

جداسازی آلاینده های فاضلاب های صنعتی به کمک جاذبه الکترواستاتیک بر اساس نسبت بار الکتریکی به جرم (m/Q) و کاهش شاخص COD به کمک اشعه UV

محمد پارسا پریشان

۱ - دانش آموز پایه نهم دبیرستان سمپاد شهید اژه ای یک اصفهان - رایانامه: mohammadparsaparishan@gmail.com

چکیده

همواره یکی از معضلات مهم صنایع، کنترل پسماند و فاضلاب حاصل از فرایند تولید می باشد. ورود فاضلاب صنعتی به محیط زیست سبب ورود آلاینده هایی همچون مواد جامد معلق، مواد آلی قابل تجزیه زیستی، میکروارگانیسم ها، مواد آلی مقاوم در برابر حرارت، فلزات سنگین، مواد معدنی حلال و.. شده و صدمات جبران ناپذیری را وارد می نماید. هر یک از این آلاینده ها بخاطر توانایی در تغییر و یا شکستن تعادل محیط زیست، بسیار خطرناک به شمار می آید. دفع این فاضلاب ها اگر بدون تصفیه به خاک و یا آب وارد شوند، باعث تأثیرات شدید بهداشتی بر روی آب و یا خاک آن منطقه می شوند. هدف پژوهش حاضر بررسی نحوه جداسازی آلاینده های فاضلاب های صنعتی به کمک جاذبه الکترواستاتیک بر اساس نسبت بار الکتریکی به جرم (Q/m) و کاهش شاخص COD به کمک اشعه UV می باشد. پژوهش حاضر به روش آزمایشگاهی صورت پذیرفت. در این پژوهش مدل شماتیک دستگاهی برای تصفیه فاضلاب صنعتی ارائه شده و اجزای آن و همچنین نیروی جاذبه الکترواستاتیک و اهمیت نسبت بار الکتریکی به جرم اجسام و تأثیر این نسبت در جداسازی آلاینده های فاضلاب صنعتی مورد بررسی واقع شده است. هر آلاینده بر اساس جنس خود بار می پذیرد و بر اساس جرم خود یک نسبت بار به جرم در هر آلاینده وجود دارد. با توجه به تفاوت نسبت بار به جرم آلاینده ها می توان آنها را در مجاورت صفحه ای با بار مخالف قرار داد و بر اساس نسبت بار به جرم، آلاینده ها انحراف پیدا کرده و هر یک، به محلی از صفحه باردار می چسبند و اشعه UV شاخص COD پساب صنعتی را کاهش می دهد.

کلمات کلیدی: فاضلاب صنعتی، جاذبه الکترواستاتیک، شاخص COD، اشعه UV

۱- بیان مسئله

آب یک منبع طبیعی کمیاب در سیاره ما است. به دلیل پیشرفت سریع صنایع، مشکل آلودگی آب در سراسر جهان افزایش یافته است. این صنایع از مقادیر زیادی آب آشامیدنی برای مصارف مختلف صنعتی استفاده می کنند و آنها را به صورت پساب به عنوان محصول جانبی رها می کنند. فاضلاب تولید شده توسط صنایع مختلف به دلیل داشتن آلاینده های خطرناک مختلف، نگرانی های زیست محیطی عمده ای دارد و انتشار فاضلاب در اکوسیستم منجر به اثرات مضر متعددی بر روی گیاهان و جانوران می شود. در سناریوی حاضر، اگرچه توقف رهاسازی فاضلاب در محیط امکان پذیر نیست، اما می توان با تصفیه آن با روش های مختلف بر اثرات زیان بار آن غلبه کرد. فرآیندهای درمان مرسوم تا پیش از این با موفقیت به کار می رفتند، اما این روش ها محدودیت های زیادی دارند. با آلوده شدن تدریجی محیط زیست و کمبود منابع آب، تصفیه بر اساس منابع فاضلاب صنعتی به کانون تحقیقات علمی

تبدیل شده است. در حال حاضر نتایج تحقیقات زیادی در زمینه تصفیه منابع فاضلاب صنعتی مانند فناوری گوگرد زدایی آمونیاک، فناوری غشای تبادل یونی، فناوری رسوب شیمیایی و غیره وجود دارد، اما این فناوری ها دارای معایب فرآیند پیچیده، آلودگی ثانویه و غیره هستند (مو و همکاران، ۲۰۲۰)^[1].

با توجه به پیامد های زیان بار آلودگی فاضلاب های صنعتی قصد داریم در پژوهش حاضر به آلاینده های فاضلاب های صنعتی و نحوه جداسازی آنها بپردازیم و روشی کاربردی برای مهار و پاکسازی این آلاینده ها از فاضلاب های صنعتی ارائه کنیم. این روش به کمک جاذبه الکترواستاتیک و بر پایه نسبت بار به جرم آلاینده ها و با استفاده از اشعه UV می تواند کمک شایانی به امر فیلتراسیون و کاهش شاخص COD در فاضلاب های صنعتی کند.

۲- اهمیت و ضرورت

در گذشته نه چندان دور، فرآیندهای تصفیه فاضلاب نقشی محوری در راستای حفظ محیط زیست پایدار و سلامت بشر در سطح بهداشتی مناسب ایفا می کردند. به دلیل اهمیت حفظ بدنه های آب شیرین، توسط مقررات دولتی در سراسر جهان ضروری است. فعالیت های انسانی، عمدتاً از بخش های صنعتی، مقدار بی اندازه فاضلاب صنعتی مملو از مواد شیمیایی سمی تولید می کنند که نه تنها باعث مشکلات زیست محیطی وحشتناک می شود، بلکه اثرات مضر بر سلامت عمومی نیز بر جای می گذارد. از این رو، پساب فاضلاب صنعتی باید قبل از رهاسازی در محیط تصفیه شود تا از مشکلات مربوط به فاضلاب صنعتی تخلیه شده به محیط جلوگیری شود (مینا و همکاران، ۲۰۲۲)^[2].

