تصفیه بیولوژیکی پسابهای حاوی مواد قندی و اهمیت آن برای ایران

تهیه کننده : منصور جدلی ، دکترعباس‌فاضلی
با همکاری : سعید برادران سلماسی ، هنریک امیریان ، نرگس قجر نصدانلو و منوچهر وثوقی

خلاصه

در این مقاله ، مرکز تحقیقاتی مهندسی بیوشیمی‌و کنترل محیط‌زیست دانشگاه صنعتی آریامهر نتایج آزمایشهای خود را در زمینه تصفیه بیولوژیکی پسابهای حاوی مواد قندی مانند پسابهای کارخانه‌های قند و کارخانه‌های مقوا سازی و کاغذسازی که از جمله آلوده‌کننده‌های مهم در ایران بشمار می‌روند ،ارائه می‌دهند(۱) . برای‌تصفیه‌بیولوژیکی‌این‌نوع‌پسابها ، مرکزتحقیقاتی آزمایشهائی جهت دریافت قدرت اکسیداسیون واحدهای چرخ گردان (Trickling Filter) و جذب سطحی (Biodisc) ــ که در مرکز طرح و ساخته شده‌اند و همچنین مقایسه لجن تولیدی‌انجام‌داده‌است. در این آزمایشها

بدینوسیله از همکاری انجمن ملی حفاظت منابع طبیعی و محیط‌انسانی ، سازمان برنامه و بودجه کشور بخاطر پشتیبانی مالی و همچنین از کوششهای بی‌دریغ کادر فنی مرکز مهندسی بیوشیمی در ساخت و نصب دستگاههای مورد لزوم سپاسگزاری می‌نمائیم .

از یک مدل به عنوان پساب استفاده شد ، این مدل سوبستراتی است حاوی ساکارز که با درجات متفاوتی ازغلظت به عنوان ماده آلوده کننده در نظر گرفته شده است .
عملیات اکسیداسیون بطور پیوسته صورت گرفته و نتایج آن در حالت تعادل سیستم بدست آمده است . این نتایج نشان‌می ـ دهد که میزان کاهش BOD, COD و غلظت سوبسترات در واحد چرخ گردان به مراتب بیشتر است . به عبارت دیگر برای ۵۰ درصد کاهش بار آلودگی ، واحد چرخ گردان ۳۴ برابر پر ـ قدرت‌تر از واحد جذب سطحی است ، اما لجن تولید شده در واحد جذب سطحی کمتر و کیفیت آن بهتر است (همچنانکه میزان تراکم لجن Sludge Volume Index نشان می‌دهد) .

در بررسی نتایج برای هر کدام از واحدهای چرخ گردان‌و جذب سطحی بین مقدار آلوده‌کننده‌ومیزان کاهش آن یک رابطه خطی بدست آمده است . به این‌ترتیب‌که‌در واحد جذب‌سطحی غلظت " بار COD ورودی " با درصد کاهش مواد قندی نسبت عکس دارد و در واحد چرخ گردان " بار COD ورودی " فقط با کاهش درصد COD نسبت عکس .

وجود این رابطه‌ها سبب می‌شود که از پیش بتوان حاصل کار را محاسبه کرد . در حال حاضر مطالعات برای مقایسه داده های واحد دیگری به نام لجن فعال با دو نوع واحدیاد شده‌در مرکز ادامه دارد .

" مقدمه "

توسعه سریع صنعتی کشور ، باعث ایجاد مقادیر متنابهی پس‌آب می‌شود که هر کدام از آنها دارای مشخصه خاص خود هستند و مسئله قابل توجه در این میان وجود پس‌آبهای حاوی کربوئیدراتها بعنوان آلوده‌کننده اصلی میباشد که برای مثال از پس‌آب کارخانجات تصفیه شکر (اصفهان ، شیروان ، شیرین) تهیه‌نشاسته‌و گلوکز (تهران و قزوین) و چرمسازی (مازندران، گیلان) و پس‌آب کارخانه تهیه کاغذ که حاوی سولفیت میباشد (خوزستان) میتوان نام برد که مطمئنا " پس آب دو کارخانه اخیرالذکر درون دریاچه‌ها یا رودخانه‌های مهم کشور تخلیه میشود . (۱)

باتوجه به‌مسئله‌کمبودآب‌در ایران ، ایران دارای آنچنان موقعیتی‌نیست‌که‌آبهایش‌آلوده شود،باتصفیه‌کامل‌پس‌آبها نه تنها آلودگی حذف میشود بلکه این خود راهی برای بازگردانی و استفاده مجدد از آب میباشد (۲)

با توجه به منابع خاص تولید کننده‌پس‌آبهای‌حاوی‌هیدرو کربورها انتخاب یک‌روش تصفیه مناسب ضرورت کامل دارد .

هدف از این مطالعه بررسی عملکرد واحد جذب سطحی و واحد چرخ گردان بوده است که در این سیستمها از سوبسترات ساکارز بعنوان مدل پس‌آبهای فوق‌الذکر استفاده شده است .

تصفیه بیولوژیکی پس‌آبهاباستفاده از واحد جذب‌سطحی و واحد چرخ گردان از روش‌های متداول در دومین مرحله تصفیه پس‌آبها میباشد .درصورتیکه‌غالبا "اولین‌و سومین مرحله تصفیه پس‌آبها شامل عملیات فیزیکی از قبیل خنثی کردن و جداکردن مواد معلق میباشد .

