

۶- راهنمای تعیین نیازمندی های پایش پیوسته  
آلاینده های آب و انتخاب تجهیزات مربوطه در  
سیستم مدیریت بهداشت، ایمنی و محیط زیست

**HSE - 428 - 03**



سند حاضر با هدف ارائه راهنمایی و حفظ  
یکپارچگی در تدوین مستندات سیستم HSE ،  
توسط کمیته استقرار HSE-MS و زیر نظر مدیریت  
بهداشت، ایمنی و محیط زیست شرکت ملی صنایع  
پتروشیمی تهیه شده و کلیه حقوق آن محفوظ و  
متعلق به شرکت ملی صنایع پتروشیمی ایران است.

## ۱- مقدمه

کمیته استقرار HSE-MS به منظور حفظ یکپارچگی در نظام مدیریت بهداشت، ایمنی و محیط زیست، این سند را به عنوان راهنمایی برای تدوین مستندات نظام تهیه نمود. در این سند حداقل الزامات در برآورده کردن نیازمندی مربوطه (که در راهنمای استقرار نظام بدان اشاره شده)، بیان شده و هر یک از شرکتهای پتروشیمی را در نحوه ایجاد فرایندهای مورد نیاز کمک خواهد نمود. در ضمن، سند حاضر کاربرد فراوانی در انجام ممیزیهای این نظام داشته و در آن به نکات مهم و برجسته قابل توجه در هنگام ممیزی نیز اشاره شده است.

این سند به عنوان یک راهنمای فنی به منظور تکمیل مجموعه الزامات مدیریت کیفیت آب (جلد پنجم مجموعه الزامات زیست محیطی شرکت ملی صنایع پتروشیمی) تهیه شده و الزامات پایش لحظه ای نشر به محیط آبی متأثر از فعالیت واحدهای پتروشیمی و تامین الزامات بند (ب) ماده ۱۹۲ قانون برنامه پنجم توسعه را ارائه کرده است.

## ۲- الزامات قانونی

با توجه به الزامات قانونی ذیل، رعایت الزامات مندرج در این راهنما ضروری است.

- ۱-۲- اصل پنجاهم قانون اساسی جمهوری اسلامی ایران
- ۲-۲- قانون حفاظت و بهسازی محیط زیست، مصوب ۱۳۵۳/۳/۲۸ و اصلاحیه ۱۳۷۱/۸/۲۴
- ۳-۲- قانون توزیع عادلانه آب، مصوب ۱۳۶۱/۱۲/۱۶ با اصلاحیه مورخ ۱۳۶۴/۰۸/۱۴
- ۴-۲- آیین نامه جلوگیری از آلودگی آب، مصوبه شماره ۱۸۲۴۱/ت/۷۱ هـ مورخ ۱۳۷۳/۰۳/۱۶
- ۵-۲- استانداردهای خروجی پساب به استناد ماده ۵ آیین نامه جلوگیری از آلودگی آب
- ۶-۲- آیین نامه بهداشت محیط، مصوبه شماره ۳۰۵۳۱/ت/۱۹۴ هـ مورخ ۱۳۷۱/۰۵/۰۶ هیات وزیران
- ۷-۲- آیین نامه رفع آلودگی زیست محیطی فعالیت های نفتی، مصوب هیات وزیران در جلسه مورخ ۱۳۸۸/۰۶/۰۴
- ۸-۲- ماده ۱۹۲ قانون برنامه پنجم توسعه و شیوه نامه شماره ۰۰-۱۱-۲ سازمان حفاظت محیط زیست
- ۹-۲- شیوه نامه شماره ۰۱-۱۰-۳ سازمان حفاظت محیط زیست تحت عنوان "نصب و راه اندازی سیستم های پایش لحظه ای و مداوم (آنلاین) بر روی منابع آلاینده محیط زیست"
- ۱۰-۲- تعهدات مندرج در مجوزهای EIA صادره از سوی سازمان حفاظت محیط زیست

## ۳- تعاریف

- ۱-۳- فاضلاب: هر نوع ماده مایع زائد حاصل از فعالیت های صنعتی یا کشاورزی و دامداری یا شهری، بیمارستانی و آزمایشگاهی و خانگی که به آب یا خاک تخلیه گردد.
- ۲-۳- رواناب بارندگی: بخش پاک آب سطحی ایجاد شده ناشی از بارندگی باران یا برف. شایان ذکر است در

مجتمع‌های پتروشیمی بخشی از رواناب بارندگی که از محوطه‌های آلوده به مواد شیمیایی جمع می‌شود، آلوده است و باید در حوضچه‌ای جمع‌آوری و برای تصفیه به سیستم تصفیه مناسب منتقل شود. این بخش خارج از تعریف رواناب بارندگی بوده و به عنوان فاضلاب طبقه‌بندی می‌شود.

۳-۳- آب‌های سطحی: هرگونه جریان آبی آلوده و غیرآلوده موقت ناشی از شستشوی سطح سایت یا تعمیرات و شستشوی تجهیزات که از طریق کانال‌های روی‌باز یا رویسته از مرزهای مجتمع خارج می‌شود.

۳-۴- پایش: اندازه‌گیری و جمع‌آوری مستمر داده‌های اندازه‌گیری یا سایر اطلاعات برای مقایسه عملکرد یک سامانه با استاندارد یا برخی نیازمندی‌هایی که سامانه باید برآورده سازد.

۳-۵- پایش لحظه‌ای: پایش مستمر که با یک دوره زمانی مشخص تکرار می‌شود. این عبارت معادل پایش مستمر انتشارات (Continuoues Emission Monitoring) است که در کشورهای دیگر استفاده می‌شود.

۳-۶- آزمایشگاه معتمد: منظور آزمایشگاهی است که در بخش‌های دولتی و یا غیردولتی کشور وجود دارد و عملکرد آن در یک یا چند آزمایش مرتبط با محیط زیست مورد تایید سازمان حفاظت محیط زیست قرار گرفته است.

۳-۷- خوداظهاری در پایش: فرآیندی که بر اساس الزامات ماده ۱۹۲ قانون برنامه پنجم توسعه کشور برای سنجش میزان انطباق دورریز واحدهای تولیدی و خدماتی با استانداردهای زیست محیطی از طرف سازمان حفاظت محیط زیست با استفاده از آزمایشگاه‌های معتمد تعریف شده است.

۳-۸- میزان و معیار (استاندارد): حدود مجاز و مشخصات ویژه‌ای که با توجه به اصول حفاظت و بهسازی محیط زیست برای آلوده‌کننده‌ها و جلوگیری از آلودگی آب تعیین می‌شود.

#### ۴- محدوده تحت تاثیر راهنما

مفاد این راهنما برای کلیه شرکت‌های پتروشیمی، مناطق ویژه یا اماکن و تاسیسات متعلق به آنها در هر مقیاس کاربرد دارد.

#### ۵- قواعد کلی

۵-۱- سازمان باید از آخرین مقررات و الزامات مربوط به پایش منابع نشر (اعم از پیوسته یا مقطعی) اطلاع داشته و آن را در دسترس نگه دارد. الزامات مذکور به دو صورت ملی (الزامات و شیوه‌نامه‌های سازمان حفاظت محیط زیست کشور) و شرکت ملی صنایع پتروشیمی (الزامات پایش لحظه‌ای نشر در واحدهای پتروشیمی، مصوب سازمان حفاظت محیط زیست کشور) قابل طبقه‌بندی و در دسترس می‌باشد.

۵-۲- هر سازمان باید بر اساس آخرین ویرایش راهنمای شماره HSE-404 نسبت به شناسایی و مستندسازی منابع نشر آلاینده‌های آب خود اقدام نماید.

۵-۳- هر سازمان باید آخرین استانداردهای مربوط به مقادیر مجاز نشر آلاینده‌های آب به محیط را جمع‌آوری

نموده و در دسترس داشته باشد. استانداردهای مربوط به صنایع پتروشیمی در پیوست راهنمای HSE-425 در دسترس است.

۴-۵- مطابق بند ۱۱-۵ راهنمای "پایش فاضلاب" با شماره HSE-425، نقاطی که باید مورد پایش قرار گیرد به دو بخش "جریان‌های دارای الزام زیست محیطی قانونی" و "جریان‌های نیازمند پایش برای اهداف درون سازمانی" تفکیک شده است. لذا الزامات پایش لحظه‌ای هر بخش متفاوت خواهد بود. جریان‌های دارای الزام زیست محیطی قانونی، بر اساس بند ب ماده ۱۹۲ قانون برنامه پنجم توسعه کشور، باید تا پایان سال سوم برنامه به سیستم‌های پایش لحظه‌ای تجهیز شود. در اولویت بعد باید تجهیز جریان‌های نیازمند پایش برای اهداف درون سازمانی در دستور کار قرار گیرد.

۵-۵- جریان‌های دارای الزام زیست محیطی قانونی که در صورت تخلیه به محیط خارج از فنس شرکت، باید با استفاده از سامانه پایش لحظه‌ای پایش شود عبارت است از: هرگونه جریان مداوم مایع خروجی که از مجتمع به محیط تخلیه می‌شود، اعم از این که در مجتمع به عنوان فاضلاب دسته‌بندی شده یا نشده باشد. این جریان‌ها شامل موارد زیر و نه محدود به این‌ها است.

- فاضلاب خروجی از واحدهای مختلف عملیاتی و فرآیندی که از واحدهای تصفیه‌ای عبور نکرده باشد.
- فاضلاب تصفیه شده خروجی از سیستم‌های پیش تصفیه یا تصفیه کامل که به محیط تخلیه می‌شود.
- هرگونه جریان غیرمداوم تکرار شونده که به محیط تخلیه می‌شود (مانند پساب احیای رزین‌ها).
- آب خنک کننده برگشتی
- زیرریز برج‌های خنک کننده
- زیرریز بویلرها
- دورریز واحدهای تصفیه آب
- رواناب بارندگی

۶-۵- براساس قوانین زیست محیطی کشور رقیق‌سازی فاضلاب برای دستیابی به استانداردهای تخلیه ممنوع است. لذا اختلاط هرگونه جریان دارای پارامتر بیش از حد مجاز تخلیه به محیط، با سایر جریان‌های ممنوع است.