در سطح جهان، ۸۰٪ از فاضلاب، که در میان آنها ۲۸٪ از صنعت تامین می شد، بدون تصفیه یا استفاده مجدد به اکوسیستم بازگشت. تخلیه فاضلاب صنعتی نگرانی های بهداشت عمومی و زیست محیطی را به همراه دارد. ضرورت و فوریت تصفیه فاضلاب صنعتی (IWT) چالش های بزرگی را برای اکثر کشورها به همراه خواهد داشت (ماتو و همکاران، ۲۰۲۲)^[3]. افزایش آگاهی زیست محیطی همراه با استانداردهای مقررات سختگیرانه تر، صنایع مختلف را به چالش کشیده است تا به دنبال فناوری های مناسب تصفیه فاضلاب باشند. (یانگ ته و همکاران، ۲۰۱۶)^[4]

۳- اهداف پژوهش

۳-۱ هدف اصلی

بررسی نحوه جداسازی آلاینده های فاضلاب های صنعتی به کمک جاذبه الکترواستاتیک بر اساس نسبت بار الکتریکی به جرم (Q/m) و کاهش شاخص COD به کمک اشعه UV

3-2 اهداف فرعی

۱- بررسی نحوه باردار کردن آلاینده های فاضلاب های صنعتی

۲- بررسی نحوه کاهش COD در فاضلاب صنعتی

۳- بررسی انحراف آلاینده های باردار در مجاورت صفحه دارای بار الکتریکی

۴- فرضیه های پژوهش

۴-۱ فرضیه اصلی

جاذبه الکترواستاتیک میان آلاینده ها دارای بار الکتریکی و صفحه باردار موجب کاهش آلاینده های فاضلاب های صنعتی می شود.

۴-۲ فرضیه های فرعی

۱- میان جنس آلاینده ها و میزان بار الکتریکی آنها رابطه وجود دارد.

۲- میان استفاده از آب اکسیژنه و اشعه UV و شاخص COD فاضلاب صنعتی رابطه وجود دارد

۳- میان نسبت بار به جرم آلاینده ها و میزان انحراف آنها به سمت صفحه ی باردار رابطه وجود دارد.

۵- مبانی نظری و پیشینه

یکی از منابع طبیعی رایج در جهان، آب است که برای توسعه انسانی ضروری است. با افزایش سریع شهرنشینی و صنعتی شدن، استفاده از آب به سرعت در حال گسترش است و حل مشکل کمبود آب برای اقتصاد های در حال توسعه ضروری شده است. حجم عظیمی از فاضلاب آلوده از صنایع مختلف از جمله تولید باتری، معدن، سموم و آبرکاری الکتریکی خارج می شود. سموم فاضلاب اثرات نامطلوب متعددی بر موجودات زنده و محیط اطراف ایجاد می کند. در نهایت، آن را به یک ابزار مولدتر و مقرون به صرفه تر برای تصفیه فاضلاب صنعتی تبدیل شد. انواع آلاینده ها در فاضلاب صنعتی به فرآیند تولید بستگی دارد. سموم فاضلاب صنعتی معمولاً شامل غلظت زیاد ترکیبات آلی، افزایش سطح pH، فلزات مضر قابل توجه، شوری بالا و افزایش کدورت به دلیل وجود ناخالصی های ترکیبات معدنی می باشد. جذب سطحی، فلوتاسیون، رسوب شیمیایی، فیلتراسیون غشایی، لخته سازی و انعقاد در تصفیه فاضلاب صنعتی گنجانده شده است.

آلودگی آب عمدتاً در صنعتی شدن، فعالیت های کشاورزی، عوامل طبیعی، و تامین آب و تاسیسات تصفیه فاضلاب متمرکز است. اولاً، صنعت عامل اصلی آلودگی آب است، این صنایع شامل صنعت تقطیر، صنعت چرم سازی، صنعت خمیر و کاغذ، صنعت نساجی، صنایع غذایی، صنعت آهن و فولاد، صنعت هسته ای و غیره می باشد. مواد شیمیایی سمی مختلف، مواد آلی و معدنی، حلال های سمی و مواد شیمیایی آلی فرار ممکن است در تولید صنعتی آزاد شوند. اگر این زباله ها بدون مقدار کافی در اکوسیستم های آبی رها می شوند باعث آلودگی آب می شوند آرسنیک، کادمیوم و کروم آلاینده های حیاتی هستند در فاضلاب تخلیه می شوند و بخش صنعتی نقش مهمی در ایجاد آلاینده های مضر دارد با شتاب شهرنشینی، تولید فاضلاب از بخش صنعتی به تدریج افزایش یافته است. علاوه بر این آلودگی آب ناشی از صنعتی شدن نیز می باشد که به شدت تحت تاثیر سرمایه گذاری مستقیم خارجی قرار گرفته است. آلودگی آب صنعتی در کشورهای کمتر توسعه یافته همبستگی مثبتی با سرمایه گذاری مستقیم خارجی آن دارد. دوم، آلودگی آب ارتباط تنگاتنگی با کشاورزی دارد. آفت کش ها، کودها نیتروژن دار و ضایعات ارگانیک مزارع کشاورزی از علل بسیار مهم آلودگی آب هستند. فعالیت های کشاورزی آب را با نیترات، فسفر، آفت کش ها، رسوبات خاک، نمک ها و عوامل بیماری زا آلوده می کند. علاوه بر این، کشاورزی به تمام سیستم های آب شیرین در آنها آسیب جدی وارد کرده است. فاضلاب تصفیه نشده یا تا حدی تصفیه شده به طور گسترده برای آبیاری مناطق کم آب در کشورهای در حال توسعه از جمله چین و هند

