مقاله پژوهشی

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و سوم، شماره یازده، بهمن ماه ۱۴۰۰(۱۹۹-۱۸۹)

# بهینه سازی ورودی مخازن ته نشینی ثانویه مستطیلی شکل

## (مطالعه موردی: تصفیه خانه فاضلاب تهران)

**اکبر اکبرپور حسن کیاده**[1]

**علیرضا مردوخ پور**[2*]

Alireza.mardookhpour@liau.ac.ir

**تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱/۵** **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۳/۲۳**

**چکیده**

**زمینه وهدف :** یکی از مهمترین قسمتهای تصفیه خانه ها، مخازن رسوبگذار موجود در آنهاست که نقش مهمی را در تصفیه فاضلاب بر عهده دارد. با توجه به این موضوع، درک صحیح از رفتار مخارن رسوبگذار جهت طراحی و عملکرد مخارن امری ضروری است. بنابراین دور از تصور نیست که مهندسان به فکر طراحی هرچه بهتر مخازن جدید و بهبود کارایی آنها هستند. جهت نیل به این اهداف، روش‌های مختلفی پیشنهاد شده است، که در میان آنها بهبود کارایی مخازن از طریق تغییر هندسه در مخزن نه تنها حائز اهمیت بوده بلکه جزء روش‌های اقتصادی بوده و نظر مهندسان را از جنبه‌های مختلف به خود جلب کرده است. هدف از پژوهش بررسی تأثیر تعداد ورودی‌های جریان بر راندمان هیدرولیکی در حوضچه های مستطیلی شکل رسوبگذار در تصفیه خانه فاضلاب بررسی تأثیر موقعیت و فاصله ورودی های جریان بر بازده هیدرولیکی در حوضچه های مستطیلی شکل رسوبگذار در تصفیه خانه فاضلاب است

**روش بررسی :** مدل مورد مطالعه از روی تصفیه خانه موجود فاضلاب در تهران برداشته شده است. در مقاله پایه ورودی های مختلف جریان به حوضچه ترسیب تحلیل و با مقایسه راندمان ورودی های مختلف ورودی مشخصی به عنوان پیشنهاد ارائه شده است. در پژوهش حاضر از همان ورودی و مخزن استفاده شده است و با اضافه نمودن پارامتر رسوب به عنوان پارامتر جدید ، هیدرولیک و مشخصات جریان و رسوبگذاری در مخزن یاد شده مشخص شده است. مدل مورد مطالعه مخزن مستطیلی شکل با ابعاد ۶۰ متر طول ، ۱۳/۷ متر عرض و ۴/۴ ارتفاع می‌باشد. به منظور مشاهده شیوه پخش مواد جامد معلق در طول فرآیند ته نشینی ، آب موجود در مخزن در شروع فرآیند بدون رسوب (زلال) می‌باشد و سپس با ورود فاضلاب حاوی مواد جامد معلق ، می توان شیوه انتشار مواد معلق و سپس ته نشینی مواد جامد را به‌صورت کامل مشاهده نمود. در مدل موجود در نقاط ورودی ، فواصل ۱۰ ، ۲۰ و ... تا ۶۰ (سرریز خروجی) با ایجاد سنسورهای مجازی اندازه گیری پارامترهای جریان استفاده گردید تا نمودارهای مقایسه ای تولید و تحلیل گردند.این تحقیق در خرداد ماه سال ۱۴۰۰ انجام شده است.

---

۱-کارشناس ارشد گروه عمران ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان، لاهیجان، ایران .

۲- استادیار گروه عمران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان، لاهیجان، ایران. *(مسوول مکاتبات)

**یافته ها:** یافته ها بیانگر آن است  که زمان تحلیل مطابق با زمان ماند آیین نامه ۶۵۰۰ ثانیه می باشد که در محدوده حدود ۸۰۰ تا ۱۰۰۰ ثانیه از تحلیل(۱۶ دقیقه) شرایط جریان و حرکت رسوبات به تعادل رسیده و تا انتهای زمان ماند ثابت می باشد

**بحث و نتیجه گیری :** نتایج نشان می دهد که بیشترین انرژی آشفتگی در محل سرریز خروجی با  فاصله ۱۰ متری از ورودی می باشد که دلیل آن جریان گردابی و چرخشی در این محدوده است. با حرکت به سمت پایین دست جریان آشفتگی کاهش یافته و در نقطه ۱۰ متری از خروجی نزدیک به صفر می باشد که نشان دهنده عملکرد درست مخزن است.

**واژه‌های کلیدی:** بهینه سازی، انرژی آشفتگی، مواد جامد، سرعت، مخزن ته نشینی.

*J. Env. Sci. Tech., Vol 23, No. 11, February, 2022*

# Optimization of rectangular secondary sedimentation tanks inlet

## (Case study: Tehran Wastewater Treatment Plant)

**Akbar Akbarpour Hasankiadeh** [1]

**Alireza Mardookhpour** [2 *]

*Alireza.mardookhpour@liau.ac.ir*

Admission Date:June 13, 2021 Date Received: March 25, 2021

**Abstract**

**Background and Objective:** One of the most important parts of treatment plants is the sedimentation tanks in them, which play an important role in wastewater treatment. Due to this issue, a correct understanding of the behavior of sediment reservoirs is essential for the design and operation of reservoirs. Therefore, it is not far-fetched that engineers are thinking of designing new tanks as best as possible and improving their efficiency. In order to achieve these goals, various methods have been proposed, among which improving the efficiency of reservoirs by changing the geometry in the reservoir is not only important but also an economic method and attracts the opinion of engineers from different aspects. Has attracted.

