

## تکنولوژی تصفیه فاضلاب

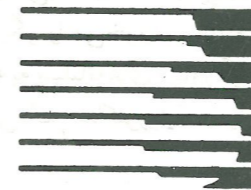
### به روش کاروسل

### Carrousel (سیستم اکسایش بیولوژیکی)

ترجمه: مهندس ناصر کاظم زاده

#### خلاصه

تاریخچه استفاده از روش کاروسل در تصفیه فاضلاب نسبتاً کوتاه بوده ولی این روش می‌تواند تکنولوژی مؤثری در امر تصفیه فاضلاب باشد. اصولاً این روش شباهت کامل به کانال اکسیداسیون تصفیه فاضلاب داشته که توسط دانشمند هلندی بنام دکتر پاسویر "Passveer" شناخته شد. ایده اصلی از کاربرد کانال اکسیداسیون محدود کردن تعداد واحدهای سیستم تصفیه بوده بطوری که اکثر مراحل تصفیه در یک واحد انجام می‌شود و بجای بکار بردن واحدهای مختلف از قبیل تانک ته‌نشینی مقدماتی، استخر هوادهی، تانک ته‌نشینی ثانویه و تانکهای هضم لجن که در سیستم لجن فعال متعارف مرسوم است فاضلاب می‌تواند فقط در یک کانال اکسیداسیون تصفیه گردد قابل ذکر است که پارامترهای طراحی و روش کار سیستم کاروسل نیز همانند کانال اکسیداسیون می‌باشد.



#### ۱- پاره‌ای از خصوصیات برتر سیستم کاروسل

تصفیه فاضلاب به روش کاروسل از نظر بهره‌برداری ساده بوده و فرآیند تصفیه آن نتایج عالی را خواهد داد. این سیستم از نظر اقتصادی با صرفه و با بهترین راندمان بیولوژیکی عمل می‌نماید و در حال حاضر صدها تصفیه‌خانه فاضلاب با ظرفیت بین ۵۰۰ هزار تا ۱۰ میلیون نفر جمعیت معادل با این روش بهره‌برداری می‌شوند.

سیستم کاروسل دارای خصوصیتی است که می‌تواند نیاز تصفیه‌خانه‌های فاضلاب را در صورتی که موارد زیر مورد نظر باشد برطرف نماید.

- حذف کامل BOD و آمونیاک در حد استاندارد
- مقاومت قابل توجه در مقابل شوکهای بیولوژیکی و هیدرولیکی
- سادگی و امکان بهره‌برداری راحت از آن
- فرآیند تصفیه لجن بطور محدود
- رعایت کامل مقررات مربوط به کنترل بو
- به حداقل رسانیدن هزینه‌های ساختمانی
- یکی از خصوصیات مشخص سیستم کاروسل این است که

زیاد، لجن هضم شده هوازی تولید می‌گردد که می‌توان آن را با روشهای معمول بطور مستقیم آبیگری نمود. در تصفیه‌خانه‌هایی که بار لجن بسیار زیاد می‌باشد، اقتصادی است که حوض رسوبی اولیه احداث گردد.

#### خلاصه‌ای از فواید سیستم کاروسل

- به علت کنترل مقدار اکسیژن در سیستم کاروسل، شرایط محیطی بسیار عالی برای اثر بیوکنتیک میکروارگانیسمها بوجود می‌آید، بنابراین این روش برای تصفیه فاضلاب و حذف  $BOD_{5^{20}}$  و ازت بسیار مناسب است.

- نتایج استفاده از هوادهیهای سطحی مورد استفاده در این روش به شرح زیر است:

● هزینه پایین، به علت نصب واحدهای هوادهی مرکزی با ظرفیت زیاد (یک هوادهی با قدرت ۱۰۰ اسب بخار به مراتب ارزاتر از دو هوادهی با قدرت ۵۰ اسب بخار می‌باشد)

● تجهیزات قابل اطمینانی هستند که تعمیر و نگهداری آنها ساده است و تمام قسمتهای آن به آسانی قابل دسترسی می‌باشد.

