Do Variations in Facultative Stabilization Ponds

Gheisari, A. (Ph.D)
Water & Wastewater Consulting Engineers (WWCE), Isfahan, Iran.

Abstract

Stabilization ponds have recently attracted more attention as a natural wastewater treatment method and are currently being used in almost all developed and developing countries across the globe. The technical, economic, energy saving, and operational advantages of such treatment systems have motivated many researchers in these countries to study the improvement of stabilization ponds in order to increase their efficiency and also to lift the difficulties in their operation.

In this investigation the rate of dissolved oxygen fluctuation and pH in facultative ponds at different situations were studied. The results showed the maximum oxygen concentration was increased up to 30 mg/l.

The oxygen concentrations at different depth and length were varied. The pH was changed over the period of day and night the maximum value reached up to ten.

تغییرات اکسیژن محلول در برکه‌های تثبیت اختیاری

(دریافت : ۷۹/۱۰/۱ پذیرش : ۸۰/۷/۳)

علی قیصری*

چکیده

یکی از روش‌های تصفیه فاضلاب که اخیراً بیشتر مورد توجه قرار گرفته است و در همه کشورها از آن استفاده می‌شود، روش طبیعی برکه‌های تثبیت است. در حال حاضر در ایران و بسیاری از کشورهای توسعه یافته و یا در حال توسعه تصفیه‌خانه‌های بسیاری با این فرآیند در حال بهره‌برداری می‌باشند. با توجه به دلایل فنی، اقتصادی، تأمین انرژی و مسائل بهره‌برداری، محققین بسیاری در کشورهای مختلف برای بهبود این فرایند، رفع نواقص و افزایش راندمان آن مشغول فعالیت می‌باشند، به نحوی که بسیاری از مشکلات مربوط به برکه‌های تثبیت مانند بو، استفاده از زمین زیاد و تبخیر کاهش یافته است.

در این تحقیق میزان تغییرات اکسیژن محلول و pH در برکه‌های اختیاری در شرایط مختلف مورد بررسی قرار گرفت. بنابر نتایج حاصله حداکثر غلظت اکسیژن در برکه اختیاری به بیش از ۳۰ میلی‌گرم در لیتر رسید. غلظت اکسیژن محلول در ارتفاعات مختلف و در طول برکه متفاوت بوده است. pH در ساعات مختلف در برکه متناوب بوده و به حداکثر حدود ۱۰ می‌رسد.

کلمات کلیدی :

اکسیژن محلول، انرژی، برکه تثبیت، فتوسنتز، روش طبیعی تصفیه فاضلاب.

مقدمه :

برکه‌های تثبیت اختیاری، حوضچه‌های کوچک و بزرگی هستند که فاضلاب خانگی یا سایر فاضلاب‌ها در آنها ذخیره شده و با عمل ته‌نشینی و به کمک نور، حرارت، رشد قابل توجه جلبک و میکروارگانیسم‌ها، مواد آلی موجود در آن تقلیل یافته و تصفیه می‌گردد. در این واحدها عمل ته‌نشینی و تثبیت هر دو با هم انجام می‌شوند.

واکنش‌های بیولوژیکی که در این برکه‌ها اتفاق می‌افتد پیچیده‌تر از روش‌های هوازی معمولی است. به طور کلی باکتری‌ها مواد آلی قابل تجزیه را شکسته و مقداری از آن را مصرف کرده و مواد غذایی مورد نیاز برای رشد جلبک‌ها را به وجود می‌آورند. جلبک‌ها با عمل فتوسنتز اکسیژن تولید می‌کنند. بنابراین اکثر نقاط محیط هوازی می‌باشد و باکتری‌ها از این اکسیژن استفاده می‌کنند. پس از یک سری عملیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی که با کمک جلبک‌ها، باکتری‌ها، نور خورشید و هوا خود به خود انجام می‌گیرد، فاضلاب تصفیه شده و پساب حاصله می‌تواند بی ضرر بوده و نهایتاً در آبهای سطحی، دفع و یا به صورت دیگر مصرف گردد.

در برکه‌های اختیاری مجموعه‌ای از باکتری‌های هوازی، بی‌هوازی و اختیاری فعالیت دارند به نحوی که در هر برکه سه ناحیه هوازی در سطح، بینابینی در وسط و بی‌هوازی در کف وجود دارد.

گرچه مقدار کمی از اکسیژن مورد نیاز برای حفظ شرایط هوازی طبقات فوقانی از طریق تماس سطح فاضلاب با هوای آزاد کسب می‌گردد، لیکن بخش اعظم اکسیژن توسط فعالیت فتوسنتز جلبک‌ها تأمین می‌شود. این جلبک‌ها به طور طبیعی در استخرها و مکان‌هایی که مقادیر قابل ملاحظه‌ای از مواد غذایی و نور خورشید وجود دارد رشد می‌کنند. رنگ سبز استخرها به علت وجود همین جلبک‌هاست. باکتری‌های موجود در این استخرها از اکسیژن تولید شده توسط جلبک‌ها استفاده نموده و مواد آلی موجود در فاضلاب را اکسید می‌نمایند. شکل ۱ نمای کلی یک برکه تثبیت اختیاری را نشان می‌دهد.

*عضو هیأت علمی آموزشکده مهاجر اصفهان و کارشناس ارشد مهندسین مشاور طرح و تحقیقات آب و فاضلاب

یکی از مهم‌ترین محصولات نهایی متابولیسم باکتری‌ها گاز کربنیک است که توسط جلبک‌ها در واکنش فتوسنتز مورد استفاده قرار می‌گیرد. این امر به این علت صورت می‌گیرد که نیاز جلبک‌ها به گاز کربنیک از مقداری که توسط هوا تأمین می‌شود بیشتر است. بنابراین یک همزیستی متقابل و مشترک[1] بین باکتری‌ها و جلبک‌ها در برکه وجود دارد. از آنجا که فتوسنتز جلبک یک فعالیت وابسته به نور بوده در مقدار و غلظت اکسیژن محلول موجود در استخر در طول شبانه‌روز تغییراتی حاصل می‌گردد که در ادامه توضیح داده خواهد شد.

با توجه به این که نیاز اصلی تصفیه هوازی فاضلاب تأمین اکسیژن می‌باشد که برای تهیه آن به کمک وسایل الکترومکانیک به سرمایه‌گذاری زیاد، مسائل بهره‌برداری پیچیده و انرژی قابل توجهی نیاز است و در آینده تأمین این انرژی از طریق سوخت‌های فسیلی علاوه بر آلودگی‌هایی که ایجاد می‌شود دشوار خواهد بود، بنابراین روش‌های طبیعی تولید اکسیژن و تصفیه فاضلاب از موضوعاتی است که در سال‌های اخیر مورد توجه خاص قرار گرفته و در آینده هم بیشتر مورد توجه قرار خواهد گرفت. در این صورت علاوه بر این که هیچ‌گونه انرژی مصرف نخواهد شد بلکه با تثبیت انرژی خورشید و همچنین استفاده از مواد مغذی موجود در فاضلاب و ذخیره آنها در پیکره سلول جلبک‌ها، فاضلاب تصفیه شده و هم انرژی ذخیره می‌گردد.

---

[1] - Symbiosis

میزان تولید اکسیژن به عواملی از قبیل موقعیت جغرافیایی برکه تثبیت، شدت نور، غلظت جلبک، کیفیت فاضلاب و غیره بستگی دارد [۳]. بایستی توجه داشت که برای انجام پدیده فتوسنتز حتماً به نور مستقیم نیاز نمی‌باشد. مناطقی در دنیا وجوددارند که آسمان آبی به ندرت مشاهده می‌گردد ولی برکه‌های تثبیت شرایط کاملاً فتوسنتزی دارند [٤]. در شدت‌های پائین نور، راندمان مصرف نور به وسیله جلبک اغلب خطی بوده و در شدت‌های بیشتر یک حد اشباع وجود دارد که در صورت افزایش آن پدیده فتوسنتز اضافه نخواهد شد. معادله یک فتوسنتز ایده‌آل عبارتست از:

$$CO_2 + 2H_2O \xrightarrow{\text{گیاهان - نور}} (CH_2O)x + O_2 + H_2O$$

CH_2O نشان دهنده ماده آلی تثبیت شده در گیاه است و O_2 تولید شده صرف اکسیداسیون مواد آلی می‌شود. میزان تولید اکسیژن روزانه را می‌توان از معادله زیر به دست آورد [۳] :

$$O_2 = ۰/۲۲FI$$

O_2 = تولید اکسیژن بر حسب کیلوگرم در روز

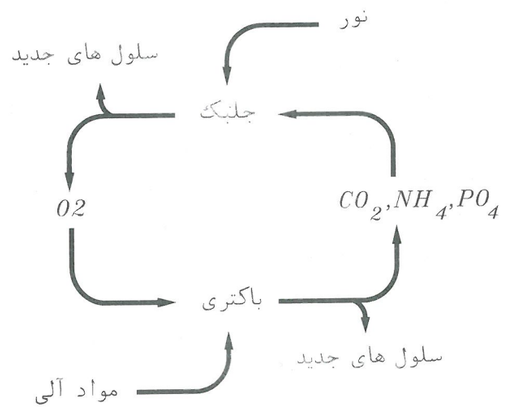
F = بازده تبدیل انرژی که مقدار آن بین ۰/۵ تا ۰/٦ می‌باشد.

I = شدت‌نوربرحسب‌کالری بر سانتی‌متر مربع در روز

همچنین اکسیژن تولیدی جلبک را می‌توان از معادله زیر هم به دست آورد [۵] :

$$YO_2 = ۲/۸\times۱۰^{-۵}\,FI$$

YO_2= مقدار اکسیژن تولیدی توسط جلبک $(kg/m^2.d)$



شکل ۱- نمای کلی یک برکه تثبیت اختیاری.

F = بازده تبدیل نور بین ۰ تا ۰/٤

I = شدت اشعه مرئی ۱۵۰ تا ۲۷۰ کالری بر سانتی‌متر مربع در روز.

تغییرات اکسیژن محلول

اکسیژن محلول بهترین شاخص در عملکرد رضایت‌بخش برکه‌های اختیاری و جلادهی می‌باشد. معمولاً لایه روی لاگون‌های اختیاری و قسمتی از لایه زیرین در بعدازظهرها از لحاظ اکسیژن محلول به حالت فوق اشباع می‌رسد [۳]. به هرحال، غلظت اکسیژن محلول در اکثر مواقع با کاهش یافتن شدت نور، هوای مه آلود و شب هنگام به صفر هم می‌رسد. در اغلب اوقات شبانه روز اکسیژن محلول در لایه بالایی وجود دارد که دارای مزایایی به شرح زیر است:

گازهای بد بو که از لایه بی‌هوازی کف حاصل شده از بین می‌روند.

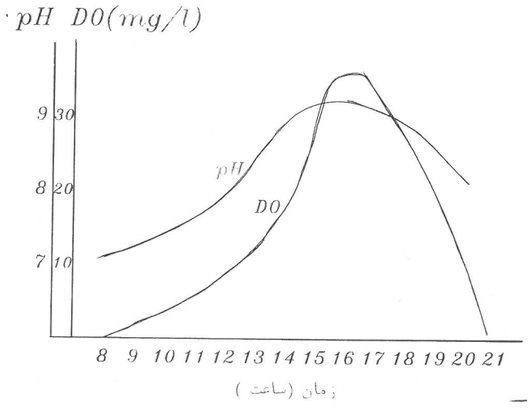
- یکی از عوامل مؤثر در حذف باکتری‌ها در برکه‌های تثبیت که از جمله مزایای عمده آنها می‌باشد، اکسیژن محلول و pH است. لازم به ذکر است تغییرات اکسیژن محلول و pH با هم اتفاق افتاده و تابع یکدیگر هستند [٦].
- اکسیژن محلول نقش اساسی را در تصفیه فاضلاب و تثبیت مواد آلوده کننده دارد که در همه روش‌های تصفیه فاضلاب تأمین و تنظیم آن اهمیت دارد. لازم به ذکر است برای تأمین اکسیژن در روش‌های غیر طبیعی تصفیه فاضلاب (مانند لجن فعال) با صرف انرژی و هزینه زیاد به ندرت ممکن است اکسیژن محلول به بیش از۲mg/l برسد.
- با افزایش اکسیژن محلول در برکه‌ها و آزاد شدن آن در محیط اطراف برکه طراوت خاصی به هوای اطراف می‌بخشد.

تجربه‌ای که در شهر اصفهان به دست آمده نشان می‌دهد که با افزایش شدت نور به تدریج از صبح اکسیژن محلول در لاگون‌ها زیاد شده و در حدود ۳ بعدازظهر به حالت فوق اشباع در می‌آید و سپس از ساعت ۵بعدازظهر رو به کاهش گذارده و تا حدود ساعت ۱۰ بعدازظهر (در فصل تابستان) به صفر تقلیل پیدا می‌کند[۱]. شکل۲ تغییرات ساعتی اکسیژن محلول و pH در اصفهان و شکل ۳ تغییرات اکسیژن محلول در برزیل را نشان می‌دهد [٤].

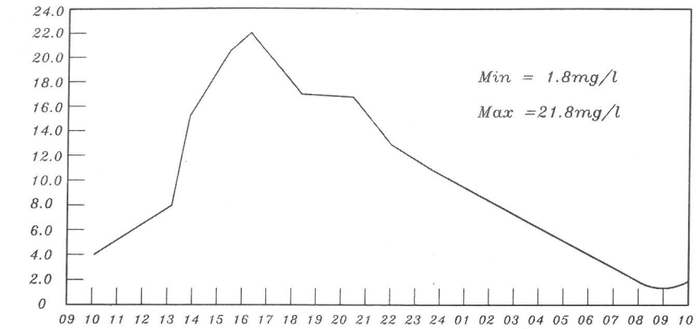
روش کار

برای تحقق اهداف طرح ابتدا یک انشعاب ۱۰۰ میلی‌متری از کانال اصلی فاضلاب ورودی به تصفیه‌خانه شمال اصفهان گرفته شد و فاضلاب خام به طور پیوسته ابتدا وارد برکه بی‌هوازی با عمق ۲/۲متر شده و خروجی این واحد وارد برکه اختیاری به ابعاد ۱/٦×۱۲/۳×۲٦/۳ متر می‌شد.

این سیستم از شهریورماه ۱۳۷۵ مورد بهره‌برداری قرارگرفت و حدود یک ماه به طول انجامید تا برکه اختیاری فعال شد و رنگ سبز در آن غالب گردید. در دو مرحله میزان فاضلاب ورودی به سیستم تغییر داده شد که متوسط بار آلی ۱۳۵kgBOD$_5$ha.d بود. در طی این دو مرحله از نقاط معینی نمونه‌برداری و آزمایش‌های BOD$_5$، COD، SS، DO، pH، کلیفرم کل و کدورت بر اساس کتاب روش‌های آزمایش آب و فاضلاب انجام گرفت [۷].



شکل ۲- تغییرات ساعتی اکسیژن محلول و pH در اصفهان.



جدول ۱- حداقل و حداکثر pH و اکسیژن محلول در برکه اختیاری در نمونه ۲۴ ساعته.

فاکتور	pH		DO mg/l	
	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر
برکه اختیاری	۸/۱	۹/۸	۰	۳۱

نتایج و بحث

با فعال شدن برکه‌ها در مرحله اول فاضلابی که از برکه بی‌هوازی خارج می‌شد به میزان ۰/۶ مترمکعب در ساعت وارد برکه اختیاری می‌شد. در مرحله دوم دبی به میزان دو برابر افزایش پیدا کرد. pH و اکسیژن محلول، هر روز یک مرتبه بر روی پساب خروجی اندازه‌گیری شد. تغییرات ساعتی اکسیژن محلول و pH نیز در چندین نوبت اندازه‌گیری شد[۲]. همان‌گونه که در جدول ۱ و شکل ٤ مشاهده می‌شود حداکثر اکسیژن محلول از خروجی برکه اختیاری به بیش از ۳۰ میلی‌گرم در لیتر که بیش از سه برابر حالت فوق اشباع است می‌رسد. حداکثر اکسیژن محلول زمانی اتفاق می‌افتد که شدت نور زیاد بوده، فعالیت و غلظت جلبک‌ها افزایش پیدا می‌کند که در چنین شرایطی pH هم ماکزیمم است.

شدت تولید اکسیژن در چنین شرایطی به حدی است که حباب‌های گاز اکسیژن متصاعد شده، سطح فاضلاب در برکه را شیری رنگ می‌کند و خروج گاز اکسیژن از سطح برکه تثبیت را کاملاً می‌توان با چشم ملاحظه نمود. در چنین شرایطی رنگ پساب برکه‌ها شیری رنگ می‌باشد که پس از چند لحظه تغییر رنگ داده سبز می‌شود.

در همین تحقیق غلظت اکسیژن محلول در ارتفاعات مختلف و در طول برکه تثبیت و در چندین نقطه از ورودی تا خروجی اندازه‌گیری و مشخص شد که به طور کلی غلظت اکسیژن محلول از سمت ورودی به خروجی افزایش می‌یابد و این به دلیل کاهش تدریجی مواد آلی و افزایش فعالیت جلبک‌ها می‌باشد. با افزایش عمق به علت عدم نفوذ نور، اکسیژن محلول به شدت کاهش پیدا می‌کند و در کف برکه به صفر می‌رسد زیرا واکنش فتوسنتز جلبک وابسته به نور می‌باشد و از آنجا که نفوذ نور با توجه به غلظت جلبک موجود در محیط کاهش پیدا می‌کند، بنابراین غلظت اکسیژن هم کاهش می‌یابد. شکل ۵ تغییرات اکسیژن محلول نسبت به زمان را در دو ارتفاع مختلف (۰/۲ و ۰/۸ متر از سطح فاضلاب) نشان می‌دهد [۸].

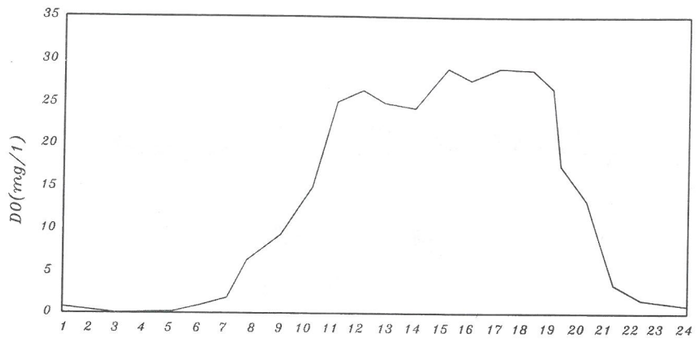
لازم به ذکر است که با توجه به غلظت متفاوت اکسیژن در نقاط مختلف برکه تثبیت می‌توان نتیجه گرفت که رژیم هیدرولیکی در برکه‌ها بیشتر حالت پیستونی[1] دارد تا اختلاط کامل[2].

نتیجه‌گیری :

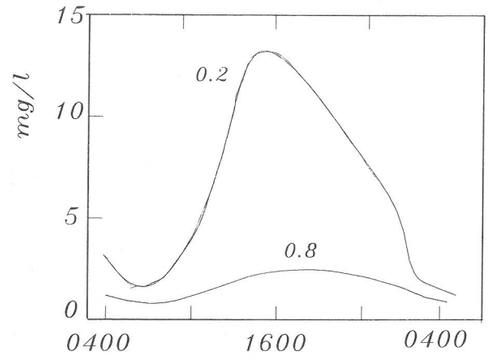
نتایج حاصل از این بررسی و تحقیق نشان می‌دهد بدون صرف انرژی امکان تأمین اکسیژن برای تصفیه فاضلاب در برکه‌های تثبیت وجود دارد. به علت شرایط حاکم بر برکه‌ها غلظت اکسیژن در بعضی مواقع به بیش از سه برابر حد اشباع می‌رسد و در اکثر اوقات اکسیژن

[1] - Plug Flow

[2] - Complete Mix



شکل ٤- تغییرات ساعتی اکسیژن محلول از خروجی برکه تثبیت اختیاری.



شکل ۵- تغییرات ساعتی اکسیژن محلول نسبت به زمان در برکه تثبیت در دو ارتفاع مختلف (۰/۲ تا ۰/۸ متر از سطح فاضلاب).

محلول در حد اشباع می‌باشد. از طرف دیگر با تغییرات اکسیژن محلول، pH فاضلاب در برکه‌ها هم تغییراتی دارند که حداکثر به حدود ۱۰ می‌رسد که در افزایش راندمان تصفیه مؤثر می‌باشد. همچنین در این تحقیق مشخص شد غلظت اکسیژن در ارتفاعات مختلف و همچنین فواصل مختلف از ورودی فاضلاب به برکه تثبیت متفاوت می‌باشد که ناشی از نفوذ نور خورشید، کاهش تدریجی مواد آلی و افزایش غلظت جلبک‌ها می‌باشد.

منابع و مراجع

۱- قیصری، ع.، ۱۳۵۷، " دفع جلبک از پساب برکه‌های تثبیت فاضلاب "، پایان نامه فوق لیسانس، دانشکده بهداشت دانشگاه تهران.

۲- قیصری، ع.، ۱۳۷۷، " بررسی اثر بستر قلوه سنگی در کارایی برکه‌های تثبیت "، پایان نامه دکترا، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران.

3- Gloyna, E.F. (1971), *" Waste Stabilization Ponds "*, WHO. Geneva.

4- WHO, (1987), *" Waste Stabilization Ponds"*, Emro Technical Publication, No. 10, Alexandria, Egypt.

5- Wesley, W., Eckenfelder, Jr. (1989), *" Industrial Water Pollution Control "*, Mc Graw-Hill. Singapor.

6- Mara, D.D., Alabaster, G.P., Pearson, H.W., and mills, S.W. (1992), *" Waste Stabilization Ponds. "* UK.

7- APHA, WPCF and AWWA, (1992), *" Standards for the Examination of Water and Wastewater "*, 18th ed., American Public Health Association, Washington, DC.

8- Mara, D.D. (1975), *" Sewage Treatment in Hot Climates "*, Jone Wiley and Sons.