Z., Shi, Y., Zhang, Z., Chen, S., Liu, X., Dai, J., Li, X., Huang, S., Huang, X., Luo, L., Wen, L., Zhuo, J., Li, Y., Wang, Y., Zhang, L.,... Li, Y.-M. (2020) Isolation of infectious SARS-CoV-2 from urine of a کووید-۱۹ patient. *Emerging Microbes & Infections*, *9*(1), 991–993, DOI: 10.1080/22221751.2020.1760144

32. Thorn, J., & Kerekes, E. (2001). Health effects among employees in sewage treatment plants: A literature survey. *American Journal of Industrial Medicine*, *40*(2), 170–179. https://doi.org/10.1002/ajim.1085

32. Tortora, G. J., Funke, B. R., & Case, C. L. (Eds.). (1982). *Microbiology: An Introduction*. Menlo Park, California: Benjamin/Cummings Publishing.

33. U.S. Environmental Protection Agency. (1991). Guidance manual for compliance with the filtration and disinfection requirements for public water systems using surface water sources. Office of Drinking Water, Washington, D.C.

34. U.S. Environmental Protection Agency. (2020a). Coronavirus and drinking water and wastewater. https://www.epa.gov/coronavirus/coronavirusand- drinking-water-and-wastewater

35. U.S. Environmental Protection Agency. (2020b). Biosolids. https://www.epa.gov/biosolids

36. Washington On-site Sewage Association. (2020). Pathogens 2020 webinar on research grant on risks of exposure and best practices. https://www.doh.wa.gov/CommunityandEnvironment/WastewaterManagement/OnsiteSewageSystemsOSS

37. Water Environment Federation. (2001). *Wastewater Biology: The Microlife (2nd ed.)*. Alexandria, Virginia: Water Environment Federation.

38. World Health Organization. (2020). Advice on the use of masks in the context of کووید-۱۹. https://www.who.int/publications/i/item/advice-onthe- use-of-masks-in-the-community-during-home-care-and-in-healthcaresettings- in-the-context-of-the-novel-coronavirus-(2019-ncov)-outbreak.

۸. برای مطالعه بیشتر

1. National Institutes of Health. (n.d.). Home Page. https://www.nih.gov/

2. National Institute for Occupational Safety and Health. (n.d.). Home Page. https://www.cdc.gov/niosh/index.htm

3. Occupational Safety and Health Administration General Duty Clause. (n.d.). https://www.osha.gov/laws-regs/oshact/section5-duties

4. Water Environment Federation. (2017). *Operation of Water Resource Recovery Facilities* (7th ed.). Manual of Practice No. 11. New York: McGraw-Hill.

فصل دوم

ملاحظات ایمنی مهم در مواجهه با کووید-۱۹ و سایر خطرات بیولوژیکی

ملاحظات مربوط به مخاطرات زیستی و تجهیزات حفاظت فردی که برای کارکنان فاضلاب در این بخش ارائه خواهد شد، به‌طورکلی برای کنترل همه خطرات بیولوژیکی قابل استفاده می‌باشد، اما می‌تواند به‌طور ویژه در راستای کاهش خطرات ناشی از کرونا ویروس جدید که موجب ایجاد کووید-۱۹ (SARS-CoV-2) می‌گردد، مورد استفاده قرار گیرد.

۱. مقدمه‌ای بر ارزیابی ریسک در محل کار

سطح خطرات مرتبط با هر فعالیتی به نوع و منبع خطر، میزان مواجهه با عامل خطر و اندازه و تواتر مواجهه با آن بستگی دارد. توانایی در به حداقل رساندن مواجهه با عامل خطر و نتایج نامطلوب ناشی از خطرات احتمالی آن از طریق اتخاذ تصمیمات آگاهانه و اقدامات مناسب امکان‌پذیر می‌باشد. منابع مورد استفاده برای اتخاذ این تصمیم‌گیری شامل رهنمودهای بین‌المللی، ملی، ایالتی و محلی، الزامات نظارتی یا توصیه‌ها و همچنین الزامات، سیاست‌ها و رویه‌های سازمانی مرتبط به هر فعالیت خاص می‌باشد. باید به این مسئله توجه نمود که این منابع ممکن است اطلاعات لازم برای تصمیم‌گیری و اقدامات مورد نیاز را در اختیار شما قرار دهند، اما در نهایت آن سازمان مرتبط با فعالیت شما است که باید روش‌ها و رویه‌های ایمنی مناسب را برای کارگران تعیین و اجرا کند. کارکنان تصفیه فاضلاب نقشی اساسی در محافظت از سلامتی خود در محیط کار و سلامت جامعه دارند. در سیستم‌های جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب، عوامل خطر بیولوژیکی می‌توانند از طریق تماس (قرار گرفتن در معرض فاضلاب، جامدات بیولوژیکی یا سطوح آلوده، به‌ویژه دست‌ها، دهان، بینی و چشم‌ها)، پاشیده شدن فاضلاب به بخشی از بدن، تماس کل بدن با فاضلاب (سقوط تصادفی در فاضلاب)، سایش یا بریدگی، آئروسل و گردوغبار به کارگران منتقل شوند. از آنجا که عوامل خطر بیولوژیکی از نظر نوع فعالیت شغلی و سیستم فاضلاب متفاوت می‌باشد، لازم است مدیران و کارکنان این تأسیسات تجزیه‌وتحلیل ایمنی شغلی (JSA / JHA) را انجام دهند (OSHA, 2002). با انجام این تجزیه‌وتحلیل، خطرات احتمالی مربوط به هر یک از فعالیت‌های موجود در یک شغل مشخص شده و موارد مربوط به نکات ایمنی به‌طور خلاصه بیان خواهد شد. این عوامل خطر احتمالی می‌توانند از منابع فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی، الکتریکی، رادیولوژیکی و انتشار گازها ناشی شوند. هرکدام از عوامل خطر مربوط به فعالیت‌های شغلی بر اساس احتمال، شدت و پیامد بالقوه طبقه‌بندی می‌شود. لذا پس از شناسایی و اولویت‌بندی رخدادهای مخاطره‌آمیز، می‌توان اقدامات کنترلی مناسب را تعیین نمود. با ظهور عوامل خطر جدید مانند ویروس SARS-CoV-2، اقدامات کنترلی موجود باید مجدداً بررسی و ارزیابی شوند تا مشخص گردد که آیا این اقدامات برای محافظت از کارگران کافی است یا باید برای رفع خطرات موجود ناشی از عامل خطر جدید، نیازمند تغییر و بازبینی اقدامات کنترلی می‌باشد. در شکل ۲،۱ روند

مفهومی JSA/JHA و همچنین نمونه‌هایی از مسیرهای مواجهه و منابع خطر ارائه شده است. همچنین در شکل ۲,۲ سلسله مراتب اقدامات کنترل خطر نشان داده شده است که می‌تواند شامل کنترل‌های مهندسی، کنترل‌های اجرایی، آموزش، تجهیزات حافظت فردی مورد نیاز، مجوزها و سایر اقدامات مرتبط با بهداشت، مانند واکسن‌ها و نیازهای فیزیکی باشد.

تجزیه تحلیل خطرات شغلی

مرحله ۱: مراحل کار را به جزییات و در مراحل مشخص تقسیم کنید

مرحله ۲: هر مرحله را از نظر شرایط مخاطره آمیز آنالیز کنید

مرحله ۳: اقدامات بازدارنده را برای حذف، کاهش و یا کنترل خطر شناسایی کنید

مرحله ۴: تدوین SOPs و آموزش کارکنان

نوع تماس

برخورد یا مواجهه با: تماس یا مواجهه با:

استنشاق قطرات/بخار□ نور جوشکاری□
گیر کردن بین اشیاء□ انفجار□
افتادن به سطح همسطح□ بخارات□
افتادن به سطح پایین تر□ فون/فلور خطرناک□
گزش توسط حیوانات□ صدای شدید□
واکنش بدنی□ گردوغبار□
مواجهه بالا□ الکتریسیته□
مواد شیمیایی□

منابع خطر

شیمیایی

خورنده□ اشتعال پذیر□ واکنش پذیر□ سمی□ سرطانزا□

الکتریکی

شوک□ تخلیه الکتریکی□ جریان کوتاه□ آتش سوزی□ دمای بالا□

مکانیکی

وزن□ له شدگی□ لرزش□ ضربه□ واژگونی□ برندگی□

زیست محیطی

آب و هوا□ روشنایی□ تهویه□ سرو صدا□ دما□

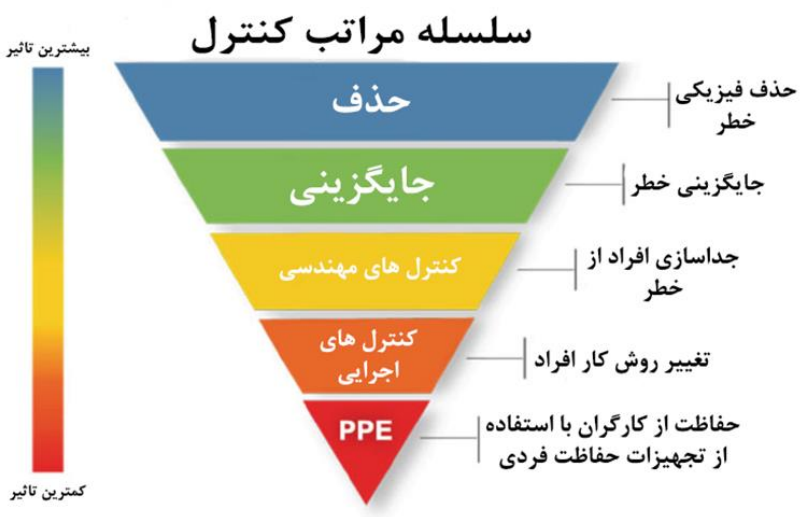
انسانی

تعجبل□ قضاوت ضعیف□ کم استعداد□ ناتوانی فیزیکی□

سایر

بیولوژیکی□ لغزندگی□ پیچیدگی وظیفه□ آب□ مکش□

شکل ۱-۲: فرایند مفهومی برای تجزیه و تحلیل ایمنی شغلی
(چاپ مجدد با اجازه John Bannen).



شکل ۲-۲: سلسله مراتب کنترل‌ها برای کاهش خطرات

(NIOSH، ۲۰۲۰).

در متن به‌روز شده ایمنی، بهداشت و امنیت در سیستم‌های فاضلاب یا MOP 1(WEF, 2012)، راهنمایی‌های خاص را می‌توان در دو جدول اصلی یافت:

- جدول ۸-۱، فهرست تجهیزات حفاظت فردی توصیه شده بر اساس مسیرهای مختلف مواجهه
- جدول ۹-۱، شرح مسیرهای مواجهه در فعالیت‌های شغلی خاص

این جداول می‌توانند در شناسایی تجهیزات حفاظت فردی مناسب برای کارها و سایر اقدامات کنترلی لازم که توسط JSA تعیین‌شده‌اند، کمک نمایند.

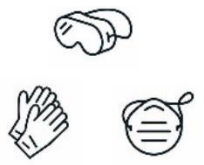
۲. اطلاعات عمومی برای کارگران فاضلاب

۲-۱. آیا باید حین کار با فاضلاب یا جامدات بیولوژیکی نگران ابتلا به کووید-۱۹ باشیم؟

در حال حاضر اطلاعات موجود در مورد ویروس SARS-CoV-2 و خطرات سلامتی ناشی از آن محدود می‌باشد، اما این اطلاعات

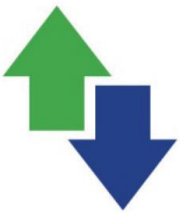
به‌سرعت در حال رشد است. بر اساس اطلاعات موجود در مورد این ویروس و همچنین دانش موجود در مورد ویروس‌های مشابه، کارشناسان سازمان بهداشت جهانی (WHO)، فدراسیون محیط‌زیست آب (WEF) و مرکز کنترل و پیشگیری از بیماری‌های ایالات‌متحده (CDC)، اتفاق نظر دارند که خطر شغلی عفونت کارگران فاضلاب ناشی از ویروس COVID 19 کم بوده و از سایر عوامل بیماری‌زا که معمولاً در فاضلاب وجود دارد بیشتر نیست. نگرانی بیشتر در مورد ایمنی فعالیت‌های مربوط به فاضلاب بوده که اهمیت اقدامات پیشگیرانه توصیه شده برای جلوگیری و کنترل مواجهه کارکنان فاضلاب را برجسته می‌کند. لذا در این خصوص بررسی و در صورت لزوم تقویت پروتکل‌های ایمنی و اقدامات بهداشتی مناسب اهمیت بیشتری پیدا کرده است. با توجه به این که همه روزه دانشمندان اطلاعات جدیدتری در مورد این ویروس کسب می‌کنند، WEF این اطلاعات را بررسی نموده و در صورت لزوم در قالب به‌روزرسانی اطلاعات و توصیه‌های موجود منتشر می‌نماید.

