inge
heart of pure water

# دستورالعمل بهره‌برداری

BASF
The Chemical Company

## ۱-مقدمه

شرکت inge GmbH ، که مقر آن شهر Greifenberg واقع در Ammersee lake در Bavaria Germany می‌باشد ، ارائه دهنده‌ی پیشرو فن‌آوری اولترافیلتراسیون در دنیا است ، فرایندی غشایی که برای تصفیه‌ی آب آشامیدنی ، آب فرآیند ، پساب و آب دریا مورد استفاده قرار می‌گیرد. توسط شبکه‌ای از همکاران ، این شرکت توانسته است به یک شرکت جهانی تبدیل شود ، inge GmbH با موفقیت توانسته است پروژه‌های مرجع متعددی را در سراسر جهان با استفاده از این فن‌آوری مؤثر به پایان رساند.

گستره‌ی تولیدات این شرکت شامل مدول‌های اولترافیلتراسیون با بازدهی بالا و طرح‌های قفسه‌ای می‌باشد که به‌عنوان اجزای اصلی تصفیه‌خانه‌های آب مقرون به صرفه بوده و فضای کمی را اشغال می‌کند ، این امر با حمایت فنی فوق العاده از مشتریان تکمیل می‌گردد. تمام محصولات این شرکت مبتنی بر توسعه‌ی خانگی فن‌آوری غشایی ، ثبت شده با نام Multibore® می‌باشند ، و استانداردهایی با کیفیت بالا همچون کالاهای آلمانی مرغوب را ارائه می‌کنند.

این نسخه جدیدترین ویرایش به‌روز شده‌ی دستورالعمل بهره‌برداری ما می‌باشد. ما بیشترین دقت را جهت اطمینان از صحت محتویات این راهنما صرف نموده‌ایم. این دستورالعمل جامع حاوی اطلاعات مفید ، راهنمایی‌ها ، توصیه‌ها و دستورالعمل‌ها می‌باشد.

تطابق کامل و مناسب با کتابچه‌ی راهنمای بهره‌برداری، یک پیش نیاز جهت استفاده از گارانتی می‌باشد. چنان‌چه تمایل دارید از موارد ارائه شده در کتابچه راهنمای بهره‌برداری منحرف شوید و تأییدیه کتبی اخذ نمایید ، لطفاً با inge GmbH تماس بگیرید. در غیر این صورت ممکن است شما در آینده دچار خطر بدون اعتبار شدن هرگونه ضمانتی بشوید.

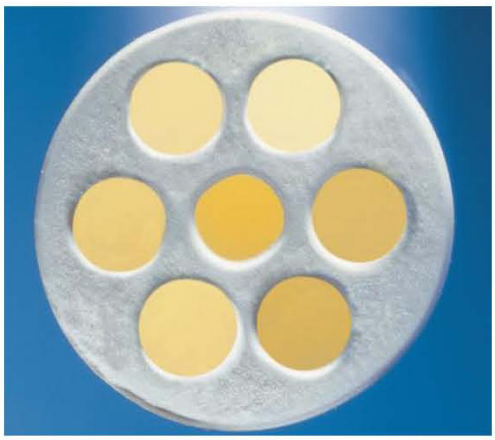
لطفا توجه داشته باشید که آشنایی شما با دستورالعمل ایمنی مناسب جهت مرتب نمودن و دست زدن به مواد شیمیایی مختلف مورد استفاده در فرآیندهای تصفیه آب و فرآیندهای همراه بسیار مهم می‌باشد. لطفا مطمئن شوید که از رهنمودهای صریح موجود در به‌روزترین برگه‌های مربوط به اطلاعات ایمنی پیروی نموده‌اید.

## ۲- خانواده‌ی محصولات inge

### ۲-۱ فن‌آوری ممبرین Multibore®

غشای Multibore® که توسط inge GmbH تولید شده است (شکل ۲-۱ را ببینید) ترکیبی از هفت لوله‌ی موئین با قطر یکسان در داخل یک فیبر می‌باشد. پایداری مکانیکی این غشاء به‌طور قابل توجهی بیشتر از غشاهای معمولی با یک فیبر توخالی است. ممبرین‌های Multibore® معمولا در حالت مسدود بودن لوله مورد استفاده قرار می‌گیرند و در فواصل منظم از طریق شستشوی معکوس تمیز می‌شوند. در اصل عملیات متقاطع نیز امکان‌پذیر است ، هرچند که تنها در شرایط خاص استفاده می شود.

شکل ۲-۱: غشای Multibore® ساخته شده توسط inge GmbH



inge GmbH ممبرین‌های Multibore® خود را با استفاده از لوله‌های موئین با قطر ۰.۹ میلی‌متر یا ۱.۵ میلی‌متر (۰.۰۳۵ یا ۰.۰۵۹ اینچ) تهیه می‌کند تا برای انواع مختلفی از کاربردها مناسب باشند. حتی قطر کوچکتر از ۰.۹ میلی‌متر (۰.۰۳۵ اینچ) نیز در واقع بزرگتر از غشاهای موئین متعارف می‌باشد که معمولاً در کاربردهای مشابه استفاده می شود. چنین الیافی با قطر بزرگتر قادرند با جامدات بیشتری مقابله کنند. افت فشار در امتداد الیاف مجزا ، به‌طور قابل توجهی در مقایسه با لوله‌های موئین کوچکتر کمتر می‌باشد. در نتیجه توزیع آب در طول لوله‌های موئین بهتر و یکنواخت‌تر است. از دیگر مزایای این طرح ، بهبود فرآیند شستشوی معکوس می‌باشد : رسوب انباشته شده به‌طور مؤثرتری برطرف می‌شود ، که معمولاً به‌این معنی است که شما به آب شستشوی کمتر و سطح غشایی کوچک‌تری نیاز خواهید داشت .

فیبرهای حاوی یک لوله‌ی موئین با قطر ۱.۵ میلی‌متر (۰.۰۵۹ اینچ) انتخاب معقولی جهت کاربردهایی با مقادیر زیادی از مواد جامد می‌باشند – مثلاً آب شستشو برای الیاف معمولی ، تصفیه‌ی آب خروجی از تصفیه‌خانه‌ی فاضلاب شهری، و یا سیستم‌های دو مرحله‌ای UF. معمولاً برای آب با غلظت جامدات معلق بیشتر از ۵۰ میلی‌گرم در لیتر ، استفاده از لوله موئینی با قطر ۱.۵ میلی‌متر (۰.۰۵۹ اینچ) توصیه می شود . قطر بزرگ‌تر به‌طور قابل توجهی می‌تواند مقدار مواد

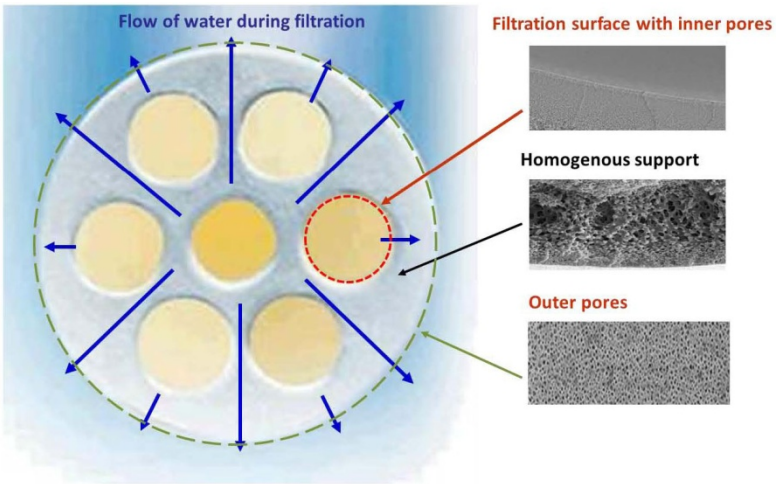
جامدی که توسط لوله‌های موئین حذف می‌شود را افزایش دهد ، در اصل، موجب زیادتر شدن سرعت جریان و کمتر شدن افت فشار در بهره‌برداری با جریان متقاطع می‌گردد ، در صورت به‌کارگیری.

ممبرین Multibore® در یک مرحله تنها با استفاده از یک ماده (پلی اتر سولفن = PES) در یک فرآیند تولید انحصاری ، تنیده می‌شود. تنیدن غشاء با استفاده از تنها یک ماده ، ممبرین "یکپارچه‌ای" را تولید می‌کند. بر خلاف ممبرین‌های کامپوزیتی ، که از چندین لایه از مواد مختلف تشکیل شده‌اند ، در ممبرین‌های یکپارچه خطر پوسته شدن لایه‌ی مجزا وجود ندارد. این امر یک مزیت بزرگ برای ممبرین یکپارچه می‌باشد.

PES پایه‌ی پلیمری موجب افزایش خاصیت هیدروفیلی ممبرین می‌شود. افزایش خاصیت هیدروفیلی ظرفیت سطح غشاء را جهت جذب مواد آلی کاهش می‌دهد ، در نتیجه عملکرد بهره‌برداری با کم شدن رسوب ممبرین بهبود می‌یابد. فرآیند ساخت ، سطح فیلتراسیون فوق العاده نازک و معینی را (رابط) در داخل هفت لوله‌ی موئین با مقاومت بسیار کم نسبت به نفوذ و با منافذ داخلی با اندازه‌ی تقریبی ۲۰ نانومتر تولید می‌کند (شکل ۲-۲ را ببینید). ساختار محافظ غشاء به‌صورت نامتقارن با منافذ بیرونی به قطر تقریبی ۱ µm می‌باشد. با وجود اندازه‌ی کوچک منافذ داخلی ، ممبرین / مدول ( بخش " فن‌آوری مدول dizzer®" را ببینید ) قادر است به قابلیت نفوذ درحدود ۷۰۰ LMH/bar (۲۸.۴ GFD/psi) در آب تمیز ، به‌لطف تخلخل بهینه و عدم تقارن دست یابد.

لوله‌های موئین مجزا ، توسط یک ساختار محافظ و همگن که نفوذپذیری آن در حدود ۱۰۰۰ برابر بیشتر از سطح مشترک واقعی فیلتراسیون در لوله‌های موئین می‌باشد ، به‌صورتی پایدار و محکم به یکدیگر متصل می شوند. لوله‌های موئین در فواصل معین از یکدیگر قرار می‌گیرند تا از توزیع یکنواخت آب در داخل ممبرین Multibore® و ثبات کلی برتر اطمینان حاصل شود.

شکل ۲-۲ : سطح مقطع یک ممبرین Multibore®



ممبرین‌های اولترافیلتراسیون Multibore® به‌صورت "داخل به خارج" کار می‌کنند ، یعنی آب خوراک در حالت فیلتراسیون از داخل به خارج لوله‌های موئین و در حالت شستشوی معکوس در جهت عکس ، یعنی از خارج به داخل لوله‌های موئین جاری می‌شود.

ممبرین‌های اولترافیلتراسیون inge Multibore® به‌طور قابل اعتمادی ذرات، باکتری‌ها و ویروس‌ها را از انواع منابع آبی حذف می‌کنند، حتی اگر در کیفیت آب خوراک نوساناتی وجود داشته باشد. برای تضمین حذف صحیح آلاینده‌ها از سیستم ، حفظ یکپارچگی الیاف غشاء ، یک پیش شرط کلیدی می‌باشد. اگرچه با توجه به ثبات فوق العاده‌ی ممبرین‌های Multibore® بوجود آمدن عیب و نقص در لوله‌های موئین بسیار بعید به‌نظر می‌رسد ، اما یکپارچگی ممبرین‌ها یا لوله‌های موئین هنوز هم می تواند تحت تأثیر عواملی منفی مانند مواد تأیید نشده در آب خوراک و ، به‌ویژه، تنش مکانیکی بیش از حد ناشی از بهره‌برداری نادرست قرار بگیرد. برای جلوگیری از این اتفاق ، رعایت دستورالعمل‌ها و مشخصات موجود در بخش‌های "طراحی و ساخت" و "راهنمای بهره‌برداری مدول‌ها/قفسه‌های inge" مهم می‌باشد.

## ۲-۲ فن‌آوری مدول dizzer®

ممبرین‌های UF ساخته شده توسط inge GmbH در یک لوله‌ی تحت فشار قرار دارند. آرایه به دست آمده با نام مدول inge dizzer®، که شامل ویژگی‌های منحصر به فرد طراحی است ، متناسب با الزامات خاص اولترافیلتراسیون در صنعت تصفیه آب می‌باشد. برای بهینه‌سازی ویژگی‌های هیدرودینامیکی طراحی داخلی در جهت بهبود بهره‌وری شستشو و یکپارچگی ممبرین مدول ، دقت خاصی صرف شده است. جزئیات بیشتری در مورد این اصلاحات در زیر توضیح داده شده است.
مدول‌های dizzer® برحسب اندازه‌های مختلف از سیستم‌هایی با مقیاس کوچک برای POU (نقطه استفاده) و POE (نقطه ورود) تا سیستم هایی با مقیاس بزرگ جهت تأسیسات صنعتی و کارگاه‌های شهری موجود می‌باشند (شکل ۲-۳ را ببینید). هر مدول به‌طور کامل مجهز به محفظه و درپوش انتهایی مخصوص به‌خود بوده و می تواند به عنوان یک واحد مستقل مورد بهره‌برداری قرار گیرد. مدول‌ها به‌گونه‌ای طراحی شده اند تا بتوانند به‌راحتی مونتاژ و برچیده شوند.

شکل ۲-۳ : مدول‌های dizzer® با اندازه‌های گوناگون

برای اطلاعات بیشتر در مورد مشخصات فنی مدول‌های inge dizzer® ذکر شده در جدول ۱-۲ ، لطفاً به برگه‌های اطلاعات محصول مربوطه مراجعه کنید.

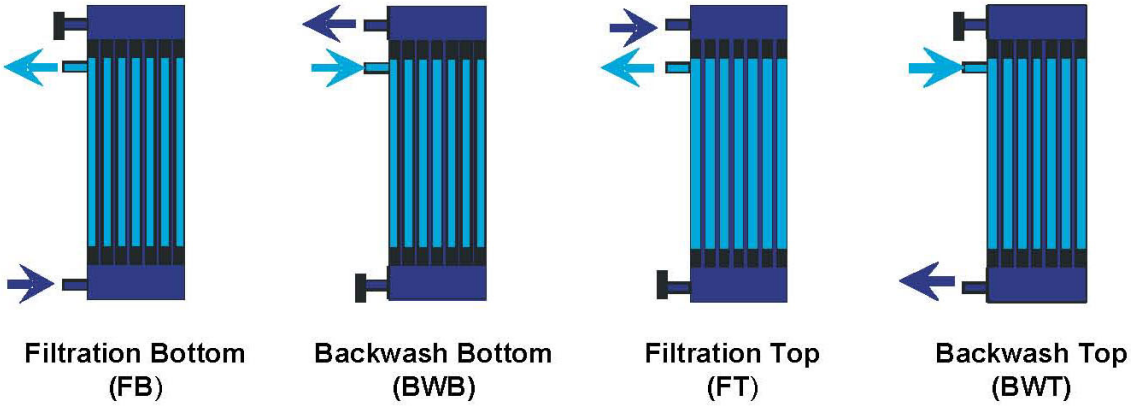
مدول‌های dizzer® برای نصب عمودی طراحی شده‌اند تا از تخلیه‌ی مؤثر هوا از مدول‌ها و نیز صحت سیستم UF اطمینان حاصل شود. همچنین نصب و راه‌اندازی عمودی باعث می شود که آزمایش‌های نگهداری فشار میسر شود تا بدین وسیله بتوان یک بررسی ساده و قابل اعتماد در مورد یکپارچگی ممبرین انجام داد. به لطف استفاده از لوله های شفاف (هم در طرف خوراک و هم در سمت آب فیلترشده بر حسب سیستم ؛ بخش "آزمایش یکپارچگی" را ببینید) ، بهره‌برداران می‌توانند با انجام آزمون یکپارچگی بدون نیاز به خارج کردن مدول‌ها از ابتدا ، مدول‌های معیوب را تشخیص دهند.

جدول ۱-۲ : مدول‌های inge dizzer®

| نوع مدول | قطر لوله موئین | | سطح غشاء | |
|---|---|---|---|---|
| | mm | inch | $m^2$ | $ft^2$ |
| dizzer® XL 0.9 MB 70 | 0.9 | 0.035 | 70 | 753 |
| dizzer® XL 0.9 MB 60 | 0.9 | 0.035 | 60 | 646 |
| dizzer® XL 1.5 MB 40 | 1.5 | 0.059 | 40 | 431 |
| dizzer® XL 0.9 MB 38 | 0.9 | 0.035 | 38 | 409 |
| dizzer® XL 1.5 MB 25 | 1.5 | 0.059 | 24 | 258 |
| dizzer® 5000 plus 0.9 MB 50 | 0.9 | 0.035 | 50 | 538 |
| dizzer® 5000 plus 1.5 MB 30 | 1.5 | 0.059 | 30 | 323 |
| dizzer® P 4040 - 6.0 | 0.9 | 0.035 | 6 | 65 |
| dizzer® P 4021 - 2.5 | 0.9 | 0.035 | 2.5 | 27 |
| dizzer® P 4040 - 4.0 | 1.5 | 0.059 | 4 | 43 |
| dizzer® P 4021 - 1.8 | 1.5 | 0.059 | 1.8 | 19 |
| dizzer® P 2521 - 1.0 | 0.9 | 0.035 | 1 | 11 |
| dizzer® P 2514 - 0.5 | 0.9 | 0.035 | 0.5 | 5 |

طراحی انعطاف‌پذیر مدول‌های dizzer® به بهره‌برداران این اجازه را می‌دهد که بین چند گزینه‌ی مختلف انتخاب داشته باشند. مدول‌ها می‌توانند در دو حالت بن بست و جریان متقاطع عمل نمایند، هر چند به طور کلی بهره‌برداری بن‌بست مقرون به صرفه‌ترین انتخاب برای اکثر برنامه های کاربردی است . عملیات تصفیه و تمیز کردن مدول می‌تواند از بالا به پایین و از پایین به بالا انجام شود (شکل ۴-۲ و بخش "بهره‌برداری از ممبرین" را ببینید).

شکل ۲-۴ : مسیر جریان در مدول dizzer® در حالت تصفیه و شستشوی معکوس




## ۲-۳ طراحی هیدرودینامیکی بهینه مدول dizzer®

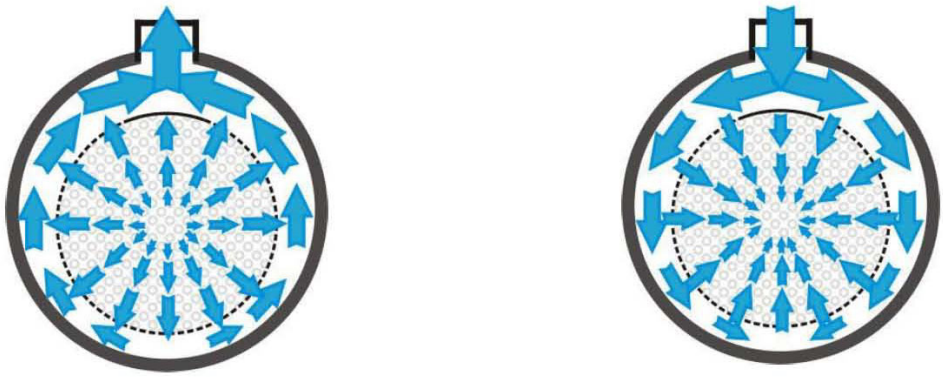
طبق تعریف، تنها بخش غیر قابل برگشت جرم / رسوب (یعنی کیکی از ذرات که بر روی سطح ممبرین رسوب می‌کنند) بر روی غشاء و در مدول پس از شستشوی معکوس باقی می‌ماند . این بخش متعاقباً می تواند با اضافه کردن مواد شیمیایی به شستشوی معکوس برداشته شود. برحسب طول مدت وجود جرم / رسوب در محل و میزان استحکام اتصال آن ، فرآیند شستشوی شیمیایی باید با شدت‌های مختلفی انجام شود. تحقیقات نشان داده است که افزایش تناوب شستشوی شدید شیمیایی طول عمر غشاء را کم می‌کند. بنابراین ، عملیات شستشوی معکوس مؤثر و ساده که در همه مناطق مدول نفوذ می‌کند ، می تواند به کاهش استفاده از مواد شیمیایی و تناوب عملیات شستشو در محل و در نتیجه افزایش عمر مفید الیاف غشاء کمک نماید. علاوه بر کاهش بار شیمیایی، حداقل کردن تنش مکانیکی تجربه شده توسط ممبرین در طول فرآیند شستشو نیز مهم می‌باشد.

برای رسیدن به این دو هدف ، مدول‌های dizzer® از نظر هیدرودینامیکی به‌صورت بهینه طراحی شده‌اند و با یک لوله سوراخ‌دار داخلی برای تولید یک شکاف حلقوی بین لوله های درونی و بیرونی ، مجهز شده است (شکل ۲-۵ را ببینید).

شکل ۲-۵ : مدول dizzer® با لوله سوراخ‌دار داخلی

این طرح ابتکاری با ایجاد توزیع یکنواخت جریان در سراسر قطر و طول مدول در طی عملیات فیلتراسیون و شستشوی معکوس ، مدول‌های dizzer® را به مزیتی بزرگ برای سیستم‌هایی تبدیل می‌کند که در آن‌ها از یک لوله‌ی مرکزی استفاده شده است . به لطف افزایش مداوم سطح انتقال در مدول‌های dizzer® در جهت جریان شعاعی ، شدت جریان حجمی آب فیلتر شده و آب حاصل از شستشوی معکوس متناسب با سطح غشائی است که در هر نقطه از سطح مقطع در کل مدول تحت فشار قرار می‌گیرد. شکل ۶-۲ حقیقت جریان بنیادی را نشان می دهد. به‌خاطر وضوح ، ابعاد اصلی تغییر داده شده‌اند.

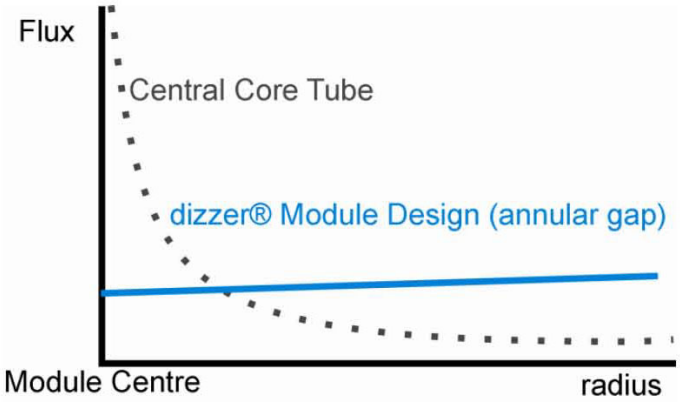
شکل ۶-۲ : توزیع شعاعی جریان در مدول‌های dizzer® XL و dizzer® 5000plus



سطح مقطع در حالت شستشوی معکوس  سطح مقطع در حالت فیلترشدن

شکل ۷-۲ این تفاوت را با نمایش توزیع شدت نفوذ شعاعی در سراسر سطح مقطع مدول نشان می دهد. در سیستم‌هایی با لوله هسته‌ای مرکزی، از مرکز مدول (نقطه‌ی صفر روی محور طولی) به‌طرف لبه‌ی مدول ، سرعت جریان شستشوی معکوس کاهش می‌یابد زیرا سطحی که آب باید از طریق آن منتقل شود به‌طور پیوسته بزرگ‌تر می‌شود. در حالت فیلتراسیون ، سرعت در امتداد لوله با هسته‌ی مرکزی افزایش می‌یابد ، یعنی همان‌طوری‌که سطح انتقال کوچک‌تر می‌شود ، نرخ شدت جریان حجمی زیاد شده و این امر موجب افت فشار قابل توجهی می‌گردد. به‌هرحال ، در مدول‌های dizzer® ، که آب در آن‌ها به‌صورت وارونه توزیع می‌شود ، سیستم دارای سرعتی زیاد و پایدار بوده و نیز توزیع آب در سراسر سطح مقطع مدول در طی عملیات شستشوی معکوس و فیلتراسیون یکنواخت می‌باشد. به عبارت دیگر، هر لوله‌ی موئین موجود در مدول مقدار آب  یکسانی را "می بیند".

شکل ۲-۷ : مقایسه توزیع شدت نفوذ شعاعی بین شکاف حلقوی و لوله مرکزی




این توزیع یکنواخت بسیار مهم می‌باشد ، به خصوص در حالت شستشوی معکوس که در آن مقادیر جریان و نرخ شدت نفوذ تقریباً ۳ برابر بیشتر از حالت فیلتراسیون است.

علاوه‌براین با یکنواخت شدن بیشتر، با وجود بالا بودن چگالی پوشش، افت فشار شعاعی نیز بسیار کم می‌شود. زیرا قطر خارجی الیاف Multibore® بزرگ می‌باشد و این بدان معنی است که مقاومت در برابر جریان عبوری از طریق مجموعه‌ی غشاءها ناچیز است.

توزیع فشار نیز در جهت جریان محوری بسیار یکنواخت است. به‌دلیل این که شکاف حلقوی بین لوله‌ی درونی سوراخ‌دار و لوله‌ی خارجی ، آب را در سراسر طول مدول با افت فشار ناچیزی توزیع می‌کند.

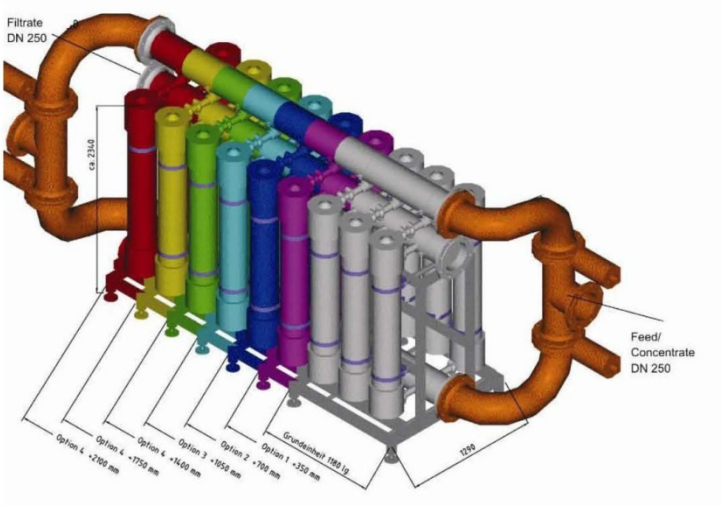
یکی از نتایج این طرح ابتکاری، این است که مدول‌های dizzer® قادرند مؤثر بودن شستشوی معکوس در سراسر مدول را ضمانت کنند.

## ۲-4 مدول‌های dizzer® در سیستم‌های قفسه‌ای متداول

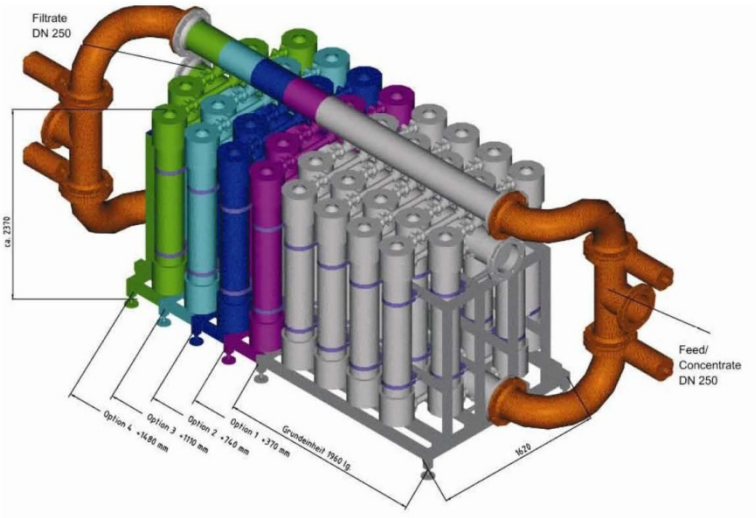
علاوه بر ساختار و ترتیب غشاء و مدول‌ها ، عامل تعیین‌کننده‌ی دیگر در یک سیستم اولترافیلتراسیون ، طراحی قفسه می‌باشد. مدول‌های dizzer® به‌صورت عمودی در قفسه‌هایی که معمولاً شامل یک قاب، لوله‌کشی متصل، دستگاه‌های اندازه‌گیری مختلف و چند مدول می‌باشد ، نصب شده‌اند. این امر طراحی مدول را آسان می‌سازد آن‌گونه که بتوان در صورت لزوم آن‌را کوچک یا بزرگ نمود.

به‌لطف چیدمان عمودی مدول‌ها، دسترسی به‌آن‌ها جهت انجام عملیات تعمیر و نگهداری بسیار آسان بوده حال آن‌که اجرای عملیات تخلیه مدول نیز بسیار ساده می‌باشد. این سیستم به‌گونه‌ای طراحی شده است که قادر باشد در صورت نیاز به‌طور خودکار آزمایش یکپارچگی را انجام دهد. دسترسی به هر یک از مدول‌ها به‌راحتی انجام می‌شود. شکل ۲-۸ و ۲-۹ چیدمان متعارف دو ردیفی و چهار ردیفی را نشان می‌دهند. نمونه‌ای از ابعاد جهت اندازه‌های مختلف قفسه‌های معمولی در جدول ۲-۲ نشان داده شده است، هر چند اطلاعات ارائه شده تنها برای به‌دست آوردن یک برآورد تقریبی مناسب می‌باشد. ابعاد واقعی ممکن است به‌طور قابل توجهی با مشخصات داده شده در این جدول ، برحسب طراحی قفسه ، متفاوت باشد.

شکل ۲-۸ : نمونه‌ای از طراحی قفسه برای مدول‌های dizzer® 18 با لوله‌ی اصلی مرکزی و چیدمان یک ردیفی در هر طرف




شکل ۲-۹ : نمونه‌ای از طراحی قفسه برای مدول‌های dizzer® 34 با لوله‌ی اصلی مرکزی و چیدمان دو ردیفی در هر طرف



جدول ۲-۲ : نمونه‌ای از ابعاد جهت سیستم‌های قفسه‌ای متعارف با مدول‌های dizzer®

| تعداد مدول‌ها در هر قفسه | ۶ | 24 | 48 | 72 | 80 |
|---|---|---|---|---|---|
| جانمایی مدول | ۲ ردیفی | ۲ ردیفی | 4 ردیفی | 4 ردیفی | 4 ردیفی |
| فضای بین قفسه‌ها (mm) | 900 | 900 | 900 | 900 | 900 |
| فضای بین قفسه‌ها(inch) | 35.4 | 35.4 | 35.4 | 35.4 | 35.4 |
| وزن قفسه (kg) | | | | | |
| خشک | 800 | 2500 | 5000 | 8000 | 8500 |
| در حال کار | 1200 | 4000 | 9000 | 13000 | 14800 |
| ابعاد قفسه (mm) | | | | | |
| طول | 1180 | 3150 | 5500 | 8200 | 8500 |
| عرض | 1200 | 1200 | 1900 | 1900 | 1900 |
| ارتفاع | 2150 | 2400 | 2550 | 2550 | 2550 |
| ابعاد قفسه (inch) | | | | | |
| طول | 46.5 | 124 | 216.5 | 322.8 | 334.7 |
| عرض | 47.2 | 47.2 | 74.8 | 74.8 | 74.8 |
| ارتفاع | 84.7 | 94.5 | 100.4 | 100.4 | 100.4 |

## ۲-۵ مدول‌های dizzer® در سیستم T-Rack®

شرکت inge GmbH اولین عرضه‌کننده‌ی سیستم UF به منظور توسعه طراحی مدول / قفسه‌ی یکپارچه و منحصر به فرد می‌باشد. سیستم فوق العاده فشرده‌ی شرکت inge GmbH با مدول‌های dizzer® XL که به‌صورت عمودی نصب شده‌اند ، با پیکربندی اولیه‌ی یکسان به‌عنوان یک سیستم قفسه‌ای متعارف ، تجهیز شده است.
اما برخلاف سیستم‌های مرسوم ، سیستم T-Rack® دارای لوله‌های اصلی برای خوراک و تخلیه می‌باشد که از قبل در درپوش‌های انتهایی یکی شده‌اند ، یکی از ویژگی‌های این نوع طراحی صرفه‌جویی در فضا از طریق خلاصه کردن لوله‌ها و اتصالات (شکل ۲-۱۰ را ببینید) می‌باشد.

شکل ۲-۱۰ : فن‌آوری مدول/قفسه‌ی یکپارچه T-Rack® vario

کل سیستم از PVC-U مقاوم در برابر در برابر خوردگی و اشعه ماوراء بنفش ساخته شده است، در نتیجه از انتخاب فولاد ضد زنگ نسبتاً گران قیمت اجتناب شده است. ثابت شده است که PVC-U یک ماده بسیار با دوام می‌باشد آن‌چنان‌که خطر خوردگی را ، به‌خصوص در هنگام تصفیه آب دریا و دیگر انواع تهاجمی آب ، از بین می‌برد. بر خلاف سیستم‌های قفسه‌ای متعارف، T-Rack® نیازی به قاب فولادی برای اتصال مدول‌ها و لوله‌های اصلی به یکدیگر ندارد. طراحی T-Rack® منحصراً شامل یک سیستم حفاظتی قابل تغییر می‌باشد که به لوله‌های اصلی بالا و پایین متصل شده است.

برای کاربردهایی که جهت رسیدن به سطوح بالاتری از مقاومت در برابر فشار نیاز به T-Rack® دارند ، به‌خصوص در دماهای بالا، شرکت inge GmbH نسخه ویژه‌ای از T-Rack® vario را با نام T-Rack® 3.0 ارائه داده است. به لطف جوش‌کاری مستقیم قطعات T شکل به بدنه‌ی مدول، اتصال مدول‌های مجزا به لوله‌های اصلی با استفاده از کوپل لوله‌های قابل تغییر ۶ اینچ ، و طرحی که همه‌ی اتصالات چسبی را حذف می کند ، T-Rack® قادر به ارائه‌ی فشار طراحی ۵ بار در ۴۰ درجه سانتی‌گراد با طول عمر ۱۰ سال می‌باشد (برای جزئیات بیشتر ، بخش مربوط به "شرایط مجاز برای بهره‌برداری ، آب‌کشی ، تمیز کردن و ضد عفونی نمودن" را ببینید).

T-Rack® می‌تواند به‌عنوان یک سیستم واحد حاوی ۸۰ مدول dizzer® UF با یک آرایش چهار ردیفی ، با ظرفیت حدود ۲۲۰۰ گالن در دقیقه (500 $m^3/h$) مونتاژ شود (بر حسب کیفیت آب) (تعداد دقیق مدول‌ها بسته به نوع مدول و سیستم T-Rack® متفاوت است ؛ برای جزئیات بیشتر بخش "مونتاژ و تعمیر و نگهداری" را ببینید) ). پیکربندی سیستم بسیار انعطاف پذیر است و می‌تواند تحت هر شرایطی با الزامات مورد نیاز در محل بسیار متناسب شود. برای مثال، می‌توان برای ساختن T-Rack® با ۴۰ مدول از دو زیر واحد - هر کدام دارای ۲۰ مدول - که به‌طور سری و یا پی در پی متصل شده‌اند ، استفاده نمود (چیدمان دو ردیفی ، شکل ۱۱-۲ را ببینید). متناوباً ، واحدهای T-Rack® را می توان به‌گونه‌ای چید که در مجاورت یکدیگر قرار گیرند (چیدمان چهار ردیفی ، شکل ۱۲-۲ را ببینید). طراحی چهار ردیفی با قابلیت بهره‌برداری از چهار خط اولترافیلتراسیون مستقل ، درجه بالایی از انعطاف پذیری را ارائه می دهد (با فرض مناسب بودن چیدمان لوله کشی).

شکل ۱۱-۲ : مدول‌های dizzer® XL 40 با چیدمان دو ردیفی T-Rack®

شکل ۲-۱۲ : مدول‌های XL dizzer® 40 با چیدمان چهار ردیفی T-Rack®

نمونه‌ای از ابعاد جهت چیدمان‌های مختلفی از T-Rack® vario در جدول ۲-۳ آورده شده است .

جدول ۲-۳ : نمونه‌ای از ابعاد برای چیدمان‌هایی از T-Rack® vario

| تعداد مدول‌ها در هر قفسه | ۶ | 24 | 48 | 72 | 80 |
|---|---|---|---|---|---|
| جانمایی مدول | ۲ ردیفی | ۲ ردیفی | 4 ردیفی | 4 ردیفی | 4 ردیفی |
| فضای بین قفسه‌ها (mm) | 900 | 900 | 900 | 900 | 900 |
| فضای بین قفسه‌ها(inch) | 35.4 | 35.4 | 35.4 | 35.4 | 35.4 |
| وزن قفسه (kg) | | | | | |
| خشک | 450 | 1740 | 3470 | 5240 | 5810 |
| در حال کار | 750 | 2880 | 5750 | 8680 | 9630 |
| ابعاد قفسه (mm) | | | | | |
| طول | 1165 | 4135 | 4135 | 6295 | 6955 |
| عرض | 710 | 710 | 1420 | 1420 | 1420 |
| ارتفاع | 2400 | 2400 | 2400 | 2400 | 2400 |
| ابعاد قفسه (inch) | | | | | |
| طول | 45.9 | 162.8 | 162.8 | 247.8 | 273.8 |
| عرض | 28 | 28 | 55.9 | 55.9 | 55.9 |
| ارتفاع | 94.5 | 94.5 | 94.5 | 94.5 | 94.5 |

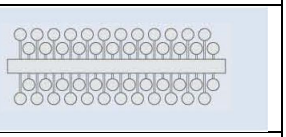
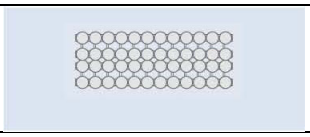
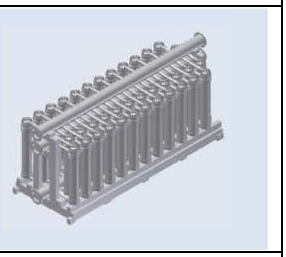
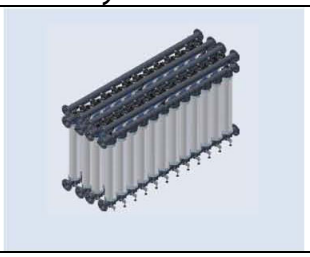
## ۲-۶ فن‌آوری T-Rack® در قیاس با سیستم های قفسه‌ای معمولی چگونه است؟

T-Rack® یک راه حل برای صرفه‌جویی در فضا است که مزیت‌های روشنی را نسبت به طرح‌های قفسه‌ای معمولی ارائه می‌دهد. طراحی فشرده‌ی آن باعث شده است که تا ۶۰٪ فضای کم‌تری را اشغال کند. درحقیقت ، این سیستم فشرده‌ترین سیستم UF موجود در بازار است (شکل ۲-۱۳ را ببینید).

حداقل مساحت اشغال‌شده توسط این طرح و موادی که بسیار با دقت انتخاب شده‌اند ، قادرند هزینه‌های سرمایه‌گذاری اولیه را به‌طور قابل توجهی کاهش دهند. بر حسب مقیاس پروژه ، می‌توان تا ۵٪ در هزینه‌ی سیستم UF واقعی صرفه‌جویی نمود. در اکثر تصفیه‌خانه‌های موجود، فضای قابل استفاده جهت ارتقای سیستم فیلتراسیون عمقی به یک سیستم اولترافیلتراسیون حداقل است، یعنی در اغلب موارد ارتقاء به یک سبک متعارف از سیستم قفسه‌ای UF غیر ممکن می‌باشد. با انتخاب طرح T-Rack®، در هر حالتی ، حتی ساختمان‌های کوچک با سقف‌های کوچک نیز می‌توانند با فن‌آوری UF مجهز شوند (مثلاً کانتینرها و زیرزمین‌ها). برای مثال، در فضایی که ۱۰ متر مربع مساحت دارد می‌توان به ظرفیت ۵۰۰ مترمکعب در ساعت دست یافت.

و برحسب پیکربندی T-Rack® انتخاب‌شده ، دستیابی به صرفه‌جویی در وزن تا درصد ۳۰ به‌همراه فضای اشغال شده‌ی کمتر میسر می‌گردد.