دومین مرحله‌تصفیه‌شامل‌پروسس اکسیداسیون بیوشیمیائی بوده که در این مرحله مواد معلق وقابل‌حل آلوده‌کننده‌با روش اکسیداسیون‌بیوشیمیائی توسط میکروارگانیزمهاازبین‌میروند (۲)

واحد جذب سطحی‌برای‌تصفیه‌فاضلاب‌انسانی و پس‌آبهای صنعتی بکار گرفته میشود . (۳)

واحد چرخ گردان در مقام مقایسه با واحد جذب سطحی واحد جدیدتری بوده که بکار گرفتن آن آسان‌تر است (۴)

هدف از این مطالعه مقایسه راندمان این دو سیستم بیو- لوژیکی میباشد که این بهره‌وری در غالب درجه اکسیداسیون بیوشیمیائی‌وکیفیت‌وکمیت‌لجن تولیدشده اندازه گرفته می‌شود .

di-ammonium hydrogen phosphate	o,o4 g/L
ammoniumS sulphate	o.o2 o g/L
di- potassium hydrogen phsphate	o.o5g/L
potassium di-hydrogen phosphate	o.o2g/L
magnesium sulphate	o.o2g/L

روش‌ها ومواد

وسائل

واحدجذب‌سطحی‌باتوضیح‌درشکل۱مشاهده‌میشود . ارتفاع ستون۱/۵ متراست‌که‌بطورنامنظم‌از ز Packing های پلاستیکی پر شده است که میکروارگانیزمها بر روی سطح این Packing رشد میکنند (۵)

پس‌آب‌بااستفاده‌ازیک‌بشقاب‌دایره‌ای‌بر روی Packing پخش میشود سپس پس‌آب تصفیه شده‌داخل‌یک تانک جمع می- شودکه مقداری از آن بعنوان برگشت داده شده و باپس‌آب، تصفیه نشده داخل برج میشود و بقیه آن بعنوان پس‌آب تصفیه شده از سیستم خارج میشود .

شمای کلی واحد چرخ‌گردان در شکل ۲ نشان داده‌شده است که ابعاد سیستم در شکل ۳ مشهود است . در اینجا از صفحات زبرپلکسی‌گلاس برای رشد میکروارگانیزمها استفاده‌شده است و نحوه عمل سیستم بدین‌ترتیب‌است که دیسکها درهنگام عبور از پس‌آب آلودگی را بخود جذب کرده و در هنگام عبور از هوا اکسیژن لازم‌را برای‌اکسیده کردن مواد آلوده‌کننده‌جذب میکنند .

ترکیب تغذیه ورودی به دستگاهها

ازمحلول‌ساکارز با غلظت 1g/litre همراه با نمکهای ذیل‌بعنوان‌مدل‌استفاده شده است که PH نهائی مخلوط حدود ۷ میباشد (۱۱)

نمونه گیری و آنالیز

برای هر نمونه ۵ لیتر را در مدت نیم ساعت جمع کرده که از این حجم چند سانتی‌متر مکعب برای آنالیزبرداشت‌میشود و همزمان با نمونه خروجی یک نمونه از پس‌آب ورودی بهمان روش برداشته میشود تمام نمونه‌ها با استفاده از کاغذ صافی با شبکه‌های بسیار ریز (0.65 میکرون)صاف شده بنحویکه تنها مواد محلول آنالیز شوند .

آزمایشها COD و BOD و suger برروی نمونه‌صاف شده انجام میشود (۱۰) .

بطوریکه‌آزمایش BOD دردرجه‌حرارت ۲۷°C برای مدت سه روز انجام میشود که این‌معادل‌انجام‌آزمایش‌در درجه‌حرارت ۲۰ °C بمدت ۵ روز است ، که با انجام این آزمایشات معیاری کلی از بازدهی سیستم بدست میآید . آزمایشی که برای تعیین کیفیت لجن انتخاب شده SVI (ضریب حجم لجن) نام دارد که این آزمایش بر روی یک لیتر نمونه در یک سیلندر یک لیتری انجام میشود .

$$SVI = \frac{\text{درصد حجم لجن ته‌نشین شده بعد از نیم‌ساعت}}{\text{درصد مواد معلق}}$$

برای‌یک‌لجن‌خوب SVI بایدکمتر از ۲۰۰ باشد که مقادیر بیش از ۲۰۰ نشان کیفیت بد لجن میباشد (۳)

تستهای میکرواکولوژیکی

تنها تستهای کیفی میکرواکولوژیکی بااستفاده‌ازمیکروسکوپ برای مطالعه طبیعت میکروارگانیزم و نوع میکروارگانیزم‌های رشد یافته‌انجام‌شده است که از این‌میان مسئله‌جالب‌ملاحظه مقداری قارچ ــ مخمر و باکتری بوده است .

معیارانتخاب‌شده‌برای مقایسه راندمان واحد جذب‌سطحی و واحد چرخ گردان

اگر چه بار BOD غالبا" بعنوان مبنای مقایسه بهره‌وری سیستمهای تصفیه پس‌آب بکار گرفته میشود ولیکن بعلت دقت آزمایش COD بجای بار BOD از بار COD استفاده‌کرده‌ایم .

بار COD = بار ئیدرولیکی × COD

$Kg\ m^2{}_{day}\ M^3/m^3/day\ \ kg/M^3$

که m نماینده حجم سیستم و M نشان‌دهنده‌حجم پس‌آب ورودی به سیستم میباشد در این مطالعات بارCOD با توجه به‌تغییرات بار ئیدرولیکی تغییر میکند در حالیکه COD ورودی ثابت‌است .

"بحث و نتیجه "

تستهای BOD و COD تنها وسیله کنترل آنالیزهاهستند علی‌رغم ضعف تست BOD این‌تست‌تنهاوسیله‌بیان‌کننده میزان اکسیژن مصرف شده برای‌ازبین بردن مواد آلی توسط واسطه‌های طبیعی (میکروارگانیزمها) است . از طرف دیگر تست COD با ۲ساعت‌زمان‌انجام خیلی‌قابل‌درک‌بوده‌وهیچیب از محدودیتهای تست BOD رادربر نداردوبیان‌کننده‌مقدارکل موادآلی میباشد .

چون‌تولیدلجن (که‌شامل ارگانیزمهای مرده یا زنده‌است) یکی از جانبی تمام واحدهای تصفیه پس‌آب هست . بنابراین اندازه‌گیری کیفیت لجن لازم و ضروری است .

یکی از ساده‌ترین و مفیدترین‌معیارهای‌اندازه‌گیری SVI میباشد که شاخص خوبی برای محاسبه مقدار لجن ته نشین شده و حجم لجن میباشد (۱۲)

بارCOD بعنوان‌مبنای‌مقایسه‌دوسیستم باواحد $g/m^3/day$ انتخاب شده است که در اینجا m نماینده حجم موثر سیستم میباشد (بعنوان مثال ۱۰۰ لیتر فضا برای‌مواد پرکننده درواحدجذب سطحی و ۷ لیتر برای (Biodisc) و باین‌دلیل از حجم سیستم بجای سطح استفاده شده است که حجم کمیتی مشخص وابسته به سطح میباشد .