استفاده می شود. و وجود آلاینده ها در فاضلاب خطراتی را برای محیط زیست و سلامت به همراه دارد. به عنوان مثال با در نظر گرفتن چین ،

عدم تعادل در کمیت و کیفیت منابع آب های سطحی منجر به استفاده طولانی مدت از پساب آبیاری در برخی مناطق در کشورهای در حال توسعه برای تامین نیاز آب تولیدات کشاورزی شده است که منجر به آلودگی مواد غذایی، باقیمانده آفت کش ها و آلودگی فلزات سنگین و تهدید جدی ایمنی غذا و سلامت انسان می شود. آفت کش ها از طریق نوشیدن آب ، تأثیر نامطلوبی بر سلامتی دارند:

. مقایسه مصرف سموم با امید به زندگی سالم داده های بررسی طولی، مشخص شد که ۱۰٪ افزایش در استفاده از آفت کش ها منجر به ۱٪ افزایش در ناتوانی پزشکی در شاخص بالای ۶۵ سال شده است.

۱-۵ **جاذبه الکترواستاتیکی (electrostatic attraction):** نیرویی است که میان دو بار الکتریکی وجود دارد و موجب ربایش و نزدیک شدن آنها به یکدیگر می شود. بر این اساس اگر جسمی دارای بار الکتریکی باشد و در مجاورت صفحه ای با بار مخالف خود قرار بگیرد با توجه به نسبت بار به جرم به سمت صفحه منحرف شده و به آن می چسبد. آلاینده های مختلف نسبت بار به جرم متفاوتی دارند و اگر در برابر بار الکتریکی قرار بگیرند و دارای بار شوند با توجه به جنس خود بار یکسانی نخواهند گرفت و جرم آنها هم با یکدیگر متفاوت خواهد بود پس در نتیجه با توجه به تفاوت نسبت بار به جرم آنها، میزان انحراف و محل چسبیدن آنها به صفحه نیز متفاوت خواهد بود.

۲-۵ **نسبت بار به جرم (Q/m):** یک کمیت فیزیکی است که یکای آن در SI کولن بر کیلوگرم (C/kg) است.

۳-۵ **فلزات سنگین (heavy metals):** فلزات سنگین عناصری هستند که وزن اتمی بین ۶۳/۵ تا ۲۰۰/۶ دارند. موجودات زنده نیاز به مقادیر کمی از برخی فلزات سنگین از جمله کبالت، مس، آهن، منگنز، مولیبدن، وانادیوم، استرونیوم، و روی دارند. سطوح بیش از حد فلزات ضروری، با این حال، می تواند برای ارگانسیم زیان بار باشد. فلزات سنگین نگرانی خاص به سیستم های آب سطحی کادمیوم، کروم، جیوه، سرب هستند (تریواستاوا و همکاران، ۲۰۰۸).

۴-۵ **مواد جامد معلق (Suspended solids):** این مواد جامد با تخلیه در محیط آبی موجب به وجود آمدن شرایط بی هوایی و ایجاد رسوب لجنی و کاهش حجم اکسیژن محلول در آب می شود. مواد جامد معلق موجود در فاضلاب با لجن تولید شده در تصفیه خانه رابطه ی مستقیم دارد.

۵-۵ مواد آلی تجزیه پذیر زیستی (Biodegradable organic matter): شامل پروتئین‌ها، کربوهیدرات‌ها، و چربی‌ها هستند که با شاخص BOD و COD اندازه‌گیری می‌شوند. با افزایش این مواد در آب نیاز میکروارگانیسم‌ها به اکسیژن محلول برای فرایند اکسیداسیون مواد شیمیایی آلی بیشتر می‌شود. این اتفاق کاهش منابع طبیعی اکسیژن و ایجاد شرایط عفونی می‌گردد.

۵-۶ شاخص BOD (Biochemical oxygen Demand):