شکل ۳-۱۳ : مقایسه‌ی T-Rack® vario با یک قفسه‌بندی معمولی

| قفسه‌بندی معمولی | T-Rack® vario |
|---|---|
| عرض 1.9 m | عرض 1.4 m |
| طول 5.5 m | طول 4.1 m |
| ارتفاع 2.5 m | ارتفاع 2.4 m |
| مساحت 10.6 $m^2$ | مساحت 5.9 $m^2$ |
|  |  |
| | مساحت کم‌شده |
|  |  |
| | راه‌حلی فشرده‌تر |

## ۳ حالت‌های بهره‌برداری از ممبرین

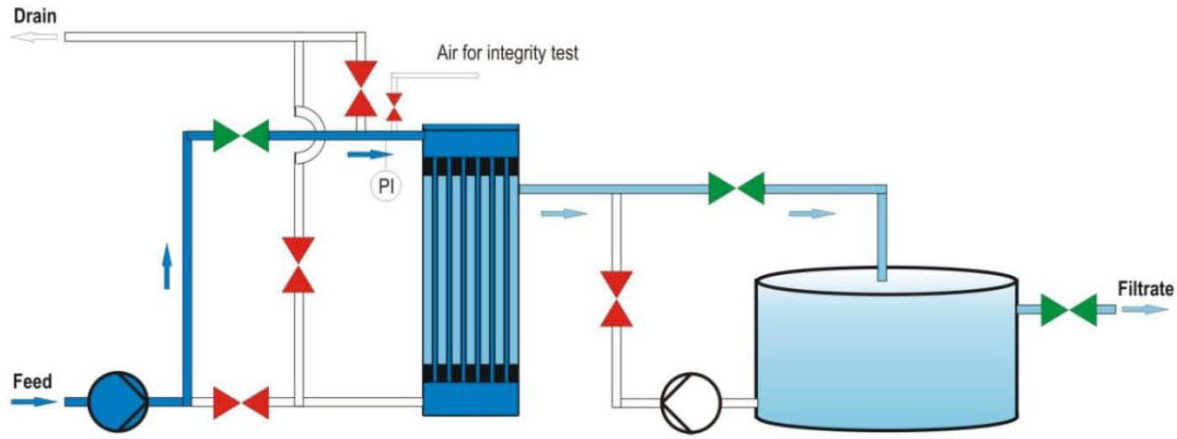
### ۳-۱ فیلتراسیون و شستشوی معکوس

در حالت فیلتراسیون ، آب منبع با فشار از میان غشای اولترافیلتراسیون از سمت خوراک به طرف آب فیلتر شده عبور کرده و تصفیه می‌شود. آلاینده‌های موجود در آب، که توسط سطح فیلتراسیون نگه‌داشته می‌شوند ، بر روی سطح داخلی لوله‌های موئین در غشاء جمع می‌گردند. آب فیلتر شده به مخزن مربوط به آب فیلتر شده/شستشوی معکوس جاری می‌شود، که این

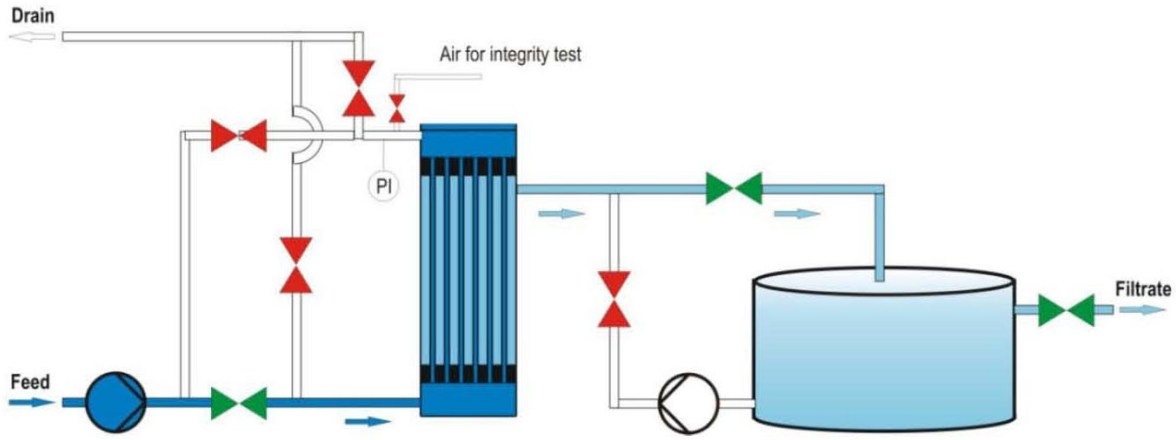
مخزن به‌عنوان ظرفی جهت ذخیره‌سازی آب شستشوی معکوس ، آب برای آماده‌سازی بیشتر یا مصرف ، استفاده می‌شود. در صورتی‌که این مخزن صرفاً به‌عنوان یک ظرف برای ذخیره‌سازی آب شستشوی معکوس مورد استفاده قرار گیرد، به‌طور متناوب می‌توان آب فیلتر شده را با استفاده از لوله ، مستقیماً به مصرف‌کنندگان نهایی رساند. مقدار آبی که می‌تواند توسط یک مدول تصفیه شود به چند عامل بستگی دارد، از قبیل منشاء آبی که قرار است تصفیه شود (مثل آب‌های زیرزمینی، آب‌های سطحی، آب دریا، و یا پسابی که از مرحله‌ی پیش‌تصفیه عبور کرده باشد)، ترکیب منبع آب (مثل کدورت، غلظت مواد جامد، مواد آلی و غیرآلی محلول ، درجه حرارت)، و تدابیر انتخاب شده برای هزینه (هزینه‌ی سرمایه‌گذاری ، هزینه‌های عملیاتی).

نمودارهای زیر دو نوع فیلتراسیون ، "فیلتر شدن از بالا" و " فیلتر شدن از پایین" در حالت مسدود بودن لوله‌ها را نشان می دهد. شکل ۱-۳ فیلتر شدن از بالا به پایین (FT) را نشان می دهد که در آن منبع آب در بالای مدول قرار گرفته ، درحالی‌که شکل ۲-۳ فیلتر شدن از پایین به بالا (FB) را نشان می دهد که در آن منبع آب در بالای مدول قرار گرفته است.

شکل ۱-۳ : حالت فیلتراسیون از بالا (FT)




شکل ۲-۳ : حالت فیلتراسیون از پایین (FB)



عموماً شدت نفوذ معمولی بین ۶۰ تا ۱۴۰ LMH (۳۵ تا ۸۲ GFD) می‌باشد. در موارد خاص (مانند استخرهای شنا) می‌توان شدت نفوذ را بیشتر از آنچه که ذکر شد تنظیم کرد.

*نکته مهم*

☝ شدت نفوذ باید ثابت نگه‌داشته شود، مثلاً با استفاده از یک پمپ فیلتراسیون به‌همراه یک مبدل تناوبی که به‌طور الکترونیکی کنترل می‌شود.

برحسب کیفیت آب منبع و شدت نفوذ ، معمولاً انتظار می‌رود که قبل از انجام عمل شستشوی معکوس ، زمان فیلتراسیون بین ۳۰ تا ۱۲۰ دقیقه باشد. در برخی کاربردها (مثلاً تصفیه آب برای استخرهای شنا )، زمان فیلتراسیون می‌تواند طولانی‌تر در نظر گرفته شود (مثلاً ۳۶۰ دقیقه). در طی فرآیند فیلتر شدن ، آلاینده‌ها بر روی سطح غشای UF جمع شده و پوششی لایه‌ای ، یا کیکی تشکیل می‌دهند. به‌عنوان یک نتیجه ، افت فشار مورد نیاز برای تصفیه - که فشار غشای تراوا نیز نامیده می‌شود (TMP) - به تدریج افزایش می‌یابد. به‌منظور حذف ساختار رسوبی از روی سطح غشاء و کاهش TMP، عملیات شستشوی معکوس در فواصل منظم انجام می گردد. آب لازم برای شستشوی معکوس از مخزن شستشو کشیده شده و با استفاده از پمپ مخصوص شستشوی معکوس ، در مدول از طرف آب فیلترشده تحت فشار قرار می‌گیرد. آب تحت فشار از خارج به‌داخل غشاء جاری شده (یعنی خلاف جهت جریان استفاده شده در حالت فیلتراسیون) و پوشش رسوبی انباشته شده را از سطح غشاء جدا می‌کند. سپس آب شستشوی معکوس لوله‌های موئین موجود در الیاف را می‌شوید و از طریق اتصال ورودی به مدول به تخلیه می‌گردد.

*نکته مهم*

☝ آب شستشو باید عاری از ذرات ساینده و یا مسدود کننده‌ی غشاء باشد، یعنی سطح تمیزی آب باید حداقل به اندازه‌ی آب فیلتر شده توسط دستگاه inge UF باشد. هنگام کشیدن آب از مخزن شستشو ، مطمئن شدن از این مطلب که هیچ محصول ناشی از فرآیند خوردگی یا فرسایش ، که ممکن است در مخزن و یا در لوله‌ها تشکیل شده باشد، با جریان معکوس وارد مدول غشایی نشود ، اهمیت دارد.

☝ برای کافی بودن بهره‌وری ، شستشوی معکوس باید با حداقل شدت نفوذ ۲۳۰ LMH (۱۳۵ GFD) انجام شود.

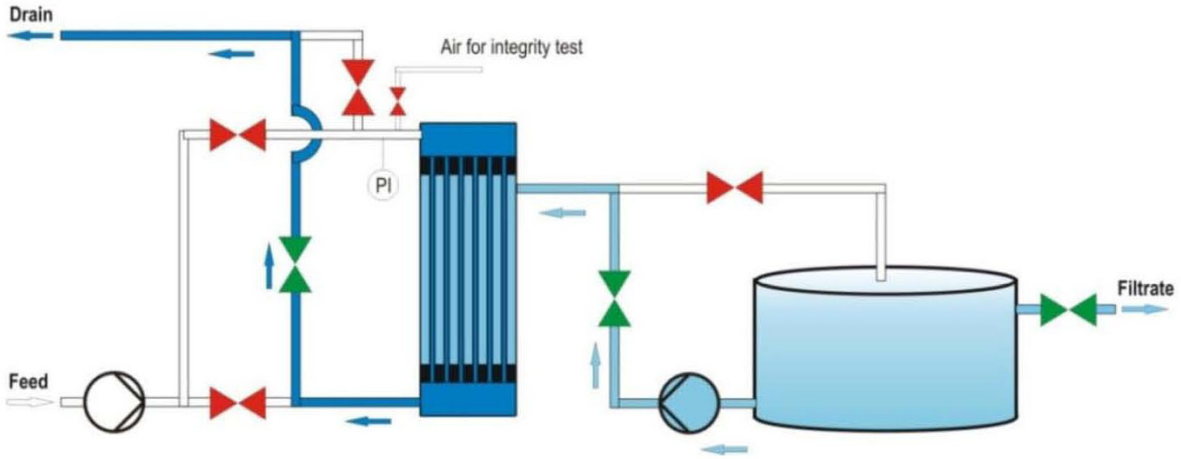
برحسب کیفیت آب خوراک ، نوع چرخه‌ی عملیاتی (بخش "چرخه‌های عملیاتی" را ببینید) و اندازه‌ی نصب ، مدت زمان مؤثر برای شستشوی معکوس از ۳۰ تا ۶۰ ثانیه متغیر می‌باشد.

نکته مهم

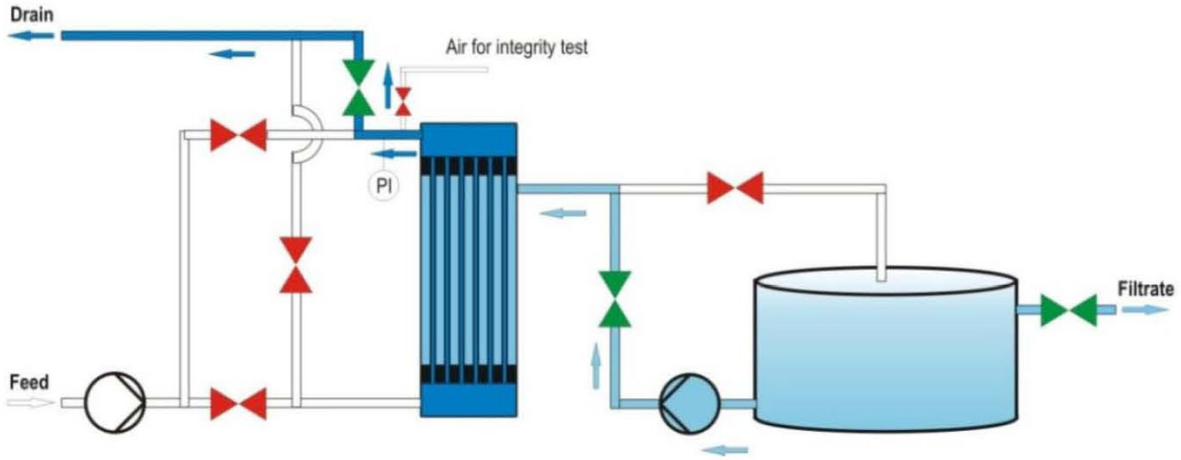
☝ جهت حصول اطمینان از مورد اعتماد بودن شستشو ، حتی زمانی که غشاءها به شدت دچار رسوب‌گرفتگی شده‌اند ، مهم است که با استفاده از سیستم کنترل جریان ، نرخ شدت جریان ثابت نگه‌داشته شود. یکی از راه‌های حصول به‌این مطلب ، استفاده از پمپ شستشوی معکوس است که با یک مبدل تناوبی کار می‌کند. مبدل تناوبی باید برای کنترل فرآیند مورد استفاده قرار گیرد تا اطمینان حاصل شود که حداقل نرخ شدت نفوذ مساوی با ۲۳۰ LMH (۱۳۵ GFD) در عرض ۵ تا ۱۰ ثانیه و یا کمتر ، بدون فشار موج به‌دست می‌آید.

نمودارهای زیر دو حالت عملیات " شستشوی معکوس از بالا " و " شستشوی معکوس از پایین " را نشان می‌دهند. شکل ۳-۳ شستشوی معکوس از بالا (BWT) را نشان می‌دهد که در آن آب شستشوی معکوس ( فیلتر شده ) در مدول از بالا به پایین جاری می‌شود ، در حالی‌که شکل ۳-۴ شستشوی معکوس از پایین (BWB) را نشان می‌دهد که در آن آب شستشوی معکوس ( فیلتر شده ) در مدول از پایین به بالا جاری می‌گردد.

شکل ۳-۳ : شستشوی معکوس از بالا (BWT)




شکل ۳-۴ : شستشوی معکوس از پایین (BWB)



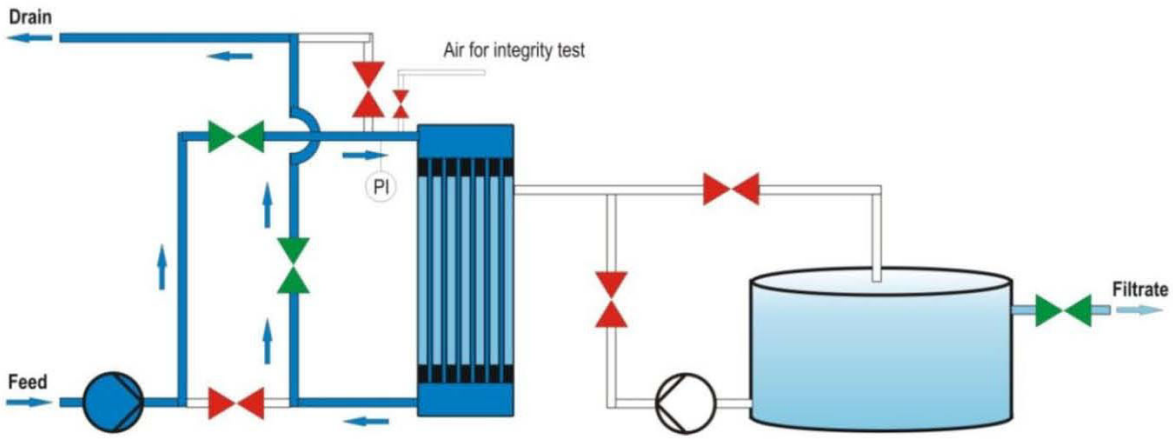
## ۳-۲ شستشوی سریع و رو به جلو

در هنگام تصفیه‌ی آب منبع با غلظت بالایی از مواد جامد، انجام شستشوی سریع و رو به‌جلو قبل از عملیات شستشوی معکوس می‌تواند مفید باشد. شستشوی سریع و رو به‌جلو همچنین می‌تواند مواد جامدی که بر روی ممبرین در اثر شستشوی معکوس نرم شده‌اند ، را به‌سرعت از سیستم خارج کند ، در نتیجه به‌طور بالقوه می‌تواند مقدار آب فیلترشده‌ی لازم جهت شستشوی معکوس را کاهش دهد. همچنین عملیات شستشوی سریع و رو به‌جلو قادر است این اطمینان را به‌وجود آورد که هیچ‌گونه باقی‌مانده‌ای از شستشوی معکوس قبلی نمی‌تواند به‌سمت غشای موجود در مرحله‌ی بعدی فیلتراسیون بازگردد. این روش می‌تواند عملکرد تمیز کردن افزایش دهد درحالی‌که به‌طور همزمان نیز می‌تواند نرخ بازیابی را بهبود ببخشد.

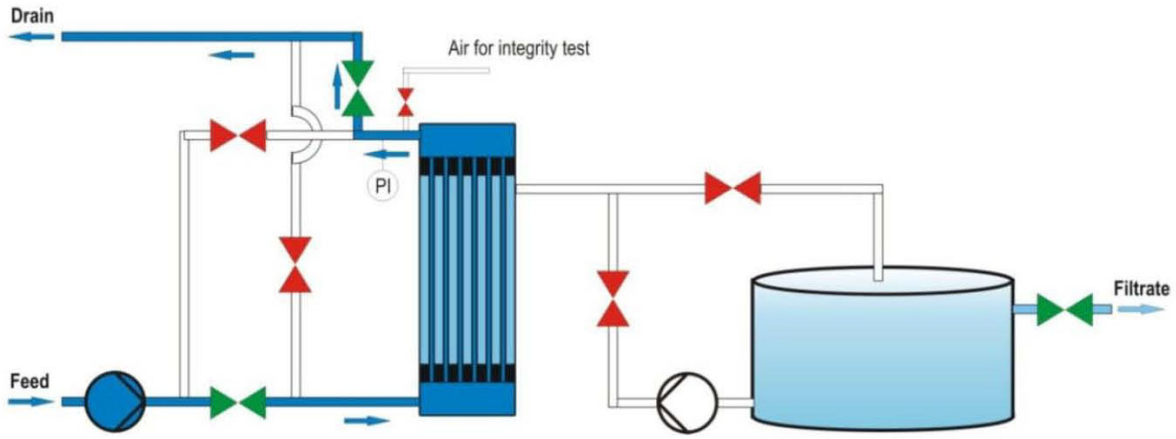
انجام عملیات شستشوی سریع و رو به‌جلو اختیاری است ؛ اگر این گزینه فعال باشد ، شستشوی سریع و رو به‌جلو ، قبل و/یا بعد از شستشوی معکوس انجام خواهد شد. شستشوی سریع و رو به‌جلو با استفاده از پمپ فیلتراسیون در نرخ جریان حجمی معادل با نرخ شدت نفوذ در فیلتراسیون انجام می شود. به‌همین دلیل، در این‌جا نرخ جریان حجمی برای شستشوی سریع و رو به‌جلو برحسب LMH (GFD) تعیین شده است. برای شستشوی سریع و رو به‌جلو هیچ پمپ اضافی لازم نیست.

همان‌طورکه در شکل ۳-۵ و شکل ۳-۶ نشان داده شده است، در طی انجام عملیات شستشوی سریع و رو به‌جلو شیر تخلیه باز و شیر مربوط به جریان فیلترشده بسته نگه‌داشته می‌شود. یعنی کل آب از طریق لوله‌های موئین موجود در غشاء ، جاری می‌گردد. این روش مخصوصاً در حذف ذرات مؤثر است، به‌ویژه در قسمت انتهایی لوله‌های موئین موجود در غشاء. به‌طور کلی شستشوی سریع و رو به‌جلو در ۲۰ تا ۴۰ ثانیه انجام می‌شود. این عملیات را می توان از بالا به  پایین (FFT) یا از پایین به بالا (FFB) انجام داد.

شکل ۳-۵ : شستشوی سریع و رو به‌جلو از بالا (FFT)



شکل ۳-6 : شستشوی سریع و رو به‌جلو از پایین (FFB)

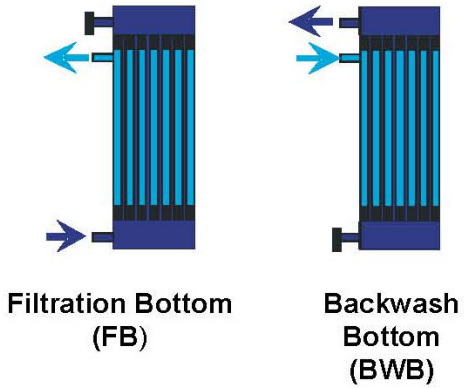



## ۳-۳ چرخه‌های عملیاتی

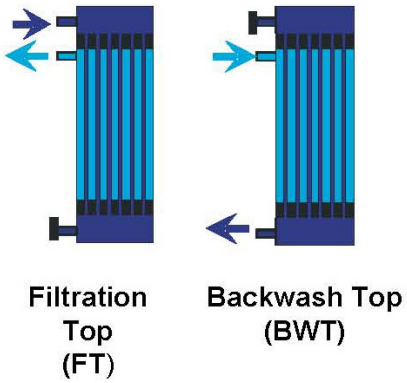
در این متن، یک چرخه‌ی عملیاتی اولترافیلتراسیون ، به دنباله‌ای از عملیات اشاره می‌کند که از یک مرحله‌ی فیلتراسیون و به‌دنبال آن از یک مرحله‌ی شستشو تشکیل شده باشد. مرحله‌ی شستشو حداقل شامل یک مرحله شستشوی معکوس است، اگرچه می‌تواند دربرگیرنده‌ی چند مرحله شستشوی معکوس و شستشوی سریع رو به‌جلو نیز باشد. مدت زمان‌های مربوط به فیلتراسیون و مراحل مجزای شستشو ممکن است متفاوت باشد. یک چرخه‌ی عملیاتی اولترافیلتراسیون به‌طور خودکار کنترل و نظارت می‌شود.

در حالت فیلتراسیون با انتهای مسدود شده ، بیشتر رسوبات در نقطه‌ای جمع می‌شوند که در آن‌جا مقدار سرعت جریان حداقل است، چنین محلی را نقطه‌ی "بن بست" می‌نامند. با انجام فیلتراسیون و آب‌کشی مدول‌ها در جهتی یکسان ، اثر یکنواختی در سراسر طول مدول تضمین می‌شود، در نتیجه این اطمینان به‌دست می‌آید که رسوبات به‌طور مؤثری از تمامی مناطق مدول برطرف شده‌اند. یعنی بعد از انجام فیلتراسیون از پایین (FB) باید یک مرحله شستشوی معکوس از پایین (BWB) و یا شستشوی سریع و رو به‌جلوی از پایین (FFB) انجام شود، و بعد از انجام فیلتراسیون از بالا (FT) باید یک مرحله شستشوی معکوس از بالا (BWT) و یا شستشوی سریع و رو به‌جلوی از بالا (FFT) انجام شود. از آن‌جایی‌که یک مرحله شستشو همیشه باید شامل حداقل یک شستشوی معکوس باشد ، بعد از یک مرحله شستشوی سریع و رو به‌جلو که مستقیماً پس از فیلتراسیون انجام شده است ، همیشه باید شستشوی معکوس انجام گردد. به‌عنوان یک قاعده کلی، این شستشوی معکوس می‌تواند از هر دو جهت انجام شود. شکل ۳-۷ و شکل ۳-۸ نشان می‌دهند که ساده‌ترین چرخه‌های عملیاتی شامل یک مرحله فیلتراسیون (فیلتراسیون از پایین یا فیلتراسیون از بالا) و یک مرحله شستشو (شستشوی معکوس از پایین یا شستشوی معکوس از بالا) ، هر دو در جهتی یکسان می‌باشند.

شکل۷-۳ : چرخه‌ی عملیاتی با فیلتراسیون از پایین و شستشوی معکوس از پایین

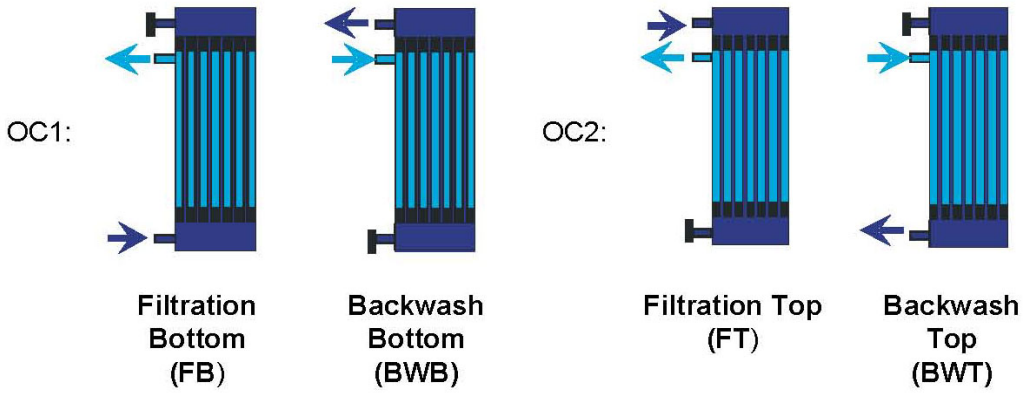



شکل۸-۳ : چرخه‌ی عملیاتی با فیلتراسیون از بالا و شستشوی معکوس از بالا




به عنوان یک قاعده کلی، بعد از یک چرخه‌ی عملیاتی کامل می‌تواند همان چرخه‌ی عملیاتی و یا یک چرخه‌ی عملیاتی با حالت‌های بهره‌برداری مختلف و/یا طول مدت‌های متفاوت برای حالت‌های عملیاتی مجزا قرار گیرد. یک نمونه از سبک متناوب عملیاتی، انجام دو چرخه‌ی بهره‌برداری می‌باشد– بعد از فیلتراسیون از بالا/شستشوی معکوس از بالا ، فیلتراسیون از پایین/شستشوی معکوس از پایین انجام شود - و سپس این ترکیب تکرار گردد (شکل ۹-۳ را ببینید).

شکل ۹-۳ : اجرای دو چرخه‌ی عملیاتی مختلف (OCs) متوالی برای یک بهره‌برداری با سبک متناوب



مدول‌های inge به‌قدری متنوع هستند که می‌توانند در طیف گسترده‌ای از چرخه‌های عملیاتی مورد استفاده قرار گیرند. با این حال، مهم است که مطابق با قوانین زیر باشند.

- *قوانینی برای چرخه‌های عملیاتی*

- یک چرخه‌ی عملیاتی دقیقاً شامل یک مرحله فیلتراسیون و یک مرحله شستشو است.
- یک مرحله شستشو باید حداقل شامل یک مرحله شستشوی معکوس باشد، اگرچه می‌تواند شامل چندین مرحله شستشوی معکوس و شستشوی سریع رو به‌جلو نیز باشد.
- اولین مرحله‌ی شستشو پس از مرحله‌ی فیلتراسیون (مثلاً یک شستشوی معکوس یا یک شستشوی سریع رو به‌جلو) همیشه باید در همان جهتی که فرآیند فیلتراسیون موجود در مرحله‌ی قبلی فیلتراسیون انجام شده است ، اجرا گردد.
- مدت زمان هر مرحله از فیلتراسیون بر اساس کیفیت آب منبع و نرخ انتخابی شدت نفوذ در فیلتراسیون تنظیم می‌شود، اگرچه معمولاً از یک چرخه‌ی عملیاتی تا مرحله‌ی بعدی تغییر نمی‌کند. در مقابل، طول مدت اجرای مراحل مجزای شستشو در یک مرحله‌ی شستشو ممکن است از یک چرخه‌ی عملیاتی تا چرخه‌ی بعدی (با استفاده از تنظیم آزادانه‌ی مدت زمان اجرا/زمان‌سنج‌ها برای هر مرحله‌ی عملیاتی مجزا) متفاوت باشد. (همچنین به بخش مربوط به "برنامه نویسی سیستم کنترل" نگاه کنید).
- در دو چرخه‌ی عملیاتی ، اگر تمام حالت‌های بهره‌برداری در مراحل فیلتراسیون و شستشو یکسان باشند و نیز مدت زمان‌های مربوط به آن‌ها هم برابر باشند ، آن دو را یکسان در نظر می‌گیرند. اگر یکی از این دو معیار با هم اختلاف داشته باشند، آن‌گاه چرخه‌های عملیاتی مختلف در نظر گرفته می‌شوند.
- به‌عنوان یک قاعده‌ی کلی، بعد از یک چرخه‌ی عملیاتی کامل می تواند یک چرخه‌ی عملیاتی یکسان و یا یک چرخه‌ی عملیاتی با حالت‌های بهره‌برداری متفاوت و/یا مدت زمان‌های مختلف برای حالت‌های بهره‌برداری مجزا ، قرار بگیرد.

## ۳-۴ معیارهای انتخاب یک چرخه‌ی عملیاتی و توالی آن در فرآیند

در ترکیب با انتخاب پارامترهای عملیاتی ، مانند شدت نفوذ در فیلتراسیون و شدت نفوذ در شستشوی معکوس، انتخاب چرخه‌ی عملیاتی ، نرخ بازیابی آب فیلتر شده و ، در نهایت، بازده کلی فرآیند را تعیین می‌کند. کار انتخاب بهترین چرخه‌ی عملیاتی برای یک کاربرد خاص ، مبتنی بر مهندسی فرآیند و معیار مربوط به هزینه بوده ، و اساساً به ترکیبات موجود در منبع آب بستگی دارد.

ثابت شده است که سبک متناوب عملیاتی ، بدون انجام شستشوی سریع رو به‌جلو (همان‌طور که در شکل ۹-۳ نشان داده شده است) یک روش موفق برای بهره‌برداری از مدول‌های inge در

T-Rack می‌باشد. عملیات متناوب منجر به بارگذاری پایدار و یکنواخت و شستشوی لوله‌های موئین موجود در مدول می‌شود. این امر بهره‌برداری پایدار و مقدار بهره‌وری نرخ‌های بازیابی را تضمین می‌کند.

## ۴ کیفیت خوراک و عملیات پیش‌تصفیه

### ۴-۱ بیشترین غلظت خوراک و اهداف پیش‌تصفیه

*نکته مهم*

آب خوراک در برخی شرایط ممکن است حاوی موادی باشد که قابلیت آسیب‌رسانی به ممبرین یا الیاف ممبرین را دارا بوده و یا ممکن است موجب لای‌گرفتگی یا رسوب‌گرفتگی شده که هزینه‌ی برطرف کردن آن حتی با CIP شیمیایی نیز بسیار زیاد می‌باشد (بخش "دستورالعمل‌های بهره‌برداری از مدول‌ها/قفسه‌های inge " را ببینید). در چنین مواردی جهت حذف این مواد از آب ، انجام عملیات پیش‌تصفیه قبل از اولترافیلتراسیون ضروری است.

وجود ذرات به خصوص بزرگ در آب خوراک ، ممکن است به‌طور برگشت‌ناپذیری باعث لای‌گرفتگی در لوله‌های موئین ، یا آسیب به ممبرین و یا الیاف ممبرین شود. بنابراین باید ذرات بزرگ گرد و خاک توسط یک فیلتر غربالی از جریان بالادستی حذف شوند (بخش "طراحی و ساخت " را ببینید).

کیفیت آب وارد شده به یک سیستم غشائی بر عملکرد ، مقدار بازیافت و قابلیت استفاده از ممبرین ، تأثیر به‌سزایی دارد. مواد موجود در آب که دائماً غلظتی بیش از مقدار بحرانی دارند یا به‌طور موقت غلظت آن‌ها بیشتر از غلظت حداکثری می‌شود می توانند موجب افت مقادیر نرخ شدت نفوذ ، نفوذپذیری دست یافتنی و میزان بازیابی ، به زیر مقدار طراحی شوند. این امر در مورد تزریق منعقدکننده‌های غیرآلی برپایه‌ی آهن یا آلومینیوم (بخش ۲-۴ را نیز ببینید) و پودر کربن فعال نیز صدق می کند. همچنین غلظت‌هایی که از سطوح مجاز بیش تر می‌شوند به میزان قابل‌توجهی می‌توانند تناوب زمانی شستشوهای معکوس پیشرفته‌ی شیمیایی (CEB) لازم جهت حفظ نفوذپذیری پایدار و نیز تناوب زمانی شستشوی شیمیایی در محل (CIP) برای حذف مواد تشکیل دهنده‌ی لای/رسوب‌های سخت را افزایش دهند. این امر می‌تواند منجر به مصرف زیادتر مواد شیمیایی شده و تأثیری منفی بر روی قابل استفاده بودن سیستم گذارد.

برای غلظت‌های بحرانی و حداکثری هیچ مقدار ثابتی را نمی‌توان ارائه کرد ، زیرا این مقادیر بر حسب گروه و حتی زیر گروه‌های آب منبع استفاده شده ، متفاوت می‌باشند. به‌طورکلی، نسبت به آب سطحی یا آب دریا که غلظت مواد آلی حل‌شده (DOC) در آن‌ها زیادتر بوده و ممکن است مواد جلبکی و شبه جلبکی نیز داشته باشند ، آب زیرزمینی معمولاً ساده‌تر تصفیه می‌شود. به‌همان اندازه، آب سطحی معمولاً راحت‌تر از آب خارج شده از تصفیه‌خانه‌ی فاضلاب شهری ، تصفیه می‌شود.

## ۴-۲ ایجاد میکرو فلوک

### ۴-۲-۱ نگاهی اجمالی

علاوه‌بر ساختن مواد ذره‌ای ، فرآیند لخته‌سازی باعث می‌شود که مواد آلی حل‌شده در آب (DOC) نیز رسوب کرده و بر روی فلوک‌های بالارونده‌ی مربوط به هیدروکسیدهای فلزی جمع شوند و در نتیجه توسط ممبرین‌ها حذف گردند. تجربه نشان داده است که حذف آن‌ها از روی ممبرین‌ها مشکل‌تر از حذف مواد ذره‌ای می‌باشد. در بسیاری از کاربردهای مبتنی بر فن‌آوری اولترافیلتراسیون ، فرآیند کلی با استفاده از انعقاد و ایجاد فلوک‌های میکرونی ، به‌عنوان فرآیندهای مؤثر پیش‌تصفیه ، بهینه‌سازی می‌شود. برخلاف ته‌نشینی و فیلتراسیون عمقی، که نیاز به تشکیل ماکرو فلوک‌های بزرگ‌تر دارد ، اولترافیلتراسیون فقط نیازمند انعقاد و متعاقباً تشکیل میکرو فلوک است. مزیت این امر ، کاهش مقدار موردنیاز منعقدکننده‌ها و به‌حداقل رساندن میزان لجن تولید شده می‌باشد.

برحسب غلظت و مشخصات مربوط به ساختار مواد آلی حل‌شده در آب خوراک، مقادیر خاصی از منعقدکننده‌ی غیرآلی (معمولاً نمک فلزات مانند $FeCl_3$، پلی آلومینیوم کلراید (PACl)) به آب قبل از اولترافیلتراسیون افزوده می‌گردد و سپس مقدار متوسطی انرژی جهت تشکیل فلوک‌های میکرونی اعمال می‌شود. این روش می تواند برای افزایش یا تثبیت عملکرد غشاء مورد استفاده قرار گیرد. تأثیرات اصلی آن ، کاهش آلاینده‌های آلی به‌عنوان نتیجه‌ی اتصال مواد آلی محلول به فلوک‌های آهن یا آلومینیوم و تشکیل یک لایه پوشش متخلخل از فلوک‌های میکرونی در سطح غشاء می‌باشد که به ارتقای فرآیند پایدار فیلتراسیون و افزایش تأثیر شستشوی معکوس کمک می کند. علاوه بر این، انجام درست فرآیند ایجاد فلوک‌های میکرونی می تواند کیفیت آب تصفیه شده را بهبود ببخشد، به‌ویژه در مورد غلظت DOC (که در بسیاری از موارد می تواند تا ۶۰٪ کاهش یابد)، SDI (شاخص تراکم گل و لای = شاخص مربوط به مواد ته‌نشین شده ، یک پارامتر کلیدی جهت کیفیت جریان پایین‌دستی سیستم اسمز معکوس از سیستم UF)، و غلظت فسفات (به خصوص در کاربردهای مرتبط با فاضلاب اهمیت دارد).

هنگام ایجاد فلوک‌های میکرونی ، توجه به این نکته اهمیت دارد که غلظت باقی‌مانده‌ها از نمک‌های فلزی تزریق شده در آب تصفیه شده نباید بیشتر از ۱٪ از غلظت فلز اضافه شده باشد و نباید تحت هیچ شرایطی بیشتر از هر گونه محدود کننده‌ی به‌کار گرفته شده باشد (مثلاً برای تصفیه آب آشامیدنی).

### ۴-۲-۲ انجام عملیات لخته‌سازی میکرونی

هدف از عملیات لخته‌سازی میکرونی این است که تا حد ممکن DOC حذف شود و به‌طور همزمان مقدار ماده‌ی منعقدکننده‌ی باقی‌مانده در آب فیلترشده توسط UF نیز به حداقل برسد. دستیابی به این هدف نیازمند تنظیم دقیق فرآیند انعقاد و لخته‌سازی می‌باشد. بر اساس نوع ماده‌ی منعقدکننده و کیفیت منبع آب، برای تنظیم مقدار pH باید از یک ماده اسیدی یا قلیایی استفاده گردد تا از بهینه بودن pH برای انجام فرآیند انعقاد و لخته‌سازی میکرونی اطمینان حاصل شود. زمان تماس مورد نیاز برای انعقاد بستگی به نوع ماده‌ی منعقدکننده ، شیمی آب و درجه حرارت آب دارد.

به‌منظور تعیین بهینه‌ی پارامترهای مربوط به فرآیندهای انعقاد و لخته‌سازی میکرونی ، توصیه می‌کنیم که در مرحله اولیه آزمایش جارتست انجام شود. پس از آن می توان سیستم را بر اساس نتایج حاصل از این آزمایشات طراحی نمود. تمرکز آزمایشات جارتست بر روی پارامترهای تحلیلی مانند حذف غلظت‌های باقی‌مانده‌ی مربوط به Al و Fe و DOC به‌جای پارامترهای بصری ، مانند تشکیل فلوک ، دارای اهمیت می‌باشد. جدول ۱-۴ خلاصه‌ای از منعقدکننده‌های مختلف و خواص کلیدی آن‌ها را ارائه می‌دهد.

جدول ۱-۴ : پارامترهای مربوط به فرآیندهای انعقاد و لخته‌سازی میکرونی

| ماده منعقدکننده | مقدار تزریق Fe/Al[1] برحسب mg/l | تزریق مشخص ($Me^{+3}$/DOC) برحسب mg/mg | محدوده‌ی pH | pH بهینه | زمان تماس[2] برحسب s | نرخ حذف DOC[3] برحسب % | مقدار ماده باقی‌مانده (به‌عنوان درصدی از تزریق)[4] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $FeCl_3$ | 0.7-7.0 | 0.5-2.0 | 5.0-10.0 | 6.8-7.0 | 30-60 | 10-60 | 1% |
| PACl | 0.5-5.0 | 0.25-0.5 | 6.5-7.5 | 6.8-7.0 | 30-60 | 10-60 | 1% |

[1] برای استخرهای شنا این مقدار از تزریق می‌تواند کم شود (مثلاً ۰.۰۳ mg/L Al/Fe)

[2] ممکن است زمان تماس تنوع قابل توجهی را برحسب دمای آب ، مقدار pH، شیمی آب و اهداف تصفیه نشان دهد

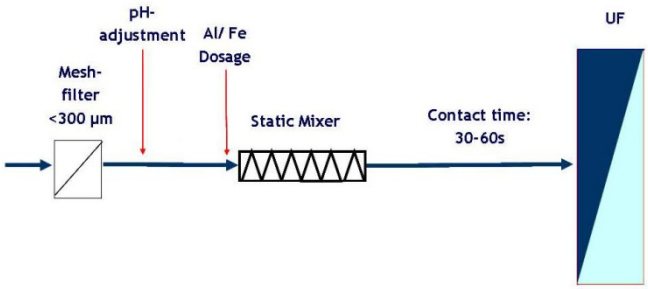
قابلیت بهینه‌سازی → (t<<30s و t>>60s)

[3] حذف مواد آلی برحسب شیمی آب و پارامترهای انعقادی (مقدار pH، و غیره)

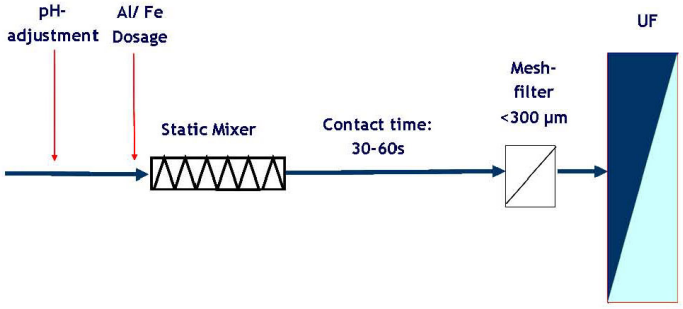
[4] باقی‌مانده‌ی قابل‌توجهی از $Me^{+3}$ (نمک فلزات) که وجود مشکلی را در پارامترهای انعقادی نشان می‌دهد (شرایط اختلاط، مقدار pH، قلیائیت، زمان تماس، مقدار تزریق) و باید به‌شدت از آن اجتناب شود.

