گزارش کوتاه علمی

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد بیست و هفتم، شماره چهارم، ۱۳۹۹
۲۴۷-۲۵۴
http://jwsc.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jwsc.2020.17721.3324

# بررسی آزمایشگاهی و عددی تأثیر دیواره‌های مستغرق بر راندمان تله‌اندازی رسوب در حوضچه‌های رسوب‌گیر بندهای انحرافی

**علی کشاورز[۱]، *رامین فضل‌اولی[۲] و علیرضا عمادی[۲]**

[۱]دانشجوی دکتری سازه‌های آبی گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری،
[۲]دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۱/۲۷؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۶/۱۲

## چکیده

**سابقه و هدف:** یکی از قسمت‌های مهم و اساسی در مجموعه سازه‌های انتقال آب، حوضچه‌های رسوب‌گیر در شبکه‌های انتقال آب است. حوضچه‌های رسوب‌گیر ازجمله سازه‌های ضروری است که به‌منظور جدا کردن رسوبات همراه جریان ورودی، بعد از آبگیر و ابتدای کانال‌های انتقال آب احداث می‌شوند. ازآن‌جایی‌که وجود بیش‌ازحد رسوبات به‌خصوص برای مصارف کشاورزی و پرورش آبزیان مضر است و باعث کاهش کارایی در بهره‌وری محصولات مرتبط می‌گردد، اهمیت این سازه‌ها بیش‌تر می‌شود.

**مواد و روش‌ها:** در پژوهش حاضر تأثیر قرارگیری دیواره عمود بر مسیر جریان در حوضچه رسوب‌گیر بر روی راندمان تله‌اندازی رسوب، در دو حالت دیواره‌دار و ساده (بدون دیواره یا شاهد)، موردبررسی قرار گرفت. به همین منظور، ۵ مدل فیزیکی حوضچه رسوب‌گیر در حالت‌های ساده (بدون دیواره یا شاهد) و دیواره‌دار، با نسبت‌های ارتفاعی یک‌سوم و یک‌دوم نسبت به ارتفاع حوضچه رسوب‌گیر و با تعداد سه و پنج دیواره از جنس پلاستیک فشرده ساخته شد. آزمایش‌ها با وارد نمودن ذرات رسوب با دانه‌بندی ثابت کم‌تر از ۰/۱ میلی‌متر و وزن ثابت ۲/۸ کیلوگرم در یک کانال مستطیل شکل از جنس بتن در آزمایشگاه هیدرولیک دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری انجام شد. پس از اتمام آزمایش بر روی هر یک از مدل‌ها، میزان رسوبات ترسیب شده جمع‌آوری گشته و سپس خشک و توزین شد. در این آزمایش‌ها تعداد و ارتفاع دیواره‌های قرار داده شده در حوضچه رسوب‌گیر تغییر و تأثیر آن‌ها بر میزان راندمان تله‌اندازی موردبررسی قرار گرفت. در پایان نتایج به‌دست‌آمده از آزمایش‌ها، به کمک مدل عددی به‌وسیله نرم‌افزار FLUENT و به کمک آزمون آماری با کمک نرم‌افزار SPSS، مورد راستی آزمایی قرار گرفت.

**یافته‌ها:** نتایج آزمایشگاهی نشان دادند که وجود دیواره‌ها در مسیر عبور جریان در حوضچه رسوب‌گیر باعث افزایش معنی‌دار میزان تله‌اندازی رسوب شد. افزایش تعداد دیواره‌ها از سه‌به‌پنج دیواره، به‌ترتیب در نسبت‌های ارتفاعی

* مسئول مکاتبه: raminfazl@yahoo.com

یک‌سوم و یک‌دوم نسبت به ارتفاع حوضچه رسوب‌گیر، سبب افزایش ۵/۹ و ۷/٦۵ درصدی بر میزان تله‌اندازی رسوب نسبت به حالت بدون دیواره (شاهد) شده است. هم‌چنین نتایج این پژوهش نشان داد که اثر هم‌زمان هر دو پارامتر ارتفاع و تعداد دیواره سبب افزایش ۱۰ الی ۲۷ درصدی روی راندمان تله‌اندازی رسوبات شده است. نتایج آماری بیانگر وجود تفاوت معنی‌دار میان وجود و عدم وجود دیواره بر میزان راندمان تله‌اندازی بوده است. نتایج شبیه‌سازی عددی نیز بیان‌کننده تأثیر وجود دیواره‌ها بر تغییر الگوی جریان است و نشان می‌دهد که افزایش تعداد دیواره‌ها سبب افزایش میزان رسوب‌گذاری در حوضچه رسوب‌گیر شده است.

