# بررسی کمیت و کیفیت و تأثیر انواع مواد منعقدکننده بر روی فاضلاب کارخانه کبریت‌سازی تبریز در سال ۱۳۷۸.

دکتر محمدباقر میران‌زاده[۱]، دکتر امیرحسین محوی[۲]


## چکیده

**سابقه و هدف:** باتوجه به نگرانی‌های موجود در مورد کمیت و کیفیت فاضلابهای صنعتی و عوارض شناخته شده آن بر روی انسان و محیط زیست و نیز وجود مواد آلاینده متفاوت در این فاضلاب و عدم اطلاع از وضعیت پارامترهای آن و نیز تأثیر انواع مواد منعقدکننده، این تحقیق بر روی فاضلاب کارخانه کبریت‌سازی تبریز در سال ۱۳۷۸ انجام گرفت.

**مواد و روش‌ها:** تحقیق در دو مرحله انجام گرفت که مرحله اول آن به روش توصیفی برای تعیین کمیت و کیفیت فاضلاب و مرحله دوم به روش تجربی برای تعیین تأثیر مداخله مواد منعقدکننده بود. نمونه‌برداری فاضلاب به منظور سنجش پارامترها در سه نوبت به فواصل هفتگی و در هر نوبت به صورت روزانه از ساعت ۸ صبح امروز تا ۸ صبح روز بعد در فواصل زمانی یک ساعته انجام شد. بر روی فاضلاب پارامترهای pH ، مقدار اکسیژن مورد نیاز واکنش‌های شیمیایی(COD)، مقدار اکسیژن مورد نیاز واکنش‌های بیولوژیکی(BOD)، فسفر، ازت، کل جامدات و جامدات معلق مورد سنجش قرار گرفت. در مرحله دوم تأثیر کلرورفریک، سولفات آهن، سولفات آلومینیوم و آهک بر زدایش COD تعیین گردید.

**یافته‌ها:** این تحقیق بر روی ۱۲نمونه مرکب انجام گرفت و مشخص گردید که در فاضلاب این کارخانه حداکثر غلظت پارامترهای COD، BOD و کل جامدات به ترتیب ۱۰۹۰۶، ۱۲۰ و ۶۹۵۶۲ میلی‌گرم در لیتر است. بهترین نوع ماده منعقدکننده برای تصفیه این فاضلاب کلرورفریک در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر بود که COD را از غلظت ۱۱۷± ۷۵۶۰ به ۹۵ ± ٦٤٦ میلی‌گرم در لیتر کاهش داد.

**نتیجه‌گیری و توصیه‌ها:** فاضلاب این کارخانه بسیار آلوده بوده و بخش عمده آلودگی‌های آن را مواد آلی غیرقابل تجزیه بیولوژیکی تشکیل می‌دهد که این نوع آلودگی‌ها با شاخص COD بیان می‌شود با توجه به بالا بودن غلظت COD استفاده از روش بیولوژیکی برای تصفیه آن توصیه نمی‌شود و روش پیشنهادی برای تصفیه آن استفاده از فرآیند انعقاد شیمیایی از طریق کاربرد کلرور فریک است.


**واژگان کلیدی:** محیط زیست، ماده منعقدکننده، کلرور فریک، فرآیند انعقاد

۱- دانشگاه بهداشت دانشگاه علوم پزشکی کاشان

۲- دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران

[ Downloaded from feyz.kaums.ac.ir on 2026-06-24 ]

## مقدمه

یکی از نگرانی‌های جوامع امروزی مسئله کمیت و کیفیت فاضلابهای صنعتی است(۱) و باتوجه به توسعه جوامع و پیشرفت زمان و توسعه بخش صنعت میزان تولید فاضلابهای صنعتی نیز رو به افزایش است (۲). وجود مواد آلاینده مختلف شیمیایی در این فاضلاب‌ها و تخلیه آنها به صورت خام و تصفیه نشده به محیط زیست خطر جدی برای انسان و سایر موجودات به حساب آمده و سبب آلودگی منابع آب، خاک و محصولات کشاورزی شده و در نهایت، انسان از طریق زنجیره غذایی در معرض خطر قرار می‌گیرد. عوارض ورود مواد آلاینده شیمیایی به چرخه غذایی انسان احتمال بروز صدمات کلیوی، گوارشی، استخوانی، خونی، اختلالات هورمونی و تولید مثلی را به همراه خواهد داشت(۱و۳).