استفاده از پیش‌فیلتر برای اختلاط ماده‌ی منعقدکننده ممکن است منجر به تولید گل و لای یا رسوب در پیش‌فیلتر شود (مثلاً رسوبات مربوط به هیدروکسیدهای آلومینیوم). سپس اگر نتوان چنین رسوباتی را به‌تنهایی با استفاده از شستشوی معکوس برطرف نمود ، ممکن است برای حذف آن‌ها استفاده از مواد شیمیایی ضروری باشد. بنابراین ما نصب پیش‌فیلتر بر روی جریان بالادستی ایستگاه تزریق ماده‌ی منعقدکننده ، یا جریان پایین دستی منطقه‌ی تماس را توصیه نمی کنیم. در صورتی‌که لوله کشی موجود زمان تماس کافی را تضمین نکند، برای افزایش زمان تماس در فرآیند انعقاد می‌توان یک مخزن تماس نصب نمود. نمودارهای فرآیندی زیر ، طیفی از چیدمان‌های مختلف برای انجام فرآیند لخته‌سازی درون خطی را نشان می‌دهند :

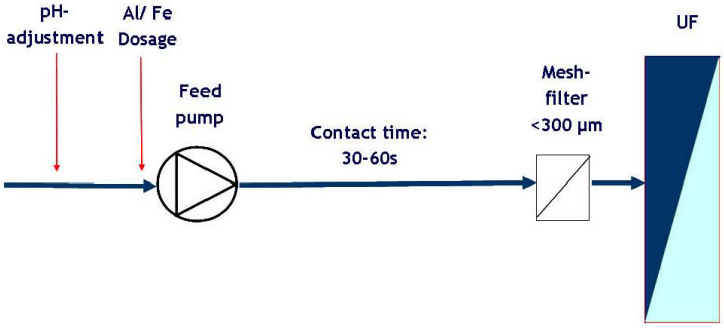
شکل ۴-۱ : مثال ۱ : پیش‌فیلتر – لخته‌سازی میکرونی – مخلوط کننده ساکن- UF




شکل 4-2 : مثال 2 : لخته‌سازی میکرونی–مخلوط کننده ساکن- پیش‌فیلتر– UF




شکل ۴-۳ : مثال ۳ : لخته‌سازی میکرونی– پمپ تزریق- پیش‌فیلتر– UF




*نکته مهم*

☝ اطمینان یافتن از اختلاط درست و کافی بودن زمان تماس اهمیت دارد. جهت حصول بهترین نتایج برای فرآیند لخته‌سازی میکرونی ، زمان تماس برای مواد شیمیایی باید برحسب کیفیت آب منبع (مثلاً درجه‌حرارت) و دیگر الزامات مربوط به کیفیت آب فیلترشده (مثلاً DOC، غلظت باقی‌مانده Al یا Fe در آب فیلترشده) تنظیم شود. تحت هیچ شرایطی نباید فرآیند لخته‌سازی در محل غشاء و یا در طرف مربوط به آب فیلترشده رخ دهد (این امر منجر به بروز فرآیندهای رسوب‌گذاری غیرقابل قبولی در داخل و یا بر روی غشاء می‌شود).

- هنگام محاسبه زمان تماس، لطفا توجه داشته باشید که فرآیندهای انعقاد و لخته‌سازی در درجه حرارت‌های پایین (تقریباً کمتر از ۵ درجه سانتی‌گراد) به‌طور قابل توجهی کندتر انجام می‌شوند. برای مقابله با این مسأله ، توصیه می کنیم که از پلی‌آلومینیوم کلراید (PACl) استفاده نمایید که به‌طور قابل توجهی سریع‌تر از دیگر منعقدکننده‌ها در دماهای پایین واکنش نشان می دهد.

- در هنگام محاسبه اندازه و شکل مخزن تماس، انتخاب طرحی که از بروز مدار کوتاه در مخزن جلوگیری می‌کند ، مهم می‌باشد.

- اگر منعقدکننده‌های فوق‌الذکر قبل از UF اضافه شوند ، برای CEB و عملیات شستشو در محل (CIP) باید از دستورالعمل‌های ویژه‌ای پیروی کنید (برای اطلاعات بیشتر بخش‌های زیر را ببینید: " شستشوی معکوس پیشرفته با استفاده از مواد شیمیایی (CEB)" ، " شستشو در محل با استفاده از مواد شیمیایی(CIP)" و "استفاده از مواد شیمیایی برای CEB/CIP " ).

- از هیچ ماده‌ی منعقدکننده یا کمک منعقدکننده آلی (مثل پلی‌الکترولیت‌ها) به‌تنهایی یا در ترکیب با منعقدکننده‌های غیرآلی استفاده نکنید زیرا ممکن است منجر به تولید رسوبی سخت و غیرقابل برگشت از نظر شیمیایی بر روی غشاء شود که حتی CIP نیز قادر به برطرف کردن آن نباشد. در برخی از شرایط خاص، ممکن است که بتوان از این‌گونه مواد استفاده نمود ، اما تنها در صورتی که قبلاً توسط inge GmbH مورد آزمایش قرار گرفته و تأیید شده باشد.

- برای جلوگیری از تزریق بیش از حد مواد منعقدکننده ، نظارت و مستندسازی غلظت مواد منعقدکننده در منبع آب ، آب ورودی و آب فیلترشده دارای اهمیت می‌باشد.

### ۴-۳ استفاده از کلر

در برخی از کشورها، اغلب از کلر زنی پیوسته به‌عنوان شکلی از پیش‌تصفیه برای مبارزه با رشد باکتری‌ها در تأسیسات تصفیه آب استفاده می شود. به‌دلایلی، ما به‌طور ویژه توصیه می‌کنیم که عملیات کلرزنی بر روی جریان ورودی انجام نشود.

*نکته مهم*

- کلر یک اکسیدکننده‌ی قوی است که می‌تواند باعث شکل‌گیری هیدروکربن‌های فرار کلردار در فرآیندهای کلرزنی آب شود. این محصول جانبی حاصل واکنش کلر آزاد با مواد آلی می‌باشد. از معروف‌ترین محصولات جانبی تری‌هالومتان‌ها (THMs) ،گروهی از مواد شیمیایی از قبیل کلروفرم که عامل بروز سرطان در حیوانات آزمایشگاهی بوده ، و نیز کلرآمین‌ها هستند، که تصور می شود باعث بروز آلرژی بوده و موجب بوی کلر در استخرهای شنا کلرزنی شده است.

- THMs و دیگر هیدروکربن‌های کلردار که به عنوان محصولات جانبی در فرآیند کلرزنی تشکیل می‌شوند زیر گروه پارامتر AOX هستند ، که جزو ترکیبات هالوژنی آلی قابل جذب می‌باشند. (در علم شیمی از "X" به‌عنوان یک مخفف عمومی برای هر نوع هالوژن استفاده می شود). ضروری است که برای جلوگیری از تشکیل AOX هر نوع تلاشی انجام شود.

تجربه نشان داده است که استفاده از کلر در ترکیب با فرآیند اولترافیلتراسیون نتیجه‌ای بسیار معکوس می‌دهد. کلرزنی ماده‌ی آلی موجود در آب باعث ایجاد قطعات متعدد و کوچکی از مواد آلی می‌شود که می‌تواند موجب انسداد منافذ غشاء گردد.

علاوه بر این، تکه‌هایی از ماده‌ی آلی تولید شده در فرآیند کلرزنی نیز تمایل به فعالیت زیستی دارند، در این شرایط نرخ رشد باکتری در آب به‌طور قابل توجهی افزایش می‌یابد. در مجموع، این عوامل منجر به افزایش تشکیل بیوفیلم بر روی غشاءهای پایین دستی اسمز معکوس می‌شود.

در برخی موارد، تزریق کلر به‌عنوان ضدعفونی‌کننده می‌تواند مقاومت میکروارگانیسم‌ها را افزایش دهد، در نتیجه برای رسیدن به اثرات مشابه باید کلر بیشتری را تزریق نمود.

به‌همین دلیل، از کلرزنی پیوسته نباید به‌عنوان مرحله‌ی پیش تصفیه استفاده کرد و ممکن است گاهی در فرآیندهای شستشوی معکوس پیشرفته با استفاده از مواد شیمیایی (CEB) و شستشو در محل با استفاده از مواد شیمیایی (CIP) استفاده شود (بخش " استفاده از مواد شیمیایی برای CEB/CIP "را ببینید).

*نکته مهم*

اگر تصمیم گرفته شود که با وجود اثرات جانبی منفی از کلرزنی استفاده گردد، اطمینان پیدا کردن از این‌که غلظت کلر آزاد در غشاء از حداکثر غلظت برای تزریق پیوسته‌ی مشخص شده در "دستورالعمل بهره‌برداری از مدول‌ها/ قفسه‌های inge" تجاوز نمی کند ، مهم است.

یک انتخاب بهتر برای پیش‌تصفیه ، فرآیندی است که شوک کلرزنی نامیده می‌شود ، که شامل اضافه کردن مقدار زیادی کلر به منبع آب در یک دوره زمانی کوتاه با فواصل کم می‌باشد. شوک کلرزنی تابعی از حداکثر غلظت‌های مجاز و مشخص و زمان‌های در معرض بودن ، است ("دستورالعمل بهره‌برداری از مدول‌ها/ قفسه‌های inge" را ببینید ).

در موارد رو به افزایشی به دی اکسید کلر به‌عنوان جایگزینی برای کلر تمایل پیدا شده است. بر خلاف کلر، تزریق دی اکسید کلر ($ClO_2$) باعث ایجاد تری‌هالومتان‌ها نمی‌شود. علاوه بر این، $ClO_2$ یک ماده‌ی ضدعفونی کننده‌ی بسیار عالی ، حتی در pH های بیشتر از ۸ می‌باشد. از روی احتیاط پیش‌بینی می‌شود که اکسیداسیون با $ClO_2$ باعث تولید کلریت‌های آنیونی و کلریت به عنوان محصولات جانبی فرآیند ضدعفونی کردن شود. این امر ممکن است منجر به افزایش بیش از حد سطوح کلریت شود. برای مثال، کربن آلی محلول (DOC) با غلظت ۲ mg/L و $ClO_2$ با غلظت تزریق بیشتر از ۰.۴ mg/L ، پس از گذشت فقط ۳۰ دقیقه ، باعث بیشتر شدن سطح کلریت در آب ، نسبت‌به سطح مشخص شده برای آب آشامیدنی در برخی کشورها می‌شود (در آلمان ۰.۲ mg/l ، در امریکا ۲ mg/l). علاوه بر این، محصولات جانبی به‌طور قابل توجهی زمان تماس را افزایش می‌دهند. بنابراین باید از تزریق پیوسته‌ی دی اکسید کلر در مراحل پیش‌تصفیه اجتناب نمود.

## ۵ شستشوی معکوس پیشرفته با استفاده از مواد شیمیایی

### ۵-۱ نگاهی اجمالی

از عملیات شستشوی معکوس پیشرفته با استفاده از مواد شیمیایی (CEB) برای افزایش کارایی شستشوی معکوس استفاده می‌شود. این عملیات پس از تعداد معلومی از چرخه‌های عملیاتی ،پس از شستشوی معکوس یا پس از شستشوی سریع و رو به جلو انجام می‌شود (بخش "چرخه‌های عملیاتی" را ببینید). فرآیند شستشوی استانداردی که قبل از CEB انجام می‌شود ذرات بزرگ را از روی غشاء برطرف می‌کند. این امر مقدار بهره‌وری عملیات شستشو در مرحله‌ی CEB را زیاد می‌کند.

*نکته مهم*

- رهنمودهای مندرج در بخش "استفاده از مواد شیمیایی برای CEB/CIP " باید رعایت شوند. در بسیاری از کاربردها ، ثابت شده است که عموماً CEBهای اسیدی و قلیایی بهترین انتخاب هستند. قبل از استفاده از مواد شیمیایی دیگر، برای کسب تأییدیه‌ی کتبی و اطلاعاتی در خصوص غلظت‌های مجاز ، ضروری است که با inge GmbH تماس بگیرید.

- قبل از انجام عملیات CEB، ابتدا باید شستشوی معکوس انجام شود.

- عملیات CEB فقط باید با استفاده از آبی که کیفیتی همانند یا بهتر از آب فیلترشده توسط inge UF دارد و یا آب تصفیه شده با روش اسمز معکوس ، انجام گردد. آب مورد استفاده باید عاری از ذرات ساینده و مسدود کننده‌ی ممبرین باشد. هنگام کشیدن آب از مخزن برای انجام عملیات CEB ، همان قوانین مورد استفاده در شستشوهای معکوس معمولی باید به‌کار روند ، یعنی اطمینان حاصل شود که در مخزن و یا در لوله‌های مورد استفاده برای شستشوی مدول غشایی ، هیچ ماده‌ای ناشی از فرآیند خوردگی یا فرسایش وجود نداشته باشد.

- تناوب انجام CEB بستگی به کیفیت آب خوراک و دیگر شرایط عملیاتی مانند نرخ شدت نفوذ و بازیافت دارد. عملیات CEB معمولاً چندین بار در هفته انجام می‌شود.

- مهم است که از شسته‌شدن مواد شیمیایی استفاده شده در CEB از اطراف سیستم به‌مدت طولانی و کافی اطمینان حاصل شود زیرا آن‌ها به‌طور مساوی و یکنواخت در سراسر قفسه پخش شده‌اند (بخشی تحت عنوان "چگونه یک CEB انجام می‌شود" را ببینید).

- بهره‌وری عملیات CEB فقط به مواد شیمیایی استفاده شده بستگی ندارد ، بلکه به چرخه‌های عملیاتی و فواصل زمانی بین انجام CEBها نیز مربوط می‌باشد. بنابراین، توالی CEBهای مختلف باید تا حد امکان به‌صورت قابل تغییر برنامه‌ریزی شوند (برای جزئیات بیشتر "برنامه‌ریزی سیستم کنترل" را ببینید).

- برحسب کیفیت آب و فرآیند پیش‌تصفیه، ممکن است انجام مرحله‌ی CEB که دربرگیرنده‌ی چند CEB مجزا با مواد پاک‌کننده‌ی مختلف است ، ضروری باشد. حتی ممکن است مرحله‌ی CEB شامل یک چرخه‌ی عملیاتی کامل (= مرحله‌ی فیلتراسیون و مرحله‌ی شستشو) مابین

CEBهای مجزا باشد، در چنین حالتی چرخه‌ی کامل یک CEB واحد می‌باشد، به‌ویژه هنگامی که با سیستم کنترل برنامه‌ریزی شده باشد (برای اطلاعات بیشتر "برنامه‌ریزی سیستم کنترل" را ببینید).

در اکثریت قریب به اتفاق کاربردها، ثابت شده است که CEBهای قلیایی بهترین انتخاب برای حذف ساختارهای آلی و CEBهای اسیدی بهترین راه حل برای از بین بردن رسوب معدنی هستند. استفاده از کلر به‌تنهایی فقط برای مقاصد مربوط به ضدعفونی کردن لازم است (بخش "استفاده از مواد شیمیایی برای CEB/CIP " را ببینید).

از آن‌جایی‌که همواره احتمال تشکیل رسوب در CEB قلیایی وجود دارد، باید همیشه بعد از آن عملیات CEB اسیدی انجام شود. در زمان اجرا شدن یک چرخه‌ی عملیاتی بین CEB قلیایی و CEB اسیدی ، الیاف موجود در غشاء با آب مخزن مربوط به شستشوی معکوس و خنثی پر می‌شوند. CEB قلیایی/اسیدی به‌عنوان یک CEB در نظر گرفته می‌شود.

CEB قلیایی همیشه باید در ترکیب با یک عملیات اسیدی به‌عنوان یک CEB قلیایی/اسیدی انجام شود. CEBهای اسیدی می‌توانند به‌تنهایی و یا در ترکیب با مواد قلیایی به عنوان یک CEB قلیایی/اسیدی انجام شوند.

اگر در مرحله‌ی پیش‌تصفیه از منعقدکننده‌های با پایه‌ی آهن استفاده شود، ماده‌ی باقی‌مانده تنها می‌تواند توسط CEB اسیدی برطرف شود. اگر از منعقدکننده‌های با پایه‌ی آلومینیوم استفاده شود، بعد از آن می‌تواند CEB اسیدی و یا قلیایی انجام گردد.

اگر در مرحله‌ی پیش‌تصفیه از یک منعقدکننده استفاده شود ، انجام یک CEB اسیدی ۶ تا ۸ ساعت قبل از هر CEB ، که در آن از کلر به‌منظور جلوگیری از تشکیل کاتالیزوری رادیکال‌های هیدروکسیلی با خاصیت اکسیدکنندگی قوی استفاده می‌شود ، ضروری است زیرا کلر شکسته شده و از انجام عمل انعقاد ، که موجب رسوب‌گرفتگی غشاءمی‌شود ، جلوگیری می‌کند. قبل از اضافه کردن کلر، اطمینان حاصل کردن از شستشوی کامل و نیز خروج محلول اسیدی CEB از مدول اهمیت دارد. بنابراین لازم است که حداقل یک چرخه‌ی عملیاتی (= مرحله‌ی فیلتراسیون و شستشو) بین CEB اسیدی و CEB با استفاده از کلر انجام شود.

برخلاف شستشوی معکوس استاندارد، عملیات CEB باید در هر دو جهت به‌طور متوالی انجام شود (ابتدا از پایین به بالا و سپس از بالا به پایین) تا اطمینان حاصل شود که محلول تمیز کننده به‌طور مساوی در سراسر قفسه UF توزیع شده است.

در مورد استفاده از منعقدکننده‌ها در مرحله‌ی پیش‌تصفیه (بخش "کیفیت خوراک و عملیات پیش‌تصفیه" را ببینید) معمولاً لازم می‌شود که تعداد CEB افزایش یابد زیرا ماده‌ی منعقدکننده نمی‌تواند به‌طور کامل توسط شستشوهای معکوس معمولی برطرف شود.

محلول کلردار CEB که با آب‌کشی از سیستم خارج می‌شود تحت هیچ شرایطی نباید با محلول‌های اسیدی CEB مخلوط شود (مثلاً در یک مخزن خنثی‌سازی) ، زیرا این امر می‌تواند منجر به تولید گاز سمی کلر شود.

## ۵-۲ چگونگی انجام CEB

اساساً CEB در روشی مشابه با یک عملیات شستشوی معکوس انجام می‌شود، به‌عنوان مثال آب تصفیه‌شده از سمت مربوط به آب تصفیه‌شده به‌طرف آب خوراک جاری می‌شود. علاوه‌براین، برای ارتقای بهره‌وری فرآیند، یک ماده‌ی شیمیایی تمیزکننده به آب تصفیه‌شده اضافه می‌شود. توالی اساسی مراحلی را که عموماً برای انجام یک عملیات CEB ، مبتنی بر مقادیر نمونه استفاده شده در تنظیم پارامترهای مربوطه ، در شکل ۱-۵ نشان داده شده است.

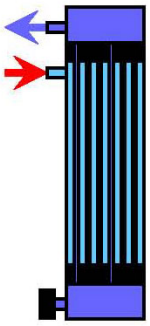
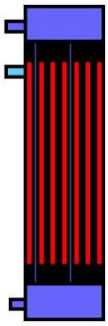
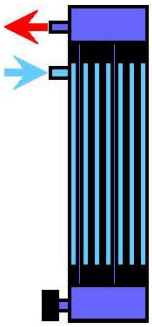
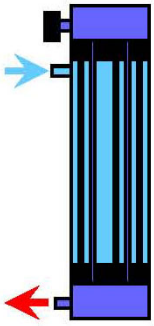
جهت وارد کردن مواد شیمیایی به سیستم ، یک نرخ نفوذ خاص در حدود ۱۲۰ LMH (۷۱ GFD) پایه‌گذاری شده است (در این‌جا از آن به‌عنوان شدت نفوذ ورودی یاد می‌شود) ، که کم‌تر از شدت نفوذ شستشوی معکوس می‌باشد. یک قفسه به‌طور کامل با محلول تمیزکننده پر می‌شود (کنترل‌شده توسط تنظیم زمان تزریق ماده‌ی شیمیایی) ، پخش ماده‌ی شیمیایی متوقف شده و سیستم وارد حالت آماده به‌کار می‌شود. زمان موردنیاز برای شستن مواد شیمیایی داخل سیستم در یک CEB بستگی به موقعیت نقاط تزریق و سرعت جریان مربوطه در لوله کشی شستشوی معکوس و در سیستم‌های لوله‌کشی ساخته شده درون قفسه دارد. در شدت نفوذ ورودی برابر با ۱۲۰ LMH (۷۱ GFD)، زمان وارد کردن مواد شیمیایی (اندازه‌گیری‌شده از لحظه‌ی وارد شدن محلول CEB به T-Rack ، تا پر شدن کامل قفسه) حدود ۹۰ ثانیه است. در این‌جا از این دوره زمانی به‌عنوان $t_{int}$ یاد می‌شود.

*نکته مهم*

☝ برای بهبود پخش محلول CEB در داخل قفسه ، باید تزریق محلول بین نقاط "ورودی پایینی ماده‌ی شیمیایی" و " ورودی بالایی ماده‌ی شیمیایی" تقسیم شود (شکل ۱-۵ را ببینید). طول مدت تزریق پایینی و تزریق بالایی باید حداقل ۲۰٪ از کل مدت زمان تزریق ماده‌ی شیمیایی در هر مورد باشد.

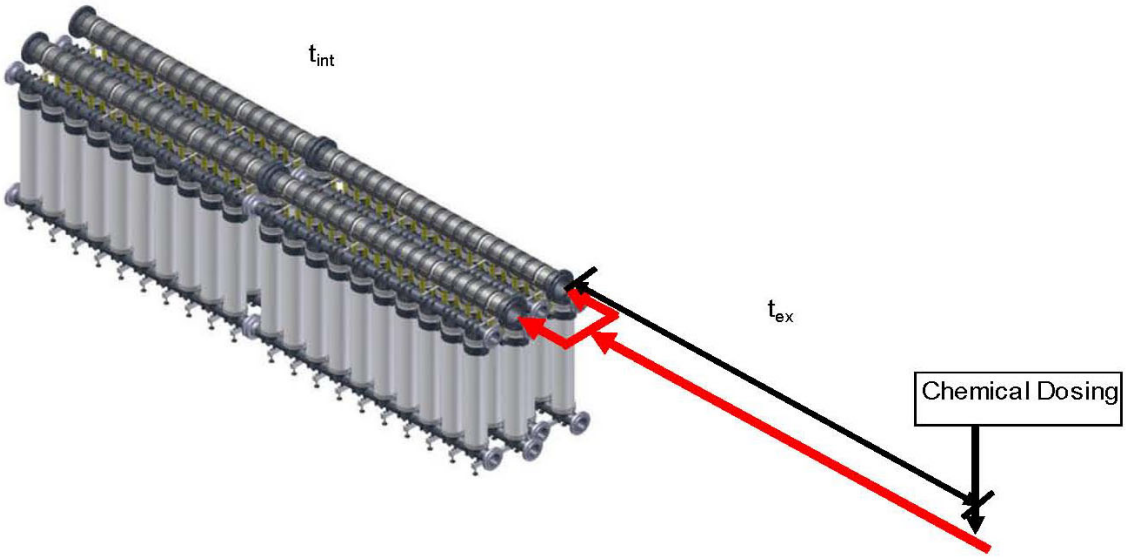
این پارامتر شروع دوره‌ی غوطه‌وری را نشان می‌دهد. با سپری‌شدن یک دوره‌ی زمانی غوطه‌وری، باید با استفاده از آب فیلتر شده ، محلول شیمیایی و مواد جدا شده از ممبرین از قفسه شسته شوند. این امر با استفاده از تلفیقی از شستشوی معکوس از پایین (با مدت زمان حدود ۳۰ ثانیه) و به‌دنبال آن شستشوی معکوس از بالا (هم‌چنین با مدت زمان حدود ۳۰ ثانیه)، میسر می‌گردد. نرخ شدت نفوذ برای آب‌کشی محلول، درست همانند یک شستشوی معکوس عادی ، باید حداقل ۲۳۰ LMH (۱۳۵ GFD) باشد.

شکل ۵-۱ : فرآیند شستشوی معکوس پیشرفته با استفاده از مواد شیمیایی (CEB) با پارامترهای نوعی جهت نرخ شدت نفوذ ورودی برابر با ۱۲۰ LMH (۷۱ GFD)

| تزریق ماده شیمیایی در شستشوی معکوس از پایین با شدت نفوذ ورودی برابر با ۱۲۰ LMH (۷۱ GFD) | تزریق ماده شیمیایی در شستشوی معکوس از بالا با شدت نفوذ ورودی برابر با ۱۲۰ LMH (۷۱ GFD) | مدت غوطه‌وری (زمان اقامت) | آب‌کشی ماده شیمیایی در شستشوی معکوس از پایین با شدت نفوذ آب‌کشی برابر با ۲۳۰ LMH (۱۳۵ GFD) | آب‌کشی ماده شیمیایی در شستشوی معکوس از بالا با شدت نفوذ آب‌کشی برابر با ۲۳۰ LMH (۱۳۵ GFD) |
|---|---|---|---|---|
|  | |  |  |  |
| $t_{int,bottom}$=70 s | $t_{int,top}$=20 s | 5 - 60 min | 30 s | 30 s |

زمان کل وارد شدن ماده‌ی شیمیایی $t_{int}$ ، عبارت از مجموع $t_{int}$ و مدت زمان $t_{ex}$ می‌باشد که به‌عنوان زمان مورد نیاز برای راه‌یابی محلول CEB از نقطه‌ی تزریق به قفسه تعریف می‌شود (شکل ۵-۲ را ببینید). ارقام دقیق این دو دوره زمانی به عنوان بخشی از فرآیند عملیاتی کردن سیستم محاسبه می‌شوند (بخش " عملیاتی کردن سیستم " را ببینید).

شکل ۵-۲ : زمان کل وارد شدن ماده‌ی شیمیایی در طی مدت انجام CEB



## ۶ شستشوی شیمیایی در محل (CIP)

### ۶-۱ نگاهی اجمالی

شستشو در محل (CIP) یک روش مؤثر برای بازگرداندن عملکرد ممبرین می‌باشد که در آن انواع گل‌ولای و رسوباتی که برطرف کردن آن‌ها از طریق شستشوهای معکوس معمولی یا شستشوهای معکوس پیشرفته با استفاده از مواد شیمیایی (CEBs) مشکل است ، کنده می‌شوند. چنین رسوباتی ممکن است در اثر شرایط عملیاتی دشوار ایجاد شوند، مثلاً در شرایطی که نوسانات قابل توجهی در کیفیت آب ورودی وجود داشته باشد، و یا استفاده‌ی نادرست ، از جمله وجود نقص در سیستم پیش‌تصفیه‌ی مؤثر، زیاد بودن نرخ شدت‌های نفوذ یا تزریق نادرست مواد شیمیایی. به‌عنوان یک قاعده، در بهره‌برداری عادی انجام CIP لازم نمی‌باشد.

عملیات CIP با ورود یک محلول شیمیایی به‌داخل مدول‌ها و بستن سیستم غشایی ، برای مدتی طولانی‌تر از زمان مورد نیاز در روش‌های شستشوی معمولی ، انجام می شود. یکی از تفاوت‌های عمده‌ی آن با CEB این است که در عملیات CIP ، شستشوی سریع و روبه‌جلو از طریق چرخش مواد شیمیایی مختلف با استفاده از مخزن CIP (بخش ۶-۲ را ببینید) در سمت خوراک و زمان غوطه‌وری طولانی (در برخی موارد نیز می‌توان از مخزن خوراک به‌عنوان مخزن CIP استفاده نمود) انجام می‌شود.

*نکته مهم*

☝ اگر نفوذ پذیری سیستم تا حد ۱۰۰-۱۵۰ LMH/bar (4-6 GFD/psi) کاهش یابد و اگر این کاهش نتواند با انجام CEB برگردانده شود ، دراین‌صورت باید عملیات CIP انجام گردد. عملیاتCIP وقتی یک عملیات موفقیت ارزیابی می‌شود که نفوذپذیری بعدی سیستم تا CIP به‌مقدار حداقل ۷۰-۸۰٪ مقدار مرجع ثبت شده پس از راه اندازی سیستم اولترافیلتراسیون ، برگردد .

☝ فقط آن دسته از مواد شیمیایی می‌توانند برای CIP استفاده شوند که در بخش "استفاده از مواد شیمیایی برای CEB/CIP" مشخص شده باشند، و فقط باید مطابق با غلظت و زمان غوطه‌وری مشخص‌شده در آن بخش مورد استفاده قرار گیرند. از هیچ ماده شیمیایی دیگری نمی‌توان استفاده نمود مگر این‌که قبلاً از شرکت inge GmbH موافقت کتبی ، اختصاصاً جهت استفاده از آن ماده و غلظت مجاز آن ، اخذ شده باشد.

☝ آب مورد استفاده برای آماده‌سازی محلول تمیز کننده برای CIP ، باید حداقل مانند کیفیت آب آشامیدنی باشد. اگر آب تصفیه‌شده توسط اسمز معکوس موجود باشد، باید از آن برای CIP قلیایی استفاده نمود. لطفاً توجه داشته باشید که پدیده‌ی رسوب‌گذاری در آب CIP می‌تواند رخ دهد، به‌خصوص اگر برای CIP قلیایی از آب تصفیه‌شده توسط UF و یا آبی با کیفیت آب آشامیدنی ، استفاده شده باشد. بنابراین همیشه باید بعد از CIP قلیایی ، CIP اسیدی انجام شود.

☝ درمورد همه‌ی مواد شیمیایی ذکر شده در بخش "استفاده از مواد شیمیایی برای CEB/CIP"، تناوب CIPها نباید بیشتر از چهار بار در سال باشد. در صورتی‌که CIPهای بیشتری جهت مقابله با شرایط خاص منبع آب موردنیاز باشد ، این پارامتر تنها می‌تواند با مشاوره با inge GmbH تغییر کند.

☝ مدت زمان کل برای چرخش و غوطه‌وری در یک CIP به اثر بخشی نتایج حاصل از تمیز کردن آن بستگی دارد، هر چند که نباید از ۱۲ ساعت تجاوز کند.

☝ شستشوی معکوس معمولی باید قبل از CIP انجام شود تا اطمینان حاصل شود که سطح غشاء تا حد امکان تمیز شده باشد و تمام ذرات خارجی که ممکن است در سیستم لوله‌کشی مدول‌ها یا قفسه‌ها وجود داشته باشند ، شسته شده باشند.

☝ هنگام انجام CIP، مطمئن شوید که مدول‌ها و قفسه‌های در حال تمیز شدن از بقیه سیستم اصلی آب جدا شده باشند.

☝ محلول CIP باید از سمت خوراک ممبرین‌ها/مدول‌ها به سیستم وارد شود. این امر می‌تواند در طی چرخش CIP از ایجاد هرگونه ماده‌ای که ممکن است باعث لای‌گرفتگی یا رسوب‌گرفتگی در طرف مربوط به آب فیلتر شده در ممبرین‌ها گردد ، جلوگیری کند.

☝ در برخی از کاربردها به‌منظور بهبود اثر بخشی فرآیند تمیز کردن و کاهش زمان غوطه‌وری ، می‌توان محلول CIP را حرارت داد ، هر چند شایان ذکر است که تأثیر این کار در CIPهای اسیدی/قلیایی به‌مراتب کم‌تر از CIPهای اکسایشی می‌باشد. اگر در یک سیستم از حرارت دادن محلول CIP استفاده می‌شود، باید حداکثر درجه حرارت مجاز آن ۴۰ °C و حداکثر نرخ مجاز برای تغییر دما ۱ °C/min باشد. برای گرم کردن محلول مقدار قابل توجهی انرژی مورد نیاز است و فرآیند حصول اطمینان از انطباق با حداکثر ۱ °C/min جهت نرخ تغییر دما ، می‌تواند نسبتاً پیچیده باشد. بنابراین برای مواردی که در آن از مدول‌های inge استفاده می‌گردد ، حرارت دادن محلول CIP توصیه نمی شود.

☝ از تهویه کافی محیط قبل و در حین استفاده از مواد شیمیایی تمیزکننده اطمینان حاصل نمایید.

☝ هنگام آماده‌سازی محلول شیمیایی در مخزن CIP (اختلاط مواد شیمیایی تمیز کننده با آب)، همیشه باید مواد شیمیایی را به مخزن آب اضافه نمود، و از روش دیگری استفاده نکرد. اضافه کردن آب به مواد شیمیایی غلیظ ، می‌تواند باعث انجام واکنش شدیدی شود.

☝ مهم است اطمینان کسب شود که مواد شیمیایی CIP برای زمانی طولانی و کافی در سیستم چرخش می‌کنند تا از توزیع مساوی و یکنواخت آن در تمام قفسه با غلظت مورد نیاز در هر مورد یقین حاصل شود. اگر غلظت کم‌تر از مقدار مورد نیاز شد ، باید مواد شیمیایی بیشتری اضافه گردد.

☝ توجه داشته باشید که غلظت محلول CIP توسط آب باقی‌مانده در قفسه کم می‌شود (به‌عنوان " حجم نگه‌داشته شده " شناخته می‌شود) و این حجم نگه‌داشته شده می‌تواند باعث ایجاد رسوب در CIP قلیایی گردد. از این رو هنگام انجام CIP با استفاده از آب تصفیه‌شده با اسمز معکوس، تخلیه‌ی قفسه قبل از تزریق محلول CIP می‌تواند ایده‌ای منطقی باشد.

☝ برای افزایش بهره‌وری یک CIP، اجرای چند مرحله‌ای و پی‌درپی عملیات شستشو با استفاده از مواد شیمیایی مختلف را توصیه می کنیم.

☝ اگر در مرحله‌ی پیش‌تصفیه از یک ماده منعقدکننده استفاده می‌شود، و یا اگر نگران انباشته شدن فلز بر روی سطح ممبرین می‌باشید، قبل از انجام هر گونه CIP یا فرآیند ضدعفونی‌کردن با استفاده از کلر ، به‌منظور اجتناب از شکل‌گیری رادیکال‌های بسیار قوی هیدروکسیلی ناشی از شکست کلر و نیز برای جلوگیری از رسوب لخته بر روی ممبرین ، ضروری است که از CEB اسیدی استفاده نمایید. مطمئن شوید که قبل از انجام CIP با استفاده از کلر و یا فرآیند ضدعفونی کردن، محلول CIP اسیدی به‌طور کامل از سیستم شسته شده باشد.

☝ محلول‌های حاوی کلر در CIP تحت هیچ شرایطی نباید با محلول‌های CIP اسید مخلوط شوند (به‌عنوان مثال در مخزن خنثی‌سازی) ، زیرا این کار می‌تواند باعث تشکیل گاز سمی کلر شود.

---

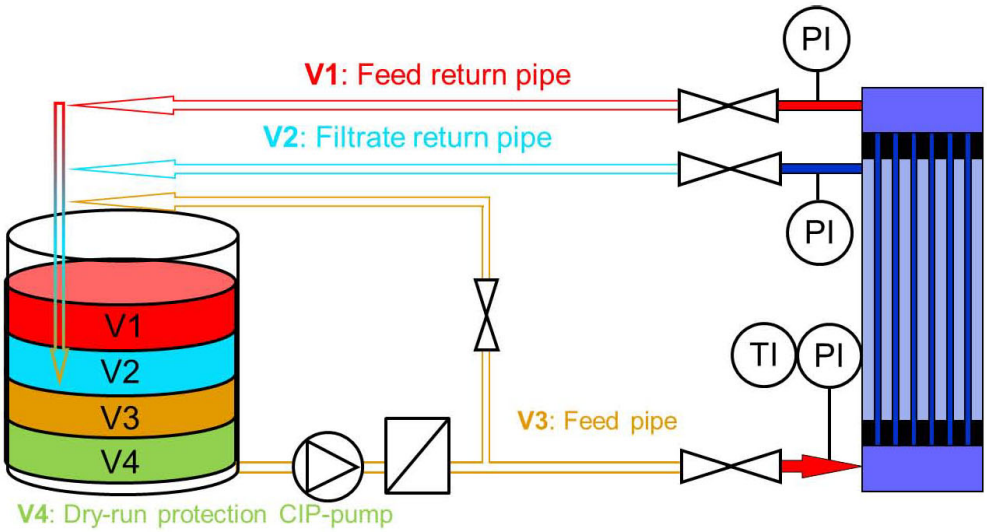
1 تجربه نشان داده است که در طی انجام اولین مرحله ، نفوذپذیری ممبرین کاهش می‌یابد ، که به‌طور معمول در حدود یک هفته طول می‌کشد، این کاهش از سطح اولیه‌اش به سطح پایداری پایین‌تری از نفوذپذیری به عوامل متعددی از جمله کیفیت منبع آب بستگی دارد. پس از آن، این سطح پایداری به‌عنوان مقدار مرجع در نظر گرفته می‌شود. نفوذ پذیری اولیه در مدول‌های inge در حدود 700 LMH/bar (28.4 GFD/psi) است، در حالی که نفوذپذیری مرجع برحسب کیفیت آب منبع بین ۳۰۰ تا ۶۰۰ LMH/bar (24.4 GFD/psi) می‌باشد.

### ۶-۲ برقراری چرخش CIP

مخزن CIP باید به‌اندازه کافی بزرگ طراحی شود تا یقین حاصل گردد که کم‌ترین سطح آب نیز قادر به وارد کردن فشار اولیه کافی به‌طرف ورودی پمپ CIP است و لوله‌های مربوط به سیستم چرخش ، که قبلاً خالی بوده‌اند ، نیز می‌توانند پرشوند. در نتیجه حجم کل مخزن CIP از طریق جمع‌کردن حجم‌های جزئی زیر با یکدیگر به‌دست می‌آید:

- حجم خالی لوله کشی از ورودی بالایی تا مدول/قفسه (V1)
- حجم خالی لوله کشی مربوط به آب تصفیه شده (V2)
- حجم خالی لوله کشی از ورودی پایینی تا مدول/قفسه (V3)
- حجم موردنیاز برای حفاظت از پمپ CIP در مقابل کارکردن به‌صورت خشک (V4)

شکل ۶-۱ : حجم‌های جزئی برای تعیین اندازه‌ی مخزن CIP




برای محافظت از ممبرین‌ها در برابر ذرات مخرب ، نصب یک فیلتر غربالی با حداقل برش ۳۰۰ µm ، در سیستم چرخشی یا در نقطه‌ای که محلول CIP وارد سیستم می‌شود ، دارای اهمیت می‌باشد. نرخ شدت جریان حجمی توصیه شده برای تمیز کردن تمام مدول‌های inge UF، حداقل ۲۰ LMH (۱۲ GFD)، و حداکثر افت فشار هیدرولیکی ۱ bar (۱۴.۵ psi) است. در مورد مدول dizzer®XL 0.9 MB 60 با سطح فعال ممبرین برابر با ۶۰ $m^2$ (۶۴۶ $ft^2$)، مثلاً این مقدار برابر می‌شود با ، حداقل نرخ شدت جریان حجمی

20 LMH × 60 $m^2$ = 1,200 L/h = 1.2 $m^3$/h (12 GFD × 646 $ft^2$ = 323 GPH)

[توصیه‌های طراحی برای پمپ تمیز کننده CIP :

نرخ شدت جریان حجمی = (12 GFD) 20 LMH× مدول/سطح × تعداد مدول‌ها ]

## ۶-۳ چگونه یک CIP اجرا می‌شود

### ۶-۳-۱ آماده‌سازی محلول شیمیایی برای یک CIP

۱- مخزن CIP با آب فیلترشده توسط UF ، آب تصفیه‌شده با اسمز معکوس (RO) یا آب آشامیدنی پر شود. در صورت وجود، آب تصفیه‌شده توسط RO باید برای CIP قلیایی استفاده شود.
۲- مواد شیمیایی پاک‌کننده به مخزن پر از آب CIP افزوده گردد، از روش دیگری استفاده نکنید (متن بالا را ببینید).
۳- محلول شیمیایی با استفاده از مخلوط‌کننده و یا یک سیستم چرخشی مخصوص ، مخلوط گردد.