بار COD باواحد $kg/m^3/day$ بهمین نحوقابل‌انتخاب بود و لیکن محاسبه سطحی که میکروبها بر روی آن رشدکرده‌اند کار ساده‌ای نمیباشد و لااقل انتخاب حجم ایده خوبی ازاندازه سیستم در بر دارد .

مهمترین نتایج برای واحد جذب سطحی (TF) و واحد چرخ گردان (BD) بترتیب در جدول شماره ۱ و جدول شماره ۲ نشان داده شده است که تمام این نتایج در حالت یکنواخت اندازه‌گیری‌نشده‌اندچون‌اندازه‌گیری در حالت یکنواخت‌مستلزم

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

ظرف‌وقت‌بیشتری‌است‌بهر حال این نتیجه در درجه دوم‌اهمیت در مقابل هدف اصلی سیستم قرار دارد .

علاوه بر این عملکرد دو سیستم نشان میدهد که در طی نمونه‌گیری دو سیستم به حالت یکنواخت (Steaday State) نزدیک بوده‌اند و بعلت ۲۴ ساعت‌فاصله‌زمانی بین هر دونمونه گیری احتمال یکنواخت‌بودن زیاد بوده است .

نتایج نشان داده شدبرای TF درجدول ۱/۷۰% کل‌نتایج بدست آمده از نمونه‌گیری را نشان میدهددر حالیکه نتایج‌نشان داده شده برای BD در جدول ۲ حدود ۸۰% از کل نمونه‌های اندازه‌گیری را نشان میدهد .

روش اندازه‌گیری طوری انتخاب شده که هر گونه تعییری در مشخصه نمونه رامی‌نی‌مم یاصفرکند . بنابراین برای آنالیزها نمونه برداری طوری انجام شده که‌هرنمونه تا حد امکان نماینده وضع حقیقی سیستم باشد .

با استفاده از اطلاعات جدولهای ۱ و ۲ منحنی‌های زیر نتیجه شده‌اند :

شکلهای A تا E : مقایسه بازدهی TF & BD

بترتیب‌نمایش‌شکلهای A تا E نشان‌دهنده‌اثربارCOD بر

درصد تقلیل شکر	Figure A
COD " "	Figure B
BOD " "	Figure C
غلظت نهائی شکر در خروجی مقادیر	Figure D
	Figure E

شکلهای F تا H روابط بدست آمده

شکلهای F تا H نشان تناسب معکوس بین بارCODوکمیت های ذیل میباشد .

درصد تقلیل COD	TF	Figure F
قند جابجانشده در	TF	Figure G
تقلیل قند در	BD	Figure H

باتوجه‌به‌شکلهای‌رسم شده‌می‌بینیم‌که‌راندمان اکسیداسیون بیوشیمیائی درBD بهتر از TF است‌وتنهااز نظر میزان وکیفیت لجن تولید شده واحدTF بهتر ازBD میباشد و حتی‌ازشکل E معلوم میشود که SVI برای BD همیشه بالاتر از ۲۵۰ است در صورتیکه TF غالبا" پائین‌تر از ۲۰۰ میباشد .

بنابراین نه تنها TF لجن کمتری ایجاد مینماید بلکه‌لجن ایجادشده‌قابلیت‌ته‌نشین‌بهتری‌داردآنچنانکه مقادیر کم SVI در TF این حقیقت را تایید میکند .

شکلهای مقایسه‌ایAتاD نشان میدهد که از هر نقطه نظر بازدهی BD بهتر از TF است . برای یک درصد تقلیل (شکر ، COD و BOD) BD بارCOD بیشتری را از TF تحمل میکند .

اگر نسبت بارCODرا بترتیب ذیل تعریف کنیم :

$$\text{نسبت بارCOD} = \frac{\text{بار COD و BD در ۵۰\% تقلیل}}{\text{بارCOD رو TF در۵۰\%تقلیل}}$$

سپس از شکل A برای ۵۰% تقلیل شکر داریم :

$$\text{نسبت بارCOD} = \frac{۱۷۰}{۵} = ۳۴$$

از شکل B برای ۵۰% تقلیل COD داریم :

$$\text{نسبت بارCOD} = \frac{۵۵}{۵} = ۱۱$$

و از شکل C برای ۵۰% تقلیل BOD داریم

$$\text{نسبت بار COD} = \frac{۱۰}{۲} = ۵$$

بنا براین BD میتواند باری بین ۳۴ – ۵ برابر بار TF را در یک درصد تقلیل ثابت تحمل نماید .

شکل D نشان میدهد که غلظت شکر در خروجی BD از بار ۴۰ COD ببالا شروع به افزایش مینماید در حالیکه در TF غلظت خروجی به نزدیکی غلظت ورودی رسیده است از شکل F و G و H روابط خطی زیر مشهود است :

$$\text{درصد COD جابجا شده (F)} = \frac{۱}{0.006 + 0.002(\text{بار COD})}$$

$$\text{سوبترات جابجا شده (G)} = \frac{۱}{۵ + 0.0015(\text{بار COD})}$$

$$\text{درصد COD جابجا شده (H)} = \frac{۱ \quad BD}{0.0046 + 0.003(\text{بار COD})}$$

جائیکه بار COD در واحد $kg/m^3/day$ بیان میشود .

در شکلهای F و G و H بهترین منحنی با توجه به روش Method of least squares. تعیین شده است . (۸)

در TF شکلهای F&G نشان میدهد که رابطه خطی تا بار ۲۰ COD قابل قبول است . جائیکه برای BD از شکل H رابطه خطی تا بار ۸۰ قابل قبول است .

بنابر این از روابط مشتق شده محاسبه متغیر سمت چپ رابطه با توجه به COD بکار برده شده قابل محا سبه است . اگر چه این روابط تنها در مورد ساکارز قابل قبول است ولی بهرحال برای هر پسآبی که آلودگی کربوئیدارات را در برداشته باشد رابطه‌ای نظیر روابط ذکر شده صادق خواهد بود .

مشاهدات میکرواکولوژیکی در زیر میکروسکوپ نشان میدهد که قسمت اعظم میکروارگانیزمهای رشد یافته در TF و BD کپک و قارچ هستند و خروجی BD شامل قارچ و کپک و قارچهای الیافی است که وجود اینها خود دلیل بالا بودن SVI در BD میباشد .