۲-۲. اقدامات احتیاطی معمول در برابر عوامل خطر بیولوژیکی چیست؟



تجهیزات حفاظت فردی پیش‌فرض شامل دستکش ضد آب، چکمه‌های ضدآب، لباس سرتاسری یا روپوش ضد آب، پوشش دهان و بینی (ماسک درجه پزشکی یا ماسک تنفسی) و محافظ چشم (عینک ایمنی و محافظ صورت) می‌باشند. استفاده از این وسایل همراه با آموزش و نگهداری مناسب می‌تواند خطرات ناشی از مواجهه با عوامل بیولوژیکی خطرناک در فاضلاب و جامدات بیولوژیکی تصفیه شده یا تصفیه نشده را از مرحله جمع‌آوری تا تصفیه و دفع کاهش دهد.

۲-۳. چگونه می‌توان فهمید که میزان احتیاط در نظر گرفته‌شده کافی است؟



از آنجا که عوامل خطر مربوط به نوع شغل و محل فعالیت هستند، نوع و سطح خطرات وابسته به نوع فعالیت بوده و با توجه به شرایط، تجهیزات و اقدامات کنترلی در هر سیستم متفاوت است.

از آنجا که هیچ دو سیستم فاضلابی یکسان نیستند، هر شرکت باید تجزیه‌وتحلیل ایمنی شغلی (JSA) مخصوصی را برای شناسایی خطرات و اعمال کنترل‌های مناسب برای هر فعالیت انجام دهد. JSA یا تجزیه‌وتحلیل خطر شغلی (JHA نیز نامیده می‌شود) روشی است برای ادغام اصول و روش‌های پذیرفته شده ایمنی و بهداشتی در یک کار یا فعالیت شغلی خاص. در این روش، برای هر مرحله از کار، خطرات احتمالی شناسایی شده و ایمن‌ترین راه‌ها برای انجام کار توصیه می‌شود.

۴-۲. آیا من به ماسک احتیاج دارم؟

ماسک‌های پزشکی یا گردوغبار می‌توانند از کارگران در برابر پاشیدن، اسپری و مواد ذره‌ای (گردوغبار) محافظت کنند و می‌توانند احتمال گسترش بیماری‌ها توسط کارگران بیمار را کاهش دهند. موسسه ملی ایمنی و بهداشت شغلی (NIOSH)ماسک‌های فیلتر دار، مانند N95 یا موارد مشابه را تائید کرده که سطح بالاتری از حفاظت را ایجاد می‌کنند. به‌عنوان‌مثال، این نوع از ماسک می‌تواند استفاده‌کننده را در برابر استنشاق آئروسل‌های موجود در هوا محافظت کند. برای تعیین شرایط مناسب بودن ماسک باید از JSA استفاده شود. لازم به یادآوری است که باید آموزش‌های کافی برای نصب و استفاده درست از این ماسک‌ها انجام پذیرد، زیرا اگر این ماسک‌ها به‌طور نادرست استفاده شوند نمی‌توانند سطح محافظت بهتری نسبت به ماسک‌های پزشکی در برابر آئروسل داشته باشند. صرف‌نظر از نوع ماسک، محافظ دهان و بینی نیز می‌بایست مورد استفاده قرار گرفته و کلیه این تجهیزات باید به‌طور منظم تمیز و نگهداری و یا تعویض گردند.

۳. سؤالات متداول در مورد خطرات ناشی از کووید-۱۹، سایر عوامل خطر بیولوژیکی فاضلاب و اقدامات احتیاطی عمومی کارگران فاضلاب

در این بخش اطلاعاتی در مورد مسیرها و منابع مواجهه با ویروس SARS-CoV-2 برای کمک به شرکت‌های بزرگ در ارزیابی میزان احتمال مواجهه کارگران فاضلاب در معرض این عوامل بیماری‌زا ارائه شده است. همچنین این بخش شامل توصیه‌های کلی در مورد ایمنی کارگران می‌باشد.

۳-۱. چرا کارشناسان معتقدند که خطر شغلی کارگران فاضلاب ناشی از عوامل بیماری‌زا مانند ویروس کووید-۱۹ نسبتاً کم است؟

بر اساس اطلاعات موجود، کارشناسان WHO، WEF، CDC و سایر منابع معتبر اتفاق نظر دارند که خطر عفونت ناشی از ویروس SARS-CoV-2 برای کارگران فاضلاب کم است و در مقایسه با خطرات ناشی از سایر عوامل بیماری‌زا که معمولاً در فاضلاب وجود دارد بیشتر نیست. اقدامات احتیاطی که از کارگران در برابر عوامل بیماری‌زای معمول فاضلاب محافظت می‌کنند، باید از کارگران در برابر ویروس SARS-CoV-2 نیز محافظت نمایند (WEF, 2020a; WEF, 2020b).

- **مسیرهای انتقال و مواجهه**

اگر عوامل بیماری‌زا در مدفوع وجود داشته باشد این عوامل ممکن است در مدفوع و فاضلاب با قابلیت عفونت‌زایی باقی بمانند و اگر از طریق آئروسل‌ها منتقل شوند، خطر عفونت‌زایی برای کارگران فاضلاب افزایش می‌یابد، چرا که برخی از فعالیت‌های مربوط به فاضلاب باعث تولید آئروسل می‌شوند (WEF, 2020a; WEF, 2020b).

- **بقا در محیط‌زیست از طریق فرایندهای تصفیه فاضلاب**

عوامل بیماری‌زا که در فاضلاب یا مسیر تصفیه باقی می‌مانند خطرات بیشتری دارند. اطلاعات بیشتر در مورد این موضوعات در زیر آورده شده است (WEF, 2020a; WEF, 2020b).

- **دوز- پاسخ (احتمال ایجاد عفونت بر اساس تعداد عوامل بیماری‌زایی که در معرض آن‌ها قرار دارید)**

با قرار گرفتن در معرض تعداد بیشتری از یک عامل بیماری‌زا، خطر ابتلا به عفونت افزایش می‌یابد. با توجه به این که هنوز اطلاعات کامل در مورد ویروس کووید-۱۹ در دسترس نیست، بنابراین مشخص نیست که با افزایش مواجهه با ویروس بیماری کووید-۱۹، خطر ابتلا به عفونت چقدر افزایش می‌یابد.

- **اقدامات احتیاطی**

اقدامات احتیاطی برای کاهش خطرات مربوط به عوامل بیماری‌زا شامل اقدامات مهندسی و کنترل‌های اجرایی و استفاده از تجهیزات حفاظت فردی می‌باشد (WEF, 2020a; WEF, 2020b).

۲-۳. راه‌های اصلی انتقال ویروس SARS-CoV-2 کدامند؟

ویروس SARS-CoV-2 عمدتاً از طریق قطره‌های تنفسی منتقل می‌شود که در هنگام سرفه، عطسه یا صحبت کردن تولید می‌شوند. البته این ویروس در اثر تماس مستقیم با فرد و سطوح آلوده، با احتمال بیشتری انتقال می‌یابد(به عنوان مثال، از طریق قطرات تنفسی مرسوب شده). انتقال از طریق آئروسل‌های فاضلاب، مواد زائد مدفوع، فاضلاب‌ها، لجن‌ها یا جامدات بیولوژیکی بعید است (WEF, 2020a; WEF, 2020b).

- ویروس SARS-CoV-2 عمدتاً در اثر قرار گرفتن در معرض قطرات تنفسی باعث عفونت می‌شود که می‌تواند در هنگام سرفه، عطسه، صحبت، آواز خواندن یا بازدم فرد آلوده منتقل شود. این قطرات می‌توانند در وارد دهان، بینی یا چشم دیگران که نزدیک به فرد آلوده

می‌باشند، شوند و یا ممکن است از طریق تنفس استنشاق شوند.

- ممکن است فرد با لمس یک سطح یا شیء که ویروس روی آن قرار دارد و سپس دست زدن به دهان، بینی یا احتمالاً چشم خود آلوده شود.
- انتقال این ویروس ممکن است از طریق تماس مستقیم با افراد بیمار نیز رخ دهد. به‌عنوان‌مثال، اگر یک فرد سالم با کسی که دستش به ترشحات تنفسی آلوده است دست بدهد و سپس بینی، چشم‌ها یا دهان خود را لمس کند، ممکن است آلوده شود.
- میزان انتقال این ویروس بسیار بالا و شاید بیشتر از آنفلوانزای معمولی می‌باشد (WHO, 2020; Sanche et al., 2020).
- اگرچه ماده ژنتیکی (RNA) ویروس SARS-CoV-2 در مدفوع بیماران شناسایی شده، اما ویروس عفونی به‌ندرت شناسایی شده است و هم بر اساس رفتار ویروس‌شناسی و هم بر اساس شواهد اپیدمیولوژیک به نظر نمی‌رسد انتقال این ویروس از طریق مدفوع مسیر قابل توجهی باشد. ترشحات تنفسی، ادرار، استفراغ و ترشحات چشم نیز ممکن است در صورت وجود در فاضلاب و جامدات بیولوژیکی از منابع ویروس در فاضلاب محسوب شوند (WEF, 2020a; WEF,2020b).

۳-۳. آیا ویروس SARS-CoV-2 در فاضلاب، لجن و جامدات بیولوژیکی وجود دارد و آیا دارای قابلیت عفونت‌زایی است؟

ویروس عفونی SARS-CoV-2 تاکنون در فاضلاب، لجن و جامدات بیولوژیکی شناسایی نشده است، اگرچه احتمال وجود ویروس عفونی SARS-CoV-2 در این محیط‌ها قابل رد کردن نیست، اما به نظر می‌رسد که غلظت ویروس در این محیط‌ها در حدی نیست که خطر سلامتی قابل توجهی داشته باشد (WEF, 2020b).

ویروس عفونی SARS-CoV-2 به‌ندرت در مدفوع انسان شناسایی شده است و شواهدی وجود دارد که نشان می‌دهد مواد شیمیایی ضدویروسی در روده موجب غیرفعال شدن سریع این ویروس می‌شود (WEF, 2020a; WEF, 2020b;).

از این‌رو، تعداد ویروس SARS-CoV-2 با قابلیت عفونت‌زایی در مدفوع دفع شده انسان، نادر و یا کم است.

- بااین‌حال، ویروس عفونی SARS-CoV-2 در مایعات و ترشحات تنفسی انسان (بزاق، مخاط و ...) وجود دارد که می‌تواند دفع شده و به یکی از اجزای فاضلاب تبدیل شود.
- ماده ژنتیکی (RNA) ویروس SARS-CoV-2 در فاضلاب شناسایی شده است.

- با اینکه تلاش برای کشف ویروس عفونت‌زا توسط بسیاری از آزمایشگاه‌های متخصص در سراسر جهان انجام شده است، بااین‌حال، تاکنون ویروس عفونی در فاضلاب تصفیه نشده، لجن و جامدات بیولوژیکی شناسایی نشده است.
- گرچه ما نمی‌توانیم احتمال وجود ویروس SARS-CoV-2 عفونی در فاضلاب، لجن و جامدات بیولوژیکی تصفیه نشده (کلاس B) را رد کنیم، اما به نظر می‌رسد که این ویروس در غلظت‌هایی که خطر سلامتی قابل‌اندازه‌گیری دارد، وجود داشته باشد.
- با توجه به این که اطلاعات محدود هستند تا به امروز هیچ اطلاعاتی در رابطه با موارد بروز عفونت ناشی از SARS-CoV-2 در اثر تماس با مدفوع، فاضلاب، لجن یا جامدات بیولوژیکی وجود ندارد.

٤-۳. ویروس SARS-CoV-2 در محیط چه مدت زنده می‌ماند؟ آیا انتظار می‌رود این ویروس در سیستم‌های جمع‌آوری فاضلاب زنده بماند؟ آیا ویروس SARS-CoV-2 خطری را برای کارگران در معرض آئروسل‌های فاضلاب ایجاد می‌کند؟

خطر ابتلا به کووید-۱۹ در اثر مواجهه با فاضلاب، لجن و جامدات بیولوژیکی نسبت به سایر عوامل بیماری‌زا که معمولاً در فاضلاب یافت می‌شوند، به دلیل عدم وجود، ترقیق و نابودی ویروس در این محیط، نا محتمل است. به همین دلیل خطر ناشی از آئروسل‌ها در سیستم‌های فاضلاب و جامدات بیولوژیکی اندک است.