۷-۵- پارامترهایی که باید در جریان‌های دارای الزام زیست محیطی قانونی، با پایش لحظه‌ای سنجش و ثبت شود در جدول ۱ خلاصه شده است:

TDS	آمونیاک	نیترات	فسفات	دما	COD	pH	TSS	دبی	پارامتر
									جریان/محصول
-	*	*	*	*	*	*	*	*	خروجی تصفیه خانه فاضلاب
-	*	-	-	*	*	*	*	*	متانول
*	-	-	-	-	-	*	*	*	واحدهای کلر آلکالی با روش غشایی
-	*	*	-	*	*	*	*	*	کودهای شیمیایی نیتراته
-	-	-	*	*	*	*	*	*	کودهای شیمیایی فسفات
-	-	-	*	*	*	*	*	*	اسید فسفریک
-	-	-	-	*	*	*	*	*	سایر واحدهای پتروشیمی
*	-	-	-	-	-	-	*	*	دورریز RO
*	-	-	-	*	-	-	*	*	دورریز MED
*	-	-	-	-	-	*	*	*	دورریز رزین های تبادل یونی
*	*	*	*	*	*	*	*	*	زیرریز برج خنک کننده
*	*	*	*	*	-	*	*	*	زیرریز بویلرها
-	-	-	-	*	-	-	-	*	آب خنک کننده برگشتی
-	-	-	-	-	-	-	-	*	رواناب بارندگی

۸-۵- در مجتمع هایی که به صورت خاص مشمول پارامتر خاصی شده، در صورتی که دورریز مایعی به صورت مستقل از بخش خاصی از فرآیند جمع آوری و به محیط تخلیه شود و در مسیر امکان پیوند هیچ دورریز دیگری به آن وجود نداشته باشد، در صورت اثبات عدم وجود ترکیبات فسفردار و نیترژن دار در فرآیند ذریبط، نیازی به سنجش پارامترهای فسفات، نیترات و آمونیاک نیست.

۹-۵- برای مسیرهای تخلیه رواناب بارندگی، پایش دبی کفایت دارد. بدیهی است در صورتی که این مسیر بیش از سه بار در خارج از اوقات بارندگی، دارای جریان باشد، باید پارامترهای pH، TSS، COD و دما در این مسیر نیز تحت پایش لحظه ای قرار گیرد.

۱۰-۵- در صورت اختلاط چند جریان مجاز از نظر تخلیه به محیط (با لحاظ کردن بند ۵-۶)، پارامترهای جریان اصلی باید مورد پایش قرار گیرد. جریان اصلی جریانی است که بیش از ۹۰٪ کل جریانات مخلوط شده باشد. در صورتی که نسبت اختلاط به نحو دیگری باشد باید مجموع پارامترهای جریاناتی که تشکیل دهنده ۹۰٪ جریان است، مورد پایش لحظه ای قرار گیرد.

۱۱-۵- شرکت هایی که فاضلاب خود را برای تصفیه به شرکت دیگری ارسال می کنند نظیر مناطق ویژه که دارای تصفیه خانه فاضلاب متمرکز هستند، جریانات نیازمند پایش برای اهداف درون سازمانی که باید با استفاده از سامانه پایش لحظه ای پایش شود به شرح زیر است:

- فاضلاب صنعتی یا هرگونه جریان ارسالی از مجتمع های پتروشیمی به تصفیه خانه های متمرکز در مناطق ویژه. منظور از فاضلاب صنعتی، فاضلاب هایی است که از فرآیندهای صنعتی تولید می شود و با عناوینی همچون دورریزهای روغنی (Oily Drain)، فاضلاب های با TDS بالا (High TDS) و آب های آلوده روغنی مداوم (Continuously Oily Contaminated water) شناخته می شود.

- فاضلاب های بهداشتی که از سرویس های بهداشتی، رستوران ها و سایر مراکز اداری تولید و به تصفیه خانه ارسال می شود.

۱۲-۵- توصیه می شود برای اهداف درون سازمانی، جریانات زیر نیز با سامانه پایش لحظه ای پایش شود:

- هرگونه جریان فاضلاب ارسالی از واحدهای تولیدی به تصفیه خانه فاضلاب مجتمع که دارای نوسانات کیفی زیاد و غیر قابل پیش بینی است.

- هرگونه جریان فاضلاب ارسالی از واحدهای تولیدی به تصفیه خانه فاضلاب که به واسطه وجود ترکیبات خاص و بروز تغییرات کیفی این ترکیب خاص در آن، احتمال ایجاد اختلال عمده در فرآیند تصفیه وجود داشته باشد. منظور از اختلال عمده ایجاد شرایطی است که راندمان عملکرد واحدهای فرآیندی تصفیه خانه به زیر ۵۰ درصد کاهش یابد. تعیین این گونه جریانات بر اساس تجارب موجود و با هماهنگی بهره بردار تصفیه خانه تعیین می شود.

۱۳-۵- الزامات پایش لحظه ای جریانات نیازمند پایش برای اهداف درون سازمانی، به شرح زیر است:

- کلیه خروجی ها باید به تجهیزات سنجش پارامترهای اصلی شامل دبی جریان، pH، COD، TSS و دما

تجهیز شود.

- در صورتی که فاضلاب بهداشتی ارسالی به تصفیه خانه حاوی فاضلاب رستوران باشد، علاوه بر پارامترهای اصلی باید پارامتر آمونیاک نیز به صورت لحظه ای پایش شود.
- در مجتمع هایی که بر اساس سوابق پایش، آمونیاک در پساب وجود دارد (نظیر برخی از واحدهای تولید متانول)، علاوه بر پارامترهای اصلی، باید پارامتر آمونیاک نیز به صورت لحظه ای پایش شود.
- در مجتمع های تولید کودهای شیمیایی فسفات و اسید فسفریک علاوه بر پارامترهای اصلی، باید فسفات نیز به صورت لحظه ای پایش شود.
- در مجتمع های تولید اوره و کودهای شیمیایی نیترا ته علاوه بر پارامترهای اصلی، باید پارامترهای نیترات و آمونیاک نیز به صورت لحظه ای پایش شود.
- سایر پارامترهای مورد نیاز برای پایش لحظه ای با توافق واحد تولید کننده و تصفیه کننده فاضلاب تعیین می شود.

۱۴-۵- الزامات پایش فوق در جدول ۲ خلاصه شده است:

آمونیاک	نیترات	فسفات	پارامترهای اصلی <sup>۱</sup>	جریان/محصول
*	-	-	*	متانول
*	*	-	*	کودهای شیمیایی نیترا ته
-	-	*	*	کودهای شیمیایی فسفات
-	-	*	*	اسید فسفریک
۳	-	-	۳*	فاضلاب ارسالی به تصفیه خانه <sup>۲</sup>
-	-	-	*	سایر صنایع پتروشیمی

۱: پارامترهای اصلی شامل دبی جریان، pH، COD، TSS و دما می باشد.

۲: سایر پارامترهای مورد نیاز برای پایش لحظه ای با توافق واحد تولید کننده و تصفیه کننده فاضلاب تعیین می شود.

۳: فاضلاب بهداشتی ارسالی به تصفیه خانه اگر حاوی فاضلاب رستوران باشد، علاوه بر پارامترهای اصلی، نیازمند پایش پارامتر آمونیاک است. شایان ذکر است فاضلاب بهداشتی در صورت عدم اختلاط با سایر فاضلاب ها نیازی به سنجش دما ندارد.

- ۱۵-۵- هر شرکت باید یک گزارش فنی شامل موارد زیر را تهیه و آن را برای تایید به HSE-NPC ارائه نماید.
- نوع و مشخصات جریاناتی که به محیط تخلیه می شود (فاضلاب صنعتی، دورریز RO، آب خنک کننده برگشتی و ...).
  - دبی و میزان آلاینده های منتشره از این جریانات با توجه به فرآیند
  - پارامترهای نیازمند پایش پیوسته (لحظه ای) بر اساس مقررات و الزامات پایش نشر (بند ۵-۱ راهنمای حاضری)
  - معافیت های پایش پیوسته و دلایل معافیت
- ۱۶-۵- HSE-NPC گزارش یادشده را بررسی و اصلاحات لازم را به شرکت اعلام خواهد کرد. شرکت باید گزارش اصلاح شده را مجدداً به HSE-NPC و اداره کل حفاظت محیط زیست استان مربوطه ارسال و تایید HSE-NPC و اداره کل محیط زیست استان خود را اخذ کند. شایان ذکر است اخذ تاییدیه از ادارات کل محیط زیست استانی برای جریاناتی که به منظور اهداف درون سازمانی پایش می شود، لازم نیست.
- ۱۷-۵- اعلام زمان نصب و راه اندازی تجهیزات پایش لحظه ای نشر به مدیریت HSE شرکت ملی صنایع پتروشیمی و ادارات کل حفاظت محیط زیست استان ها، از سوی واحد های مورد نظر الزامی است.
- ۱۸-۵- شرکت نباید مقدار یا اثرات یک تخلیه را جهت دستیابی به تطابق با استاندارد پنهان کرده یا کمتر جلوه دهد. این موضوع شامل رقیق سازی یا بهره برداری ناصحیح از تجهیزات پایش نیز می شود. بنابراین رقیق سازی هر یک از جریان ها با هر یک از جریانات دیگر ممنوع و نصب سیستم های پایش پیوسته نیز نباید روی جریان رقیق سازی شده انجام شود.
- ۱۹-۵- هر شرکت در فرآیند انتخاب، خرید، نصب و بهره برداری از سیستم های پایش لحظه ای باید ملاحظات فنی ذکر شده در شیوه نامه ۱-۱۰-۳ سازمان محیط زیست تحت عنوان "نصب و راه اندازی سیستم های پایش لحظه ای و مداوم (آنلاین) بر روی منابع آلاینده محیط زیست" را لحاظ نماید. بند ۷ این شیوه نامه که مرتبط با ملاحظات فنی سیستم های پایش لحظه ای است، در پیوست ۱ این راهنما آورده شده است.
- ۲۰-۵- کلیه سیستم های پایش پیوسته تخلیه ها و خروجی ها، باید به صورت مداوم در سرویس باشد مگر این که به علت تعمیرات، آزمون های کالیبراسیون و تنظیمات مربوطه از سرویس خارج شده باشد. مطابق با شیوه نامه ۱-۱۰-۳ سازمان محیط زیست (پیوست ۱) این مدت زمان نمی تواند حداکثر بیش از ۴۵ روز در سال باشد.
- ۲۱-۵- به منظور اطمینان از تدارک و نصب سیستم های مناسب نمونه برداری و پایش، لازم است شرکت الزامات پایش و پارامترهای نیازمند پایش را به طراح/تامین کننده/سازنده اعلام و بر روند ایجاد امکانات مورد اشاره در تمام مراحل نظارت نماید.
- ۲۲-۵- محل نصب تجهیزات پایش لحظه ای باید مطابق با الزامات و ضوابط استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست انتخاب شده و با حضور نماینده ادارات کل، مراتب در قالب تنظیم و امضای صورت جلسه مورد تأیید قرار گیرد. شایان ذکر است اخذ تاییدیه از ادارات کل محیط زیست استانی برای جریاناتی که به منظور



اهداف درون سازمانی پایش می شود، لازم نیست.

۲۳-۵- نظر به آن که تجهیزات و روش های مختلفی برای پایش لحظه ای منابع نشر توسط سازندگان و نمایندگی های آنها در ایران ارائه می شود، هر شرکت موظف است با دقت کامل و در نظر گرفتن همه جوانب نسبت به خرید تجهیزات خود اقدام نماید. در این راستا شرکت موظف است تجهیزات خود را از سازندگانی تامین کند که نام آنها در فهرست تامین کنندگان صنعت پتروشیمی آورده شده است. آخرین ویرایش این فهرست از مدیریت HSE-NPC یا مدیریت طرح های NPC قابل استعلام است.