در TF نسبتا " مقدار کمی لجن در خروجی موجود است که در واقع humus است که تشکیل شده است از میکربهای مرده و یا محصولات آنها که دارای مشخصه ته‌نشینی بسیار جالبی می‌باشند .

" نتیجه "

از اطلاعات و نتایج بدست آمده بر روی TF و BD نتایج زیر اتخاذ میگردد :

۱ – در فاصله بار COD درصد سوبترات COD و BOD زبین رفته در BD خیلی بیشتر از TF است . BD برای اکسیداسیون بیوشیمیائی ۵ – ۳۴ برابر موثرتر است .

۲ – برای یک بار COD معین میزان لجن تولید شده توسط TF از نظر کمی کمتر از نظر کیفی با توجه به نتایج SVI در TF بهتر از BD است .

۳ – در TF رابطه خطی معکوس بین بار COD و درصد شکر و COD تقلیل یافته شده موجود است .

۴ – در BD همچنین رابطه خطی معکوس بین بار COD و درصد COD تقلیل یافته شده موجود است .

و اینک آزمایشات در مدل آزمایشگاهی برروی سیستم لجن فعال با بکار بردن سوبترات کربوئیدراتها انجام میشود که نتایج منتج از آن با نتایج آزمایشات BD و TF مقایسه خواهد شد .

TABLE 1. SUMMARY OF CALCULATED DATA FOR THE TRICKLING FILTER.

COD LOAD $kg/m^3/day$	EFFLUENT SUGAR mg/L	PERCENTAGE REMOVED: COD(A)	SUGAR(B)	EOD	$\frac{1}{A}$	$\frac{1}{B}$
4.28	350	50	62	29	0.020	0.016
7.44	420	42	58	30	0.024	0.017
3.21	130	67	86	50	0.015	0.011
10.29	360	37	64		0.027	0.016
9.66	350	56	61	26	0.018	0.016
23.82	750	23	28	21	0.043	0.036
6.75	400	-	57	22	-	0.018
4.56	330	63	67	29	0.016	0.015
14.87	630	30	37	-	0.033	0.027
20.54	650	18	37	10	0.056	0.027
30.58	700	22	32	15	0.045	0.031
2.01		77	-	47	0.013	-
10.35	660	34	45	10	0.029	0.022
6.73	625	47	50	-	0.021	0.020
4.06	400	44	59	44	0.023	0.017
4.96	220	40	73	37	0.025	0.014

TABLE 2. SUMMARY OF CALCULATED DATA FOR THE BIODISC.

COD LOAD $kg/m^3/day$	EFFLUENT SUGAR mg/L	PERCENTAGE REMOVED: SUGAR	BOD	COD(A)	$\frac{1}{A}$
7.79	0	100	35	93	0.011
24.12	0	100	10	66	0.015
4.56	0	100	70	94	0.011
19.13	0	100	40	75	0.013
60.46	150	85	-	61	0.016
10.85	0	100	49	84	0.012
68.02	100	90	26	56	0.018
9.45	0	100	50	-	-
14.08	0	100	29	79	0.013
22.27	0	100	-	100	0.010
121.00	200	74	0	0	-
120.30	300	71	20	15	0.067
34.20	50	95	-	35	0.029
48.27	30	98	27	55	0.018
148.30	380	63	-	25	0.040
28.70	180	84	62	76	0.013
32.80	85	91	45	72	0.014
82.71	370	69	15	39	0.026
36.20	120	88	53	68	0.015
81.70	10	99	20	26	0.038