**نتیجه‌گیری:** به‌طورکلی می‌توان نتیجه گرفت استفاده از دیواره در مسیر عبور جریان حاوی رسوب از حوضچه رسوب‌گیر، سبب کاهش تلاطم جریان ورودی و کاهش سرعت جریان در حوضچه می‌شود. می‌توان بیان کرد که افزایش طول مسیر جریان و پخش رسوبات ورودی در عرض حوضچه سبب افزایش میزان ترسیب و راندمان تله‌اندازی می‌گردد.

***واژه‌های کلیدی:*** حوضچه رسوب‌گیر دیواره‌دار، راندمان تله‌اندازی، رسوب‌گذاری

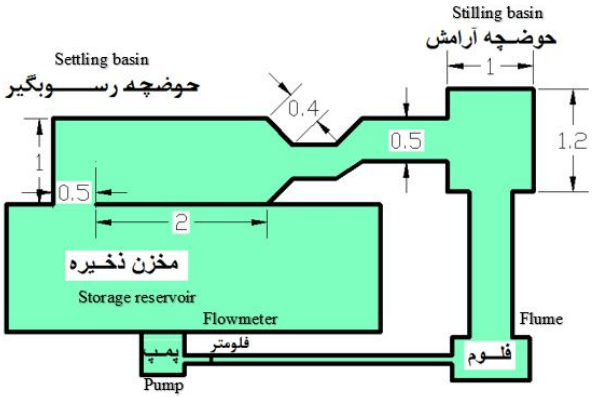
## مقدمه

جهت به حداقل رساندن رسوب‌گذاری در کانال‌های انتقال، قبل از ورود آب از مخزن بند انحرافی به درون کانال، حوضچه‌ای تحت عنوان حوضچه رسوب‌گیر احداث می‌شود. تاکنون مطالعات محدودی در زمینه افزایش راندمان رسوب‌گذاری در حوضچه‌های رسوب‌گیر انجام‌شده است. گلریز و صالحی نیشابوری (۲۰۱۱) به بررسی سه‌بعدی اثر تیغه هدایت‌کننده ورودی و خروجی بر راندمان رسوب‌گیری حوضچه رسوب‌گیر شهری پرداختند (۳). سالاری و اسماعیلی (۲۰۱۲) تأثیر صفحه‌های هدایت‌کننده جریان بر راندمان تله‌اندازی رسوب در یک حوضچه رسوب‌گیر مستطیلی با استفاده از مطالعات آزمایشگاهی موردبررسی قرار دادند (۷). براساس مطالعات سجادی و شفاعی بجستان (۲۰۰۹)، در طراحی حوضچه‌های رسوب‌گیر استفاده از تکنیک ردیابی ذرات باعث پیش‌بینی‌های بالایی در عملکرد حوضچه‌های رسوب‌گیر گردیده و مناسب است (٦). تاکستون و همکاران (۱۹۸۷) با استفاده از رنگ، اثر تغییرات راندمان را در ۱۲ استخر کم‌عمق به‌صورت تجربی آزمایش کردند (۸). پرسون (۲۰۰۰) با استفاده از مدل مایک ۲۱ به بررسی عددی دوبعدی اثر شکل حوضچه روی عملکرد هیدرولیکی، نواحی چرخشی و محل ورودی و خروجی پرداخت (۵). گولا و همکاران (۲۰۰۷) دریافتند که دیواره آرام‌کننده جریان قسمت ورودی و تحتانی حوضچه رسوب‌گیر را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد (٤). فن و همکاران (۲۰۰۷) با مطالعه عددی به شبیه‌سازی شرایط میدان جریان درون حوضچه‌های رسوبگیر ثانویه پرداختند (۱). بر طبق مطالعات انجام گرفته در زمینه بهینه‌سازی عملکرد حوضچه‌های رسوب‌گیر، به‌طورکلی استفاده از موانعی مانند بفل، دیواره هدایت‌کننده و دیواره‌ها در بیش‌تر مواقع باعث بهبود عملکرد و افزایش راندمان تله‌اندازی رسوب می‌گردد. ازآن‌جایی‌که ورود رسوبات به درون کانال‌های آبیاری باعث مشکلات فراوانی می‌گردد بنابراین یافتن راه‌حل‌هایی جهت افزایش میزان رسوب‌گذاری در حوضچه‌های رسوب‌گیر هدف اصلی این پژوهش می‌باشد. در مطالعه حاضر