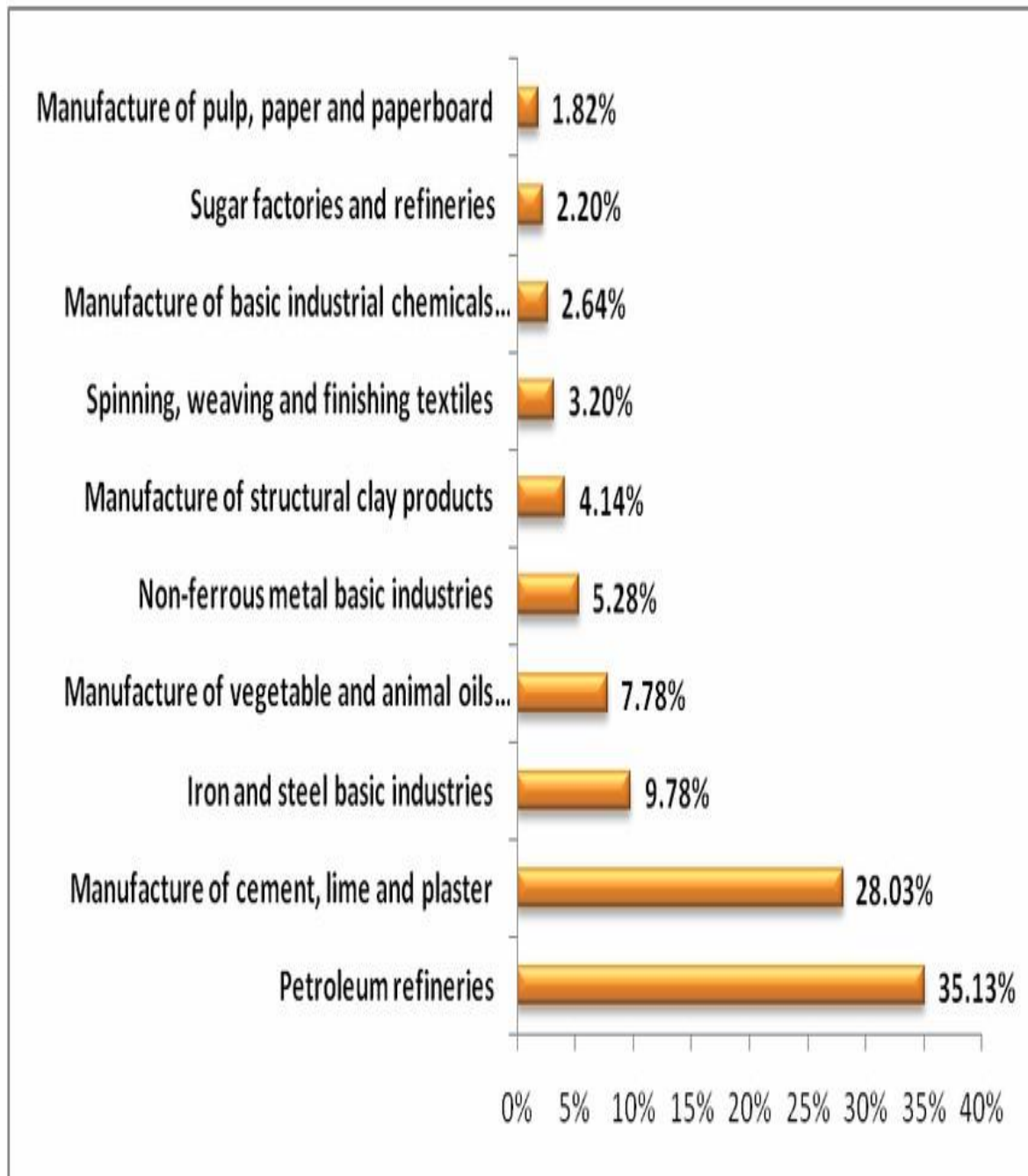
شاخص اندازه‌گیری مواد آلی قابل تجزیه توسط باکتری‌ها در آب. این شاخص برحسب دمای ۲۰ درجه ی سلسیوس بیان می‌شود.

۵-۷ شاخص COD (Chemical Oxygen Demand): شاخص اندازه‌گیری اکسیژن مورد برای اکسید شدن مواد شیمیایی موجود در فاضلاب.

۵-۸ مواد آلی مقاوم (resistant organic matter): شامل پاک‌کننده‌ها، مواد نفتی و پتروشیمی، فنول‌ها و آفت‌کش‌ها که تصفیه‌ی آن‌ها با پیچیدگی خاصی همراه است.

۵-۹ مواد جامد محلول (Total dissolved solids): اندازه‌گیری محتوای ترکیبی از تمام مواد آلی و غیر آلی موجود در یک مایع در مولکولی، یونیزه یا میکرو گرانول (سلول کلونیدی) است. تی دی اس در اصل معیار مشخص‌کننده ی شفافیت آب است و از جمله معیارهای فرعی کیفیت آب نیز به شمار می‌رود. منظور از TDS کل مواد جامد محلول در آب است که برابر مجموع غلظت همه یون‌های موجود در آب می‌باشد. مواد محلول در آب ممکن است از نظر ماهیت «آلی» یا «معدنی» باشند.

۵-۱۰ دترجنت (ABS): ماده دترجنت یا مواد شوینده صنعتی به موادی که ذرات کثیفی، آلودگی و چربی را از روی سطوح پاک می‌کنند، گفته می‌شود. دترجنت یا تمیزکننده، یک سورفکتانت یا مخلوطی از چند سورفکتانت با خاصیت پاک‌کنندگی می‌باشد. دترجنت‌ها معمولاً آلکیل بنزن سولفونات (خانواده ای از ترکیبات صابون مانند) هستند که در آب به سختی حل می‌شوند.