۲۴-۵- به منظور اطمینان از مسئولیت پذیری و پاسخگویی شرکتهای فروشنده و تامین کننده، تامین به موقع لوازم بدکی و دریافت خدمات پشتیبانی مطلوب و مداوم، لازم است سازمان تجهیزات و دستگاههای مورد نظر را از نمایندگی های معتبر و رسمی آن تجهیزات خریداری نماید. در این خصوص لازم است هر سازمان مدارک لازم دال بر نمایندگی رسمی و معتبر سازنده اصلی را از شرکت داخلی دریافت و پس از کسب اطمینان نسبت به خرید از وی اقدام نماید.

۲۵-۵- انتخاب یک دستگاه به شرایط تخلیه پساب (کانال باز یا لوله، در فشار اتمسفریک و یا تحت فشار)، پارامترهای نیازمند پایش، دامنه تغییرات پارامترهای مورد نظر، شرایط محیطی، اهداف مورد نظر از پایش، مشخصات دستگاه ها، هزینه خرید دستگاه، توان تعمیر و نگهداری و عوامل مختلف دیگر بستگی داشته و انتخاب یک دستگاه در یک شرکت به معنی مناسب بودن آن در شرکت دیگر نیست. لذا لازم است ابتدا اطلاعات کاملی از محل و شرایط کمی و کیفی پساب و دامنه نوسانات پارامترهای کیفی آن، در اختیار تامین کنندگان مورد نظر قرار گرفته و پس از اخذ پیشنهادات ایشان ضمن بررسی های فنی لازم، نسبت به انتخاب دستگاه اقدام شود. لذا نمی توان نسخه ای یکسان برای همه شرکت ها در نظر گرفت. کلیاتی در خصوص مزایا و معایب روش ها و تجهیزات پایش لحظه ای موجود در بازار در پیوست ۲ این راهنما آورده شده که می تواند در انتخاب صحیح تجهیزات مد نظر قرار گیرد.

۲۶-۵- برای سنجش پارامتر COD در مورد جریان های تصفیه نشده یا "جریانات نیازمند پایش برای اهداف درون سازمانی"، که با فاضلاب خام صنایع پتروشیمی یا فاضلاب صنایع پتروشیمی ارسالی به تصفیه خانه مواجه است، به علت عدم جذب برخی از ترکیبات آلی همچون الکل ها در روش های مبتنی بر جذب UV، و در نتیجه ناتوانی این روش در اندازه گیری دقیق COD، فقط روش های احتراقی و شیمی تر (WET) مورد تایید است.

۲۷-۵- زمانی که غلظت یون پتاسیم در فاضلاب از ۵۰۰ میلی گرم در لیتر بیشتر باشد، برای سنجش پارامتر آمونیاک، روش انتخاب یونی (Ion Selective) مورد تایید نیست.

۲۸-۵- تکنیک نمونه برداری مورد تایید و الزامی در مورد پارامترهای DO، TSS، EC (Salinity, TDS)، pH، دما و کدورت، (به لحاظ عدم نیاز به پمپ و در نتیجه منتفی شدن تغییر میزان اکسیژن محلول و کدورت و مواد معلق ناشی از عمل پمپاژ) است.

۲۹-۵- برای اندازه گیری پارامترهای فسفات، سیلیکات، سختی، سولفات، قلیابیت، فلزات سنگین و

Oil & Grease، تکنیک Extractive الزامی و مورد تایید است.

۳۰-۵- برای جریانات خروجی از تصفیه خانه های فاضلاب، محل نصب سیستم های پایش لحظه ای باید در مسیر خروجی تصفیه خانه به سمت محیط پذیرنده باشد.

۳۱-۵- از آنجا که هدف اصلی نصب سیستم های پایش لحظه ای نشان دادن وضعیت منبع نشر آلاینده از لحاظ تطابق با استاندارد ها و حدود مجاز است، شرکت باید در هنگام خرید تجهیزات، به حدود مجازی که در خصوص هر منبع نشر قابل اعمال است، توجه نماید.

۳۲-۵- مطابق شیوه نامه ۱۰۰۱-۳ سازمان حفاظت محیط زیست، انجام خود اظهاری پایش آلودگی توسط آزمایشگاه معتمد برای واحدهایی که اقدام به نصب سامانه پایش لحظه ای نموده اند، الزامی است و در صورت مغایرت نتایج سیستم های آنلاین با نتایج آزمایشگاه معتمد، نظارت و بررسی های لازم از سوی ادارات کل محیط زیست استانها و عنداللزوم سازمان مرکزی (دفتر پایش فراگیر) انجام خواهد شد. لذا شرکت باید همواره از عملکرد صحیح تجهیزات پایش لحظه ای خود اطمینان حاصل کرده و توسط دستگاه پرتابل و یا آزمایشگاه خود عملکرد سیستم های پایش لحظه ای خود را کنترل نماید.

۳۳-۵- واحدهای HSE هر شرکت ملزم به نظارت بر روند تحقق الزامات راهنمای حاضر هستند. بنابراین هر سازمان باید تا زمان نصب و راه اندازی این سیستم ها، به صورت سه ماهه گزارشات مربوط به راهنمای حاضر را تهیه و به HSE-NPC و همچنین اداره کل محیط زیست استان مربوطه ارائه نماید.

## ۶- ضمانت اجرایی

۶-۱- لازم است کلیه فعالیت های مرتبط با این راهنما تحت کنترل امور HSE بوده و مورد تایید امور HSE قرار گیرد.

۶-۲- همانند سایر بخش های HSE-MS روند اجرایی این راهنما نیز توسط ممیزین NPC مورد ممیزی قرار گرفته و نتایج آن به مدیریت عامل هر شرکت اعلام خواهد شد.

## پیوست ۱

بخشی از شیوه نامه شماره: ۰۱-۱۰-۳ سازمان حفاظت محیط زیست کشور شامل ضوابط و معیارهای انتخاب تجهیزات پایش لحظه ای پساب

به منظور وحدت رویه در امر خرید تجهیزات پایش لحظه ای از طریق تبعیت از دستور العمل واحد و یکسان در امر خرید تجهیزات مذکور، ضوابط و معیارهای فنی انتخاب تجهیزات پایش لحظه ای بر اساس معیارها و مشخصات فنی دستگاهی و با لحاظ نمودن ملاحظات زیست محیطی به شرح ذیل وضع و در کمیته کارگروه آزمایشگاه معتمد به تصویب رسید.

### ۱- ملاحظات فنی:

۱-۱- تولید داده توسط تجهیز پایش لحظه ای می بایست بصورت پیوسته بوده و تجهیز از نظر کارکرد پایداری لازم را داشته باشد (ضمن کارکرد مداوم و پیوسته، تولید، ذخیره و انتقال داده های پایش از امنیت لازم به لحاظ صحت و دقت برخوردار باشد).

۱-۲- تجهیزات پایش لحظه ای باید قابلیت اندازه گیری حداقل ۵ برابر حد مجاز پارامتر منابع نشر آلودگی مربوطه را داشته باشد.

تبصره: تجهیزات پایش لحظه ای پارامترهای DO و pH در منابع آبی، پساب و فاضلاب و پارامتر O2 خروجی از دودکش (که دامنه تغییرات محدود و معین دارند) از این قاعده مستثنی هستند.

۱-۳- حد تشخیص تجهیز پایش لحظه ای باید کوچکتر از ۵ درصد حد مجاز پارامتر مربوطه باشد.

۱-۴- دقت تجهیز پایش لحظه ای باید حداقل ۵ درصد حد مجاز پارامتر مربوطه باشد.

۱-۵- امکان کالیبراسیون چند نقطه ای برای تجهیز پایش لحظه ای وجود داشته باشد.

۱-۶- دامنه دمایی کارکرد تجهیزات پایش لحظه ای می بایست به طور مطلوب متناسب با دامنه دمایی محیط نصب و نیز شرایط دمایی فرآیند کاری منبع تحت پایش باشد. در غیر این صورت باید تجهیزات جانبی جهت تنظیم دما و سایر شرایط فیزیکی لحاظ شود.

۱-۷- روش (متد) و تکنولوژی سنجش تجهیز پایش لحظه ای می بایست منطبق با استانداردهای معتبر زیست محیطی بین المللی شامل Standard Method, ASTM, EN, EPA, ISO, DIN و با لحاظ کردن شرایط فرآیند منبع تحت پایش باشد.

۱-۸- ارایه گواهینامه های تأیید صلاحیت بین المللی نظیر MCert, TUV, EPA برای هر تجهیز با ذکر شماره سریال آن تجهیز، مزیت فنی در هنگام گزینش دستگاه محسوب می شود. لازم به ذکر است تاییدهای مذکور صرفاً تحت شرایط خاص ذکر شده در متن تاییدیه، قابل استناد می باشد.

۱-۹- تجهیزات پایش لحظه ای به هنگام نقص کارکرد می بایست قابلیت ثبت و اعلام آلارم های مربوطه با ثبت

دقیق مقدار پارامتر مذکور در لحظه آلام و مدت زمان آن را داشته باشد.

## ۲- سایر ملاحظات :

۱-۲- انجام خود اظهاری پایش آلودگی توسط آزمایشگاه معتمد برای واحدهایی که اقدام به نصب سامانه پایش لحظه ای نموده اند، الزامی می باشد.

۲-۲- در صورت مغایرت نتایج سیستم های آنلاین با نتایج آزمایشگاه معتمد، نظارت و بررسی های لازم از سوی ادارات کل محیط زیست استان ها و عند الزوم سازمان مرکزی (دفتر پایش فراگیر) انجام خواهد شد.

۳-۲- محل نصب تجهیزات پایش لحظه ای می بایست مطابق با الزامات و ضوابط استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست انتخاب شود و با حضور نماینده ادارات کل مراتب در قالب تنظیم و امضای صورت جلسه مورد تأیید قرار گیرد.

۴-۲- بازه زمانی کالیبراسیون تجهیزات، بر اساس توصیه سازنده (یا حداقل سالی یک بار) می باشد.

۵-۲- اعلام مراتب زمان نصب و راه اندازی تجهیزات پایش لحظه ای به ادارات کل حفاظت محیط زیست استان ها، از سوی واحد های مورد نظر الزامی می باشد.

۶-۲- سیستم پایش لحظه ای می بایست در کنار خود برچسب فنی (Technical Label) و برچسب کالیبراسیون (Calibration Label) و برچسب مشخصات سازنده و یا فروشنده را داشته باشد.

۷-۲- تامین برق اضطراری جهت کارکرد مداوم تجهیز پایش لحظه ای، ضروری است.

۸-۲- در کنار هر سیستم پایش لحظه ای می بایست امکان نمونه برداری پرتابل (غیر لحظه ای) تامین باشد.