دیواره‌ها با آرایشی جدید درون حوضچه قرار داده می‌شوند تا تأثیر ایجاد دیواره‌های مستغرق و تأثیر تغییر در تعداد و اندازه‌های دیواره بر راندمان تله‌اندازی رسوب موردبررسی قرار گیرد.

## مواد و روش‌ها

همه آزمایش‌های این پژوهش در یک کانال مستطیل شکل از جنس بتن در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری انجام شد نمایی شماتیک از فلوم موردمطالعه در شکل ۱ نشان داده شده است. به‌منظور بررسی و مقایسه راندمان تله‌اندازی رسوب در حوضچه رسوب‌گیر در دو حالت ساده (بدون دیواره یا شاهد) و دیواره‌دار، دیواره‌هایی مطابق شکل ۲، با ارتفاع‌های ۲۰ و ۳۰ سانتی‌متر به‌ترتیب به نسبت‌های یک‌سوم و یک‌دوم ارتفاع حوضچه، در تعداد مختلف (سه و پنج دیواره) از جنس پلاستیک فشرده ساخته شده است. آزمایش‌ها با وارد نمودن مقدار مشخصی رسوب (۲/۸ کیلوگرم) با غلظت ثابت و دانه‌بندی معین کم‌تر از ۰/۱ میلی‌متر به مخزن اصلی طی ۲۵ دقیقه برای هر مدل آغاز شد. در اتمام هر آزمایش، رسوبات ته‌نشین شده در داخل حوضچه رسوب‌گیر جمع‌آوری‌شده و خشک شد. سپس با تقسیم‌کردن وزن خشک رسوب جمع‌آوری‌شده به کل رسوب تزریق‌شده به درون کانال، راندمان تله‌اندازی حوضچه رسوب‌گیر به‌دست آمد.




**شکل ۱- نمای شماتیک فلوم (ابعاد بر حسب متر می‌باشد).**

**Figure 1. Schematic of flume (Dimensions are in the units of meters).**

(ج) (ب) (الف)

(c) (b) (a)

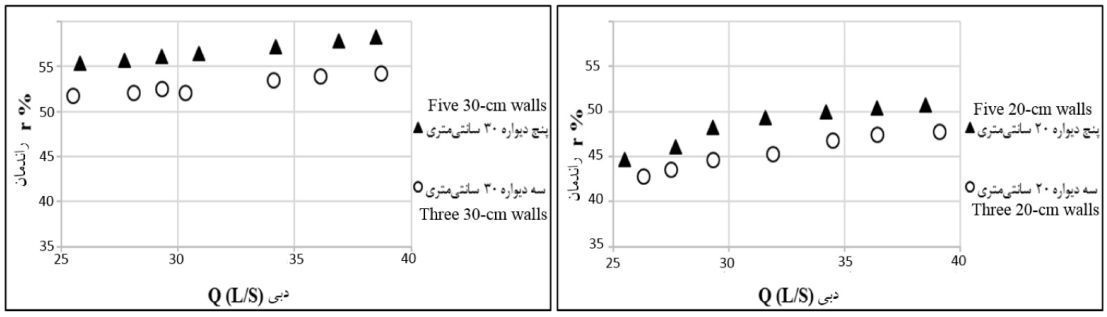
**شکل ۲- حوضچه‌های رسوب‌گیر، الف) بدون دیواره (شاهد)، ب) سه دیواره و ج) پنج دیواره.**