نمودار ۱-رتبه بندی صنایع بر اساس سهم آنها در بار آلودگی هوا^۲

3- منبع: سلمان، ۲۰۱۱، [5]

Agricultural use and (mg/l) irrigation مصارف کشاورزی و آبیاری (میلیگرم الیتر)	Discharge to well (mg/l) تخلیه به چاه جاذب (میلیگرم الیتر)	Discharge to surface water (mg/l) تخلیه به آب های سطحی (میلیگرم الیتر)	Pollutant نوع آلاینده		No.
0.1	0.1	1	Ag	نقره	1
5	5	5	AL	آلومینیوم	2
0.1	0.1	0.1	As	آرسنیک	3
1	1	2	B	بور	4
1	1	5	Ba	باریم	5
0.5	1	0.1	Be	بریلیم	6
-	-	75	Ca	کلسیم	7
0.05	0.1	0.1	Cd	کادمیوم	8
0.2	1	1	Cl	کلر آزاد	9
600	600(notification2) تیمبره ۲	600(notification1) تیمبره ۱	Cl-	کلراید	10
1	1	1	CH ₂ O	فرمالدئید	11
1	Negligible(ناچیز)	1	C ₂ H ₅ OH	فول	12
0.1	0.1	0.5	CN	سیانور	13
0.05	1	1	CO	کربن دی اکسید	14
1	1	0.5	Cr6+	کروم شش ظرفه	15
2	2	2	Cr3	کروم سه ظرفه	16
0.2	1	1	Cu	مس	17
2	2	2.5	F	فلوراید	18
3	3	3	Fe	آهن	19
Negligible(ناچیز)	Negligible(ناچیز)	Negligible(ناچیز)	Hg	جیوه	20
2.5	2.5	2.5	Li	لیتیم	21
100	100	100	Mg	منیزیم	22
1	1	1	Mn	منگنز	23
0.01	0.01	0.01	Mo	مولیبدن	24
2	2	2	Ni	نیکل	25
-	1	2.5	NH ₄	آمونیم بر حسب NH ₄	26
-	10	10	NO ₂	نیتریت بر حسب NO ₂	27
-	10	50	NO ₃	نیترات بر حسب NO ₃	28
-	6	6	P	فسفات بر حسب فسفر	29
1	1	1	Pb	سرب	30
0.1	0.1	1	Se	سلنیم	31
3	3	3	SH ₂	سولفید	32
1	1	1	SO ₃ -	سولفیت	33
500	400 (notification2) تیمبره ۲	400 (notification1) تیمبره ۱	SO ₄ -	سولفات	34
-	0.1	0.1	V	وانادیم	35
2	2	2	Zn	روی	36
10	10	10	Grease of oil	چربی روغن	37
0.5	1.5	1.5	ABS	دترجنت	38
100	30(momentary50) لحظه ای ۵۰	30(momentary50) لحظه ای ۵۰	BOD ₅ (notification3) تیمبره ۳	بی . او . دی (تیمبره ۳)	39
200	60(momentary100) لحظه ای ۱۰۰	60(momentary100) لحظه ای ۱۰۰	COD(notification3) تیمبره ۳	سی . او . دی (تیمبره ۳)	40
2	-	2	DO	اکسیژن	41
-	Notification2 تیمبره ۲	Notification1 تیمبره ۱	TDS	مجموع مواد جامد محلول	42
100	-	40(momentary60) لحظه ای ۶۰	TSS	مجموع مواد جامد معلق	43
-	-	0	SS	مواد قابل ته نشینی	44
6-8.5	5-9	6.5-8.5	PH	په - هاش (حدود)	45
0	0	0	Radioactive material	مواد رادیواکتیو	46
50	-	50	Turbidity	کدرورت (واحد رنگ)	47
75	75	75	Color unit	رنگ (واحد رنگ)	48
-	-	Notification4 تیمبره ۴	T	درجه حرارت	49
400	400	400	MPN	کلیرم گوارشی (تعداد در ۱۰۰ میلی لیتر)	50
1000	1000	1000	MPN	کلیرم (تعداد در ۱۰۰ میلی لیتر)	51
Notification5 تیمبره ۵	-	-	Parasites	تخم انگل	52

جدول ۱- سطح استاندارد آلاینده های فاضلاب صنعتی هنگام تخلیه

۱۱- پژوهش های داخلی:

حسینی و همکاران (۱۳۹۷) پژوهشی تحت عنوان "جداسازی و شناسایی قارچ های بومی تجزیه کننده آلاینده های فاضلاب صنعت بازیافت مقوا" به انجام رساندند. نتایج پژوهش نشان داد که قارچ های بومی جداسازی شده از فاضلاب صنعت بازیافت مقوا در این مطالعه از جمله قارچ هایی هستند که پتانسیل تجزیه زیستی آلاینده های فاضلاب را دارند و می تواند برای ارزیابی میزان توانایی آن ها در تجزیه آلاینده های فاضلاب این صنعت مورد بررسی قرار گیرند.^[6]

خردپیشه و همکاران (۱۳۹۰) پژوهشی تحت عنوان "بررسی کارایی فرایند تصفیه الکتروشیمیایی در حذف سیانید از فاضلاب صنعتی" به انجام رساندند. نتایج پژوهش نشان داد که رابطه ی معنی داری بین زمان و کاهش غلظت سیانید در راکتور الکتروشیمیایی وجود دارد. با افزایش زمان غلظت سیانید در راکتور الکتروشیمیایی کم می شود. می توان از شرایط بهینه ی بدست آمده در فاضلاب آبکاری استفاده کرد.^[7]

۱۲- ۵ پژوهش های خارجی:

سانتیو و همکاران (۲۰۰۳) پژوهشی تحت عنوان "کاربرد اسمز معکوس در کاهش آلاینده های موجود در فاضلاب صنعتی" به انجام رساندند. نتایج پژوهش نشان داد که سیانور و آمونیوم زمانی که به طور همزمان در فاضلاب صنعتی وجود دارند، نمی توانند در یک عمل تک مرحله ای به طور قابل قبولی حذف شوند. نتایج به نیاز به انجام چندین مرحله در مقادیر مختلف PH برای کاهش سطح هر دو آلاینده در فاضلاب مورد مطالعه اشاره کرد.^[8]

مو و همکاران (۲۰۲۰) پژوهشی تحت عنوان "جاذب هیدروژل در تصفیه فاضلاب صنعتی و حفاظت محیط زیست اکولوژیک" به انجام رساندند. نتایج پژوهش نشان داد که جاذب هیدروژل می تواند ظرفیت جذب خوبی را حفظ کند و ۴ بار بازیافت شود. جاذب هیدروژل تأثیر بسیار قابل توجهی بر تصفیه فاضلاب صنعتی و حفاظت از محیط زیست اکولوژیک دارد.

