

# تأثیر میزان درصد برگشت مایع مخلوط هوادهی شده بر فرایند $A^2/O$

سید احمد میرباقری<sup>۱</sup>، مهدیه راجی اسدآبادی<sup>۲\*</sup>

۱- استادیار، دانشکده مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی

۲- کارشناسی ارشد عمران-محیط زیست، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی

\*[mrjaji@mail.kntu.ac.ir](mailto:mrjaji@mail.kntu.ac.ir)

تاریخ پذیرش: [۹۵/۰۸/۱۱]

تاریخ دریافت: [۹۵/۰۱/۲۰]

## چکیده

ترکیب‌های دارای نیتروژن و فسفر در محیط‌های آبی آثار مخربی بر محیط زیست دارند که از بین این آثار می‌توان به پدیده اوتریفیکاسیون اشاره کرد. این پدیده از جدی‌ترین تهدیدهای محیط زیست دریایی به شمار می‌رود که رشد زیاد گیاهان آبی و کمبود اکسیژن را سبب می‌شود. همچنین سمیت آمونیاک، آلودگی آب‌های زیرزمینی به نیترات و بیماری‌های ناشی از مصرف آب‌های آلوده به نیترات باعث شده محدودیت‌هایی در غلظت این ترکیب‌ها در پساب‌های ورودی به محیط آب‌های پذیرنده اعمال شود. پس در این پژوهش روش  $A^2/O$  با توجه به کارایی آن در رساندن کیفیت پساب به میزان مطلوب بررسی می‌شود.

به منظور بررسی اثر تغییرات زمان ماند بر حذف نیترات، آمونیاک و فسفر و اثر تغییرات میزان برگشت مایع مخلوط بر حذف نیترات، پایلوت  $A^2/O$  که به ترتیب شامل مخازن بی‌هوای، انوکسیک، هوادهی و ته‌نشینی است، برای شبیه‌سازی با شرایط واقعی در تصفیه‌خانه فاضلاب شهرک اکباتان تهران مستقر شد. برای بررسی روند حذف مواد مغذی، آزمایش‌ها، در یک دوره زمانی ۳ ماهه در ۵ زمان ماند هیدرولیکی ۴ تا ۱۲ ساعت با در صد برگشت مایع مخلوط به میزان ۷۵ درصد انجام شد. در این آزمایش‌ها زمان ماند هوادهی بهینه در زمان ۸ ساعت به دست آمد که در این زمان، راندمان حذف COD، ۹۶٪، راندمان حذف آمونیاک ۹۵٪ و راندمان حذف فسفر ۷۹٪ بدست آمد. همچنین با تغییر در میزان درصد برگشت مایع مخلوط در زمان ماند ۸ ساعت، میزان بهینه این مقدار برای حذف نیترات در حدود ۱۸۰ تا ۲۰۰ درصد حاصل شد.

**واژگان کلیدی:** آمونیاک، نیترات، فسفر،  $A^2/O$ ، مایع مخلوط

## ۱- مقدمه

تصفیه‌خانه‌های فاضلاب متداول شده است [4]. به علاوه، این سیستم‌ها از نظر بیولوژیکی و هیدرولیکی انعطاف پذیر است [5]. بهینه سازی تصفیه‌خانه‌های فاضلاب برای حذف مواد مغذی منجر به کاهش قابل توجهی در هزینه‌های عملیاتی گشته و کیفیت پساب مناسبی را فراهم می‌کند. در سال‌های اخیر، بسیاری از پژوهشگران پیرامون این مسائل مطالعاتی انجام داده‌اند. نتایج حاصل از این مطالعات نه تنها شامل کنترل و اجرای فرایند است بلکه شامل جنبه‌های طراحی فرایند نیز است [6-9]. براساس این پژوهش‌ها، فرایندهایی مانند فرایند ۵

ترکیب‌های دارای نیتروژن و فسفر در محیط‌های آبی آثاری مانند سمیت آمونیاک، رشد زیاد گیاهان آبی دارند و باعث ایجاد پدیده اوتریفیکاسیون، بیماری‌های ناشی از مصرف آب‌های آلوده به نیترات و در صورت وجود مقدار بیش از حد آن در خاک، باعث اختلال در رشد گیاهان می‌شوند. به منظور جلوگیری و یا کاهش آثار مذکور، حذف نیتروژن و فسفر از فاضلاب شهری باید صورت پذیرد [1-3]. به دلیل اقتصادی‌تر بودن سیستم‌های بیولوژیکی حذف مواد مغذی در مقایسه با روش‌های تصفیه شیمیایی، کاربرد این سیستم‌ها در

هوای از پمپ اختلاط آکواریومی استفاده شده (که دبی خروجی پمپ به کار رفته در مخزن انوکسیک و بی هوای به ترتیب برابر با ۵۸۰ و ۴۸۰ لیتر بر ساعت، و بیشینه ارتفاع پمپاژ آن‌ها به ترتیب، ۰/۶ و ۱/۳ متر است) و در مخزن هوادهی برای اختلاط و هوادهی، پمپ هوادهی (مدل *ACO-9630*، با دبی خروجی  $10 \text{ L/min}$  در فشار  $0/1$  مگاپاسکال) به کار رفته است. تمامی مخازن از جنس پلی اتیلن ساخته شده‌اند. جریان در این سیستم به صورت ثقلی تامین شد و این جریان از نوع پیوسته است. جریان‌های برگشت از هوادهی به انوکسیک و از ته‌نشینی به مخزن بی‌هوای به وسیله پمپ صورت گرفته است (مشخصات پمپ برگشتی اول: دبی خروجی  $580$  لیتر بر ساعت و بیشینه ارتفاع پمپاژ  $1/3$  متر؛ مشخصات پمپ برگشتی دوم: دبی خروجی  $4000$  لیتر بر ساعت و بیشینه ارتفاع پمپاژ  $3$  متر). همچنین برای نگه داشتن دما در محدوده مورد نیاز از بخاری آکواریمی (مدل *Weipro* با قدرت  $300 \text{ w}$ ) استفاده شده است. برای هر مرحله از آزمایش، مدت زمان سه روز به منظور ثبات در سیستم (از لحاظ اکسیژن محلول و *MLVSS*) در نظر گرفته شده است. در طول تمامی مراحل پژوهش مقدار اکسیژن محلول حوض هوادهی به کمک تنظیم هوادهی، در حدود  $\text{mg/l}$   $2/5-3$  حفظ شده است.

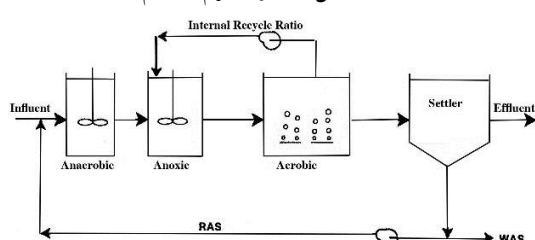
شکل ۱. فلودیگرام سیستم  $A^2O$ 

Fig. 1. Schematic representation of anaerobic-anoxic-oxic reactor ( $A^2O$ ) system

پایلوت  $A^2O$  در تصفیه خانه شهرک اکباتان در تهران مستقر شد. برخی ویژگی‌های مهم فاضلاب شهرک اکباتان در جدول (۱) موجود است. مقادیر *COD*، آمونیاک و نیترات و فسفر از طریق روش اسپکتروفوتومتری (اسپکتروفوتومتر *Lovibond*، مدل *Pcspectro*) اندازه‌گیری شد [11]. دما، *pH* و  $\text{DO}^6$  به ترتیب به کمک دما *pH* متر (مدل

مرحله‌ای باردنفو، فرایند  $A^2/O^1$  و فرایند  $UCT^2$  ایجاد شده‌اند. متداولترین این فرایندها فرایند  $A^2/O$  است [10] که به ترتیب شامل نواحی بی‌هوای، انوکسیک و هوای است. از آنجاییکه میکروارگانیزم‌های حذف‌کننده نیتروژن (نیتریفایرها) و فسفر ( $\text{PAOs}^3$ ) هر دو نیاز به منبع کربن (که در این مقاله به با عنوان  $\text{COD}^4$  بیان و بررسی شده) دارند، در روش  $A^2/O$ ، میزان در دسترس بودن *COD*، عامل محدودکننده به حساب می‌آید، به ویژه در مواردی که نسبت *C/N* یا *C/P* کم باشد [11]. در ناحیه بی‌هوای، به دلیل اینکه وجود نیترات برای *PAOs* یک عامل محدودکننده به شمار می‌رود [12]، حذف نیترات در این فرایند دارای اهمیت ویژه‌ای است. از طرفی به دلیل اینکه در این روش، ابتدا در ناحیه هوای، آمونیاک به نیترات تبدیل می‌شود و سپس برای حذف نیترات به ناحیه انوکسیک برگشت داده می‌شود. میزان برگشت از ناحیه هوای به ناحیه انوکسیک، عامل مهمی برای بالابردن راندمان حذف نیتروژن و فسفر است که در این مقاله بدان پرداخته شده است.

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱- سیستم آزمایشگاهی

در این پژوهش، به منظور حذف مواد مغذی فاضلاب شهری، پایلوت  $A^2/O$  ساخته شد. فلودیگرام این پایلوت در شکل (۱) نشان داده شده است. در ابتدای پایلوت، مخزن تغذیه به حجم  $300 \text{ L}$  برای تغذیه سیستم و ثبات در مشخصه‌های ورودی و نیز ایجاد جریان یکنواخت در نظر گرفته شده و سپس مخزن بی‌هوای، انوکسیک و هوادهی به ترتیب با حجمی برابر با  $40$ ،  $60$  و  $170$  لیتر قرار دارد که به یک مخزن ته‌نشینی با حجم مفید  $120^5$  لیتر منتهی می‌شود. نسبت حجمی مخازن، با توجه به مطالعات پیشین انتخاب شده است [13]. به منظور ایجاد شرایط اختلاط کامل، در مخزن انوکسیک و بی-

- 1 Anaerobic- Anoxic- oxic
- 2 University of CapeTown
- 3 Polyphosphate-accumulating organisms
- 4 Chemical Oxygen Demand

۲ به دلیل وجود پایلوت ته‌نشینی آماده، از آن استفاده شد که دارای ارتفاع بیش از  $1/5$  متر بود و در راه اندازی، طوری تنظیم گردید که زمان ماند ته‌نشینی در کل طراحی، بیش از  $6-5$  ساعت نباشد.

۱۰۰ درصد است [13]، در این پژوهش، آزمایش‌ها، بر مبنای کمینه این مقدار انجام شد. به عبارت دیگر میزان برگشت لجن، ۲۵٪ در نظر گرفته شد. همچنین میزان برگشت مایع مخلوط از مخزن هوادهی به انوکسیک ۷۵٪ انتخاب شد و در مراحل بعدی آزمایش، پله پله بر این مقدار افزوده شد.

پس از آنکه زمان ماند بهینه بدست آمد، به منظور بررسی آثار میزان برگشت مایع مخلوط هوادهی شده به مخزن انوکسیک در روش  $A^2/O$ ، این میزان از ۷۵٪ تا ۳۷۵٪ در زمان ماند بهینه تغییر داده شد و در هر مرحله میزان نیترات ورودی و خروجی اندازه‌گیری شد و بدین ترتیب میزان بهینه نیترات-زدایی ورودی بدست آمد.

### ۳- نتایج

تقریباً ۵۰ روز طول کشید تا سیستم به حالت تعادل برسد و پس از آن آزمایش‌های مربوطه به مدت ۳ ماه انجام شد. این آزمایش‌ها در آزمایشگاه شیمی تصفیه خانه اکباتان انجام شد که نتایج آن به صورت نمودار ارائه شده است.

#### ۳-۱- تعیین زمان ماند بهینه

با توجه به نتایج آزمایشگاهی موجود در جدول (۳)، غلظت ورودی COD در طیف ۲۲۵ تا ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر بوده که این میزان در خروجی به زیر ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر کاهش یافته است. همان‌گونه که در شکل (۲) ملاحظه می‌شود، درصد راندمان حذف COD با افزایش زمان ماند هیدرولیکی افزایش می‌یابد که این افزایش به دلیل افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌ها و افزایش مقدار توده زیستی (MLVSS) است. بیشینه افزایش میزان راندمان حذف COD در زمان ماند ۸ ساعت رخ می‌دهد و پس از آن سیر نزولی در نمودار مشاهده خواهد شد. دلیل کاهش در راندمان COD به دلیل افزایش غلظت توده زیستی و نیاز سلول‌های زنده به غذا (ماده آلی) است که با توجه به تعداد میکروارگانیسم‌ها، میزان غذای ورودی به سیستم نسبت به جمعیت توده زیستی کاهش پیدا کرده و این پدیده سبب مرگ و میر سلول‌ها و همچنین خودخوری سلول‌ها می‌شود.

۷۳۰-WWT/inolab,ph) و اکسیمتر (اکسیمتر Lovibond، مدل ۲۰۰SensDirect/oxi) اندازه‌گیری شد.  $MLSS^1$  و  $MLVSS^2$  نیز به صورت مستمر به روش استاندارد کنترل و اندازه‌گیری شد [14]. نتایج این آزمایش‌ها در جدول‌های (۲) و (۳) موجود است. جریان برگشت از هوادهی به انوکسیک و نیز جریان لجن برگشتی به کمک پمپ‌های برگشتی و نیز تایمر کنترل شد. مواد جامد معلق به صورت دوره‌ای از سیستم خارج شد که این امر بستگی به افزایش در MLVSS داشت. لجن مورد نیاز از لجن برگشتی تصفیه‌خانه اکباتان که به روش  $A^2/O$  کار می‌کند، تامین شد.

جدول ۱. مشخصات فاضلاب ورودی

Parameter	Average	Range
pH	7.5	7.05-7.95
COD (mg/L)	273	211-335
Ammonia (mg/L)	22	16-28
Nitrate (mg/L)	0.46	0-0.92
Total Phosphorous (mg/L)	13.25	9-17.5
Total Nitrogen (mg/L)	32	25-39
C/N	7	7-8.5

Table 1. Influent Constituent wastewater Characteristics

#### ۲-۲- روش تحلیل

به منظور انجام آزمایش‌ها، ابتدا راه‌اندازی هیدرولیکی و بیولوژیکی پایلوت صورت گرفت و پس از به تعادل رسیدن سیستم مرحله اصلی پژوهش شروع شد. در این مرحله، هدف اولیه، تعیین زمان ماند بهینه به منظور حذف مواد مغذی و آلی بود. برای رسیدن به این هدف، دمای مخزن بی‌هوایی در حدود ۲۶-۳۰ سانتی‌گراد و دمای مخزن انوکسیک بین ۲۵-۲۱ درجه سانتی‌گراد نگه داشته شد. از آنجا که اکسیژن محلول بهینه برای فرآیند نیترات‌زدایی بین ۰/۵-۰/۲ میلی‌گرم بر لیتر است [15]، سعی بر آن بود که این مقدار در مخزن انوکسیک محقق شود و همان‌گونه که در جدول (۲) قابل مشاهده است، این الزام برآورده و شرایط انوکسیک در طول کلیه مراحل پژوهش برقرار شد. با توجه به اینکه مقدار مناسب برگشت لجن از مخزن ته‌نشینی به بی‌هوایی در این فرآیندها بین ۲۵ تا

1 Mixed Liquor Suspended Solids

2 Mixed Liquor Volatile Suspended Solids

جدول ۲. نتایج اندازه گیری اکسیژن محلول و مواد جامد

The First Stage ( Determination Of Optimal HRT)					The Second Stage ( Determination Of Optimal Internal Recycle Ratio)				
HRT (hr)	MLSS (mg/L)	MLVSS (mg/L)	DO of aerobic tank (mg/L)	DO of anoxic tank (mg/L)	Internal recycle ratio	MLSS (mg/L)	MLVSS (mg/L)	DO of aerobic tank (mg/L)	DO of anoxic tank (mg/L)
4	1650	1430	2.7	0.4	0.75	3150	2650	2.6	0.2
6	1650	1430	2.7	0.4	1.5	3480	2800	2.7	0.3
8	2400	1800	2.8	0.5	2.25	3300	2580	2.5	0.2
10	3150	2650	2.6	0.2	3	4050	3100	2.6	0.3
12	2100	2010	2.9	0.4	3.75	3530	2740	2.8	0.4

Table 2. Results of DO and solids measurements

جدول ۳. نتایج اندازه گیری COD، آمونیاک و فسفر ورودی و خروجی در درصد مایع مخلوط برگشتی ۰/۷۵

HRT (hr)	COD (mg/L)		NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N (mg/L)		Phosphorus (mg/L)	
	inf	eff	inf	eff	inf	Eff
4	300	46	23	1.4	11.3	4.4
6	240	20	16	1.7	12.9	3.1
8	229	9	20	0.87	10.3	2.1
10	225	10	22	0.55	9.6	2.1
12	245	15	25	0.8	10.2	2.6

Table 3. Parameters from A<sup>2</sup>O pilot plant in different HRTs with internal recycle ratio of 0.75

زمان ماند سلولی در محاسبات مربوط به زمان ماند هیدرولیکی ۸ ساعت بیشینه مقدار و برابر ۱۷/۲۰ روز بود. افزایش زمان ماند سلولی سبب می شود که باکتری های ازته و ارگانوتروف ها افزایش یابد و حذف سریع CBOD فراهم شود. به دلیل اینکه زمان ماند هوادهی، مربوط به دو زمان حذف CBOD و زمان نیترات سازی است، زمان ماند هوادهی برای فرایند نیترات سازی افزایش می یابد و همان گونه که در شکل (۳) مشاهده می شود، در زمان ماند ۸ ساعت، بازدهی حذف آمونیوم نیز در این ساعت افزایش می یابد. از آنجا که باکتری های ازته (نیتریفایرها) در ابتدا به حضور آمونیاک حساس است، حذف بهینه آمونیاک نسبت به حذف CBOD تاخیر دارد و پس از گذشت زمان تاخیر، این باکتری ها به بالاترین رشد خود می رسند. بنابراین، بهینه بازدهی حذف آمونیوم که در زمان ماند ۱۰ ساعت رخ داده، توجیه می شود. برگشتی موجود باشد، بر بازدهی حذف فسفات تاثیر منفی دارد.

بنابراین با در نظر گرفتن این موضوع که ساختار سلولی میکروارگانیسم ها از مواد آلی تشکیل یافته و بقایا و اجساد میکروارگانیسم های مرده سبب افزایش غلظت بار آلی خروجی (COD) خواهند شد این پدیده، کاهش فوق الذکر راندمان حذف را توجیه می کند. در زمان های ماند مورد آزمایش، دامنه تغییرات MLVSS حوض هوادهی بین ۱۴۳۰ تا ۲۶۵۰ در نوسان بوده است. بنابراین با توجه به میزان درصد لجن مازاد دفعی، تغییرات MLVSS مخزن هوادهی در محدوده قابل قبول در فرایند A<sup>2</sup>/O است.

شکل ۲. تغییرات راندمان حذف COD نسبت به زمان ماند هیدرولیکی

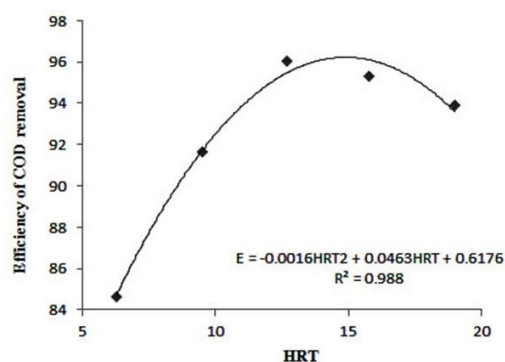


Fig. 2. COD removal efficiency in different HRTs

زدایی بهینه و پس از آن با افزایش زمان ماند، مقدار نیترات-زدایی کم خواهد شد؛ چرا که فعالیت انوکسیک وابسته به مقدار BOD و COD موجود در حوض انوکسیک است و با افزایش زمان ماند علاوه بر حذف مقدراری از BOD و COD در حوض بی‌هوازی درصد حذف COD و BOD در حوض هوادهی نیز افزایش یافته و در نتیجه مواد آلی کمتری در حوض انوکسیک برای پیشبرد فرایند نیترات‌زدایی در دسترس خواهد بود. بنابراین مطلب و با توجه به شکل (۵) زمان ماند هیدرولیکی بهینه برای حذف موثر CBOD و نیز فراهم آوردن زمان بیشتر برای فرایند نیترات‌سازی زمان ماند هیدرولیکی ۸ ساعت است.

### ۲-۳- تعیین اثر درصد برگشت مایع مخلوط بر فرایند

تغییرات غلظت نیترات را با توجه به تغییر در میزان برگشت مایع مخلوط را شکل (۶) نشان می‌دهد. مایع مخلوط در اولین مرحله، ۷۵٪ و در مراحل بعدی به ترتیب ۱۵۰٪، ۲۲۵٪، ۳۰۰٪ و ۳۷۵٪ دبی ورودی، برگشت داده شده است. با توجه به این نمودار، غلظت نیترات خروجی از مرحله ۱ (۷۵٪ برگشت مایع مخلوط) به مرحله ۲ (۱۵۰٪ برگشت مایع مخلوط) کاهش چشمگیری دارد و این کاهش در سایر مراحل دیده نمی‌شود.

### شکل ۴. تغییرات راندمان حذف فسفات کل نسبت به زمان ماند

هیدرولیکی

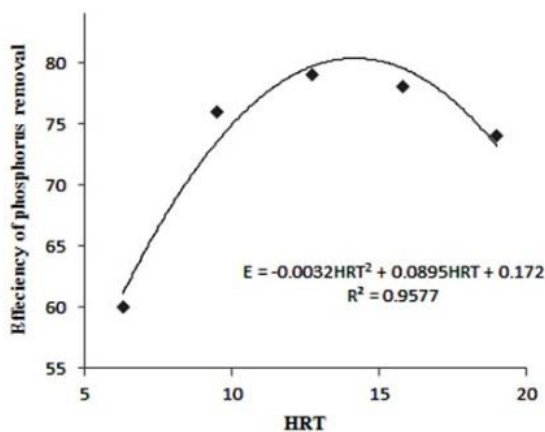


Fig. 4. Phosphorus removal efficiency in different HRTs

### شکل ۳. تغییرات راندمان حذف آمونیاک نسبت به زمان ماند هیدرولیکی

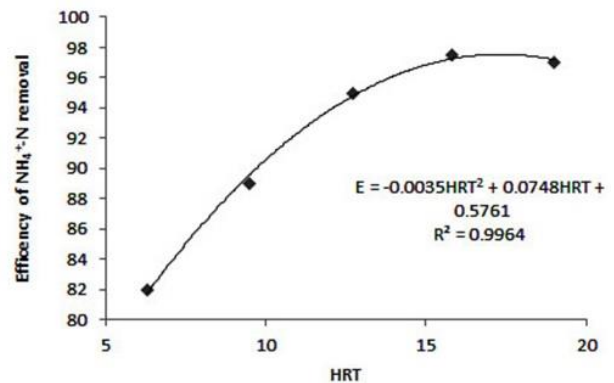


Fig. 3. Removal efficiency of  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  in different HRTs

وجود نیترات در لجن برگشتی به مخزن بی‌هوازی، در فرایند حذف فسفات، تاثیر منفی دارد و علت آن، رقابت باکتری‌های نیترات‌زدا و باکتری‌های پلی فسفات بر سر منبع کربن است [16]. بنابراین در صورتی که راندمان حذف نیترات کم باشد، یا به عبارتی، نیترات بیشتری در لجن این تاثیر با توجه به شکل (۴) در زمان ماند هیدرولیکی ۱۰ ساعت و بیش از آن بر فعالیت بیولوژیکی حذف فسفر موثر بوده و باعث کاهش نسبی راندمان حذف فسفر می‌شود. البته این کاهش در راندمان، به علت فاز مرگ و میر و خودخوری میکروارگانیزم‌ها که خود ناشی از کمبود مواد آلی در اثر افزایش زمان ماند است، نیز است.

میزان غلظت فسفر خروجی در مطالعات انجام شده متاثر از نسبت TBOD/TP است [17]. این مقدار باید حداقل برابر با ۲۰ باشد (TCOD/TP حداقل برابر با ۴۰ باشد) تا غلظت فسفر خروجی در حدود ۱ mg/l بدست آید [18]. از آنالیز فاضلاب ورودی شهرک اکباتان نتیجه شد که این مقدار کمتر از ۲۰ است. در نتیجه به دلیل نسبت کم TBOD/TP، دستیابی به غلظت فسفر خروجی کمتر از ۱-۲ میلی‌گرم در لیتر میسر نشد. در نتایج به دست آمده کمترین مقدار غلظت فسفر خروجی (۲/۱ mg/l) در زمان ماند هیدرولیکی ۸ ساعت و با راندمان حذف ۷۹/۶۹٪ است.

تغییرات غلظت نیترات را  $\text{A}^2/\text{O}$  نسبت به زمان ماند هیدرولیکی را شکل (۵) نشان می‌دهد. با توجه به این شکل مشاهده خواهد شد که در زمان ماند ۸ ساعت، فرایند نیترات-

با توجه به اینکه در این پژوهش نسبت TBOD/TP کمتر از ۲۰ بوده است، مقدار فسفر خروجی، حتی در حالت بهینه نیز به کمتر از ۲/۱ میلی گرم بر لیتر نرسید. بنابراین با توجه به این نتایج، برای رسیدن به غلظت فسفر کمتر از ۲ mg/l، روش A<sup>2</sup>/O مناسب نخواهد بود و روش‌های دیگر بیولوژیکی و یا ترکیب روش A<sup>2</sup>/O با روش‌های شیمیایی پیشنهاد می‌شود.

همان‌گونه که گفته شد، در آزمایش‌های مربوط به برگشت مایع مخلوط از هوادهی به انوکسیک، در سه درصد برگشت ۲۲۵، ۳۰۰ و ۳۷۵، نیترات خروجی به زیر ۱۰ کاهش یافت. از آنجا که استاندارد پساب در ایران برای تخلیه به آب زیرزمینی ۱۰ میلی گرم در لیتر است و نیز با توجه به مصرف انرژی که با افزایش درصد برگشت افزایش می‌یابد، درصد برگشتی معادل با ۱۸۰ تا ۲۰۰ درصد بهینه است.

در کل می‌توان اظهار داشت بهینه زمان ماند هوادهی در این پژوهش با ۲۵٪ برگشت لجن به میزان ۸ ساعت است و بهترین میزان برگشت مایع مخلوط در حدود ۲۰۰-۱۸۰ درصد است.

## References

## ۵- مراجع

- [1] Bestawy, E., Hussein, H., Baghdadi, H. & El-saka, M.F. 2005 Comparison between biological and chemical treatment of wastewater containing nitrogen and phosphorus. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 32(5),195-203.
- [2] Wang, C., Yu, X., Lv, H. & Yang, J. 2013 Nitrogen and phosphorus removal from municipal wastewater by the green alga chlorella sp. *Journal of Environmental Biology*, 34, 421-425.
- [3] Amanollah, Jr. & Stewart, B. A. 2013 Dry Matter Partitioning, Growth Analysis and Water Use Efficiency Response of Oats (*Avena sativa* L.) to Excessive Nitrogen and Phosphorus Application. *J. Agr. Sci. Tech*, 15, 479-489.
- [4] Fan, J., Tao, T., Zhang, J. & You, G.L. 2009 Performance evaluation of a modified A<sup>2</sup>/O process treating low strength wastewater. *Desalination*, 249 (2), 822-827.
- [5] Van Nieuwenhuijzen, A.F.V., Bentem, A.G.N.V., Buunnen, A., Reitsma, B.A. & Uijterlinde, C.A. 2008 The limits and ultimate possibilities of technology of the activated sludge process. *Water Science and Technology*, 58 (8), 1671-1677.
- [6] Mulkerrins D., Jordan C., McMahon S. & Colleran E. 2000 Evaluation of the parameters affecting nitrogen and phosphorus removal in

شکل ۵. تغییرات غلظت نیترات در فرایند A<sup>2</sup>/O نسبت به زمان ماند هیدرولیکی

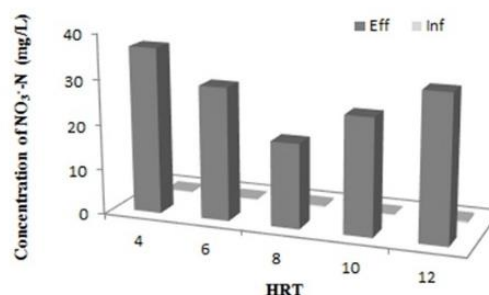


Fig. 5. Concentration of NO<sub>3</sub>-N in different HRTs

شکل ۶. تغییرات غلظت نیترات خروجی نسبت به درصدهای مختلف مایع مخلوط برگشتی

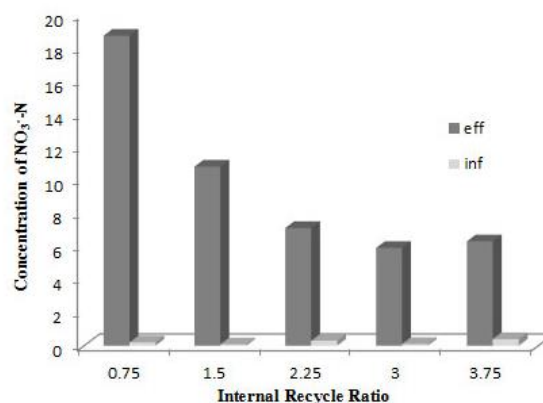


Fig. 6. Concentration of NO<sub>3</sub>-N in different internal recycle ratios

در کل، کاهش غلظت نیترات تا مرحله ۴ (۳۰٪ برگشت مایع مخلوط) ادامه دارد و در مرحله ۵ (۳۷٪ برگشت مایع مخلوط) کمی افزایش دارد. این افزایش به دلیل مدت زمان کم تماس میکروارگانیسم‌ها با مایع مخلوط برگشتی حاوی نیترات است.

## ۴- نتیجه گیری و جمع بندی

با توجه به آزمایش‌های صورت گرفته در این پژوهش، بهترین زمان ماند هوادهی، ۸ ساعت بدست آمد، همچنین زمان ماند سلولی در زمان ۸ ساعت بیشینه بود و نیز با حذف حدود ۹۰٪ COD، حذف نیتروژن با سرعت بیشتری انجام شد.

accumulating organisms (PAOs) in pilot-scale SBR and MBR reactors. *WATER SA*, 34(2), 249-260.

[13] Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 2005 21th edn, American Public Health Association/ American Water Works Association/ Water Environment Federation, Washington, DC, USA.

[14] Module 18: The Activated Sludge Process 2013 Part IV, Pennsylvania Department of Environmental Protection.

[15] Abualhail, S., Mohammed, R.N. & Xiwu, L., 2013 Integrated real-time control strategy in multi-tank A2O process for biological nutrient removal treating real domestic wastewater. *Arabian Journal of Chemistry*, 301-400.

[16] Barker, P.S. & Dold, P.L. 1996 Denitrification behavior in biological excess phosphorus removal activated sludge system. *Water Research*, 30 (4), 769-780.

[17] Richard I.sedlak, 1991 Phosphorus And Nitrogen Removal From Municipal Wastewater: Principles and Practice 2nd edn, Lewis Book Company.

[18] Misc, Kang, S.J., Bio-P 2010 Bio-P Removal-Principles and examples in MI and elsewhere. on the URL <http://www.mi-wea.org>.

anaerobic/anoxic/oxic (A/A/O) biological nutrient removal systems. *J Chem Technol Biotechnol*, 75, 261-268.

[7] Onnerth TB., Nielsen MK. & Stanmer C. 1996 Advanced computer control based on real and software sensors. *Water Sci Technol*, 33, 237-245

[8] Rittmann BE. & McCarty PL. 2001 *Environmental Biotechnology: Principles and Application*. McGraw-Hill, Boston, MA, 539-549.

[9] Shoji T., Satoh H. & Mino T. 2003 Quantitative estimation of the role of denitrifying phosphate accumulating organisms in nutrient removal. *Water Sci Technol*, 47, 23-29 .

[10] Wang, X.L., Peng, Y.Z., Wang, S.Y., Fan, J. & Cao, X.M. 2006 Influent of wastewater composition on nitrogen and phosphorus removal and process control in A2O process. *Bioprocess Bio system Engineering*, 28, 397-404.

[11] Peng, Y.Z., Wang, X.L., Wu, W., Li, J. & Fan, J. 2006 Optimisation of anaerobic/anoxic/oxic process to improve performance and reduce operating costs. *J Chem Technol Biotechnol*, 81, 1391-1397.

[12] Sin, G., Niville, K., Bachis, G., Jiang, T., Nopens, I., Van, S, & Peter, A, 2008 Nitrite effect on the phosphorus uptake activity of phosphate

# Effects of Mixed Liquor Recycling Return on A<sup>2</sup>/O Process

Mirbagheri Seyed Ahmad <sup>1</sup>, Raji Asadabadi Mahdieh <sup>2\*</sup>

1- Prof., Civil and Environmental Engineering K.N.Toosi University of Technology

2- M.Sc. Student, Environmental Engineering, K.N. Toosi University of Technology

\*[mraji@mail.kntu.ac.ir](mailto:mraji@mail.kntu.ac.ir)

## Abstract:

Discharging wastewater effluent, while it includes nutrients, to surface water or groundwater is very dangerous to the environment. As phosphorus and nitrogen combination in aquatic environments have harmful impacts (mainly the poisonousness of ammonia, overgrowth of aquatic plants, groundwater pollution and diseases caused by drinking polluted water, and also eutrophication, resulting in frequent outbreaks of algal blooms and threatening the reliable supply of drinking water resources), some limitations were imposed on the consistency of these combinations in the waste inflow. Thus, nowadays the removal of these combinations must be considered in the design of treatment plants. Also, systems designed for treating the municipal wastewater must be able to remove nitrogen and phosphorus combinations to reach the standard limit. Therefore, in order for the aerobic-anaerobic-oxic (A<sup>2</sup>/O) method to perform well, in this research, a study in advanced treatment of municipal wastewater has been carried out, using the A<sup>2</sup>/O method to remove nitrogen and phosphorus in pilot scale in Ekbatan WWTP. In this research, firstly the principles of biological removal of nitrogen and phosphorus, and secondly the basis of designing biological treatment plants have been investigated. Thereafter, for laboratorial studies, an A<sup>2</sup>/O pilot has been made. This pilot consists of anaerobic, anoxic and aeration tanks and also a sedimentation tank. The volume of these 4 tanks are 40, 60, 170 and 120 L, respectively. In order to simulate the real condition, this pilot has been set up in Ekbatan plant and the experiments were carried out to observe the effect of hydraulic residence time on nitrate, ammonia and phosphorus removal, and also the effect of oxic mixed liquor recycling ratio on nitrate removal has been investigated. In order to observe the nitrate, ammonia and phosphorus removal processes efficiency, the experiments were carried out in a period of three months and in 5 aeration hydraulic residence times: 4, 6, 8, 10 and 12 h. In these experiments, the returned sludge was 25% and the oxic mixed liquor recycling ratio was 75%. After determining the best hydraulic residence time, experiments were continued in 5 different oxic mixed liquor recycling ratios, 75%, 150%, 225%, 300% and 375%. It was concluded that at aeration hydraulic residence time of 8 hours, 96% COD, 95% ammonia and 79% phosphorus (effluent: 9 mg/L COD, 0.87 mg/L ammonia, 2.1 mg/L phosphorus, 18.7 mg/L nitrate) removal were achieved, and that was the best HRT. Furthermore, according to the mixed liquor recycling ratio experiments, when the oxic mixed liquor recycling percentage was about 180 - 200%, the optimum nitrate removal has been occurred. Although the mixed liquor recycling ratio of 225-275% resulted in better efficiency for nitrate removal, it is not proposed, because effluent limitations in Iran for the nitrate is up to 10 mg/l which is resulted in the mixed liquor recycling ratio of 180-200%, and the other reason is that, by increasing the oxic mixed liquor recycling ratio, energy costs will increase, too.

**Keywords:** ammonia, nitrate, phosphorous, A<sup>2</sup>/O process, mixed liquor