**Material and Methodology:** The studied model has been removed from the existing wastewater treatment plant in Tehran. In the basic paper, different inputs of flow to the sedimentation pond are analyzed and by comparing the efficiency of different inputs, a specific input is presented as a suggestion. In the present study, the same inlet and reservoir will be used and by adding the sediment parameter as a new parameter, the hydraulic and flow and sedimentation characteristics in the said reservoir will be determined. It is 13 meters wide and 4/4 high. In order to observe the distribution of suspended solids during the settling process, the water in the reservoir at the beginning of the process is free of sediment (clear) and then with the entry of wastewater containing suspended solids, the method of releasing suspended solids and then settling of solids can be Observed in full.

**Findings:** In the model at the entry points, distances of 10, 20 and ... to 60 (output overflow) by creating virtual sensors, flow parameters were used to produce and analyze comparative graphs. The findings indicate that time The analysis is in accordance with the residence time of the regulation is 6500 seconds, which in the range of about 800 to 1000 seconds of analysis (16 minutes) the flow and movement conditions of sediments are balanced and is constant until the end of the residence time

**Discussion and Conclusion:** The results show that the contour particles of sediment particles in the reservoir are at times 50, 300, 500 and 1000, respectively. After 1000 seconds to 6500 seconds, the situation is completely stabilized and there is no change in the contours compared to 1000 seconds. On the other hand, the amount of suspended solids in wastewater decreases by moving downstream and

1- M.Sc. of Civil Engineering Department, Lahijan Branch, Islamic Azad Univeristy, Lahijan, Iran

2- Assistant Professor of Civil Engineering Department, Lahijan Branch, Islamic Azad Univeristy, Lahijan, Iran.
*(*Corresponding Author*)

reaches zero within 10 meters of the end, which indicates the complete removal of suspended solids in the sedimentation process. The results also show that the most turbulent energy is at the outlet at a distance of 10 meters from the inlet, which is due to the eddy current and rotation in this area. By moving downstream, the turbulence current decreases and at a point 10 meters from the outlet is close to zero, which indicates the correct operation of the tank.

**Keywords**: optimization, turbulence energy, solids, velocity, sedimentation tank.

**مقدمه**

کمبود آب یکی از چالش‌ها و محدودیت‌های اساسی در توسعه و آبادانی کشور در سطوح ملی، منطقه ها و عرصه‌های حیات اجتماعی و فعالیت‌های اقتصادی محسوب می‌شود. علاوه بر کمبود منابع آب که خود معضل اساسی جوامع در عصر حاضر است، اگر آب‌های قابل استحصال نیز آلوده باشند، مشکلات مربوط به آب به عنوان یکی از اساسی‌ترین عوامل حیات انسان دوچندان می‌شود. روش‌های تصفیه فاضلاب در ابتدا به منزله ی پاسخی به نگرانی در مورد بهداشت عمومی و شرایط ناشی از دفع فاضلاب در محیط زیست به وجود آمدند ،ولی در حال حاضر با گسترش شهرها و روی آوردن مردم به شهرنشینی و زندگی شهری، پاک نگه‌داشتن و حفظ محیط زیست برای حیات اجتماعی امری ضروری است. بر همین اساس با توجه به خطر پایان یافتن منابع آب شیرین و پایین‌آمدن تراز سفره‌های آب زیرزمینی، نیاز به تصفیه و بازیافت آب مصرفی نیز در تمام فعالیت‌های روزمره انسانی احساس می‌گردد (۱)

دوبینس (۱۹۴۳) مکانیزم رسوب‌گذاری به‌طور تحلیلی و یک بعدی را با توجه به آشفتگی جریان بررسی نمود .نتایج نشان می دهد که رسوب‌گذاری ذرات معلق مستقل از عمق حوضچه خواهد بود . هم‌چنین بازگشت ذرات رسوب شده در حین خارج نمودن رسوب کاملاً به شرایط هیدرولیکی در کف بستگی خواهد داشت(۲). اسلم و همکاران (۲۰۱۱) به مطالعه ای در خصوص جداسازی مواد جامد معلق و پساب مخازن ته نشینی اولیه پرداخته‌اند. ضخامت ایجاد شده ناشی از ته‌نشین شدن رسوبات در مخزن در حالی بررسی شده‌است که ذرات سنگین تر به‌وسیله نیروی گرانش در پایین مخزن قرار گرفته و ذراتی که سبک‌تر مانند چربی، روغن و گریس در قسمت بالای مخزن مستقر خواهند شد و به عنوان بخش مایع از قسمت خروجی، تخلیه خواهند شد. شناخت عواملی که باعث ضخیم شدن جداره های مخازن ته نشینی (خصوصاً در کف) نیز می‌شود، از نتایج این تحقیق می‌باشد (۳). محمدرضا برنا و همکاران(۲۰۱۴) با استفاده از روش حجم محدود و مقایسه آن با نتایج تجربی، نشان داده‌اند که شبیه سازی‌های عددی از توزیع و انتقال رسوب در مخازن ته‌نشینی، قبل از ته‌نشینی به چه ترتیبی خواهد بود..در این تحقیق با شبیه سازی عددی جریان در مخزن مستطیلی و حل معادلات استوکس با استفاده از روش حجم محدود، اقدام به شبیه سازی جریان در سه بعد شده است، و با استفاده از مدل پیشنهاد شده، مقایسه پروفیل سرعت در بخش های مختلف مخزن، و همینطور ارزیابی رسوب سبک در مخزن قبل از ته نشینی، انجام شده است .در نهایت انتشار و انتقال غلظت به طور همزمان توسط هیدرولیک جریان و معادلات حل شده با نتیجه پروفیل عمودی رسوب مقایسه شده است (۴). وینتر و همکار(۲۰۱۶) به اندازه‌گیری زمان، در مخازن ته نشینی اولیه‌ی تصفیه‌خانه بزرگ فاضلاب شهری پرداخته‌اند. در این مقاله تأثیر رفتار الگوی جریان در مخزن ته نشینی و ترسیب مواد جامد و معلق در تصفیه‌خانه بزرگ فاضلاب شهری با هدف اندازه‌گیری الگوی جریان در مخزن و مواد جامد معلق، بطور جداگانه بررسی و الگوهای زیادی استخراج شده است(۵). زنگنه و همکار( ۲۰۱۶) در مدلی آزمایشگاهی نشان داده‌اند که امکان افزایش راندمان مخازن ته نشینی اولیه با استفاده از صفحات لایه نازک باعث ته نشینی بیشتر مواد جامد معلق خواهد شد.(۶)

هدف از پژوهش حاضر ، تعیین تأثیر تعداد ورودی‌های جریان بر راندمان هیدرولیکی در حوضچه های مستطیلی شکل رسوبگذار در تصفیه خانه فاضلاب تعیین تأثیر موقعیت و فاصله ورودی های جریان بر بازده هیدرولیکی در حوضچه های مستطیلی شکل

رسوبگذار در تصفیه خانه فاضلاب و تعیین نتایج حاصل از مدل-سازی و پارامترهای هیدرولیکی موثر بر رسوبگذاری و بهینه‌سازی مربوطه می‌باشد

**مواد و روش ها**

**مبانی معادلات حاکم بر جریان**

یک روش ساده جهت استفاده این است که فاز مایع مستقل از فاز جامد باشد. فاز جامد بر روی الگوی جریان به جز آشفتگی ناشی از اختلاط و چگالی اثر نمی‌گذارد. از این‌رو، این فرض می-تواند به عنوان تک فاز با درنظرگیری اثر جریان بر سرعت و تلاطم در مخزن ته نشینی، مورد استفاده قرار گیرد. به عبارت دیگر هیدرودینامیک جریان باید بر اساس شدت سرعت و تلاطم درنظر گرفته شود، ذرات معلقی که به مخزن ته نشینی داخل خواهند شد از طریق استفاده از معادلات انتقال گرما و انتشار در معادلات وارد شده اند. معادله دینامیک سیالات با رابطه درک قوانین حرکت جریان آغاز شده است. در سال ۱۷۵۳، اویلر قانون نیوتون را برای یک سیال نوشت (برای جریان تراکم ناپذیر) :

$$\frac{\partial u_i}{\partial t} + u_j \frac{\partial u_i}{\partial x_j} = -\frac{1}{\rho_f}\frac{\partial p}{\partial x_i} \quad (۱)$$

پارامتر مناسب توسط ناویه در سال ۱۸۲۷ و توسط استوکس در ۱۸۴۵ به معادله اویلر اضافه شد و در مجموع بصورت زیر به عنوان معادله ناویه-استوکس شناخته شده است :(۷)

$$\frac{\partial u_i}{\partial t} + u_j \frac{\partial u}{\partial x_j} = -\frac{1}{\rho_f}\frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j}\left[\nu\left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i}\right)\right] \quad (۲)$$

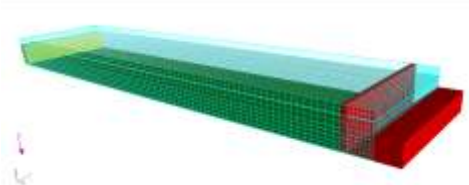
در این تحقیق ،با توجه به این‌که به عدم درنظرگیری تغییرات دما ، از معادله انرژی حذف گردیده است. بنابراین، تنها دو متغیر ناشناخته سرعت و فشار است که باید از این معادلات به دست آمده باشد. برای حل دستگاه معادلات ذکر شده، لازم است سرعت و فشار در هر نقطه از مرز سیال که به نام شرایط مرزی شناخته شده است، موجود شد.

**مدل مورد مطالعه**

مدل مورد مطالعه بر اساس تصفیه خانه موجود فاضلاب در تهران برداشته شده است. ورودی های مختلف جریان به مخزن تحلیل و با مقایسه راندمان ورودی های مختلف ورودی مشخصی به عنوان پیشنهاد ارائه شده است. در پژوهش حاضر که در تاریخ خرداد ماه ۱۴۰۰ انجام شده است، از همان ورودی و حوضچه ترسیب استفاده خواهد شد و با اضافه نمودن پارامتر رسوب به عنوان پارامتر جدید، هیدرولیک و مشخصات جریان و رسوبگذاری در مخزن مذکور مشخص خواهد گردید. مدل مورد مطالعه مخزن مستطیلی شکل با ابعاد ۶۰ متر طول ، ۱۳/۷ متر عرض و ۴/۴ ارتفاع می باشد. به منظور مشاهده شیوه پخش رسوبات در طول فرآیند ته نشینی ، آب موجود در مخزن در شروع فرآیند بدون رسوب (زلال) می باشد و سپس با ورود فاضلاب حاوی رسوب ، می توان شیوه انتشار مواد معلق و سپس ته نشینی رسوبات را بصورت کامل مشاهده نمود.در صورتی که بار سطحی ۶۰ متر مکعب بر مترمربع در روز در نظر گرفته شود (طراحی متوسط) ، برای ارتفاع ۴/۵ متر، زماند ماند مورد نیاز بر اساس نشریه شماره ۴۵۰ وزارت نیرو (طراحی هیدرولیکی تصفیه خانه های فاضلاب ، حدود ۱/۸ ساعت معادل ۶۴۸۰ ثانیه می باشد که در مدلسازی ۶۵۰۰ ثانیه در نظر گرفته شده است که زمان تحلیل مدل حاضر خواهد بود. هم‌چنین دبی ورودی براساس بارسطحی و مساحت حوضچه حدود ۰/۶ مترمکعب برثانیه می باشد. مطابق نشریه ۴۰۵ ، شار جرمی مواد جامد بر اساس بده متوسط ، ۴۸ کیلوگرم بر مترمربع در روز می باشد؛ بدین ترتیب جرم کل مواد معلق ورودی به مخزن ثانویه ۳۷۴۴۰ کیلوگرم در روز و معادل ۴۳۳ گرم در ثانیه می باشد.

**مدل‌سازی هندسه کانال اصلی و فرعی در نرم افزار FLOW-3D**

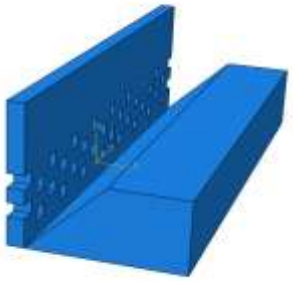
در مدل‌سازی هندسه کانال و مشخصات جریان به صورتی عمل شده که جهت جریان از سمت راست به چپ (خلاف جهت X) و گرانش از بالا به پایین می‌باشد.شکل ۱ مدل مخزن ته نشینی نشان می دهد



**شکل ۱ - مدل حوضچه ته نشینی**

Figure 1. Sedimentation pond model

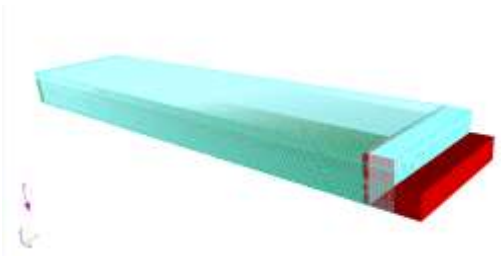
ورودی مخزن مستطیلی شکل با توجه به مدل بهینه مقاله شاهرخی و همکاران (۲۰۱۱) مدل می‌گردد. برای ایجاد هندسه پیچیده ورودی از نرم افزار AutoCAD استفاده شده است. شکل ۲ به ترتیب نمای دریچه ورودی و نمای سه بعدی ورودی مخزن مستطیلی شکل نشان می دهد



**شکل ۲ - شکل سه بعدی ورودی مخزن**

Figure 2. Three-dimensional shape of the tank inlet

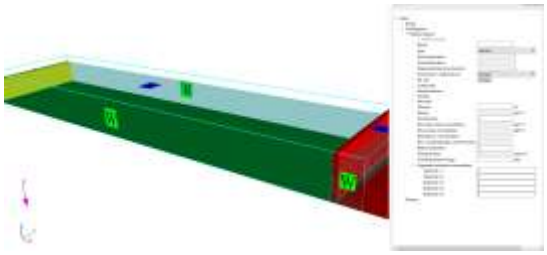
محل ورودی با مش بندی ۵ سانتی‌متری و مخزن با مش بندی ۱۰ سانتی‌متری مشخص شده اند.شکل ۳ شبکه حل مساله نشان می دهد .



**شکل ۳- شبکه حل**

Figure 3. Solve network

بعد از مشخص کردن محدوده حل جریان می‌بایست شرایط مرزی[1] رو برای این محدوده تعیین کرد. در تمام شبکه مش بندی ،Z min کف مخزن بوده و به‌صورت دیوار صلب[2] تعیین می گردند. دیوارهای کانال اصلی و فرعی نیز به‌صورت دیوار صلب در نظر گرفته می شوند. Z max نیز سطح آزاد بوده و آن به‌صورت همسان[3] لحاظ می شود . محل اتصال شبکه ها نیز به‌صورت همسان تعریف می گردند. در مش شماره ۱ X max ورودی جریان به کانال اصلی می باشد. بدین منظور ورودی محدوده جریان یعنی X max رو بر اساس دبی[4] به مقدار ۰/۶ مترمکعب بر ثانیه در نظر گرفته تا شرایط آیین نامه تامین گردد. Xmin نیز محل اتصال به مش دوم بوده که باید همسان باشد. در مش دوم نیز Xmin خروجی جریان بوده و سرریز انتهایی قرار دارد. شکل ۴ شرایط مرزی شبکه های حل مساله و آب موجود در حالت اولیه زلال نشان می دهد



**شکل ۴- آب موجود در شرایط اولیه تحلیل (زلال)**

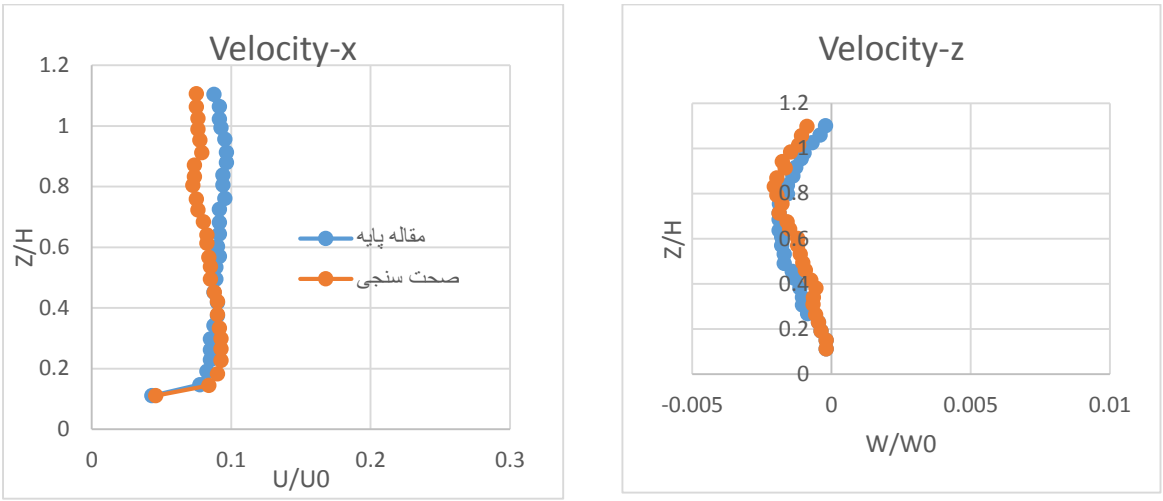
Figure 4. Water in the initial conditions of analysis (clear)

## نتایج

### صحت سنجی

صحت سنجی بر اساس مدل منتخب پژوهش شاهرخی و همکاران( ۲۰۱۱) بدون اثر رسوب و دبی ۶۵۰ لیتر بر ثانیه تحلیل و نتایج مقایسه می‌گردد. نتیجه مورد مقایسه در صحت سنجی ، نمودار بی بعد سرعت مقایسه ای افقی در فاصله ۲۵ متری از ورودی می باشد.

1- Boundary
2- wall
3- Symmetry
4- volume flow rate



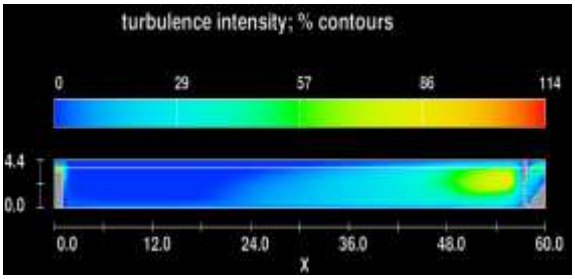

**شکل ۵- نمودار سرعت افقی و قائم در فاصله ۲۵ متری ورودی (صحت سنجی با پژوهش شاهرخی و همکاران**

Figure 5. Horizontal and vertical velocity diagram at a distance of 25 meters from the entrance (validation by Shahrokhi et al.)

شکل ۵ نشان دهنده نمودار مقایسه ای بی بعد سرعت افقی و قائم در فاصله ۲۵ متری ورودی در صحت سنجی و پژوهش شاهرخی و همکاران(۲۰۱۱) می‌باشد. مطابق شکل حداکثر خطای محاسباتی زیر ۳ درصد می باشد و بر این اساس نرم افزار ، نحوه مدلسازی و شیوه تحلیل در پژوهش حاضر قابل اعتماد و صحیح می باشد.

**درصد آشفتگی**

بعد از صحت سنجی به تحلیل نتایج پرداخته شده است که مورد اول مربوط به درصد آشفتگی می باشد. شکل (۶) نشان دهنده کانتور های درصد آشفتگی در مخزن ته نشینی می باشد. مطابق این کانتور بیشترین مقدار آشفتگی در فاصله ۵ متری از ورودی و پس از دریچه پخش است. با حرکت به سمت پایین دست جریان (چپ) این مقدار کاهش یافته و نزدیک به صفر می باشد. در نقطه فوقانی سرریز خروجی نیز آشفتگی زیاد بوده که تاثیر بر روی کارایی مخزن ندارد.



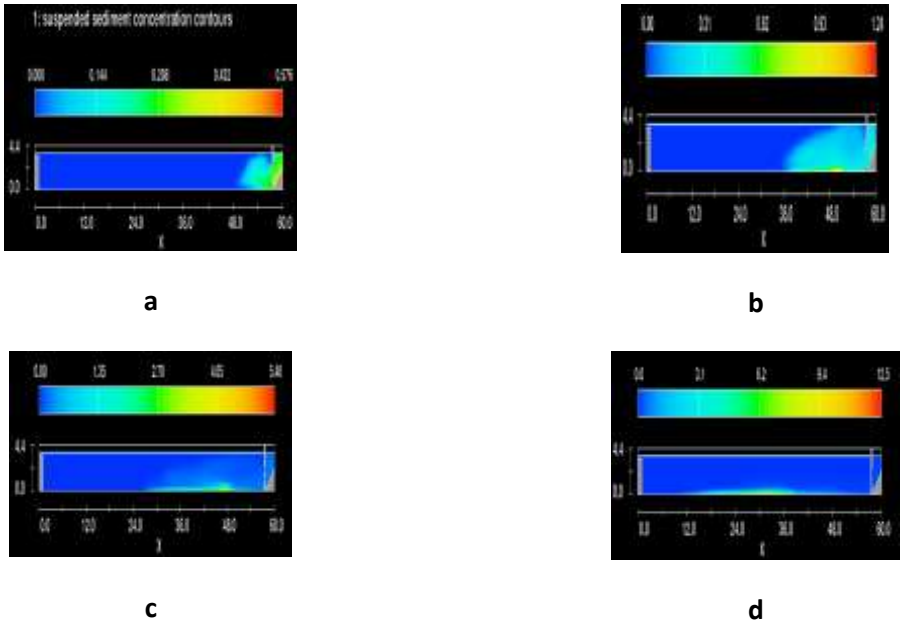

**شکل ۶ - درصد آشفتگی**

Figure 6. Percentage of turbulence

**میزان رسوبات**

بعد از درصد آشفتگی به تحلیل میزان رسوبات پرداخته شده است. شکل ۷ نشان دهنده کانتورهای میزان ذرات رسوبی در مخزن به ترتیب در زمان های ۵۰ ، ۳۰۰ ، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ می باشد. پس از ثانیه ۱۰۰۰ تا ثانیه ۶۵۰۰ وضعیت کاملا تثبیت شده می باشد و تغییری در کانتور ها نسبت به ثانیه ۱۰۰۰ ندارد. بیشترین میزان ته نشینی در حدود میانه مخزن است. با توجه به

شکل d از آنجایی‌که رسوبات نزدیک به سرریز انتهایی نمی باشند حرکت روبه بالای آب در نزدیکی سرریز باعث مکش رسوبات از کف نمی‌شود.

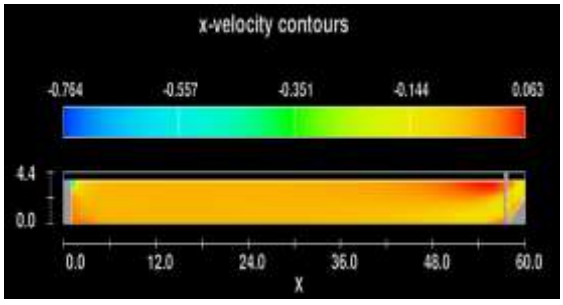



**شکل ۷ - میزان رسوبات**

Figure 7. Sediment rate

**سرعت افقی**

بعد از تحلیل میزان رسوبات نوبت به تعیین سرعت افقی می رسد . شکل ۸ نشان دهنده کانتور های سرعت افقی پس از ثانیه ۱۰۰۰ در مخزن ته نشینی می باشد. مطابق این کانتور بیشترین مقدار سرعت در فاصله ۵ متری از ورودی و پس از دریچه پخش می باشد. این مقدار منفی می باشد که نشان دهنده جریان چرخشی در این نقطه می باشد .



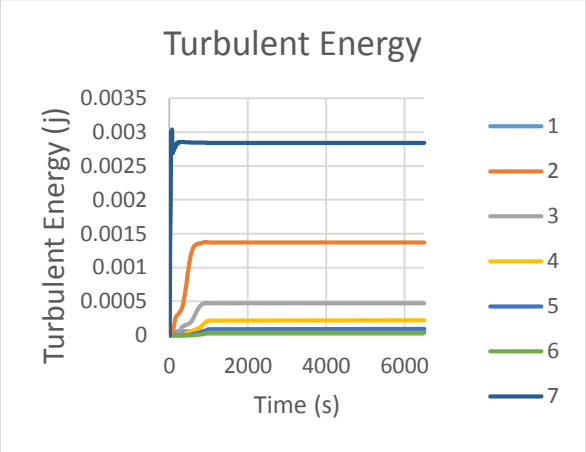

**شکل ۸ - سرعت افقی**

Figure 8. Horizontal velocity

**نمودار های مقایسه ای در نقاط مختلف مخزن مستطیلی شکل**

در مدل موجود در نقاط ورودی ، فواصل ۱۰ ، ۲۰ تا ۶۰ (سرریز خروجی) از گزینه Probe برای ایجاد سنسورهای مجازی اندازه گیری پارامترهای جریان استفاده گردید تا نمودارهای مقایسه ای تولید و تحلیل گردند. شکل ۹ نشان دهنده نمودار های مقایسه ای انرژی آشفتگی در ۷ نقطه از مخزن با فواصل ۱۰ متری می باشد. مطابق این نمودار بیشترین انرژی آشفتگی در محل سرریز خروجی می باشد و پس از آن نقطه ۲ با فاصله ۱۰ متری از ورودی می باشد که دلیل آن جریان گردابی و چرخشی در این

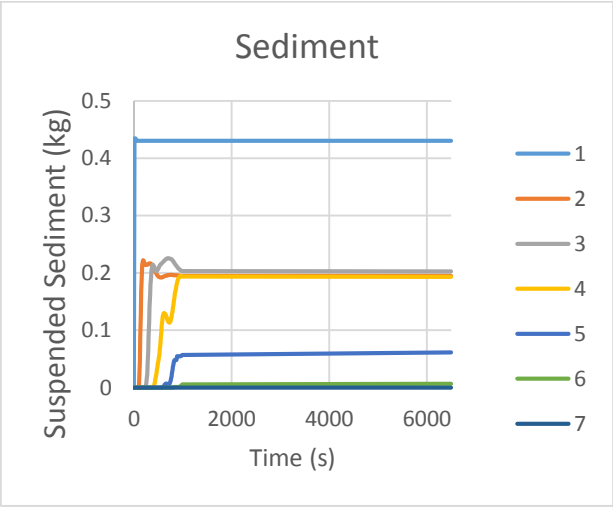
محدوده می باشد. با حرکت به سمت پایین دست جریان آشفتگی کاهش یافته و در نقطه ۱۰ متری از خروجی نزدیک به صفر می باشد که نشان دهنده عملکرد درست مخزن می باشد.




**شکل ۹ - انرژی آشفتگی**

Figure 9. Turbulence energy

شکل (۱۰) نشان دهنده نمودار های مقایسه ای مواد جامد موجود در فاضلاب در ۷ نقطه از حوضچه با فواصل ۱۰ متری می باشد. مطابق این نمودار بیشترین مقدار مواد جامد در ورودی می باشد. میزان مواد معلق در نقاط ۱۰ تا ۳۰ متری تقریبا برابر می باشد و سپس در نقاط ۴۰ و ۵۰ بسیار کاهش یافته و در نهایت در محل خروجی صفر شده است که نشان دهنده حذف کامل مواد جامد موجود در مخزن می باشد.

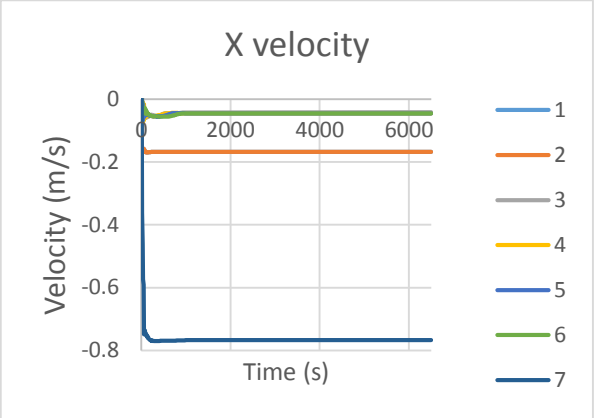



**شکل ۱۰- مواد جامد موجود در فاضلاب**

Figure 10. Solids in wastewater

شکل (۱۱) نشان دهنده نمودار های مقایسه ای سرعت افقی در فاضلاب در ۷ نقطه از مخزن با فواصل ۱۰ متری می باشد. مطابق این نمودار بیشترین مقدار سرعت مربوط به سرریز خروجی می-باشد. سرعت نقطه ۲ با فاصله ۱۰ متر از ورودی حدود۰/۱۶ متر

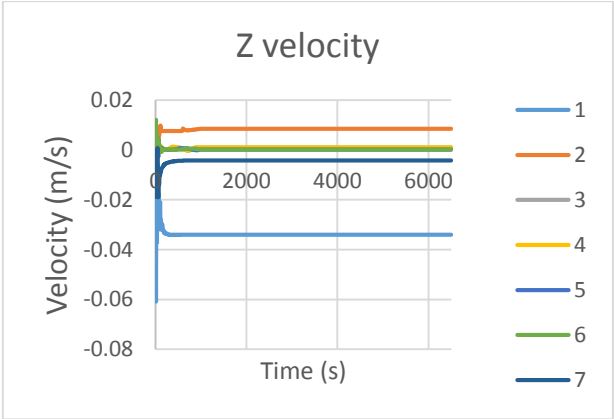
بر ثانیه بوده و در نقاط دیگر سرعت در حدود ۰/۰۵ متر بر ثانیه می باشد.




**شکل ۱۱ - سرعت افقی**

Figure 11. Horizontal velocity

شکل (۱۲) نشان دهنده نمودار های مقایسه ای سرعت قائم در فاضلاب در ۷ نقطه از مخزن با فواصل ۱۰ متری می باشد. مطابق این نمودار بیشترین مقدار سرعت مربوط به ورودی می باشد که دلیل آن شیب ورودی می باشد. در نقطه ۲ با فاصله ۱۰ متر از ورودی دارای مقدار مثبت بوده که دلیل آن جریان چرخشی در این محل می باشد و در نقاط ۳ تا ۶ مقدار این سرعت تقریبا صفر می باشد که نشان دهنده معلق شدن ذرات و عملکرد صحیح مخزن می باشد. نقطه خروجی نیز به‌دلیل آشفتگی دارای مقدار منفی نسبتا زیاد می باشد.




**شکل ۱۲ - سرعت قائم**

Figure 12. Vertical velocity

## نتیجه گیری

هر پژوهش، تلاشی منطقی، سازمان یافته و علمی برای دستیابی به پاسخ یک پرسش یا راه حل برای یک مسأله است. پژوهش حاضر با هدف بررسی عددی مخزن ته نشینی ثانویه مستطیلی شکل با در نظر گرفتن رسوب انجام شده است. که با انجام تحلیل صحت سنجی کفایت لازم روش تحلیل و مدل‌سازی در پژوهش حاضر اثبات گردید و زمان تحلیل مطابق با زمان ماند آیین نامه ۶۵۰۰ ثانیه می باشد. نتایج موردی پژوهش عبارتند از :

۱- نتایج بی بعد سرعت افقی و قائم در فاصله ۲۵ متری ورودی در صحت سنجی و پژوهش شاهرخی و همکاران(۲۰۱۱) بیانگر حداکثر خطای محاسباتی زیر ۳ درصد می باشد و بر این اساس

نرم افزار ، نحوه مدل‌سازی و شیوه تحلیل در پژوهش حاضر قابل اعتماد و صحیح می باشد.

۲- ناحیه پشت دریچه پخش کننده جریان محل تشکیل جریان چرخشی می باشد . ضمن این‌که رسوبات بیشتر در محدوده یک سوم میانی بیشترین ته نشینی را دارد .در انتهای حوضچه مقدار مواد جامد به صفر رسیده است که نشان دهنده عملکرد صحیح مخزن می باشد

۲- میزان مواد معلق در فاضلاب با حرکت به سمت پایین دست جریان کاهش یافته و در محدوده ۱۰ متر انتها به صفر رسیده که نشان دهنده حذف کامل مواد معلق در فرآیند ته نشینی می باشد و در نهایت آب بدون مواد معلق و به اصطلاح زلال از مخزن خارج می‌گردد.

۳- با توجه به حذف کامل مواد معلق در فاصله ۱۰ متری از خروجی می توان در پژوهش های آتی کاهش طول مخزن را بررسی کرد. در هر صورت این مسئله نشان دهنده عملکرد بسیار بهینه مخزن و دریچه پخش در پژوهش حاضر می باشد.

**References**


1. Monzavi ,M 2005. Municipal wastewater (wastewater treatment 2). Tehran: University of Tehran Press. (In Persian)
2. Dobbins, W. E. 1944. Effects of turbulence on sedimentation. Transactions of ASCE, 109, 629-656.
3. Aslam, M.T., Kainz, H. & Gruber, G., 2011. Description of the settling behaviour of solidsin wastewater. In kanalManagement. Journal of Civil Engineering and Urbanism, 2252-0430.
4. Borna, M., Janfeshan A.H., Merufinia, E. Asnaashari, A. 2014 Numerical Simulations of Distribution and Sediment Transmission in Pre Settled Pools Using Finite Volume Method and Comparison with Experimental Results, Journal of Civil Engineering and Urbanism 4, 3287-292
5. Winter, M. & Breitsamter, Ch. 2016. Efficient unsteady aerodynamic loads prediction based on nonlinear system identification and proper orthogonal decomposition. Journal of Fluids and Structures, 67, 1-21.
6. Zanganeh, H., Narakorn, S. 2016. Three-dimensional VIV prediction model for a long flexible cylinder with axial dynamics and mean drag magnifications. Journal of Fluids and Structures, 66, 127–146.
7. Anderson, N. E. 1945. Design of Final Settling Tanks for Activated Sludge. Sewage Works Journal, 17, 50-65.
8. Ashby, S. F., Manteuffel, T. A. & Saylor, P. E. 1990. A taxonomy for conjugate gradient methods. SIAM J. Numer. Anal, 27, 1542-1568.
9. Shahrokhi, M., Rostami, F., Md Said, M. A., & Sabbagh Yazdi, S. R. (2011). The effect of number of baffles on the improvement efficiency of primary sedimentation tanks. Applied Mathematical