**Figure 2. Settling basins, (a) without walls (control), (b) three walls, and (c) five walls.**

## نتایج و بحث

**اثر تعداد دیواره‌ها روی راندمان تله‌اندازی:** مطابق شکل ۳ میزان راندمان تله‌اندازی حوضچه رسوب‌گیر (r) با افزایش تعداد دیواره از سه‌به‌پنج در ارتفاع دیواره ثابت ۲۰ سانتی‌متری، ۵/۹ درصد افزایش یافته است و هم‌چنین در ارتفاع دیواره ۳۰ سانتی‌متری، میزان راندمان تله‌اندازی ۷/٦۵ درصد افزایش یافته است. افزایش دبی باعث افزایش عمق آب و درنتیجه افزایش میزان استغراق دیواره‌ها می‌گردد. درواقع زمانی‌که استغراق دیواره‌ها کم است لبه بالایی دیواره‌ها باعث یک حالت پرش جریان و افزایش آشفتگی سطح جریان می‌شود که همین موضوع باعث افزایش تلاطم در حوضچه ترسیب می‌شود. ولی در حالت استغراق بیش‌تر، این موضوع مشاهده نشده و جریان آرام‌تر است.

**تحلیل آماری نتایج:** در این پژوهش آنالیز آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار IBM SPSS نسخه ۲۳ و به کمک آزمون مقایسه میانگین‌های دو جامعه (آزمون t) و با فرض نرمال بودن داده‌ها برای آلفای ۰/۰۵ درصد ($\alpha$=۰/۰۵) انجام گردیده است. با توجه به نتایج جدول ۱ مشاهده می‌شود که اختلاف معناداری در میزان درصد راندمان تله‌اندازی، با وجود و یا عدم وجود دیواره با ارتفاع (۲۰ و ۳۰ سانتی‌متری) و تعداد مختلف (۳ و ۵ دیواره) درون حوضچه رسوب‌گیر وجود دارد.




(الف) (ب)

(a) (b)

**شکل ۳- تغییرات راندمان تله‌اندازی رسوب نسبت به تغییرات دبی با تغییر تعداد دیواره‌ها در ارتفاع الف) ۲۰ سانتی‌متر ب) ۳۰ سانتی‌متر.**

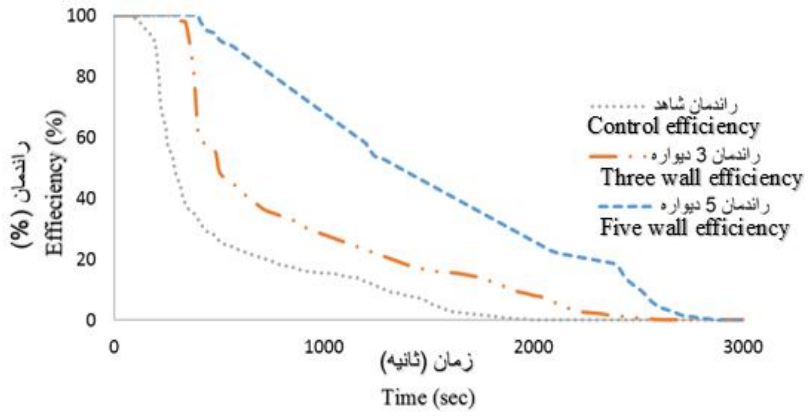
**Figure 3. Sediment trapping efficiency changes in relation to discharge by changing the number of walls at the height of a) 20 cm, b) 30 cm.**

**جدول ۱- مقادیر معناداری محاسبه شده برای بررسی وجود تفاوت بین درصد راندمان تله‌اندازی رسوبات نسبت به دبی در حالت‌های مختلف قرارگیری دیواره در حوضچه رسوب‌گیر.**

**Table 1. Significant values calculated to investigate the difference between percentages of sediment trapping efficiency compared to discharge at different wall positioning in the Settling basin.**