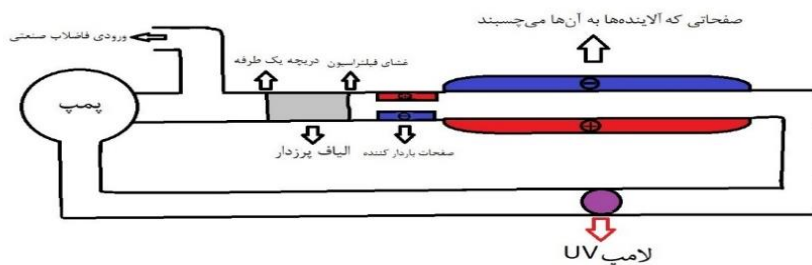
سریواستاوا و همکاران (۲۰۰۸) پژوهشی تحت عنوان "روش های جدید بیوفیلتراسیون برای تصفیه فلزات سنگین از فاضلاب صنعتی" به انجام رساندند. نتایج پژوهش نشان داد که امکان بالایی برای کاربرد مؤثر بیوفیلترها برای حذف فلزات سنگین سمی از آب آلوده در مقیاس بزرگ وجود دارد. موفقیت در تکنیک شبیه سازی میکروبی ممکن است کارایی حذف و از این رو کاهش هزینه درمان را بهبود بخشد. این روش قادر به از بین بردن فلزات سنگین تا سطح ppb و ارزان تر است.^[9]

۶- مواد و روش ها

پژوهش حاضر به روش آزمایشگاهی صورت پذیرفت. در روش ارائه شده ابتدا فاضلاب وارد لوله می شود و با فشار پمپ در دستگاه به گردش در می آید. فاضلاب ابتدا از یک دریچه یک طرفه عبور کرده و آلاینده های بزرگ و حجیم توسط فیلتر میکرو فیلتراسیون از فاضلاب جداسازی شده و در میان دریچه یک طرفه و فیلتر قرار گرفته و به علت یک طرفه بودن دریچه امکان خروج پسماند از میان دریچه و فیلتر وجود ندارد. در میان دریچه و فیلتر ایاف پرداری قرار دارند که پسماند های حجیم را به دام می اندازند. با توجه به کارخانه ای که از این دستگاه استفاده می کند باید در زمان مشخصی این ایاف تعویض شوند.

سپس آلاینده های فاضلاب صنعتی بر اساس جنس خود دارای بار الکتریکی می شوند. این آلاینده ها توسط لوله ای به محفظه دارای دو صفحه با بار مثبت و منفی انتقال داده می شوند. آلاینده ها با توجه به نسبت بار به جرم به طرف صفحه با بار الکتریکی مخالف انحراف پیدا کرده و به صفحه می چسبند. هر چه جسم سبک تر باشد یا بار الکتریکی بیشتر داشته باشد زودتر منحرف می شود یا به عبارتی افزایش نسبت بار به جرم موجب انحراف سریعتر آلاینده های فاضلاب صنعتی به سمت صفحه با بار مخالف گردد. پس با توجه به تفاوت نسبت بار به جرم، محل چسبیدن آلاینده ها به صفحه متفاوت خواهد بود. بر این اساس می شود به صورت دقیق تر آلاینده ها را از اجسام بدون زیان فاضلاب جدا کرد و می توان پسماند فاضلاب های صنعتی را به طور چشمگیری کاهش داد. پسماند بدست آمده از این روش در ظروف بهداشتی بسته بندی شده و به محل دفن زباله رفته و در چاه های دارای آستر پلاستیکی دفن می شود.

ما ابتدا نمونه پساب یک کارخانه صنعتی که سورفکتانت و امولسیفایر تولید می کرد را تهیه کردیم. مواد اولیه این کارخانه روغن ها و الکل های چرب بود و تحت فرآیندی به سورفکتانت تبدیل می شد. این پساب تحت آزمایش برای اندازه گیری COD قرار گرفت.



شکل ۱- شماتیک طرح

۱-۶ آزمایش

۱-۱-۶ فرآیند اجرای آزمایش:

در آزمایش میزان تغییرات COD با میزان اولیه ۱۶۰۰۰ (mg/L) با اضافه کردن آب اکسیژنه و استفاده از اشعه UV مورد بررسی قرار گرفت.

۱-۲-۶ متغیر مستقل: نوع کاهنده COD

۱-۳-۶ متغیر وابسته: میزان شاخص COD

۷- یافته ها

۷-۱ فرضیه اصلی

طبق نتایج بدست آمده جاذبه الکترواستاتیک میان آلاینده ها و صفحه باردار موجب کاهش آلاینده های فاضلاب صنعتی می شود. جاذبه الکترواستاتیک پدید آمده در اثر بار الکتریکی متفاوت آلاینده ها و صفحه باردار موجب انحراف و در نهایت چسبیدن آلاینده ها به صفحه باردار می گردد. میزان انحراف و محل چسبیدن آلاینده ها با توجه به نسبت بار به جرم آلاینده ها متفاوت بوده و بر این اساس با جداسازی دقیق آلاینده ها از فاضلاب صنعتی، موجب پاکسازی آب خروجی از دستگاه می شود. بر اساس تحقیقات صورت گرفته، بهترین فیلتر برای جداسازی اولیه آلاینده های حجیم فیلتر از نوع میکروفیلتراسیون می باشد که فقط آلاینده های بزرگ را جدا می کند.