فعلا اقدام جامع و کاملی برای تصفیه فاضلاب همه کارخانجات به عمل نمی‌آید بلکه بر حسب مورد و باتوجه به مقررات زیست محیطی و بهداشت محیط و براساس تقاضای صاحبان صنایع به ویژه صنایعی که از نظر زیست محیطی بسیار آلوده کننده هستند، کمیت و کیفیت فاضلاب هر واحد صنعتی بررسی می‌شود و به منظور زدایش آلودگی‌های آن روش‌هایی ارائه می‌شود که نتیجه آن تولید پساب دارای کیفیت سالم بوده و قابلیت استفاده مجدد برای مصارف کشاورزی و تخلیه به رودخانه‌ها را دارا می‌باشد(٤).

در هر واحد صنعتی کمیت و کیفیت فاضلابهای تولیدی آن تحت تأثیر ساختار کارخانه و فرآیند تولید و نوع مواد اولیه مصرفی آن است. مراحل تولید فاضلاب در صنایع شامل مراحل تولید، عمل‌آوری، فرآیند، رنگرزی، چاپ، شستشو و آب خنک‌کننده است(٤و٥).

یکی از کارخانجات مطروحه کارخانه کبریت‌سازی تبریز است که بیش از ۵۰سال از بهره‌برداری آن می‌گذرد و کمیت و کیفیت فاضلاب آن تاکنون مورد بررسی قرار نگرفته است. لذا به منظور بررسی مشخصات کمی و کیفی فاضلاب این کارخانه و تعیین تأثیر انواع مواد منعقدکننده و یافتن موثرترین منعقدکننده COD[1] به عنوان مهمترین شاخص فاضلاب، این تحقیق درسال ۱۳۷۸ انجام گرفت.

## مواد و روش‌ها

تحقیق در دو مرحله انجام شد. مرحله اول تعیین دبی و مشخصات فاضلاب خام به روش توصیفی و مرحله دوم تعیین تأثیر مواد منعقدکننده بر روی زدایش COD به روش تجربی بود. منابع تولید کننده فاضلاب در کارخانه کبریت‌سازی شامل واحد تولید سرکبریت، واحد تولید بغل کبریت و واحد بی‌خطرسازی و فاضلاب انسانی است. سه فاضلاب تولیدی در سه ردیف اول جزو فاضلاب صنعتی و گروه چهارم جزو فاضلاب انسانی است. کمیت فاضلاب تولیدی از طریق محاسبه احجام ظروف شستشو و تعداد دفعات تخلیه آنها در روز و مقدار فاضلاب انسانی نیز براساس تعداد پرسنل و سرانه تولید فاضلاب برای هر نفر محاسبه گردید.

در سه نوبت به فواصل یک هفته و در هر نوبت از ساعت ۸ صبح امروز لغایت ۸ صبح روز بعد به فواصل یک ساعت نمونه‌برداری از سه واحد تولید کننده فاضلاب شامل واحد سرکبریت، بغل کبریت و واحد بی‌خطر کردن انجام گرفت. در طول یک روز

[1] - Chemical Oxygen Demaud

[ Downloaded from feyz.kaums.ac.ir on 2026-06-24 ]

و در طول سه شیفت کاری به فواصل زمانی یک ساعت از هر واحد تولید کننده فاضلاب نمونه‌برداری ساده به عمل آمد و در نهایت نمونه‌های ساده با هم مخلوط گردید و یک نمونه مرکب که بیانگر تغییرات در طول شبانه‌روز بود حاصل گردید. هریک از نمونه‌های مرکب پس از جمع‌آوری به آزمایشگاه منتقل و مورد آنالیز قرار گرفت.