● وسایل حرکت دهنده هوادهیها در مایع مخلوط حوض

هوادهی غوطه‌ور نمی‌باشند. ● ظرفیت تجهیزات بر اساس بار  $BOD_{5^{20}}$  و قدرت آن بر اساس تلاطم و مخلوط کردن مایع مخلوط می‌باشد. - به علت انعطاف پذیری زیاد ظرفیت اکسیژن‌دهی و قدرت مصرفی برای اکسیژن‌دهی (ماکزیمم و مینیمم) مستقیماً متناسب با نیاز واقعی پروسه می‌باشد.

- در صورت ضرورت کاهش سرو صدا و پخش ذرات در هوا، پوشش هوادهیها با هزینه کم امکان پذیر است.

- به علت عمق زیاد، سیستم کاروسل جهت احداث به زمین کمتری نیاز دارد.

- هزینه‌های ساختمانی به علت عدم نیاز به استخرهای ته‌نشینی اولیه و تانک هضم لجن کاهش قابل توجهی دارد، و تجهیزات ساختمانی آن ساده و مناسب برای استفاده کارهای بتونی و قالب بندی بعدی و بالطبع زمان اجرایی کمتر است. سیستم کاروسل برای جمعیت‌های مختلف زیر طراحی و در حال بهره‌برداری می‌باشد.