۴- پس از اختلاط ، بررسی کنید که مقدار pH و غلظت محلول با مقادیر مورد نظر مطابقت داشته باشد. مهم است یقین حاصل کنید که این غلظت‌ها از غلظت‌های حداکثری مشخص شده در بخش "استفاده از مواد شیمیایی برای CEB /CIP" تجاوز نکنند.
۵- اگر یک سیستم گرمایشی برای حرارت دادن به محلول شیمیایی مورد استفاده قرار می‌گیرد، فرآیند گرم‌کردن نباید قبل از شروع چرخش محلول در داخل مدول‌ها آغاز شود. اختلاف دماهای قابل‌توجه بین محلول شیمیایی و آب داخل مدول‌ها می تواند باعث ترک‌های تنشی در مدول شود و لذا باید از آن اجتناب نمود. نرخ تغییر دما و یا درجه‌حرارت بهره‌برداری برای مدول‌ها را از حداکثر مقادیر مجاز زیادتر نکنید(متن بالا و یا بخش "دستورالعمل‌های بهره‌برداری برای مدول‌ها/قفسه‌های inge" را ببینید).

### ۶-۳-۲ آماده شدن برای یک فرآیند CIP

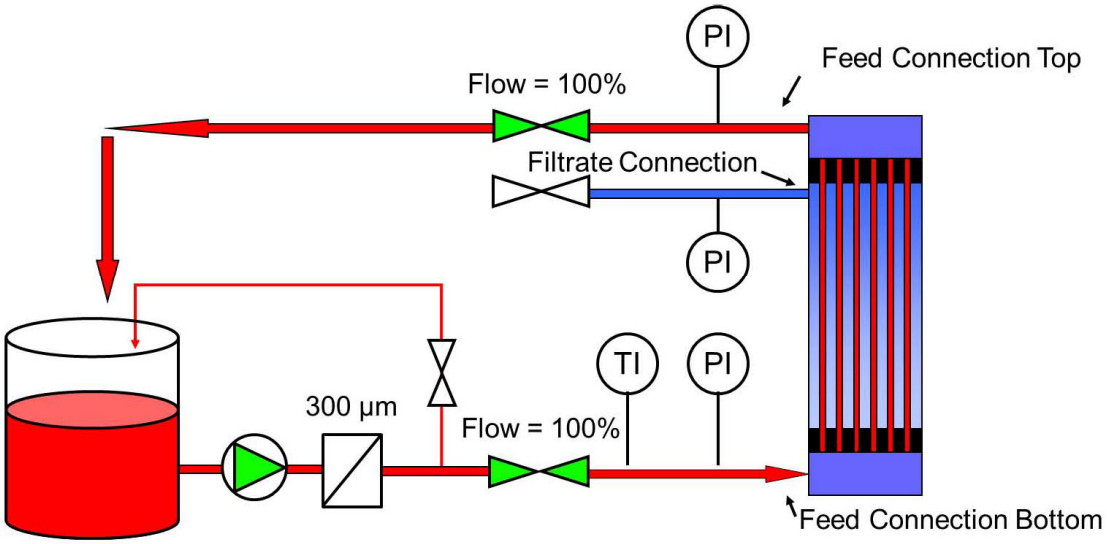
۶- برای به‌کارگیری CIP ، مطمئن شوید که شیرها در وضعیت درستی قرار دارند و اتصالات نیز برای چرخه‌ی شستشو به‌درستی نصب شده‌اند :
- جریان ورودی محلول شستشو = ورود از طریق رابط پایینی
- جریان خروجی محلول شستشو = ورود از طریق رابط بالایی
- جریان خروجی تصفیه‌شده = شیر تخلیه آب تصفیه‌شده

۷- محلول تمیزکننده باید بتواند در وضعیت شستشوی سریع و رو به‌جلو و یا در حالت فیلتراسیون پمپ شود. با این حال، روش CIP شرح داده شده تحت هیچ شرایطی نباید در مسیر شستشوی معکوس انجام شود زیرا این امر می‌تواند منجر به آلودگی گسترده و یا رشد باکتریایی در سمت مربوط به آب فیلتر شده ، گردد.

### ۶-۳-۳ زمان چرخش و غوطه‌وری

۱- در مرحله اول، چرخش باید فقط از طریق قسمت مربوط به خوراک به‌مدت حداقل ۶۰ دقیقه انجام شود تا در ابتدا فقط مجرای فیبری تمیز گردد. در طی این مرحله شیر مربوط به آب فیلتر شده بسته است.
۲- تزریق محلول شیمیایی به داخل مجرای فیبری در سمت مربوط به خوراک ، با روشن کردن پمپ تمیز کننده CIP (شکل ۲-۶) شروع می‌شود. حداقل نرخ شدت جریان حجمی را مطابق با بخش "ایجاد چرخش در CIP" تنظیم کنید. مهم است یقین حاصل کنید که تهویه در سمت خوراک انجام می‌شود.

شکل ۲-۶ : چرخش در سمت مربوط به خوراک

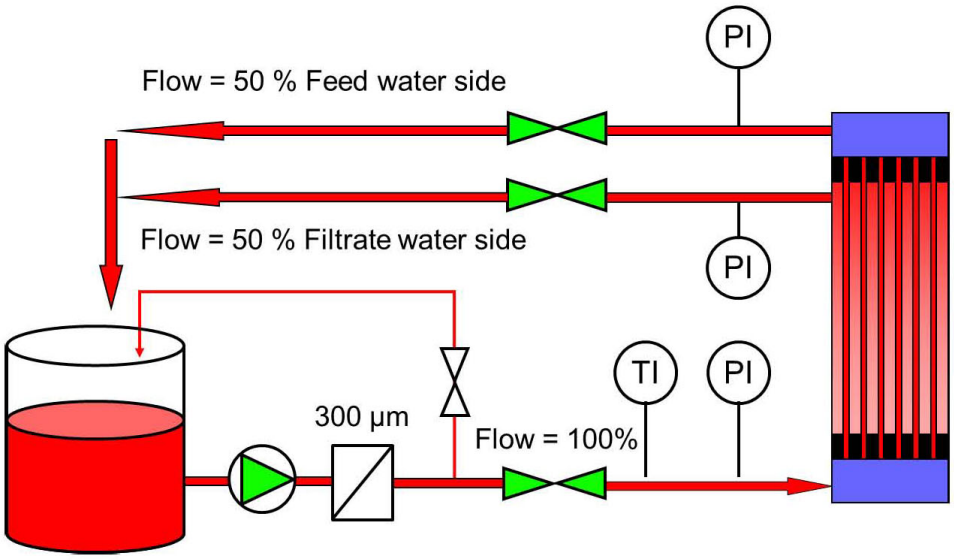



۳- اگر قرار است محلول شیمیایی گرم شود ، باید آن را در حالی‌که در سیستم چرخش می‌کند به‌آرامی تا دمای 30 الی ۳۵ درجه سانتی‌گراد گرم نمایید. دما نباید از حداکثر مقدار مجاز برای نرخ تغییر دما یا درجه‌حرارت بهره‌برداری برای مدول‌ها زیادتر شود (متن بالا و یا بخش "دستورالعمل بهره‌برداری مدول‌ها/قفسه‌های inge" را ببینید).

۴- مقادیر مربوط به درجه حرارت، pH و غلظت محلول شستشو باید به‌طور مداوم قرائت شده ، نمایش‌داده شود و ثبت گردد تا اطمینان حاصل شود که این مقادیر در محدوده موردنیاز و در محدوده شرایط عملیاتی مجاز قرار دارند (بخش "دستورالعمل بهره‌برداری مدول‌ها/قفسه‌های inge" را ببینید). به‌علت رابطه‌ی اتلاف گرما از ورودی پمپ ، دوره‌های طولانی چرخش می‌تواند به‌طور بالقوه محلول را به سطح بالاتری از حداکثر دمای مجاز برساند. اگر دما بیشتر از سطح مورد نیاز افزایش پیدا کرد، باید با اضافه کردن آب تازه فیلترشده توسط UF ، تصفیه شده با سیستم RO و یا آب آشامیدنی با آن مقابله نمود. مقدار pH و غلظت مواد شیمیایی باید در حد مقادیر لازم تنظیم شوند.

۵- پس از این‌که محلول حداقل به‌مدت ۶۰ دقیقه به‌طور انحصاری در سمت مربوط به‌خوراک چرخش کرد، فرآیند به سمت مرحله دوم حرکت می‌کند که در آن طرف مربوط به آب فیلتر شده نیز در فرآیند چرخش دخیل می‌باشد. این فرآیند شامل باز کردن شیر مربوط به آب فیلتر شده و بستن شیر فوقانی خوراک (شکل ۳-۶) می‌باشد تا این امکان فراهم شود که بخشی از جریان (۵۰ درصد) مربوط به محلول شستشو از طریق ممبرین‌ها به آب فیلتر شده برگردد. مهم است که از انجام تهویه در سمت مربوط به آب تصفیه شده یقین حاصل شود.

شکل ۳-۶ : چرخش در بخش‌های مربوط به خوراک و آب فیلتر شده




۶- در طول فرآیند کامل چرخش ، که باید حداقل ، به‌مدت بیش از ۶۰ دقیقه طول بکشد، مهم است اطمینان حاصل شود که محلول شیمیایی در هر دو طرف مربوط به خوراک و آب فیلتر شده در چرخش باشد.

۷- پس از این‌که محلول شیمیایی تقریباً به‌مدت ۲ ساعت در سیستم چرخش کرد ، فرآیند به سمت مرحله‌ی سوم حرکت می‌کند که در آن دوره‌های غوطه‌وری و چرخش در طرف‌های مربوط به خوراک و آب فیلترشده متناوباً انجام می‌گردد. در مرحله سوم، پمپ تمیز کننده متوقف می‌شود، المان گرم کننده خاموش شده و شیرهای مربوط به سمت خوراک نیز بسته می‌شوند.

۸- به‌عنوان یک قانون، مدت زمان ۶۰ دقیقه برای زمان غوطه‌وری قبل از چرخش بعدی کافی است ، در حالتی‌که لای‌گرفتگی و رسوب‌گرفتگی شدیدی وجود داشته باشد لازم است که زمان غوطه‌وری طولانی‌تر شود. برای بالا ماندن دما در طول زمان‌های طولانی غوطه‌وری ، باید تقریباً به‌مدت ۵ دقیقه ، یک فرآیند کوتاه مدت چرخشی در وسط زمان غوطه‌وری انجام شود.

۹- مراحل بعدی شامل تناوب بین چرخش در طرف‌های مربوط به خوراک و آب تصفیه‌شده و نیز زمان‌های غوطه‌وری می‌باشد. توجه داشته باشید که مدت زمان چرخش نباید بیشتر از ۶۰ دقیقه شود و زمان کل برای انجام چرخش و غوطه‌وری نیز نباید از ۱۲ ساعت بیشتر گردد.

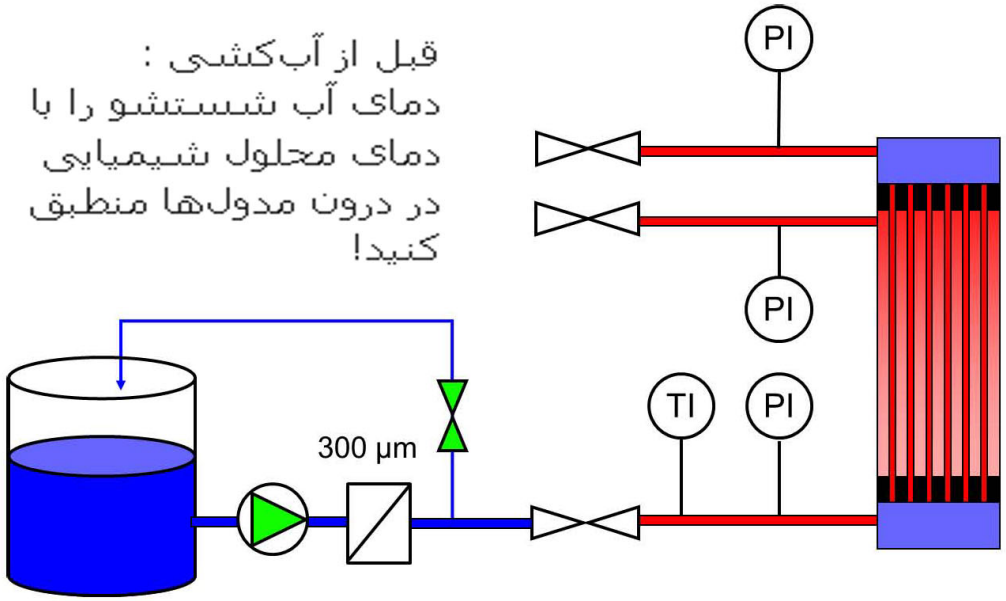
### ۶-۳-۴ مرحله‌ی آماده‌سازی جهت آب‌کشی سیستم

۱. پس از تکمیل فرآیند چرخش، محلول شیمیایی از مخزن CIP تخلیه می‌شود. در صورت لزوم، محلول باید قبل از تخلیه خنثی شود. مطمئن شوید که محلول تخلیه‌شده با تمام مقررات محلی مرتبط با تخلیه در سیستم فاضلاب، مطابقت داشته باشد. قبل از خالی‌شدن مخزن CIP، مطمئن شوید که شیرهای مربوط به‌طرف خوراک مدول‌ها/قفسه‌ها بسته باشند.
۲. پس از خالی‌شدن مخزن CIP، می‌توان آن‌را با آب فیلتر شده توسط UF ، یا آب تصفیه‌شده با سیستم RO و یا آب آشامیدنی پر نمود تا برای فرآیندهای آب‌کشی بعدی آماده گردد. برای آب‌کشی لازم نیست که از آب تصفیه‌شده توسط سیستم RO استفاده شود حتی اگر در دسترس باشد.

### ۶-۳-۵ آب‌کشی سیستم

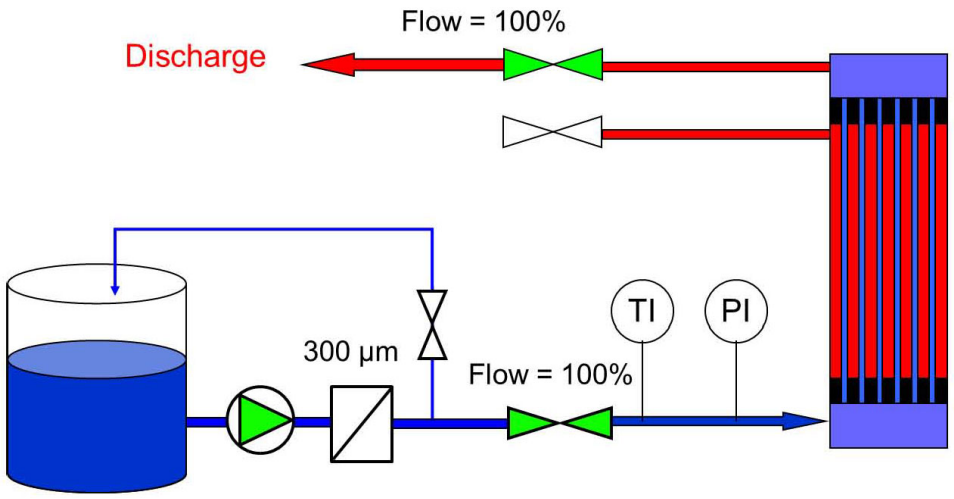
۱. اگر محلول شیمیایی قبلاً گرم شده باشد، اولین گام قبل از آغاز فرآیند آب‌کشی ، یکسان نمودن دماهای مربوط به آب شستشو و محلول شیمیایی موجود در مدول از طریق گرمایش و چرخش آب شستشو در مخزن CIP می‌باشد. اختلاف دماهای زیاد بین آب شستشو و محلول شیمیایی داخل مدول می‌تواند منجر به ترک‌های تنشی در مدول شده و بنابراین باید از آن اجتناب گردد. حداکثر نرخ مجاز مربوط به تغییر درجه‌حرارت و یا حداکثر درجه‌حرارت مجاز عملیاتی برای مدول‌ها را افزایش ندهید (متن بالا یا بخش "دستورالعمل بهره‌برداری مدول‌ها/قفسه‌های inge" را ببینید).

شکل ۶-۴ : آماده‌سازی جهت آب‌کشی سیستم



۲. پس از سپری‌شدن زمان غوطه‌وری و تنظیم شدن دمای آب شستشو در حد لازم ، اولین گام خالی‌کردن طرف مربوط به خوراک و سپس طرف مربوط به آب فیلتر شده ، بدون چرخش بیشتر محلول ، می‌باشد.
۳. برای شروع، شیرهای مربوط به طرف خوراک در مدول‌ها/قفسه‌ها باز می‌شوند و پمپ شستشو/خوراک در وضعیت بهره‌برداری قرار می‌گیرد (شکل ۵-۶). حداقل نرخ شدت جریان حجمی را مطابق با بخش "ایجاد چرخش CIP" تنظیم کنید. جریان خروجی مستقیماً از سیستم جمع‌آوری می‌شود. در صورت نیاز، محلول شیمیایی باید قبل از تخلیه خنثی شود. مطمئن شوید که محلول تخلیه‌شده با تمام مقررات محلی مرتبط با تخلیه در سیستم فاضلاب، مطابقت داشته باشد.

شکل ۵-۶ : شستشوی مواد شیمیایی در طرف مربوط به خوراک

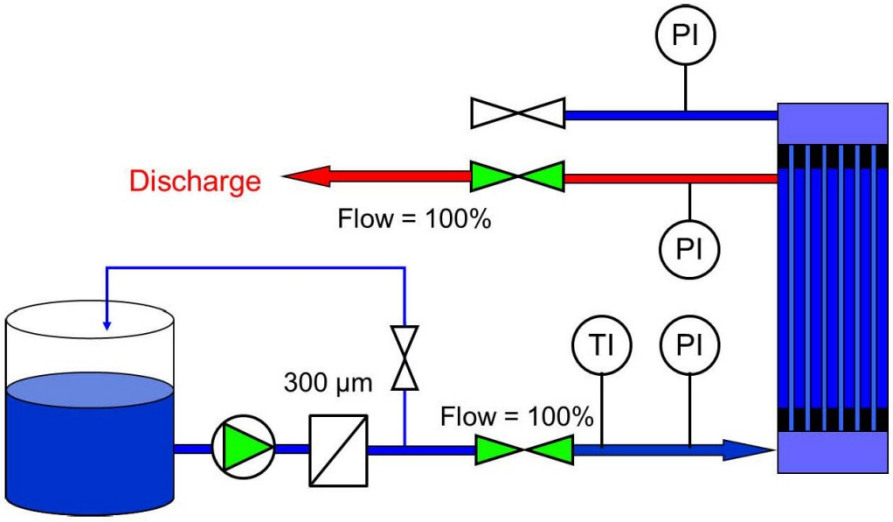



۴. پس از این‌که آب‌کشی طرف مربوط به خوراک کامل شد، طرف مربوط به آب فیلتر شده توسط باز کردن شیر فیلتراسیون و بستن شیر فوقانی مربوط به سمت خوراک آب‌کشی می‌شود (شکل ۶-۶).
متناوباً، برای حفظ کیفیت آب تصفیه‌شده توسط سیستم RO که ممکن است برای CIP استفاده شود، طرف مربوط به آب فیلتر شده را می‌توان از طریق فعال‌سازی پمپ شستشوی معکوس و استفاده از آب فیلتر شده توسط UF ، آب‌کشی نمود. درست مانند فرآیند آب‌کشی CEB، بعد از شستشوی معکوس از پایین ، شستشوی معکوس از بالا با نرخ شدت نفوذ آب‌کشی برابر با 230 LMH (135 GFD) انجام می‌شود (شکل ۶-۷ را ببینید).
جریان خروجی مستقیماً از سیستم جمع‌آوری می‌شود. در صورت نیاز، محلول شیمیایی باید قبل از تخلیه خنثی شود. مطمئن شوید که محلول تخلیه‌شده با تمام مقررات محلی

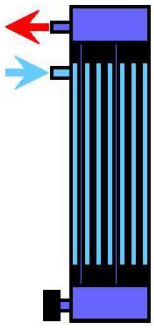
مرتبط با تخلیه در سیستم فاضلاب، مطابقت داشته باشد. فرآیند آب‌کشی باید ادامه یابد تا در طرف مربوط به آب فیلتر شده مقدار pH ثبت شده ، خنثی باشد.

۵. در طول فرآیند آب‌کشی، TMP باید نمایش داده شده و ثبت گردد تا بازدهی شستشو برای فرآیند شستشوی قبلی بررسی شود.

شکل ۶-۶ : آب‌کشی مواد شیمیایی در طرف مربوط به آب فیلتر شده




شکل ۶-۷ : عملیات آب‌کشی محلول شیمیایی در سمت آب فیلتر شده با فعال‌سازی پمپ شستشوی معکوس

| آب‌کشی ماده شیمیایی در شستشوی معکوس از بالا با شدت نفوذ آب‌کشی برابر با LMH ۲۳۰ (GFD ۱۳۵) | آب‌کشی ماده شیمیایی در شستشوی معکوس از پایین با شدت نفوذ آب‌کشی برابر با LMH ۲۳۰ (GFD ۱۳۵) |
| --- | --- |
| |  |

۶. پس از آن که فرآیند آب‌کشی تکمیل شد، باید مقدار نفوذپذیری در شدت نفوذ ثابت اندازه‌گیری شود و سپس مقدار آن در وضعیت فیلتراسیون نمایش داده شده و ثبت گردد تا بازدهی CIP بررسی شود. این امر باید بعد از هر CIP انجام شود ، حتی اگر دو CIP به‌صورت پی‌درپی انجام شده باشند.
متناوباً ، در حالی‌که سیستم با استفاده از پمپ شستشوی معکوس آب‌کشی می‌شود، مقدار نفوذپذیری نیز می‌تواند اندازه‌گیری شود ، همان‌طوری‌که در بالا توضیح داده شد.

## ۷ استفاده از مواد شیمیایی برای CEB/CIP

### ۷-۱ تفاوت‌های بین CIP و CEB

هدف از CEB و CIP در اصل عبارت است از : برطرف کردن مواد جمع‌شده بر روی سطح ممبرین که باعث کاهش عملکرد غشاء شده‌اند و با استفاده از شستشوهای معکوس استاندارد نیز برداشته نمی‌شوند. تفاوت‌های مهم بین CEB و CIP در سطوح عملکرد خودکار ، تعداد و شدت آن‌ها می‌باشد. به‌عنوان یک قاعده، انجام عملیات CIP فقط یک یا دو بار در سال ضروری است. یک رشته از مدول‌ها (رشته = واحدی مستقل با قابلیت انجام شستشوی معکوس متشکل از مدول‌های غشائی) به‌طور کامل بسته می‌شود ، و عملیات CIP معمولاً به‌صورت نیمه خودکار یا دستی انجام می‌گردد (برای جزئیات بیشتر بخش "شستشوی شیمیایی در محل (CIP)" را ببینید). در مقابل، عملیات CEB معمولاً چندین بار در هفته ، و در سیستم عملیاتی خودکار به‌صورت یکپارچه اجرا می‌گردد (بخش "شستشوی معکوس پیشرفته با استفاده از مواد شیمیایی (CEB)" را ببینید). برای بیشتر شدن تأثیر شستشو ، در عملیات CIP می‌توان از مواد شیمیایی پاک‌کننده با غلظت‌های بالاتر ، چرخش‌های اضافی محلول شیمیایی ، و در برخی موارد ، گرم کردن محلول CIP و طولانی‌تر کردن زمان‌های غوطه‌وری استفاده نمود. همچنین می‌توان در CIP از مواد شیمیایی دیگری استفاده کرد که به‌طور معمول در CEB استفاده نمی‌شوند.

*نکته مهم*

☝ علاوه بر دستورالعمل‌های تصریح شده در این بخش، عملکرد CEBها و CIPها در شرایط عملیاتی مجاز مندرج در بخش "دستورالعمل بهره‌برداری مدول‌ها/قفسه‌های inge" و راهنمایی‌ها و دستورالعمل‌های موجود در بخش " شستشوی معکوس پیشرفته با استفاده از مواد شیمیایی (CEB)" و " شستشوی شیمیایی در محل (CIP)" ذکر گردیده است.

### ۷-۲ مواد شیمیایی مجاز و شرایط عملیاتی

به‌عنوان یک قاعده، عوامل مرتبط با CEB و مخصوصاً CIP – مثلاً نوع تمیز کردن با استفاده از مواد شیمیایی - باید با نوع لای‌گرفتگی/رسوب‌گرفتگی غشاء و همچنین کیفیت آبی که تصفیه شده است ، متناسب باشد. برای این منظور سه نوع آب مختلف تعریف شده است:

- آب نوع A : آب زیرزمینی و سطحی
- آب نوع B : آب خارج شده از تصفیه‌خانه فاضلاب شهری
- آب نوع C : آب دریا

*نکته مهم*

- مواد شیمیایی مجاز و نیز شرایط عملیاتی برای انواع مختلف آب در جدول ۱-۷ برای CEB و در جدول ۲-۷ برای CIP آورده شده‌اند. برای استفاده در CEB و CIP ، فقط باید از مواد شیمیایی ذکر شده در این‌جا ، با غلظت‌ها و زمان‌های غوطه‌وری مشخص شده در این جدول استفاده شود. قبل از استفاده از هر نوع ماده‌ی شیمیایی دیگر ، اخذ تاییدیه کتبی از inge GmbH ضروری است (مثلاً پاک کننده‌های ممبرین که به‌طور ویژه طراحی شده‌اند).

- مواد شیمیایی ذکر شده در اینجا با غلظت‌ها و زمان‌های غوطه‌وری تعریف‌شده در جدول ۱-۷ و جدول ۲-۷، معمولاً انتخابی بسیار مؤثر برای CIP/CEB ممبرین‌های inge می‌باشند، هر چند در برخی از موارد باید با حالت‌های ویژه‌ی منبع آب بیشتر تعدیل/بهینه شوند. ضروری است که در امر اصلاح پارامترها با شرکت inge مشورت انجام پذیرد.

- به‌عنوان یک قاعده کلی، می‌توان از دی‌اکسیدکلر ($ClO_2$) به‌عنوان جایگزینی برای هیپوکلریت سدیم (NaOCl) در امر ضدعفونی‌کردن استفاده نمود. در این فرآیند باید به تشکیل محصولات جانبی (کلریت، کلرات) توجه داشت. در هر کدام از مواردی که در زیر توضیح داده شده است ، غلظت‌های مجاز تزریق برای دی‌اکسیدکلر برحسب میلی‌گرم $ClO_2$ در لیتر مطابق با نصف غلظت نشان داده شده برای هیپوکلریت سدیم می‌باشد. در محیط قلیایی ($pH > ۱۰$) $ClO_2$ تحت تأثیر واکنش نامتجانس قابل‌توجهی به کلریت و کلرات تبدیل می‌شود ؛ در محیط اسیدی به‌طور نامتجانس به کلر و اسید هیدروکلریک ($pH < 6$) تبدیل می‌گردد. بنابراین توصیه می‌شود که در شرایط $pH < 6$ و $pH > ۱۰$ از $ClO_2$ استفاده نشود.

- از پراکسید هیدروژن ($H_2O_2$) می‌توان تا غلظت ۵۰۰ mg/l استفاده نمود. با این‌حال، تجربه نشان داده است که اثر تمیزکردن و ضدعفونی‌کردن با $H_2O_2$ ندرتاً رضایت‌بخش می‌باشد. در محدوده‌ی اسیدی ($pH < ۵$)، اگر بر روی ممبرین نمک‌های فلزی وجود داشته باشد نمی‌توان از $H_2O_2$ استفاده کرد. اگر به هر دلیلی معتقدید که ممکن است بر روی ممبرین نمک‌های فلزی وجود داشته باشند ، قبل از به‌کارگیری $H_2O_2$ باید عملیات CEB یا CIP اسیدی انجام شود. مطمئن شوید که همه‌ی محلول شیمیایی پس از تکمیل عملیات CEB یا CIP اسیدی از سیستم شسته شده باشد.

در اکثریت قریب به‌اتفاق موارد،ثابت شده است که CEB/CIP های قلیایی با سود سوزآور بهترین انتخاب برای از بین بردن ساختارهای آلی ، و CEB/CIP ها با اسید هیدروکلریک یا اسید سولفوریک بهترین راه حل برای از بین بردن رسوبات غیرآلی می‌باشد. CEB/CIP قلیایی با استفاده از کلر فقط باید برای حذف رسوبات آلی سمج ، که معمولاً در موارد مربوط به آب‌های نوع B و C با آن‌ها مواجه هستیم ، به‌کار برده می‌شود. چنان‌چه در هنگام استفاده از کلر برای CEB/CIP ، در مرحله‌ی پیش‌تصفیه منعقدکننده افزوده شود ، باید از رهنمودهای ویژه‌ای پیروی

شود (برای جزئیات بیشتر بخش‌های زیر را ببینید : "شستشوی معکوس پیشرفته با استفاده از مواد شیمیایی (CEB)" و "شستشو در محل با استفاده از مواد شیمیایی (CIP)" ).

*نکته مهم*

☝ انجام عملیات CEB/CIP قلیایی ممکن است منجر به تولید رسوب گردد ، اگرچه این مقدار معمولاً بسیار اندک است. چنین رسوبی به‌طور کامل می‌تواند با استفاده از مرحله‌ی ضروری CEB/CIP اسیدی برطرف شود.

☝ استفاده از کلر به‌تنهایی بدون افزودن سود ، فقط برای ضدعفونی کردن سیستم (بخش "ضدعفونی کردن سیستم" را ببینید) ، سیستم‌های خاموش (بخش " سیستم‌های خاموش" را ببینید) و موارد مربوط به فاضلاب (آب نوع C) ضروری است. از آن‌جایی‌که قابلیت رشد باکتری در موارد مربوط به فاضلاب بسیار بیشتر از انواع دیگر آب می‌باشد ، سیستم‌های مورد استفاده در تصفیه‌ی فاضلاب باید هفته‌ای دو بار و با توجه به جدول ۱-۷ ضد عفونی شوند.

علاوه‌بر این ، به‌منظور ارتقای عملیات حذف رسوبات غیرآلی در CIP (و نه در CEB) می‌توان از اسید سیتریک و نیز برای کمک به حذف رسوبات آلی در CIP قلیایی می‌توان از سدیم لوریل سولفات surfactant استفاده نمود.

سیستم UF نمک‌ها را نگه نمی‌دارد. در نتیجه، در کاربردهای مرتبط با آب دریا ، غلظت نمک در محلول فیلترشده توسط سیستم UF بدون تغییر باقی می‌ماند. اگر در موارد مربوط به آب دریا برای انجام عملیات CEB/CIP از آب فیلترشده توسط UF استفاده شود، غلظت زیاد منیزیم (1200-1600 mg/l) مترادف با این معنی است که ، به محض آن‌که مقدار تزریق یون‌های -OH به‌شکل سودسوزآور تقریباً به ۲ تا ۵ mmol/L برسد هیدروکسید منیزیم ($MgOH_2$) شروع به رسوب کردن می‌کند (مقدار دقیق تزریق‌ها را می‌توان به‌وسیله تیتراسیون تعیین نمود). این مقدار از NaOH تزریق شده با افزایش مقدار pH به‌مقدار تقریبی ۹.۵ تا ۱۰ متناسب می‌باشد. همچنان‌که تزریق سود ادامه می‌یابد ، مقدار رسوب $MgOH_2$ نیز افزایش می‌یابد تا به نقطه‌ای می‌رسد که در آن عملاً هیچ منیزیمی در آب باقی نمانده باشد. در طول این فرآیند مقدار pH افزایش بیشتری پیدا نمی‌کند. نتیجه‌ی غلظت بسیار بالای منیزیم ، افزایش قابل ملاحظه‌ی سطح رسوب‌دهی ، در صورت ادامه یافتن تزریق می‌باشد.

*نکته مهم*

☝ در هنگام استفاده از آب دریای اولترافیلتر شده برای CEB ، ما به‌طور ویژه نسبت به استفاده از تزریق‌های سود بیشتر از مقدار تقریبی ۲ mmol/L و یا تنظیم مقدار PH بیش از ۹.۵ تا ۱۰ آگاهی می‌دهیم.

اگر از سیستم UF به‌عنوان مرحله‌ی پیش‌تصفیه برای اسمز معکوس استفاده شود (به‌عنوان مثال در نمک‌زدایی از آب دریا و یا تأسیسات بازیابی فاضلاب)، برای هر CIP قلیایی (با یا بدون کلر) باید از آب تصفیه‌شده توسط RO استفاده شود تا از بروز رسوب‌دهی جلوگیری شده و نیز اثر بخشی CIP حداکثر گردد. به دلایل مشابه، برای CEB قلیایی (با یا بدون کلر) نیز توصیه می‌شود که از آب تصفیه‌شده توسط RO استفاده گردد. به‌منظور کاهش استفاده از آب تصفیه‌شده توسط RO ، پس از انجام CEB می‌توان از آب فیلترشده توسط UF برای شستشوی سیستم استفاده نمود.

در استفاده از مواد شیمیایی جهت برطرف کردن گل‌و لای یا رسوب غیر قابل برگشت، عوامل کلیدی در ابتدا، تماس لازم بین محلول شیمیایی تمیز کننده و رسوب موجود بر روی غشاء ، و در مرحله‌ی دوم، تعامل بین متغیرها مانند غلظت، چرخش، زمان غوطه‌وری و درجه حرارت می‌باشد. در بیشتر موارد نیز با ترکیبی از انواع مختلف گل‌و لای یا رسوب مواجه هستیم، یعنی برای برطرف کردن آن ، استفاده از چندین مرحله‌ی تمیزکردن ضروری است. استفاده از مواد شیمیایی با درجه حرارت پایین کارایی فرآیند تمیزکردن را کم می‌کند و زمان غوطه‌وری بیشتر و/یا غلظت‌های زیادتری لازم می‌شود.

### ۷-۳ اطلاعاتی در مورد تزریق مواد شیمیایی

برای آب سطحی معمولی با مقدار pH تقریباً برابر با ۸ و ظرفیت اسیدی ۲ mmol/L ، تزریق‌های زیر ضروری می‌باشد :

- برای تنظیم کردن مقدار pH در حدود ۲.۳ ، تقریباً ۶۴۰ $ml/m^3$ اسید هیدروکلریک ۳۲ درصد وزنی یا ۷۶۰ $ml/m^3$ اسید سولفوریک ۳۷ درصد وزنی
- برای تنظیم کردن مقدار pH در حدود ۱۲.۰ ، تقریباً ۹۰۰ $ml/m^3$ سود سوزآور ۳۲ درصد وزنی در ۲۰ درجه سانتی‌گراد

برای تزریق کردن ۲ mmol/L از NaOH (برای CEB قلیایی در موارد مربوط به آب دریا در ۳۵ درجه سانتی‌گراد) به تقریباً ۲۰۰ $ml/m^3$ سود سوزآور ۳۲ درصد وزنی و ۱۲۰ $ml/m^3$ محلول هیپوکلریت ۱۴ درصد وزنی نیاز است تا سطح کلر آزاد در حد ۲۰ ppm تنظیم شود.

برای تنظیم کردن مقدار pH مناسب برای CIP با استفاده از آب تصفیه‌شده توسط سیستم اسمز معکوس ، موارد زیر ضروری است :

- برای تنظیم کردن مقدار pH در حدود ۲.۰ ، تقریباً ۱۲۰۰ $ml/m^3$ اسید هیدروکلریک ۳۲ درصد وزنی یا ۱۹۰۰ $ml/m^3$ اسید سولفوریک ۳۷ درصد وزنی
- برای تنظیم کردن مقدار pH در حدود ۱۲.۰ ، تقریباً ۷۰۰ $ml/m^3$ سود سوزآور ۳۲ درصد وزنی در ۲۰ درجه سانتی‌گراد و ۵۸۰ $ml/m^3$ محلول هیپوکلریت ۱۴ درصد وزنی تا سطح کلر آزاد افزایش یافته و در حد ۱۰۰ ppm تنظیم شود

برای فاضلاب شهری پیش تصفیه شده معمولی (خارج شده از تأسیسات تصفیه پس از مرحله‌ی ته‌نشینی) با مقدار pH تقریباً برابر با ۷ و ظرفیت اسیدی ۵ mmol/L ، تزریق‌های زیر ضروری می‌باشد :

- برای تنظیم کردن مقدار pH در حدود ۲.۳ ، تقریباً ۹۵۰ $ml/m^3$ اسید هیدروکلریک ۳۲ درصد وزنی یا ۱۳۰۰ $ml/m^3$ اسید سولفوریک ۳۷ درصد وزنی
- برای تنظیم کردن مقدار pH در حدود ۱۲.۰ ، تقریباً ۱۲۰۰ $ml/m^3$ سود سوزآور ۳۲ درصد وزنی در ۲۰ درجه سانتی‌گراد
- تقریباً ۱۲۰ $ml/m^3$ محلول هیپوکلریت ۱۴ درصد وزنی برای تنظیم سطح کلر آزاد در حد ۲۰ ppm برای عملیات ضدعفونی کردن یا در ترکیب با تزریق همزمان سود برای CEB قلیایی با استفاده از کلر

جدول ۱-۷ : مواد شیمیایی ، غلظت‌ها و زمان‌های غوطه‌وری برای CEBها

| | مواد شیمیایی | | آب نوع A : آب زیرزمینی و آب سطحی | آب نوع B : آب خروجی از تصفیه‌خانه فاضلاب شهری | آب نوع C : آب دریا | تذکرات |
|---|---|---|---|---|---|---|
| رسوبات و جرم غیرآلی | اسید هیدروکلریک (HCl) | مقدار pH: نمونه: زمان : غوطه‌وری : نمونه | 1<pH<2.5 pH 2.3 ۱۰تا۶۰ دقیقه ۱۵ دقیقه | 1<pH<2.5 pH 2.3 ۱۰تا۶۰ دقیقه ۱۵ دقیقه | 1<pH<2.5 pH 2.3 ۱۰تا۶۰ دقیقه ۱۵ دقیقه | |
| | اسید سولفوریک($H_2SO_4$) | مقدار pH: نمونه: زمان : غوطه‌وری : نمونه | 1<pH<2.5 pH 2.3 ۱۰تا۶۰ دقیقه ۱۵ دقیقه | 1<pH<2.5 pH 2.3 ۱۰تا۶۰ دقیقه ۱۵ دقیقه | 1<pH<2.5 pH 2.3 ۱۰تا۶۰ دقیقه ۱۵ دقیقه | |
| جرم آلی | سود سوزآور (NaOH) | مقدار pH: نمونه: زمان : غوطه‌وری : نمونه | 12<pH<13 pH 12 ۱۰تا۶۰ دقیقه 10 دقیقه | 12<pH<13 pH 12 ۱۰تا۶۰ دقیقه 10 دقیقه | 9.5<pH<10 pH 9.5 ۱۰تا۶۰ دقیقه 10 دقیقه | آب دریا: استفاده از آب تصفیه شده توسط RO برای CEB pH 12.3 (12) |
| | سدیم هیپوکلریت (NaOCl) + سود سوزآور (NaOH) | کلر آزاد : نمونه : مقدار pH: نمونه: زمان : غوطه‌وری : نمونه | - | Max 50 mg/l 20 mg/l 12<pH<13 pH 12 5تا۶۰ دقیقه 7 دقیقه | Max 50 mg/l 20 g/l 9.5<pH<10 pH 9.5 5تا۶۰ دقیقه 7 دقیقه | آب دریا: استفاده از آب تصفیه شده توسط RO برای CEB pH 12.3 (12) |
| ضدعفونی کردن | سدیم هیپوکلریت (NaOCl) | کلر آزاد : زمان : غوطه‌وری : تکرار | - | >1 mg/l <10 mg/l ۳۰ دقیقه ۲ بار در هفته | - | غلظت‌های مشخص شده باید با آب شستشوی خارج شده در انتهای زمان غوطه‌وری جمع گردد |

جدول ۲-۷ : مواد شیمیایی و غلظت‌ها برای CIPها (حداکثر زمان کل برای غوطه‌وری و چرخش ۱۲ ساعت می‌باشد)

| | مواد شیمیایی | | آب نوع A : آب زیرزمینی و آب سطحی | آب نوع B : آب خروجی از تصفیه‌خانه فاضلاب شهری | آب نوع C : آب دریا | تذکرات |
|---|---|---|---|---|---|---|
| رسوبات و جرم غیرآلی | اسید هیدروکلریک (HCl) | مقدار pH: نمونه: | 1<pH<2.5 pH 2 | 1<pH<2.5 pH 2 | 1<pH<2.5 pH 2 | |
| | اسید سولفوریک($H_2SO_4$) | مقدار pH: نمونه: | 1<pH<2.5 pH 2 | 1<pH<2.5 pH 2 | 1<pH<2.5 pH 2 | |
| | اسید سیتریک + اسید هیدروکلریک یا اسید سولفوریک | غلظت: نمونه: مقدار pH: نمونه: | Max. 10 g/l 4 g/l 1<pH<2.5 pH 2 | Max. 10 g/l 4 g/l 1<pH<2.5 pH 2 | Max. 10 g/l 4 g/l 1<pH<2.5 pH 2 | |
| جرم آلی | سود سوزآور (NaOH) | مقدار pH: نمونه: | 12<pH<13 pH 12.5 | 12<pH<13 pH 12.5 | 12<pH<13 pH 12.5 | در صورت موجود بودن از آب تصفیه شده توسط RO استفاده کنید |
| | سدیم هیپوکلریت (NaOCl) + سود سوزآور (NaOH) | کلر آزاد: نمونه: مقدار pH: نمونه: | - | Max 200 mg/l 100 mg/l 12<pH<13 pH 12 | Max 200 mg/l 100 mg/l 12<pH<13 pH 12 | در صورت موجود بودن از آب تصفیه شده توسط RO استفاده کنید |
| | سدیم لوریل سولفات + سود سوزآور (NaOH) | غلظت: نمونه: مقدار pH: نمونه: | - | Max. 10 g/l 4 g/l 12<pH<13 pH 12 | Max. 10 g/l 4 g/l 12<pH<13 pH 12 | در صورت موجود بودن از آب تصفیه شده توسط RO استفاده کنید |
| ضدعفونی کردن | سدیم هیپوکلریت (NaOCl) | برای کسب اطلاعات در مورد انجام عملیات ضدعفونی کردن ، بخش "ضدعفونی کردن سیستم" را ببینید. | | | | |

## ۸ برنامه‌ریزی برای سیستم کنترل

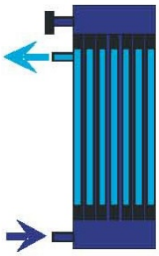
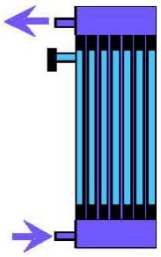
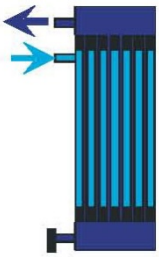
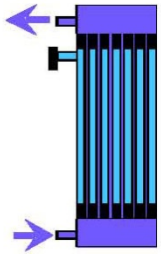
### ۸-۱ مفهوم کنترل برای توالی چرخه‌های عملیاتی

برای سیستم‌های کنترل دستگاه‌های T-Rack® که در حالت تناوبی مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند ، معمولاً توصیه می‌شود که چرخه‌های عملیاتی که به‌طور متوالی اجرا می‌شوند ، در

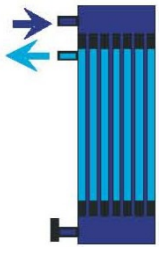
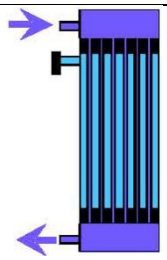
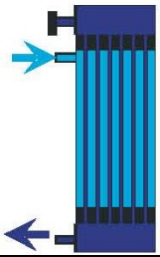
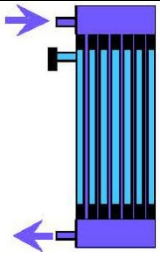
دو گروه تعریف شوند (بخش ۳-۳ را ببینید). اختلاف مهم بین این دو گروه ، جهت جریان خوراک در طی انجام فیلتراسیون و شستشوی سریع رو به‌جلو و جهت جریان در طول عملیات شستشوی معکوس می‌باشد (شکل ۸-۱ و شکل ۸-۲ را ببینید) (بخش "بهره‌برداری از ممبرین" را ببینید). مجموع مدت زمان چرخه‌های شستشو در یک چرخه عملیاتی نباید بیش از ۶۰ ثانیه شود.

هنگام بهره‌برداری از یک سیستم در حالت متناوب، معمولاً انجام مراحل شستشو بدون شستشوهای سریع رو به‌جلو کفایت می‌کند (مثلاً تنها با استفاده از شستشوهای معکوس). در این حالت، نوعاً طول مدت زمان انجام شستشوهای سریع و رو به‌جلو بر روی ۰ ثانیه تنظیم می‌شود. با این حال اگر در موردی خاص استفاده از شستشوهای سریع و رو به‌جلو توصیه شود و یا اگر معلوم شود که شستشوهای معکوس طولانی‌تر یا کوتاه‌تر نتایج بهتری می‌دهند، راحت‌تر است که برای تنظیم توالی شستشوها ، به‌سادگی زمان‌های مختلفی برای هر مرحله تعریف گردد.

شکل ۸-۱ : گروه ۱ (G1) : چرخه عملیاتی برای بهره برداری از پایین (OC1)

| | | | |
|---|---|---|---|
|  |  |  |  |
| فیلتراسیون از انتها (FB) | شستشوی سریع روبه‌جلو از انتها (FFB) | شستشوی معکوس از انتها (BWB) | شستشوی سریع روبه‌جلو از انتها (FFB) |
| طول مدت<br>۰ تا ۳۶۰ دقیقه | طول مدت<br>۰ تا ۴۰ ثانیه | طول مدت<br>۰ تا ۶۰ ثانیه | طول مدت<br>۰ تا ۴۰ ثانیه |
| مقدار نمونه<br>۴۵ دقیقه | مقدار نمونه<br>۰ ثانیه | مقدار نمونه<br>۶۰ ثانیه | مقدار نمونه<br>۰ ثانیه |

شکل ۸-۲ : گروه ۲ (G2) : چرخه عملیاتی برای بهره برداری از بالا (OC1)

| | | | |
|---|---|---|---|
|  |  |  |  |
| فیلتراسیون از بالا (FT) | شستشوی سریع روبه‌جلو از بالا (FFT) | شستشوی معکوس از بالا (BWT) | شستشوی سریع روبه‌جلو از بالا (FFT) |
| طول مدت<br>۰ تا ۳۶۰ دقیقه | طول مدت<br>۰ تا ۴۰ ثانیه | طول مدت<br>۰ تا ۶۰ ثانیه | طول مدت<br>۰ تا ۴۰ ثانیه |
| مقدار نمونه<br>۴۵ دقیقه | مقدار نمونه<br>۰ ثانیه | مقدار نمونه<br>۶۰ ثانیه | مقدار نمونه<br>۰ ثانیه |

یک توالی نمونه جهت بهره‌برداری متناوب به شرح زیر می‌باشد :

- G1 OC1 → G2 OC1 → G1 OC1 → G2 OC1 → G1 OC1 → G2 OC1 → ...

## ۸-۲ مفهوم کنترل برای مراحل شستشوی معکوس پیشرفته با استفاده از مواد شیمیایی

برحسب کاربرد خاص و کیفیت آب، شخص بهره‌بردار یکی از برنامه‌ها/ترکیب‌های CEB و نیز توالی‌های تعریف شده در جدول ۱-۸ را انتخاب می‌نماید. این انتخاب بستگی به نکات زیر دارد که باید در هنگام برنامه‌ریزی/ تنظیم CEBها مد نظر گرفته شود:

*نکته مهم*

- علاوه‌بر دستورالعمل‌های ارائه شده در این بخش، برنامه‌ریزی CEB نیز در مبحث مربوط به شرایط عملیاتی مجاز در بخش‌های "راهنمای بهره‌برداری مدول‌ها/قفسه‌های inge" و رهنمودها و دستورالعمل‌های مندرج در بخش‌های "شستشوی معکوس پیشرفته با استفاده از مواد شیمیایی (CEB)" و "استفاده از مواد شیمیایی برای CEB /CIP " آورده شده است.

- همان‌طوری‌که در بخش " شستشوی معکوس پیشرفته با استفاده از مواد شیمیایی (CEB)" شرح داده شده است، CEB قلیایی/اسیدی به عنوان یک CEB واحد در نظر گرفته می‌شود. در جدول ۱-۸ ، از آن به‌عنوان ۱ CEB نام برده شده و به ۱.۱ CEB قلیایی و ۱.۲ CEB اسیدی تقسیم گردیده است. اگر به ۱.۱ CEB قلیایی کلر اضافه شود، آن را (B) ۱.۱ CEB و اگر به ۱.۱ CEB قلیایی کلر اضافه نشود ، آن را (A) ۱.۱ CEB می‌نامند.

- در جدول ۱-۸ ، CEB اسیدی، ۲ CEB نامیده شده است. ۲ CEB اسیدی به‌طور جداگانه اجرا می‌شود (مثلاً از دیگر CEBها مجزا می‌باشد) تا بتواند به‌طور مؤثری جرم ناشی از لخته‌ها و ترکیبات غیر آلی موجود در آب (به‌عنوان مثال $FeCl_3$ و PACI) را برطرف نماید.

- در جدول ۱-۸ ، CEB با استفاده از کلر ، ۳ CEB نامیده شده است. ۳ CEB به‌طور جداگانه اجرا می‌شود ، یعنی از دیگر CEBها مجزا می‌باشد. فقط در موارد مرتبط با تصفیه‌ی آب خروجی از تصفیه‌خانه‌ی فاضلاب شهری مورد نیاز است.

- در سیستم‌هایی که از یک ماده منعقدکننده در مرحله پیش‌تصفیه استفاده می‌کنند ، قبل از اجرای 3 CEB ، باید CEB اسیدی (2 CEB یا 1.2 CEB) انجام شود. این امر نباید دیرتر از ۸-۶ ساعت قبل از ۳ CEB انجام گردد. قبل از اضافه کردن کلر، مهم است مطمئن شوید که محلول CEB اسیدی به‌طور کامل از مدول شستشو شده باشد. جهت تحقق امر ، مطمئن شوید که حداقل یک چرخه‌ی عملیاتی (= توالی فیلتراسیون و شستشو ) بین ۲ CEB یا ۱.۲ CEB و 3 CEB انجام شده باشد.

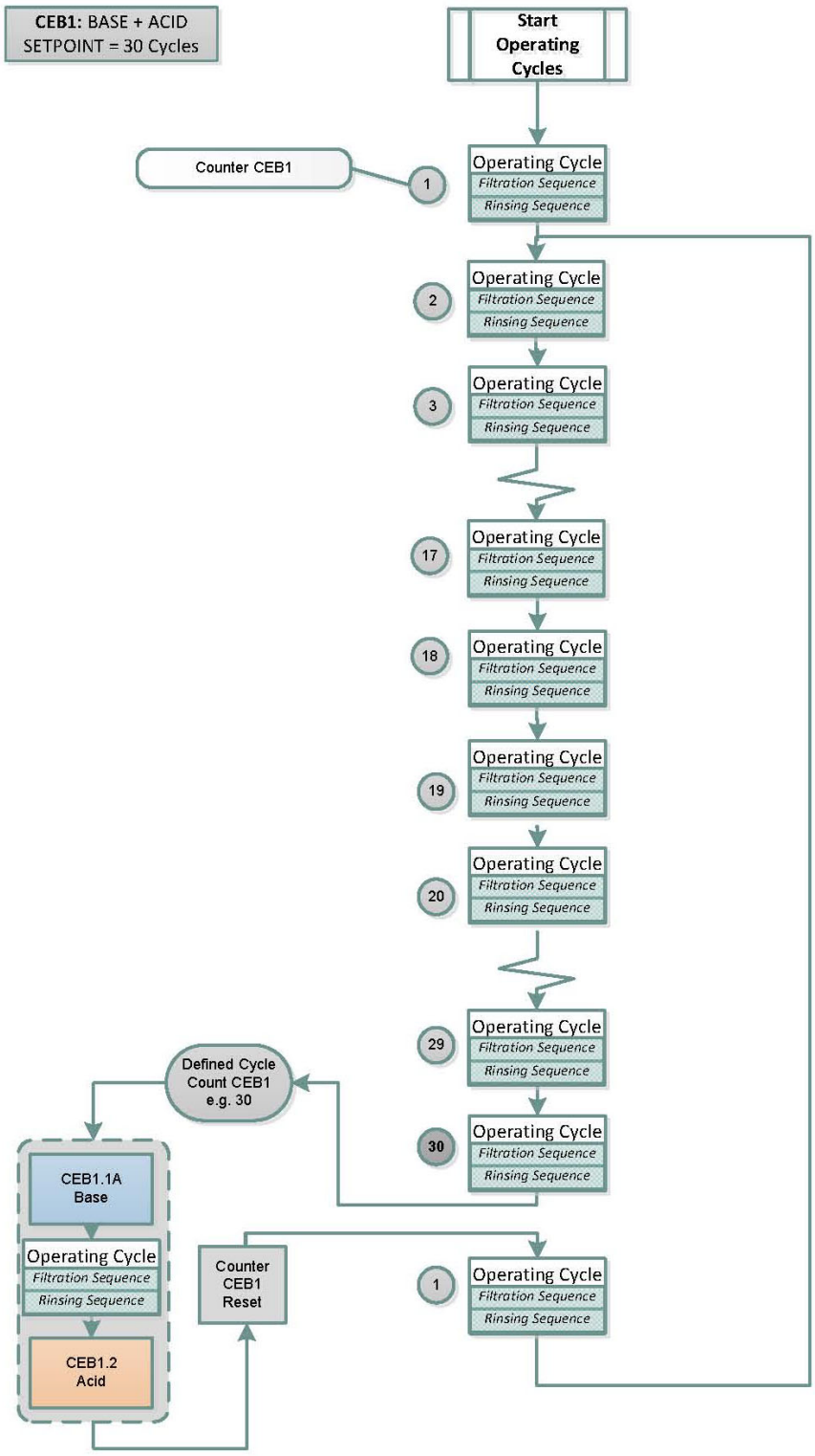
جدول ۸-۱ : برنامه‌های CEB

| CEB | CEB 1 | | | CEB 2 | CEB 3 |
|---|---|---|---|---|---|
| تذکر | توالی دو مرحله شستشوی شیمیایی (CEB 1.1 و CEB 1.2) : قلیایی بعد از اسیدی | | | جدا از دیگر CEBها انجام می‌شود | جدا از دیگر CEBها انجام می‌شود |
| هدف | برای تمیزکردن لایه‌های آلی و سپس تمیزکردن لایه‌های غیرآلی و/یا برطرف کردن رسوبات | | | برای برطرف کردن لایه‌های غیرآلی (شامل باقی‌مانده مواد منعقدکننده) | ضدعفونی کردن |
| زیربرنامه | CEB 1.1 (A) | CEB 1.1 (B) | CEB 1.2 | - | - |
| خواص | کاملاً قلیایی | قلیایی + اکسیدکننده | اسیدی | اسیدی | ضدعفونی کنندگی |
| مواد شیمیایی | NaOH | NaOH و NaOCl | HCl یا $H_2SO_4$ | HCl یا $H_2SO_4$ | NaOCl یا $ClO_2$ |

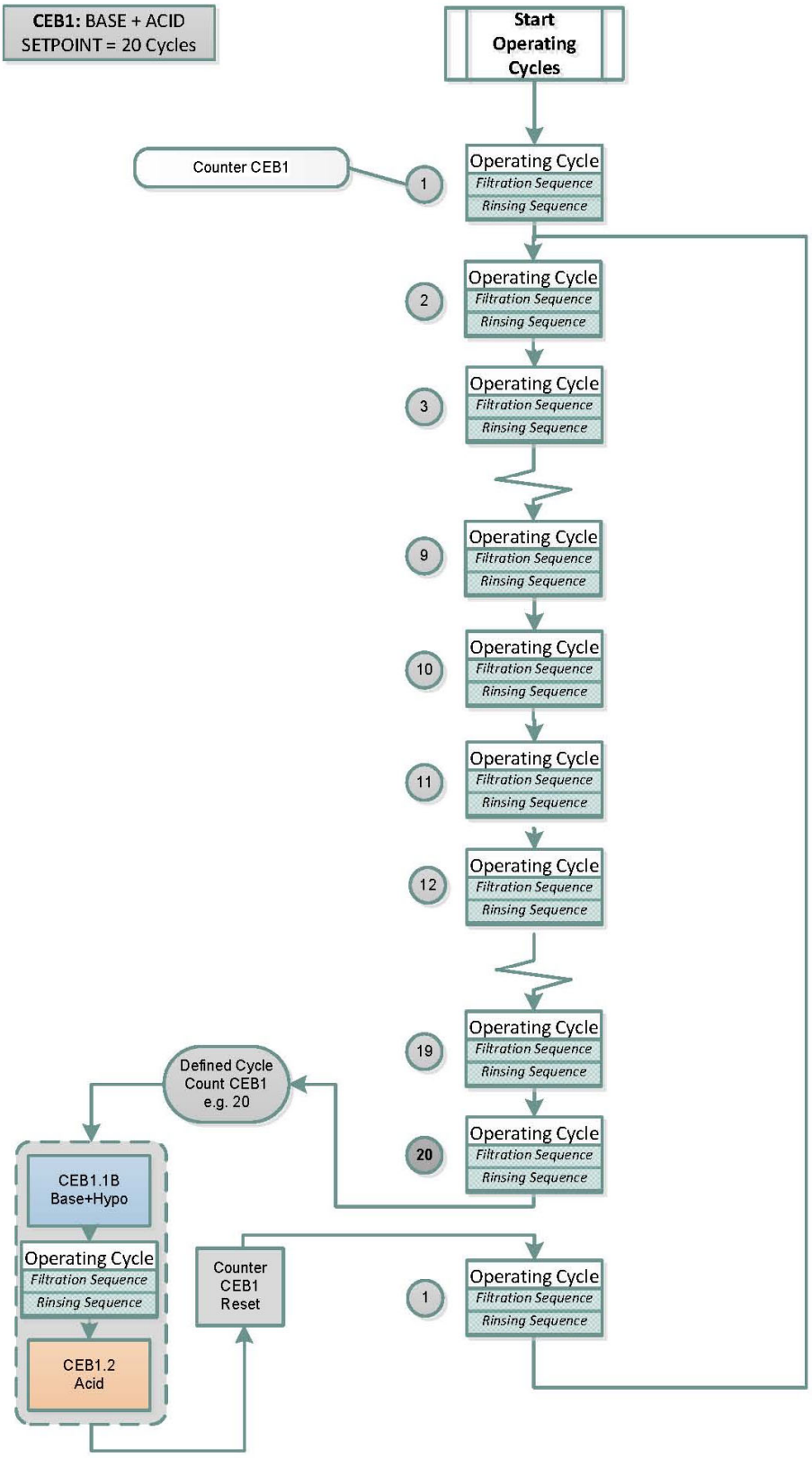
در برنامه کنترل مربوط به‌هر برنامه‌ی CEB باید یک تایمر یا شمارنده‌ی مجزا وجود داشته باشد تا بتوان موارد ثبت شده در چرخه‌های عملیاتی تکمیل‌شده را حفظ نمود(مثلاً شکل ۳-۸ و شکل ۴-۸ را ببینید). این امر باعث می‌شود که بهره‌بردار بتواند برنامه CEB را با استفاده از تنظیمات رابط بهره‌بردار تعریف کند ، برای این‌که شرط انجام شدن CEB ، پس از تکمیل تعداد معینی از چرخه‌های عملیاتی را مشخص گرداند (مقدار موردنظر آزادانه قابل تنظیم است). پس از آن‌که عملیات CEB آغاز شد، شمارنده‌ی مربوطه بر روی عدد صفر قرار می‌گیرد.

در برخی از موارد ضروری است که چند برنامه‌ی متفاوت CEB ، در فواصل زمانی مختلف انجام شود (به‌عنوان مثال شکل ۵-۸ را ببینید). برای مطمئن شدن از این‌که برنامه‌های CEB پشت‌سرهم در یک توالی یکسان و به‌صورت غیر تداخلی انجام می‌شوند (مانند این‌که سیستم اقدام به اجرای دو برنامه متفاوت CEB در یک زمان نماید)، توصیه می‌کنیم که اولویت‌ها را در شمارنده‌ی چرخه‌ی عملیاتی مشخص کنید. پس از آن، سیستم می‌تواند از این اولویت‌ها استفاده کرده و تصمیم بگیرد که اگر اجرای دو عملیات CEB همزمان شد ، ابتدا کدام CEB انجام گردد. در این متن، در برنامه CEB با کم‌ترین تناوب تعریف شده (یعنی شمارنده بر روی بیشترین مقدار تنظیم شده است) ، بالاترین اولویت مشخص شده است (مثلاً ۳ CEB در شکل ۵-۸). در صورت تعارض (یعنی شمارنده‌ی چرخه‌های عملیاتی در دو CEB به‌طور همزمان به انتها برسند)، CEB با بالاترین اولویت انجام خواهد شد و سپس هر دو شمارنده‌ی چرخه‌ی عملیاتی صفر می‌شوند.

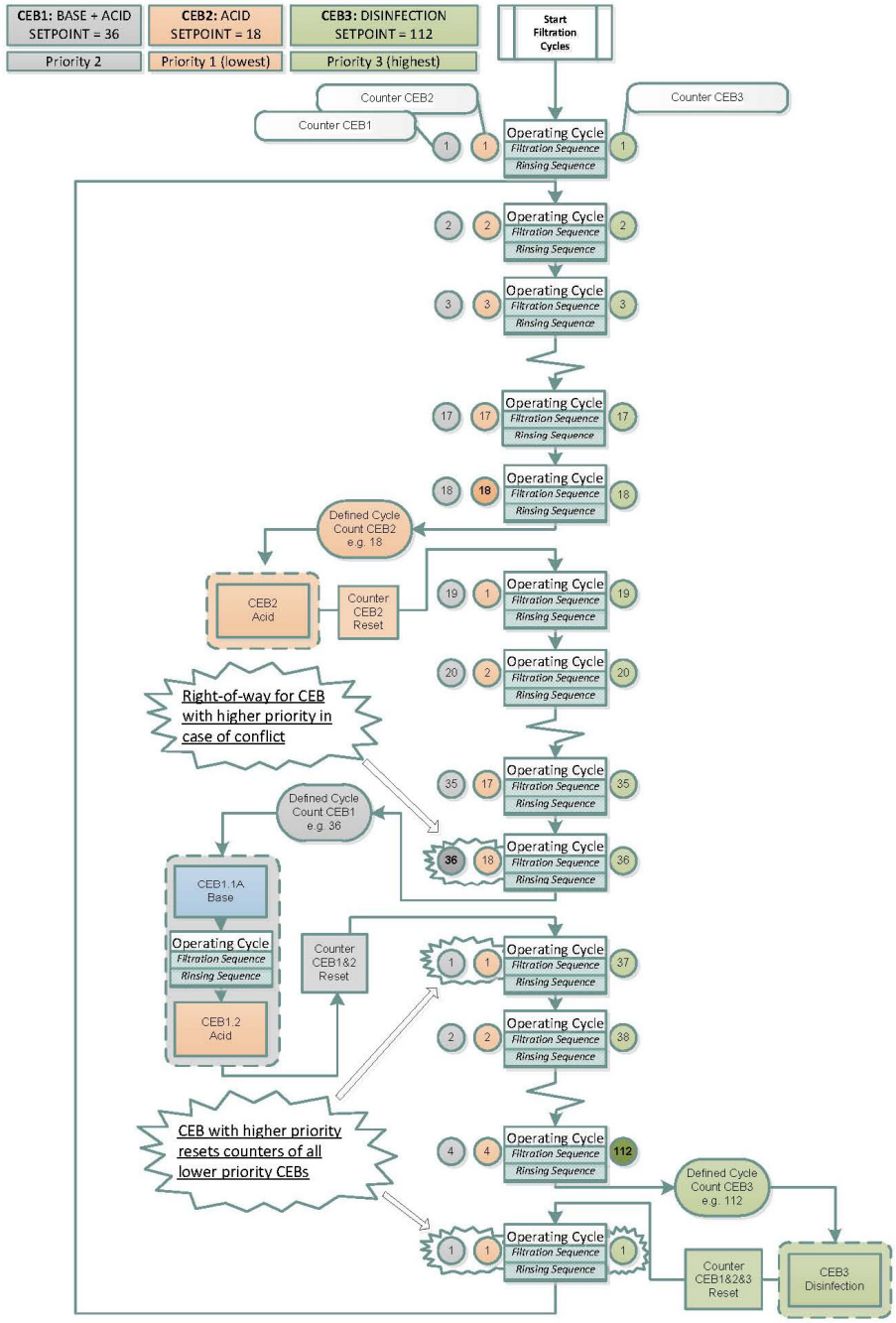
شکل ۳-۸ : مثالی از یک توالی CEB برای آب سطحی ، CEB 1 (A)



شکل ۴-۸ : مثالی از یک توالی CEB برای آب دریا ، CEB 1 (B)



شکل ۵-۸ : مثالی از یک توالی CEB برای آب خروجی از تصفیه‌خانه‌ی فاضلاب شهری ، CEB 1 (A) , CEB 2 , CEB 3



## ۸-۳ پارامترهای برنامه

هر وضعیتی از بهره‌برداری ، باید توسط پارامترهای ورودی مبتنی بر تنظیم آزادانه‌ی مقادیر مقرر ، در سیستم کنترل تعریف شود (جدول ۲-۸).

جدول ۲-۸ : پارامترهای ورودی

| وضعیت بهره‌برداری | پارامترهای ورودی |
|---|---|
| **G1OC1** | |
| فیلتراسیون از انتها (FB) | طول مدت ، روشن/خاموش ، نرخ شدت جریان حجمی |
| شستشوی سریع و رو به‌جلو از انتها قبل از BW (FFB) | طول مدت ، روشن/خاموش ، نرخ شدت جریان حجمی ، قبل از شستشوی معکوس |
| شستشوی معکوس از انتها (BWB) | طول مدت ، نرخ شدت جریان حجمی |
| شستشوی سریع و رو به‌جلو از انتها پس از BW (FFB) | طول مدت ، نرخ شدت جریان حجمی ، پس از شستشوی معکوس |
| **G2OC1** | |
| فیلتراسیون از بالا (FT) | طول مدت ، روشن/خاموش ، نرخ شدت جریان حجمی |
| شستشوی سریع و رو به‌جلو از بالا قبل از BW (FFT) | طول مدت ، روشن/خاموش ، نرخ شدت جریان حجمی ، قبل از شستشوی معکوس |
| شستشوی معکوس از بالا (BWT) | طول مدت ، نرخ شدت جریان حجمی |
| شستشوی سریع و رو به‌جلو از بالا پس از BW (FFT) | طول مدت ، نرخ شدت جریان حجمی ، پس از شستشوی معکوس |
| **شستشوی معکوس پیشرفته با استفاده از مواد شیمیایی (CEB)** | |
| شستشوی معکوس شیمیایی (CEB) | ۱- شمارنده‌ی چرخه برای CEB 1<br>۲- شمارنده‌ی چرخه برای CEB 2<br>۳- شمارنده‌ی چرخه برای CEB 3<br>(زمان‌سنج / تناوب) |
| **CEB 1.1 (اسیدی/قلیایی)** | |
| **CEB 1.1 (CEB 1.1 (A) یا قلیایی (B) CEB 1.1 ((کلر+قلیا)** | |
| تزریق مواد شیمیایی ۱.۱ ، شستشوی معکوس از انتها | طول مدت ، نرخ شدت جریان حجمی ، تزریق A، تزریق B |
| تزریق مواد شیمیایی ۱.۱ ، شستشوی معکوس از بالا | طول مدت ، نرخ شدت جریان حجمی ، تزریق A، تزریق B |
| زمان غوطه‌وری ماده‌ی شیمیایی ۱.۱ | طول مدت |
| آب‌کشی ماده‌ی شیمیایی ۱.۱، شستشوی معکوس از انتها | طول مدت ، نرخ شدت جریان حجمی |
| آب‌کشی ماده‌ی شیمیایی ۱.۱، شستشوی معکوس از بالا | طول مدت ، نرخ شدت جریان حجمی |
| **CEB 1.2 (اسیدی)** | |
| تزریق مواد شیمیایی ۱.۲ ، شستشوی معکوس از انتها | طول مدت ، نرخ شدت جریان حجمی ، تزریق |
| تزریق مواد شیمیایی ۱.۲ ، شستشوی معکوس از بالا | طول مدت ، نرخ شدت جریان حجمی ، تزریق |
| زمان غوطه‌وری ماده‌ی شیمیایی ۱.۲ | طول مدت |
| آب‌کشی ماده‌ی شیمیایی ۱.۲، شستشوی معکوس از انتها | طول مدت ، نرخ شدت جریان حجمی |
| آب‌کشی ماده‌ی شیمیایی ۱.۲، شستشوی معکوس از بالا | طول مدت ، نرخ شدت جریان حجمی |
| **CEB 2 (اسیدی)** | |
| تزریق مواد شیمیایی ۲ ، شستشوی معکوس از انتها | طول مدت ، نرخ شدت جریان حجمی ، تزریق |
| تزریق مواد شیمیایی ۲ ، شستشوی معکوس از بالا | طول مدت ، نرخ شدت جریان حجمی ، تزریق |
| زمان غوطه‌وری ماده‌ی شیمیایی ۲ | طول مدت |
| آب‌کشی ماده‌ی شیمیایی ۲، شستشوی معکوس از انتها | طول مدت ، نرخ شدت جریان حجمی |
| آب‌کشی ماده‌ی شیمیایی ۲، شستشوی معکوس از بالا | طول مدت ، نرخ شدت جریان حجمی |

| | |
|---|---|
| **CEB 3 (ماده ضدعفونی‌کننده)** | |
| تزریق مواد شیمیایی ۳ ، شستشوی معکوس از انتها | طول مدت ، نرخ شدت جریان حجمی ، تزریق |
| تزریق مواد شیمیایی ۳ ، شستشوی معکوس از بالا | طول مدت ، نرخ شدت جریان حجمی ، تزریق |
| زمان غوطه‌وری ماده‌ی شیمیایی ۳ | طول مدت |
| آب‌کشی ماده‌ی شیمیایی ۳، شستشوی معکوس از انتها | طول مدت ، نرخ شدت جریان حجمی |
| آب‌کشی ماده‌ی شیمیایی ۳، شستشوی معکوس از بالا | طول مدت ، نرخ شدت جریان حجمی |
| **تست صحت عملکرد ، طرف مربوط به آب فیلترشده (مدول‌های UF)** | **اختیاری ؛ تست اتوماتیک صحت عملکرد** |
| آب‌گیری | طول مدت |
| زمان تثبیت | طول مدت |
| اندازه‌گیری | طول مدت ، افت فشار بحرانی |
| کاهش فشار | طول مدت ، مشخصه فشار هدف |
| تهویه فیلتراسیون | طول مدت ، نرخ شدت جریان حجمی |
| **تست صحت عملکرد ، طرف مربوط به خوراک (T-Rack®)** | **اختیاری ؛ تست اتوماتیک صحت عملکرد** |
| آب‌گیری | طول مدت |
| زمان تثبیت | طول مدت |
| اندازه‌گیری | طول مدت ، افت فشار بحرانی |
| کاهش فشار | طول مدت ، مشخصه فشار هدف |
| شستشوی سریع رویه‌جلو از انتها | طول مدت ، نرخ شدت جریان حجمی |
| تهویه فیلتراسیون | طول مدت ، نرخ شدت جریان حجمی |
| **پیش‌تصفیه / انعقاد** | |
| تنظیم pH (پمپ تزریق) | روشن/خاموش ، HCl یا NaOH ، مقدار مقرر جهت pH هدف |
| تزریق ماده‌ی منعقدکننده | مقدار مقرر برای تزریق/ تناوب پمپ |
| **پارامترهای عمومی** | |
| **محدودیت‌های TMP** | |
| آماده‌باش TMP برای فیلتراسیون | علامت اخطار TMP برای فیلتراسیون |
| هشدار TMP | هشدار TMP ، توقف بهره‌برداری |
| آماده‌باش TMP برای شستشوی معکوس | علامت اخطار TMP برای شستشوی معکوس |
| هشدار TMP برای شستشوی معکوس | هشدار TMP ، توقف بهره‌برداری |
| **درجه‌حرارت** | |
| آماده‌باش برای درجه‌حرارت | پیام اخطار برای درجه‌حرارت |
| هشدار برای درجه‌حرارت | هشدار برای درجه‌حرارت ، توقف بهره‌برداری |
| **کدورت خوراک** | |
| اخطار برای کدورت | پیام اخطار برای کدورت |
| هشدار برای کدورت | هشدار برای کدورت ، توقف بهره‌برداری |

## ۸-۴ ثبت اطلاعات

مقادیر اندازه‌گیری شده برای پارامترهای نشان داده شده در جدول ۸-۳ ، توسط PLC (کنترل کننده منطقی قابل برنامه‌ریزی) ثبت شده‌اند. در اندازه‌گیری‌های مربوط به نرخ شدت جریان حجمی ، هم نرخ شدت جریان حجمی و هم مقدار حجم کل مربوطه باید ثبت گردد. در اولین خط از پرونده ثبت شده باید تاریخ و زمان قرار داده شود تا اطمینان حاصل گردد که اطلاعات ثبت‌شده به‌روشنی شناسایی و مرتب شده‌اند. ثبت و ذخیره‌ی اطلاعات نیاز به اختصاص بدون ابهام اطلاعات اندازه‌گیری‌شده بر طبق وضعیت بهره‌برداری دارد.

جدول ۳-۸ : ثبت کردن پارامترها

| ثبت / ضبط داده ها | |
|---|---|
| تاریخ | dd.mm.yy hh:mm:ss |
| فشار ۱ | فشار خوراک در پایین |
| فشار ۲ | فشار خوراک در بالا |
| فشار ۳ | فشار آب فیلتر شده |
| TMP محاسبه‌شده | فشار غشای تراوا |
| کیفیت ۱ | درجه‌حرارت |
| کیفیت ۲ | کدورت خوراک |
| کیفیت ۳ | مقدار pH خوراک |
| نرخ شدت جریان حجمی ۱ | نرخ شدت جریان حجمی خوراک |
| نرخ شدت جریان حجمی ۲ | حجم خوراک |
| نرخ شدت جریان حجمی ۳ | نرخ شدت جریان حجمی شستشوی معکوس |
| نرخ شدت جریان حجمی ۴ | حجم شستشوی معکوس |
| قابلیت نفوذ عادی ، محاسبه‌شده (20°C) | قابلیت نفوذ در 20°C |
| شاخص | حالت بهره‌برداری |
| x1 | ذخیره شده |
| x2 | ذخیره شده |
| x3 | ذخیره شده |

## ۹ طراحی و ساخت

به‌موجب سال‌ها تجربیات فراوان شرکت inge GmbH در زمینه‌ی تصفیه‌ی انواع گوناگون آب‌های سطحی، ما قادریم که تخمین‌ها و تقریب‌های دشواری را برای طراحی سیستم‌های UF براساس محاسبات جامعی از منبع آب در هر وضعیت ارائه دهیم.

پارامترهای زیر مبنای حداقلی هستند که ما برای انجام یک تجزیه و تحلیل به‌آن نیاز داریم:

- مؤلفه‌های ذره‌ای آب :
  - کدورت / کل مواد جامد معلق (TSS)
- مؤلفه‌های آلی آب :
  - DOC/TOC و SAK254
  - برای فاضلاب : مقدار اکسیژن‌خواهی شیمیایی (COD) و مقدار اکسیژن‌خواهی بیولوژیکی (BOD)
- مؤلفه‌های غیرآلی آب:
  - Ca , Mg , قلیائیت/HCO3 , Fe , Mn , Al
- مقدار pH
- درجه حرارت

اگر کیفیت و درجه حرارت منبع آب دچار تغییرات فصلی می‌شود، جزئیات مربوط به دامنه‌ی نوسانات نیز جهت انجام تجزیه و تحلیل ضروری می‌باشد (مطلوب است که این اطلاعات به‌صورت نحوه‌ی توزیع بیان شود، در غیر این صورت حداقل به‌صورت مقادیر مربوط به حداقل، حداکثر و میانگین بیان گردد). اطلاعات مهم دیگر در مورد آب‌های سطحی (و برای منابع آبی که تحت تأثیر آب‌های سطحی قرار می‌گیرند) عبارتند از مدت زمان و شدت حوادثی همچون بارش‌های شدید و طغیان آب.

شرکت inge GmbH نرم‌افزار " ISD = inge system design" را طراحی کرده که قادر است به ایجاد یک برآورد تقریبی از سیستم UF موردنیاز جهت یک کاربرد خاص ، از قبیل پمپ‌های تزریق ، کمک نماید. این ابزار را می‌توان به‌صورت رایگان از وب سایت inge دانلود کرد. شما از طریق نماینده شرکت inge GmbH تحت حمایت‌های بیشتری نیز قرار می‌گیرید. در بسیاری از موارد انجام آزمایشات مقدماتی راه‌کار بسیار خوبی می‌باشد. انجام آزمایشات مقدماتی قبل از طراحی تأسیسات می‌تواند بهره‌بردار را قادر سازد که طرح را تعریف و بهینه کرده و پارامترهای عملیاتی را ارتقا بخشد.

اجتناب از اشتباهات در طراحی و ساخت یک سیستم UF ، پایه و اساس دستیابی روان و بدون مشکل به عملیات بهره‌برداری در هنگام تکمیل شدن تأسیسات می‌باشد. همچنین این امر خطر آسیب دیدن ممبرین‌ها و مدول‌ها و یا زیان ناشی از کاهش غیرقابل برگشت عملکرد را کم می‌کند. پیروی درست از دستورالعمل‌های زیر، یک پیش‌نیاز کلیدی برای دستیابی موفق به موارد تحت گارانتی می‌باشد.

*نکته مهم*

☝ طراحی و ساخت هر سیستم UF ، باید بر مبنای فن‌آوری نوین باشد.

☝ این سیستم باید به‌طور ویژه‌ای طراحی گردد تا از بروز هرگونه فشار پنوماتیک و/یا هیدرولیکی و یا اثرات سیفون شدن جلوگیری شود. تمام سیستم‌های UF باید دارای اجزای زیر بوده و شرایط زیر در آن‌ها رعایت شود:

- این سیستم باید دارای واسطه‌هایی جهت کنترل نرخ شدت جریان‌های حجمی خوراک و شستشوی معکوس باشد (مانند استفاده از پمپ‌هایی کنترلی متناوب یا شیرهای کنترلی با کنترل کننده‌های PID). برای کنترل‌کننده‌ی پمپ شستشوی معکوس، باید مطمئن شوید که در ظرف مدت زمان بین ۵ تا ۱۰ ثانیه ، شدت جریان حجمی به مقدار مقرر برسد (این زمان بستگی به ظرفیت پمپ دارد).
- سیستم عملگر همه‌ی شیرها (پروانه‌ای) باید با شیرهای فشارشکن هوایی مجهز شوند تا شیوه‌ی باز و بسته شدن آن‌ها کنترل گردد. اگر شیرها به‌طور ناگهانی باز یا بسته شوند ، هوا / آب می‌توانند ضرباتی را تولید کنند.

- دریچه‌های خروجی هوا باید در انتهای لوله‌های اصلی مربوط به خوراک و آب فیلترشده در T-Rack قرار گیرند تا از اتلاف فشار در اثر به‌دام افتادن هوا در انتهای لوله جلوگیری شود. دریچه‌های هوای بیشتری باید در قسمت‌های بالاتری در لوله‌ها قرار گیرند.
- لوله کشی آب شستشو باید به خلاءشکن (شیرهای ورودی هوا) مجهز شود.
- مدارات عوض‌کننده جریان برق (مدارهای سوئیچینگ) در پمپ‌ها و سوپاپ‌ها باید طوری طراحی شده باشند که یقین حاصل گردد هیچ اتلاف فشاری در سیستم ایجاد نمی‌شود، یعنی پمپ‌ها و سوپاپ‌ها باید در یک توالی کنترل‌شده در فواصل زمانی حدوداً یک ثانیه فعال شوند به‌طوری که پمپ‌ها هیچ‌گاه در برابر دریچه‌های بسته کار نکنند.
- هرگونه تغییر در حالت بهره‌برداری که در آن یک تعویض مابین پمپ خوراک و شستشوی معکوس صورت می‌پذیرد، از قبیل تغییر وضعیت شیرهای موردنیاز (مانند تغییر حالت شستشوی معکوس به فیلتراسیون) ، فاصله زمانی بین تکمیل یک وضعیت و شروع فعالیت مرحله‌ی بعدی باید در حدوداً ۵ تا ۱۰ ثانیه باشد.

🖐 هر مدول در یک قفسه‌ی غشایی باید تحت شرایط عملیاتی یکسانی مورد استفاده قرار گیرد.

🖐 پمپ‌های تزریق باید طوری طراحی و مدرج شده باشند که بتوانند مقادیر مربوط به غلظت و pH لازم جهت انجام عملیات CEB را فراهم نمایند (بخش "استفاده از مواد شیمیایی برای CEB/CIP" را ببینید).

🖐 فقط از شیرهای خارج‌کننده‌ی هوا می‌توان استفاده کرد. به‌منظور جلوگیری از ورود تصادفی هوا به سیستم ، استفاده از چند شیر ورودی/خروجی برای هوا یا شیرهایی که فقط برای ورود هوا طراحی شده‌اند ممنوع می‌باشد (به‌غیر از شیرهای خلأشکن در لوله‌کشی مربوط به آب شستشو).