| حوضچه رسوب‌گیر Settling basin | | مقدار معناداری Significant value | اختلاف معنادار Significant difference |
|---|---|---|---|
| بدون دیواره (شاهد) Without wall (Control) | ۳ دیواره ۳۰ سانتی‌متری Three 30-cm walls | 0.000 | بله (Yes) |
| | ۳ دیواره ۲۰ سانتی‌متری Three 20-cm walls | 0.000 | بله (Yes) |
| | ۵ دیواره ۳۰ سانتی‌متری Five 30-cm walls | 0.000 | بله (Yes) |
| | ۵ دیواره ۲۰ سانتی‌متری Five 20-cm walls | 0.000 | بله (Yes) |
| ۳ دیواره ۳۰ سانتی‌متری Three 30-cm walls | ۳ دیواره ۲۰ سانتی‌متری Three 20-cm walls | 0.000 | بله (Yes) |
| | ۵ دیواره ۳۰ سانتی‌متری Five 30-cm walls | 0.059 | خیر (No) |
| | ۵ دیواره ۲۰ سانتی‌متری Five 20-cm walls | 0.056 | خیر (No) |
| ۳ دیواره ۲۰ سانتی‌متری Three 20-cm walls | ۵ دیواره ۳۰ سانتی‌متری Five 30-cm walls | 0.000 | بله (Yes) |
| | ۵ دیواره ۲۰ سانتی‌متری Five 20-cm walls | 0.000 | بله (Yes) |
| ۵ دیواره ۳۰ سانتی‌متری Five 30-cm walls | ۵ دیواره ۲۰ سانتی‌متری Five 20-cm walls | 0.213 | خیر (No) |

**تحلیل نتایج عددی:** برای حل معادلات جریان و رسوب در حوضچه از نرم‌افزار فلوئنت نسخه ٦/٣/٢٦ استفاده شده است (۲). طبق نتایج عددی، مطابق شکل ٤، با گذشت زمان تا ۵۰۰ ثانیه، راندمان تله‌اندازی حوضچه رسوب‌گیر با تعداد ۵ دیواره سبب افزایش ۲۰ درصدی میزان تله‌اندازی رسوبات شده است که این مقدار در مقایسه با نتایج آزمایشگاهی ۱۸ درصد بیش‌تر است. می‌توان گفت که با افزایش تعداد دیواره، ذرات رسوب به‌واسطه افزایش نواحی چرخشی ایجادشده در حوضچه‌های میانی در سطح حوضچه پخش می‌گردند و مقدار شار جرمی خروجی رسوب کاهش می‌یابد و سبب افزایش راندمان در حوضچه‌های دارای دیواره بیش‌تر می‌شود.




**شکل ٤- تغییرات راندمان حوضچه رسوب‌گیر با دیواره‌های مختلف.**

**Figure 4. Changes in the efficiency of settling basin with different walls.**

## نتیجه‌گیری کلی

در این پژوهش، تأثیر ایجاد دیواره بر مسیر جریان آب حاوی رسوب در حوضچه رسوب‌گیر بررسی شد. نتایج نشان داد که در محدوده آزمایش‌های انجام‌شده، قرار گرفتن دیواره‌ها با تعداد بیش‌تر و ابعاد بزرگ‌تر، به‌عنوان سدی در مقابل جریان طولی عبوری از حوضچه باعث کاهش مؤلفه طولی سرعت شده و درنتیجه باعث افزایش ترسیب در حوضچه خواهند گردید. انجام شبیه‌سازی جریان در مدل با استفاده از نرم‌افزار FLUENT بیانگر این موضوع است که مؤلفه‌های عمودی جریان عمدتاً کوچک می‌باشند. وجود دیواره‌ها موجب می‌شود جریان در بین آن‌ها به دام افتاده و زمان بیش‌تری برای ترسیب ذرات معلق به وجود خواهد آمد.

## تقدیر و تشکر

به این وسیله از آقایان افشین نادری و محمد قادرزاده که در مرحله ساخت مدل فیزیکی و داده‌برداری همکاری نمودند و نیز از مدیریت محترم امور فنی و نظارت بر طرح‌های عمرانی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری که با ساخت مدل فیزیکی در محل سوله آزمایشگاه مدل‌های فیزیکی و هیدرولیکی گروه مهندسی آب، موافقت و مساعدت فرمودند تشکر و قدردانی می‌شود.

## داده‌ها و اطلاعات

همه داده‌های مورد استفاده در این پژوهش توسط نویسنده اول مقاله حاضر و طی انجام آزمایش‌ها بر روی مدل فیزیکی احداث شده در محل آزمایشگاه مدل‌های فیزیکی و هیدرولیکی گروه مهندسی آب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری جمع‌آوری و تحلیل شده‌است. برای این منظور مدل فیزیکی با استفاده از مصالح بنایی ظرف مدت ۱۲ روز ساخته شد و همه داده‌برداری‌ها از تاریخ ۱۳۹۸/۰۲/۲۸ تا تاریخ ۱۳۹۸/۰۵/۰۳ انجام شد.