- اطلاعات مربوط به زنده ماندن ویروس عفونی SARS-CoV-2 در محیط‌های فاضلاب و جامدات بیولوژیکی، ازجمله سیستم‌های جمع‌آوری، هنوز گردآوری نشده است؛ مانند سایر ویروس‌های کرونا و آنفلوانزا، این ویروس نیز دارای یک پوشش خارجی (غشای لیپیدی) است که در مقابل عوامل آسیب‌زا، آسیب‌پذیر بوده و این آسیب باعث می‌شود ویروس نتواند باعث ایجاد عفونت شود. ویروس‌های دارای پوشش خارجی در مقایسه با ویروس‌های بدون پوشش خارجی و سایر میکروارگانیسم‌ها در محیط‌زیست، کمتر پایدار هستند و احتمال زنده ماندن کمتری در فاضلاب، لجن، جامدات بیولوژیکی و محیط‌های آبی دارند.
- بااین‌حال، برخی مطالعات نشان داده‌اند که برخی از ویروس‌های کرونا برای دوره‌های زمانی قابل توجهی بین چندین روز تا حتی چند هفته به‌ویژه در دماهای پایین در فاضلاب زنده می‌مانند.
- بقای ویروس SARS-CoV-2 در سایر محیط‌های آبی، روی سطوح و همچنین در قطرات و آئروسل‌ها بررسی شده است. بقای این ویروس روی سطوح با توجه به نوع و جنس مواد

تشکیل‌دهنده سطح متفاوت است. برای از بین رفتن کامل (میلیون برابر) قدرت عفونت‌زایی ویروس، به ۷ ساعت روی کاغذ، ۱ روز روی چوب و پارچه، ۲ روز روی شیشه و اسکناس و ۷ روز در مورد فولاد ضدزنگ و پلاستیک زمان نیاز می‌باشد. بقای این ویروس شبیه ویروس کرونا SARS (SARS-CoV-1) است (Chin et al.,2020; van Doremalen et al., 2020; WEF, 2020a; WEF, 2020b).

- در آئروسل‌های تولید شده در آزمایشگاه، ویروس حداقل ۳ ساعت در هوا زنده مانده است. بااین‌حال، در زمینه مراقبت‌های بهداشتی برای بیماران ویروسی کووید-۱۹ و سایر بیماران مبتلا به بیماری ویروس تنفسی، شواهد نشان می‌دهد که فاصله فیزیکی ۱ تا ۲ متر (۳/۳ تا ۶/۶ فوت) انتقال ویروس از یک بیمار آلوده را به‌طور قابل توجهی کاهش می‌دهد (Canova et al., 2020; Chu et al., 2020).

۵-۳. آیا ویروس SARS-CoV-2 در صورت وجود در سیستم‌های تصفیه فاضلاب و جامدات بیولوژیکی زنده می‌ماند؟

ویروس SARS-CoV-2 در صورت وجود، طی فرایندهای تصفیه فاضلاب و جامدات بیولوژیکی به‌طور قابل توجهی حذف و یا غیرفعال می‌شود (WEF, 2020a;WEF, 2020b).

- با توجه به این که اطلاعات جمع‌آوری شده در مورد ویروس SARS-CoV-2 هنوز جامع و کامل نیست، اما شواهدی در مورد حذف و غیرفعال‌سازی گسترده این ویروس‌ها در فرآیندهای تصفیه فاضلاب و جامدات بیولوژیکی وجود دارد. میزان کاهش ویروس به روند دقیق و نحوه عملکرد فرآیند تصفیه فاضلاب بستگی دارد.
- ویروس‌ها توسط فرآیندهای میکروبی تصفیه فاضلاب مانند لجن فعال و بیوراکتورهای غشایی حذف و غیرفعال می‌شوند. همچنین برخی از فرآیندهای فیلتراسیون ازجمله اولترافیلترها، نانو فیلترها و غشاهای اسمز معکوس ویروس‌ها را از بین می‌برند.
- فرآیندهای گندزدایی شیمیایی، مانند کلرزنی با کلر آزاد، گندزدایی با اسید پراستیک یا دی‌اکسید کلر و ازن زنی می‌توانند ویروس‌ها را به‌طور گسترده غیرفعال کنند. کلرامین گندزدایی‌کننده ضعیف‌تری نسبت به کلر آزاد است. دزها و زمان‌های تماس مورد نیاز برای غیرفعال‌سازی مؤثر ویروس SARS-CoV-2 با استفاده از کلرامین هنوز مشخص نشده‌اند.
- گندزدایی با اشعه ماورا بنفش نیز ویروس‌ها را بخصوص پس از فرآیندهای تصفیه ثانویه به‌طور گسترده غیرفعال می‌کند.
- ویروس‌ها در فرایندهای بیولوژیکی حرارتی مانند هضم و کمپوست در جامدات بیولوژیکی

غیرفعال می‌شوند. الزامات تصفیه برای جامدات بیولوژیکی کلاس A منجر به کاهش گسترده ویروس می‌شود در حالی که در تصفیه جامدات بیولوژیکی کلاس B کاهش گسترده باکتری‌های مدفوعی تائید شده است اما میزان کاهش ویروس به خوبی مشخص نشده است.

۶-۳. اقدامات عمومی پیشگیری از ابتلا به بیماری کووید-۱۹ کدامند؟

راهنمایی‌های ارائه شده توسط مرکز کنترل و پیشگیری از بیماری (CDC) را دنبال کنید(CDC, 2020b). به خصوص:

- دستان خود را به دفعات با آب و صابون بشویید. اگر آب و صابون در دسترس نیست، از گندزدایی‌کننده دست با الکل حداقل ۶۰٪ استفاده کنید.
- همیشه پس از تماس با ترشحات تنفسی (پس از تخلیه بینی، سرفه یا عطسه) و در سایر مواقع حساس مانند استفاده از توالت یا قبل از تهیه غذا، دستان خود را بشویید.
- از دست زدن به چشم، بینی و دهان خودداری کنید.
- از شرکت در اجتماعات خارج از خانه، به‌ویژه در فضاهای بسته خودداری کنید.
- به‌طورکلی، حداقل ۲ متر (۶ فوت) از دیگران دور باشید (فاصله اجتماعی).
- در اجتماعات از ماسک صورت استفاده کنید.
- اگر ماسک صورت ندارید، در آرنج خود و یا دستمال تاشده عطسه و سرفه کنید و سپس دستمال را دور بریزید و دستان خود را بشویید.
- سطوحی را که مکرراً لمس می‌شوند و سایر سطوح آلوده را تمیز و گندزدایی کنید.
- اگر بیمار هستید در خانه بمانید. همکاران را آلوده نکنید!

۷-۳. اقدامات احتیاطی و ایمنی برای کارگران تأسیسات فاضلاب و جامدات بیولوژیکی چیست؟

- اقدامات پیشگیرانه کلی را که در بخش ۲،۰ این فصل شرح داده شده است مطالعه و آن‌ها را تمرین کنید.
- همچنین از راهنمایی‌ها و توصیه‌های بهداشتی و ایمنی مرتبط ارائه شده از منابعی مانند WEF، OSHA، CDC ایالات‌متحده، WHO و منابع مربوطه ملی و محلی پیروی کنید.
- اگر ابهامات و یا سؤالاتی در مورد حفاظت مورد نیاز برای هر کاری وجود داشته باشد، باید تجزیه‌وتحلیل ایمنی شغلی (JSA) که بعضاً تجزیه‌وتحلیل خطر شغلی نیز نامیده می‌شود، برای ارزیابی خطرات و ارائه اقدامات احتیاطی مناسب انجام شود.

- اقدامات احتیاطی برای پیشگیری از آسیب‌های بیولوژیکی ناشی از فاضلاب و جامدات بیولوژیکی با اعمال کنترل‌های مهندسی آغاز و پس از آن کنترل‌های اجرایی و استفاده از تجهیزات حفاظت فردی مانند دستکش و چکمه‌های ضد آب، ماسک و محافظ صورت، عینک و لباس ضد آب و یا سایر محافظ‌های خارجی انجام می‌شود.
- مشخصات ماسک‌های پزشکی در پایگاه‌های داده انجمن آمریکایی آزمایش و مواد موجود است(ASTM International,2019).
- احتمالاً ماسک‌های مورد تائید NIOSH، مانند ماسک‌های N95، برای اکثر فعالیت‌ها مورد نیاز نیستند. تجزیه‌وتحلیل ایمنی شغلی می‌تواند برای شناسایی وظایف و فعالیت‌هایی که به این سطح از حفاظت تنفسی نیاز دارند، انجام شود.

۴. ملاحظات و سؤالات مربوط به تجزیه‌وتحلیل ایمنی کار با فاضلاب

۴-۱. سؤالات اصلی برای شناسایی و ارزیابی خطرات محل کار، نوع شغل و وظایف اختصاصی کارگران

۱- آیا سازمان شما فرآیندی مشخص و سیستم گام‌به‌گامی برای ارزیابی عوامل خطر در محل کار دارد؟

الف: اگر بله، روش‌های تعیین‌شده را برای شناسایی خطرات دنبال کنید.

ب: در صورت عدم وجود، به فصل ۳ MOP1(WEF, 2012)، "شناسایی و پیش‌بینی خطرات" مراجعه کنید.

۲- " خطر مواجهه" و " خطر خاص هر مواجهه" برای کارگران چیست؟ به خصوص:

الف: کارگر کجا، چگونه و چه زمانی در معرض خطر است؟

ب: منبع، نوع، بزرگی، تواتر، مدت‌زمان و احتمال مواجهه چیست؟

چنین تحلیلی شدت مواجهه را تعیین می‌کند و به تعیین روش‌های محافظتی مناسب برای کاهش خطر کمک می‌کند. به‌عنوان‌مثال، بیشترین خطر مواجهه مرتبط با عوامل بیماری‌زاهای موجود در فاضلاب تصفیه نشده، لجن و جامدات بیولوژیکی کلاس B است که غلظت عوامل بیماری‌زاهای بالاتری نسبت به جامدات بیولوژیکی کلاس A دارند.

۳- آیا در تعیین احتمال خطر مواجهه، سه عنصر زیر را در نظر می‌گیرید؟

الف: کارگرانی که فعالیت را انجام می‌دهند.

ب: چگونگی انجام فعالیت میزان احتمال مواجهه با خطر را افزایش می‌دهد.

ج: محیطی که فعالیت در آن انجام می‌شود و منبع عامل خطر.

۴- حتی اگر تجهیزات حفاظت فردی برای محافظت از کارگر انتخاب شده باشد، آیا ارزیابی خطر به شکل مستند مطابق با درخواست OSHA تکمیل شده است؟

الف: اگر خیر، با توجه به مشخصات OSHA، تجزیه‌وتحلیل خطر شغلی یا تجزیه‌وتحلیل ایمنی شغلی (JSA) نیز انجام شود.

ب: اگر بله، مطمئن شوید که JSA انجام شده به‌روز است و خطرات احتمالی جدید یا نوظهور را که در JSA قبلی دیده نشده است شامل می‌شود. برای مقابله با خطر جدید، ممکن است نیاز باشد که JSA مورد بازبینی و احتمالاً به‌روزرسانی شود.

۲-۴. سؤالاتی که باید در تدوین سیاست‌ها و شیوه‌نامه‌های حمایت از کارگران مطرح کنید:

۱- آیا برنامه شما دارای یک طرح ایمنی، سیستم و کتابچه راهنمای یا راهنمای عملی برای محافظت از کارگر در برابر همه خطرات کار است؟

۲- آیا تمام خطرات کاری از طریق عناصر اجرایی، مهندسی و تجهیزات حفاظت شخصی برطرف می‌شوند؟

۳- آیا تجزیه‌وتحلیل ایمنی شغلی (که به آن تجزیه‌وتحلیل خطر شغلی نیز گفته می‌شود) برای همه مشاغل و وظایف، انواع کارگران و منابع و شرایط مواجهه با محیط انجام می‌شود؟

الف: JSA باید انجام شود. رویه‌های مربوط به آن ارائه شده و در دسترس است. نمونه‌های زیر را مشاهده کنید.