🖐 اگر استفاده از مرحله‌ی پیش‌فیلتر با حداکثر اندازه‌ی منافذ برابر با ۳۰۰ µm ضروری باشد ، به‌کارگیری فیلترهای شیاردار/لبه‌دار مجاز نیست. مرحله‌ی پیش‌فیلتر باید به شستشوی معکوس خودکار مجهز باشد.

🖐 هنگام طراحی/ساخت سیستم اولترافیلتراسیون، مهم است مطمئن شوید که هیچ فضای ساکنی وجود نداشته باشد، به‌خصوص در سمت مربوط به آب فیلتر شده ، زیرا در این قسمت امکان رشد میکروبی وجود دارد. به‌همین دلیل، ضروری است که هیچ ارتباط مستقیمی بین قسمت‌های مربوط به خوراک و آب فیلتر شده وجود نداشته باشد تا مسیر کنارگذری بین این دو قسمت در فرآیند فیلتراسیون ایجاد نشود.

🖐 هنگام طراحی/ساخت سیستم اولترافیلتراسیون، مهم است مطمئن شوید که هیچ ماده‌ای ناشی از فرآیند خوردگی یا فرسایش از مخزن خوراک، مخزن شستشوی معکوس و یا سیستم لوله‌کشی نمی‌تواند شسته شود و به‌داخل مدول‌های غشائی برگردد. به‌همین دلیل، مخازن مورد استفاده برای منبع آب ، آب فیلترشده/شستشوی معکوس و عملیات شستشو در محل (CIP) باید از جنس مواد ضدزنگ باشند تا هیچ ماده‌ی آلاینده یا مخربی(مانند مواد ساینده) نتواند

وارد آب شود. در مورد سیستم لوله‌کشی و کلیه‌ی اجزای نصب شده در داخل سیستم اولترافیلتراسیون نیز باید از همین مواد استفاده گردد.

☝ حفاظت آب درون مخزن مربوط به آب فیلترشده/شستشوی معکوس ، از آفتاب مستقیم و از قرار گرفتن در برابر نور ، مهم است زیرا این امر مانع گرمایش بیش از اندازه شده و از تابش آفتابی که می‌تواند موجب رشد باکتری و جلبک گردد ، جلوگیری می‌کند.

☝ باید از مخازنی برای آب فیلترشده/شستشوی معکوس استفاده گردد که به فیلترهای هوا مجهزشده باشند.

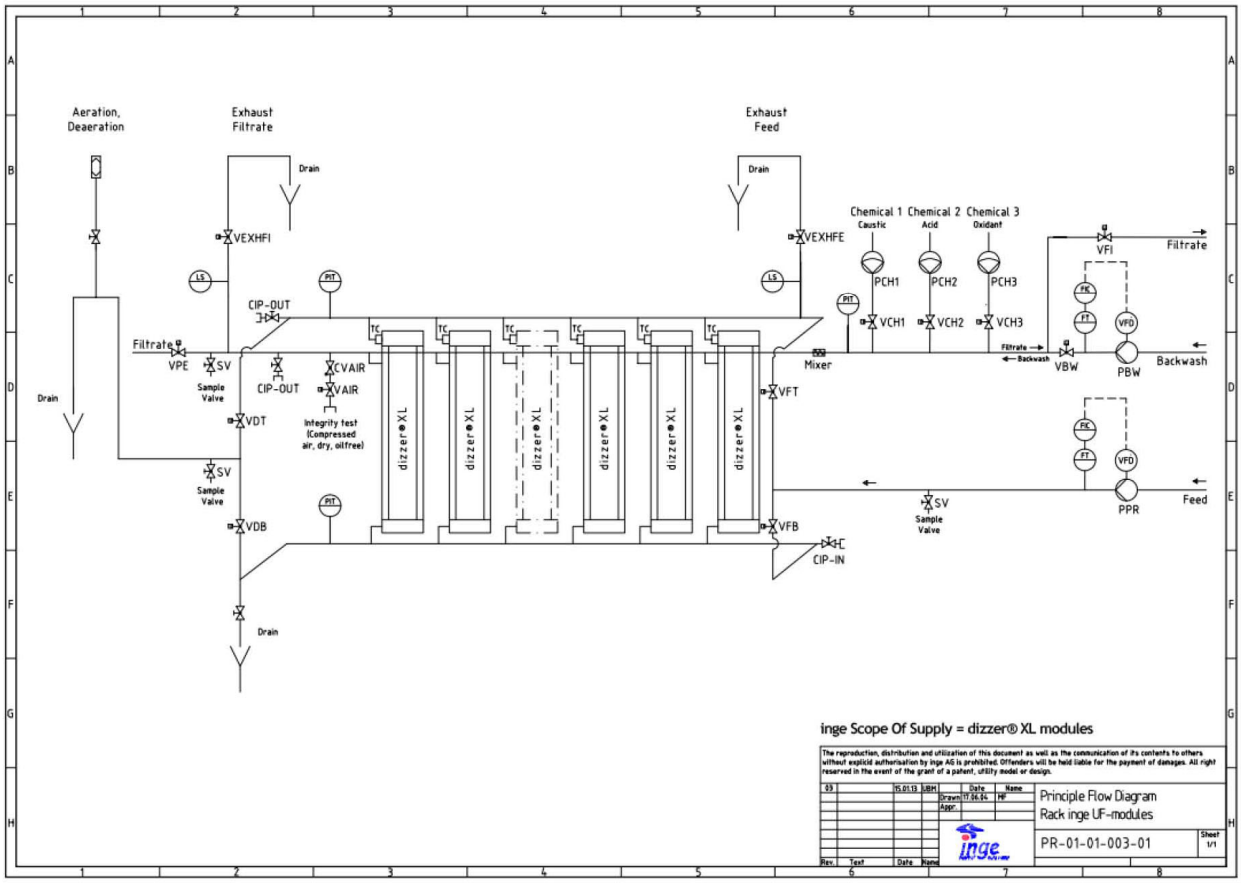
☝ غشاءهای UF نمی‌توانند مواد حل‌شده را در خود نگه‌دارند. این واقعیت فیزیکی را باید در هنگام طراحی یک سیستم UF (از قبیل اثر بر روی هر فرآیند تصفیه‌ی پایین دستی) و در هنگام اندازه‌گیری کیفیت آب فیلترشده توسط UF ، در مورد همه‌ی پارامترها (SDI، کدورت، و غیره) در نظر گرفت.

☝ ما توصیه می‌کنیم که برای عملیات CEB در هر رشته‌ی غشائی سه نقطه جهت تزریق مواد شیمیایی در نظر گرفته شود (= واحدی مستقل از مدول‌های غشائی با قابلیت شستشوی معکوس). این نقاط تزریق باید تا حد امکان به رشته‌ی موردنظر نزدیک باشند. تجربه نشان داده که بهتر است محل واحد تزریق اسید در دورترین نقطه‌ی جریان بالادستی در سیستم درنظر گرفته شود. هرگونه رسوبی که بر روی دیگر واحدهای تزریق در جریان پایین دستی ایجاد شود ، می‌تواند با استفاده از تزریق اسید برطرف گردد. مهم است مطمئن شوید که مواد شیمیایی به‌درستی درون جریان آب مخلوط شده‌اند(در صورت نیاز باید از دستگاه مخلوط کننده استفاده شود). این سیستم نسبت به یک واحد مرکزی تزریق ، مزیت‌های بیشتری را ارائه می‌دهد:

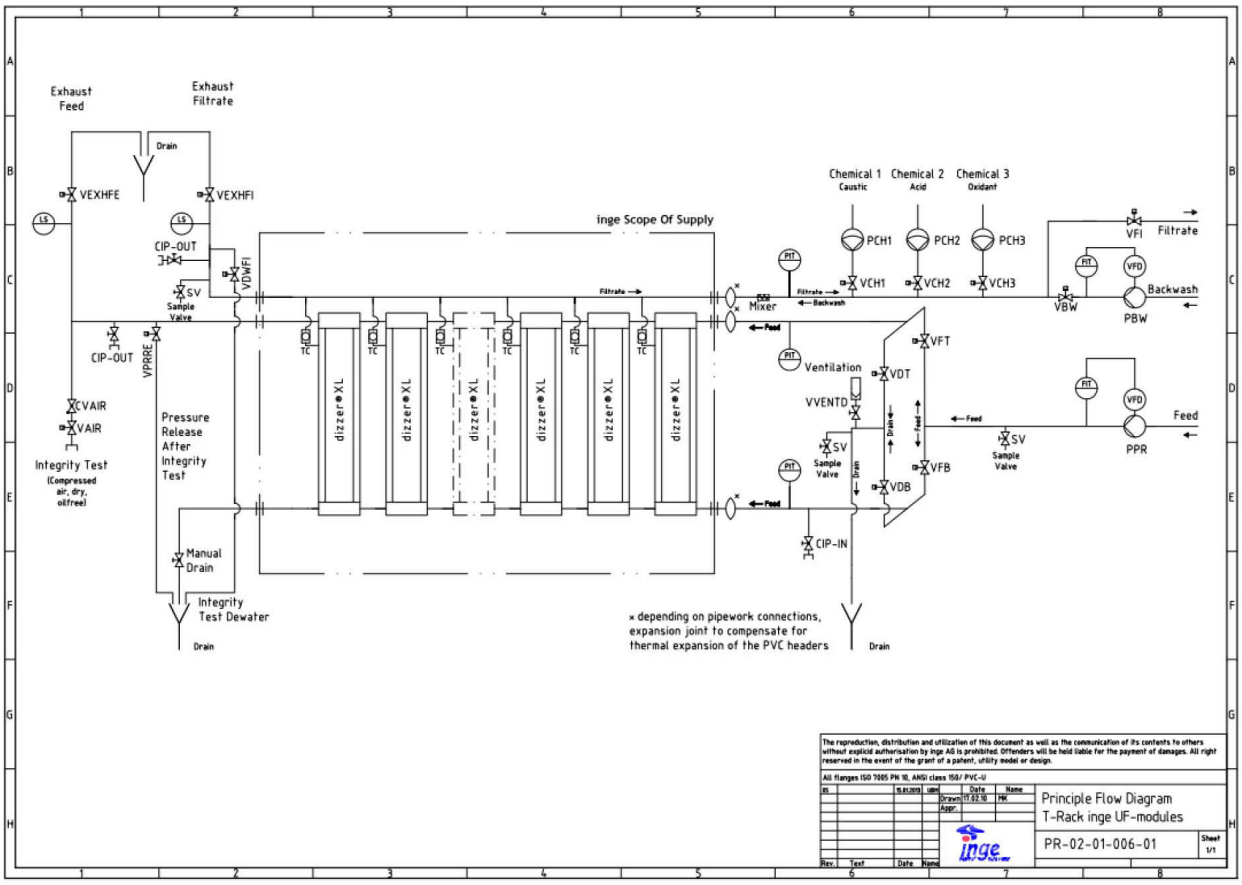
- در هنگام انجام عملیات تزریق و آب‌کشی، حجم آب جایگزین شده را کم می‌کند، در نتیجه زمان تزریق کاهش می‌یابد.
- از اختلاط مواد شیمیایی مختلف در سیستم لوله‌کشی مربوط به شستشوی معکوس ، که می‌تواند در صورت اجرای دو CEB بلافاصله پس از یکدیگر برای دو رشته‌ی مختلف اتفاق بیافتد، جلوگیری می‌کند.
- مصرف مواد شیمیایی را کاهش می‌دهد و به‌دلیل مصرف کم‌تر آب ، میزان بازیابی را زیادتر می‌کند.
- متغیرهای کم‌تری را برای سیستم کنترل معرفی می‌کند ("برنامه‌ریزی سیستم کنترل" را ببینید).

☝ سیستم‌های UF با مدول‌های dizzer® و سیستم‌های UF با T-Rack® باید با نقشه‌های مقدماتی جریان، نشان داده شده در نمودارهای زیر منطبق باشند.

شکل ۱-۹ : نقشه‌ی جریان برای یک سیستم UF با مدول‌های dizzer®



شکل ۲-۹ : نقشه‌ی جریان برای یک سیستم UF با T-Rack®




## ۱۰ حمل و نقل، جابه‌جایی و ذخیره‌سازی

### ۱۰-۱ مطالبات گارانتی

*نکته مهم*

- مدول‌هایی که هنوز در بسته‌بندی اصلی و محکم خود قرار دارند ، می‌توانند به‌مدت ۱۲ ماه از تاریخ حمل آنها از کارخانه، ذخیره شوند. ذخیره‌سازی مدول‌ها برای بیش از ۱۲ ماه ، گارانتی را از درجه اعتبار ساقط می‌کند، مگر این‌که inge GmbH به‌صورت کتبی با این امر موافقت کرده باشد. در برخی شرایط ، باز هم می‌توان مدول‌ها را ذخیره نمود حتی اگر به یک قفسه یا T-Rack مونتاژ شده ، متصل شده باشند به شرط آن‌که از مدول‌ها استفاده نشده باشد و پوشش خارجی آن‌ها (مثلاً با استفاده از پوشش‌های محافظ) نیز باز نشده باشد ، همچنین موافقت کتبی برای این نوع از ذخیره‌سازی از شرکت inge GmbH اخذ گردیده باشد.

- مدول‌ها و اجزایی که به‌علت حمل و نقل ، جابه‌جایی یا ذخیره‌سازی نادرست، به‌صورت غیرقابل جبرانی صدمه دیده باشند، توسط مفاد ضمانت‌نامه شرکت inge GmbH تحت پوشش

قرار نمی‌گیرند. از این رو مهم است مطمئن شوید که مدول‌ها و اجزای آن‌ها به‌درستی و با دقت طبق این کتابچه‌ی راهنما ، حمل شده ، به‌کار گرفته شده و انبار می‌شوند.

## ۱۰-۲ بسته‌بندی و قرار دادن بر روی یکدیگر

مدول‌های inge GmbH و قطعات T-Rack در داخل جعبه‌هایی که به‌صورت ویژه طراحی شده‌اند بر روی پالت‌های محکم چوبی، از کارخانه حمل می‌شوند. دریچه‌های اتصال در هر مدول با پوشش پلاستیکی آب‌بندی می‌گردند. مدول‌ها به‌صورت افقی در داخل چندین جعبه‌ی مجزا بر روی یکدیگر ، و یا در گروه‌هایی که شامل چند مدول هستند به‌صورت عمودی یا افقی بر روی یک پالت چوبی، به‌خوبی بسته‌بندی می‌شوند. به‌منظور پایداری ، ارتفاع این مجموعه که شامل جعبه‌های مجزا و پالت‌های چوبی می‌باشد نباید از حدود مشخصی فراتر رود. این محدودیت ارتفاع تضمین می‌کند که مدول‌ها در طی فرآیند حمل و نقل و انبار شدن ، به‌درستی محافظت شوند. بنابراین باید حتی بعد از تحویل گرفتن مدول‌ها از شرکت inge GmbH نیز این موارد رعایت گردند.

*نکته مهم*

- هیچ فشاری به واحدها یا بسته‌بندی‌ها وارد نشود، از قبیل افتادن یا ضربه‌دیدن جعبه‌ها، که می‌تواند موجب آسیب مکانیکی/شکستن محفظه‌ی مدول‌ها و دریچه‌های اتصال گردد.
- برای انبار کردن، باید حداکثر ارتفاع‌های زیر رعایت شود :

| نوع مدول / اجزا | واحد | طرز قرار گرفتن | ارتفاع انبار کردن (واحد) | ارتفاع انبار کردن (پالت چوبی) |
|---|---|---|---|---|
| dizzer®P | جعبه مجزا | افقی | ۷ | روی‌هم قرار ندهید |
| dizzer®5000 | جعبه مجزا | افقی | ۳ | روی‌هم قرار ندهید |
| dizzer®XL | جعبه مجزا | افقی | ۳ | روی‌هم قرار ندهید |
| dizzer®XL 0.9 MB 70 | جعبه مجزا | افقی | ۳ | روی‌هم قرار ندهید |
| dizzer®5000 | مجموعه ۱۰ تایی | عمودی | روی‌هم قرار ندهید | روی‌هم قرار ندهید |
| dizzer®XL | مجموعه ۱۰ تایی | عمودی | روی‌هم قرار ندهید | روی‌هم قرار ندهید |
| dizzer®XL 0.9 MB 70 | مجموعه ۱۲ تایی | افقی | روی‌هم قرار ندهید | ۲ |
| T-Rack®vario | - | - | - | ۳ |
| T-Rack®3.0 | - | - | - | ۳ |

## ۱۰-۳ حفاظت

تمام مدول‌های inge UF برای بررسی یکپارچگی ، قبل از خارج شدن از کارخانه تحت آزمون‌های مرطوب قرار می‌گیرند. به‌منظور جلوگیری از خشک‌شدن غشاء و نیز جلوگیری از رشد باکتری‌ها در طی مراحل حمل و ذخیره‌سازی، پس از اتمام آزمون مرطوب با استفاده از محلول (آب آشامیدنی) / گلیسیرین / سدیم بی‌سولفیت [۰.۷۵:۷۴.۲۵:۲۵درصد وزنی]، ممبرین‌ها را با محلول آبی غیر مضر خیس می‌کنند. قبل از عملیات حمل و نقل ، دریچه‌های اتصال در مدول‌های

dizzer® با استفاده از درپوش‌ها و پوشش‌های مطمئن پلاستیکی ، آب‌بندی می‌شوند. در برخی موارد خود مدول‌ها در پوشش پلاستیکی قرار دارند (بر حسب نوع مدول).

*نکته مهم*

- پس از خارج نمودن محلول محافظ از ممبرین‌ها و مدول ، در تمام طول مدت حمل و نقل ، جابه‌جایی ، بهره‌برداری و ذخیره‌سازی ، مدول باید از یخزدگی محافظت گردد. اگر مدول یا ممبرین دچار یخزدگی شود ، ممکن است ممبرین دچار آسیب جبران ناپذیری شده و یا این‌که پوسته بشکند.

- پس از سپری شدن ۱۲ ماه از مدت ذخیره‌سازی مدول‌ها ، محلول محافظ را باید تعویض نمود. مطلوب است که این محلول با استفاده از آب تصفیه‌شده توسط اسمز معکوس و یا آب دمین تهیه گردد. و یا ، از هر آبی که حداقل کیفیتی مانند کیفیت آب فیلتر شده توسط UF داشته باشد ، می‌توان استفاده نمود. این محلول باید از سمت مربوط به خوراک به مدول تزریق شود تا قسمت مربوط به آب فیلتر شده آلوده نگردد. قبل از ذخیره‌سازی مجدد، ابتدا باید مدول‌ها همانند بسته‌بندی هنگام تحویل ، پیچیده شوند. در این حالت مدول‌ها می‌توانند بیشتر از سه ماه ذخیره شوند ، پس از این مدت محلول محافظ باید دوباره تعویض گردد.

## ۱۰-۴ اثرات تغییر دما

محفظه‌های تحت فشاری که در مدول‌های inge و قطعات سیستم T-Rack استفاده می‌شوند ، از جنس UPVC مقاوم در برابر خوردگی و اشعه‌ی ماورای بنفش می‌باشند. تغییرات دمایی می‌تواند باعث شود که ابعاد و قابلیت ارتجاع این ترموپلاستیک تغییر نماید. این تغییرات در محدوده‌ی دمایی قابل پیش‌بینی و عادی ، برگشت پذیر می‌باشد. مواد سازنده‌ی ممبرین نیز در برابر دما ، پایداری زیادی نشان می‌دهند. فقط در دماهای بسیار بالا یا بسیار پایین خطر بروز آسیب‌های غیر قابل برگشتی به مواد وجود دارد.

- در مورد مدول‌های inge با بسته‌بندی اصلی خود، چنان‌چه درجه حرارت در طول مدت ذخیره‌سازی و حمل و نقل مابین حداقل ۲۰°C و حداکثر ۴۰°C باشد ، هیچ تأثیری بر روی عاملیت و عملکرد مدول‌ها ایجاد نمی‌شود. به‌هرحال، باید از ذخیره‌سازی و حمل و نقل در خارج از این محدوده‌ی دمایی اجتناب ورزید.

## ۱۰-۵ دستورالعمل برای ذخیره سازی بیشتر

*نکته مهم*

- تمام قطعات T-Rack و مدول‌ها باید در شرایط خشک ، با تهویه‌ی نسبتاً مناسب ، به‌دور از هرگونه منبع گرما ، احتراق و نور مستقیم خورشید ذخیره شوند. برای جلوگیری از تغییرات ناگهانی درجه حرارت در مدول‌ها ،قبل از باز کردن جعبه‌های اصلی ، باید حداقل به مدت دو روز آن‌ها را در دمایی بالاتر از نقطه‌ی انجماد نگهداری نمود.

## ۱۱ عملیات مونتاژ و نگهداری

### ۱۱-۱ نگاهی کلی

*نکته مهم*

قبل از مونتاژ، بررسی کنید که هیچ قطعه‌ای مفقود نشده باشد و نیز قطعات را از نظر نشانه‌هایی مبنی بر وجود صدمات مکانیکی بازرسی نمایید. قطعات آسیب‌دیده را نصب نکنید! این امر باید به شرکت inge ارجاع داده شود – لطفاً جهت حل این مشکل سریعاً با نماینده خود در شرکت inge تماس بگیرید.

وزن مدول‌های پرنشده‌ی dizzer® ارسالی در جدول ۱-۱۱ نشان داده شده است. وقتی‌که مدول‌ها مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند و از آب آکنده می‌شوند ، این وزن‌ها زیادتر می‌شوند. الزامات قابل اجرای قانونی جهت بلند کردن، نگهداری و حمل بارهای سنگین باید به‌طور کامل در طول عملیات مونتاژ و جداکردن قطعات رعایت گردد. ممکن است به تجهیزات بالابر نیاز باشد[1]. لطفا توجه داشته باشید که حضور حداقل دو مهندس نصاب جهت مونتاژ یک عدد T-Rack (برای تمامی مدل‌ها) ضروری می‌باشد.

جدول ۱-۱۱ وزن مدول‌های inge حمل شده

| نوع مدول | وزن کالای ارسالی بر حسب kg |
|---|---|
| dizzer®XL 0.9 MB 70 | 55 |
| dizzer®XL 0.9 MB 60 | 48 |
| dizzer®XL 1.5 MB 40 | 42 |
| dizzer®XL 0.9 MB 60 incl.end caps | 55 |
| dizzer®XL 0.9 MB 38 incl.end caps | 40 |
| dizzer®XL 1.5 MB 40 incl.end caps | 55 |
| dizzer®XL 1.5 MB 25 incl.end caps | 40 |
| dizzer®5000 plus 0.9 MB 50 incl.end caps | 42 |
| dizzer®5000 plus 1.5 MB 30 incl.end caps | 40 |
| dizzer®P 4040-6.0 | 4.5 |
| dizzer®P 4021-2.5 | 2.3 |
| dizzer®P 4040-4.0 | 4.5 |
| dizzer®P 4021-1.8 | 2.3 |
| dizzer®P 2521-1.0 | 0.7 |
| dizzer®P 2514-0.5 | 0.4 |

در طی فرآیند مونتاژ ، محیط کار باید در تمامی اوقات تمیز نگه‌داشته شود. مراقبت باشید که از فرآیند مونتاژ و نصب هیچ جسمی در قسمت‌هایی که در آن‌ها آب جاری می‌شود، باقی نماند. هر نوع ماده‌ی برجامانده‌ای که به چنین بخش‌هایی بتواند راه یابد ، باید برداشته شود.

- قبل از نصب مدول‌ها در قفسه، لازم است که کل سیستم تمیز شود (همه‌ی سیستم لوله‌کشی و تمامی لوله‌های مرتبط با ساختمان قفسه‌بندی). برای جلوگیری از ورود هرنوع ناخالصی به مدول‌ها، به‌ویژه مواد ساینده و/یا مواد چرب از طریق لوله‌های خوراک در اثر آب‌کشی ، باید دقت فراوانی صرف گردد.

- شماره سریال مدول(ها) و موقعیت قفسه(ها)ی مربوط به تمامی مدول‌های نصب شده در یک قفسه‌ی مدولی را یادداشت نمایید.

- همه‌ی مدول‌های dizzer® شرح داده شده در کتابچه‌ی راهنما، در حالت عمودی نصب شده و مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند.

- در هنگام مونتاژ مدول‌ها و شکل‌گیری قفسه‌ی غشایی، مهم است مطمئن شوید که به مدول و اتصالات آن هیچ تنش مکانیکی وارد نمی‌شود (یعنی عملیات نصب باید عاری از اعمال تنش باشد).

- فقط از اجزای عرضه شده برای نصب مدول‌های dizzer® در T-Rackها استفاده کنید.

- روانکاری تمام کوپل‌های آب‌بندی، یک بخش اساسی برای مونتاژ صحیح می‌باشد. روان‌کاری بخش‌های مرتبط با آب‌بندی مانع فشرده‌شدن آن‌ها و نیز موجب تسهیل فرآیند نصب می‌گردد. یقین حاصل کنید که در طول فرآیند مونتاژ، تمامی آب‌بندی‌ها سفت و محکم نصب شده باشند.

- از سیلیکون یا هر روان‌کننده یا درزگیری که حاوی سیلیکون باشد، استفاده نکنید. فقط از گلیسیرین (با خلوص بیشتر از ۹۹.۷٪) به‌عنوان یک روان‌کننده جهت آب‌بندی‌ها ، واشرها ، کوپل‌ها و غیره، می‌توانید استفاده کنید. برای آب‌بندی رزوه‌ها فقط از نوار تفلون استفاده نمایید.

- برای اطمینان از مونتاژ صحیح کوپل‌های قابل‌تغییر، مهره‌های اتصال‌دهنده را به‌طور مساوی و متناوب تا درگیر شدن سطوح تماس ، سفت کنید.

- برای اطمینان از مونتاژ صحیح، کوپل لوله‌های inge Ultra S 250 استفاده شده جهت اتصال بدنه‌ی مدول‌ها به درپوش‌های انتهایی یا قطعات T شکل، باید با گشتاوری برابر با ۴۰ نیوتن متر محکم شوند.

- سیستم‌هایی که در آن‌ها از قطعاتی با جنس فولاد ضدزنگ استفاده شده است (مثلاً کوپل لوله‌های inge Ultra S 250) برای تأسیسات طراحی‌شده جهت کاربردهایی همچون تصفیه‌ی مایعات حاوی مواد خورنده (مثلاً تصفیه آب دریا ) مناسب می‌باشند. به‌هرحال، قطعاتی که از جنس فولاد ضدزنگ هستند ، چنان‌چه به‌مدت طولانی با مواد خورنده در تماس باشند ، باز هم می‌توانند دچار خوردگی شوند (مثلاً علت نشت در لوله ، اتصال ها ، و غیره همین امر می‌باشد). در این شرایط برای جلوگیری از خطر خوردگی، توصیه می کنیم که قطعات از جنس فولادضدزنگ توسط یک ماده‌ی ضدزنگ پوشش داده شود. این ماده‌ی ضدزنگ (مثلاً BRUNOX® LUB & COR) باید عاری از سیلیکون و حلال بوده و نیز خاصیت خزشی خوبی داشته باشد تا به‌وسیله‌ی برس و یا اسپری بتوان به‌راحتی از آن استفاده نمود. بخش‌هایی که قرار است پوشش داده شوند،

باید تمیز و عاری از پوسیدگی باشند. مطمئن شوید که هرگونه فرسودگی ناشی از وسایل مکانیکی، قبل از استفاده از عامل ضدزنگ برطرف شده باشد. لطفا مطمئن شوید که از دستورالعمل‌های ارائه شده توسط تولیدکننده‌ی عامل ضد زنگ به‌دقت پیروی شده باشد.

## ۱۱-۲ مونتاژ محفظه‌ی تحت فشار مدول‌های dizzer® P

*نکته مهم*

هنگام مونتاژ محفظه‌ی تحت فشار مدول‌های dizzer® P ، مهم است مطمئن شوید که به محفظه‌ی تحت فشار و اتصالات آن هیچ‌گونه تنش مکانیکی وارد نشود (یعنی در عملیات نصب هیچ نوع تنشی وجود نداشته باشد).

جهت اطمینان از نصب صحیح محفظه‌ی تحت فشار، از دستورالعمل‌های ارائه شده توسط عرضه کننده‌ی محفظه‌ی تحت فشار پیروی نمایید.

## ۱۱-۳ نصب مدول‌های dizzer® XL و dizzer®5000 plus در قفسه‌های مدولی معمولی

*نکته مهم*

جهت اطمینان از نصب صحیح مدول در یک قفسه‌ی غشائی معمولی ، مطابق روش زیر عمل نمایید:

۱. قبل از نصب مدول‌ها، هم‌ترازی پورت‌های اتصال مدول را بررسی کنید:

- وضعیت پورت‌های اتصال مدول، مطابق با مشخصات فنی، در کارخانه تنظیم گردیده (شکل ۱-۱۱ را ببینید) و کوپلینگ لوله inge Ultra S 250 که برای اتصال بدنه‌ی مدول‌ها به درپوش‌های انتهایی مورد استفاده قرار می‌گیرد، با گشتاوری برابر با ۴۰ نیوتن متر محکم می‌شود. به‌هرحال، وضعیت پورت‌های اتصال ممکن است در طول عملیات حمل و نقل اندکی تغییر کند. از این رو بررسی صحت هم‌ترازی قبل از نصب مدول‌ها مهم می‌باشد.
- اگر این هم‌ترازی مطابق با مشخصات فنی نباشد، امکان دارد که درپوش‌های انتهایی (اتصالات مربوط به مسیر فوقانی خوراک و مسیر تحتانی خوراک) بچرخند. برای انجام این کار، کوپلینگ لوله inge Ultra S 250 را به‌وسیله‌ی آچار آلن ۸ میلی‌متری باز کنید [ احتیاط: پیچ را به‌طور کامل برندارید! ]. اکنون برای هم‌ترازی صحیح درپوش‌های انتهایی ، فرآیند ساده‌ای وجود دارد. وقتی‌که فرآیند هم‌ترازی کامل شد، کوپلینگ لوله باید دوباره محکم شود. کوپلینگ لوله را با استفاده از یک آچار محکم کنید تا مطمئن شوید که درپوش انتهایی و مدول، با استفاده از کوپل، به‌اندازه‌ی کافی محکم شده باشند. جهت نائل شدن به این امر از گشتاوری برابر

با ۴۰ نیوتن متر استفاده نمایید. در هنگام هم‌تراز کردن کوپلینگ لوله‌ها ، از شیارهای موجود بر روی درپوش‌های انتهایی می‌توان به‌عنوان جهت‌سنج استفاده نمود. مطمئن شوید که شیارها بین محفظه‌ی کوپلینگ و حلقه‌ی گیره قرا گرفته باشند (شکل ۲-۱۱ را ببینید). وقتی‌که دندانه‌های مربوط به حلقه‌ی گیره در حال کار هستند، کوپلینگ را بر روی محفظه‌ی مدول نچرخانید.

شکل ۱-۱۱ : هم‌ترازی پورت‌های اتصال مدول

شکل ۲-۱۱ : هم ترازی کوپلینگ لوله‌ها با استفاده از دنده‌های موجود بر روی درپوش‌های انتهایی

۲. جهت اطمینان از محکم بسته‌شدن مدول به قفسه، حداقل باید از دو گیره‌ی لوله استفاده شود. این گیره‌ها باید به‌ترتیب به مدول سوم از بالا و مدول سوم از پایین وصل شوند. مطمئن شوید که مدول محکم نصب شده است و دچار هیچ‌گونه ارتعاشی نمی‌شود. محکم کردن مدول در محل، تنها با استفاده از کوپلینگ‌های تغییر پذیر، باعث انجام نصبی ثابت و پایدار نمی‌شود. مدول‌هایی که روی حفاظهای قفسه در بالای درپوش‌های انتهایی قرار گرفته‌اند، باید مرکز ثقلشان و حداقل ۴۰٪ از سطح درپوش‌های انتهایی آن‌ها بر روی حفاظهای قفسه قرار داشته باشد تا از کج شدن آن جلوگیری شود.
۳. جهت اطمینان از نصب بدون تنش و خنثی کردن خطاهای ناشی از عملیات مونتاژ در محل، در ناحیه‌ی مربوط به اتصالات آب فیلترشده و آب خوراک، باید از دو کوپلینگ تغییر پذیر ۲ اینچی و یک رابط برای نصب هر مدول استفاده شود (شکل ۳-۱۱ را ببینید). فاصله لازم بین دو کوپل بستگی به پیکربندی قفسه و مقدار خطاهای مجاز در هر مورد خاص دارد. جهت اتصال، استفاده از یک رابط با حداقل طول ۸۰ میلی‌متر (۳.۲ اینچ) را توصیه می‌کنیم. جداکننده‌های مناسب را می توانید از شرکت inge GmbH خریداری نمایید. مطمئن شوید که قطعات مربوط به آب‌بندی کوپلینگ‌های ۲ اینچی به‌درستی مستقر و فشرده شده باشند.

دو عدد کوپلینگ تغییرپذیر ۲ اینچی + قطعه‌ی رابط در هر پورت

شکل ۳-۱۱ مدول با کوپلینگ‌های تغییرپذیر ۲ اینچی

۴. با اتصال یک رابط شفاف به قسمت مربوط به آب فیلترشده ، در صورت نیاز، انجام آزمایش یکپارچگی بر روی مدول‌های dizzer®XL و dizzer®5000plus از سمت مربوط به آب خوراک میسر می‌گردد(همچنین بخش " آزمایش کپارچگی " را ببینید).
۵. مطمئن شوید که این آب‌بندی‌ها و رابط‌های پیچ شده به‌درستی قرار گرفته باشند. برای اطمینان از صحت مونتاژ کوپلینگ‌های تغییر پذیر، مهره‌های اتصال‌دهنده را به‌طور مساوی و متناوب سفت کنید تا سطوح تماس با هم درگیر شوند. مطمئن شوید که قطعات مربوط به آب‌بندی کوپلینگ‌ها به‌درستی مستقر و فشرده شده باشند.

## ۱۱-۴ مونتاژ T-Rack®vario

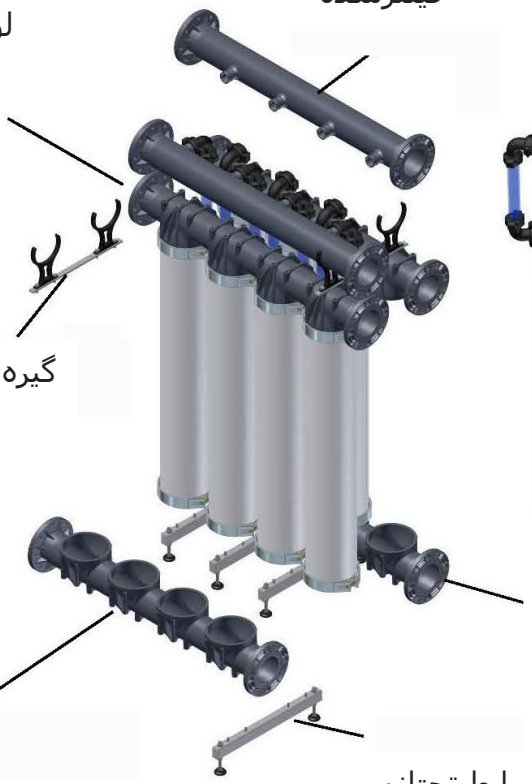
*نکته مهم*

کوچک‌ترین واحد T-Rack® vario موجود شامل یک مجموعه‌ی چهارتایی از مدول‌های dizzer® در دو ردیف، با دو مدول در هر ردیف، می‌باشد. بزرگ‌ترین واحد T-Rack® vario موجود شامل ۸۰ مدول با چیدمان چهار ردیفی است. بزرگ‌ترین زیر واحد (sub unit) شامل ۲۴ مدول با چیدمان دو ردیفی است. یک چیدمان چهار ردیفی با قرار دادن ۲ ترکیب دو ردیفی در کنار یکدیگر ایجاد می‌شود.

هنگام مونتاژ سیستم T-Rack® vario ، مطمئن شوید که هیچ‌کدام از قطعات قفسه و یا لوله‌های اتصالی تحت تنش مکانیکی قرار نداشته باشند (یعنی عملیات نصب باید عاری از تنش باشد). در مورد قفسه‌هایی که شامل چندین زیر واحد هستند، همیشه تمام سیستم باید از پایین به بالا مونتاژ شود، نه زیر واحد، زیر واحد.

شکل ۴-۱۱ اجزای یک T-Rack® vario را نشان می‌دهد. جهت کنترل تحویل گرفتن همه‌ی قسمت‌ها، به این تصویر مراجعه کنید.

شکل ۴-۱۱ : اجزای T-Rack®vario




برای اطمینان از مونتاژ صحیح یک زیر واحد inge T-Rack® vario مراحل زیر را دنبال کنید:

۱. لوله‌های اصلی تحتانی مربوط به جریان خوراک/تخلیه (شکل ۵-۱۱) (پیچ و مهره‌های M10×۸۰، واشرهای قفلی M10) را به گیره‌های عرضی پایینی (۶۰×۴۰ mm) برای ایجاد پایه، متصل کرده و پایه‌های قابل تنظیم را با پیچ‌های لوله اصلی اندازه کنید همان‌طوری‌که در شکل ۶-۱۱ نشان داده شده است.

شکل ۵-۱۱: لوله اصلی تحتانی برای جریان خوراک/تخلیه

شکل ۶-۱۱: اتصال پایه‌های قابل تنظیم

۲. کف را ۱۸۰ درجه بچرخانید، آن را در محلی قرار دهید که مایلید سیستم را در آن‌جا نصب و تراز کنید و بررسی نمایید که سطح مورد نظر از جلو تا عقب و از یک سمت تا سمت دیگر به‌خوبی تراز شده باشد، چنان‌چه لازم است پایه‌ها را تنظیم نمایید. پایه‌ها را بر روی سطح مورد نظر ثابت نکنید! مطمئن شوید که وزن سیستم به‌طور مساوی بین همه‌ی پایه‌ها توزیع شده باشد.
۳. در مرحله‌ی بعد، کوپلینگ لوله‌های inge Ultra S 250 را بر روی خروجی لوله‌های اصلی جریان خوراک/تخلیه تحتانی، اندازه کنید. مطمئن شوید که برای مونتاژ و پیاده‌سازی مدول‌ها، پیچ‌های موجود بر روی کوپلینگ لوله‌ها (پیچ‌های آلن ۸ میلی‌متری) به‌راحتی در دسترس قرار داشته باشند. بدین منظور، سرپیچ‌های موجود بر روی کوپلینگ لوله‌ها را در هر حالتی با طرف نصب شده تنظیم کنید. در یک چیدمان دو ردیفی، برای این‌که به دو طرف نصب شده دسترسی آزادانه‌ای وجود داشته باشد، کوپلینگ لوله‌ها می‌توانند همانند یکدیگر مرتب شوند (شکل ۷-۱۱). اگر برای نصب فقط به یک سمت دسترسی وجود داشت، و یا اگر پس از نصب شدن مدول‌ها، هر کدام از دو ردیف با یک چیدمان چهار

ردیفی ترکیب شدند، باید سرپیچ‌های موجود بر روی کوپلینگ لوله‌ها در تمام نقاط و در همه‌ی ردیف‌ها را در یک جهت قرار دهید. این تنها راه مطمئن شدن از این مطلب است که در آینده امکان باز کردن پیچ‌ها وجود خواهد داشت (شکل ۸-۱۱).

۴. بعد از این‌که کوپلینگ لوله‌ها به‌درستی قرار گرفتند، پیچ‌ها را محکم کنید تا مطمئن شوید که آن‌ها نمی‌توانند بر روی شیارهای برجسته‌ی موجود در لوله‌های اصلی جریان خوراک/تخلیه بلغزند (شکل ۹-۱۱ را ببینید).

شکل ۷-۱۱: تنظیم اتصالات پیچی در کوپلینگ لوله‌های inge Ultra S 250 با چیدمان دو ردیفی

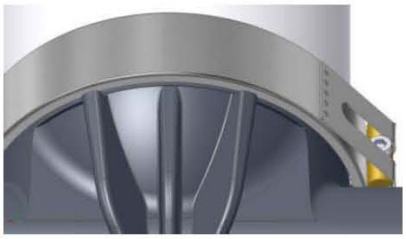
نشان سرپیچ‌ها از بیرون

(در جهت نصب)

شکل ۸-۱۱: تنظیم اتصالات پیچی در کوپلینگ لوله‌های inge Ultra S 250 با چیدمان چهار ردیفی

نشان همه سرپیچ‌ها در یک جهت
(در جهت نصب)

شکل ۹-۱۱: شیارهای برجسته



۵. یک لوله‌ی شفاف ۲ اینچی برای آب فیلترشده و دو عدد زانویی ۹۰ درجه، برای اتصال آب فیلتر شده به مدول، با استفاده از دو عدد کوپلینگ قابل تغییر ۲ اینچی، متصل می‌گردند (شکل ۱۰-۱۱). مطمئن شوید که آب‌بندی کوپلینگ‌ها به‌درستی قرار گرفته و فشرده شده باشند. در مرحله‌ی بعد، بدنه‌ی مدول dizzer® را بر روی خروجی تحتانی مدول قرار دهید، همان‌طوری‌که در شکل ۱۱-۱۱ نشان داده شده است. برای مطمئن شدن از استقرار صحیح کوپلینگ لوله inge Ultra S 250 ، محفظه‌ای برای کوپلینگ لوله طراحی شده است تا با شیارهای برجسته‌ی لوله اصلی جریان خوراک/تخلیه درگیر شود. اکنون باید کوپلینگ لوله تا جایی سفت شود که مدول امکان چرخش داشته باشد (گشتاور سفت کردن کمتر از ۱ نیوتن متر). عملیات نصب همه مدول‌های تکمیلی را یکی بعد از دیگری ادامه دهید، هر بار که یک مدول را نصب می‌کنید جهت‌ها را عوض کنید.