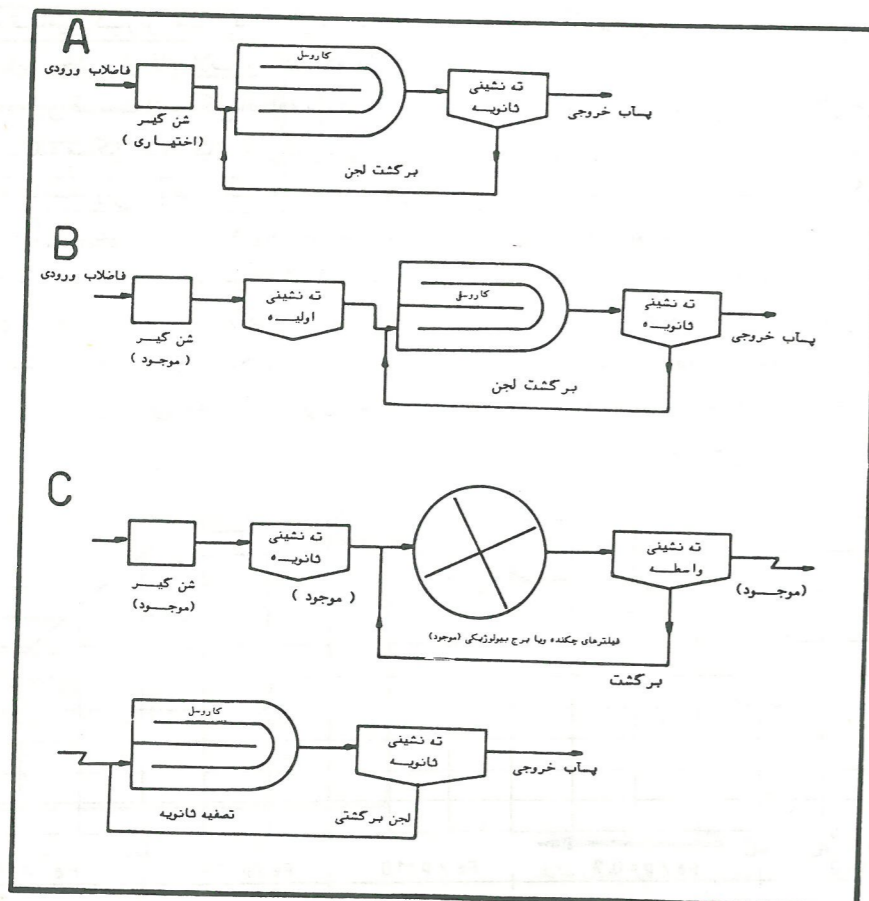
۱- ظرفیت ۳۰۰۰۰۰ نفر جمعیت معادل

۲- ظرفیت ۶۰۰۰۰۰ نفر جمعیت معادل

۳- ظرفیت ۷۵۰۰۰۰ نفر جمعیت معادل

۴- ظرفیت ۱۰۰۰۰۰۰ نفر جمعیت معادل در شهر

Ludwigshafen و فرانکفورت آلمان غربی



شکل شماره ۳ - انواع فلودیاگرام مورد استفاده سیستم کاروسل در تصفیه فاضلاب

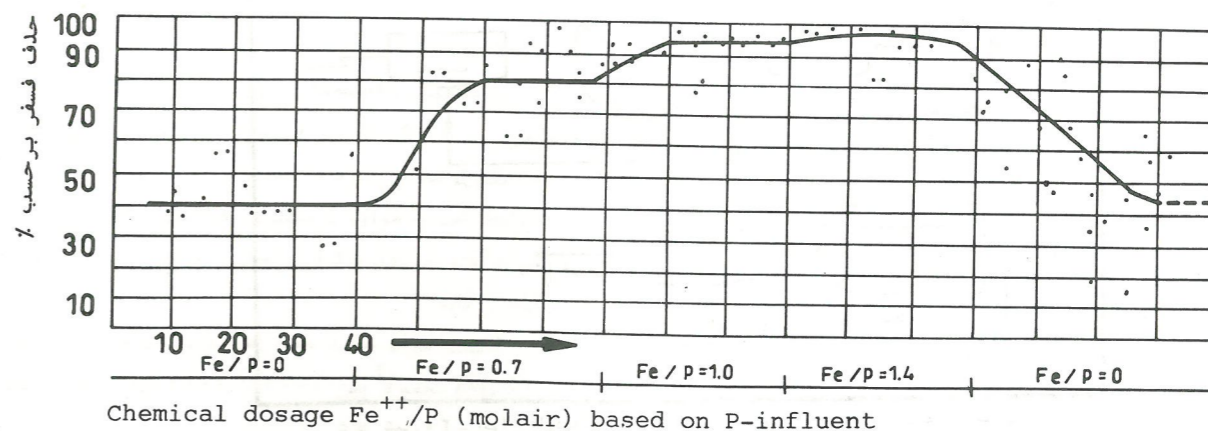
## ۶- حذف فسفر

فسفر به آسانی در سیستم کاروسل حذف می‌گردد. بیش از ۴۰ درصد فسفر موجود در فاضلاب بوسیله عمل بیولوژیکی و به عبارتی برای سنتز مواد سلولهای جدید با عمل جذب حذف می‌شود. درصد باقی مانده توسط واکنشهای شیمیایی و با توجه به نیاز استانداردهای پس آب خروجی در صورتی که رشد جلبکی آب پذیرنده باید کاهش یابد حذف خواهد شد. با یک وسیله ساده تزریق کننده مواد شیمیایی در نزدیک هواده‌ها و جایی که اختلاط کافی وجود دارد حدود ۹۵ درصد فسفر حذف خواهد شد.

معمولاً مواد شیمیایی مورد استفاده نمکهای آهن سه ظرفیتی و نمکهای آلومینیم می‌باشد از طرفی در استخر هواده‌ی سیستم کاروسل تزریق هیدروکسید کلسیم (آهک) و نمکهای آهن دو ظرفیتی نیز مؤثر خواهد بود. لازم به ذکر است که تزریق مواد شیمیایی بر روی خصوصیات لجن اثر کرده و به علاوه مقدار لجن نیز افزایش می‌یابد. منحنی زیر حذف فسفر را در یک کانال اکسیداسیون با استفاده از تزریق یون  $Fe^{++}$  نشان می‌دهد.