۹-۲- تامین راههای دسترسی آسان به سیستم پایش لحظه ای و روشنایی در محل از ملاحظات دیگر در هنگام نصب آن می باشد.

۱۰-۲- به منظور انجام اقدامات حفظ و نگهداری سیستم (تعمیر، تعویض، کالیبراسیون و سرویس های دوره ای) تجهیزات پایش لحظه ای می تواند حداکثر به میزان ۴۵ روز در سال خارج از سرویس باشد. (مشروط به این که تعداد روزهای مذکور بیش از ۱۰ روز در یک ماه نباشد).

تبصره ۱ : در مواقع خاص، مراتب توسط اداره کل بررسی و تصمیم گیری مقتضی صورت می گیرد.

تبصره ۲ : شرایط تعمیرات اساسی واحد صنعتی (Over hall)، مشمول زمان قید شده در این بند می باشد.

۱۱-۲- نظر به لزوم خود اظهاری واحد های صنعتی و غیر صنعتی (از جمله به صورت لحظه ای) به استناد بند ماده ۱۹۲ قانون برنامه پنجم توسعه، لازم است داده های پایش حاصل از تجهیزات پایش لحظه ای به مراکز کنترل و پایش سازمان حفاظت محیط زیست (استانی و ستادی) ارسال شود. لازم به ذکر است وجود هرگونه واسطه پردازشگر (نظیر PLC, DCS, LAN و ...) فیما بین تجهیز و سرور مرکزی مورد تأیید نمی باشد.

## پیوست ۲

### ویژگی سیستمهای پایش لحظه ای آب و پساب

آب در بخش های مختلف یک واحد صنعتی با اهداف متنوعی استفاده می شود. لذا روش های مختلفی را به منظور حصول اطمینان از کیفیت مورد نیاز می توان مورد استفاده قرار داد. آب مصرف شده به علت آمیخته شدن به انواع آلودگی ها به فاضلاب تبدیل می شود و برای پیشگیری از انتقال آلودگی به محیط زیست عموماً تصفیه می شود. به منظور اطمینان از رعایت اسپک های ارسال فاضلاب ارسالی به تصفیه خانه و همچنین انطباق با استانداردهای زیست محیطی تخلیه نیز باید کیفیت فاضلاب خام و پساب تصفیه شده پایش شود. ویژگی های آب نظیر اکسیژن محلول (Dissolved Oxygen)، کدورت (Turbidity)، pH، هدایت الکتریکی (Electrical Conductivity)، شاخص مواد آلی (TOC, BOD, COD)، کل جامدات محلول (TDS)، کل جامدات معلق (TSS)، ترکیبات مغذی مثل نیترژن و ترکیبات آن (نیترات و آمونیاک) و فسفر و ترکیبات آن، از جمله پارامترهای تعیین کیفیت آب، فاضلاب و پساب تصفیه شده است. برخی از پارامترهای قابل سنجش به صورت لحظه ای شامل موارد ذیل است:

* روغن	* دبی جریان
* کدورت	* مواد آلی (SAC, TOC, COD)
* هدایت الکتریکی	* pH
* اکسیژن محلول	* آمونیوم
* کلر	* فسفات

در ادامه این پارامترها و روش های اندازه گیری لحظه ای این پارامترها ارائه شده است. شایان ذکر است دستگاهی که قادر به اندازه گیری لحظه ای مقادیر نیترات برای مقایسه با مقادیر استاندارد باشد در کشور شناسایی نشده است.

## (۱) دبی:

هر گونه تصمیم گیری در خصوص جریانات آب و فاضلاب نیازمند آگاهی از میزان دبی جریان است. این موضوع به ویژه برای برنامه ریزی پیشگیری از آلودگی از مبدا، حایز اهمیت دوچندان است. عمده ترین تکنولوژی اندازه گیری دبی جریان، استفاده از تکنولوژی آلتراسونیک است. تکنیک های اندازه گیری دبی جریان کانال های روباز با استفاده از تکنولوژی آلتراسونیک به سه روش زیر خلاصه می شود:

۱. روش داپلری

۲. روش فراصوتی زمان گذر

۳. روش اسکن سه بعدی پروفایل جریان.

## ۱-۱- روش داپلری

این روش قدیمی ترین روش آلتراسونیک به حساب می آید. از این روش برای اندازه گیری سرعت جریان می توان استفاده کرد. برای توضیح هرچه ساده تر فرض کنید ابتدا یک موج آلتراسونیک (با فرکانس مشخص) به سمت جریان ارسال می شود. این موج در برخورد با ذرات داخل آب یا حباب های هوا برگشت داده می شود (با فرکانس متفاوت). دیتالاگر پس از محاسبات ریاضی (قانون داپلر) روی این فرکانس ها، تشخیص می دهد سرعت ذره در داخل آب چقدر است. بدیهی است سرعت ذره تابع سرعت جریان است.

دو موضوع در این روش اندازه گیری باعث ایجاد خطا می شود. اول سرعت جریان که در سطح مقطع کانال یا لوله ثابت نیست. دومین موضوع سطح مقطع عبور جریان است که بسته به ارتفاع، میزان جریان داخل لوله را تعیین می کند. امواج آلتراسونیک در روش های داپلری به محض برخورد با اولین ذره برگشت داده می شود و از آنجا که مشخص نیست این ذره از کدام عمق و از کجای پروفیل سرعت برگشت یافته است، ممکن است سرعت این ذره با سرعت متوسط جریان اختلاف قابل ملاحظه ای داشته باشد. برای دستیابی به تقریب بهتری از سرعت جریان، دو راهکار اصلاحی در دستگاه ها پیش بینی شده است:

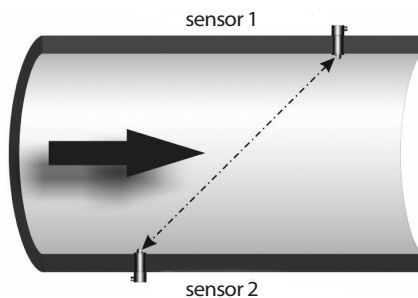
۱. به جای استفاده از فرکانس در محاسبه فرمول داپلر از روش پالس داپلر استفاده می شود. در این روش محاسبات روی پالس های ارسالی و دریافتی انجام می شود. فاصله زمانی ارسال و دریافت پالس های مختلف امکان بررسی موقعیت ذره در حال حرکت در جریان را می دهد.

۲. در فاصله زمانی ثابت، دو عکس از کل جریان گرفته می شود. در این روش موقعیت تمامی ذرات در عکس دوم نسبت به عکس اول تغییر خواهد داشت. این روش امکان اندازه گیری پروفایل جریان را فراهم می کند.

## ۱-۲- روش فراصوتی زمان گذر

روش فراصوتی زمان گذر یا همان Transit Time (TT) معمولاً در اندازه گیری دبی در لوله ها به کار می رود. اکثر فلومترهای clamp-on با استفاده از این روش اندازه گیری می کنند. در این روش دو سنسور در روبروی همدیگر

(معمولا با زاویه ۴۵ درجه نسبت به همدیگر)، مطابق شکل ۱، در دیواره دو طرف کانال نصب می شود.



شکل ۱: نحوه قرارگیری سنسورهای اندازه گیری سرعت جریان

یک موج التراسونیک در یک لحظه از یکی از سنسورها به سمت سنسور دیگر ارسال می شود که این موج التراسونیک پس از طی فاصله بین دو سنسور در لحظه  $t_1$  توسط سنسور روبرویی دریافت می شود. حال سنسور دریافت کننده یک موج التراسونیک دیگر را به سمت سنسور روبرویی (که قبلا ارسال کننده بود) می فرستد که این موج پس از طی مسافت مساوی با دفعه قبل ولی این بار در مدت زمان متفاوتی برابر  $t_2$  به سنسور روبرویی خود می رسد. با توجه به زاویه بین دو سنسور نسبت به صفحه افقی یک بار موج ارسال می شود با جهت جریان می رود ولی در برگشت در خلاف جهت جریان بر می گردد. سرعت جریان با استفاده از فرمول زیر قابل محاسبه خواهد بود:

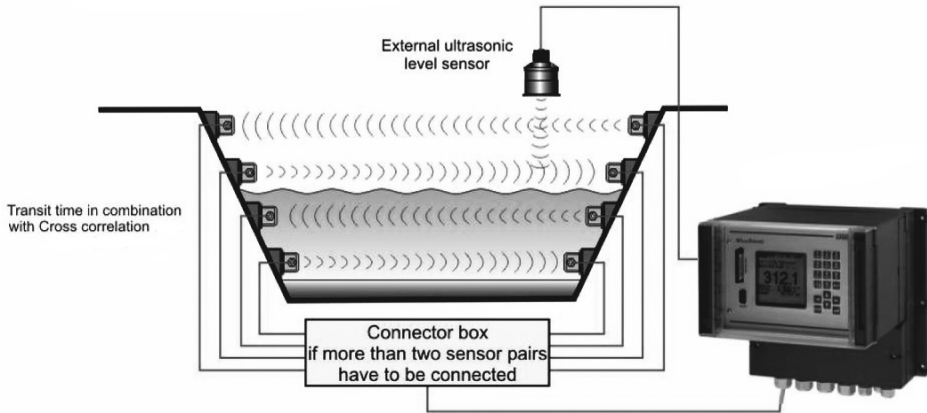
$$V_m = \frac{C^2}{2L \cos \alpha} \left( \frac{1}{t_1} - \frac{1}{t_2} \right)$$

C = Velocity of Sound

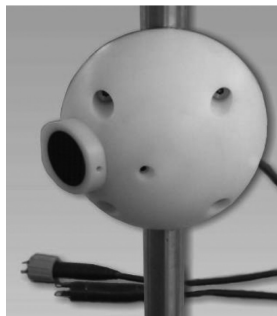
$t_1$  = time from A to B,  $t_2$  = tome from B to A

روش پیشرفته تری نیز موجود است. در این روش به جای استفاده از edgetime برای تحلیل فرکانس های دریافتی به منظور دقت بالاتر، از روش همبستگی و تصحیح فرکانسی استفاده می شود. این دستگاه می تواند برای اندازه گیری جریان در لوله های تحت فشار نیز به کار رود. یکی از مزیت های این روش نصب سنسورهای آن در دیواره کانال است. در عین حال می تواند در عمق های مختلفی نصب شود تا دقت های مورد نظر کاربران در کانال های روباز فراهم شود. محدوده اندازه گیری سرعت این روش از ۰/۱۵ متر بر ثانیه تا ۱۵ متر بر ثانیه و با دقت ۰/۱ درصد است. البته

این دقت برای یک جفت سنسور است. در صورتی که دقت های بالا مد نظر باشد با افزایش یک جفت سنسور به دو جفت این دقت دو برابر (۰/۰۵ درصد) می شود. به همین علت این دستگاه برای نصب در کانال ها و لوله های آب آشامیدنی و تصفیه شده مناسب است (شکل ۲). نمونه ای از سنسورهای کروی و میله ای برای نصب در انواع کانال ها در اشکال ۳ و ۴ نشان داده شده است.