شکل ۱۰-۱۱: لوله شفاف آب فیلتر شده با کوپلینگ‌های قابل تغییر ۲ اینچی

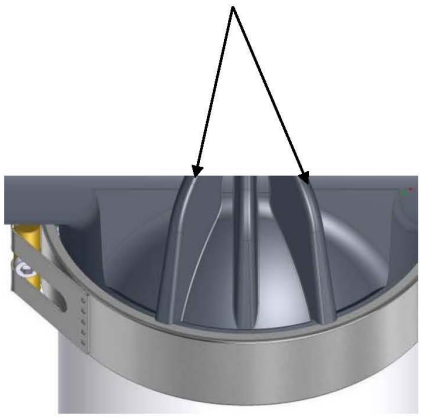
شکل ۱۱-۱۱:نصب یک مدول

۶. کوپلینگ لوله‌های inge Ultra S 250 فوقانی را بر روی مدول‌ها فشار دهید و لوله‌های اصلی مربوط به جریان خوراک/تخلیه فوقانی را یک به یک اندازه کنید (شکل ۱۲-۱۱ را ببینید). جهت سرپیچ‌های موجود بر روی کوپلینگ لوله‌ها باید در تمامی نقاط همانند جهت کوپلینگ لوله‌های تحتانی باشد (نکته ۲ را نیز ببینید).

شکل ۱۲-۱۱: مونتاژ کوپلینگ لوله فوقانی

۷. کوپلینگ لوله‌های inge Ultra S 250 را به سمت بالا فشار دهید تا با شیارهای برجسته‌ی لوله اصلی جریان خوراک/تخلیه درگیر شوند (شکل ۱۳-۱۱ را ببینید). اکنون کوپلینگ لوله را تا جایی سفت کنید که مدول امکان چرخش داشته باشد (گشتاور سفت کردن کمتر از ۱ نیوتن متر). در مرحله‌ی بعدی، گیره‌های عرضی فوقانی را در محل درست‌شان سفت کنید (پیچ M10×۳۰ ، واشر M10/30) و مطمئن شوید که تحت هیچ تنشی قرار نداشته باشند (به شکل ۱۴-۱۱ را ببینید).

شکل ۱۳-۱۱: شیارهای برجسته بر روی لوله‌ی اصلی جریان خوراک/تخلیه

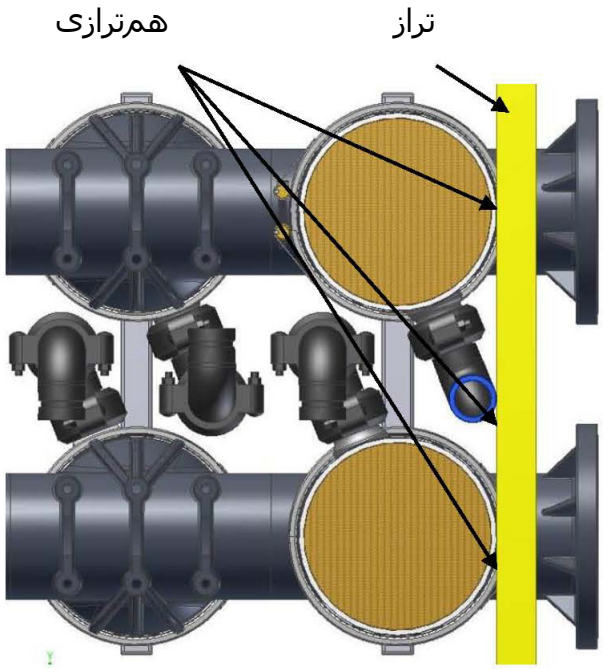


شکل ۱۴-۱۱:گیره‌های عرضی فوقانی

۸. پس از آب‌بندی کوپلینگ‌های قابل تغییر ۲ اینچی موجود بر روی اتصالات مربوط به آب فیلترشده به لوله اصلی، لوله اصلی جریان آب فیلترشده را از بالا به داخل حفاظ‌های مربوطه وارد کنید (شکل ۱۵-۱۱ را ببینید). مطمئن شوید که آب‌بندی کوپلینگ‌ها به‌درستی قرار گرفته و فشرده شده باشند. فلنچ‌های مربوط به لوله اصلی آب فیلترشده باید با دیگر فلنچ‌ها هم‌تراز باشند. بدنه‌ی مدول‌های dizzer® را با چرخاندن آن‌ها تنظیم کنید همان‌طوری‌که در شکل ۱۶-۱۱ نشان داده شده است.

شکل ۱۵-۱۱: نصب لوله اصلی آب فیلترشده

شکل ۱۶-۱۱: تنظیم مدول‌ها




۹. زانویی‌های ۹۰ درجه را با استفاده از کوپلینگ‌های قابل تغییر ۲ اینچی به لوله اصلی آب فیلترشده وصل کنید (شکل ۱۷-۱۱ و شکل ۱۸-۱۱ را ببینید). مطمئن شوید که آب‌بندی کوپلینگ‌ها به‌درستی قرار گرفته و فشرده شده باشند. در نهایت، بررسی کنید که تمام کوپلینگ لوله‌های inge Ultra S 250 به‌درستی قرار گرفته باشند و برای سفت کردن آن‌ها با گشتاوری برابر ۴۰ نیوتن متر، از یک آچار پیچ استفاده نمایید. همچنین بررسی کنید که کوپلینگ‌های قابل تغییر مربوط به اتصالات ۲ اینچی به‌درستی نصب شده باشند.

شکل ۱۷-۱۱: کوپلینگ‌های ۲ اینچی بر روی لوله اصلی آب فیلترشده ، دو ردیفی

شکل ۱۸-۱۱: کوپلینگ‌های ۲ اینچی بر روی لوله اصلی آب فیلترشده ، چهار ردیفی

۱۰.لوله‌های اصلی جریان خوراک و تخلیه و نیز لوله اصلی آب فیلترشده در هر یک از زیر واحدها (sub unit)، به یک فلنچ غیر قابل چرخش ۱۶۰ میلی‌متری ختم می‌شوند (ابعاد اتصالات مطابق با استاندارد ISO 7005 PN10,6” class 150 می‌باشد). از این فلنچ برای اتصال به زیر واحد بعدی، یا لوله جمع‌آوری کننده اصلی، یا دیگر قطعات و یا یک فلنچ خالی استفاده می‌شود. برای وصل کردن هر رابط، باید از یک آچار پیچ استفاده کنید تا پیچ‌ها با چند بار چرخش به‌درستی سفت شوند. مقدار گشتاور مورد نیاز به چند عامل بستگی دارد، از جمله نوع آب‌بندی استفاده شده، اندازه اسمی، و جنس فلنچ رابط. در هنگام متصل کردن زیر واحدهای T-Rack ، از گشتاور بیش از ۶۰ نیوتن متر جهت سفت کردن اتصالات فلنچی استفاده نکنید.

## ۵-۱۱ مونتاژ T-Rack®3.0

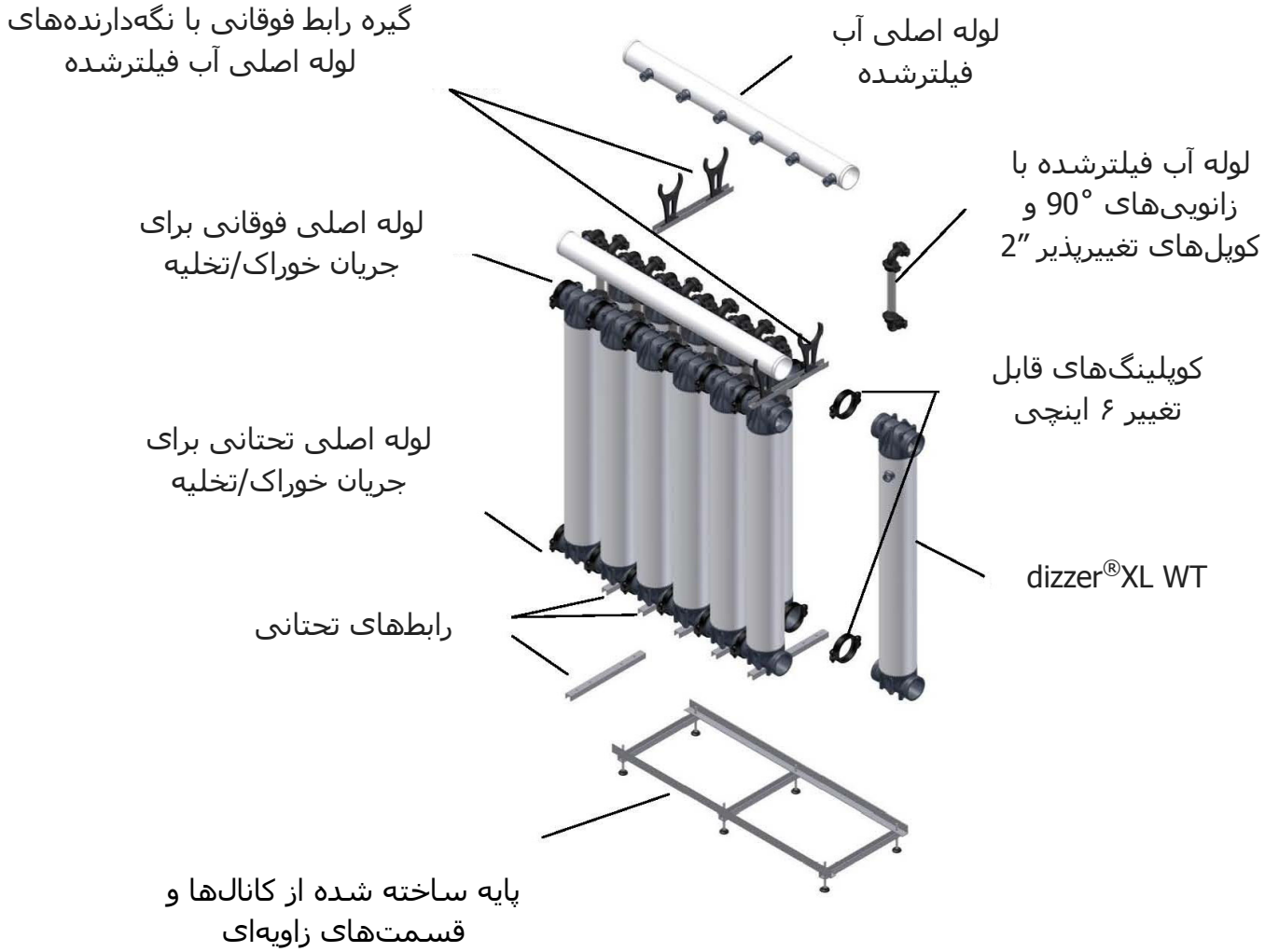
*نکته مهم*

کوچک‌ترین واحد T-Rack® 3.0 موجود شامل یک مجموعه‌ی هشت‌تایی از مدول‌های dizzer®XL در دو ردیف، با چهار مدول در هر ردیف، می‌باشد. بزرگ‌ترین واحد T-Rack® 3.0 موجود شامل ۷۲ مدول با چیدمان چهار ردیفی است. بزرگ‌ترین زیر واحد (sub unit) شامل ۱۲ مدول با چیدمان دو ردیفی است. یک چیدمان چهار ردیفی با قرار دادن ۲ ترکیب دو ردیفی در کنار یکدیگر ایجاد می‌شود.

هنگام مونتاژ سیستم T-Rack® 3.0 ، مطمئن شوید که هیچ‌کدام از قطعات قفسه و یا لوله‌های اتصالی تحت تنش مکانیکی قرار نداشته باشند (یعنی عملیات نصب باید عاری از تنش باشد). در مورد قفسه‌هایی که شامل چندین زیر واحد هستند، همیشه تمام سیستم باید از پایین به بالا مونتاژ شود، نه زیر واحد، زیر واحد.

شکل ۱۹-۱۱ اجزای یک T-Rack® 3.0 را نشان می‌دهد. جهت کنترل تحویل گرفتن همه‌ی قسمت‌ها، به این تصویر مراجعه کنید.

شکل ۱۹-۱۱: اجزای T-Rack® 3.0

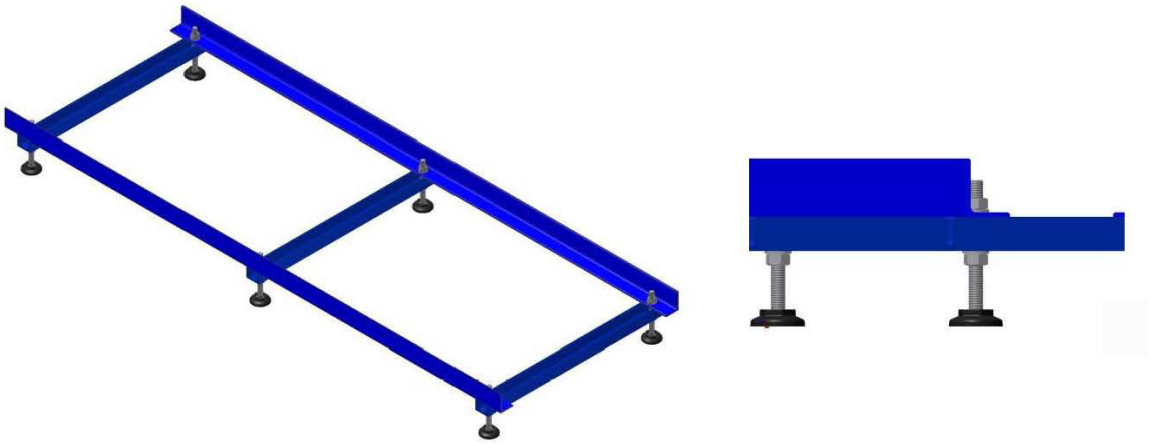



برای اطمینان از مونتاژ صحیح یک زیر واحد inge T-Rack® 3.0 مراحل زیر را دنبال کنید:

۱. با پیچ کردن سه قطعه ناودانی به دو قطعه زاویه‌دار (پیچ‌هایی با مهره و واشر M16×15) کف تکیه‌گاه را بسازید و پایه‌های قابل تنظیم را با سرپیچ‌ها میزان کنید، همان‌طوری‌که در شکل ۲۰-۱۱ نشان داده شده است. کف تکیه‌گاه را در محلی قرار دهید که می‌خواهید سیستم را در آن‌جا نصب کنید و از یک تراز استفاده کنید تا تکیه‌گاه از جلو تا عقب و از یک طرف تا طرف دیگر دقیقاً هم‌سطح شود ، در صورت نیاز پایه‌ها را تنظیم کنید. مطمئن شوید که نیروی وزن بین تمامی پایه‌ها به‌طور مساوی توزیع شده باشد. به‌علت شناور بودن نصب گیره‌های عرضی تحتانی بر روی تکیه‌گاه (نکته ۲ را ببینید)، ثابت کردن پایه‌ها بر روی کف زمین نیز میسر می‌باشد.

۲. گیره‌های عرضی تحتانی را بر روی قسمت‌های زاویه‌دار تکیه‌گاه قرار دهید(شکل ۲۱-۱۱). گیره‌های عرضی را به این قطعات وصل نکنید!

شکل ۲۰-۱۱: ساخت کف تکیه‌گاه از طریق اتصال سه قسمت ناودانی به دو قطعه زاویه‌دار



شکل ۲۱-۱۱: قرار دادن گیره‌های عرضی تحتانی بر روی قطعات زاویه‌دار کف تکیه‌گاه

۳. برای همه‌ی موارد، لوله‌ی شفاف ۲ اینچی مخصوص آب فیلترشده و نیز دو عدد زانویی ۹۰ درجه را به اتصال مخصوص آب فیلترشده برای هر مدول، با استفاده از کوپلینگ‌های سه‌راهه ۲ اینچی و قابل تغییر، متصل نمایید(شکل ۲۲-۱۱ را ببینید). مدول‌ها را به‌صورت

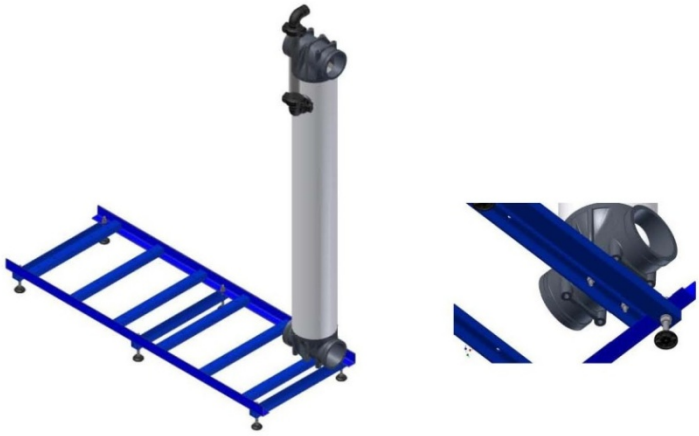
افقی قرار دهید تا انجام این عملیات آسان‌تر شود. مطمئن شوید که آب‌بندی کوپلینگ‌ها به‌درستی قرار گرفته و فشرده شده باشند.

۴. دو عدد پین رزوه‌دار (M10×50) را در داخل ورودی‌های رزوه‌ای مربوط به قطعات T شکل، که برای این منظور در بخش تحتانی مدول‌ها تعبیه شده‌اند، قرار دهید.

شکل ۲۲-۱۱: نصب لوله‌ی شفاف ۲ اینچی مخصوص آب فیلترشده و دو عدد زانویی ۹۰ درجه به اتصال مخصوص آب فیلترشده برای هر مدول، با استفاده از کوپلینگ‌های سه‌راهه ۲ اینچی و قابل تغییر

۵. در مرحله‌ی بعد، اولین مدول dizzer® را بر روی اولین گیره عرضی قرار دهید (همان‌طوری‌که در شکل ۲۳-۱۱ نشان داده شده است) و مطمئن شوید که پین رزوه‌دار پیچ‌شده به مدول در داخل سوراخی که بدین منظور در گیره‌ی عرضی تعبیه شده است، فرو رفته باشد. با استفاده از مهره و واشر قفل‌شونده M10 ، مدول را به گیره عرضی محکم متصل نمایید. برای جلوگیری از خطر کج شدن مدول، یکی از مهندسین نصاب باید مدول را تا وقتی‌که در محل محکم می‌شود، نگه‌دارد (توجه داشته باشید که در عملیات مونتاژ حداقل به دو مهندس نصاب نیاز می‌باشد). در این مرحله کافی است که مهره‌ها را به‌سادگی با دست سفت کنید. مطمئن شوید که لبه جلویی تکیه‌گاه با لبه جلویی دو قطعه‌ی T شکل در مدول‌های بیرونی‌تر، هم‌تراز باشد.

شکل ۲۳-۱۱: نصب مدول‌ها بر روی گیره‌های عرضی تحتانی و اتصال دادن قطعات T شکل تحتانی در مدول‌ها با استفاده از کوپلینگ‌های قابل تغییر ۶ اینچی



۶. برای تمامی مدول‌هایی که باید بر روی یک ردیف نصب شوند، از روش یکسانی استفاده کنید، در هر مورد، هر مدول را بر روی گیره‌ی عرضی بعدی قرار دهید (همان‌طوری‌که در بخش ۵ به آن اشاره شده است)، آن را در محل محکم کرده و قطعات T شکل فوقانی و تحتانی را به مدول‌های مجاور (شکل ۲۴-۱۱ را ببینید) با استفاده از کوپلینگ‌های قابل‌تغییر ۶ اینچی، متصل کنید. مطمئن شوید که آب‌بندی کوپلینگ‌ها به‌درستی قرار گرفته و فشرده شده باشند.

شکل ۲۴-۱۱: اتصال قطعات T شکل فوقانی در مدول‌ها با استفاده از کوپلینگ‌های قابل‌تغییر ۶ اینچی

۷. دو عدد پین رزوه‌دار (M10×50) را در نقاط تعبیه‌شده بر روی قطعات T شکل موجود در دو مدول بیرونی ردیف، قرار دهید. گیره‌های عرضی فوقانی و نگه‌دارنده‌های لوله‌ی اصلی آب فیلتر شده را با قرار دادن پین‌های رزوه‌دار در سوراخ‌هایی که بدین منظور بر روی گیره‌های عرضی و نگه‌دارنده‌های لوله‌ی اصلی آب فیلترشده تعبیه شده‌اند، محکم کنید. گیره‌های عرضی و نگه‌دارنده‌های لوله اصلی آب فیلترشده را به دو مدول، محکم متصل کنید و مطمئن شوید که آن‌ها تحت هیچ‌گونه تنشی قرار ندارند، همان‌طوری‌که در شکل ۲۵-۱۱ نشان داده شده است. در این مرحله کافی است که مهره‌ها را به‌سادگی با دست سفت کنید.

شکل ۲۵-۱۱: محکم کردن گیره‌های عرضی فوقانی در محل

۸. لوله اصلی آب فیلتر شده را از بالا وارد نگه‌دارنده‌های مربوطه نمایید (شکل ۲۶-۱۱ را ببینید). مطمئن شوید که انتهای رزوه‌دار شده‌ی لوله اصلی آب فیلتر شده، با انتهای رزوه‌دار شده‌ی لوله‌ی اصلی مخصوص جریان خوراک/تخلیه همتراز باشد (قطعات Tشکل موجود در لبه‌ی زیر واحد(sub-unit) ). لوله اصلی آب فیلتر شده باید به گونه‌ای قرار گیرد که اتصالات مخصوص به آب فیلتر شده در مدول‌ها و اتصالات مربوط به آب فیلتر شده در لوله‌ی اصلی آب فیلتر شده به‌درستی در یک راستا قرار بگیرند. (توجه داشته باشید که لوله‌های اصلی آب فیلتر شده متقارن نیستند، فاصله بین اتصال بیرونی آب فیلتر شده و انتهای لوله مجاور متفاوت است)

شکل ۲۶-۱۱: قرار دادن لوله اصلی آب فیلتر شده در نگه‌دارنده‌های مربوطه

۹. زانویی‌های ۹۰ درجه موجود بر روی لوله‌های شفاف ۲ اینچی مخصوص به آب فیلتر شده را به لوله‌ی اصلی آب فیلتر شده، با استفاده از کوپلینگ‌های قابل تغییر ۲ اینچی، متصل نمایید (شکل ۲۷-۱۱ را ببینید). مطمئن شوید که آب‌بندی کوپلینگ‌ها به‌درستی قرار گرفته و فشرده شده باشند.

شکل ۲۷-۱۱: متصل کردن رابط شفاف ۲ اینچی مخصوص به آب فیلتر شده، موجود بر روی مدول‌ها، به لوله اصلی آب فیلتر شده

۱۰. دومین ردیف مدول‌ها را بر روی تکیه‌گاه نصب نمایید. برای انجام این کار، نکات ۱ تا ۸ را تکرار کنید. در مرحله‌ی بعد، تمام مهره‌های M10 را بر روی پین‌های رزوه‌دار بپیچانید و آن‌ها را با حداکثر گشتاور سفت کنید. ۵ نیوتن متر، مراقبت باشید که در هنگام سفت کردن آن‌ها در محل، تنش بیشتری به آن‌ها وارد نشود. تمام لوله‌های اصلی مربوط به جریان خوراک و تخلیه و نیز تمامی لوله‌های اصلی مخصوص آب فیلتر شده در یک زیر واحد، باید در یک راستا با همدیگر قرار داشته باشند. لوله‌های اصلی به یک رابط ۶ اینچی رزوه‌دار، برای کوپلینگ‌های قابل تغییر منتهی می‌شوند. این مورد برای اتصال به زیر واحد بعدی و نیز لوله‌ی جمع‌آوری کننده‌ی اصلی به قطعات دیگر یا به یک فلنچ خالی مورد استفاده قرار می‌گیرد. شکل ۲۸-۱۱ یک چیدمان چهار ردیفی با دو زیر واحد، هر کدام شامل ۱۲ مدول را نشان می‌دهد.

شکل ۲۸-۱۱: چیدمان چهار ردیفی

## ۱۱-۶ نکاتی در مورد نگهداری

عملیات تعمیر و نگهداری منظم مدول‌ها/قفسه‌های inge ، باید شامل بررسی محکم بودن و عملکرد درست کلیه‌ی رابطها و اتصالات(فلنچ‌ها، شیرآلات، کوپلینگ‌ها، و غیره) و نیز تعمیر هرگونه خرابی احتمالی به‌وجود آمده، باشد.

*نکته مهم*

- نشت مایع – مخصوصاً در قسمتی که عوامل خورنده وجود دارد - ممکن است باعث بروز خوردگی در اجزای مربوطه شود. برای جلوگیری از خوردگی، قبل از به‌وجود آمدن آن، اقدامات مؤثری باید انجام گردد.

- در صورت خارج شدن مایع به دلیل وجود نشتی، باید منطقه آسیب دیده به‌درستی آب‌بندی شده، با آب بدون نمک یا کم نمک شستشو شده و خشک گردد.

- اگر پوشش کوپلینگ روکش‌دار آسیب دیده باشد، باید روکش آن را تعمیر کرد، یا کوپلینگ مورد نظر را تعویض نمود.

# ۱۲ راه اندازی سیستم

## ۱۲-۱ نگاهی کلی

### نکات مهم

- راه اندازی سیستم شامل آزمایش عملکرد و بهره‌برداری آزمایشی می‌باشد.
- تمام مدول‌ها/ قفسه‌های inge UF باید مطابق با دستورالعمل‌های صریح زیر مورد بهره‌برداری قرار گیرند.
- مراحل راه اندازی سیستم باید ثبت و بایگانی شود.
- ما توصیه می‌کنیم که ترکیب آب خوراک قبل از شروع فرآیند راه‌اندازی بررسی شود.
- عوامل بهره‌بردار در فرآیند راه‌اندازی باید با یکدیگر متحد باشند.
- شرکت inge انجام آزمون‌های درستی عملکرد سیستم را در طی مرحله راه‌اندازی و بلافاصله بعد از آن توصیه می‌کند، همان‌طوری‌که در بخش " آزمون صحت " توضیح داده شده است. انجام این امر به‌جهت تعیین مقدار مرجع مورد نیاز برای آزمون، دارای اهمیت می‌باشد. این مقدار مرجع باید در طول فرآیند راه اندازی، با استفاده از مدول‌های جدید نصب شده در قفسه‌ای که مونتاژ آن تکمیل شده است، مشخص و ثبت گردد.
- قبل از شروع عملیات تهیه آب، مدول‌ها، T-Rack، مخزن آب تصفیه شده و سیستم لوله‌کشی مربوط به آب تصفیه شده (شامل تمام شیرآلات و اتصالات نصب شده) باید به اندازه کافی شستشو شده و سپس ضد عفونی گردد (برای اطلاعات بیشتر به بخش مربوط به "ضد عفونی کردن سیستم" مراجعه کنید).
- همچنین در طی راه‌اندازی سیستم تعیین زمان تزریق مواد شیمیایی برای مرحله CEB ضروری می‌باشد (بخش مربوط به "چگونه مرحله CEB انجام می‌شود" را ببینید) این امر با اندازه‌گیری افزایش غلظت در آب شستشوی خارج شده از قفسه در طی مرحله تزریق مواد شیمیایی انجام می‌شود.
- قبل از شروع عملیات تهیه آب، بررسی کنید که آب تولید شده توسط سیستم با الزامات تصریح شده مطابق باشد.

## ۱۲-۲ آزمون عملکرد

### نکات مهم

- قبل از شروع عملیات آزمایشی، کنترل کنید که نرم افزار کنترلی، اتصالات و ابزارهای سیستم به‌درستی مونتاژ و نصب شده باشند و با سیستم در وضعیت خشک به‌درستی کار کنند.

قبل از روشن کردن پمپ خوراک، بررسی کنید که تمام دریچه‌های هواگیری به‌درستی کار کنند و نیز بررسی نمایید که هوا نتواند در لوله‌های اصلی جمع شود.

بررسی کنید که سیستم کنترل برنامه اتوماتیک (کنترل کننده منطقی قابل برنامه‌ریزی، PLC) بدون خطا کار کند. مطمئن شوید که خطر نوسان شدید یا شوک فشار (پنوماتیکی و/یا هیدرولیکی) و یا عملکرد نادرست سوپاپ فشار وجود نداشته باشد.

## ۱۲-۳ تخلیه و شستشو

### نکات مهم

پس از آزمون عملکرد، اما قبل از انجام بهره‌برداری آزمایشی، کل سیستم، از جمله لوله‌ها باید تخلیه و تمیز شوند تا هر نوع آلودگی، مواد ساینده و مواد چرب از سیستم خارج گردد.

قبل از پر کردن سیستمUF /مخزن مربوط به آب تصفیه شده، تمیز کردن کامل مخزن آب تصفیه شده جهت برطرف نمودن هر نوع آلاینده‌ای مهم می‌باشد.

اطمینان حاصل کنید که در فرآیند آب‌کشی تمام آثار ناشی از محلول محافظ از سیستم خارج گردد (بخش مربوط به "حمل و نقل، جابه‌جایی و ذخیره‌سازی" را ببینید). وقتی‌که محلول محافظ با آب به‌اندازه‌ی کافی رقیق شده باشد، نوعی ماده بیولوژیکی محسوب می‌شود. در نتیجه، ممکن است هر گونه باقی مانده‌ای از محلول محافظ بتواند موجب رشد میکروب‌ها در قسمت مربوط به آب تصفیه شده، در شرایطی خاص گردد.

برای تخلیه‌ی مدول‌ها قبل از راه‌اندازی سیستم ، عملیات زیر را دنبال نمایید (حالت‌های مختلف بهره‌برداری در بخش " بهره‌برداری از ممبرین " توضیح داده شده است):

۱- پر کردن قسمت مربوط به خوراک با آب منبع
- مطمئن شوید که هیچ شیری در سمت مربوط به آب تصفیه شده بسته نباشد.
- قسمت مربوط به خوراک سیستم را از آب منبع به‌آرامی پر کنید تا ضربه ناشی از آب ایجاد نشود. برای این منظور، سیستم را در وضعیت فیلتراسیون از پایین (FB) با نرخ شدت نفوذ ۴۰ LMH (۲۳.۵ GFD) به‌مدت حداقل ۲۰ دقیقه مورد بهره‌برداری قرار دهید.
- در صورت امکان، آب تصفیه شده قبل از رسیدن به مخزن مربوطه باید تخلیه گردد تا محلول محافظ در مخزن آب تصفیه شده جمع نشود.

۲- تخلیه مدول‌ها
- سیستم را در وضعیت شستشوی سریع و روبه‌جلو از پایین (FFB) با نرخ شدت جریان حجمی برابر با ۸۰ LMH (۴۷ GFD) به‌مدت حداقل ۱۰ دقیقه مورد بهره‌برداری قرار دهید.

۳- پر کردن قسمت مربوط به آب تصفیه شده
- مطمئن شوید که هیچ شیری در سمت مربوط به آب تصفیه شده بسته نباشد.

- سیستم را در وضعیت فیلتراسیون از پایین (FB) با نرخ شدت نفوذ ۴۰ LMH (۲۳.۵ GFD) به‌مدت حداقل ۱۵ دقیقه مورد بهره‌برداری قرار دهید.
- سیستم را در وضعیت فیلتراسیون از بالا (FT) با نرخ شدت نفوذ ۴۰ LMH (۲۳.۵ GFD) به‌مدت حداقل ۱۵ دقیقه مورد بهره‌برداری قرار دهید.
- در صورت امکان، آب تصفیه شده قبل از رسیدن به مخزن مربوطه باید تخلیه گردد تا محلول محافظ در مخزن آب تصفیه شده جمع نشود.

۴- چنان‌چه تخلیه آب فیلتر شده قبل از رسیدن آن به مخزن مربوطه میسر نباشد، مخزن آب تصفیه شده را به‌طور کامل تخلیه نمایید (هر نوع باقی‌مانده‌ای از آن خارج گردد)، محتویات آن را تخلیه کرده و سپس در صورت لزوم مخزن آب تصفیه شده را تمیز نمایید.

برای آب‌کشی سیستم عملیات زیر را انجام دهید:

۱- پر کردن مخزن آب تصفیه شده

- مطمئن شوید که هیچ شیری در سمت مربوط به آب تصفیه شده بسته نباشد.
- سیستم را در وضعیت فیلتراسیون از پایین (FB) با نرخ شدت نفوذ ۴۰ LMH (۲۳.۵ GFD) به‌مدت حداقل ۱۵ دقیقه مورد بهره‌برداری قرار دهید تا مخزن آب تصفیه شده دوباره به‌طور کامل پر شود.

۲- انجام عملیات شستشوی معکوس

- سیستم را در وضعیت شستشوی معکوس از پایین (BWB) به‌مدت حداقل ۶۰ ثانیه مورد بهره‌برداری قرار دهید (و یا از پر شدن حجم مخزن آب تصفیه شده استفاده نمایید).
- مخزن آب تصفیه شده را پر کنید (نکته ۱ را ببینید)، اما این بار سیستم را در وضعیت فیلتراسیون از بالا (FT) قرار دهید.
- سیستم را در وضعیت شستشوی معکوس از بالا (BWT) به‌مدت حداقل ۶۰ ثانیه مورد بهره‌برداری قرار دهید (و یا از پر شدن حجم مخزن آب تصفیه شده استفاده نمایید).
- مخزن آب تصفیه شده را پر کنید (نکته ۱ را ببینید).

## 13 ضدعفونی‌کردن سیستم

### نکات مهم

از ماده شیمیایی هیپوکلریت سدیم (NaOCl) برای ضدعفونی کردن سیستم استفاده می‌شود. این ماده شیمیایی معمولاً به‌عنوان یک عامل سفید کننده کلردار به‌شکل محلول حاوی کلر آزاد با غلظت تقریبی ۱۴ درصد وزنی ($C_{stock\ solution}$) تهیه می‌شود.

چنان‌چه لازم باشد، روند ضدعفونی کردن باید چندین بار انجام گردد.

روش کار به‌شرح زیر می‌باشد (برای اطلاعات بیشتر در مورد حالت‌های بهره‌برداری مربوطه، بخش "بهره‌برداری از ممبرین" را ببینید):

۱- حجم محاسبه شده‌ای از محلول NaOCl ($V_{dosage}$) را به مخزن آب تصفیه شده که از قبل با آب تصفیه شده پر شده است اضافه نمایید، تا غلظت کلر آزاد در مخزن آب تصفیه شده 100 mg/l شود: (مقادیر محاسبه شده باید متناسب با حجم مخزن باشند)

$$V_{dosage}\ in\ L = \frac{100\frac{mg}{L} \times tank\ volume\ in\ L}{c_{stock\ solution}\ in\ \% \times \rho_{NaOCl} \times 10^6}$$

$\rho_{NaOCl}$= چگالی عامل سفید کننده کلردار (۱۴-۱۲٪) = ۱.۲۲-۱.۲۵ $g/cm^3$

۲- مرحله شستشوی معکوس از پایین (BWB) (بخش "بهره‌برداری از ممبرین" را ببینید) را به مدت حداقل ۳۰ ثانیه به‌منظور ضدعفونی کردن لوله‌های مربوط به آب تصفیه شده انجام دهید. به‌نوبت، امکان دارد که مرحله شستشوی معکوس پیشرفته با استفاده از مواد شیمیایی (CEB) از پایین به بالا (بخش "شستشوی معکوس پیشرفته با استفاده از مواد شیمیایی (CEB)" را ببینید) با غلظت ۱۰۰ mg/l کلر آزاد، نیز انجام شود.

۳- مرحله شستشوی معکوس از بالا (BWT) (بخش "بهره‌برداری از ممبرین" را ببینید) را به مدت حداقل ۳۰ ثانیه انجام دهید. به‌نوبت، امکان دارد که مرحله شستشوی معکوس پیشرفته با استفاده از مواد شیمیایی (CEB) از بالا به پایین (بخش "شستشوی معکوس پیشرفته با استفاده از مواد شیمیایی (CEB)" را ببینید) با غلظت ۱۰۰ mg/l کلر آزاد، نیز انجام شود.

۴- تمام شیرهای مربوط به نمونه‌برداری از آب تصفیه شده و نیز تمام شیرهای دیگر موجود در لوله‌ها/مخزن مربوط به آب تصفیه شده را چندین بار باز و بسته کنید.

۵- تمام شیرهای مربوط به آب خوراک را ببندید.

۶- اجازه دهید که NaOCl حداقل به‌مدت ۳۰ دقیقه (حداکثر ۶۰ دقیقه) خیس بخورد.

۷- به‌صورت دوره‌ای غلظت کلر آزاد را کنترل کنید (در فواصل ۵ تا ۱۰ دقیقه). در صورتی‌که سطح کلر آزاد به کمتر ۵ mg/l رسید، مرحله کلرزنی را تکرار کرده و یا از محلول تازه مقادیری به سیستم تزریق نمایید.

۸- مرحله شستشوی معکوس از پایین (BWB) (بخش "بهره‌برداری از ممبرین" را ببینید) را به مدت حداقل ۶۰ ثانیه انجام دهید.

۹- مرحله فیلتراسیون از پایین (FB) (بخش "بهره‌برداری از ممبرین" را ببینید) را با نرخ شدت نفوذ ۸۰ LMH (۴V GFD) به‌مدت حداقل ۱۰ دقیقه انجام دهید.

۱۰- مرحله شستشوی معکوس از پایین (BWB) (بخش "بهره‌برداری از ممبرین" را ببینید) را به مدت حداقل ۶۰ ثانیه انجام دهید.

۱۱- مرحله فیلتراسیون از بالا (FT) (بخش "بهره‌برداری از ممبرین" را ببینید) را با نرخ شدت نفوذ ۸۰ LMH (۴V GFD) به‌مدت حداقل ۱۰ دقیقه، یا تا زمانی که مخزن آب تصفیه شده به‌طور کامل پر شده باشد، انجام دهید.

۱۲- مخزن آب تصفیه شده را به‌طور کامل خالی کنید (هر گونه ماده‌ی باقی‌مانده‌ای نیز به‌طور کامل از عمیق‌ترین قسمت مخزن خارج گردد).

۱۳- مرحله فیلتراسیون از پایین (FB) (بخش "بهره‌برداری از ممبرین" را ببینید) را با نرخ شدت نفوذ ۸۰ LMH (۴V GFD) به‌مدت حداقل ۱۰ دقیقه، یا تا زمانی که مخزن آب تصفیه شده به‌طور کامل پر شده باشد، انجام دهید.
۱۴- مخزن آب تصفیه شده را به‌طور کامل خالی کنید (هر گونه ماده‌ی باقی‌مانده‌ای نیز به‌طور کامل از عمیق‌ترین قسمت مخزن خارج گردد).
۱۵- مرحله فیلتراسیون از بالا (FT) (بخش "بهره‌برداری از ممبرین" را ببینید) را با نرخ شدت نفوذ و زمان فیلتراسیونی که برای فرآیند بعدی (یعنی بهره‌برداری عادی) پیش بینی شده است انجام دهید.
۱۶- عملیات نمونه‌برداری و تجزیه و تحلیل را به‌جهت کنترل کیفیت باکتریولوژی آب تصفیه شده انجام دهید. اگر نتایج آزمون رضایت‌بخش نبود، فرآیند ضدعفونی را تکرار کنید. در صورتی‌که تعداد فرآیندهای ضدعفونی کردن مورد نیاز بیشتر از شش بار در سال شد با شرکت inge GmbH تماس بگیرید.

## ۱۴ آزمون درستی عملکرد

### ۱۴-۱ نگاهی کلی

آزمون درستی عملکرد می‌تواند به معنای بررسی مؤثر سالم بودن الیاف ممبرین در مدول‌های اولترافیلتراسیون باشد. دو نوع آزمون استاندارد برای مدول‌های inge وجود دارد: آزمایش‌های نگهداری فشار تمام اتوماتیک و آزمایش‌های حباب نیمه اتوماتیک با استفاده از چشم.

