وزارت نیرو
شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور
معاونت نظارت بر بهره‌برداری

راهنمای اندازه‌گیری و پایش سمیت
در سیستم‌های فاضلاب شهری

مدیریت بهبود روشهای بهره‌برداری فاضلاب
آبان ماه ۱۳۸۲

اعضای کمیته تهیه کننده راهنما:

کاظم ندافی	عضو هیئت علمی دانشگاه علوم پزشکی تهران
سعید مستوفی	مدیر بهبود روشهای بهره‌برداری فاضلاب شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور
محمد شریفی‌سیستانی	مشاور شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور

سید ناصرالدین کسایی
کارشناس ارشد دفتر بهبود روشهای بهره‌برداری فاضلاب

دادمهر فائزی رازی
کارشناس ارشد دفتر بهبود روشهای بهره‌برداری فاضلاب

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

مقدمه:.....۱

۱-تعریف اصطلاحات:.....۲

۱-۱- اصطلاحات کلی:.....۲

۱-۲- اصطلاحات سمیت:.....۲

۱-۳- اصطلاحات تحریک رشد:.....۳

۱-٤- اصطلاحات مربوط به جریان:.....۳

۱-٥- اصطلاحات مربوط به ارزیابی نتایج:.....٤

۲- ملزومات اصلی آزمایش‌های سمیت:.....٥

۳- انواع آزمایش‌های سمیت، کاربردها، مزایا و محدودیت‌ها:.....٦

٤- نمونه‌برداری.....۸

٥- انجام آزمایش.....۹

٥-۱- دافنیا و چرخه زندگی آن.....۹

٥-۲- انواع آزمایش سمیت.....۱۱

٦- تعیین منشاء سمیت در سیستم‌های فاضلاب شهری.....۱٦

۷- نمونه‌های واقعی از چگونگی تعیین منشاء سمیت در سیستم فاضلاب شهر مورد نظر.....۱۸

پیوست یک – نرم‌افزار SPSS – آنالیز پروبیت

پیوست دو – نمودار قابل استفاده برای ترسیم نتایج آزمایش سمیت

مقدمه:

تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری معمولاً یکی از روش‌های بیولوژیکی تصفیه فاضلاب را مورد استفاده قرار می‌دهند. کلیه روش‌های تصفیه بیولوژیکی فاضلاب نسبت به ورود مواد سمی حساسیت نشان می‌دهند و گاهی ممکن است بار مواد سمی ورودی به تصفیه‌خانه منجر به بروز شوک و توقف فعالیت بیولوژیکی و در نتیجه از کار افتادن تصفیه‌خانه گردد. مواد سمی از طرق مختلف ممکن است به شبکه فاضلاب شهری وارد شوند که از جمله آنها می‌توان به فاضلابهای صنعتی اشاره نمود. بنابراین شرکت‌های آب و فاضلاب یا شرکت‌های خصوصی عهده‌دار بهره‌برداری از سیستم فاضلاب شهری باید به وسیله‌ای برای اندازه‌گیری سمیت فاضلابهای مشترکین صنعتی خود مجهز باشند تا در صورت بروز چنین مشکلی در مرحله اول منشأ ورود مواد سمی را شناخته و در مرحله بعد راهکاری را برای کاهش سمیت و در صورت لزوم قطع جریان فاضلاب حاوی مواد سمی آغاز نمایند.

از طرف دیگر شرکت‌های آب و فاضلاب طبق قوانین جاری کشور موظفند فاضلاب را تا رسیدن به حد استانداردهای ملی تصفیه و به منابع پذیرنده دفع کنند یا برای آبیاری محصولات کشاورزی و فضای سبز از طریق سازمان‌های ذیربط اقدام نمایند در همین راستا فاضلاب تصفیه شده‌ای که بعنوان پساب از تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری خارج میشود نباید حاوی مواد سمی باشد بگونه‌ای که حیات موجودات زنده آبهای پذیرنده را در معرض خطر قرار دهد لذا باید بطور مداوم پساب تصفیه شده برای تعیین سمیت مورد آزمایش قرار گرفته و داده‌های این آزمایشها برای ارائه به سازمان‌های نظارتی همواره در اختیار باشد. این ضرورتها ایجاب میکند که موضوع تعیین سمیت در سیستم‌های فاضلاب شهری از اهمیت خاصی برخوردار باشد.

با توجه به دلایل فوق دفتر بهبود روشهای بهره‌برداری فاضلاب شهری این مجموعه را با اهداف زیر تدوین نموده است:

۱- تعیین سمیت فاضلاب مشترکین صنعتی شبکه‌های فاضلاب شهری
۲- تعیین سمیت پساب خروجی از تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری
۳- تعیین سمیت برای بهره‌برداری بهینه از تصفیه‌خانه‌های فاضلاب

بدیهی است انجام آزمایشهای سمیت یک فعالیت تخصصی است و شرکت‌های آب و فاضلاب بایستی آزمایشگاههای خود را با وسایل و تجهیزات مورد نیاز برای این آزمایش مجهز و کارشناسان آزمایشگاههای خود را با شرکت در دوره‌های آموزشی مرتبط برای این منظور آماده نمایند.