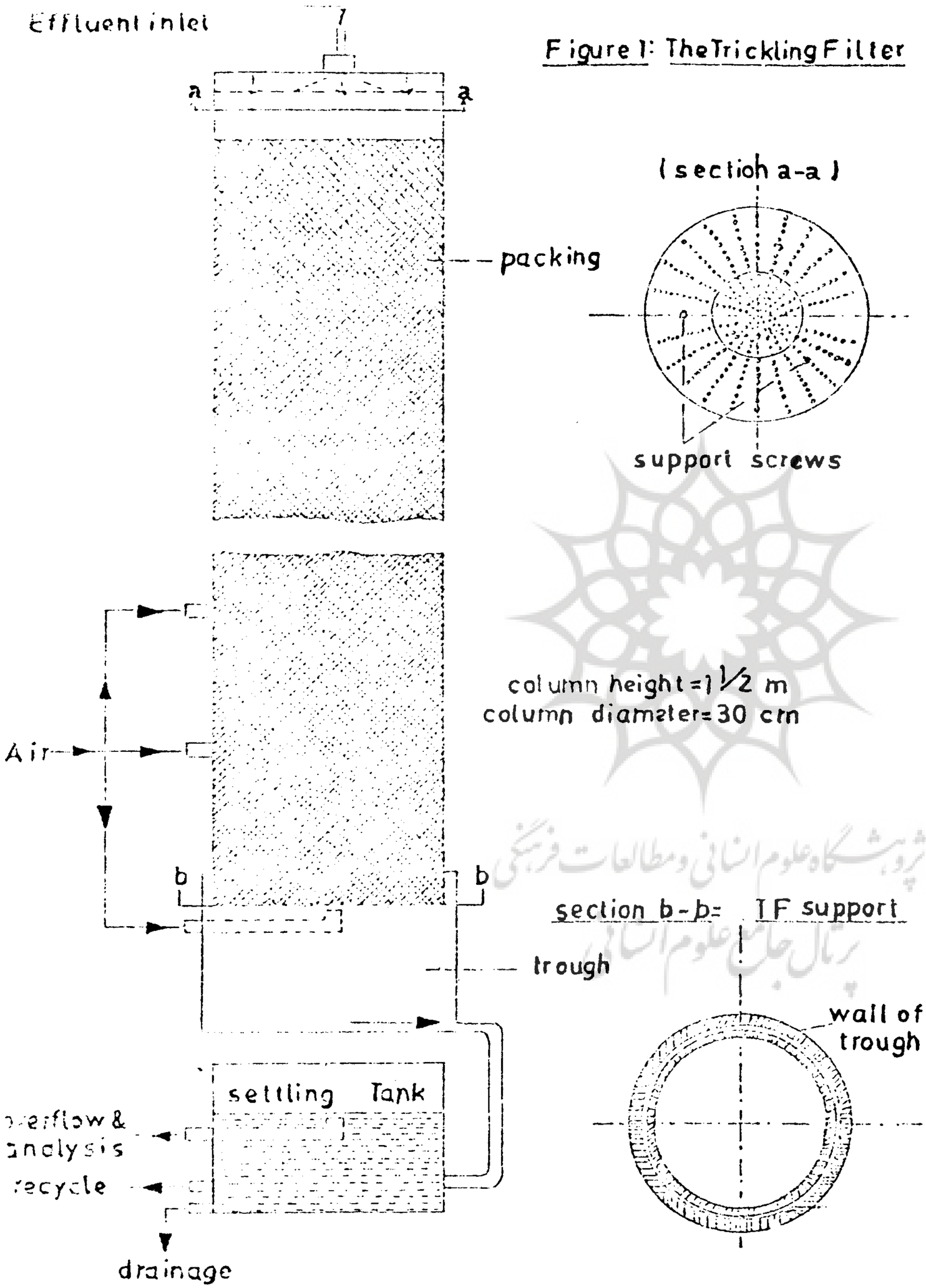


Figure 1: The Trickling Filter

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

Figure 2: Plan View of the Biodisc

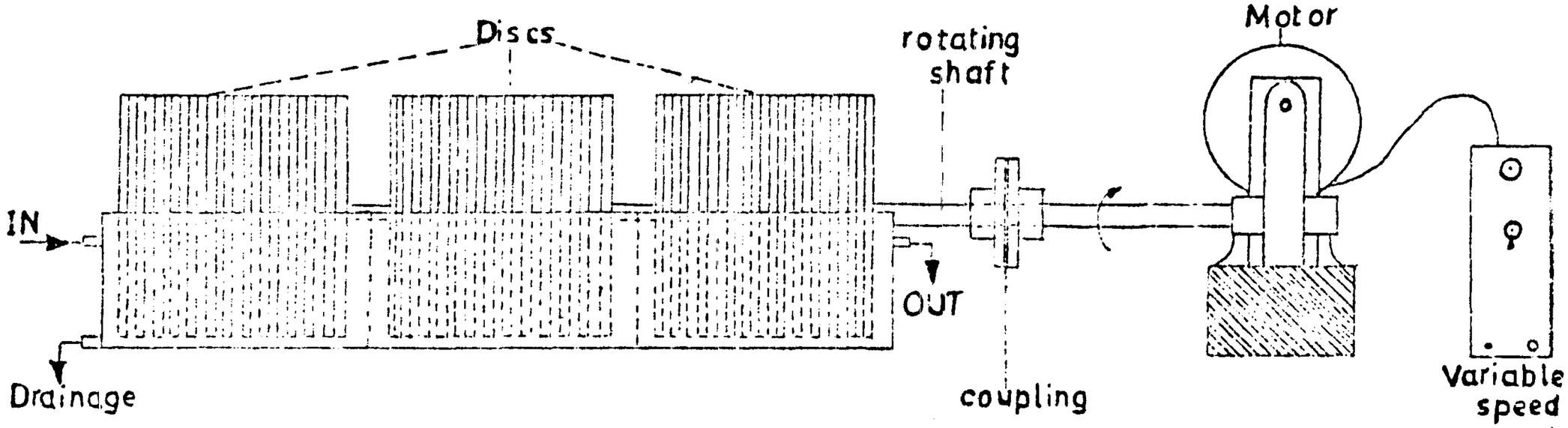
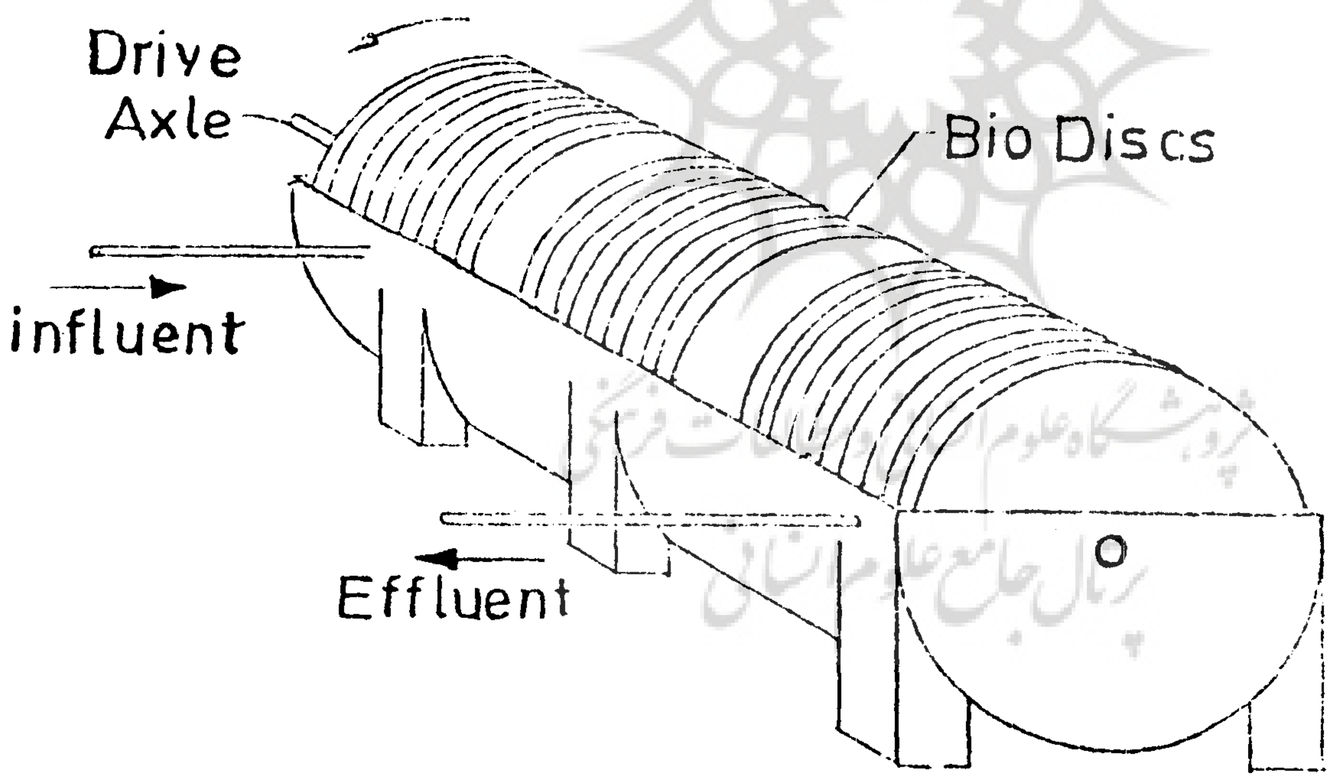


Fig 3: Biodisc Unit in Perspective



Total volume = 7 litres
Totalnumber of discs = 75
Total surface area = 54.2 ft^2 (5.0 m^2)
Diameter of disc = 8 inches (20 cm)
Thickness of disc = 1/8 in. (3 mm)
Rotating speed = 20 r.p.m.