۷-۲ فرضیه فرعی اول

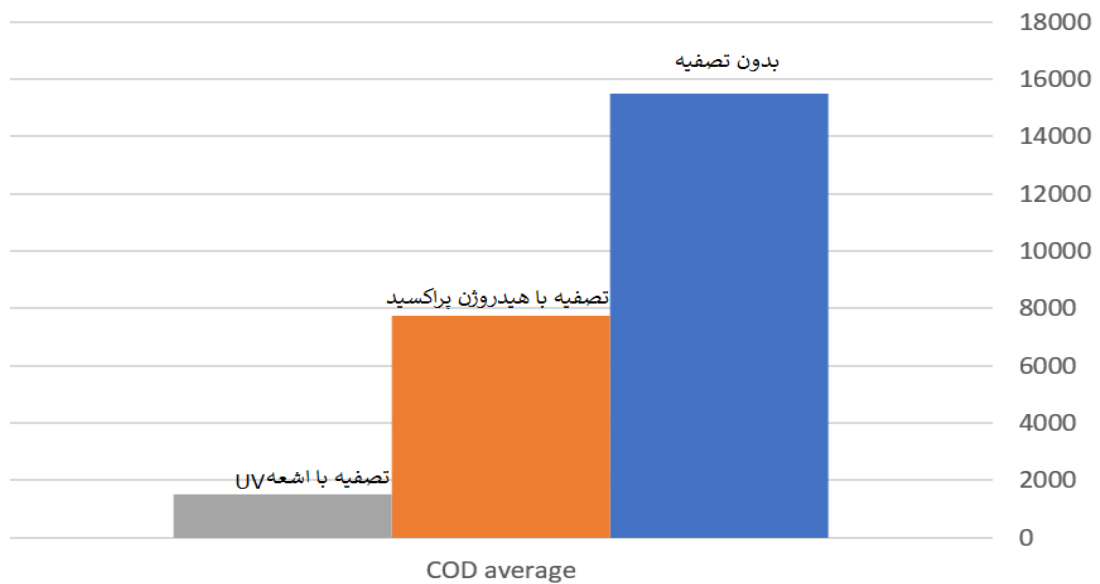
بر اساس جدول سری الکتریسیته مالشی (تریبوالکتریک) اجسام مختلف با جنس متفاوت، میزان بار الکتریکی گوناگونی دریافت می کنند و بعضی از آلاینده ها میل به دادن الکترون و بعضی دیگر میل به گرفتن الکترون دارند و میزان تبادل الکترون در هر آلاینده متفاوت خواهد بود. پس در نتیجه رابطه ای میان جنس آلاینده ها و میزان گرفتن و از دست دادن الکترون یا به عبارتی دیگر، میزان بار الکتریکی که آلاینده ها پیدا می کنند، وجود دارد.



جدول ۲- سری الکتریسیته مالشی (تریبوالکتریک)

۷-۳ فرضیه فرعی دوم

بر اساس آزمایشات صورت گرفته و نتایج بدست آمده میان آب اکسیژنه و اشعه UV و شاخص COD رابطه وجود دارد. با توجه به نمودار اشعه UV نسبت به آب اکسیژنه میزان COD را بیشتر کاهش داده و در نتیجه به افزایش کیفیت فاضلاب صنعتی کمک شایانی می کند.



نمودار ۲- شاخص COD در روش های مختلف تصفیه پساب

۷-۴ فرضیه فرعی سوم

افزایش نسبت بار به جرم آلاینده ها موجب افزایش انحراف آنها به سمت صفحات باردار می گردد. هر چه جرم یک جسم کاهش پیدا کند، نیروی جاذبه الکترواستاتیک تأثیر بیشتری بر روی آن گذاشته و سریع تر و در قسمت ابتدایی صفحات می چسبد. هر چه بار الکتریکی جسمی افزایش پیدا کند، میزان انحراف آن به سمت صفحه دارای بار مخالف بیشتر می شود. در نتیجه میان نسبت بار به جرم و جرم آلاینده رابطه عکس وجود دارد یعنی با افزایش جرم، نسبت بار به جرم کاهش پیدا می کند و میان بار آلاینده و نسبت بار به جرم رابطه مستقیم برقرار است یعنی با افزایش بار آلاینده، نسبت بار به جرم نیز افزایش پیدا می کند.

۸- بحث و نتیجه گیری

نتیجه حاصل از فرضیه اصلی این است که جاذبه الکترواستاتیک بوجود آمده در اثر تفاوت بار میان آلاینده های دارای بار و صفحه باردار باعث چسبیدن آلاینده ها به صفحه باردار بر اساس نسبت بار به جرم خود می شود. در این صورت آلاینده های زیان آور فاضلاب کاهش چشمگیری پیدا می کند. نتیجه حاصل از فرضیه فرعی اول بدین گونه است که آلاینده ها بر اساس جنس خود توانایی تبادل الکترون را دارند و بعضی میل به جذب و بعضی دیگر میل به از دست دادن الکترون دارند و بر اساس جنس آلاینده ها میزان الکترون های جذب شده و یا از دست رفته، متفاوت می باشد.