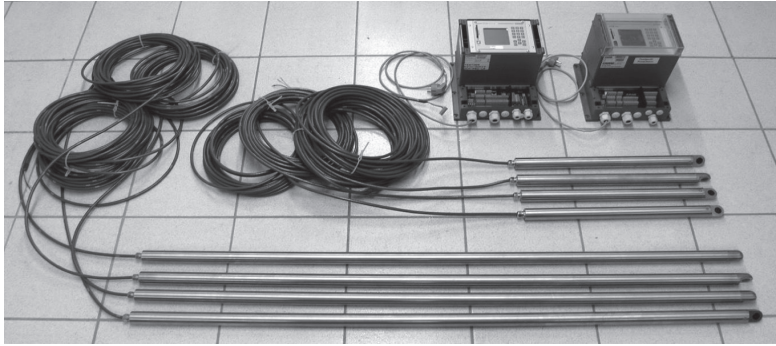


شکل ۲: نمایی از سنجش دبی با استفاده از سنسورهای متعدد در ارتفاع کانال



شکل ۳: سنسورهای کروی مخصوص تعبیه در کانالهای ذوزنقه ای و رودخانه ها

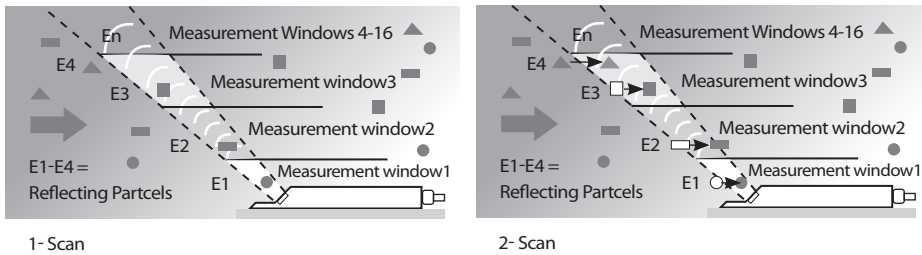




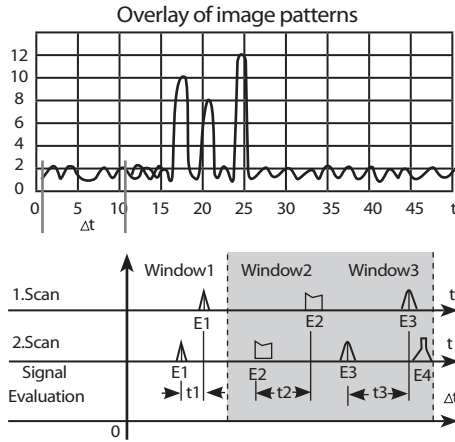
شکل ۴: سنسورهای میله‌ای مناسب نصب در کانالهای مستطیلی

### ۱-۳- روش اسکن سه بعدی پروفایل جریان (Cross Correlation)

روش اسکن سه بعدی پروفایل جریان، در واقع یک نوع عکس برداری از کل مقطع جریان است. در دو لحظه متفاوت دو عکس از جریان و ذرات درون آن گرفته می‌شود. بدیهی است که ذرات متناسب با سرعت جریان در فاصله زمانی دو تصویربرداری تغییر مکانی مشخصی داده‌اند که از آن می‌توان برای اندازه‌گیری سرعت جریان استفاده کرد (اشکال ۵ و ۶).



شکل ۵: دو تصویر در دو لحظه از کل مقطع جریان گرفته می‌شود

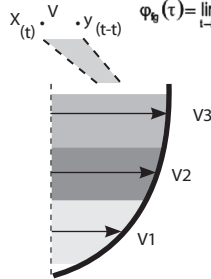


شکل ۶: پردازش تصاویر التراسونیک

توضیح داده شد که روش های دایپلری امکان اندازه گیری پروفایل جریان را ندارد اما در روش Cross Correlation کاربرد صورت همزمان پروفایل عمودی جریان را حداکثر در ۱۶ لایه بندی مشاهده می کند. در نهایت با فرمول زیر سرعت متوسط محاسبه شده و پروفیل سرعت ترسیم می شود (شکل ۷).

Formula

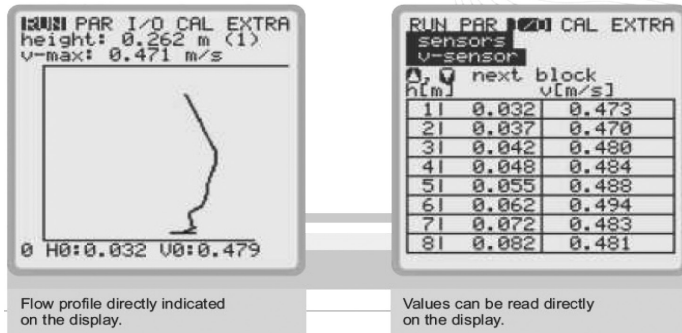
$$\varphi_{\theta}(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{+T/2} f(t) \cdot g(t + \tau) dt$$



Investigated Flow Profile

شکل ۷: اندازه گیری پروفایل سرعت جریان

تمامی این عملیات در هر ثانیه به تعداد ۲۰۰۰ بار انجام می شود. به این علت این روش اندازه گیری دقت بسیار بالایی دارد. یعنی نه تنها پروفایل کامل سرعت در کانال اندازه گیری می شود، هر تغییراتی در پروفایل سرعت نیز ثبت می شود (شکل ۸).



شکل ۸: نمونه ای از تصاویر تولید شده برای محاسبه پروفایل سرعت

محدوده اندازه گیری سرعت از ۱/۸ متر بر ثانیه تا ۶ متر بر ثانیه و با دقت کمتر از ۱ درصد به دست می آید. کابل های دستگاه تا ۱۵۰ متر هم می تواند انتخاب شود. از این روش می توان برای اندازه گیری دبی لوله های تحت فشار نیز استفاده کرد. این فلومتر می تواند در کانال های با محدوده بالای رسوب و نیز کانال های فاضلاب نیز نصب شود. همچنین دستگاه می تواند میزان رسوب نشسته روی خود را تشخیص دهد و بدین صورت به کاربر اطلاع بدهد که سنسور کارایی مناسب را دارد یا نه.

## ۲) ترکیبات آلی:

همه انواع مختلف مواد آلی موجود در آب را نمی توان با آزمایشات ساده و کوتاه مدت، به صورت تک به تک تعیین و اندازه گیری کرد. لذا به این منظور شاخص های مختلفی برای سنجش این پارامتر مورد استفاده قرار می گیرد. عمده ترین پارامترهایی که به صورت لحظه ای نیز، قابلیت پایش دارد عبارت است از: COD (اکسیژن مورد نیاز شیمیایی)، TOC (کل کربن آلی) و SAC (ضریب جذب طیفی). این پارامترها و روش های اندازه گیری آن در ادامه معرفی می شود.

### ۲-۱- COD:

همان گونه که ذکر شد همه انواع مختلف مواد آلی موجود در آب را نمی توان با آزمایشات ساده و کوتاه مدت، به صورت تک به تک تعیین و اندازه گیری کرد. این دلیلی است که جمع آنها با پارامتر COD (اکسیژن مورد نیاز شیمیایی) اندازه گیری و شناخته می شود. این پارامتر عبارت است از مقدار اکسیژن مورد نیاز برای اکسید کردن کل بار آلی نمونه. پس این پارامتر شاخص مهمی برای آنالیز فاضلاب است. همچنین این شاخص برای طراحی و کنترل مناسب راندمان تصفیه خانه حایز اهمیت است.

COD را می توان هم در آزمایشگاه و هم به صورت لحظه ای اندازه گیری کرد. در آزمایشگاه از روش های رفلاکس باز و رفلاکس بسته استفاده می شود. در سیستم های پایش لحظه ای از روش های احتراقی، شیمی تر (بر مبنای روش های آزمایشگاهی)، اکسیداسیون با پراکسید هیدروژن (با استفاده از اثر کاتالیستی اشعه UV) و اکسیداسیون الکتروشیمیایی، برای اندازه گیری COD استفاده می شود که در ادامه توصیف می شود.

### ۲-۱-۱. روش شیمی تر:

سیستمی که از این روش در تجهیزات خود استفاده می کند، کاملاً از اصول روش های آزمایشگاهی پیروی می کند. روش های آزمایشگاهی از دو مرحله اصلی شامل هضم (اکسیداسیون) با یک ماده اکسیدان (دی کرومات یا پرمنگنات) و سنجش میزان اکسیژن مصرف شده (به روش تیتراسیون یا رنگ سنجی) تشکیل شده است. لذا در سیستم پایش لحظه ای به روش شیمی تر، انجام این مراحل به صورت اتوماتیک برنامه ریزی شده و مواد شیمیایی لازم از قبل در دستگاه فراهم شده و بسته به نیاز، ظروف مربوطه مجدداً پر می شود.

با توجه به این که عمده ترین موارد تداخل در نتایج آزمایش در روش رفلاکس، غلظت بار آلی فاضلاب (محدود بودن میزان ماده اکسید کننده در دسترس) و غلظت یون کلراید است، برای رفع مشکلات این موارد، باید از قبل برنامه ریزی لازم انجام شود. لذا کلیه چربی ها و کدورت فاضلاب باید قبل از ورود آن به آنالایزر حذف شود و در مواقعی که سیستم با فاضلاب های با بار آلی زیاد یا دارای یون کلراید بالا مواجه باشد، باید از قبل سیستم تریق یا افزودن سولفات جیوه تدارک دیده شده باشد. روش شیمی تر که از دی کرومات برای اکسیداسیون استفاده می کند بر اساس ISO 6060 و روشی که از اکسید کننده پرمنگنات استفاده می کند در انطباق با استانداردهای JIS K0102، ISO 8467 و K0806، باید موارد ذکر شده در این استانداردها مد نظر قرار گیرد. شایان

ذکر است در این روش به دلیل تولید پسماندهای آزمایشگاهی ویژه، برنامه ریزی برای مدیریت پسماندهای مایع تولید شده الزامی است. همچنین باید تعمیرات و نگهداری سیستم شامل تعویض لوله ها، تمیز کردن دستگاه و تعویض مواد شیمیایی مصرفی به موقع انجام شود.

#### ۲-۱-۲. روش احتراقی:

در روش سوزاندن، نمونه به روش حرارتی در درجه حرارت بالا اکسید شده و میزان اکسیژن مصرفی سنجیده و به عنوان (Total Oxygen Demand) گزارش می شود. در این روش طی سوزاندن نمونه، مصرف اکسیژن در یک گاز حامل، با استفاده از یک حسگر لامبدا یا دیگر تشخیص گرهای مناسب اکسیژن، سنجیده می شود. بدیهی است اکسیژن مصرف شده با COD رابطه مشخصی دارد. در این روش کوره ممکن است در دمای حدود ۷۵۰ درجه و یا حدود ۱۲۰۰ درجه سانتیگراد کار کند. در حالت استفاده از کوره با دمای ۱۲۰۰ درجه، نیازی به کاتالیست وجود ندارد. مزیت عمده عدم استفاده از کاتالیست، توانایی سیستم احتراق در مواجهه با نمک و ذرات نمونه است. چرا که نمک و ذرات می تواند برای هر گونه کاتالیستی سمی باشد و افزایش تعمیرات را به دنبال داشته باشد. در هر صورت باید غلظت های بالای کلراید، برای تجهیز آنالیزور به نیازمندی های مربوطه، به تامین کننده یاد آوری شود.

شایان ذکر است اکسیژن ترکیبی در اسید سولفوریک و نمک های نیترات، هنگام تجزیه در این سیستم آزاد شده و از مقدار واقعی TOD کم خواهد شد. لذا این موضوع باید مد نظر قرار گیرد. این روش در انطباق با ASTM D6238 طراحی شده است و باید موارد ذکر شده در این استاندارد مد نظر قرار گیرد.

#### ۲-۱-۳. روش اکسیداسیون با پراکسید هیدروژن (با استفاده از اثر کاتالیستی اشعه UV)

در این روش نمونه با پراکسید هیدروژن که یک اکسید کننده قوی و غیر سمی است اکسید می شود. برای ارتقای میزان اکسیداسیون هم از اثر کاتالیستی اشعه UV استفاده می شود. در این روش نمونه با استفاده از یک پمپ تغذیه به داخل آنالیزور پمپ می شود. برای پیشگیری از گرفتگی مسیرها، از یک فیلتر داخلی در دستگاه استفاده می شود. میزان اکسیژن ترکیبی نمونه به صورت  $O_2-2$ ، در بدو ورود به دستگاه، با استفاده از یک الکتروود اکسیژن سنجیده می شود. در ادامه پراکسید هیدروژن برای اکسید کردن نمونه به آن افزوده می شود. سپس جریان از یک راکتور عبور داده می شود تا برای ارتقای فرآیند اکسیداسیون، تحت اشعه UV قرار گیرد. مقدار پراکسید هیدروژن که اضافه می شود باید به اندازه ای باشد که تماما در فرآیند اکسیداسیون مصرف شود. این حالت زمانی حادث می شود که میزان اکسیژن ترکیبی به صورت  $O_2-2$  در جریان پایین دست (پس از عبور از راکتور UV) برابر با مقدار  $O_2-2$  باشد. بنابراین مقدار اکسیژن مجدداً بعد از مرحله راکتور UV سنجیده می شود. در نتیجه میزان مصرف پراکسید هیدروژن، مستقیماً میزان COD را ارائه می دهد. از مزایای عمده این روش، عدم استفاده از مواد سمی و به تبع آن نداشتن دورریزهای خطرناک برای محیط زیست است. لذا این روش جزء روشهای دوستدار محیط زیست طبقه بندی می شود. در این روش نمونه باید فیلتر شود. لذا این موضوع در مواقعی که اندازه گیری COD در فاضلاب خام مد نظر است حایز اهمیت دوچندان خواهد بود. بنابراین در صورتی که مقدار

COD ناشی از مواد معلق در فاضلاب خام قابل ملاحظه باشد، این روش توصیه نمی شود. همچنین در این روش مزاحمتی برای انجام واکنش ها وجود ندارد.

این روش در سال ۱۹۹۲ تحت پتنت شماره GB2231657B در انگلستان ثبت و از طرف انجمن آب و پساب و پسماند آلمان (DWA) برای اندازه گیری COD تایید شده است.

#### ۴-۱-۴. روش اکسیداسیون الکتروشیمیایی

در این روش نمونه به یک راکتور کوچک دارای همزن مغناطیسی که حاوی سه الکتروود است، هدایت می شود. الکتروودها عبارتست از (۱) الکتروود دی اکسید سرب به عنوان آند، (۲) الکتروود مرجع و (۳) الکتروود شمارنده (Counter). سه پمپ پریستالتیک برای انتقال نمونه، الکتروولیت غلیظ و محلول احیا و یا استاندارد در سیستم استفاده می شود. در این روش آند اکسید سرب باعث تولید رادیکال OH در محیط آبی می شود که شدیداً اکسید کننده است. پتانسیل اکسایش دی اکسید سرب با ۲,۸۵۷ در مقایسه با ۲,۰۵۷ برای ازن و ۱,۸۳۷ برای پراکسید هیدروژن، نشان دهنده قدرت اکسیدکنندگی آن است. لذا می توان انتظار داشت در این روش سخت ترین مواد از نظر اکسیدشوندگی بدون نیاز به مواد شیمیایی خطرناک اکسید شود. در طول انجام واکنش، جریان الکتریکی ایجاد شده اندازه گیری می شود که با رادیکال های OH مصرف شده نسبت دارد. رادیکال های OH مصرف شده نیز با مقدار COD ارتباط مستقیم دارد.

از مزایای عمده این روش، عدم استفاده از مواد شیمیایی سمی یا حتی خطرناک است که علاوه بر صرفه جویی در هزینه های بهره برداری، هیچ گونه دورریز خطرناکی به محیط ندارد. عدم نیاز به فیلتراسیون نمونه، مزیت دیگر این روش است که امکان استفاده از این روش برای فاضلاب های خام را فراهم می کند. همچنین در این روش یون کلراید، هیچ تداخلی در نتایج نخواهد داشت. ولی مانند تمام روش های دیگر اندازه گیری COD (به جز روش احتراقی) جداسازی روغن نمونه قبل از ورود به سیستم ضروری است.

نتایج این روش بسیار منطبق بر روش استاندارد متد با استفاده از دی کرومات است.

#### ۴-۲- کل کربن آلی (TOC):

کربن آلی در آب و فاضلاب به صورت ترکیبات آلی متفاوت با درجات مختلفی از اکسیداسیون کربن وجود دارد. برخی از این ترکیبات کربنی، می تواند توسط فرآیندهای شیمیایی و بیولوژیکی اکسید شود و اکسیژن مورد نیاز بیولوژیکی (BOD) و اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD) می تواند برای تعیین چنین مشخصه ای استفاده شود. برخلاف BOD و COD، کل کربن آلی (TOC) از درجه اکسیداسیون ماده آلی مستقل است و دیگر عناصر متصل به مواد آلی همچون نیترژن و هیدروژن و مواد غیر آلی که می تواند در اندازه گیری اکسیژن مورد نیاز بیان شده توسط BOD و COD مداخله کند در آن تداخلی ایجاد نمی کند. TOC نسبت به BOD و COD مناسب تر و بیان مستقیم تری از کل بخش آلی است اما همان نوع اطلاعات را ارائه نمی کند. لذا در صورتی که ارتباط تجربی تکرارپذیر بین TOC و BOD یا COD وجود داشته باشد، TOC می تواند به عنوان تخمینی از BOD یا COD بیان

شود. این ارتباط باید به صورت مستقل برای هر مجموعه از ماتریس نمونه، به عنوان مثال در مراحل مختلف تصفیه، بررسی و لحاظ شود. شایان ذکر است برای بررسی انطباق با استانداردهای زیست محیطی اندازه گیری TOC نمی تواند جایگزین آزمایش BOD و COD شود.

برای تعیین مقدار کربن دارای پیوند آلی، ملکول های آلی باید به واحدهای کربن ساده شکسته شود و به یک ملکول ساده که به صورت کمی قابل اندازه گیری باشد تبدیل شود. در روش های اندازه گیری TOC، حرارت و اکسیژن، تابش اشعه فرابنفش، اکسیدان های شیمیایی یا ترکیبی از این اکسیدان ها برای تبدیل کربن آلی به دی اکسید کربن به کار گرفته می شود. دی اکسید کربن می تواند مستقیماً توسط یک آنالایزر مادون قرمز اندازه گیری شود و یا به متان احیا شده و با یک دتکتور یونیزان شعله اندازه گیری شود. دی اکسید کربن را می توان به صورت شیمیایی نیز تیتر نمود.

#### ۲-۳- ضریب جذب طیفی (Spectral Absorption Coefficient, SAC)

همان گونه که ذکر شد برای اندازه گیری بار آلی آب و فاضلاب، پارامترهای COD، TOC و BOD استفاده می شود. البته روش های اندازه گیری این پارامترها و مفاهیم و مقادیر آنها یکسان نیست ولی هر یک به نوعی بیان کننده بار آلی موجود در آب و فاضلاب است. ضریب جذب طیفی (SAC) پارامتری است که به راحتی قابل اندازه گیری است. بسیاری از مواد آلی دارای خاصیت جذب طیفی UV هستند. بنابراین شدت جذب نور می تواند با میزان بار آلی ارتباط معنی داری (Correlation) داشته باشد. این همبستگی در اندازه گیری جریانات دارای تغییرات کم در ترکیب نمونه به ویژه در رنگ، جامدات و دیگر خواص نوری حایز اهمیت است. اگرچه فاضلاب حاوی بسیاری از مواد با خواص نوری کاملاً متفاوت است، هر ماده دارای یک ضریب همبستگی خاص متناسب با میزان کربن موجود در آن است.

از آنجا که هر ماده آلی COD معینی نیز دارد نسبت COD/UV میزان ثابتی خواهد داشت. نسبت تقریبی COD/UV برای یک سری از مواد شیمیایی بر حسب  $\text{ppm.abm}^{-1}\text{m}$  به قرار زیر است:

Acrolein	3	Dimethylsulfide	3.5	Phenol	5	Toluene	5
Benzene	5	Hydrogen peroxide	1.5	Styrene	0.25	Triethylamine	1
Chlorobenzene	5	Nitro benzene	0.15	Xylene	0.5	Tetrachloroethylene	7

معمولاً یک نمونه فاضلاب مخلوطی از مواد است که یک ثابت جذب متوسط خواهد داشت. لذا تجهیز اندازه گیری قبل از استفاده، باید مطابق با میزان COD اندازه گیری شده در آزمایشگاه کالیبره شود. همچنین نسبت ملکولهای مختلف در جریان فاضلاب باید تقریباً ثابت بماند تا یک همبستگی خوب با COD اندازه گیری شده در آزمایشگاه برقرار شود. در این حالت و وقتی که خیلی سریع و ارزان قیمت به COD نسبتاً قابل قبول نیاز است، جذب UV می تواند جایگزین مناسبی باشد. هرچند همبستگی این دو پارامتر برای آب رودخانه و فاضلاب

شهری تایید شده است، همبستگی و تصحیح مناسب بین این دو پارامتر برای فاضلاب های صنعتی نیازمند آزمایشات متعدد، متوالی و طولانی مدت است. شایان ذکر است ترکیبات آلیفاتیک کوتاه زنجیره (ترکیبات خطی هیدروکربنی)، الکل ها و مواد قندی خالص توسط این روش شناسایی نخواهد شد. لذا این روش برای سنجش فاضلاب خام صنایع پتروشیمی و پساب تصفیه شده حاوی ترکیبات پیش گفته، مورد تایید نیست. تداخل کدورت، جامدات معلق یا تیرگی به صورت اتوماتیک با یک اندازه گیری ترکیبی با استفاده از یک دکورت دیگر در یک طول موج مرجع، می تواند تصحیح شود. همچنین در برخی از تجهیزات برای رفع مزاحمت کدورت و جبران تاثیر نوری نیتريت و نیترات موجود در نمونه، از محدوده ای از طول موج UV (۲۰۰ تا ۲۲۰ نانومتر) نیز استفاده می شود.