هر دو آزمون مبتنی بر پدیده‌ی مشاهده شده‌ای در غشاءهای مرطوب اولترافیلتراسیون است که به‌موجب آن آب می‌تواند از درون منافذ عبور کند، اما هوا تا زمانی که فشار از حد معینی فراتر نرفته باشد قادر به عبور نمی‌باشد (حداقل فشاری که در آن هوا شروع به جاری شدن می‌کند "نقطه حباب" نامیده می‌شود). فشار نقطه حباب بستگی به اندازه منافذ غشاء و کشش سطحی در سطح مشترک هوا - مایع دارد. فشار نقطه حباب در منافذ ممبرین‌های inge بسیار بالاتر از فشار آزمون استفاده شده می‌باشد (در حدود ۱ بار) که جهت تشخیص الیاف غیر سالم لازم است.

به‌عنوان یک قاعده کلی، آزمون درستی عملکرد را می‌توان در هر دو سمت مربوط به آب خوراک و آب تصفیه‌شده انجام داد. اگر برای جابجا کردن همه آب در یکی از دو طرف ممبرین از هوا استفاده شود (سمت خوراک یا آب تصفیه شده)، فشار در این سمت به‌طور پیوسته افزایش می‌یابد تا زمانی‌که هوا نتواند از طریق منافذ مرطوب عبور کند (این قسمت "سمت پر فشار" نامیده می‌شود). وقتی‌که مقدار فشار به فشار آزمون رسید، تمام شیرها در سمت فشار بسته می‌شوند. یعنی اکنون هوا می‌تواند تنها از طریق الیاف غیر سالم و یا شیرها/لوله‌های معیوب به‌طرف دیگر (که در اینجا "سمت کم فشار" نامیده می‌شود) و یا به محیط اطراف فرار کند. ممکن است به‌علت فرآیند نفوذ طبیعی هوا از طریق منافذ ممبرین‌های پر از آب، افت فشار اندکی مشاهده گردد. ممکن است به‌علت وجود یک فیبر معیوب، اختلاف فشار بین سمت پر فشار و سمت کم فشار بیشتر از حد مجاز تعیین‌شده توسط شرکت inge شود.

در آزمون حباب، فرار کردن هوا به سوی قسمت کم فشار، به‌علت وجود نقایصی در سیستم، با ظاهر شدن حباب‌های هوا در لوله‌های شفاف در طرف مربوط به خوراک یا آب فیلتر شده قابل مشاهده می‌باشد (بر حسب خواص سیستم مدولی/قفسه‌ای ؛ شکل ۳-۱۴ را ببینید). در اصل، آزمون حباب می‌تواند در مورد هر آزمون مربوط به نگهداری فشار نیز انجام گردد.

**نکات مهم**

- در مدول dizzer® P لوله آب تصفیه شده شفاف نیست. یعنی آزمون حباب در مدول‌های dizzer® P نمی‌تواند انجام شود.

- در سیستم‌های قفسه‌ای معمولی با مدول‌های dizzer® XL ، این آزمون در سمت آب تصفیه شده انجام می‌شود، یعنی در این حالت قسمت پر فشار همان طرف مربوط به آب تصفیه شده بوده و لوله شفاف در سمت مربوط به خوراک واقع شده است. در سیستم‌هایی T-Rack با مدول‌های dizzer® XL ، این آزمون در طرف مربوط به خوراک انجام می‌شود، یعنی در این حالت قسمت پر فشار همان طرف مربوط به خوراک بوده و لوله شفاف در طرف مربوط به آب تصفیه شده در مدول واقع شده است.

نصب عمودی مدول‌های غشائی و چیدمان ارگونومیک (علمی که مرتبط با مهندسی بدن است) سیستم inge موجب می‌شود که آزمون نگهداری فشار بتواند به‌طور اتوماتیک انجام شود، و به‌راحتی بتوان هر مدول معیوب را با استفاده از آزمون حباب تشخیص داد. آزمون درستی عملکرد بر روی مدول‌های نصب شده انجام می‌شود (یعنی لازم نیست که هر مدول را از سیستم خارج نمود).

## ۱۴-۲ تعداد دفعات تکرار آزمون

هر دو آزمون درستی عملکرد (آزمون نگهداری فشار و آزمون حباب) در طی مدت مرحله استفاده و در پایان آن، پس از انجام تعمیرات، و در صورت وجود هر گونه سوء ظنی به سیستم غشایی از نظر عملکرد نادرست آن، باید انجام گردد (به‌عنوان مثال افزایش تعداد باکتری‌ها در سمت آب تصفیه شده). آزمون درستی عملکرد می‌تواند به‌طور منظم و به‌صورت خودکار نیز انجام شود (برای مثال یک‌بار در روز، یک‌بار در هفته یا یک‌بار در ماه) و به‌طور پیوسته با حالت بهره‌برداری استاندارد فیلتراسیون همراه گردد. هیچ محدودیتی در تعداد دفعات آزمون درستی عملکرد برای مدول‌های غشائی inge GmbH وجود ندارد. بنابراین تعداد دفعات می‌تواند مطابق با الزامات و اولویت‌های خاص بهره‌بردار به‌طور تغییرپذیری متناسب گردد.

## ۱۴-۳ چگونگی انجام آزمون نگهداری فشار

آزمون نگهداری فشار برای هر قفسه انجام می‌شود، یعنی مدول‌های موجود در یک قفسه به‌صورت موازی مورد آزمایش قرار می‌گیرند.

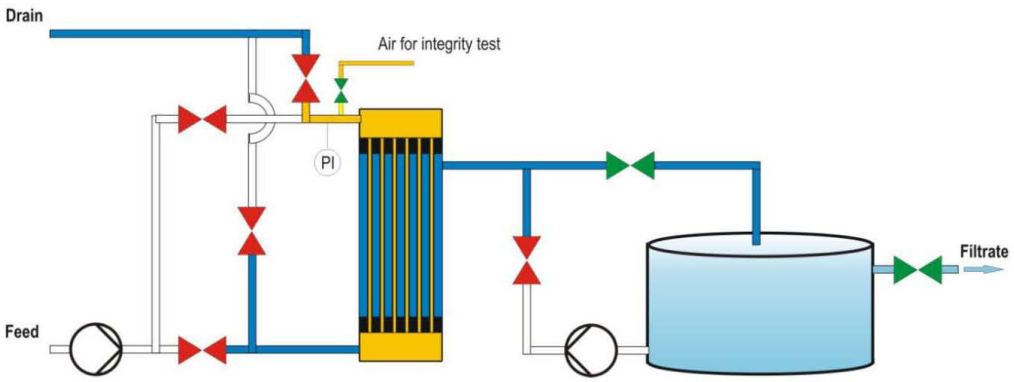
۱- آب موجود در طرف پرفشار را خالی کرده (طرف مربوط به خوراک یا آب فیلتر شده) و فشار را زیاد کنید:

- سمت پر فشار را با هوای فشرده و خشک، عاری از روغن با فشار ۱ bar (۱۴.۵ psi) پر کنید. سمت کم فشار مدول‌ها باید به فشار اتمسفری راه داشته باشد. فشار هوا بر روی آب داخل ممبرین، از طرف مربوط به قسمت پر فشار به طرف کم فشار نیرو وارد می‌کند (مرحله آبگیری، شکل ۱-۱۴ نمونه‌ای است که در آن از طرف خوراک به‌عنوان سمت پرفشار استفاده شده است). اصولاً هوا نمی‌تواند به‌علت وجود کشش سطحی آب موجود در منافذ ممبرین، از میان ممبرین‌های سالم عبور نماید (فرآیند نفوذ مفروض نمی‌باشد). مدت زمان تخلیه‌ی یک T-Rack به اندازه‌ی کل قفسه و حجم موجود در لوله‌های متصل شده و ظرفیت کمپرسور بستگی دارد. در آزمون ما، تکمیل مرحله‌ی آبگیری در حدود ۱۰ دقیقه طول کشید.

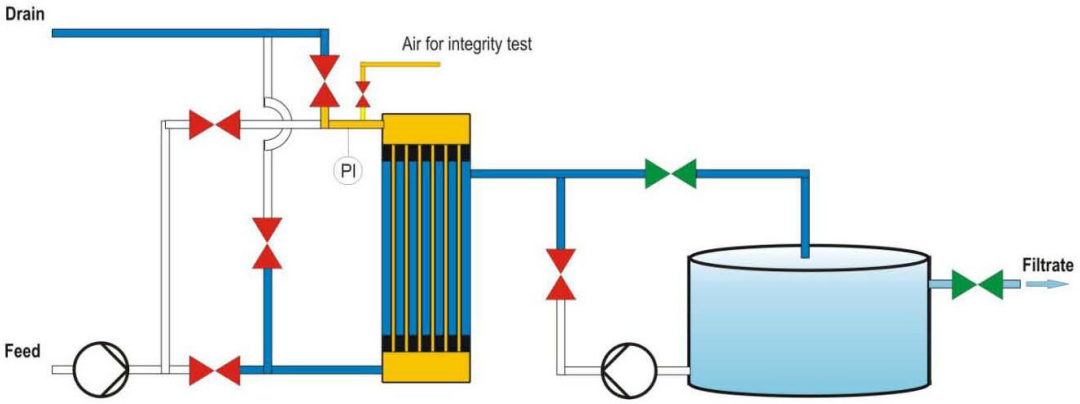
۲- شیر فشار هوا را ببندید:

- وقتی‌که سمت پرفشار به‌طور کامل از آب خالی شد و فشار پایدار به ۱ bar (۱۴.۵ psi) رسید (و حداقل به‌مدت ۱ دقیقه باقی ماند)، شیر هوای موجود در سمت پرفشار را ببندید (شکل ۲-۱۴ نمونه‌ای است که در آن از طرف خوراک به‌عنوان سمت پرفشار استفاده شده است).

شکل ۱-۱۴: مرحله‌ی آبگیری برای آزمون درستی عملکرد در سمت خوراک




شکل ۲-۱۴: مرحله نگهداری فشار و اندازه‌گیری فشار برای آزمایش درستی عملکرد در سمت مربوط به خوراک



۳- افت فشار را اندازه بگیرید:

- افت فشار در سمت پر فشار را حداقل به‌مدت ۳ دقیقه اندازه بگیرید. به‌علت فرآیند نفوذ هوا به‌داخل منافذ پر از آب در ممبرین، امکان دارد مقداری افت فشار مشاهده شود. این مقدار باید به‌عنوان یک مقدار مبنا، و نه به‌عنوان وجود نشتی در ممبرین به‌دلیل خرابی فیبرها، در نظر گرفته شود. همچنین ممکن است در اثر پدیده‌ی نفوذ در لوله‌ی شفاف، تشکیل شدن مقدار کمی حباب نیز مشاهده گردد. این مقدار مبنا به‌جهت عوامل مختلفی ایجاد می‌شود، از جمله حجم نگه داشته شده (hold up)، محکم نبودن تمامی شیرها و اتصالات و نیز مؤلفه‌ی نفوذ در مدول‌ها. اگر مقدار مبنا بیش از اندازه زیاد باشد، انجام دادن یک بررسی دقیق جهت تعیین علت را توصیه می‌کنیم.

**نکات مهم :**

تعیین مقدار مبنا باید با استفاده از مدول‌های نو (در طول مدت بهره‌برداری از سیستم) در قفسه‌ای که به‌طور کامل مونتاژ شده است، انجام گردد. سپس این مقدار مبنا به‌عنوان یک مقدار مرجع مورد استفاده قرار می‌گیرد. در فشار آزمون برابر با ۱ bar (۱۴.۵ psi)، این مقدار باید کمتر از تقریباً ۱۰ mbar/min برای تمام قفسه‌ها با هر اندازه‌ای باشد.

مهم است مطمئن شوید که سمت کم فشار باز، عاری از اعمال فشار و کاملاً پر از آب باشد، و سپس این مقدار اندازه‌گیری شود.

۴- آزمون حباب:

- هر گونه نشتی در یک مدول مجزا در سمت کم فشار می‌تواند با استفاده از یک لوله‌ی شفاف مشخص گردد (شکل ۳-۱۴ را ببینید؛ توجه داشته باشید که این لوله در مدول‌های dizzer® P وجود ندارند). در صورت وجود نشتی، جریان پیوسته‌ای از حباب‌های هوا با شدت ثابت در طی انجام آزمایش درستی عملکرد مشاهده خواهد شد.

شکل ۳-۱۴: نظارت و کسب اطمینان از انجام بهره‌برداری بدون خطا در قفسه‌ی مونتاژ شده با کمک یک لوله شفاف و یکپارچه در سمت خوراک در سیستم معمولی dizzer® XL (سمت چپ) و در سمت آب فیلتر شده در T-Rack® vario (سمت راست)

- اگر جریان قابل توجه و یکنواختی از حباب‌های هوا در لوله شفاف مشاهده شد، و اگر افت فشار بیشتر از مقدار مبنا بود، در این‌صورت می‌توان فرض کرد که سیستم دارای ترکی موئین است، با فرض این‌که در طی انجام آزمون درستی عملکرد هیچ منبع خطای دیگری وجود نداشته باشد.

۵- رهاسازی فشار:

- پس از انجام آزمون نگهداری فشار، فشار در سمت پر فشار بالا رها می‌شود. برای انجام آزمون بر روی سمت خوراک، این امر با باز کردن یک شیر در سمت آب خوراک/شستشو حاصل می‌گردد، در حالی‌که برای آزمون‌های مربوط به سمت آب فیلتر شده، کاهش فشار با باز کردن شیر موجود در سمت آب فیلتر شده انجام می‌شود.

**نکات مهم :**

مطمئن شوید که کنترل دقیقی بر روی رهاسازی فشار وجود داشته باشد، تا هیچ خطری افراد حاضر در محل را تهدید نکند.

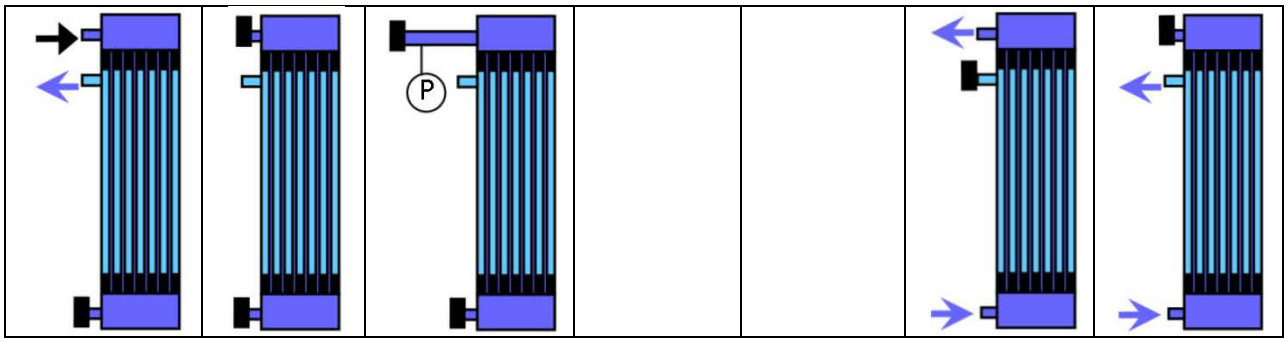
۶- تخلیه سیستم:

- پس از اتمام آزمایش درستی عملکرد، سیستم باید تخلیه شود. تأیید کنید که هیچ شیری در سمت آب فیلتر شده نباید بسته باشد.
- سیستم را در وضعیت شستشوی سریع و روبه‌جلو از پایین (FFB) با نرخ شدت جریان حجمی ثابت مطابق با نرخ شدت نفوذ ۸۰ LMH (۴V GFD) به‌مدت ۵ تا ۱۰ دقیقه به‌کار اندازید.
- سپس با شروع فیلتراسیون از پایین (FB)، عملیات فیلتراسیون منظمی می‌تواند انجام گردد. در مدت تقریباً ۵ تا ۱۰ دقیقه‌ی نخست، عمل فیلتراسیون باید با نرخ شدت نفوذ کاهش یافته، ۴۰ LMH (۲۳.۵ GFD) انجام گردد تا از تخلیه‌ی کامل سیستم اطمینان حاصل شود.

شکل ۴-۱۴ نگاهی کلی و واضح از تمام مراحل مربوط به آزمون نگهداری فشار در سمت خوراک را ارائه می‌دهد.

شکل ۴-۱۴: روش انجام آزمون نگهداری فشار در سمت مربوط به خوراک

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| آب موجود در سمت خوراک را تخلیه کنید | شیر تنظیم فشار در سمت خوراک را ببندید | افت فشار را اندازه بگیرید | انجام آزمون حباب (اختیاری) | رهاسازی فشار تا ۰ bar (در سمت خوراک) | تخلیه با شستشوی سریع و روبه‌جلو | تهویه فیلتراسیون با نرخ شدت جریان کاهش یافته |




## ۱۵ دستورالعمل‌های بهره‌برداری از مدول‌ها/قفسه‌های inge

### ۱۵-۱ اجتناب از ذرات و مواد آسیب‌زننده به ممبرین

الیاف غشائی inge Multibore® در برابر مواد شیمیایی و آسیب‌های مکانیکی و حرارتی بسیار مقاوم هستند. با این حال، بهره برداری نادرست یا ناصحیح از ممبرین‌های inge می‌تواند به‌صورت بالقوه موجب آسیب دیدن مواد غشاء، رزین غشاء یا الیاف غشاء شود.

**نکات مهم :**

- هر نوع تصفیه‌ای که بر روی آب‌های حاوی مواد حل‌شده یا حل‌نشده، با غلظت بیش از ۷٪ انجام شود، کاربرد خاصی است که تحت پوشش موارد استاندارد موجود در سیاست گارانتی شرکت inge GmbH قرار نمی‌گیرد. بنابراین توصیه می‌کنیم که قبل از ساخت تأسیسات غشائی برای تصفیه‌ی آب‌هایی از این نوع، آزمایش پایلوت انجام گردد.

- سیاست گارانتی شرکت inge GmbH ، مدول‌ها و غشاءهایی که با ذرات، مواد یا اشیاء خارجی، که در داخل مدول تولید شده‌اند و یا از طریق آب خوراک، آب شستشوی معکوس، آب CIP/CEB و یا هوای فشرده (مثلاً در هنگام انجام آزمایش صحت عملکرد) وارد مدول شده‌اند، به‌صورت غیرقابل برگشت دچار آسیب شده‌اند را به‌دلیل بروز ایراد، طبق دستورالعمل بهره‌برداری، تحت پوشش قرار نمی‌دهد.

- به‌طور خاص، شرایط استفاده از مدول‌ها، وارد شدن هر کدام از مواد زیر به مدول‌های غشائی را، چه طرف مربوط به آب فیلتر شده و چه طرف آب خوراک، ممنوع کرده است:

  - ذرات و اجسام خارجی بزرگ‌تر از ۳۰۰ µm (برای جزئیات بیشتر، بخش "کیفیت خوراک و پیش‌تصفیه" را ببینید).
  - ذرات ساینده و لبه تیزی که می‌توانند آسیب غیر قابل برگشتی به سطح غشاء وارد کنند.
  - مواد ایجاد شده در اثر خوردگی یا فرسایش در تصفیه‌خانه آب، و وارد شده به مدول غشائی (مانند شن و ماسه و یا باقی‌مانده‌های بتنی مخزن مربوط به شستشوی

معکوس، برای جزئیات بیشتر، بخش "فیلتراسیون و شستشوی معکوس" و "طراحی و ساخت" را ببینید).

- اشیاء خارجی وارد شده در طی مراحل نصب و تعمیرات همچون تراشه‌های فلزی یا پلاستیکی (بخش "مونتاژ و تعمیر" را ببینید).
- مواد رسوبی وارد شده به مدول در طی عملیات بهره‌برداری (به‌عنوان مثال در طی انجام یک CEB و یا CIP) و یا رسوبی که در داخل مدول به‌دلیل برطرف شدن نادرست از مدول، بر طبق دستورالعمل، ایجاد شده باشد (برای جزئیات بیشتر، بخش "استفاده از مواد شیمیایی برای CIP / CEB" را ببینید).
- حلال‌های قطبی، آلی و یا کلردار.
- اسیدهای غلیظ با pH کمتر از ۱ و یا بازهای با pH بیشتر از ۱۳.
- ازن و یا هر نوع عامل اکسیدکننده، تولیدکننده رادیکال‌های هیدروکسیل، ناشی از فرآیندهای پیشرفته اکسیداسیون (AOPs) مانند اشعه ماوراء بنفش + $H_2O_2$، اشعه ماوراء بنفش + $TiO_2$ یا واکنش‌های شبه فنتون (Fenton-like) مانند Fe(II)، Cu(II)، Ti(III)، Cr(II) یا $H_2O_2$ + Co(II) .

## ۱۵-۲ جلوگیری از رسوب شیمیایی غیرقابل برگشت

ممبرین‌های Multibore® به‌لطف سطح بالای مقاومت‌شان در برابر مواد شیمیایی، می‌توانند با استفاده از گستره وسیعی از مواد شیمیایی با غلظت‌های زیاد تمیز شوند (برای اطلاعات بیشتر بخش "استفاده از مواد شیمیایی برای CIP / CEB" را ببینید). CIP استاندارد inge این توانایی را دارد که همه ترکیبات موجود در آب‌های طبیعی را که عملاً توسط CEB های منظم برطرف نمی‌شوند و با گذشت زمان در داخل و یا بر روی سطح غشاء جمع شده‌اند، از بین ببرد.

با این حال، چنان‌چه بهره‌برداری از ممبرین‌های inge مطابق با دستورالعمل انجام نشود، و یا مواد ناسازگار با ممبرین در آب خوراک، آب شستشوی معکوس، آب CIP/CEB و یا هوای فشرده وجود داشته باشد، به‌طور بالقوه می‌تواند منجر به لای‌گرفتگی/رسوب‌گرفتگی غیر قابل برگشتی شود که دیگر با صرف هزینه‌های معقول، حتی با قوی‌ترین CIP نیز برطرف نمی‌گردد. به‌عنوان مثال، این مواد می‌توانند در اثر رسوب‌گذاری ناشی از CIP/CEB اکسیدی (هیدروکسیدها و اکسیدهای آهن و منگنز) ایجاد شده باشند که مطابق با دستورالعمل‌ها نیز به‌درستی از روی ممبرین برطرف نشده‌اند، یا موادی آلی/غیر آلی باشند که به‌طور طبیعی در آب وجود داشته و تصفیه نشده‌اند و به‌طور مستقیم به جریان بالادستی ممبرین و یا به مناطق دیگر در سرتاسر فرآیند افزوده گردیده‌اند. مواردی از این نوع را می‌توان یافت، برای مثال، در آب‌های blow down (آب‌هایی‌که از پایین به آن‌ها دمیده می‌شود) حاصل از فرآیندهای تصفیه آب برج خنک‌کن، در پساب‌های حاصل از فرآیندهای صنعتی و در آب‌های سطحی که بخش قابل توجهی از آن‌ها را فاضلاب تشکیل داده است. بنابراین توصیه می‌کنیم که به‌فوریت قبل از ساختن تأسیسات غشائی برای تصفیه این نوع از آب‌ها، آزمایش پایلوت انجام گردد.

**نکات مهم :**

- بر طبق سیاست ضمانت inge GmbH ، مدول‌ها و ممبرین‌هایی را که به‌طور برگشت‌ناپذیری آلوده شده‌اند تحت پوشش قرار نمی‌گیرند – اگر این آلودگی‌ها به‌حدی رسیده باشند که نتوانند با موفقیت حتی توسط شستشوی شیمیایی قوی نیز برطرف شوند – این آلودگی‌ها می‌توانند توسط ذرات، مواد یا اشیاء خارجی، در داخل مدول تولید شده باشند و یا به‌همراه آب خوراک، آب شستشوی معکوس، آب CEB/CIP یا هوای فشرده، به‌دلیل منطبق نبودن عملیات بهره‌برداری با دستورالعمل مخصوص اپراتور، وارد مدول شده باشند.

- به‌طور خاص، برطبق شرایط مدول‌ها، استفاده از مواد زیر برای مدول‌های غشائی، هم در سمت مربوط به آب فیلتر شده و هم در سمت مربوط به خوراک ممنوع می‌باشد:

  - پلیمرهای آلی که به‌طور طبیعی در آب تصفیه شده وجود ندارد. این پلیمرها نباید به سیستم اضافه شوند چه مستقیماً وارد جریان بالادستی ممبرین شوند و چه از هر منطقه‌ی دیگری در سراسر فرآیند افزوده گردند. به‌عنوان مثال این مواد عبارتند از:
    - منعقدکننده‌ها و کمک‌منعقدکننده‌های آلی (برای جزئیات بیشتر، قسمت "اجرا" در بخش "کیفیت آب خوراک و پیش‌تصفیه" را ببینید).
    - مواد آلی کنترل‌کننده‌ی خوردگی
    - پخش‌کننده‌های آلی
    - عوامل مرطوب‌سازی آلی

- در موارد استثنایی، مواد ذکر شده در بالا ممکن است مورد استفاده قرار گیرند، و یا ممکن است با غلظت‌های کم در آب تصفیه شده وجود داشته باشند، البته اگر اثبات شود که باعث بروز لای‌گرفتگی شیمیایی غیرقابل برگشت نمی‌شوند. با این حال، لازم است که به تأیید قبلی شرکت inge GmbH برسند.

## ۳-۱۵ شرایط مجاز برای بهره‌برداری، شستشو، تمیزکردن و ضدعفونی

**نکات مهم :**

- همه‌ی مدول‌ها/پوشش‌های‌حفاظتی/قفسه‌های inge باید مطابق با شرایط عملیاتی زیر مورد بهره‌برداری قرار گرفته و استفاده شوند. انطباق مناسب با شرایط عملیاتی مجاز، یک پیش‌نیاز جهت استفاده از موارد موجود در ضمانت‌نامه می‌باشد.

**فشارهای مجاز عملیاتی**

- dizzer® P شامل محفظه فیلتر
  - حداکثر فشار عملیاتی[1] : 10 bar

- dizzer® XL و dizzer® 5000plus
  - فشار طراحی[۲] : 5 bar تا 40°C

- T-Rack® و T-Rack® vario
  - فشار طراحی : 5 bar تا 20°C
    3 bar تا 40°C

- T-Rack® 3.0
  - فشار طراحی[۳] : 8.2 bar تا 20°C
    6.6 bar تا 30°C
    5 bar تا 40°C

**فشار مجاز در غشای تراوا (TMP)**

- فیلتراسیون: حداکثر 1.5 bar
- شستشوی معکوس: حداکثر 3.0 bar
- آزمون صحت عملکرد: حداکثر فشار هوا 1.0 bar

فشارهای مجاز برای غشای تراوا بر اساس استحکام غشاء محاسبه نمی‌شوند. در عوض، آن‌ها چنان طراحی می‌شوند که بتوانند از متراکم شدن لایه‌ی پوشش دهنده‌ی موجود بر روی ممبرین جلوگیری کرده و باعث اطمینان از ثبات عملکرد به‌مدت طولانی شوند. فشار در لحظه‌ی از هم پاشیدگی ممبرین Multibore بیش از 10 بار می‌باشد.

**مواد شیمیایی مجاز**

- مواد شیمیایی فقط باید مطابق با دستورالعمل‌های موجود در بخش "استفاده از مواد شیمیایی برای CEB / CIP" مورد استفاده قرار گیرند.
- محدوده pH مجاز در حین انجام بهره‌برداری: pH 3 – 10
- محدوده pH مجاز برای شستشو: pH 1 – 13
- حداکثر غلظت پراکسید هیدروژن ($H_2O_2$): 500 mg/L
- استفاده از کلر فقط برای موارد زیر و با حداکثر غلظت نشان داده شده در زیر، مجاز است:
  - حداکثر غلظت کلر آزاد برای CIP: 200 mg/L در pH≥9.5
  - حداکثر غلظت کلر آزاد برای CEB: 50 mg/L در pH≥9.5
  - حداکثر غلظت کلر آزاد در ممبرین در هنگام تزریق پیوسته: 0.2 mg/L
  - حداکثر غلظت دائم کلر آزاد در استخرهای شنا: 0.7 mg/L

- حداکثر غلظت کلر آزاد در هنگام شوک کلرزنی در مرحله پیش‌تصفیه:

10 mg/L
به‌مدت ۳۰ دقیقه،
حداکثر یک‌بار در روز

- حداکثر غلظت کلر آزاد در ممبرین در حالت ضدعفونی کردن CEB در موارد مربوط به فاضلاب:

10 mg/L

به‌مدت ۳۰ دقیقه،

حداکثر ۲ بار در هفته

یا به‌صورت روزانه در هنگام خاموش ماندن سیستم

بیشتر از ۲۴ ساعت و کمتر ۷ روز

- حداکثر غلظت کلر آزاد در طی ضدعفونی کردن سیستم:

100 mg/L
به‌مدت ۶۰ دقیقه،
حداکثر ۶ بار در سال

- استفاده از دی‌اکسید کلر ($ClO_2$) فقط برای ضدعفونی کردن با رعایت حداکثر غلظت‌های زیر مجاز می‌باشد:
  - حداکثر غلظت $ClO_2$ در ممبرین در طی ضدعفونی CEB در موارد مربوط به فاضلاب:

5 mg/L

به‌مدت ۳۰ دقیقه،

حداکثر ۲ بار در هفته

یا به‌صورت روزانه در هنگام خاموش ماندن سیستم

بیشتر از ۲۴ ساعت و کمتر ۷ روز

  - حداکثر غلظت $ClO_2$ برای ضدعفونی کردن سیستم:

50 mg/L

به‌مدت ۶۰ دقیقه،

حداکثر ۶ بار در سال

**محدوده‌ی مجاز درجه‌حرارت**

- محدوده‌ی حداکثر دما: 1°C تا 40°C
- حداکثر نرخ تغییر دما: < 1°C/min

(برای جزئیات بیشتر بخش "شستشوی شیمیایی در محل (CIP)" را ببینید)

**نکات مهم :**

لطفاً توجه داشته باشید که بهره‌برداری از ممبرین‌ها با ترکیبی همزمان از حدود حداکثری برای درجه‌حرارت، pH ، غلظت شیمیایی مؤثر و/یا فشار در طی تولید یا شستشو، به طول عمر سرویس‌دهی ممبرین‌ها صدمه وارد می‌کند.

---

۱ مطابق با استاندارد NSF 42 (یک استاندارد بین المللی برای نقطه استفاده (POU) و نقطه ورود سیستم‌ها (POE))، حداکثر فشار عملیاتی باید معادل با 25% فشار در لحظه از هم پاشیدگی باشد.

۲ فشار طراحی با حداکثر فشار مجاز عملیاتی در بهره‌برداری پیوسته در دمای طراحی مشخص، در زمان سرویس‌دهی ۱۰ سال، منطبق می‌باشد. فشارهای عملیاتی بالاتر ممکن است در مواردی خاص و منحصر به فرد امکان‌پذیر باشد. با این حال، این موارد باید در ابتدا توسط inge GmbH بررسی شده و تأیید گردد.

۳ فشار طراحی T-Rach 3.0 می‌تواند برای دماها و طول عمرهای بیشتر با توجه به استانداردهای DIN ISO 9080 و/یا ASTM D 2837 تغییر کند. با این حال، این موارد باید در ابتدا، یک بار دیگر توسط inge GmbH بررسی شده و تأیید گردد.

**۱۶ سیستم‌های خاموش**

**نکات مهم :**

ممبرین‌هایی که مورد استفاده قرار گرفته‌اند باید همواره مرطوب نگه‌داشته شوند.

برای جلوگیری از رشد میکروبی در مدت زمان خاموش بودن دستگاه یا ذخیره‌سازی مدول‌های خارج از سرویس، ممبرین‌های مرطوب باید با یک محلول ضدعفونی‌کننده‌ی مناسب شستشو داده شوند و به‌درستی محافظت گردند.

لطفاً دستورالعمل‌های زیر را برای شرایط و مدت زمان‌های مختلف کار نکردن سیستم، مشاهده نمایید:

- انجام شستشو قبل از خاموش کردن سیستم برای مدت زمان تا 24 ساعت

قبل از خاموش کردن سیستم برای زمان کمتر از 24 ساعت، عملیات شستشوی معکوس حداقل به‌مدت 60 ثانیه باید انجام شود (بخش "بهره‌برداری از ممبرین" را ببینید). انجام اقدامات بیشتر لازم نمی‌باشد.

- انجام شستشو و ضدعفونی کردن برای خاموش کردن سیستم به‌مدت بیشتر از 24 ساعت.

قبل از این‌که سیستم برای زمان بیش از 24 ساعت و کمتر از 7 روز خاموش بماند، باید یک مرحله فیلتراسیون روزانه با نرخ شدت نفوذ حداقل 50 LMH (29 GFD) برای حداقل 10 دقیقه انجام شود. علاوه‌بر این، به‌منظور ضدعفونی کردن باید به‌طور روزانه یک مرحله CEB کامل، با استفاده NaOCl و با مدت زمان غوطه‌وری برابر با 30 دقیقه، انجام گردد (تزریق مواد شیمیایی، زمان غوطه‌وری و آب‌کشی در بخش "شستشوی معکوس پیشرفته با استفاده از مواد شیمیایی (CEB)" توضیح داده شده است). بررسی غلظت کلر آزاد در آب شستشوی خارج شده در پایان زمان غوطه‌وری، اهمیت دارد تا این‌که مقدار آن بیشتر از 10 mg/L و کمتر از 1 mg/L نشود.

- حفاظت از مدول‌ها برای خاموش کردن سیستم برای بیشتر از 7 روز

در صورت خاموش ماندن سیستم برای بیشتر از 7 روز، باید از ممبرین‌ها به‌درستی حفاظت نمود. قبل از انجام مراحلی جهت حفاظت از ممبرین‌ها، انجام شستشو با استفاده از مواد شیمیایی برای برطرف کردن هر گونه آلاینده‌ی آلی و یا غیرآلی (گل‌و لای، رسوب) از روی ممبرین‌ها کاملاً ضروری می‌باشد. پس از شستشو، محلول 0.75% بی‌سولفیت سدیم را به‌داخل ممبرین‌ها، به‌صورت شستشوی معکوس از بالا به پایین، تزریق نمایید (BWT، BWB؛ بخش "بهره‌برداری از ممبرین" را ببینید). کیفیت آب استفاده شده برای این محلول باید مانند آب تصفیه شده توسط UF یا بالاتر از آن باشد. محلول بی‌سولفیت سدیم باید از مدول/قفسه خارج شده و هر چهار هفته یک‌بار تعویض گردد.

**نکات مهم :**

- در هر کدام از وضعیت‌های فوق، مدول‌ها باید به‌طور هیدرولیکی پر از مایع نگه‌داشته شوند. ممبرین‌ها باید در هنگام خاموش بودن سیستم، عاری از هر گونه عوامل اکسیدکننده باشند.

- اگر مایلید که از ضدعفونی کننده‌ی دیگری استفاده کنید، قبل از آن لطفاً با شرکت inge GmbH تماس بگیرید. به‌دست آوردن موافقت کتبی و تأییدیه از inge GmbH در مورد مواد شیمیایی و غلظت‌های مجاز آن‌ها، ضروری می‌باشد.

- برای برگرداندن سیستم/مدول‌ها به وضعیت بهره‌برداری، لازم است که از دستورالعمل‌های ارائه شده در بخش "راه‌اندازی سیستم" پیروی نمایید.

## ۱۷ مستندات مربوط به شرایط بهره‌برداری

**نکات مهم :**

- از لحظه‌ای که مدول‌ها برای اولین‌بار مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند، اپراتور موظف به حفظ مستندات کامل و مداوم در رابطه با متغیرهای عملیاتی و مقدار زمانی است که دستگاه با وضعیت‌های مختلف مورد بهره‌برداری قرار گرفته است.
- بدون این اسناد هیچ‌گونه ضمانت یا ادعای تضمینی معتبر نمی‌باشد.
- پس از هر بار تزریق مواد شیمیایی و پس از مرحله‌ی پیش‌فیلتر، کیفیت آب خوراک باید اندازه‌گیری شود (برای مقایسه‌ی تجزیه و تحلیل‌ها در مورد کیفیت آب خوراک). نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل‌ها باید مستند باشند.

متغیرهای مربوط به سیستم UF که در متن زیر قید شده‌اند، باید ثبت و مستند گردند:

۱. مقدار pH، دما و کدورت در خوراک بلافاصله قبل از اولترافیلتراسیون (UF)؛
۲. نفوذ پذیری (در 20°C)، نرخ شدت جریان حجمی، فشار غشای تراوا (TMP) و فشار مطلق (جریان خوراک/آب تصفیه‌شده) در هر قفسه/ در هر خط فیلتراسیون در طی مدت زمان فیلتراسیون/شستشوی معکوس، CEB / CIP و آزمایش صحت عملکرد.

این اطلاعات باید به‌طور خودکار، حداقل در هر 2 ثانیه یک‌بار اخذ و ثبت گردد (در طی چرخه‌ی عملیاتی حداقل هر 3 دقیقه یک‌بار) تا اطمینان حاصل شود که تمام تأثیرات ناشی از تغییرات اتفاق افتاده در بهره‌برداری از پمپ و/یا وضعیت شیرها (تغییر کردن وضعیت‌ها و توالی‌ها) ثبت گردیده است. برای اطمینان از این‌که عملیات ثبت به‌طور مناسبی انجام شده است و برای کمک به بهینه‌سازی دستگاه غشائی، داده‌ها باید در کوتاه‌ترین فاصله‌ی زمانی ممکن اخذ و ثبت گردند.

۳. مواد شیمیایی

- برای استفاده از مواد شیمیایی در پیش‌تصفیه، موارد زیر باید به‌طور مستقیم در جریان خوراک قبل از اولترافیلتراسیون (UF) اندازه گیری شوند:
  - نوع و غلظت منعقدکننده‌ها
  - نوع و غلظت اکسیدان ها
- برای استفاده از مواد شیمیایی در CEB / CIP، موارد زیر باید در داخل قفسه اندازه‌گیری شوند (مواد شیمیایی در تماس با ممبرین‌ها):
  - نوع، زمان تماس و غلظت اکسیدان‌ها و یا دیگر عوامل تمیز کننده‌ی ممبرین
  - نوع، زمان تماس و مقدار pH اسیدها/بازها

حداقل فاصله‌ی زمانی برای یک مجموعه کامل از اندازه‌گیری‌ها (اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی) یک بار در روز (یا یک اندازه‌گیری در هر CEB / CIP) می‌باشد.

۴. در صورت بروز اشکال در مدول، مستندات مربوط به محل بروز اشکال در داخل قفسه‌بندی (خط، رشته/واحد، طرف، موقعیت) همراه با جزئیات مربوط به شماره سریال مدول باید آماده گردد (برای اطلاعات بیشتر، بخش "مدول‌های برگشتی" را ببینید).

## ۱۸ مدول‌های برگشتی

**نکات مهم :**

- برگرداندن مدول‌ها فقط در صورتی پذیرفته می‌شود که شرکت inge GmbH از قبل با آن کتباً موافقت کرده باشد.

- در مورد مدول‌هایی که برگرداندن آن‌ها از قبل توسط شرکت inge GmbH مورد توافق و تأیید قرار گرفته است، الزامات اجباری زیر باید رعایت گردد:

  - مدول‌ها قبل از برگشتن باید تمیز شده باشند.
  - در طول فرآیند ذخیره‌سازی و حمل و نقل، مدول‌ها باید به‌درستی محافظت شده باشند (بخش "سیستم‌های خاموش" را ببینید) و از خشک شدن و انجماد آن‌ها در تمامی مواقع جلوگیری شده باشد (درجه حرارت باید بین 4 تا 35 درجه سانتی‌گراد نگه‌داشته شود).

- حذف شماره سریال اصلی مدول inge از روی مدول، به‌طور خودکار می‌تواند هرگونه ضمانت‌نامه‌ای را باطل کند.

- رعایت نشدن هرکدام از الزامات فوق منجر به عدم پذیرش برگرداندن مدول‌ها از طرف شرکت inge GmbH می‌شود. شرکت inge صورت‌حساب فرستنده در مورد هزینه‌ی حمل و یا هزینه‌های مرتبط با این مورد را قبول می‌کند.

## ۱۹ سیاست گارانتی

**نکات مهم :**

- انطباق کامل و درست با دستورالعمل بهره‌برداری، یک پیش‌نیاز برای مطالبه‌ی موارد گارانتی می‌باشد. در صورت مطالبه‌ی گارانتی، بهره‌بردار موافقت می‌کند که به‌طور خودکار مجموعه‌ی کاملی از اسناد و مدارک توضیح داده شده در بخش "مستندات مربوط به شرایط بهره‌برداری" را در اختیار شرکت inge GmbH قرار دهد.

- چنان‌چه مایلید از هر کدام از دستورالعمل‌ها و یا مشخصات ارائه شده در این سند منحرف شوید، لطفاً با شرکت inge GmbH تماس بگیرید و موافقت کتبی درخواست کنید. در غیر این

صورت در آینده ممکن است دچار خطر بی‌اعتباری هر گونه درخواستی برای استفاده از موارد ضمانت‌نامه بشوید.