پارامترهای اندازه‌گیری شده شامل pH ، COD، [1] BOD، ازت آمونیاکی، ازت آلی، فسفر، کل جامدات، جامدات معلق و جامدات قابل ته‌نشینی براساس دستورالعمل ارائه شده در آخرین چاپ کتاب استاندارد متد بود(٦). COD از نظر تعریف عبارت است از مقدار اکسیژن لازم برای تجزیه مواد آلی موجود در فاضلاب از طریق واکنش‌های شیمیایی و با استفاده از ماده اکسیدکننده بی‌کرومات پتاسیم BOD عبارت است از مقدار اکسیژن لازم برای تجزیه مواد آلی موجود در فاضلاب از طریق واکنش‌های بیولوژیکی و توسط میکروارگانیسم‌ها (۱و۲و۵و۸و۹).

مرحله دوم تحقیق از طریق آزمایش جار تست (Jar test) به منظور تعیین بهترین نوع و غلظت ماده منعقدکننده از بین ترکیبات سولفات آهن، کلرور فریک، سولفات آلومینیوم و آهک انجام گرفت. در این آزمایش فاضلاب خام درظروف یک لیتری مجهز به همزن ریخته شد و سپس به آن مواد منعقدکننده اضافه گردید. غلظت COD قبل و بعد از افزایش هر یک از مواد منعقدکننده به فاضلاب اندازه‌گیری شد (٦). سپس راندمان زدایش COD از طریق فرمول ۱۰۰ ×{(COD1 /COD1) (E= COD2} به صورت درصد محاسبه گردید. تأثیر ماده منعقدکننده بر میزان COD با آزمون Paired test مورد قضاوت آماری قرار گرفت.

## یافته‌ها

بیشترین میزان تولید فاضلاب مربوط به واحد سرکبریت به میزان ۲۰-۵متر مکعب در روز بود. مقدار تولید فاضلاب صنعتی به ازاء یکصد قوطی کبریت برابر ۵-۱ لیتر بود.

در این کارخانه مقدار تولید فاضلاب انسانی برابر ٤۰-۱۰ مترمکعب در روز بود. غلظت پارامترهای آلوده‌کننده فاضلاب برحسب واحدهای تولیدکننده در جدول شماره۱ ارائه گردیده است و نشان می‌دهد که بیشترین غلظت COD مربوط به واحد بی‌خطرسازی به میزان ۱۰۹۰٦ میلی‌گرم در لیتر و حداقل آن مربوط به واحد بغل کبریت به میزان ۵۲۲۳ میلی‌گرم در لیتر اندازه‌گیری گردید.

از نظر غلظت BOD نیز حداکثر غلظت آن مربوط به واحد سرکبریت ۱ به میزان ۱۲۰ میلی‌گرم در لیتر وحداقل آن در بقیه واحدهای تولیدکننده فاضلاب و بدون هیچ‌گونه BOD بوده است.

[1] - Biochemical Oxygen Demand

[ Downloaded from feyz.kaums.ac.ir on 2026-06-24 ]

جدول ۱ - غلظت پارامترهای آلوده کننده فاضلاب تولیدی در کارخانه کبریت سازی تبریز در سال ۱۳۷۸ (تعداد نمونه برابر ۳).

| پارامتر / واحدهای کمیت | pH | *BOD | COD کل | COD محلول | ازت آمونیاکی | فسفر | کل جامدات | کل جامدات معلق | **جامدات قابل ته نشینی | جامدات معلق فرار | ازت کل |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| سرکبریت ۱ | ۷ ±۰/۶ | ۱۲۰±۹ | ۵۳۲۵ ±۷۰۰ | ۲۳۰۱ ±۱۹۰ | ۱۰۶ ±۱۱ | ۲۲۱± ۳۱ | ۲۱۱۳۱± ۱۱۰ | ۶۲۸۰ ±۱۵۰ | ۰/۵ ±۰/۱ | ۳۵۱۰ ±۱۵۰ | ۲۵ ±۱۰ |
| سرکبریت ۲ | ۷ ±۰/۵ | صفر | ۷۹۸۷± ۱۱۰۰ | ۱۲۹۰± ۲۲۱ | ۶±۲/۱ | ۸/۶ ±۱/۲ | ۶۵۶۲۶ ±۷۸۰۰ | ۱۹۰۰۰ ±۱۵۰ | ۱/۵± ۱ | ۱۸۹۳۳ ±۲۱۰۰ | صفر |
| پلل کبریت | ۷/۸ ±۰/۵ | صفر | ۵۲۲۳ ±۱۵۰ | ۲۶۱۱ ±۲۰۰ | ۶/۵ ±۰/۹ | ۲۷± ۴ | ۵۵۹۰± ۸۹۰ | ۱۰۰۸ ±۳۲۱ | ۰/۵± ۰/۱ | ۵۰۳ ±۵۹ | صفر |
| ای خطرسازی | ۶/۸ ±۰/۷ | صفر | ۱۰۹۰۶ ±۹۹۰ | ۶۹۱ ±۶۹ | ±۵۵۰ ۷۱۰۵ | ۳۰ ±۵ | ۶۲۲۲۶ ±۷۲۰۰ | ۲۷۲۸ ±۱۹۸۰ | ۹۵۰ ±۲۰۰ | ۱۲۱۲۰± ۱۱۹۰ | صفر |