Figure A: COD Load vs. % Substrate Removed in Biodisc & Trickling Filter

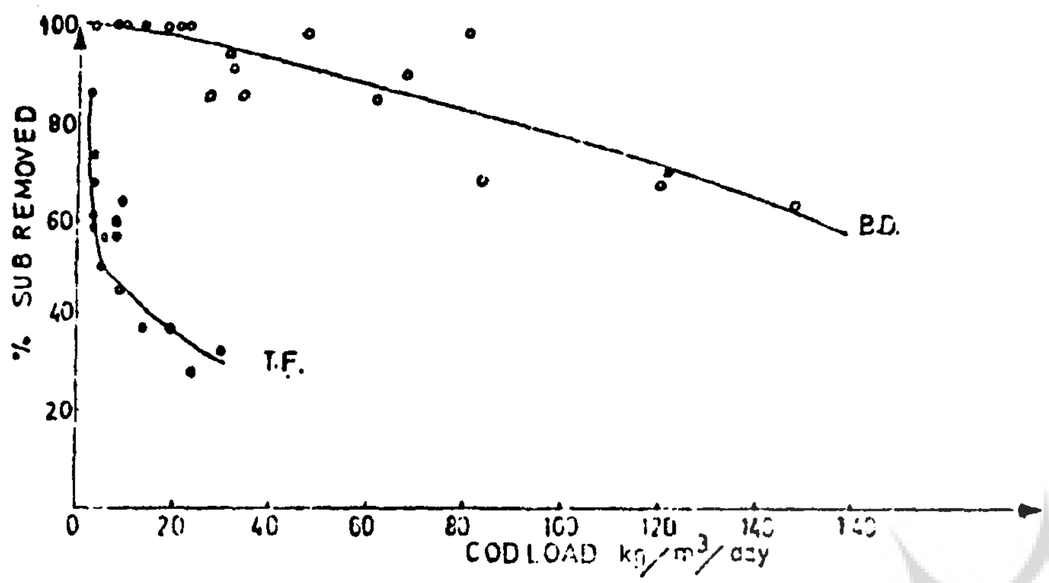


Figure B: COD Load vs. % COD Removed in Biodisc & Trickling Filter

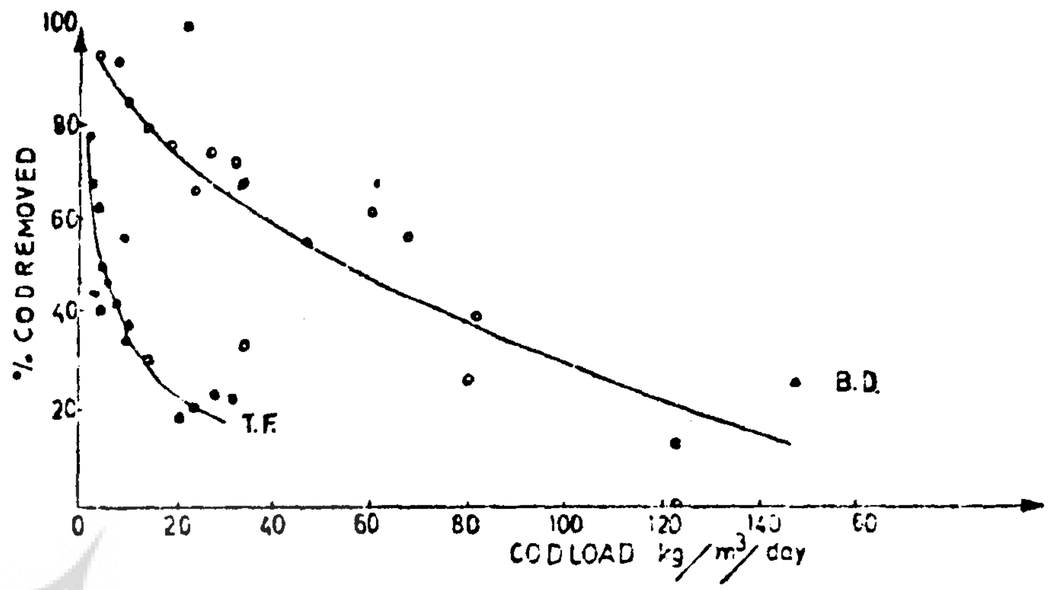


Figure C: COD Load vs. % COD Removed in Biodisc & Trickling Filter

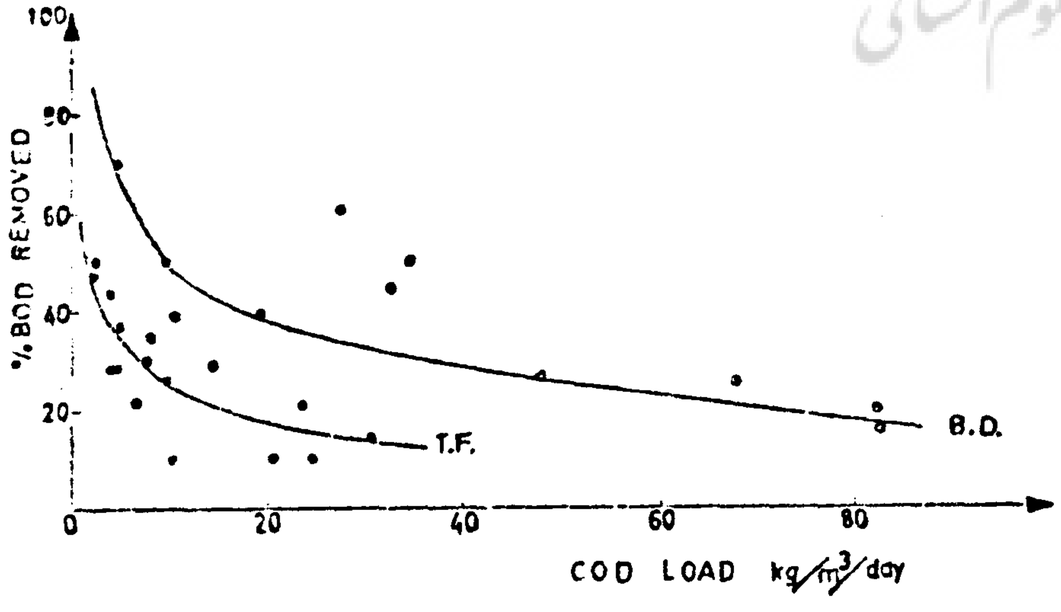
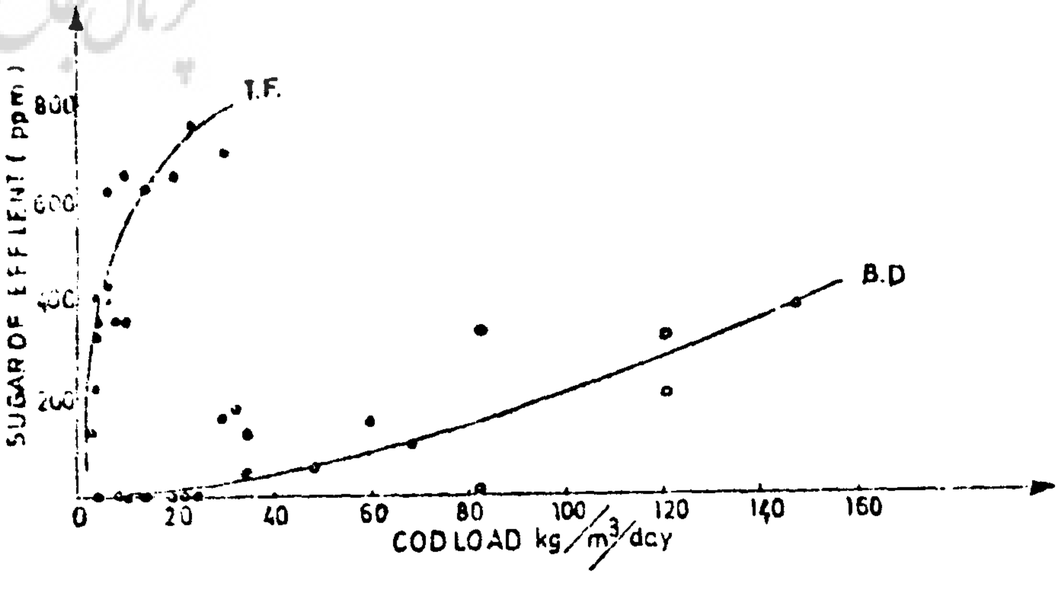


Figure D: COD Load vs. Effluent Sugar Concentration in Biodisc & Trickling Filter
(Average feed concentration = 1000 ppm)



پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

Figure E: COD Load vs. Sludge Volume Index in Biodisc & Tricking Filter

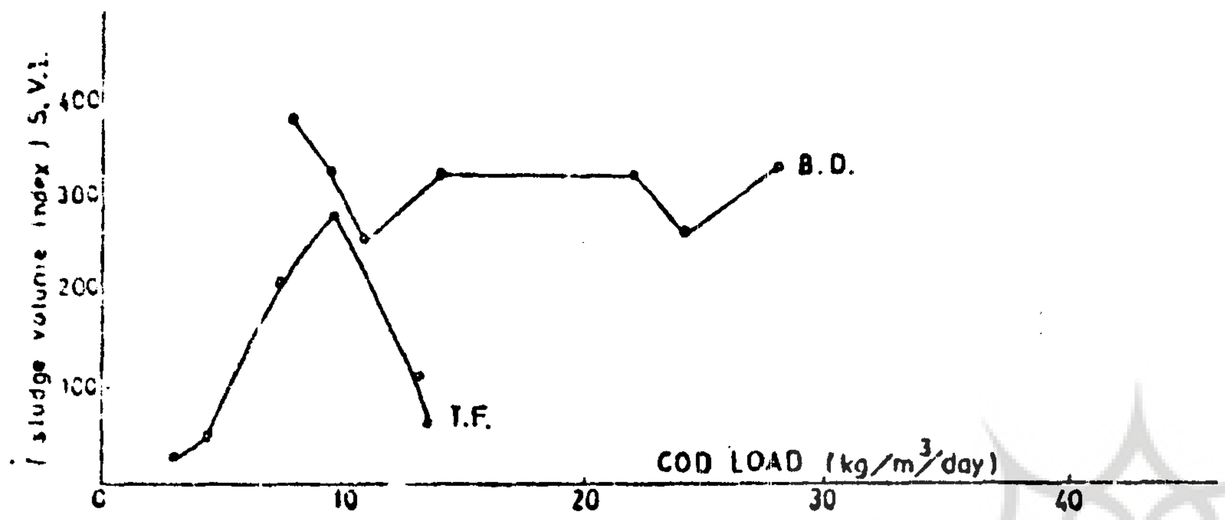


Figure F: COD Load vs. (1/% COD Removed) in Trickling Filter

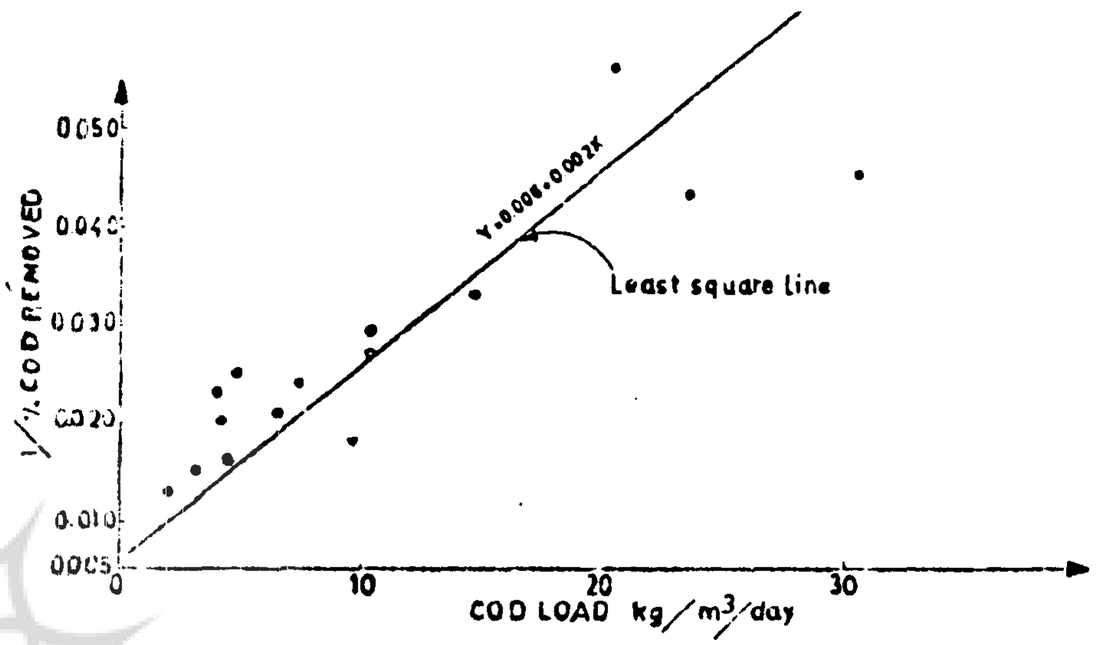


Figure G: COD Load vs. (1/% Substrate Removed) in Trickling Filter

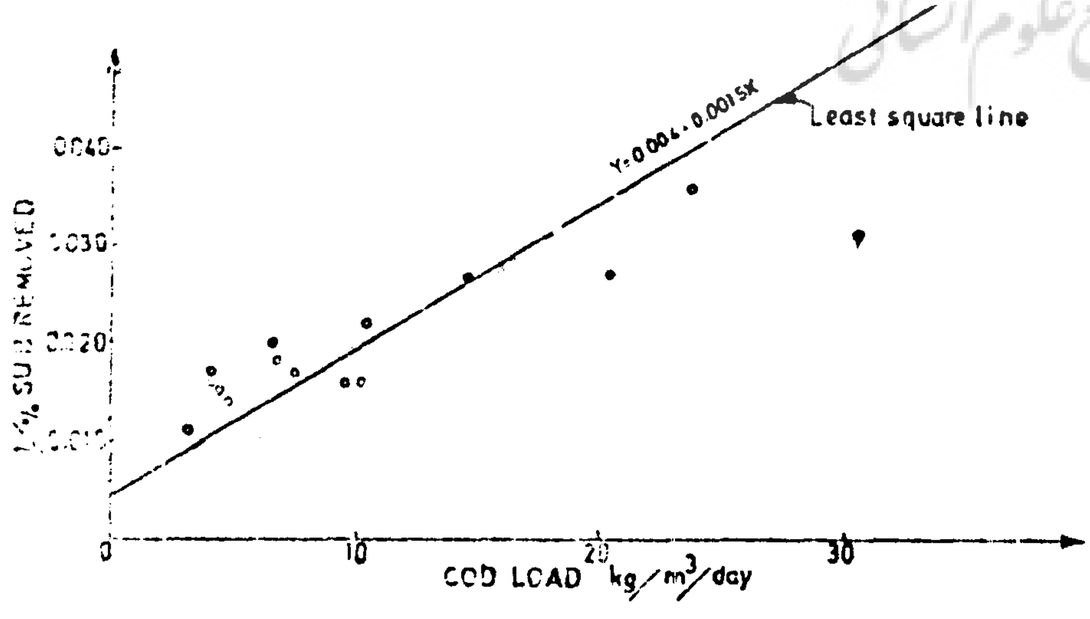
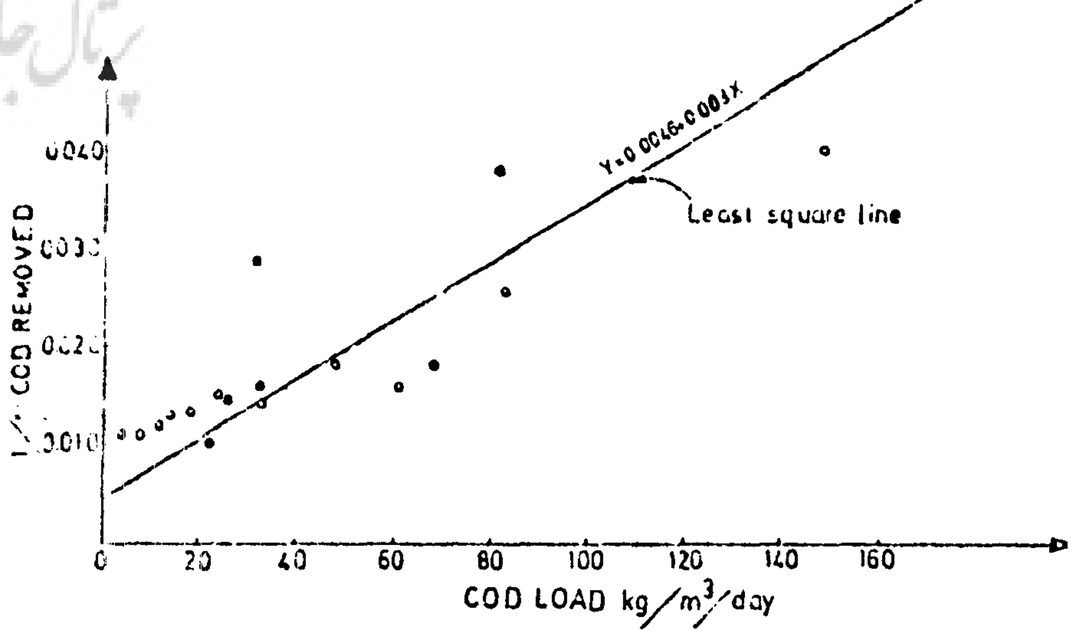


Figure H: COD Load vs. (1/% COD Removed) in Biodisc



پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی