

# برکه‌های بیهوازی

دانکن مارا - استیون میلز

ترجمه: کاظم ندافی<sup>(۱)</sup>



برکه‌های تثبیت فاضلاب روش بی‌نهایت مؤثر و بسیار کم‌هزینه‌ای برای تصفیه فاضلاب بویژه برای کشورهای در حال توسعه که زمین کافی دارند، می‌باشد.			
سه نوع برکه تثبیت فاضلاب مورد استفاده قرار می‌گیرد: برکه‌های بیهوازی، برکه‌های اختیاری و برکه‌های تکمیلی.			
این برکه‌ها به صورت سری قرار می‌گیرند بطوری که هر یک وظیفه‌ای مختلف اما مکمل یکدیگر را انجام می‌دهند. برکه‌های بیهوازی و اختیاری اساساً برای حذف BOD و برکه‌های تکمیلی برای حذف پاتوژنهای مدفوعی طراحی می‌شوند، ولی به هر حال هم حذف پاتوژن‌ها در برکه‌های بیهوازی و اختیاری انجام می‌شود، و هم برکه‌های تکمیلی در حذف BOD نقش دارند.			

## حذف BOD

در آب و هوای گرم برکه‌های بیهوازی در حذف BOD کارایی خوبی دارند.

جدول (۱) حذف بالای BOD را در برکه‌های بیهوازی تصفیه‌کننده فاضلاب شهری با  $BOD_5$  ۲۹۰-۲۳۰ mg/l در شمال شرقی برزیل نشان می‌دهد. دمای فاضلاب  $27^{\circ}C$ - $25^{\circ}C$  و زمان ماند برکه‌ها  $6/8$  تا  $6/6$  روز و حذف BOD، ۸۰-۶۸ درصد می‌باشد. جدول (۱) نشان می‌دهد که بارگذاری کم

برکه‌ها مزیت چندانی ندارد بطوری که برکه بیهوازی با زمان ماند  $8/0$  روز تقریباً به اندازه برکه بیهوازی دارای زمان ماند  $8/6$  روز در حذف BOD مؤثر بوده است با وجود اینکه باری حدود نه برابر بیشتر را دریافت کرده است. همچنین جدول (۱) هم‌چنین حذف BOD را در برکه‌های

۱- عضو هیئت علمی دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد



اختیاری اولیه که همان فاضلاب خام را دریافت داشته‌اند، نشان می‌دهد. میزان حذف در حدود ۸۴-۷۷٪ بوده است. اما این میزان حذف با زمان ماند خیلی بالاتر (۹/۵-۱۸/۹ روز) به دست آمده است. بنابراین با توجه به حذف BOD، یک برکه اولیه اختیاری فقط به خوبی یک برکه بیهوایی با زمان ماند یک روز عمل کرده است. در برکه‌های بیهوایی جلبک و اکسیژن محلول وجود ندارد ولی در برکه‌های اختیاری هر دو به وفور یافت می‌شوند. راندمان بالای حذف BOD به معنی این است که برکه‌های بیهوایی واقعاً زمین مورد نیاز برای برکه‌های تثبیت فاضلاب را کاهش

### حذف پاتوژن

بدلیل زمان ماند کوتاه در برکه‌های بیهوایی حذف باکتریها و ویروسهای مدفوعی خیلی بالا نیست (معمولاً کمی کمتر از یک درجه در مقیاس لگاریتمی است). (اوراگویی و همکاران ۱۹۸۷)

یک استثنا حذف ویبریوکلا ۱ است اوراگویی و همکاران (۱۹۹۳) حذف ۹۴٪ آن را در زمان ماند یک روز گزارش کرده‌اند (از ۴۸۵ عدد در لیتر به ۲۸ عدد در لیتر) و به نظر می‌رسد که ویبریوکلا نسبت به وجود مقادیر زیاد سولفید موجود در این برکه‌ها حساس است (۱۲mg/l-۹).



کد برکه	زمان توقف (days)	بار BOD <sub>5</sub> (g/m <sup>3</sup> .day)	حذف BOD (%)
برکه‌های بیهوایی			
A <sub>2</sub>	۰/۸	۳۰۶	۷۶
A <sub>4</sub>	۱/۰	۲۱۵	۷۶
A <sub>1</sub> /A <sub>3</sub>	۲/۰	۱۱۶	۷۵
A <sub>1</sub> /A <sub>2</sub>	۴/۰	۷۲	۶۸
A <sub>1</sub> /1	۶/۸	۳۵	۷۴
برکه‌های اختیاری اولیه			
F <sub>4</sub>	۹/۵	۲۷	۷۷
F <sub>5</sub>	۱۸/۹	۱۴	۸۴

جدول: بارهای BOD و در صدهای حذف در برکه‌های بیهوایی و اختیاری اولیه در شمال شرقی برزیل

برکه‌های بیهوایی همیشه در حذف تخم کرمها مؤثر هستند. ۹۰٪ از تخم کرم ها در زمان ماند یک روز حذف شده‌اند. (ماراوسیلوا ۱۹۸۶، آیرس و همکاران ۱۹۹۲) و ترکیب برکه‌های بیهوایی با زمان ماند یک روز و برکه‌های اختیاری ثانویه با زمان ماند سه روز تعداد

می‌دهند، چرا که برکه‌های اختیاری اولیه خیلی طولانی‌تر از ترکیب برکه بیهوایی و برکه اختیاری ثانویه است که باعث صرفه‌جویی در زمین به میزان ۶۰٪ می‌شود. (مارا ۱۹۷۶)

کرمها را از ۱۴۵ عدد در لیتر در فاضلاب خام به یک عدد در لیتر رسانید (مارا و همکاران ۱۹۹۴) که مطابق با رهنمود سازمان بهداشت جهانی برای آبیاری محصولات کشاورزی است.

### حذف فلزات

اطلاعات کمی در مورد حذف فلزات سنگین در برکه‌های تثبیت فاضلاب وجود دارد. موشه و همکاران (۱۹۷۲) نشان دادند که برکه‌های اختیاری اولیه توانسته‌اند تا ۳۰mg/l فلز سنگین دریافت دارند. (۶ mg/l) از هریک از فلزات کادمیوم، کرم، مس، نیکل (روی) بدون اینکه کاهشی در عملکرد آنها ایجاد شود که احتمالاً به خاطر رسوب فلزات در PH حدود ۸ یا بالاتر به صورت هیدروکسیدها و یا اکسی هیدروکسی‌ها بوده است. (اورکاش و همکاران ۱۹۷۸) حذف بالای مس (۹۶٪) روی (۹۲٪) و منگنز (۸۷٪) را در برکه‌های بیهوایی که فاضلاب پرورش خوک را تصفیه می‌کرد، مشاهده کردند.

پارکر (۱۹۷۹) نیز درصد بالای حذف مس (۷۵٪) روی (۸۳٪) و سرب (۸۷٪) و در صد کمتری از کرم (۴۷٪) را گزارش کرده است.

کاپلان و همکاران (۱۹۸۷) حذف خیلی کمتری، از کادمیوم مس، سرب و روی را در برکه‌های تثبیت فاضلاب در بیرشووا (فلسطین اشغالی) که با بار اضافی بهره‌برداری می‌شدند (پیش از برکه‌های بیهوایی استفاده از برکه‌های ته‌نشینی مرسوم نیست) گزارش کرده‌اند. بطور کلی مکانیسم اصلی حذف فلزات سنگین در رآکتورهای بیهوایی از جمله برکه‌های بیهوایی از طریق رسوب به صورت سولفیدهای فلزی است. ملاحظات تئوریک (کولینگ و همکاران ۱۹۹۲، گویتا و همکاران ۱۹۹۴) خاطر نشان ساخته است که این فرآیند بسیار مؤثری است و کولینگ و همکاران حذف بالایی (۹۰٪) از کادمیوم، کرم، مس، آهن، جیوه، سرب و روی را در رآکتور UASB گزارش کرده‌اند. رسوب سولفید نیز بطور خیلی مؤثر در بخش

غیرهوایی دریاچه‌های آب شیرین به صورت مؤثر اتفاق می‌افتد. (فریورت ۱۹۸۷)

### فاضلابهای صنعتی

صرف نظر از حذف بالای فلزات سنگین، برکه‌های بیهوایی در تصفیه فاضلابهای صنعتی با غلظت بالا به ویژه فاضلابهای صنایع کشاورزی (لبنیات، مواد غذایی، کنسروسازی و کشتارگاه) بطور مجزا یا در ترکیب با فاضلابهای خانگی خیلی مؤثر هستند. (آلباسترو همکاران ۱۹۹۱)

بسیاری از ترکیبات در فاضلابهای صنعتی برای جلبکها سمی هستند، و پیش تصفیه در برکه‌های بیهوایی قبل از برکه‌های اختیاری و تکمیلی برای اجتناب از سمیت لازم است. آرتور (۱۹۸۳) این را به ویژه در مواردی که فاضلابهای صنعتی حاوی هیدروکربن های فنلی است توصیه می‌کند.

مواد شناور (از جمله روغن) و کف نیز در برکه‌های اختیاری بدلیل جلوگیری از نفوذ نور برای فتوسنتز جلبکها باعث بروز مشکل می‌شوند، و بوسیله پیش تصفیه در برکه‌های بیهوایی از این مشکل اجتناب می‌شود. وجود یک لایه کف در سطح حوضچه برای نگهداری شرایط بیهوایی در برکه و جلوگیری از انتشار بو مؤثر است.

### تخلیه لجن

جامدات فاضلاب که در یک برکه بیهوایی ته‌نشین می‌شوند، به روش بیهوایی هضم می‌شوند بطوری که میزان تجمع لجن نسبتاً پایین است و در حدود m<sup>3</sup> ۰/۴ برای هر نفر در سال است. لجن برکه‌های بیهوایی باید بطور منظم تخلیه شود. (معمولاً وقتی که تا نیمه پر از لجن شدند بایستی تخلیه لجن صورت گیرد) و وسایل خاصی برای تخلیه لجن موجود است. (برین و میرسکو، ۱۹۹۳)

فواصل زمانی بین تخلیه لجن n بر حسب سال از رابطه زیر قابل محاسبه است: (مارا ۱۹۹۳)

$$n = B / 2 \lambda_v S$$



که B عبارت است از BOD سرانه بر حسب (روز.نفر/گرم)،  $l_v$  بار BOD برکه‌های بیهوازی بر حسب  $g/m^3.day$ ، بطوری که در  $20^\circ C$  و بالاتر (بعنوان مثال  $l_v = 300$ ) است. و برای  $B=50$  و  $S=0.04$  یک برکه بیهوازی تا نیمه پر از لجن خواهد شد. و هر دو سال یکبار بایستی لجن آن تخلیه شود. دفع لجن به روش دفع در زمین، بسترهای خشک کن، یا زمینهای کشاورزی است، و اگر لجن در زمینهای کشاورزی دفع می‌شود باید احتیاط لازم در رابطه با تخم کرمهای زنده و فلزات سنگین به عمل آید. و قبل از کاربرد روی زمین باید چند ماه ذخیره شود. اما معمولاً این یک مشکل اصلی نیست، مگر اینکه بخش اعظم فاضلاب را فاضلابهای صنعتی تشکیل دهد. زیرا استانداردها برای دفع در زمین کمتر از پسابها محدود کننده است.

اگر برکه‌های بیهوازی به این خوبی در حذف BOD، ویبریوکلرا، تخم کرمها و فلزات سنگین مؤثرند و مشکل خاصی در بهره‌برداری از آنها وجود ندارد پس چرا بعضی در استفاده از آنها خیلی مردد هستند؟

پاسخ به این سؤال ترس از انتشار بو است، اما آنگونه که خواهیم دید این ترس واقعی نیست.

### انتشار بو

در برکه‌های بیهوازی یونهای سولفات و آمینواسیدهای حاوی سولفور به سولفید احیاء می‌شوند و مسئله بو از اینجا ناشی می‌شود. بعضی سولفیدها ممکن است سطح برکه‌های بیهوازی را به شکل گاز هیدروژن سولفور ترک نمایند. اما در صورتیکه بار BOD در یک برکه بیهوازی زیر  $400 g/m^3.day$  نگهداری شود، و ترجیحاً بر اساس تجارب طراحی در دمای بالای  $20^\circ C$  به  $300 g/m^3.d$  محدود شود مشکل بو ایجاد نخواهد شد.

دلیل این است که در PH  $8-7.5$ ، بیشتر سولفید به شکل یون بدون بوی بی سولفید، و  $9-7.2\%$  به شکل گاز هیدروژن سولفور (مک‌کارتی ۱۹۹۴) وجود دارد و مقداری از این  $H_2S$  محلول به صورت گاز برکه را ترک می‌کند. (براساس قانون هنری) اما به میزانی که معمولاً سولفید در برکه‌های بیهوازی دیده می‌شود ( $15-10 mg/l$ ) این باعث ایجاد بوی مزاحم نخواهد شد. و یک برکه بیهوازی با طراحی درست بویی بیشتر از هیچیک از سیستمهای رایج تصفیه فاضلاب نخواهد داشت.

بوی حاصل از برکه‌های بیهوازی را می‌توان بطور مؤثر در مرحله طراحی حذف نمود. این برکه‌ها نبایستی متحمل بار اضافی شوند، که در این صورت مشکل بو ایجاد خواهد شد.

اگر برکه‌های بیهوازی قبل از برکه‌های اختیاری ثانویه دایر می‌شوند و خروجی برکه‌های بیهوازی به آنها وارد می‌شود تمهیداتی بایستی در آغاز بهره‌برداری از برکه‌های بیهوازی به عمل آید.

انتشار بو می‌تواند در اثر تخلیه پساب برکه بیهوازی به برکه اختیاری خالی بروز نماید. اما راه حل ساده است و آن پر کردن برکه اختیاری در ابتدا، می‌باشد. همچنین تخلیه پساب یک برکه بیهوازی به محیط (زمین یا رودخانه) می‌تواند مسئله ایجاد کند، و باعث انتشار بو، مردن ماهی‌ها به خاطر میزان بالای سولفید و آمونیاک گردد. در اینجا راه حل ساده‌ای وجود دارد و آن تصفیه پساب برکه بیهوازی حداقل در یک برکه اختیاری با زمان ماند کوتاه ۳ تا ۵ روز قبل از تخلیه است. مارا اظهار می‌دارد که پیش تصفیه در برکه‌های بیهوازی چنان دارای مزیت است که ملاحظات اولیه در طراحی یک سری از برکه‌ها بایستی همیشه شامل امکان پیش تصفیه بیهوازی باشد.