نتایج حاصل از فرضیه فرعی دوم این گونه است که با توجه به نتایج حاصل از آزمایشات بهترین روش برای کاهش COD فاضلاب های صنعتی استفاده از اشعه UV هست. ما می توانیم از اشعه UV برای کاهش شاخص COD فاضلاب و در نتیجه بهبود کیفیت پساب های صنعتی استفاده کنیم.

نتیجه حاصل از فرضیه فرعی سوم این است که تأثیر نیروی الکترواستاتیک وارد بر آلاینده باردار با افزایش بار الکتریکی و یا کاهش جرم، افزایش یافته و انحراف آلاینده ها به سمت صفحه دارای بار مخالف افزایش یافته و با توجه به نسبت بار به جرم به صفحه باردار می چسبند. نسبت بار به جرم رابطه عکس و با بار الکتریکی رابطه مستقیم دارد. پس افزایش نسبت بار به جرم موجب افزایش انحراف و چسبیدن سریعتر آلاینده به صفحه با بار الکتریکی مخالف می گردد.

روش ارائه شده همانند روش های دیگر قابلیت جداسازی آلاینده های فاضلاب صنعتی را دارد ولی بر خلاف روش ارائه شده توسط خرد پیشه و همکاران (۱۳۹۰)، حسینی و همکاران (۱۳۹۷)، سرباستاوا و همکاران (۲۰۰۸)، قابلیت جداسازی همه آلاینده های فاضلاب را دارد و به صورت اختصاصی بر گروهی از آلاینده ها تمرکز ندارد. همچنین این دستگاه نسبت به سانتیو و همکاران (۲۰۰۳)، مو و همکاران (۲۰۲۰) قابلیت جداسازی دقیق تر را دارد و آلاینده های زیان بار را از ذرات معلق دیگر فاضلاب صنعتی جداسازی می کند.

۹- محدودیت ها

نیاز به انرژی الکتریکی برای تصفیه فاضلاب های صنعتی

نیاز به تعویض زود هنگام لایه پرزدار در مصارف با میزان آلاینده زیاد

پذیرش بار الکتریکی کم توسط بعضی از آلاینده ها و سخت بودن جداسازی آنها

۱۰- پیشنهادات

۱۰-۱ پیشنهاد بر اساس فرضیه اصلی:

ارائه روشی برای افزایش باردهی به آلاینده ها و افزایش جاذبه الکترواستاتیک

۱۰-۲ پیشنهاد بر اساس فرضیه فرعی اول:

ارائه روشی برای تعیین جنس آلاینده های هر کارخانه و میزان پذیرش بار هر آلاینده

۳-۰ پیشنهاد بر اساس فرضیه فرعی دوم:

یافتن روشی برای کاهش شاخص BOD فاضلاب صنعتی

۴-۰ پیشنهاد بر اساس فرضیه فرعی سوم:

پیدا کردن نسبت بار به جرم آلاینده های فاضلاب های صنعتی

منابع

1. Ruihua Mu a, Bin Liu a, Xi Chen b, Ning Wang a, Jing Yang b. (2020). Hydrogel adsorbent in industrial wastewater treatment and ecological environment protection. *ScienceDirect*, 20, article number 101107.

2. M. Meena, G. Yadav, P. Sonigra, M.P. Shah. (2022). A comprehensive review on application of bioreactor for industrial wastewater treatment. *Letters in Applied Microbiology*, 74(2), 131–158.

3. Guozhu Mao, Umme Marium Ahmad, Yixin Han, Xi Liu, John Crittenden

Ning Huang. (2022). Technology status and trends of industrial wastewater treatment: A patent analysis. *ScienceDirect*, 288(2), article number 132483.

4. Chee Yang Teh, Pretty Mori Budiman, Katrina Pui Yee Shak, and Ta Yeong Wu, (2016). Recent Advancement of Coagulation–Flocculation and Its Application in Wastewater Treatment. *ACS Publications*, 55(16), 4363-4802.

5. Abdou Salman. *Industrial development and the trade-off to environment: Measurement techniques, meanings and outcomes in the context of water poverty in Egypt*, *Green Economics*, Vol. 5, No. 1, 2011

6. حسینی زینب، قانعیان محمد تقی، جعفری ندوشن عباسعلی، احرام پوش محمد حسن، نماینده سیده مهدیه، غفورزاده مهین. (۱۳۸۷). جداسازی و شناسایی قارچ‌های بومی تجزیه‌کننده آلاینده‌های فاضلاب صنعت بازیافت مقوا. طلوع بهداشت، ۱۷(۶): ۲۱-۳۲.

7. خردپیشه، زهره، موحدیان عطار، حسین، و صالحی نجف آبادی، مجید. (۱۳۹۰). بررسی کارایی فرایند تصفیه الکتروشیمیایی در حذف سیانید از فاضلاب صنعتی. سلامت و محیط زیست، ۴(۴ پی در پی ۱۴)، ۴۱۱-۴۱۸.

8. Bódalo-Santoyo, J.L. Gómez-Carrasco, E. Gómez-Gómez, F. Máximo-Martín, A.M. Hidalgo-Montesinos. (2003). Application of reverse osmosis to reduce pollutants present in industrial wastewater. *ScienceDirect*, 155(2), 101-108.

9. N.K. Srivastava, C.B. Majumder. (2008). Novel biofiltration methods for the treatment of heavy metals from industrial wastewater. *ScienceDirect*, 151(1), 1-8.