* مقادیر پارامترها به جز pH و جامدات قابل ته نشینی برحسب میلی گرم در لیتر.

** غلظت جامدات معلق قابل ته نشینی برحسب میلی لیتر در لیتر.

در جدول ۲ نتایج مربوط به تأثیر مواد منعقدکننده مختلف بر زدایش و حذف COD از فاضلاب خام ارائه گردیده است و نشان می‌دهد که بیشترین کارآیی مربوط به کلرور فریک به میزان ۹۱/٤درصد و کمترین کارآیی مربوط به آهک و به میزان ۵۷/٦درصد است. از نظر تأثیر بر COD سولفات آهن در جایگاه دوم و سولفات آلومینیوم در جایگاه سوم قرار داشت.

جدول ۲ میزان مواد منعقدکننده (تعداد نمونه برابر با ۳). در فاضلاب کارخانه کبریت‌سازی تبریز قبل و بعد از افزایش COD

| میزان COD برحسب میلی‌گرم در لیتر / نوع ماده منعقدکننده | قبل از جارتست | بعد از جارتست | درصد کارآیی | نتیجه آزمون |
|---|---|---|---|---|
| کلرور فریک | ۱۱۷۰±۷۵۶۰ | ۹۵±۶۷۶ | ۹۱/٤ | P< ۰/۰۰۰۱ |
| سولفات آهن | ۱۱۷۰±۷۵۶۰ | ۱۷۶±۱۷۵۰ | ۷۶/۸ | P< ۰/۰۰۰۱ |
| سولفات آلومینیوم | ۱۱۷۰±۷۵۶۰ | ۱۹۲±۲۴۱۰ | ۷۰/۳ | P< ۰/۰۱ |
| آهک | ۱۱۷۰±۷۵۶۰ | ۲۸۱±۳۲۰۲ | ۵۷/۶ | NS |

## بحث

نتایج تحقیق نشان داد که در کارخانه کبریت‌سازی مقدار کل فاضلاب صنعتی تولیدی بین ۳۵-۸ متر مکعب در روز و مقدار فاضلاب انسانی بین ٤۰-۱۰ متر مکعب در روز است که در مجموع کل فاضلاب صنعتی و انسانی بین ۷۵-۱۸ متر مکعب در روز می‌باشد. در این صورت به ازاء هر یکصد عدد قوطی کبریت ۵-۱ لیتر فاضلاب صنعتی و ۵-۳ لیتر فاضلاب صنعتی و انسانی تولید می‌شود.

بررسی کیفیت فاضلاب این کارخانه نشان داد که نوسانات pH آن بین ۷/۸-٦/۸ قرار دارد که از نظر شیمی آب و فاضلاب در محدوده خنثی قرار داشته و در اکثر موارد مشابه فاضلابهای شهری است (۷و۸).

نتایج تحقیق نشان داد که فاضلاب کارخانه فوق‌الذکر دارای BOD بسیار پائین است و حتی از غلظت آن در فاضلاب‌های شهری نیز پائین‌تر است. این امر مؤید این است که در فاضلاب صنایع کبریت‌سازی غلظت مواد آلی

[ Downloaded from feyz.kaums.ac.ir on 2026-06-24 ]

قابل تجزیه بیولوژیکی بسیار پائین است به طوری که چنین فاضلابی قابل تصفیه بیولوژیکی نخواهد بود (۸و۹).