۱-تعریف اصطلاحات:

آزمایش سمیت برای حیات آبزیان، روشی است که عکس‌العمل‌های موجودات آبزی، برای آشکارسازی یا اندازه‌گیری وجود یا تأثیر یک یا چند ماده سمی، فاضلاب یا عوامل محیطی به تنهایی یا توأم با یکدیگر، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۱-۱-اصطلاحات کلی:

خودادن[1]: عادت دادن موجودات زنده مورد آزمایش نسبت به شرایط محیطی مانند، حرارت نور و کیفیت آب.

[1] Acclimate

عکس‌العمل[1]: اثر بیولوژیکی تعیین شده مواد آزمایش، در آزمایش‌های سمیت حاد عکس‌العمل معمولاً مرگ و در آزمایش‌های تحریک رشد[2] افزایش توده سلولی[3] است.

شاهد[4] : موجودات زنده مورد آزمایش که در معرض آب رقیق‌سازی و یا آبهای طبیعی که معمولاً در آن زندگی میکنند، قرار می‌گیرند.

۱-۲-اصطلاحات سمیت:

مقدار[5] : مقدار ماده سمی که وارد بدن موجود زنده می‌شود یا هر بار با موجود زنده تماس داده می‌شود.

سمیت[6] : اثر سوء بر موجود زنده مورد آزمایش بوسیله آلوده‌کننده‌هاست که معمولاً یک سم یا ترکیبی از سموم هستند. سمیت برآیند غلظت و زمان است و بوسیله متغیرهایی مانند حرارت، شکل شیمیایی و در دسترس بودن تغییر می‌کند.

زمان مواجهه[7] : مدت زمانی که موجودات زنده در معرض محلول مورد آزمایش قرار می‌گیرند.

سمیت حاد[8] : اثر کشنده و سایر اثرات نسبتاً کوتاه مدت که معمولاً برای ماهیها و بی‌مهرگان بزرگ ظرف ٤ روز اتفاق می‌افتد و برای موجودات زنده کوچکتر این مدت کوتاه‌تر است.

سمیت مزمن[9] : اثرا ت درازمدت که ممکن است مربوط به تغییرات در اشتها، رشد، متابولیسم، تولید مثل و حتی مرگ و موتاسیون باشد.

غلظت کشنده[10] (LC) : غلظت ماده سمی که باعث مرگ موجودات زنده مورد آزمایش می‌شود معمولاً بصورت میانه (۵۰٪) غلظت کشنده LC۵۰ تعریف می‌شود و عبارت است از غلظتی که ۵۰٪ موجودات زنده مورد آزمایش را در زمان مشخص بکشد. مثلاً LC۵۰ ۹٦-h

غلظت مؤثر[11] **(EC)** : غلظت ماده سمی که در زمان معینی اثری ویژه از خود بجا می‌گذارد مثلاً سرعت تنفس، کاهش تعادل در یک زمان معین، مثلاً EC۵۰ ۹٦-h

حد میانه تحمل[12]: غلظت مواد مورد آزمایش که ۵۰٪ موجودات زنده در معرض آن برای زمان مشخصی زنده می‌مانند. این اصطلاح بوسیله LC۵۰ جایگزین شده است.

۱-۳-اصطلاحات تحریک رشد[13]:

ماده غذایی محدود کننده[14]: ماده غذایی که از نظر کمی بیشتر از سایر مواد غذایی برای رشد لازم است.

---

[1] Response
[2] Biostimulation test
[3] Biomass
[4] Control
[5] Dose
[6] Toxicity
[7] Exposure Time
[8] Acute Toxicity
[9] Choronic Toxicity
[10] Lethal Dose
[11] Effective Concentration
[12] Median tolerance limit
[13] Biostimulation
[14] Limiting nutrient

ماده غذایی[۱]: ماده ویژه‌ای که برای رشد موجودات زنده لازم است.

سرعت رشد ویژه[۲]: ۰ میزان سرعت تغییرات توده زنده برای جمعیتی از موجودات زنده

حداکثر محصول موجود[۳]: حداکثر وزن موجودات زنده در طی آزمایش که بوسیله وزن خشک یا تر مشخص می‌شود.

۱-۴-اصطلاحات مربوط به جریان:

آزمایش ثابت[۴]: آزمایشی است که محلول‌ها و موجودات مورد آزمایش در تمام مدت آزمایش در ظروف معینی نگهداری می‌شوند.

آزمایش چرخش مجدد[۵]: آزمایش ثابتی است که در طی آن محلول مورد آزمایش در ظرف به چرخش درمی‌آید. محلول مورد آزمایش ممکن است بوسیله هوادهی، صاف کردن، استریل کردن و غیره تصفیه شود تا کیفیت آن حفظ شود.

آزمایش تجدید شونده[۶]: آزمایش ثابتی که موجودات زنده مورد آزمایش بصورت متناوب(معمولاً با فاصله ۲٤ ساعت) در معرض محلول تازه مورد آزمایش با ترکیب یکسان قرار می‌گیرند. این عمل با انتقال موجودات مورد آزمایش به محلول جدید صورت می‌گیرد.

آزمایش مداوم[۷]: آزمایشی که در تمام مدت آزمایش محلول بطور مداوم جایگزین می‌شود.

اختلاط[۸]: بهم زدنی که با کمک وسایل مکانیکی، پمپ‌ها(هوا، آب) یا جریان ورودی صورت می‌گیرد. باید توجه داشت که هوادهی یا اختلاط شدید ممکن است باعث کاهش مواد قرار شود.

۱-۵-اصطلاحات مربوط به ارزیابی نتایج:

حداکثر غلظت مجاز ماده سمی[۹] **(MATC)** : غلظتی از ماده سمی که ممکن است در آب پذیرنده وجود داشته باشد، بدون اینکه ضرر قابل توجهی به سودمندی و سایر استفاده‌ها از آن آب، وارد گردد. بعنوان حداکثر غلظت مجاز ماده سمی شناخته شده است. **MATC** بوسیله آزمایش‌های درازمدت در مدتی از سیکل زندگی که موجود زنده در آن حساستر است یا در تمام سیکل زندگی موجود زنده صورت می‌گیرد.

فاکتور کاربرد[۱۰]: فاکتوری که در مورد آزمایش‌های سمیت حاد بکار می‌رود تا تخمینی از غلظت ماده سمی که برای مواجهه موجودات زنده مورد آزمایش در تمام مدت عمر، بی‌ضرر است، بدست آید. اگر چه بررسیهای اخیر این مفهوم را زیر سؤال برده و آنرا غیر معتبر ساخته است.

$$\text{فاکتور کاربرد (AF)} = \frac{\text{حداکثر غلظت مجاز ماده سمی}}{\text{۹٦-hLC}_{۵۰}}$$

---

[۱] Nutrient
[۲] Specific Growt rate
[۳] Maximum standing crop
[٤] Static test
[٥] Ricirculation test
[٦] Renewal test
[۷] Flow – Through test
[۸] Mixing
[۹] Maximum Allowable Toxicant Concentration
[۱۰] Application factor

۲- ملزومات اصلی آزمایش‌های سمیت:

ملزومات اصلی و شرایط مطلوب برای آزمایش‌های سمیت عبارتند از:

الف) تأمین مقدار زیادی آب با کیفیت مطلوب

ب) یک سیستم با جریان کافی و مؤثر آب که از مواد غیر آلوده کننده و غیر جاذب ساخته شده باشد.

ج) فضای کافی و مناسب برای نگهداری کشت و وسایل و تجهیزات آزمایش.

د) منبع کافی برای تأمین موجودات زنده سالم برای آزمایش

اطلاعات ارزنده‌ای در مورد طراحی و ساخت سیستم تأمین آب موجود است که باید بسته به نوع آزمایش و اهداف آن، از منابع مربوطه تهیه شود.

انجام آزمایش کامل شیمیایی از آبی که برای آزمایش سمیت بکار می‌رود، ضروری است. تجهیزات، وسایل و آب مورد نیاز برای آزمایش‌ها، به نوع آزمایش و اهداف آن بستگی دارد.

۳-انواع آزمایش‌های سمیت، کاربردها، مزایا و محدودیت‌ها:

آزمایش‌های سمیت بر اساس معیارهای زیر تقسیم‌بندی می‌شوند:

الف) از نظر مدت: کوتاه مدت، میان مدت و بلند مدت

ب) روش افزودن محلول مورد آزمایش: ثابت، چرخش مجدد، تجدید شونده و مداوم

ج) هدف : پایش کیفیت خروجی، سمیت نسبی، حساسیت نسبی، بو یا مزه، سرعت رشد و غیره.

از آزمایش‌های کوتاه مدت بمنظور پایش روزمره(که برای کیفیت مورد نیاز پساب و برای آزمایش‌های اکتشافی مناسب است) استفاده می‌شود. آزمایش‌های قطعی کوتاه مدت LC_{50} یا EC_{50} را تعیین می‌کند. این آزمایش‌ها همچنین غلظت‌های ماده سمی که در آزمایش‌های میان مدت و دراز مدت باید بکار رود را مشخص می‌کند. آزمایش‌های کوتاه مدت برای ارائه تخمینی سریع از سمیت بمنظور ارزیابی سمیت نسبی مواد مختلف یا فاضلابها برای موجود زنده انتخابی مورد آزمایش، ارزشمند است. همچنین برای تعیین سریع حساسیت نسبی موجودات زنده مختلف نسبت به شرایط گوناگون از متغیرهایی مانند حرارت و PH با ارزش است.

این آزمایش‌ها همچنین نشان دهنده حداکثر غلظت مجاز برای در معرض بودن خیلی کوتاه می‌باشند(مانند حالت‌هایی که ممکن است موجودات زنده از میان پساب نیروگاه حرارتی یا منطقه آبهای گرم عبور کنند).

صنایعی که فاضلاب خود را از طریق شبکه‌های فاضلاب شهری دفع می‌کنند موظفند فاضلاب را تا رسیدن به استانداردهای تخلیه در شبکه تصفیه نموده و سمیت آن را در صورت وجود کاهش دهند. هر چند برای پساب ورودی صنایع به شبکه‌های فاضلاب شهری استاندارد وضع شده است ولی گاهی ممکن است بدلایل خاصی این استانداردها رعایت نشود یا ترکیبات سمی که در استانداردها به آن اشاره نشده است یا اندازه‌گیری آنها در شرایط فعلی عملاً برای شرکت‌های آب و فاضلاب غیرممکن است در فاضلاب صنایع وجود داشته باشد و سیستم‌های تصفیه را مختل نماید و منجر به از کار افتادن آنها گردد. از طرف دیگر تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری که از روش‌های بیولوژیکی برای تصفیه فاضلاب استفاده می‌کنند ممکن است در اثر ورود این مواد سمی دچار اختلال گردند و گاهی فعالیت بیولوژیکی میکروارگانیسم‌های مؤثر در تصفیه مختل گردد. به همین دلیل بهره‌برداران سیستم‌های فاضلاب شهری بایستی فاضلاب کلیه صنایعی که نسبت $\frac{BOD_5}{COD}$ آنها از ۳۵٪ کمتر است را برای سمیت مورد آزمایش قرار دهند و داده‌های آن را ثبت و نگهداری نمایند. همچنین تغییرات

ناگهانی در مقدار سمیت هر مشترک صنعتی را در زمان مناسب به مشترک صنعتی اعلام و در صورت لزوم جریان فاضلاب مشترک را تا رفع مشکل قطع نمایند چرا که تصفیه‌خانه‌ها در صورتی که در اثر بار سمی دچار اختلال شوند رفع این مشکل به سادگی امکان‌پذیر نیست و مستلزم صرف هزینه و وقت زیادی است و آسیب‌های زیادی به محیط زیست وارد می‌گردد.

بنابراین شرکت‌های آب و فاضلاب باید به این موضوع توجه خاصی مبذول دارند و در زمینه پایش سمیت در شبکه‌های فاضلاب شهری برنامه مدون و منظم داشته باشند. این نوشتار اصول علمی و روش‌های کاربردی این پایش را بصورت کلی ارائه می‌نمایند.

اندازه‌گیر ی و پایش سمیت در بهره‌برداری از تصفیه‌خانه‌های فاضلاب نیز می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد چرا که بارهای سمی موجب اختلالاتی در عملکرد واحدهای بیولوژیکی تصفیه فاضلاب می‌گردد و در چنین شرایطی بایستی تمهیدات خاصی در تصفیه‌خانه برای جلوگیری از آسیب‌های جدی مبذول گردد. با اصول و روشهایی که در این راهنما ذکر شده است می‌توان به این هدف نیز دست یافت.

از طرف دیگر عملکرد یک تصفیه‌خانه فاضلاب وقتی مطلوب تلقی می‌گردد که فاضلاب تصفیه شده‌ای که برای دفع در محیط آماده می‌گردد، برای گونه‌های موجودات زنده در محیط‌های پذیرنده(آبی) بی‌ضرر باشد. در غیر اینصورت محدودیت‌هایی از نظر قانونی برای دفع چنین پسابهایی در محیط زیست وجود دارد. روشهایی که در این راهنما به آن اشاره شده است می‌تواند برای حفظ کیفیت آبهای پذیرنده نیز مورد استفاده قرار گیرد و در صورتیکه در پساب تصفیه شده سمیت وجود داشته باشد این سمیت تقلیل یابد.

۴- نمونه‌برداری

نمونه‌برداری برای آزمایش سمیت از حساسیت و اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. نمونه برداشت شده باید گویای واقعیت باشد و به عبارت دیگر نمونه باید نمایانگر باشد. بنابراین به منظور اجتناب از هر گونه نتایج غلط باید کلیه مراحل نمونه‌برداری مطابق با دستورالعمل انجام گیرد.

برای آزمایش‌های سمیت حاد، یک نمونه لحظه‌ای قبل و بعد از نقطه ورود فاضلاب صنعتی یا سایر فاضلاب‌ها به داخل شبکه برداشت می‌گردد. برای آزمایش سمیت مزمن از روش نمونه‌برداری مرکب ۸ ساعته استفاده می‌شود که باید از جریان فاضلاب صنعتی قبل از ورود به شبکه برداشت گردد. برای نمونه‌برداری مرکب می‌توان هر یک ساعت یک لیتر نمونه را به داخل ظرف شیشه‌ای منتقل نمود و پس از ۸ ساعت از مجموعه گردآوری شده یک نمونه یک لیتری را به آزمایشگاه منتقل کرد.

مذظور از محل قبل و بعد از نقطه ورود فاضلاب صنعتی یا سایر فاضلاب‌ها نقطه‌ای است که در فاصله ۳۰ D از محل ورود فاضلاب قرار داشته باشد. D قطر لوله است به عنوان مثال اگر نمونه‌برداری از یک لوله با قطر ۶۰۰ میلی‌متر انجام می‌شود خواهیم داشت: ۰/۶ m × ۳۰ = ۱۸ m ، ۱۸ متر حداقل فاصله از محل نقطه ورود فاضلاب صنعتی یا سایر فاضلاب‌ها می‌باشد. بنابراین نمونه‌برداری باید از آدم‌رو پایین دست و بالادست محل ورود فاضلاب که در فاصله حداقل ۱۸ متر یا بیشتر قرار دارد انجام گیرد.

برای آزمایش‌های حاد حداقل یک نمونه برای هر آزمایش لازم است و رقت‌های مورد استفاده باید هر ۲۴ ساعت یک بار جایگزین شوند و نمونه‌های جایگزین باید با رقت‌هایی که تازه آماده شده‌اند تهیه شود.

برای آزمایش‌های سمیت مزمن حداقل ۳ نمونه برای آزمایش لازم است که باید با فاصله ۲ روز برداشت گردد. (۴-۲ روز)

توجه: کلر زدایی متداول از نمونه‌ها قبل از آزمایش قابل قبول نیست و نباید انجام گیرد. برای نمونه‌برداری باید از ظروف شیشه‌ای از جنس پیرکس استفاده شود و حداقل حجم نمونه مورد نیاز ۱ لیتر خواهد بود بر روی ظروف نمونه باید زمان، مکان، تاریخ و نام نمونه‌بردار ذکر شود.

۵- انجام آزمایش

آزمایش سمیت بر روی نمونه‌های جمع‌آوری شده از شبکه فاضلاب، نمونه‌های ورودی به تصفیه‌خانه و یا از پساب خروجی تصفیه‌خانه انجام می‌شود. این آزمایش‌ها با استفاده از گونه‌ای از سخت‌پوستان بنام Daphnia یا با استفاده از ماهی قزل‌آلا انجام می‌شود چرخه زندگی دافنیا در زیر تشریح شده است.

۵-۱-دافنیاو چرخه زندگی آن

تصویر دافنیا در شکل شماره ۱ نشان داده شده است دافنیا از شاخه آرتروپودا، کلاس سخت‌پوستان و رده آنتن منشعب می‌باشد. این سخت‌پوست کوچک ساکن آبهای شیرین است. جنس ماده دافنیا می‌تواند تا ٤ ماه در C ۲۰ زندگی می‌نماید. غذای آنها را باکتریها، جلبکها و مخمرها به همراه عصاره خاک و مواد آلی تشکیل می‌دهند. دو گونه اصلی دافنیا، پولکس[۱] و مگنا[۲] هستند، طول دافنیا پولکس حداکثر mm ۳/٥ و طول دافنیا مگنا ٥ تا ٦ میلیمتر می‌باشد. برخی از زیست‌شناسان دافنیا پولکس را به علت این که دارای پراکندگی بیشتری است و کشت آن ساده‌تر است ترجیح می‌دهند در حالیکه نوع دافنیا مگنا دارای نوزادان درشت‌تری است و استفاده از آن نیز راحت‌تر است.

گونه‌های مختلف دافنیا از مناطق گرمسیری تا مناطق سردسیر شمال یافت می‌شوند و ٥٠ گونه از آن دارای پراکندگی جهانی می‌باشد و فقط ٦ گونه از آن منحصر به مناطق پست گرمسیری است.

چرخه زندگی در شکل (۲) نشان داده شده است. در شرایط مساعد نر وجود ندارد و ماده تولید تخم نموده و در فواصل زمانی کوتاهی بکرزایی می‌نمایند. در این شرایط تخمها در تخمدان تولید شده و به محفظه کیسه‌ای انتقال می‌یابد که طی چند روز تکامل یافته و سپس حیوانهای جوان متولد می‌شوند که از نظر ژنتیکی همانند مادر خود هستند. ولی در شرایط نامساعد نرها متولد می‌شوند و ماده‌ها تخم نابارور تولید می‌کنند. سپس تولید مثل جنسی اتفاق می‌افتد و تخمهای بارور شکل می‌گیرند.

این تخمها توان رشد داشته و اصطلاحاً به آنها تخمهای خوابیده[۳] گفته می‌شود. این تخمها در مقابل خشک کردن و انجماد مقاوم بوده و سرانجام تحت شرایط مساعد باز شده و تولید حیوانات ماده بکرزا می‌نماید. به این ترتیب همانندی ژنتیکی که از مهمترین عوامل در اعتبار نتایج به دست آمده از آزمایش‌های زیست آزمونی و سمیت است، در نوزادهایی که از یک جنس ماده متولد شده‌اند، وجود دارد.

---

[۱] Pulex
[۲] Magna
[۳] Dormant eggs

شکل ۱: ساختمان دافنیا

۱- آنتن جلویی ۲- آنتن عقبی ۳- چشم نوپلیال ٤- چشم مرکب ٥- روده ٦- قلب ۷- تخمدان ۸- جنین در کیسه پرورش نوزاد ۹- شکم ۱۰- پاهای سینه‌ای

شکل ۲: چرخه زندگی دافنیا

۵-۲-انواع آزمایش سمیت

دو نوع از این آزمایش‌ها بیشتر متداول است که عبارتند از:

۱- اندازه‌گیری کشندگی غلظت‌های مختلف(رقت‌های مختلف) فاضلاب خام یا تصفیه شده بر روی موجودات زنده مورد آزمایش.

۲- اندازه‌گیری تأثیر غلظت‌های مختلف(رقت‌های مختلف) فاضلاب خام یا تصفیه شده یر روی رشد یا تولید مثل موجودات زنده یاد شده.

وقتی از آزمایش اول استفاده می‌شود نتیجه را به صورت غلظت کشنده یا $LC_{۵۰}$. گزارش می‌کنند. $LC_{۵۰}$. عبارت است از غلظتی که باعث مرگ ۵۰ درصد موجودات زنده مورد آزمایش پس از مدت زمان معینی(مثلاً ٤٨ ساعت) می‌گردد. بمنظور تعیین $LC_{۵۰}$. یک آزمایش استاندارد با استفاده از رقت‌های مختلف فاضلاب یا پساب انجام می‌شود. بعنوان مثال می‌توان آزمایشی را بر اساس ویژگی‌های زیر انجام داد.

شماره نمونه	پساب(٪)	آب خالص(٪)
۱	۹۰	۱۰
۲	۷۰	۳۰
۳	۵۰	۵۰
٤	۲۵	۷۵
۵	۱۰	۹۰
٦	۸	۹۲
۷	٦	۹٤
۸	٤	۹٦
۹	۲	۹۸
۱۰	۱	۹۹

نمونه‌های فوق را در ظروف آزمایشی که شامل یک بشر یا شیشه دهانه گشاد ترجیحاً از جنس پیرکس یا (Duran) است وارد می‌کنند و موجودات زنده مورد آزمایش را به تعداد مساوی برای مثال(۱۰ عدد) در درون این ظروف قرار می‌دهند. پس از ٤٨ ساعت تعداد موجودات مرده را در هر نمونه شمارش می‌کنند.

داده‌های حاصل از این آزمایش را با استفاده از نرم‌افزار SPSS با کمک روش Probit مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار می‌دهند. در صورت عدم دسترسی به نرم‌افزار SPSS تجزیه و تحلیل نتایج به روش ترسیمی نیز امکان‌پذیر است.

مثال(۱) با استفاده از داده‌های زیر که از یک آزمایش سمیت بدست آمده است LC_{50} ۴۸h و LC_{50} ۹۶h را بر حسب درصد حجمی بدست آورید.

غلظت فاضلاب (درصد حجمی)	تعداد حیوانات مورد استفاده	تعداد حیواناتی که بعد از ۴۸ یا۹۶ ساعت مرده‌اند (٪)	
		۹۶ ساعت	۴۸ ساعت
٤٠	٢٠	٢٠ (١٠٠)	١٧ (٨٥)
٢٠	٢٠	٢٠ (١٠٠)	١٢ (٦٠)
١٠	٢٠	١٤ (٧٠)	١٤ (٧٠)
٥	٢٠	٧ (٢٥)	٠ (٠)
٣	٢٠	٤ (٢٠)	٠ (٠)

حل:

۱. غلظت فاضلاب را بر حسب درصد روی محور عمودی (لگاریتمی) در مقابل تعداد حیواناتی که مرده‌اند بر حسب درصد(محور احتمالات) رسم می‌کنیم.
۲. غلظتی از فاضلاب که باعث مرگ ۵۰ درصد از موجودات در معرض آزمایش شده است را مشخص می‌کنیم که برای زمان ٤٨ ساعت ١٦/٥ درصد و برای زمان ٩٦ ساعت ٦/٥ درصد است.
۳. نتایج بدست آمده از روش ترسیمی به نتایج آنالیز با استفاده از برنامه‌های کامپیوتری بسیار نزدیک است ولی حدود اطمینان را نمی‌توان به روش ترسیمی بدست آورد.

مثال(۲) یک آزمایش سمیت بر روی نمونه فاضلابی که مشخصات آن در جدول ذیل آمده انجام شده است. $LC_{۵۰}$. حدود ۹۵٪ اطمینان و شیب خط پروبیت را بدست آورید:

اطلاعات بدست آمده یک آزمایش سمیت فرضی که به روش پروبیت تجزیه و تحلیل شده است.

غلظت فاضلاب (درصد حجمی)	تعداد موجودات زنده مورد آزمایش	تعداد موجودات مورد آزمایش مرده در							
		۲h	۴h	۶h	۸h	۲۴h	۴۸h	۷۲h	۹۶h
۱۰	۱۰	۱	٤	۷	۹	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰
۷/۵	۱۰	۰	۱	۲	٦	۹	۹	۱۰	۱۰
۵/٦	۱۰	۰	۰	۰	۲	۷	۷	۸	۹
٤/۲	۱۰	۰	۰	۰	۰	۱	٤	٤	٤
۳/۲	۱۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱
۰	۱۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
$LC_{۵۰}$. تخمینی با توجه به گراف		۱۰	۱۰	۹	۷/۱	۵/۲	٤/۷	٤/٤٦	٤/۳٤
حدود ۹۵٪ اطمینان				۷/٦۰	۵/۸۲	٤/۵۳	۳/۹۵	۳/۸۷	۳/٤۹
شیب خط پروبیت				۱۰/۹	۸/٤۲	۱۰/۱	۷/۰۳	۹/۵٤	۱۱/۳

اطلاعات بدست آمده از آنالیز پروبیت در سه ردیف آخر جدول آمده است.

شکل ٤. مثال‌هایی از تعیین $LC_{۵۰}$. در دو زمان مختلف

به روش پروبیت و مناسب‌ترین خط

فاضلاب هر صنعت دارای محدوده سمیت معینی است که بر اساس آن مجوز اتصال به شبکه را دریافت نموده است. اگر بر اساس نتایج آزمایش مشخص شود که سمیت فعلی فاضلاب آن صنعت از مقدار مجاز تجاوز نموده است[1]. آن صنعت موظف است ظرف مدت حداکثر ۱۵ روز سمیت خود را به محدوده مجاز برساند و برنامه مدونی برای جلوگیری از تکرار چنین مواردی ارائه نماید.