این روش به دلیل عدم نیاز به مصرف مواد شیمیایی ساده تر و کم هزینه تر از سایر روش هاست. روش فوق مطابق با استاندارد DIN38404-C3 است و باید شرایط پایه ذکر شده در این استاندارد برای اطمینان از صحت و دقت داده ها مدنظر قرار گیرد.



### ۳) pH :

میزان اسیدی بودن و قلیایی بودن آب با اندازه گیری pH به دست می آید. هنگامی که pH خارج از محدوده ۸/۵ - ۶/۵ باشد، حیات آبزیان در معرض خطر قرار گرفته و یا به کلی نابود می شود. اندازه گیری pH و همچنین پتانسیل اکسایش کاهش (ORP) بر مبنای روش های پتانسیومتری (غشای یون گزین) انجام می شود. در این روش از سنسورهای Differential یا Combination دیجیتال همراه با پل نمکی یا الکترولیت ژل استفاده می شود. عموماً این سنسورها قابلیت اندازه گیری دما را نیز دارد.

**۴) یون آمونیوم:**

آمونیاک از تجزیه مواد آلی نیتروژن دار به وجود می آید که به راحتی در آب حل می شود. گاز آمونیاک بوی بسیار تنیدی دارد و می تواند منجر به سردردهای شدید شود. به طور طبیعی، غلظت آمونیاک کمتر از ۰/۲ mg/l است.

از انحلال گاز آمونیاک (سمی) در آب، یون آمونیوم (غیر سمی) ایجاد می شود. البته نباید فراموش کرد که بخشی از گاز آمونیاک نیز به شکل مولکولی در آب حل می شود. در صورتی که pH نمونه های آب بالاتر از ۱۱ باشد، دیگر هیچ یون آمونیوم در آب وجود نخواهد داشت و تمامی آن به آمونیاک مولکولی تبدیل می شود که کم کم از آب خارج شده و وارد هوا می شود. حضور آمونیاک در آب خام می تواند عملکرد تصفیه را مختل کند (چون واکنش نیتریفیکاسیون اکسیژن زیادی مصرف می کند) و عامل بوی کهنگی و فساد آب می شود. آمونیوم ترکیبی در آب، بسیار محلول است. یون آمونیوم در شرایط اسیدی (pH پایین) برخلاف شرایط قلیایی (pH بالا) بسیار پایدار است. آمونیاک برای جانوران آبی بسیار خطرناک است زیرا قابلیت اکسیدشوندگی زیاد داشته و باعث می شود اکسیژن موجود در آب سریعاً کاهش یابد.

روش های مختلفی برای سنجش آمونیاک در آزمایشگاه وجود دارد ولی از این روش ها دو روش (۱) الکترودی حساس به آمونیاک (An Ammonia Selective Electrode) و (۲) روش رنگ سنجی (Colorimetric) برای آنالیز و پایش لحظه ای پارامتر آمونیاک متداول تر است.

**۴-۱- روش الکترودی حساس به آمونیاک (An Ammonia Selective Electrode):**

همان گونه که در قسمت ابتدایی این مبحث عنوان شد یون آمونیوم محلول در آب، با افزایش pH به صورت گاز آمونیاک در آمده و با افزایش pH به بالای یازده، کل آمونیوم به آمونیاک تبدیل خواهد شد. در این روش با استفاده از یک قلیا pH نمونه تا ۱۱ افزایش داده می شود و گاز آمونیاک ایجاد شده از یک غشای گزینشگر آمونیاک متصل به حسگر عبور داده می شود. در داخل سنسور با سنجش تغییرات pH، و برقراری ارتباط بین داده های pH و میزان آمونیاک، مقدار آمونیاک نمونه قرائت می شود. در این روش اندازه گیری آمونیاک از غلظت ۰/۰۳ تا ۱۴۰۰ میلی گرم در لیتر (بر حسب نیتروژن) قابل انجام است.

این روش باید در انطباق با ASTM D1426 و روش 4500 NH3 از روشهای استاندارد آزمایشات آب و فاضلاب (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater) انجام شود. لذا رعایت ملاحظات این استانداردها ضروری است.

شایان ذکر است سیستم هایی که از استاندارد Known Addition پیروی می کنند به واسطه عدم تاثیر گذاری ماتریکس نمونه، نتایج مناسب تری برای پایش لحظه ای فاضلاب های صنعتی ارائه می کند. کالیبراسیون این سیستمها به همین دلیل پایدارتر خواهد بود.

همان گونه که ذکر شد در این روش حتما باید pH نمونه یه یازده رسانده شود. لذا امکان استفاده از این روش به صورت Insitue وجود ندارد. البته برخی از فروشندگان سنسورهایی ارائه می کنند که ادعا می شود بدون نیاز به

تغییر pH می تواند مقدار آمونیاک جریان را قرائت کند که به هیچ وجه صحیح نیست. شایان ذکر است از این گونه سنسورها فقط می توان برای کنترل عملیات، جایی که نیاز به دانستن روند تغییرات آمونیاک است (مثل کنترل نسبت نیترات به آمونیاک در فرآیند نیتریفیکاسیون در حوض هوادهی) استفاده کرد.

#### ۴-۲- روش رنگ سنجی (Colorimetric)

اساس این روش بر واکنش آنالیت آمونیاک با یک لیگاند (ماده رنگ ساز) استوار است. در این روش بعد از تشکیل ماده رنگی، با استفاده از یک دستگاه اسپکتروفتومتر، میزان جذب نور سنجش و با توجه به تناسب میزان غلظت ماده رنگی با غلظت آمونیاک موجود در نمونه، مقدار آمونیاک قرائت می شود. این روش بر مبنای روش های 4500 NH<sub>3</sub> F & G، معروف به Phenate و Automated Phenate از روش های استاندارد آزمایشات آب و فاضلاب (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater) انجام می شود. لذا رعایت ملاحظات این استانداردها ضروری است.

##### ۵) ترکیبات فسفات:

فسفات یکی از عناصر کلیدی و لازم برای رشد گیاهان و حیوانات بوده که از اکسیداسیون فسفر به وجود می آید و به سه فرم ارتوفسفات، پلی فسفات و فسفات آلی مشاهده می شود. مقدار بیش از حد آن سبب رشد و نمو جلبک ها و گیاهان آبی می شود که مصرف بالای اکسیژن را در پی خواهد داشت. لذا مرگ آبزیان می تواند در نتیجه کمبود اکسیژن رخ دهد. مرگ زودرس تالاب ها و دریاچه ها (Eutrifcation) از دیگر عواقب تخلیه مقادیر بالای فسفات به محیط است.

روش اندازه گیری این پارامتر با روش فتومتری و استفاده از معرف وانادات مولیبدات (Yellow Method) است. در این روش ارتوفسفات (-PO43) مورد سنجش قرار می گیرد. اندازه گیری شدت رنگ زرد توسط لامپ LED (Tow-beam photometer) انجام می شود. روش مذکور به دلیل استفاده کم مواد شیمیایی هزینه عملیاتی را پایین می آورد.

## ۶) روغن :

میزان روغن در آب از پارامترهای مهمی است که برای پایش میزان آلودگی در بخش های مختلف مورد استفاده قرار می گیرد. این پارامتر معمولاً در خطوط کندانس برای بررسی میزان نشستی Oil در آب، سنجش میزان آلودگی رودخانه ها و همچنین میزان هیدروکربن ها در ورودی و خروجی تصفیه خانه ها مورد توجه قرار می گیرد. اندازه گیری این پارامتر در دستگاه های معمول به روش شیمیایی و با استفاده از واکنشگرها انجام می شود. در روش های جدید اندازه گیری میزان Oil در آب، از تابش های الکترومغناطیس بهره گرفته می شود. تعیین غلظت ترکیبات هیدروکربنی چند حلقه ای (PAHs) در پساب می تواند معیار مناسبی از مقدار Oil باشد. با استفاده از سنسور دیجیتال، بدون نیاز به Reagent و با استفاده از اشعه UV که به صورت غرقابی یا در Bypass در مسیر جریان قرار می گیرد، می توان مقادیر PAHs را اندازه گیری کرد. شایان ذکر است PAHs بخشی از ترکیبات به وجود آورنده Oil است، لذا اندازه گیری صرف این پارامتر نمی تواند به تنهایی معرف میزان کل Oil باشد و بهتر است از روش نور UV و پدیده فلوتورسانس برای این منظور استفاده شود.

**(۷) کدورت:**

کدورت یکی از متداول ترین پارامترهای فیزیکی است که میزان آن در آب از لحاظ کیفی بسیار مهم است. کدورت که در واقع میزان شفافیت نسبی آب است یک خاصیت بصری بوده که باعث انکسار و جذب نور می شود. ذرات ریزی که باعث انکسار نور می شود می تواند موادی نظیر ترکیبات غیر آلی مثل گل و رس و ترکیبات آلی نظیر جلبک و مواد درشت مولکول باشد. به طور کلی میزان شکست نور متناسب با میزان مواد معلق در سیال است، اگرچه مقایسه مطلق بین کدورت و جامدات معلق (TSS) به دلیل تفاوت در اندازه، شکل و خصوصیات انکساری ذرات بسیار مشکل است ولی در دستگاه های پایش لحظه ای با برقراری یک رابطه تجربی، میزان کدورت به TSS تبدیل و ارائه می شود. مطابق تعریف اگر نمونه آب توسط فیلتر ۰/۴۵ میکرون صاف شود، مواد باقیمانده روی فیلتر به عنوان TSS بیان می شود ولی هرگونه جامدات موجود در آب تولید کننده کدورت خواهد بود.

اساس اندازه گیری کدورت، روش نفلومتری یا میزان پراکندگی نور به وسیله ذرات موجود در سیال است که شدت نور پراکنده، به وسیله دتکتور مورد سنجش قرار می گیرد. کدورت سنج های آنلاین برحسب سه ویژگی: تعداد منابع نور، تعداد و موقعیت فوتودتکتور متفاوت است. هر کدام از سه ویژگی گفته شده در میزان حساسیت (Sensitivity)، پایداری (Stability) و کمترین حد تشخیص (Detection limit) تاثیرگذار است. در روش نفلومتری معیار پراکندگی در زاویه ۹۰ درجه است. در برخی از سنسورها علاوه بر زاویه ۹۰، شکست نور در ۶۰°، ۱۴۰° و ۱۸۰° نیز مورد سنجش قرار می گیرد تا میزان اثر رنگ بر میزان کدورت جبران شود. سیستم تمیزکننده اتوماتیک برای سنسورهای کدورت و TSS که باعث ساییدگی مکانیکی روی لنز سنسور نشود مورد تایید است.

اندازه گیری براساس روش Infrared duo Scattered Light Photometer مطابق با استانداردهای ISO 7072, USEPA 180.1 DIN 27027، برای کدورت و استاندارد DIN 38414 برای سنجش TSS انجام می شود.

**۷-۱- تکنولوژی Bubble Trap**

با توجه به این که وجود حباب هوا در آب از جمله مواردی است که در مقادیر پایین کدورت به شدت خطا ایجاد می کند، لازم است تا این مساله به گونه ای برطرف شود. این مشکل توسط Bubble Trap تعبیه شده در برخی از سنسورها برطرف شده است. از آنجایی که سطح مقطع عبور جریان در Bubble Trap بسیار بزرگتر می شود، سرعت جریان کاهش یافته و حباب های موجود در آب از آن خارج شده و در نتیجه خطای ناشی از وجود حباب از نتایج آنالیز حذف می شود.

#### ۸) جامدات محلول و هدایت الکتریکی (EC) :

به طور طبیعی آب حاوی مقادیر زیادی ناخالصی آلی و معدنی است. منشأ این ترکیبات منابع طبیعی نظیر مواد معدنی و جریان روان آب های کشاورزی، شهری و تخلیه فاضلاب ها به منابع آب است. به طور عمده اکثر منابع آب شامل یونهای کلسیم، منیزیم، پتاسیم، کربنات، بی کربنات، کلراید، سولفات و نیترات است. این ترکیبات شیمیایی به عنوان کل جامدات محلول (TDS) شناخته می شود. این گونه های محلول اگر به شکل یون در آب ظاهر شود میزان هدایت الکتریکی (EC) محلول افزایش خواهد یافت. بنابراین هدایت الکتریکی در حقیقت نشان دهنده جامدات محلول است و میزان TDS در روش آنلاین نیز با اندازه گیری هدایت الکتریکی تعیین می شود.

در روش سنتی اندازه گیری TDS، ابتدا نمونه را توسط فیلتر صاف کرده، سپس محلول فیلتر شده تبخیر و جرم جامد باقیمانده در ظرف اندازه گیری می شود. از آنجا که این روش بسیار زمان بر است، از اندازه گیری EC به عنوان راهی برای تخمین میزان TDS استفاده می شود. برای اندازه گیری EC دو نوع سنسور موجود است که در ادامه تشریح شده است:

#### ۸-۱- سنسورهای سنجش هدایت الکتریکی با روش تماسی (Contacting Sensor)

هدایت الکتریکی یک محلول به وسیله محاسبه میزان مقاومت الکتریکی میان دو الکتروود با فاصله ثابت و غوطه ور در سیال حاصل می شود. واحد هدایت الکتریکی، معکوس واحد مقاومت (اهم) بوده و به صورت زیمنس بر متر یا سانتی متر بیان می شود. به این نوع از سنسورهای سنجش هدایت الکتریکی سنسورهای تماسی (Contacting sensor) گفته می شود. در این روش، تعیین ثابت سل مطابق با استانداردهای ASTM 1125 و ISO 7888 انجام می شود.

#### ۸-۲- سنسورهای سنجش هدایت الکتریکی با روش القایی (Inductive Sensor)

در هدایت الکتریکی بالا، که قطبش محلول و واکنشهای احیاء منجر به تشکیل رسوبات شیمیایی می شود، یک ست الکتروود دیگر نیز استفاده می شود. علاوه بر این، سنسورهای بدون الکتروود نیز وجود دارد که ایجاد قطبش و رسوب را به حداقل می رساند. در این نوع سنسورها جریان متناوب به محلول القا می شود و سپس میزان آن پس از عبور از سیال، که متناسب با EC است، سنجیده می شود. از آنجا که المنت های موجود در سنسور که وظیفه القا و دریافت جریان لازم مغناطیسی را دارد با سیال به طور مستقیم در تماس نیست، مشکلات رسوب و از بین رفتن الکترولیت وجود نخواهد داشت. لازم به ذکر است که EC به دما وابسته بوده لذا باید اثر آن در EC جبران شود. برای اندازه گیری TDS از سنسور هدایت الکتریکی القایی (Inductive sensor) استفاده می شود که روش اندازه گیری در فاضلاب با مکانیزم القای مغناطیسی است.

**۹) اکسیژن محلول (DO):**

میزان اکسیژن محلول در آب نقش بسیار مهمی در زندگی آبزیان و میکروارگانیسم‌ها ایفا می‌کند. میزان اکسیژن در منابع آب، برای ارزیابی وضعیت آب برای استفاده به عنوان آب شرب و همچنین کنترل فرآیند تصفیه آب و فاضلاب مورد ارزیابی و کنترل قرار می‌گیرد. میزان اکسیژن آب به فشار اتمسفریک، دما و میزان مواد محلول نظیر نمک‌ها و دیگر گازها وابسته است.

برای اندازه‌گیری اکسیژن روش‌های مختلفی وجود دارد که سه روش متداول در ادامه مورد بحث قرار می‌گیرد. دو روش اول مکانیزم الکتروشیمیایی دارد و روش سوم DO را با استفاده از مکانیزمی متفاوت اندازه‌گیری می‌کند.

**۹-۱- روش الکتروشیمیایی و پلاروگرافی:**

در هر یک از دو روش الکتروشیمیایی، سنسور از دو الکتروود فلزی که با الکتروولیت در تماس است و از سیال مورد سنجش به وسیله یک غشاء انتخابی جدا شده تشکیل شده است. اکسیژن موجود با کاتد واکنش داده و جریانی متناسب با میزان غلظت DO در سیال ایجاد می‌کند. اگر جنس الکتروود طوری انتخاب شود که اختلاف پتانسیل بین کاتد و آند ۰.۵۷V، یا بیشتر باشد به پتانسیل خارجی نیاز نخواهد بود و سیستم گالوانیک نامیده می‌شود. چنانچه بر سیستم، ولتاژ خارجی اعمال شود به سیستم، پلاروگراف اطلاق می‌شود. سنسورهای گالوانیک نسبت به سنسورهای پلاروگراف، پایدارتر بوده و در غلظت‌های کم اکسیژن دقت بیشتری دارد. به علاوه سنسورهای گالوانیک می‌تواند چندین ماه بدون تعویض الکتروولیت و غشاء مورد بهره‌برداری قرار گیرد. در صورتی که سنسورهای پلاروگراف به صورت دوره‌ای نیاز به تعویض الکتروولیت و غشاء دارد.

**۹-۲- روش نوری**

اساس اندازه‌گیری در این سنسور روش نوری (Luminescence) است، به این صورت که دو لامپ آبی و قرمز جهت نشر نور و یک فتودیود جهت دریافت نور در قسمت کلاهدک وجود دارد. لامپ آبی یک طول موج را به سطح غشای سنسور که با سیال در تماس است می‌فرستد، این نور به سطح غشای الکتروود برخورد کرده و با طول موج بالاتری به فتودیود منعکس می‌شود (تابش لومینسانس). حضور اکسیژن در سمت دیگر غشاء باعث ایجاد تغییر در خواص لومینسانس سطح می‌شود و از آنجا که نور اصلاً از غشای الکتروود عبور نمی‌کند خواص Quenching اکسیژن روی سطح، شدت و زمان نور نشر شده قرمز را تغییر می‌دهد. لامپ نوری قرمز در کلاهدک به عنوان یک مرجع برای اندازه‌گیری محسوب می‌شود و کاهش زمان نشر نور بازگشتی از سطح غشاء با این نور مقایسه می‌شود.

از آنجائی که تحریک غشاء پلیمر در سطح به وسیله لامپ نوری آبی باعث تفکیک پذیری بالایی سیگنال‌ها و افزایش دقت سنسور می‌شود و مولکول‌های اکسیژن مصرف نمی‌شود، لذا هیچ نوع ترکیبی در فرآیند سنجش خلل ایجاد نمی‌کند. علاوه بر این سنسور دارای غشاء و الکتروولیت نیست لذا هزینه نگهداری آن پایین خواهد بود و اندازه‌گیری اکسیژن محلول با دقت بالا انجام می‌شود. محدوده اندازه‌گیری این گونه سنسورها 0-20 mg/l بوده و نیازی به کالیبراسیون ندارد.



#### ۱۰- کلر آزاد و کلر کل:

کلر و کلراکساید، مواد شیمیایی معمول برای ضد عفونی کردن آب آشامیدنی و استخر است. کلر باکتری های پاتوژن، ویروس ها و قارچ ها را از بین برده و آب را ضد عفونی می کند و به طور دائمی از تکثیر آن ها جلوگیری می کند.

دوروش برای آنالیز کلر وجود دارد که در زیر به آنها اشاره شده است:

#### ۱۰-۱- روش رنگ سنجی

در این روش واکنشگر شیمیایی به نام N, N dimethyl p-phenylene diamine یا DPD به نمونه افزوده شده و پس از واکنش بین کلر و واکنشگر، محلول به رنگ ارغوانی در می آید. شدت این رنگ با مقدار غلظت کلر رابطه مستقیم دارد. در واقع کلر، ترکیب ذکر شده را اکسید کرده و این تغییر شیمیایی باعث ایجاد تغییر رنگ در محلول می شود. لذا کلر آزاد یا کل کلر باقیمانده به وسیله یک آنالیز فوتومترتری رنگ سنجی آنالوگ بر اساس Standard method 4500-Cl G قابل اندازه گیری است. در این روش آنالیز، تغییرات pH، دما، فشار، جریان و غلظت کلر در نتایج تاثیری نخواهد داشت. روش نورسنجی با استفاده از DPD مطابق با استاندارد DIN 38408 دارای تأییدیه EPA براساس CFR 140.74 و دارای قابلیت حذف مزاحمت سختی و مواد معدنی آب است.

#### ۱۰-۲- روش آمپرومتریکی

این روش اندازه گیری براساس EPA Method 334.0 در Standard Methods است. اساس عملکرد این روش سل های گالوانیک است که شامل دو قطب آند و کاتد به ترتیب از جنس طلا (یا مس) و نقره (یا پلاتین) می باشد. غشا، مخصوصی تنها اجازه عبور اسید هیپوکلریک را داده و این ترکیب در قطب کاتد احیا می شود. الکترون های مورد نیاز در این مرحله، از اکسایش یون های کلرید موجود در الکترولیت قطب آند تامین می شود. واکنش مربوط به قطب کاتد:



واکنش مربوط به قطب آند:



جریان حاصل از این دو واکنش با غلظت کلر فعال یا همان اسید هیپوکلریک متناسب است. با اندازه گیری میزان جریان می توان به مقدار کلر موجود در آب یا پساب به طور مستمر پی برد.