## ۷- اشکال مختلف سیستم کاروسل (ترکیب کاروسل):

مدار کاروسل بنحوی طراحی شده که جریان فاضلاب بطور ممتد از طریق کانالهای آن سیرکوله می‌شود. از هواده‌های با سرعت کم (با ماکزیمم سرعت کمتر از ۶ متر در ثانیه) جهت اکسیژن‌دهی مایع مخلوط و اطمینان از اختلاط مناسب محتویات استخر و ایجاد سرعت افقی جریان به اندازه کافی و تلاطم جهت جلوگیری از ته‌نشین شدن لجن در ته کانالها استفاده می‌شود. ثابت شده است که هواده‌های با سرعت کم با صرفه، مؤثر و قابل اطمینان می‌باشند که در این صورت دارای عمر طولانی و نیاز به حداقل نگهداری دارند.



ترکیبات بی‌ضرر تبدیل و یا از فاضلاب حذف گردد. بنابراین به جز مقدار ازتی که برای سنتز سلولهای جدید مورد نیاز است، حذف ازت با روشهای زیر انجام پذیر است: - آمونیفیکاسیون (Ammonification): ازت آمونیاکی ( $NH_4^+-N$ ) تحت اثر میکروارگانیسمهای هوازی (شرایط هوازی) اکسیده شده و ابتدا به نیتريت و سپس به نیترات تبدیل می‌شود.

- دی‌نیتریفیکاسیون (Dinitrification): نیتراتها و نیتريتها تحت اثر میکروارگانیسمهای بی‌هوازی (در شرایط بی‌هوازی) به ازت گازی شکل تبدیل می‌شوند. در شرایط خاص اکسیژن محلول در یک سیستم کاروسل فرآیندهای فوق بطور مشترک در یک مدار یکسان انجام خواهد گرفت و عمل سیرکولاسیون باعث راندمان بیشتر فرآیند دی‌نیتریفیکاسیون در مقایسه با سیستم معمول بدون وجود منبع خارجی کربن می‌شود.

برای انجام مراحل فوق دو شرط مهم مورد نیاز عبارتند از: - زمان ماند کافی جهت رشد باکتریهای نیتریفیکاسیون - کنترل اکسیژن محلول

در بخشی از سیستم، جایی که عمل دی‌نیتریفیکاسیون اتفاق می‌افتد باید عاری از اکسیژن و یا اکسیژن محلول این قسمت باید در حد کمتر از ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر نگهداری شود از طرفی جهت تامین کربن مورد نیاز واکنش دی‌نیتریفیکاسیون، باید بخشی از فاضلاب ورودی که دارای آلودگی بالایی است به این قسمت از سیکل اضافه شود.

اگر چه آبهای پذیرنده ممکن است نیاز به ازت زدایی پس آب خروجی نداشته باشند ولی توصیه شده است که در طراحی تصفیه‌خانه، عمل نیتریفیکاسیون به عنوان یک سنجش ذخیره انرژی نیز در نظر گرفته شود. از نظر تئوری ۶۲/۵ درصد اکسیژن مورد نیاز جهت انجام واکنش نیتریفیکاسیون می‌تواند از طریق واکنش دی‌نیتریفیکاسیون برای کاهش BOD مورد استفاده قرار گیرد و به همین دلیل مصرف انرژی جهت اکسیژن‌دهی کاهش می‌یابد.

ترجیحاً فاضلاب می‌بایستی به مداری نزدیک یک یا چند ناحیه هواده‌ی وارد شود تا از مخلوط مستقیم فاضلاب یا لجن موجود قبلی اطمینان حاصل شود. سرریز خروجی درست در محدوده منطقه هواده‌ی برای جلوگیری از اتلاف اکسیژن محلول باید باشد. اشکال مختلفی برای سیستم کاروسل وجود دارد که انتخاب آن بستگی به شرایط زیر دارد:

- کیفیت و کمیت فاضلاب ورودی و کیفیت مورد نیاز برای پس آب خروجی  
- دامنه ظرفیت اکسیژن مورد نیاز  
- اندازه ساختمان کارگاه

- تحمل ظرفیت خاک محل و موقعیت آبهای زیرزمینی  
- طرح می‌بایستی دارای حداقل افت فشار هیدرولیکی و سرعت جریان افقی کافی برای جلوگیری از ته‌نشینی لجن را حتی در ظرفیت اکسیژن دهی کم دارا باشد.  
- اشکال مختلف سیستم کاروسل در تصویر شماره ۲ دیده می‌شود.

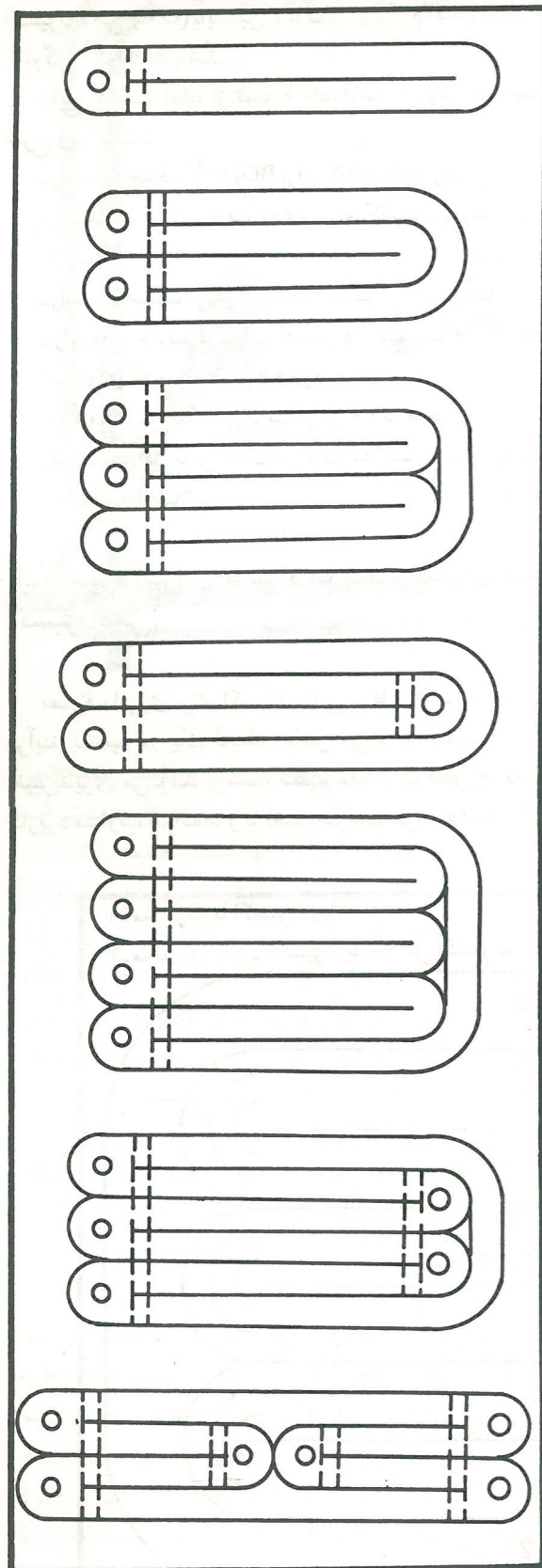
## ۸- هزینه‌های پایین عملیات ساختمانی

از آنجایی که عموماً در سیستم کاروسل حوضهای ته‌نشینی اولیه و تانکهای هضم لجن لازم نیست بنابراین هزینه‌های ساختمانی تصفیه‌خانه بسیار پایین خواهد بود. سایر فاکتورهای مؤثر در کاهش هزینه‌ها عبارتند از: - طرح ساختمانی مدار هواده‌ی کاروسل نسبتاً ساده بوده و نیازی به ساختمانهای بتونی پیچیده ندارد. - ساختمان بصورتی است که مشابه یکدیگر تکرار می‌شود.

## ۹- فلوشیتهای ممکن سیستم کاروسل

سیستم کاروسل نه فقط برای هواده‌ی گسترده همانند کانالهای اکسیداسیون (Pasveer) استفاده می‌گردد، بلکه برای تصفیه‌خانه‌های فاضلاب با بار لجن زیاد نیز قابل استفاده می‌باشد. اگر توسعه یک تصفیه‌خانه موجود به روش کاروسل انجام گیرد سبب افزایش انعطاف‌پذیری تصفیه‌خانه و ظرفیت حذف BOD<sub>5</sub> و واکنش نیتریفیکاسیون خواهد شد. انواع فلودیاگرام ممکن این روش در شکل شماره ۳ نشان داده شده است.

عموماً در سیستم کاروسل تصفیه مقدماتی، از قبیل اشغالگیری و شن‌گیری مورد نیاز می‌باشد و به علت زمان ماند



اشکال مختلف سیستم کاروسل

#### ۴- کنترل صدا و ذرات پخش شده در هوا:

اکثراً سیستم‌های هواده تولید صدا کرده و باعث پخش ذرات ریز در هوا می‌شوند که بالطبع موجب اذیت و آزار ساکنان اطراف می‌گردد در سیستم کاروسل عوامل فوق می‌توانند به سادگی و با پوشاندن مناطق هواده‌ای یا هواده‌ها کنترل شود.

در مقایسه با سایر سیستمها موارد استفاده سیستم کاروسل در این است که هواده‌ی بطور منطقه‌ای انجام می‌گیرد. بنابراین هزینه پوشاندن آن به حداقل می‌رسد.

شکل شماره ۱ طرح کلی واحد هواده‌ی (استخر اکسایش) سیستم کاروسل با کنترل اکسیژن محلول (D.O) برای انجام واکنشهای نیتریفیکاسیون و دی‌نیتریفیکاسیون را نشان می‌دهد.

#### ۵- حذف ازت

فاضلاب حاوی ازت به شکل ترکیباتی آلی (پروتئین) و آمونیاک است. آمونیاک یک ماده سمی برای زندگی آبزیان است و برای حذف هر گرم ازت آمونیاکی ( $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ ) مقدار  $4/6$  گرم اکسیژن مصرف می‌گردد. بنابراین ازت باید به

است، ولی ممکن است بیشتر از رقم فوق هم بشود. بار ظرفیت اکسیژن دهی (O.C) باید بین ۲ تا ۲/۵ کیلوگرم اکسیژن بازاء هر کیلوگرم  $\text{BOD}_{20}$  باشد.

نتایج بدست آمده از تصفیه فاضلاب به روش کاروسل به شرح زیر است:

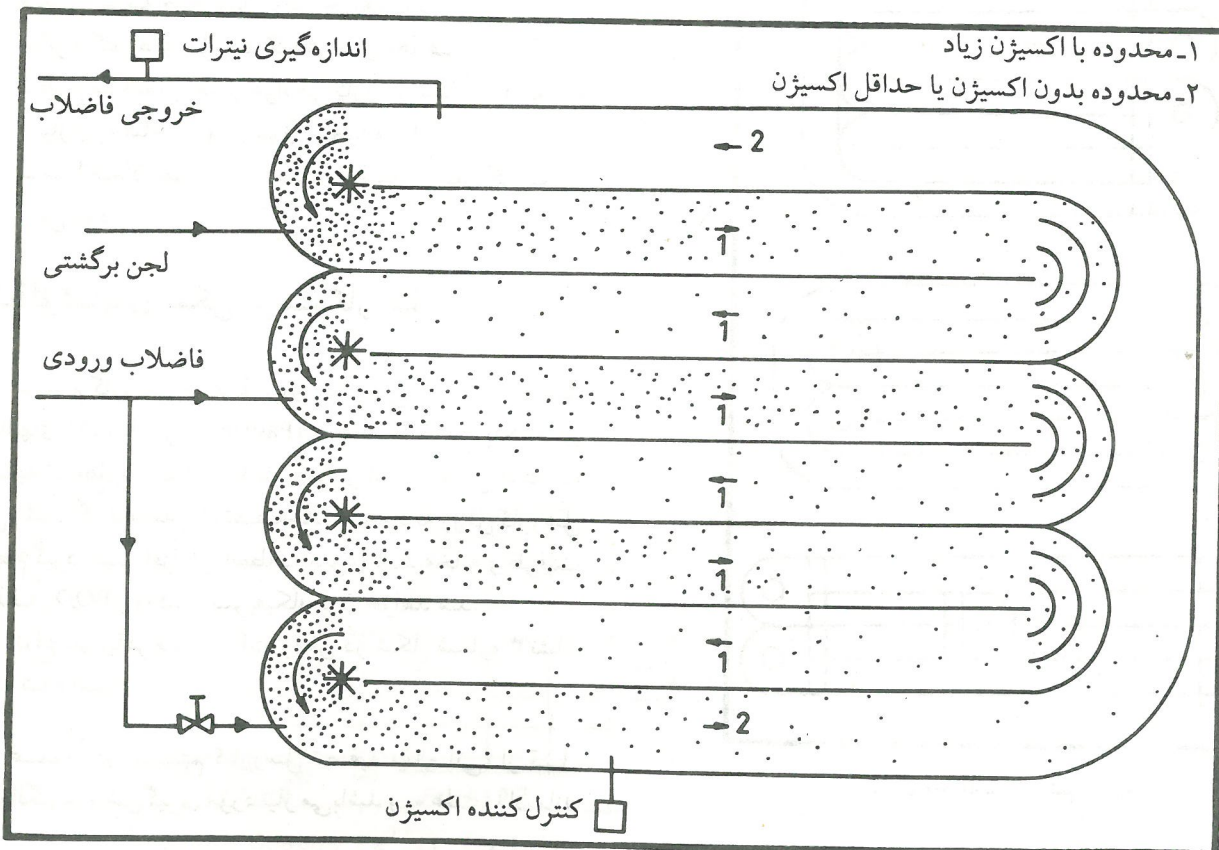
- راندمان حذف  $\text{BOD}_{20}$  برابر ۹۵ تا ۹۹ درصد  
- راندمان حذف ازت (دی‌نیتریفیکاسیون) بیشتر از ۹۰ درصد

- راندمان حذف ترکیبات فسفر بیشتر از ۵۰ درصد  
- راندمان حذف ترکیبات فسفر در صورت اضافه کردن نمکهای آهن بیشتر از ۹۵ درصد

- راندمان نیتریفیکاسیون بیشتر از ۹۰ درصد  
- تولید حداقل لجن فعال مازاد در مقایسه با سایر روشهای تصفیه فاضلاب

#### ۳- ذخیره انرژی همراه با تغییرپذیری مقدار اکسیژن دهی:

مصرف انرژی برای اکسیژن دهی بر طبق اکسیژن مورد نیاز فرآیند تصفیه در یک لحظه خاص می‌تواند متغیر باشد. این تغییرپذیری می‌تواند بوسیله تنظیم مقدار غوطه‌وری پره‌ها یا کاربرد متناوب هواده‌ها و یا تغییر سرعت هواده‌ها انجام گیرد.



شکل شماره ۱