در صورتی که فاضلاب ورودی به تصفیه‌خانه سمیت غیرعادی نشان دهد اپراتورهای شبکه باید موضوع را پیگیری نمایند و منشأ سمیت را در شبکه جستجو و آزمایش سمیت را برای نقاط مشکوک از آزمایشگاه درخواست نمایند در مواردی که فاضلاب تصفیه شده خروجی از تصفیه‌خانه دارای سمیت غیرعادی باشد باید منشأ سمیت در شبکه و تصفیه‌خانه بررسی و کشف شود.

۶- تعیین منشأ سمیت در سیستم‌های فاضلاب شهری

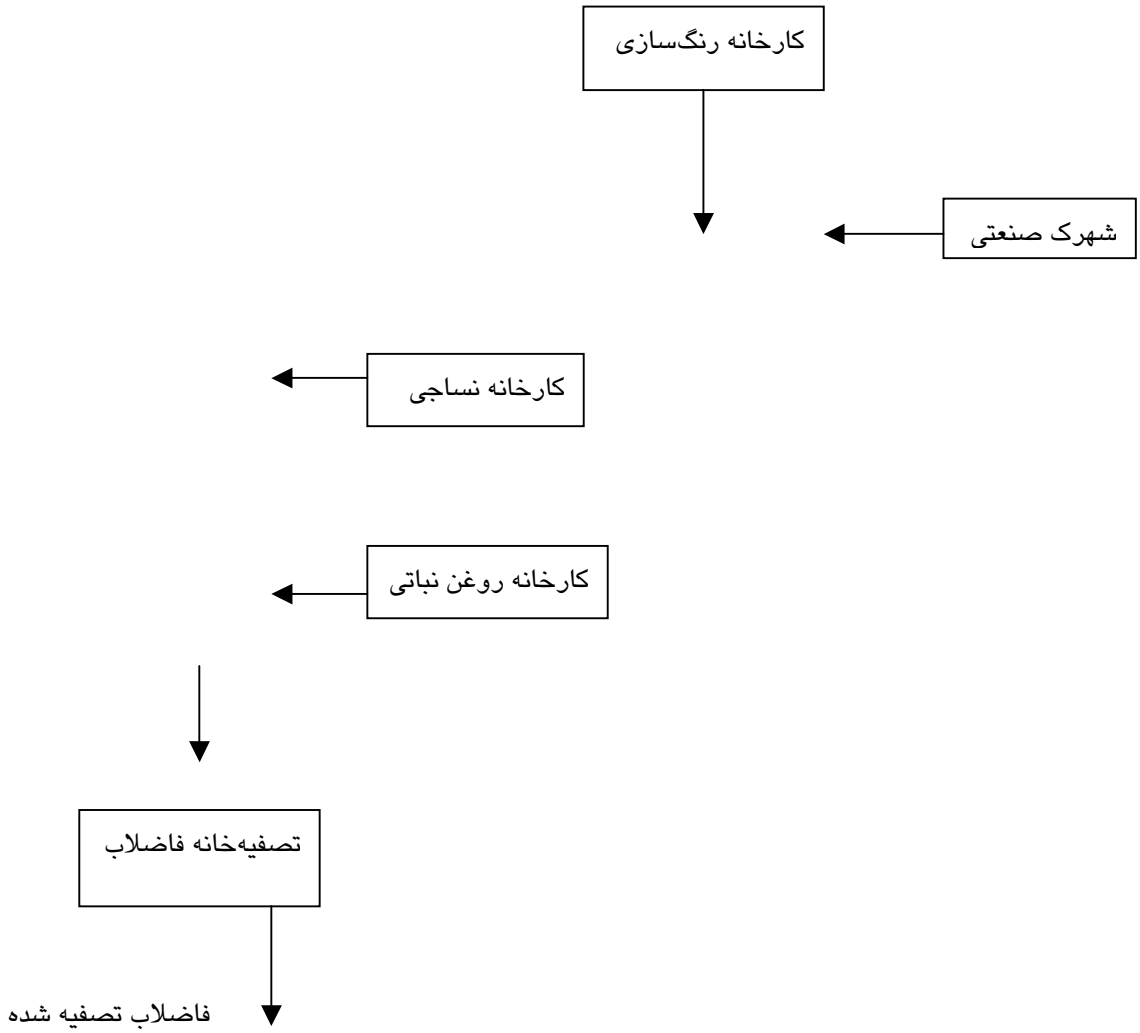
یکی از مهمترین مسائل مربوط به بهره‌برداری از سیستم‌های فاضلاب شهری تعیین منشأ سمیت و پایش مداوم سیستم برای جلوگیری از تخلیه مواد سمی توسط مشترکین صنعتی می‌باشد. وقتی یک افزایش قابل توجه در سمیت فاضلاب ورودی به شبکه جمع‌آوری فاضلاب یا تصفیه‌خانه مشاهده شود قدم اول در فرآیند حل مسئله تعیین موقعیت منشأ سمیت است. چنین سمیتی در نتیجه تخلیه غیرمجاز فاضلاب حاوی مواد سمی به داخل شبکه ایجاد می‌شود و تنها با ثبت داده‌های مربوط به سمیت و رسم نمودارهای لازم به صورت مداوم می‌توان منشأ سمیت را تعیین کرد. نمودارهای سمیت در شرایط عادی به عنوان مبنا و معیار قضاوت در مورد شدت ومنشأ سمیت مورد استفاده قرار می‌گیرد. بعنوان مثال روش ساده‌ای که می‌تواند برای پایش سمیت در سیستم فاضلاب شهری مورد استفاده قرار گیرد در زیر تشریح شده است. بدیهی است که مدیریت بهره‌برداری از سیستم فاضلاب شهری باید با توجه به ویژگی‌ها و مشخصات خاص سیستم مورد نظر برنامه پایش سمیت را به مورد اجراء در آورد.

در یک شهر فرضی که شبکه جمع‌آوری فاضلاب آن با حذف انشعابات فرعی و غیراصلی به صورت شکل ۵ در آمده است در پنج نقطه با توجه به توضیحاتی که در این راهنما ارائه گردیده است، نمونه‌برداری و آزمایش سمیت انجام شده است. نقاط نمونه‌برداری برای آزمایش سمیت با علامت * روی شکل نشان داده شده است.

بررسی نمودار شماره ۱ که با توجه به نتایج آزمایش سمیت در طول یک ماه رسم شده است نشان می‌دهد که سمیت فاضلاب تصفیه شده در روز یازدهم افزایش چشمگیری داشته است که در روز دهم ایجاد شده است (تصفیه‌خانه با زمان ماند ۲٤ ساعت کار می‌کند) در این حالت فرآیند حل مسئله باید جریان را در سیستم پیگیری نماید تا منشأ سمیت را بیابد.

---

[1] در زمان بررسی کیفیت فاضلاب متقاضی دریافت انشعاب فاضلاب صنعتی، همزمان با آزمایش‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی باید حداقل سه مرتبه آزمایش سمیت انجام و نتایج آن در پرونده متقاضی اشتراک صنعتی درج گردد. در صورتیکه متقاضی اشتراک صنعتی بعنوان مشترک صنعتی سیستم فاضلاب شهری شناخته شد نتایج آزمایش‌های فوق بعنوان سمیت مجاز تلقی می‌گردد و هر گونه تخطی از آن، یک اقدام نامطلوب تلقی می‌گردد.



←	جهت جریان
*	محل نمونه‌برداری
۰	شماره نقاط نمونه‌برداری

شکل ۵- سیستم فاضلاب یک شهر فرضی که برنامه پایش سمیت در آن اجرا شده است

۷-نمونه‌ای واقعی از چگو نگی تعیین منشاء سمیت در سیستم فاضلاب شهر مورد نظر

با هدف کلی کاهش سمیت جریان خروجی از تصفیه‌خانه یا بار ورودی تصفیه‌خانه بیشتر بررسی‌ها به صورت روزمره یا به صورت موردی روی منابع سمیت در داخل شبکه متمرکز می‌گردد. در صورتیکه نتایج سمیت در دسترس باشد می‌توان از آن به عنوان یک وسیله حل مسئله کمک گرفت و هزینه‌ها و زمان مورد نیاز را برای تعیین منشاء سمیت کاهش داد.

با رسم نتایج آزمایش سمیت بر روی نمودارها و برای هر صنعت که احتمالاً مواد سمی به داخل شبکه تخلیه می‌کند و همچنین فاضلاب ورودی به تصفیه‌خانه و فاضلاب تصفیه‌شده می‌توان به آسانی منشاء سمیت را پیدا کرد و اقدامات اصلاحی را سریعاً به مورد اجرا در آورد و به این ترتیب اثرات سوء بر تصفیه‌خانه و محیط زیست را به حداقل رسانید با توجه به نمودار شماره یک مشخص شد که در فاضلاب تصفیه شده خروجی در روز یازدهم شهریو ر سمیت قابل توجهی وجود دارد که به سمیت در جریان ورودی در روز دهم شهریور مربوط است. سمیت فاضلاب تصفیه شده در روز بیستم شهریور به نقص در سیستم تصفیه‌خانه مرتبط است و به سمیت فاضلاب ورودی مربوط نیست.

بررسی شکل ٥ نشان می‌دهد که ٤ انشعاب صنعتی در شبکه جمع‌آوری وجود دارد که فاضلاب آن‌ها با فاضلاب شهری مخلوط و به تصفیه‌خانه فاضلاب شهری وارد می‌شود.

نمودارهای شماره ٢ تا ٥ سمیت فاضلاب این صنایع را همراه با سمیت فاضلاب ورودی به تصفیه‌خانه نشان می‌دهد. سمیت فاضلاب این صنایع با یکدیگر متفاوت است و بعضی سمی‌تر هستند و در بعضی تغییرات زیاد سمیت مشاهده می‌شود که این به خودی خود اطلاعات با ارزشی است ولی هدف اصلی پیدا کردن منشاء سمیت در فاضلاب تصفیه شده در روز یازدهم است. بر اساس مشاهدات ٤ نمودار یاد شده منشاء سمیت، شهرک صنعتی تعیین می‌گردد و با توجه به این نتیجه می‌توان مدیریت شهرک را موظف کرد که سمیت خود را کاهش دهد و برنامه مدونی جهت جلوگیری از تکرار چنین وقایعی ارائه نماید.