یکی از پارامترهای مهم شاخص اندازه‌گیری شدت آلودگی فاضلاب صنایع کبریت‌سازی، میزان **COD** می‌باشد که درمورد فاضلاب این کارخانه غلظت **COD** در واحد بی‌خطرسازی ۱۰۹۰٦ و در واحد بغل کبریت ۵۲۲۳ میلی‌گرم در لیتر بود. این مقادیر نشان می‌دهد که چنین فاضلابی محتوی مقدار زیادی مواد آلی غیر قابل تجزیه بیولوژیکی است و برای تصفیه این مواد آلی از فرآیندهای بیولوژیکی نمی‌توان استفاده نمود (۹و۲و۱).

غلظت آمونیاک در فاضلاب واحد بی خطرسازی بسیار بالابود که حتی به ۷۱۰۵ میلی‌گرم در لیتر می‌رسید که این میزان بسیار بیشتر از فاضلابهای شهری است و تخلیه آن به آب رودخانه‌ها برای حیات آبزیان می‌تواند بسیار مخاطره‌آمیز باشد(٤،۳).

غلظت فسفر کارخانه بین ۲۲۱-۸/٦ میلی‌گرم در لیتر بود و بیشترین میزان آن مربوط به واحد سر کبریت ۱ بود. که مشابه فاضلابهای شهری است. تخلیه چنین فاضلابی بدون تصفیه می‌تواند سبب بروز پدیده پیری زودرس در آبهای سطحی شود (۸،۹).

غلظت جامدات کل تفاوت قابل ملاحظه ای با فاضلاب‌های شهری داشت به طوری که حتی استفاده از پساب این فاضلاب بدون رقیق‌سازی برای آبیاری بعضی از گیاهان حساس به شوری مناسب نخواهد بود (۹-۷، ۱،۲).

در بررسی تأثیر مواد منعقدکننده مختلف بر زدایش **COD** مشخص شده که کارآیی آهک، سولفات آهن، سولفات آلومینیوم و کلرورفریک به ترتیب ۵۷/٦، ۷٦/۸، ۷۰/۳ و ۹۱/٤درصد است کلرورفریک غلظت **COD** را از ۷۵٦۰ به ٦٤٦ میلی‌گرم درلیتر کاهش داد. غلظت کلرورفریک مورد نیاز برای تصفیه ۱۰۰ میلی‌گرم درلیتر بود.

با توجه به نتایج تحقیق می‌توان نتیجه گیری نمود که فاضلابهای صنعتی و انسانی این کارخانه را باید جداگانه جمع‌آوری نمود. در مرحله اول فاضلاب صنعتی را از طریق فرآیند انعقاد شیمیایی با کلرورفریک تصفیه کرد تا بیش از ۹۰درصد آلودگی‌های آن کاهش یابد و سپس پساب خروجی از واحد تصفیه با انعقاد شیمیایی را با فاضلابهای انسانی مخلوط کرده و از طریق یکی از فرآیندهای بیولوژیکی نظیر فرآیند لجن فعال تصفیه تکمیلی کرد و سپس از پساب آن برای مصارف کشاورزی استفاده کرد(۱،۸،۹).

## REFERENCES

1. Echenfelder W. Industrial Water Pollution Control. 2nd ed, MC Graw Hill, New York, 1991.

2. Mc Ghee TJ. Water Supply and Sewerage. 6th ed, Mc Graw Hill, New York, 1991.

3. Gabriel B. Wastewater Microbiology. John Wiley & Sons Publication, USA, 1999.

4. Patterson JW. Industrial Wastewater Treatment Technology. 2nd ed, Butter Worth publication, USA, 1985.

5. Chayton GD. Industrial Hygiene and Toxicology. 3rd ed, John Wiley & Sons, New York, 1981.

6. APHA, AWWA, WPCF, Standard methods for the examination of water and wastewater. 19th ed, Washington DC, USA, 1995.

7. Kirk Othmer. Encyclopedia of Chemical Technology. 3rd ed, vol 15, John Wiley & Sons, New York, 1981.

8. Tchobanoglous D. Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse. MC Graw Hill, New York, 1991.

9. Howards. S. Environmental Engineering. Mc Graw Hill International publication, USA, 1985.

[ Downloaded from feyz.kaums.ac.ir on 2026-06-24 ]