۴- اگر تجهیزات حفاظت فردی به‌عنوان روش مناسبی برای حفاظت از کارگر انتخاب شده باشد، آیا کنترل‌های مهندسی و کنترل‌های اجرایی قبل از هر چیز از نظر کارایی انتخاب و استفاده از آن‌ها ارزیابی شده است؟

۵- برای خطرات مربوط به مواجهه کارگران با فاضلاب، لجن یا جامدات بیولوژیکی (مواد محیطی یا محیط آلوده به آن‌ها، در درجه اول هوا و سطوح)، آیا تجهیزات حفاظت فردی شامل موارد اصلی توصیه شده زیر است:

چکمه‌های ضد آب (کفش‌های مشابه)، دستکش ضد آب، ماسک تنفسی برای دهان و بینی، محافظ صورت و عینک و لباس ضد آب (روپوش یا پیش‌بند)

۶- اگر تغییر نوع تجهیزات حفاظت فردی یا دفعات استفاده به‌عنوان روشی مناسب برای محافظت از کارگر باشد، آیا شما تأثیری بر افزایش کارایی و ایمنی کارگر در حین انجام وظیفه تعیین‌شده داشته‌اید؟

۷- کارکنان در زمینه حفاظت از خطرات جدید به چه آموزش‌هایی نیاز دارند؟

الف: استفاده، مراقبت و نگهداری از تجهیزات

ب: اولویت در تغییر رویه‌ها

۸- اگر استفاده از ماسک تنفسی به‌عنوان تجهیزات حفاظت فردی کارگران، مورد نیاز تشخیص داده شود، آیا سازمان شما در حال حاضر یک تمهیداتی برای استفاده از ماسک تنفسی برای انجام فعالیت‌های خاص دارد؟

۹- آیا مستندات یا الزامات ثبت سوابق برای حفاظت در مقابل خطرات جدید وجود دارد؟ به‌عنوان‌مثال، کارگرانی که از ماسک تنفسی (OSHA, 29 C.F.R. 1910.134) استفاده می‌کنند باید از نظر پزشکی مورد ارزیابی و تائید قرار بگیرند تا از ماسک تنفسی استفاده کنند و باید بر روی تمام ماسک‌های تنفسی که در محل کار استفاده می‌شوند، ارزیابی سالانه انجام شود. آیا سیستمی برای مراقبت، تمیز کردن و تعویض ماسک تنفسی وجود دارد؟

توجه به این نکته ضروری است که برخی از منابع پیشنهادی، اطلاعاتی راجع به خطرات عمومی و کلی محل کار و منابع مواجهه با ویروس SARS-CoV-2 و بیماری کووید-۱۹ ارائه می‌دهند. بااین‌حال، آن‌ها لزوماً توضیحات کافی درباره تمام منابع احتمالی مواجهه با ویروس برای همه مشاغل ممکن و الزامات خاص محل کار که ممکن است مربوط به شغل، وظایف شما، برنامه خاص شما و یا وضعیت سلامتی و حساسیت فردی شما باشد، ارائه نمی‌دهند. بنابراین، کلیه تصمیمات مربوط به استفاده از تجهیزات حفاظت فردی باید متناسب با نوع وظیفه هر کارگر و منابع، ظرفیت‌ها و مقررات محلی برای هر کار خاص و شرایط کارگر مربوطه تدوین و اجرا شود. برخی از منابع پیشنهادی به‌عنوان منابع عمومی عمل می‌کنند، اما در مورد استفاده از تجهیزات حفاظت فردی راهنمایی‌های خاصی را ارائه نمی‌دهند. این وظیفه هر شرکتی است که بر اساس شرایط محل کار و فعالیت خاص، از طریق انجام JSA / JHA نیازهای مربوط به استفاده از تجهیزات حفاظت فردی را برای کارگران خود تعریف کند.

۵. منابع

1. ASTM International. (2017). Designation: F2100 − 19. Standard Specification for Performance of Materials Used in Medical Face Masks. https://www.astm.org/Standards/F2100.htm

2. ASTM International. (2019). Designation: F2101 − 19. Standard Test Method for Evaluating the Bacterial Filtration Efficiency (BFE) of Medical Face Mask Materials, Using a Biological Aerosol of Staphylococcus aureus. https://www.astm.org/Standards/F2101.htm

3. ASTM International. (2020). Designation: F2100 − 19. Standard Specification for Performance of Materials Used in Medical Face Masks. https://www.astm.org/Standards/F2100.htm

4. Canova, V., Schlنpfer, L. H., Piso, R. J., Droll, A., Fenner L., Hoffmann, T., & Hoffmann, M. (2020). Transmission risk of SARS-CoV-2 to healthcare workers—Observational results of a primary care hospital contact tracing. *Swiss Medical Weekly*. 2020;150:w20257. https://doi.org/10.4414/ smw.2020.20257

5. Centers for Disease Control and Prevention. (2015). Guidance for reducing health risks to workers handling human waste or sewage. https://www.cdc.gov/healthywater/global/sanitation/workers_handlingwaste.html

6. Centers for Disease Control and Prevention. (2020a). Information for sanitation and wastewater workers on کووید-۱۹. https://www.cdc.gov/ coronavirus/2019-ncov/community/sanitation-wastewater-workers.html

7. Centers for Disease Control and Prevention. (2020b). Coronavirus Disease: Protect Yourself. https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/prevent-gettingsick/ prevention.html

8. Chin, A. W. H., Chu, J. T. S., Perera, M. R.A., Hui, K. P. Y., Yen, H.-L., Chan, M. C. W., Peiris, M., & Poon, Leo L. M. (2020). Stability of SARS-CoV-2 in different environmental conditions. *The Lancet Microbe, 1*(1). https:// doi.org/10.1016/S2666-5247(20)30003-3

9. Chu, D. K., Akl, E.A., Duda, S., Solo, K., Yaacoub, S., & Shünemann, H. J. (2020). Physical distancing, face masks, and eye protection to prevent person- to-person transmission of SARS-CoV-2 and کووید-۱۹: A systematic review and meta-analysis. *Lancet*. 2020; (published online June 1.) https:// doi.org/10.v1016/S0140-6736(20)31142-9

10. National Institute of Occupational Safety and Health. (2020). Hierarchy of Controls. https://www.cdc.gov/niosh/topics/hierarchy/default.html

11. Occupational Safety and Health Agency. (2002). Job Hazard Analysis (OSHA 3071). https://www.osha.gov/Publications/osha3071.pdf

12. Occupational Safety and Health Agency. (2020). Guidance on preparing workplaces for کووید-۱۹ (OSHA 3990-03). https://www.osha.gov/Publications/ OSHA3990.pdf

13. Sanche S., Lin, Y. T., Xu, C., Romero-Severson, E., Hengartner, N., & Ke, R. (2020). High contagiousness and rapid spread of severe acute respiratory syndrome coronavirus 2. *Emerging Infectious Diseases, 26*(7), 1470–1477. https://dx.doi.org/10.3201/eid2607.200282

14. van Doremalen, N., Bushmaker, T., Morris, D. H., Holbrook, M. Gamble, A., Williamson, B. N., Tamin, A., Harcourt, J. L., Thornburg, N. J., Gerber, S. J., Lloyd-Smith, J.O., & de Witt, E. (2020). Aerosol and surface stability of SARS-CoV-2 as compared with SARS-CoV-1. *New England Journal of Medicine, 382*(16), 1564–1567. https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/

NEJMc2004973

15. Wang, X.-W., Li, J.-S., Guo, T.-K., Zhen, B., Kong, Q.-X., Yi, B., Li, Z., Song, N., Jin, M., Wu, X.-M., Xiao, W.-J., Zhu, X.-M., Gu, C.-Q., Yin, J., Wei, W., Yao, W., Liu, C., Li, J.-F., Ou, G.-R... . Li, J.-W. (2005). Excretion and detection of SARS coronavirus and its nucleic acid from digestive system. *World Journal of Gastroenterology, 11*(28), 4390–4395. https://www.wjgnet.com/1007-9327/full/v11/i28/4390.htm

16. Water Environment Federation. (2012). *Safety, health, and security in wastewater systems* (6th ed., Manual of Practice No. 1). Alexandria, Viriginia: Water Environment Federation.

17. Water Environment Federation. (2020a). Coronavirus and Water Systems. An update and expansion on "The Water Professional's Guide to کووید-۱۹". https://www.wef.org/news-hub/wef-news/coronavirus-and-water-systems

18. Water Environment Federation. (2020b). Residuals and biosolids issues concerning کووید-۱۹ Virus. https://www.wef.org/news-hub/wef-news/ residuals-and-biosolids-issues-concerning-کووید-۱۹-virus/

19. World Health Organization. (2020). Q&A: Influenza and کووید-۱۹— similarities and differences. https://www.who.int/emergencies/diseases/ novel-coronavirus-2019/question-and answers-hub/q-a-detail/q-asimilarities- and-differences-کووید-۱۹-and-influenza

20. Zang, R., Castro, F. G., McCune, B. T., Zeng, Q., Rothlauf, P. W., Sonnek, N. M., Liu, Z., Brulois, K. F., Wang, X., Greenberg, H. B., Diamond, M. S., Ciorba, M. A., Whelan, S. P. J., & Ding, S. (2020). TMPRSS2 and TMPRSS4 mediate SARS-CoV-2 infection of human small intestinal enterocytes. *Science Immunology*, 5. https://immunology.sciencemag.org/ content/immunology/5/47/eabc3582.full.pdf

۶. برای مطالعه بیشتر

1. LeChevallier, M. W., Mansfield, T. J., & MacDonald Gibson, J. (2019). Protecting wastewater workers from disease risks: Personal protective equipment guidelines. *Water Environment Research*, *92*(4), 1–10. https://doi.org/10.1002/wer.1249

2. Li, Y., Wong, T., Chung, J., Guo, Y. P., Hu, J. Y., Guan, Y. T., Yao, L., Song, Q. W., & Newton, E. (2006). In vivo protective performance of N95 respirator and surgical facemask. *American Journal of Industrial Medicine*, *49*(12), 1056–1065. https://doi.org/10.1002/ajim.20395

3. World Health Organization. (2020a). Water, sanitation, hygiene, and waste management for the کووید-۱۹ virus: Interim guidance, 23 April 2020. کووید-۱۹: Infection prevention and control / WASH. https://www.who.int/ publications/i/item/water-sanitation-hygiene-and-waste-management-forthe- کووید-۱۹-virus-interim-guidance

4. World Health Organization. (2020b). Advice on the use of masks in the context of کووید-۱۹ Interim guidance. 5 June 2020. کووید-۱۹: Infection prevention and control / WASH. https://www.who.int/publications/i/item/ advice-on-the-use-of-masks-the-community-during-home-care-and-inhealth-care-settings-in-the-context-of-the-novel coronavirus-(2019-ncov)- outbreak.

فصل سوم

تحقیقات مورد نیاز در زمینه کووید-۱۹

۱. آنچه میدانیم با عمل می‌تواند کاهش یابد

مطالب ارائه شده در فصول اول و دوم کتاب حاضر دربرگیرنده دانش فعلی ما است که عمدتاً به خوبی شناخته شده و صرفاً عمل به آن‌ها کفایت می‌کند؛ اما تمرکز این فصل بر روی نیازهای پژوهشی می‌باشد که پس از رسیدن به نتایج، می‌تواند منجر بهبود و یا تغییر رویکرد عملی ما در مقابله با عوامل خطر بیولوژیکی شود.

۲. مواردی که در حال حاضر دانش کافی در آن زمینه‌ها نداریم

در این بخش، جنبه‌هایی را که نیازمند افزایش دانش ما در مورد عوامل خطر بیولوژیکی موجود در فاضلاب است را مطرح خواهیم کرد.

۱-۲. رویکرد کامل چرخه آب

ویروس‌های کرونا به‌طور معمول از طریق قطرات تنفسی منتقل می‌شوند (Dwosh et al., 2003). بااین‌حال، به دلیل ماندگاری متفاوت ویروس کرونا در محیط‌های گوناگون مانند سطوح، محیط‌های آبی با اسیدیته متوسط مانند مایعات بدن و مدفوع، عفونت‌های تنفسی ایجاد شده توسط ویروس کرونا نیز می‌توانند در اثر مواجهه با این محیط‌ها منتقل شوند (Geller et al., 2012) . علاوه بر این، بقای ویروس کرونای انسانی در هوای محیطی با رطوبت کم و دمای بالا افزایش می‌یابد. ویروس‌های کرونای انسانی می‌توانند پتانسیل عفونت خود را برای مدت طولانی در محیط‌های آبی و جریان‌های فاضلاب حفظ کنند، درنتیجه تحقیق در مورد جریان فاضلاب و فرآیندهای تصفیه به‌عنوان مخازن بالقوه‌ای که باعث افزایش مواجهه انسان با ویروس کرونا می‌شوند، ضروری است (Casanova et al., 2009). از اقدامات مختلف جهت بی خطرسازی ویروس کرونا در انسان که تا کنون در مقالات بررسی و منتشر شده است، می‌توان به کلرناسیون و کلروآمیناسیون آزاد در دوزهای بالا، تصفیه مبتنی بر اتانول (Kariwa et al., 2006) و تصفیه با اسید استیک (Rabenau et al., 2005) اشاره نمود که نتایج مثبتی در نابودی ویروس‌های کرونا داشته‌اند (Hulkower et al., 2011) . همچنین تحقیقات نشان داده‌اند که استفاده از سفیدکننده به تنهایی در نابودی این ویروس‌ها بی‌تأثیر بوده است. به‌طورکلی، عملکرد غیرفعال‌سازی ویروس در روش‌های تصفیه در صورت وجود مواد آلی یا سایر "محافظ‌ها" در سیستم کاهش می‌یابد (Rabenau et al., 2005) . چنین شواهدی در خصوص آسیب‌پذیری کم ویروس‌های کرونا در سیستم‌های تصفیه فاضلاب مهندسی شده (به دلیل وجود کلوئیدها یا ذرات معلق در فاضلاب و یا اعمال استراتژی‌های مختلف گندزدایی ازجمله عدم استفاده از گندزدا) نگران‌کننده است. علاوه بر این، تأثیر فرآیندهای تصفیه مبتنی بر فاز مایع (لجن فعال) و یا فاز

جامد (هضم بی‌هوازی) بر بقا و انتشار کرونا ویروس انسانی، هنوز شناخته شده نیست.

۲-۲. خطرات ناشی از فعالیت‌های مربوط بـه نگهـداری از سیسـتم جمـع‌آوری فاضلاب برای عموم مردم (مانند متلاطم شدن و تولید آئروسل)

هم کارکنان بخش فاضلاب و هم عموم مردم باید آگاه باشند که آئروسل‌های حاصل از فاضـلاب خام می‌توانند در مناطقی که فعالیت‌های مربوط به تعمیر و نگهداری سیستم فاضلاب انجـام مـی‌شـوند وجود داشته باشند. بااین‌حال، اطلاعات مربـوط بـه انتقـال ویـروس عفـونی SARS CoV-2 کـه باعـث بیماری کووید-۱۹ می‌شود، از طریق این آئروسل‌ها موجود نیست. تـا بـه امـروز، تحقیقـات در راسـتای پاسخ به این سؤال انجام نشده است. به دلیل عدم وجود اطلاعات کافی، توصیه می‌شـود کـارگرانی کـه فعالیت‌های تعمیر و نگهداری را انجام می‌دهند، از تجهیزات حفاظت شخصـی مناسـب (PPE)، ازجملـه ماسک و دستکش استفاده کنند و روش‌های مناسب مانند گندزدایی فضـای داخلـی خـودرو و درآوردن لباس استفاده شده در زمان فعالیت، قبل از بازگشت به سایر فعالیت‌ها را رعایت نمایند. عـلاوه بـر ایـن، مناطق کاری که ممکن است آئروسل در آنجا وجود داشته باشـد بایـد بـه وضـوح مشـخص شـده و بـا استفاده از علائم، تابلوها، نوارها و غیره از تردد عمومی به آن‌ها جلوگیری شود.

۲-۳. نحوه انتقال عوامل بیماری‌زا از فاز مایع به آئروسل (در فاضلاب خام، اولیـه و ثانویـه) و لجن

۲-۳-۱. تقسیم‌بندی ویروس‌ها بین مراحل جامد و مایع در فاضلاب

از نظر اندازه، ویروس‌ها در محدوده زیرکلوئیدی قرار دارند و به همین ترتیـب مـی‌تواننـد در دو فاز مایع و جامد در جریان فاضلاب وجود داشته باشند. بااین‌وجود حتی در یک سیستم تصفیه فاضلاب و در یک نقطه نمونه‌برداری، تنوع قابل توجهی در نسبت‌های ویروسی مرتبط با فازهـای جامـد و مـایع وجود دارد (Wellings et al., 1976). شواهدی وجود دارد کـه بسـته بـه اینکـه ویـروس‌هـا دارای لایـه پوششی باشند یا نه تقسیم‌بندی آن‌ها در بین دو فاز جامد یا مایع را تحت تأثیر قرار مـی‌دهـد. بـه‌طـور خاص، ویروس‌های دارای لایه پوششی نسبت به ویروس‌های غیر پوششی به میزان بیشتری به فاز جامد در نمونه‌های فاضلاب منتقل می‌شوند. همچنین سینتیک جذب و میزان غیرفعال‌سـازی ویـروس‌هـا در این زمینه ارائه شده است. علاوه بر این، میزان تقسیم‌بندی ویروس‌ها در این دو فاز خود تابعی از توزیع اندازه ذرات و همچنین نوع عملیات تصفیه، می‌باشد (Ye et al., 2016) . در یک مطالعه نشان داده شده است که بیشتر ویروس‌های روده‌ای در جریان فاضلاب و فرایندهای تصفیه به صورت آزاد یا چسبیده به ذرات کوچک‌تر از ۰/۳ میکرومتر وجود دارند (Hejkal et al., 1981). از طـرف دیگـر، نشـان داده شـده

است که در جریان‌های پساب حاصل از فرایندهای تصفیه ثانویه فاضلاب، ویروس‌ها با ذرات بزرگ‌تر از ۸ میکرومتر یا کوچک‌تر از ۰/۶۵ میکرومتر همراه بودند. غشای بیرونی ویروس‌ها ترکیبی مشابه غشاهای یوکاریوتی و پروکاریوتی می‌باشد که حاوی فسفولیپیدهای آمفی پاتیک می‌باشد (Madigan & Martinko, 2006). این غشا همچنین حاوی پروتئین‌های چسبنده است که به چسبیدن به سلول‌های میزبان کمک می‌کند. به‌طور ویژه، در SARS-CoV-2، گلیکوپروتئین S مسئول اتصال گیرنده‌ها به سلول‌های میزبان و ورود ویروین به سلول میزبان است.

۲-۳-۲. پیامدهای تقسیم‌بندی

۲-۳-۲-۱. محافظت در برابر مواد گندزدا

ذرات می‌توانند از ویروس‌ها در برابر گندزدایی‌کننده‌ها یا اشعه ماورا بنفش (UV) محافظت نمایند. همچنین مطالعات پیشین نشان داده‌اند که ذرات می‌توانند با جلوگیری از نفوذ مواد شیمیایی نیز مانع تخریب ویروس‌ها شوند (Templeton et al., 2008).

۲-۳-۲-۲. انتقال از طریق جریان‌های پساب (جامد و مایع)

اگر فاضلاب مورد تصفیه دارای ذرات باشد، انتقال ویروس‌ها با میزان و رفتار ذرات کنترل می‌شود؛ بنابراین، در مدل‌های هیدرودینامیکی انتقال و همچنین مدل‌های فرآیندهای تصفیه باید چنین ارتباطاتی را نیز در نظر گرفت.

۲-۳-۲-۳. ارتباط ویروس‌ها با ذرات و میزان مواجهه

این احتمال وجود دارد که ارتباط ویروس‌ها با ذرات از طریق پیوند اختصاصی در مقایسه با اتصال ویروس به گیرنده میزبان که به صورت اختصاصی (بر مبنای فعل‌وانفعالات ساختاری، مورفولوژیکی و شیمیایی) صورت می‌گیرد، نباشد (Dimitrov, 2004). یک مطالعه اخیراً انتقال ویروسی بین پوست و فاز آبی را برای ویروس‌های پوششی و غیر پوششی ارزیابی کرده است. در این مطالعه، نوع مایع، غلظت ویروس و رطوبت پوست از عوامل تعیین‌کننده در میزان انتقال ویروس‌ها بین دو مرحله است (Pitol et al., 2017).

۲-۴. نحوه تفسیر علائم مولکولی در محیط‌های مختلف با توجه به بقا و عفونت‌زایی

تاکنون تمام گزارش‌های مربوط به SARS-CoV-2 در محیط آب و فاضلاب بر اساس تشخیص مولکولی RNA ویروسی بوده است. دلیل این امر افزایش سرعت و کاهش هزینه در استفاده از

سنجش‌های مولکولی در مقایسه با سنجش‌های مبتنی بر کشت است. علاوه بر این، گزارش‌های محدودی از SARS-CoV-2 عفونی در مدفوع ارائه شده است، در حالی که نرخ دفع RNA در مدفوع تا ۸۹٪ گزارش شده است (Xiao et al., 2020) . باید توجه داشت که وجود ژنوم ویروسی برای عفونت‌زایی یک ویروس عفونی لازم است، اما کافی نیست. به‌عنوان مثال، آسیب به کپسید ویروسی باعث از بین رفتن قابلیت عفونت‌زایی ویروس می‌شود، اما الزاماً منجر به عدم شناسایی RNA در واکنش زنجیره‌ای پلیمراز (PCR)نمی‌شود. ویروس عفونی معمولاً کسری از تعداد ژنوم مولکولی در نمونه‌های محیطی است. هیچ ارتباط مستقیمی بین مقدار ویروس عفونی و نتایج PCR وجود ندارد. ارتباط بین تعداد ژنوم مولکولی و عفونت‌زایی ویروس بر اساس نوع ویروس و ماتریس نمونه‌برداری متفاوت است. افزایش سن ویروس ممکن است ویروس را غیرفعال کند اما ژنوم ویروسی باقی‌مانده را دست نخورده باقی بگذارد و باعث افزایش نسبت نمونه‌های مثبت از نظر ژنوم مولکولی به نمونه‌های مثبت از نظر عفونت‌زایی شود. بنابراین عملاً امکان تبدیل نتایج تشخیص مولکولی برمبنای نسبت نمونه‌های مثبت موکولی به نمونه‌های عفونی به آسانی امکان‌پذیر نیست.

روش‌هایی برای تمایز تشخیص PCR اسیدهای نوکلئیک ویروس‌های آسیب‌دیده وجود دارد که می‌توانند به‌طور بالقوه برای برآورد تعداد ویروس‌های عفونی از روی مقادیر برآورد شده مولکولی استفاده شوند. به‌عنوان نمونه این روش‌ها شامل استفاده از دی اکسی ریبونوکلئاز (DNase) و ریبونوکلئاز (RNase) برای هضم اسیدهای نوکلئیک آزاد و استفاده از رنگ‌های متقاطع مانند پروپیدیوم مونوازید برای جلوگیری از تکثیر PCR اسیدهای نوکلئیک آزاد می‌باشد که اخیراً مورد بررسی قرار گرفته‌اند. بااین‌حال، نویسندگان این کتاب از کارهای قبلی که نشان‌دهنده مناسب بودن استفاده از این روش‌ها برای تشخیص ویروس‌های دارای غلاف در نمونه‌های محیطی است، آگاهی ندارند.

این مطالب تاکنون در گزارش‌ها و مطالعات متعددی پایش و شناسایی RNA ویروس SARS-CoV-2 در نمونه‌های فاضلاب و لجن انجام شده است. بااین‌حال باید احتیاط شود که مثبت شدن نمونه‌ها الزاماً به مفهوم عفونت‌زا بودن فاضلاب و لجن از نظر ویروس زنده نیست. برای تعیین اینکه آیا SARS-CoV-2 به صورت زنده در فاضلاب و با چه غلظتی وجود دارد، انجام تحقیقات بیشتر لازم می‌باشد. روش‌های اضافی نیز می‌تواند در حذف PCR ویروس‌های آسیب‌دیده SARS CoV-2 و یکسان‌سازی این اندازه‌گیری‌ها کمک کند. همچنین در این راستا، بهینه‌سازی تکنیک‌های تغلیظ و پروتکل‌های تقویت و شناسایی نیز مورد نیاز است. از آنجا که به نظر می‌رسد وضعیت سطح دانش فعلی، برای نظارت بر سیستم جمع‌آوری فاضلاب امیدوارکننده است، تحقیقات در این زمینه می‌توانند با استفاده از رهنمودهای مستند، کمک شایانی به جمع‌آوری اطلاعات جدید نماید.

۵-۲. حساسیت SARS-CoV-2 به عوامل گندزدا در محیط‌های آبی

هنوز هیچ اطلاعاتی در مورد پایداری یا سینتیک عوامل گندزدایی‌کننده SARS-CoV-2 در محیط آبی در دسترس نیست. بااین‌حال، تحقیقات پیشین در مورد بقای SARS-CoV-1 در سیستم‌های آبی انجام شده است (Casanova et al., 2009). بسیار مهم است که در آینده مطالعات بیشتری در مورد بررسی بقا و گندزدایی ویروس زنده SARS-CoV-2 صورت گیرد. با توجه به ساختار دارای پوشش SARS-CoV-2 انتظار بر این است که ماندگاری محیطی و مقادیر CT گندزدایی‌کننده مورد نیاز کمتر از موارد مرتبط با ویروس‌های بدون پوشش باشد. بااین‌حال، برای افزایش اطمینان از مؤثر بودن عملکرد گندزداهای فعلی انجام مطالعات بیشتر بسیار مهم است. ماندگاری ویروس باید در شرایط مختلفی ازجمله کیفیت و درجه حرارت مختلف آب ارزیابی شود. همچنین عملکرد گندزداهای مختلف باید تحت شرایط مشابه ارزیابی شود. در حال حاضر مجموعه‌ای از این آزمایش‌ها در حال انجام است که باید در پاسخگویی به سؤالات مربوط به SARS CoV-2 در محیط‌های آبی کمک کند.

در نهایت، نیاز است تا سازمان‌های مرتبط، بودجه تحقیقاتی برای انجام این مطالعات مهم را تأمین کنند. در حالی که اطلاعات مربوط به ماندگاری و گندزدایی کردن SARS-CoV-2 در محیط‌های آبی محدود است، ممکن است بتوانیم با استفاده از این داده‌ها دید کلی در مورد سرنوشت احتمالی ویروس به دست آوریم. یک مطالعه اخیر در مورد بررسی ماندگاری سطحی SARS-CoV-2 انجام شده است. بر اساس نتایج این مطالعه ماندگاری این ویروس بر روی سطوح از نظر آماری هیچ تفاوتی با ماندگاری سطحی SARSCoV-1 ندارد (van Doremalen et al., 2020). این مسئله حاکی از آن است که عفونت‌زایی بالای SARS-CoV-2 به دلیل الزاماً به دلیل مقاومت ویروس در برابر عوامل نامساعد محیطی نیست. در حالی که انتظار داریم چنین رفتاری در محیط‌های آبی نیز از ویروس دیده شود، بااین‌حال به انجام مطالعات بیشتر درباره بررسی ماندگاری ویروس در محیط‌های آبی و تائید این پیش‌فرض‌ها نیاز است.

۵-۲-۱. کلرامین در برابر کلر آزاد

مسئله مهمی که در اینجا باید مورد توجه قرار گیرد، شکل کلر +۱ ظرفیتی است که در محیط فاضلاب غالب خواهد شد. در بیشتر شرایط، آمونیاک نیتروژنی کافی در پساب‌های تصفیه شده وجود دارد (حتی پس از نیتریفیکاسیون) تا امکان تبدیل مؤثر کلر آزاد به مونوکلرامین (NH_2Cl) را فراهم کند. کلرامین‌های معدنی ازجمله NH_2Cl نسبت به کلر آزاد گندزدای ضعیف‌تری هستند. در ایالات‌متحده گندزدایی فاضلاب انجام می‌شود تا اطمینان حاصل شود که آب‌های سطحی فعالیت‌هایی تفریحی مانند شنا کردن ایمن باشند. همچنین از استانداردهای باکتری‌های شاخص، مانند اشریشیا

کلی و انتروکوک، برای اطمینان از وجود سطح کیفیت میکربی قابل‌قبول استفاده می‌شود. بااین‌وجود به دلایل نامشخص، شنا در آب‌های سطحی با ابتلا به بیماری‌های تنفسی همراه است. به‌طورکلی، اعتقاد بر این است که ویروس‌های کرونا نسبت به ویروس‌های روده‌ای بدون پوشش که ساختار و مورفولوژی مشابه دارند، در برابر گندزدایی‌کننده‌ها مقاومت کمتری دارند. بااین‌حال، در یک بررسی اخیر، نتایج نشان داد که اطلاعات اندکی در مورد سینتیک غیرفعال‌سازی ویروس کرونا در آب توسط مواد گندزدایی که معمولاً توسط صنعت فاضلاب استفاده می‌شود، در دسترس است. تا کنون هیچ آزمایشی در مورد غیرفعال‌سازی ویروس کرونا در آب توسط کلر یا اشعه ماورا بنفش انجام نشده است. یک مطالعه در زمینه فاضلاب نشان داد که SARS-CoV-1 سریع‌تر از E. coli یا coliphage f2 غیرفعال می‌شود، اما از داده‌های به دست آمده نمی‌توان ثابت‌های سرعت را به دست آورد (Wang et al., 2005). در حال حاضر اعتقاد بر این است که فرآیندهای فعلی گندزدایی فاضلاب به‌احتمال زیاد در برابر ویروس‌های کرونا مؤثر است، اما داده‌های کمی برای مقایسه با ویروس‌های روده‌ای که بیشتر مورد مطالعه قرار می‌گیرند، وجود دارد و برای اطمینان از کافی بودن تصفیه برای کنترل خطر ویروس‌های کرونا تحقیقات بیشتری لازم است.

۲-۵-۲. نیازهای مربوط به اشعه ماوراءبنفش و سایر مواد گندزدا

هنوز هیچ داده‌ای در مورد تعریف رفتار دز-پاسخ (سینتیک گندزدایی) در گندزدایی SARS-CoV-2 با UVC در سوسپانسیون آبی یا روی سطوح وجود ندارد. بااین‌حال، داده‌ها برای توصیف سینتیک غیرفعال‌سازی ویروس‌های مرتبط دیگر در دسترس هستند. گزارش‌های قبلی نشان می‌دهند که SARS-CoV-2 باید در دزهای بالای گندزدایی توسط اشعه UVC غیرفعال شوند. به‌طور مشابه، هیچ داده‌ای برای تعریف طیف عملکرد (به‌عنوان‌مثال، وابستگی به طول موج) SARS-CoV-2 برای تابش UVC در دسترس نیست. این اطلاعات برای ارزیابی اثربخشی لامپ‌های UVC که به‌عنوان جایگزینی برای لامپ‌های معمولی کم فشار جیوه‌ای (LP-Hg)محسوب می‌شوند و تابش تک‌رنگ با طول موج مشخص ۲۵۴ نانومتر تولید می‌کنند، مورد نیاز خواهد بود. همچنین استخراج داده‌های بیشتر برای تبیین رفتار دز-پاسخ UVC در سایر طول موج‌ها و به‌طور خاص برای تسهیل استفاده از سایر لامپ‌های جایگزین برای لامپ‌های LP-Hg، ازجمله LEDهای UV و لامپ‌های پلاسما (اگزایمر) مورد نیاز است. به نظر می‌رسد هنوز هیچ داده‌ای برای غیرفعال شدن ویروس در محیط‌های آبی توسط دی‌اکسید کلر یا ازن در دسترس نیست.

۳-۵-۲. سرنوشت سیستم‌های استفاده مجدد

سیستم‌های استفاده مجدد از آب برای دستیابی به سطح بالایی از حذف ویروس (به خصوص انتروویروس‌ها) طراحی‌شده‌اند. در ایالات کالیفرنیا در ایالات‌متحده مقادیر پیش‌فرض کاهش ویروس را برای کلر آزاد ۶، برای فرایندهای UV/AOP ۶ و برای اسمز معکوس ۱/۵ لوگ در نظر گرفته است. به خصوص در مورد اسمز معکوس، این مقدار ممکن است بسیار محافظه کارانه باشد. بااین‌حال، اطلاعات کافی در مورد حذف ویروس‌های دارای پوشش، مانند SARS-CoV-2، در مراحل مختلف تصفیه و فرآیندهای به کار رفته در استفاده مجدد از آب در دسترس نیست.

۶-۲. رویکردهای ارزیابی ریسک

رهنمودهایی برای ارزیابی کمی خطر میکربی (QMRA) در زمینه مواجهه از طریق هوا با عوامل بیماری‌زا در محیط فاضلاب تدوین شده است. به‌عنوان‌مثال در مطالعه بزرگی خطر کارگران سیستم جمع‌آوری فاضلاب در مجاورت یک بیمارستان در حال درمان بیماران ابولا تخمین زده شد. نکته قابل توجه در این مطالعه، استفاده از توزیع آماری برای تبیین نسبت بین نسخه‌های ژنی به ویروس عفونی است که برای برآورد تعداد و بزرگی مواجهه با ویروس عفونی SARS-CoV-2 استفاده شده است. در مطالعه دیگری، از طریق تحلیل QMRA ریسک انتقال آدنو ویروس‌ها در بین اپراتورهای تأسیسات تصفیه فاضلاب برآورد گردید و نتایج نشان داد که بیشترین خطر در ورودی فاضلاب و مخزن هوادهی است. از آنجا که SARS-CoV-2 دارای یک غشاء لیپیدی است، یک مورد مبهم دیگر این است که آیا این ویژگی باعث انتقال ویروس از فاز آبی به آئروسل می‌شود؟

QMRA انجام شده (برای ویروس‌ها، کمپیلوباکتر و تک‌یاخته) در برآورد مواجهه ساکنان مجاور به تأسیسات تصفیه فاضلاب از طریق هوا، نشان داده شد که چگونه می‌توان مدل‌های پراکندگی هوا را با در نظر گرفتن بزرگی آلودگی در منبع انتشار برای ارزیابی بزرگی مواجهه در جوامع مجاور به منبع استفاده کرد؛ بنابراین، چارچوب‌هایی برای انجام QMRA برای SARS-CoV-2 در خصوص تصفیه‌خانه‌های فاضلاب وجود دارد (Stellacci et al. 2010). بااین‌وجود می‌توان با انجام تحقیقات و مطالعات بیشتر خلأهای اطلاعاتی در داده‌های موجود را پر کرد تا نتایج مطمئن و قابل استنادتری حاصل شود.

۷-۲. تجهیزات حفاظت شخصی

در حال حاضر، شواهدی از زنده ماندن SARS-COV-2 در فاضلاب تصفیه نشده، فاضلاب تصفیه شده یا لجن وجود ندارد. بااین‌حال، ویروس زنده در مدفوع بیماران کووید-۱۹ شناسایی شده

است (Xiao et al., 2020) . همچنین RNA ویروس SARS-CoV-2 در توالت‌های بیمارستانی که یک بیمار مبتلا به SARS-CoV-2 در آن تحت درمان بوده شناسایی شده است (Ong et al., 2020). برای تعیین اعتبار نظریه فعلی مبنی بر اینکه ویروس زنده به‌احتمال زیاد در نمونه‌های فاضلابی وجود نداشته باشد به یک برنامه هدفمند برای نمونه‌گیری نیاز است، چراکه ندیدن شواهد دلیل بر نبودن آن نیست. از آنجا که این تحقیقات مربوط به کاربرد تجهیزات حفاظت فردی است، در ادامه اطلاعات کسب شده اخیر و دو توصیه اصلی برای تحقیق‌های آتی آورده شده است (LeChevallier et al., 2019).

۸-۲. پیشنهادهای تحقیقاتی

۸-۲-۱. طراحی، تأمین اعتبار و انجام یک مطالعه اپیدمیولوژیک آینده‌نگر به‌منظور برآورد بروز بیماری‌های عفونی در میان کارگران سیستم‌های جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب

اگرچه کارگران سیستم تصفیه فاضلاب در معرض مواجهه با سطوح بالاتری از عوامل بهداشتی خاص نسبت به جمعیت عمومی قرار دارند، اما داده‌های کافی به‌منظور انجام تجزیه‌وتحلیل آماری قوی در مورد میزان شیوع بیماری‌های عفونی در بین کارگران فاضلاب محدود است (LeChevallier et al., 2019). از این‌رو این مطالعات حداقل باید با اهداف زیر انجام شوند:

الف) موجب ایجاد اطلاعات اولیه در مورد استفاده از تجهیزات حفاظت فردی در میان کارگران فاضلاب و سیستم جمع‌آوری شوند.

ب) اثربخشی استفاده از تجهیزات حفاظت فردی و نتایج بهداشتی آن‌ها در جهت کاهش خطرات بیماری‌ها بررسی شود (LeChevallier et al., 2019).

۸-۲-۲. طراحی، تأمین اعتبار و انجام مطالعه برای برآورد بزرگی مواجهه تنفسی کارگران در زمان انجام فعالیت‌های معمول در سیستم‌های جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب

علیرغم اینکه تحقیقات جدید نشان حاکی از آن است که کارگران بخش فاضلاب می‌توانند در معرض آئروسل‌های ناشی از فاضلاب باشند اما هنوز حضور و میزان عوامل عفونی در فعالیت‌هایی که توسط کارگران فاضلاب انجام می‌شود به خوبی درک و شناسایی نشده است. لذا انجام تحقیقات برای "ارزیابی مواجهه جمعی کارگران در برابر آئروسل‌های ناشی از فاضلاب که ممکن است حاوی عوامل عفونی باشد" لازم است.

۳. پیشنهادهای تحقیقاتی درباره پدیده‌هایی که از ماهیت آن‌ها مطلع نیستیم

۳-۱. سرنوشت و انتقال

اطلاعات کم یا ناچیزی در مورد ماهیت فعل‌وانفعالات ویروس‌های دارای پوشش و مواد غیر میزبان در محیط فاضلاب یا جامدات بیولوژیکی وجود دارد. بدین ترتیب، انجام مطالعات بیشتر در راستای افزایش دانش در خصوص مکانیسم‌ها، سینتیک، ترمودینامیک و مدل‌های ارتباط ویروس به‌عنوان تابعی از اندازه ذرات، ویژگی‌های سطحی و شیمی آن‌ها ضرورت دارد(Carducci et al., 2018) .

۳-۲. تصفیه و گندزدایی

۱. برای ویروس SARSCoV-2 بایستی داده‌های Ct برای روش‌های گندزدایی مانند کلر، کلرامین و اشعه ماوراءبنفش که جزو روش‌های متداول گندزدایی هستند استخراج گردند؛ زیرا این داده‌ها بیشترین اهمیت را در استفاده از گندزداها در صنعت فاضلاب دارند. برای انجام این مطالعات می‌توان از SARS-CoV-2 یا جایگزین‌های مشابه این ویروس مانند کرونا ویروس انسانی 229E نیز استفاده کرد. در طراحی این آزمایش‌ها باید اثر دما و pH را نیز در نظر گرفت.

۲. همچنین داده‌های مربوط به دز-پاسخ گندزدایی ویروس SARSCoV-2 باید برای نور UV با دزهایی که معمولاً در تصفیه فاضلاب استفاده می‌شوند، تهیه شوند.

۳. ویروس‌های حاوی لیپید مانند ویروس‌های کرونا ممکن است بیشتر از ویروس‌های غیر لیپیدی آب‌گریز تجمع یافته و با مواد آلی معلق در ارتباط باشند؛ بنابراین، توجه به این مواد باید در طراحی مطالعات مربوط به گندزداها نیز در نظر گرفته شوند.

۴. ویروس‌های حاوی لیپید به‌احتمال زیاد به آئروسل‌ها جذب می‌شوند که این ویژگی ممکن است سرعت غیرفعال شدن این ویروس‌ها را در آب کاهش دهد. از این‌رو آیا باید در طراحی مطالعات مربوط به استفاده از گندزداها به این مسئله توجه شود؟ این موضوع نیز می‌تواند تحت تأثیر مقدار مواد آلی موجود در آب قرار بگیرد.

۳-۳. ارزیابی ریسک و مواجهه

۱. اطلاعات مربوط به نرخ تولید ذرات معلق در هوا که حاوی SARS-CoV-2 هستند و در عملیات مختلف سیستم جمع‌آوری فاضلاب و سیستم‌های تصفیه (مانند آشغال‌گیرهای میله‌ای، جهش‌های هیدرولیکی، حوض هوادهی و غیره) تولید می‌شوند باید به دقت حاصل شوند.

۲. اطلاعات مربوط به روابط دز- پاسخ برای ارزیابی خطر SARS-CoV-2 نیاز به توسعه و تحقیقات دارند.

۳. داده‌های مربوط به حذف SARS-CoV-2 توسط انواع مختلف تجهیزات حفاظت فردی برای ارزیابی کمی میزان مواجهه کارگران مورد نیاز است.

۴. برآورد نسبت بین نسخه‌های ژنومی به ویروس عفونی در شرایط مختلف انتقال محیطی و ایجاد روابط آماری مناسب در برآورد بزرگی ویروس عفونی از روی بزرگی نسخه‌های ژنومی برای محیط‌های آبی مختلف

۳-۴. آمادگی

صنعت فاضلاب در یک جامعه در معرض شیوع بیماری، در "انتهای خط" قرار دارد. اگرچه نمی‌توان رویدادهایی از جمله شیوع سایر بیماری‌های عفونی ممکن در آینده را پیش‌بینی کرد، بااین‌حال لازم است تحقیقات بیشتری در راستای مقابله با بیماری همه‌گیر من‌جمله کووید-۱۹ انجام گردد و همچنین به نتایج مطالعاتی که تاکنون انجام شده نیز توجه گردد. لذا برنامه‌ریزی باید به‌طور رسمی برای ارزیابی آنچه در آینده ممکن است با شدت کم یا زیاد رخ دهد مورد انجام شود و این برنامه به‌عنوان یک نقشه راه برای مدیریت بحران‌های احتمالی آتی که هنوز ناشناخته است، مدنظر قرار گیرد.

۴. منابع

1. Ahmed, W. Angel, N., Edson, J., Bibby, K., Bivins, A., O'Brien, J. W., Choi, P. M., Kitajimae, M., Simpson, S. L., Li, J., Tscharke, B., Verhagen, R., Smith, W. J. M., Zaugg, J., Dierens, L., Hugenholtz, P., Thomas, K. V., & Mueller, J. F. (2020). First confirmed detection of SARS-CoV-2 in untreated wastewater in Australia: A proof of concept for the wastewater surveillance of کووید-۱۹ in the community. *Science of The Total Environment*, *728*, 138764.

2. Ahmed, W., Bertsch, P., Bivins, A., Bibby, K., Farkas, K., Gathercole, A., Haramoto, E., Gyawali, P., Korajkic. A., McMinn, B. R., Mueller, J. F., Simpson, S. L., Smith, W., Symonds, E. M., Thomas, K. V., Verhagen, R., & Kitajimal, M. (2020). Comparison of virus concentration methods for the RT-qPCR-based recovery of murine hepatitis virus, a surrogate for SARS-CoV-2 from untreated wastewater. *Science of The Total Environment*, 139960.

3. Brookes, J. D., Antenucci, J., Hipsey, M., Burch, M. D., Ashbolt, N. J., & Ferguson, C. (2004). Fate and transport of pathogens in lakes and reservoirs. *Environment International*, *30*(5), 741–759.

4. Carducci, A., Donzelli, G., Cioni, L., Federigi, I., Lombardi, R., & Verani, M. (2018). Quantitative microbial risk assessment for workers exposed to bioaerosol in wastewater treatment plants aimed at the choice and setup of safety measures. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *15*(7), 1490.

5. Casanova, L., Rutala, W. A., Weber, D. J., & Sobsey, M. D. (2009). Survival of

surrogate coronaviruses in water. *Water Research*, *43*, 1893–1898.

6. Dimitrov, D. S. (2004). Virus entry: Molecular mechanisms and biomedical applications. *Nature Reviews Microbiology*, *2*(2), 109–122.

7. Dwosh, H. A., Hong, H. H. L., Austgarden, D., Herman, S., & Schabas, R. (2003). Identification and containment of an outbreak of SARS in a community hospital. *CMAJ : Canadian Medical Association journal = journal de l'Association medicale canadienne*, *168*(11), 1415–1420.

8. Emerson, J. B., Adams, R. I., Roman, C. M. B., Brooks, B., Coil, D. A., Dahlhausen, K., Ganz, H. H.,... Rothschild, L. J. (2017). Schrodinger's microbes: Tools for distinguishing the living from the dead in microbial ecosystems. *Microbiome*, *5*(86), 1–23.

9. Ferguson, C., Husman, A. M. de R., Altavilla, N., Deere, D., & Ashbolt, N. (2003). Fate and transport of surface water pathogens in watersheds. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, *33*(3), 299–361.

10. Geller, C., Varbanov, M., & Duval, R. (2012). Human coronaviruses: Insights into environmental resistance and its influence on the development of new antiseptic strategies. *Viruses*, *4*(11), 3044–3068.

11. Gerba, C. P., Stagg, C. H., & Abadie, M. G. (1978). Characterization of sewage solid-associated viruses and behavior in natural waters. *Water Research*, *12*, 805–812.

12. Haas, C. N., Rycroft, T., Bibby, K., & Casson, L. (2017) Risks from ebolavirus discharge from hospitals to sewer workers. *Water Environment Research*, *89*(4), 357–368. ttps://doi.org/10.2175/106143017X14839994523181

13. Hejkal, T. W., Wellings, F. M., Lewis, A. L., & LaRock, P. A. (1981). Distribution of viruses associated with particles in waste water. *Applied and Environmental Microbiology*, *41*(3), 628–634.

14. Hulkower, R. L., Casanova, L. M., Rutala, W. A., Weber, D. J., & Sobsey, M. D. (2011). Inactivation of surrogate coronaviruses on hard surfaces by health care germicides. *American Journal of Infection Control*, *39*(5), 401–407.

15. Ijaz, M. K., Brunner, A. H., Sattar, S. A., Nair, R. C., & Johnson-Lussenburg, C. M. (1985). Survival characteristics of airborne human coronavirus 229E. *Journal of General Virology*, *66*(2).

16. Jahne, M. A., Rogers, S. W., Holsen, T. M., Grimberg, S. J., & Ramler, I. P. (2015). Emission and dispersion of bioaerosols from dairy manure application sites: Human health risk assessment. *Environmental Science & Technology*, *49*(16), 9842–9849.

17. Kariwa, H., Fujii, N., & Takashima, I. (2006). Inactivation of SARS coronavirus by means of povidone-iodine, physical conditions and chemical reagents. *Dermatology*, *212* (Suppl. 1), 119–123. doi: 10.1159/000089211

18. LeChevallier, M. W., Mansfield, T. J., & MacDonald Gibson, J. (2019). Protecting wastewater workers from disease risks: Personal protective equipment guidelines. *Water Environment Research*, *92*(4). https://doi.org/ 10.1002/wer.1249

19. Lee, M. T., Pruden, A., & Marr, L.C. (2016). Partitioning of viruses in wastewater systems and potential for aerosolization. *Environmental Science & Technology Letters*, *3*(5), 210–215. doi:10.1021/acs.estlett.6b00105

20. Madigan, M. T., & Martinko, J. M. (2006). *Brock biology of microorganisms* (15th edition). Prentice Hall.

21. Ong, S. W. X., Tan, Y. K., Chia, P. Y., Lee, T. H., Ng, O. T., Wong, M. S. Y., & Marimuthu, K. (2020). Air, surface environmental, and personal protective equipment

contamination by severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) from a symptomatic patient. *JAMA*, *323*(16), 1610–1612. doi:10.1001/jama.2020.3227

22. Pitol, A. K., Bischel, H. N., Kohn, T., & Julian, T. R. (2017). Virus transfer at the skin-liquid interface. *Environmental Science & Technology*, *51*, 14417–14425.

23. Rabenau, H. F., Cinatl, J., Morgenstern, B., Bauer, G., Preiser, W., & Doerr, H. W. (2005). Stability and inactivation of SARS coronavirus. *Medical Microbiology and Immunology*, *194*(1), 1–6.

24. Silverman, A. I., & Boehm, A. B. (2020). Systematic review and meta-analysis of the persistence and disinfection of human coronaviruses and their viral surrogates in water and wastewater. *Environmental Science & Technology Letters*. https://doi.org/10.1021/acs.estlett.0c00313

25. Stellacci, P., Liberti, L., Notarnicola, M., & Haas, C. N. (2010). Hygienic sustainability of site location of wastewater treatment plants: A case study. II. Estimating airborne biological hazard. *Desalination*, *253*(1–3), 106–111.

26. Templeton, M. R., Andrews, R. C., & Hofmann, R. (2008). Particle-associated viruses in water: Impacts on disinfection processes. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, *38*, 137–164.

27. Trussell, R. S., Lai-Bluml, G., Chaudhuri, M., & Johnson, G. (2019). Developing a regional recycled water program in Southern California. *Water Practice and Technology*, *14*(3), 570–578.

28. van Doremalen, N., Bushmaker, T., Morris, D. H., Holbrook, M. G., Gamble, A., Williamson, B. N., Tamin, A., Harcourt, J. L., Thornburg, N. J., Gerber, S. I., Lloyd-Smith, J. O, de Wit, E., & Munster, V. J. (2020). Aerosol and surface stability of SARS-CoV-2 as compared with SARS-CoV-1. *New England Journal of Medicine*, 382(16), 1564–1567.

29. Wang, X.-W., Li, J.-S., Jin, M., Zhen, B., Kong, Q.-X., Song, N., Xiao, W.-J.,Yin, J., Wei, W., Wang, G.-J., Si, B., Guo, B.-Z., Liu, C., Ou, G.-R., Wang, M.-N., Fang, T.-Y., Chao, F.-H., & Li, J.-W. (2005). Study on the resistance of severe acute respiratory syndrome-associated coronavirus.

Journal of Virological Methods, *126*(1–2), 171–177.

30. Wellings, F. M., Lewis, A. L., & Mountain, C. W. (1976). Demonstration of solids-associated virus in wastewater and sludge. *Applied and Environmental Microbiology*, *31*(3), 354–358.

31. Wolfel, R., Corman, V. M., Guggemos, W., Seilmaier, M., Zange, S., Muller, M. A., Niemeyer, D.,... Wendtner, C. (2020). Virological assessment of hospitalized patients with COVID-2019. *Nature*, *581*, 465–469. https:// doi.org/10.1038/s41586-020-2196-x

32. Wrapp, D., Wang, N., Corbett, K. S., Goldsmith, J. A., Hsieh, C.-L., Abiona, O., Graham, B. S., & McLellan, J. S. (2020). Cryo-EM structure of the 2019-nCoV spike in the prefusion conformation. *Science*, *367*(6483), 1260–1263.

33. Xiao, F., Sun, J., Xu, Y., Li, F., Huang, X., Li, H., Zhao, J., Huang, H., & Zhao, J. (2020). Infectious SARS-CoV-2 in feces of patient with severe کووید-۱۹. *Emerging Infectious Disease*, *26*(8). https://doi.org/10.3201/ eid2608.200681

34. Ye, Y., Ellenberg, R. M., Graham, K. E., & Wigginton, K. R. (2016). Survivability, partitioning, and recovery of enveloped viruses in untreated municipal wastewater. *Environmental Science & Technology*, *50*, 5077–5085.

ضمائم

ضمیمه الف: نمونه لیست تجزیه‌وتحلیل ایمنی شغلی

Job Safety Analysis(JSA)

نام اپراتور	شماره کارت پرسنلی:	محل کار (واحد):	شغل اپراتور:

۱- تعریف شغل فرد:

.....

.....

.....

۲- جداسازی مراحل کار اپراتور

.....

.....

.....

۳- خطرات شغلی مراحل کار اپراتور:

.....

.....

.....

۴- وسایل حفاظت فردی و پیشنهادی:

.....

.....

.....

۵- اقدامات کنترلی و اصلاحی پیشنهادی:

.....

.....

.....

تکمیل کننده:	تایید کننده:	تصویب کننده:

ضمیمه ب: نمونه‌ای از تجزیه‌وتحلیل ایمنی شغلی ویژه حفاظت تنفسی

یک سؤال اصلی در صنعت این است که آیا ماسک‌های تنفسی N95 و ماسک‌های جراحی یا ماسکهای گردوغبار برای استفاده خاصی ساخته شده‌اند؟ به‌طورکلی، ماسک‌های جراحی یا گردوغبار برای اکثر کارها مناسب و کافی است، اما در مواجهه با آلاینده‌های نادر، اما خطرناک تر، ماسک‌های N95 یا معادل آن مناسب میباشند. در این بخش یک نمونه از JSA ارائه می‌گردد. رویهم رفته، مثالهای JSA ارائه شده در این پیوست نشان می‌دهد که چگونه شرایط ویژه محل کار و نوع فعالیت‌ها مستلزم نیاز به تجهیزات حفاظت فردی مختلف برای حفاظت از سیستم تنفسی هستند.

تجزیه‌وتحلیل ایمنی شغلی	
شماره JSA :	
عنوان شغل / عملیات: ورودی اولیه زلال ساز WWTP	**تاریخ:** مارس ۲۰۱۶
سازمان / قسمت / بخش: عملیات و نگهداری کارخانه	**تجزیه‌وتحلیل توسط:**
مکان (ها): تصفیه‌خانه فاضلاب	**بررسی تجزیه‌وتحلیل توسط:**
اشخاصی که این وظیفه را انجام می‌دهند: اپراتورها و کارکنان نگهداری	**سرپرست:**
تاریخ شروع کار:	**مدت‌زمان انجام کار:**

وظیفه / مرحله	خطرات بالقوه	روش‌های ایمنی ضروری
۱. جداسازی جریان ورودی زلال‌ساز اولیه	۱. تجهیزات الکتریکی (ترانسفورماتور، دنده سوئیچینگ، قطع کننده، خطوط ولتاژ بالا)	۱. کنترل سیستم انرژی الکتریکی مربوط به جریان ورودی زلال‌ساز را انجام دهید. الف - در صورت کنترل دستی، شیر را در موقعیت بسته قرار داده و پس از تگ‌گذاری (tag-out) از انسداد مسیر

		اطمینان حاصل کنید. ب - اگر جریان ورودی توسط شیر کنترل الکترونیکی یا پنوماتیک کنترل شود؛ کنترل مربوط به انرژی خطرناک را انجام دهید. شیر را قفل و تگ‌گذاری کنید و سپس منبع انرژی الکتریکی و یا پنوماتیک را خاموش کنید. پس از اتمام دریچه دستی را ببندید و سپس از مسدود بودن مسیر اطمینان حاصل کنید.
۲. تخلیه مایعات از زلال‌ساز	۱. ابزار دستی	۱. انجام مراحل تخلیه ممکن است ۸ ساعت طول بکشد. تخلیه زلال‌ساز تا ورود دوباره به برنامه بهره برداری زمان بر می‌باشد. ۲. روش‌های کنترل انرژی خطرناک را روی شیرهای جریان پساب انجام دهید.
۳. برداشتن درب دسترسی به آدم رو ها	۱. ابزار دستی ۲. فضای محدود ۳. بریدگی	۱. پس از تخلیه زلال‌ساز، دریچه دسترسی (آدم رو) را به روش دستی باز کنید. ۲. به دلیل محدود بودن فضا، پروتکل‌های ورود به فضای محدود را رعایت کنید. ۳. دریافت مجوز ورود به فضای محدود در مسیر ورودی. ۴- هر بار قبل از ورود، آزمایش مربوط به هوا را انجام دهید. ۵. روش کنترل انرژی خطرناک را بر روی تجهیزات محرک بازوی چنگک انجام دهید.

۴. جمع‌آوری لجن جمع شده در زلال‌ساز	۱. فضای محدود	۱. در اطراف محیط گودال تخلیه لجن مانعی ایجاد کنید. ۲. با استفاده از فشار شلنگ یا شیلنگ‌های آتش نشانی لجن جمع شده را به گودال تخلیه لجن هدایت کنید. ۳. شستشوی قسمت داخلی زلال‌ساز و بازوی چنگک را تا جایی ادامه دهید که از لجن جمع شده پاک شوند.
۵. بازرسی تجهیزات داخلی بازوی چنگک و سایر سیستم‌ها در صورت لزوم	۱. ابزار دستی ۲. فضای محدود ۳. سیمهای رابط و تجهیزات و ابزارهای الکتریکی	۱. بازرسی سیستم‌های داخلی را در کف زلال‌ساز (بازوی چنگک، تیغه‌های تراشنده و غیره) انجام دهید. ۲. تعمیرات لازم را همان‌طور که مشخص شده انجام دهید.
۶. تمیز کردن کفروب و بازرسی بافل کفروب و عملکرد بازوی کفروب	۱. جرثقیل و کامیون ۲. ابزار دستی ۳. نردبان (قابل حمل، ثابت) ۴. سر و صدا (سطح فشار صدا)، dBA	۱. معمولاً تمیز کردن کفروب با شیلنگ‌های فشار بالا و ایستاده کارگران در دهانه خروجی فاضلابرو انجام می‌شود. توجه: بسته به پیکربندی زلال‌ساز؛ حفاظت از سقوط ممکن است لازم باشد (آستانه ۴ فوت). ۲- پس از تمیز کردن کفروب، بازرسی را انجام داده و کارهایی را که مشخص شده انجام دهید.
۷. سندبلاست و رنگ آمیزی	۱. جرثقیل و کامیون ۲. ابزار دستی ۳. نردبان (قابل حمل، ثابت) ۴. سر و صدا (سطح فشار صدا)، dBA ۵. فضای محدود	۱. پس از اتمام بازرسی و تعمیرات مونتاژ بازوی چنگک، سندبلاست و نقاشی را در صورت لزوم کامل انجام دهید. ۲. در استفاده از سندبلاست ممکن است به حفاظت تنفسی و ازجمله PPE نیاز داشته باشد (توصیه‌های شرکت سازنده

	۶. محافظت از دستگاه تنفسی	را رعایت کنید). ۳. هر بار قبل از ورود، آزمایش هوای فضای محدود را انجام دهید.
۸. بازرسی نهایی و آزمایش پس از اتمام تعمیرات و رنگ آمیزی	۱. تجهیزات رنگ آمیزی	۱. تمام موارد متفرقه و ضایعات ساختمانی جداشده از زلال‌ساز ناشی از سندبلاست را بردارید. ۲. از تنظیم صحیح پره‌های تراشنده اطمینان حاصل کنید. ۳- کنترل مراحل انتقال انرژی را برای راه اندازی تجهیزات انجام دهید. ۴- برای اطمینان از هم ترازی و عملکرد مناسب، مونتاژ بازوی چنگک را اجرا کنید. ۵. اطمینان حاصل کنید که تمام تجهیزات از دستگاه پاک‌کننده جدا شده و سپس دریچه آدم رو را دوباره نصب کنید.
۹. حذف دستگاههای انرژی خطرناک از خط پساب زلال‌ساز	۱. ابزار دستی	۱- کنترل مراحل انرژی خطرناک برای راه اندازی تجهیزات و خطوط انتقال پساب را انجام دهید.
۱۰. باز کردن شیرهای جریان ورودی زلال‌ساز	۱. ابزار دستی	۱. مطابق روال دستگاه‌های کنترل‌کننده انرژی جریان ورودی زلال‌ساز را بردارید. ۲. دریچه‌های ورودی زلال‌ساز را باز کنید. ۳. مونتاژ بازوی چنگک را شروع کنید. ۴. زلال‌ساز را در حالت عادی قرار دهید.

خطرات بالقوه فیزیکی این شغل

خطرات فیزیکی	احتمال	شدت
بریدگی و پارگی دست و بدن	۱	۲
فضای محدود	۲	۴
جرثقیل و کامیون	۲	۳
بریدگی	۱	۱
تجهیزات الکتریکی (ترانسفورماتور، دنده سوئیچینگ، قطع‌کننده، خطوط ولتاژ بالا)	۳	۴
دود اگزوز	۲	۴
سیمهای رابط و تجهیزات و ابزارهای الکتریکی	۱	۲
ابزار دستی	۱	۲
هوای ناخوشایند: رعد و برق، وزش باد شدید، برف، باران، تگرگ	۱	۲
نردبان (قابل حمل، ثابت)	۱	۲
سر و صدا (سطح فشار صدا)، dBA	۱	۲
تجهیزات رنگ آمیزی	۱	۲

پیامدها
برش و خراش
بلند کردن اجسام سنگین، پیچ خوردن، در معرض فشار قرار گرفتن، کشیده شدن، خم شدن
قرار گرفتن در معرض نور بیش‌ازحد (جوشکاری)
سقوط (بیش از ۴ فوت)

شدت	احتمال
۱= خیلی کم	۱= کم
۲= کم	۲= متوسط
۳= متوسط	۳= زیاد
۴= زیاد	
۵= خیلی زیاد	

اقدامات کنترلی برای کاهش عوامل خطر در این شغل

کنترل‌های اجرایی: استفاده از برچسب CAD برای مشخص شدن محل شیر برای بستن شخص ماهر و دارای مجوز روش مناسب برای فضای محدود اتخاذ تدابیر ضروری روش کار مناسب خلاصه‌ایمنی قبل از کار و بازرسی‌ها (قبل از کار) از مناطق کار، تجهیزات، ابزار و غیره کنترل انرژی خطرناک نظارت (کیفیت هوای خطرناک) جلسات ایمنی مداوم	**آموزش‌های مورد نیاز:** فضای محدود برنامه‌های اضطراری و برنامه‌های پیشگیری از آتش‌سوزی مسدودسازی انرژی (قفل کردن / تگ‌گذاری) محافظت در برابر سقوط: نردبان، راه پله و سایر سطوح کاری کنترل انرژی خطرناک حفاظت از دستگاه تنفسی داربست (نصب / بازرسی) جوش، برش و لحیم‌کاری
کنترل‌های مهندسی: مانع یا علامت‌گذاری دستگاه جداسازی انرژی سازه‌ها یا دستگاه‌های محافظت‌کننده در برابر سقوط بستن دریچه‌ها تا جریان آب به سمت دستگاه‌هایی که تعویض و تعمیر می‌شوند قطع شود. در صورت نیاز انجام تهویه	**تجهیزات حفاظت فردی مورد نیاز:** چکمه پوشاننده پنجه پا و ساق پا، کف مناسب لباس: شلوار بلند و ضد آب، لباس کار، لباس پیراهن آستین بلند دستکش، دستکش کار کلاه ایمنی ماسک، N95 یا سایر ماسک‌های تنفسی؛ بسته به نوع وظیفه و خطرات موجود متفاوت است عینک ایمنی، محافظ صورت: بسته به نوع کار
مجوز (های) مورد نیاز: مجوز ورود محدود اجازه کار ویژه کنترل انرژی خطرناک	**سایر اطلاعات:** خاموش کردن مولد انرژی قبل از شروع، جلسات ایمنی قبل از کار.