## تعارض منافع

در این مقاله تعارض منافعی وجود ندارد و این مسأله مورد تأیید همه نویسندگان است.

## منابع

1.Fan, L., Xu, N., Ke, X., and Shi., H. 2007. Numerical simulation of secondary sedimentation tank for urban wastewater. J. Chine. Inst. Chem. Engin. 38: 5-6. 425-433.
2.Fluent User's Guide and Theory Guide 6.3.26. 2006. Fluent Inc. 180p. (In Persian)
3.Golriz, F., and Salehi Neyshabouri, S.A.A. 2011. Numerical Investigation of the Effect of Dimensions of Urban Sediment Pond on Sedimentation Efficiency. Iran. Water Research. J. 3: 18. 1-10. (In Persian)
4.Goula, A.M., Kostogoula, M., Karapantsios, T.D., and Zouboulis, A.I. 2007. A CFD methodology for the design of sedimentation tanks in portable water treatment case study: the influence of a feed flow control baffle. Chem. Engin. J. 140: 1-3. 110-121.
5.Persson, J. 2000. The hydraulic performance of pond of various layouts. Urban water, 2: 3. 243-250.
6.Sajadi, M., and Shafai Bejestan, M. 2009. Sensitivity analysis of dimensions of irrigation sediment pond using mathematical model. 8th International Congress on Civil Engineering, Shiraz Univercity. 10p. (In Persian)
7.Salari, H., and Esmaeili, K. 2012. Experimental Investigation of the Influence of Length and Depth of Flow Guidance Plates on the Efficiency of Sediment Pond Trapping. 9th International River Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz. 10p. (In Persian)
8.Thackston, E.L., Shields, F.D., and Schroeder, P.R. 1987. Residence Time Distributions of Shallow Basins. J. Environ. Engin. 113: 6. 1319-1332.

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Short Technical Report

*J. of Water and Soil Conservation, Vol. 27(4), 2020*
*http://jwsc.gau.ac.ir*
*DOI: 10.22069/jwsc.2020.17721.3324*

# Experimental and numerical investigation of the effect of submerged walls on sediment trapping efficiency in settling basins of diversion dams

**A. Keshavarz[1], *R. Fazloula[2] and A.R. Emadi[2]**

[1]Ph.D. Student of Water Structures, Dept. of Water Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University,

[2]Associate Prof., Dept. of Water Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University

Received: 02.16.2020; Accepted: 09.02.2020

**Abstract**

**Background and Objectives:** One of the most important and essential parts in the set of water transfer structures is settling basin in water transfer networks. Settling basins are among the essential structures that are constructed to separate sediments along the inflow, after the reservoir and at the beginning of water transfer canals. Since the presence of excess sediments is especially harmful for agriculture and aquaculture and reduces the efficiency of related productivity, the importance of these structures increases.

**Materials and Methods:** In the present study, the effect of placing a wall perpendicular to the flow path in the settling basin on the sediment trapping efficiency, in both walled and plain modes (without wall or control), was investigated. For this purpose, 5 physical models of sediment basins in simple (without wall or control) and walled, with height ratios of 1/3 and 1/2 to the height of the sediment basin, and with three and five walls of the compressed plastic material were made. Experiments were conducted by entering sediment particles with diameter less than 0.1 mm and constant mass of 2.8 kg into the rectangular concrete canal in the hydraulics laboratory of Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University. After ending of each experiment on models the deposited sediments were collected, dried and finally weighed. In these experiments, the number and height of walls placed in the settling basin changed and their effect on the efficiency of trapping was investigated. At the end, the results of the experiments were verified using a numerical model using FLUENT software and a statistical test using SPSS software.

**Results:** Experimental results showed that the presence of walls in the flow path in the settling basin significantly increased the sediment trapping rate. Increasing the number of walls from three to five, in the ratios of heights 1/3 and 1/2 to the settling basin wall, causes an increase of 5.9 and 7.65 percent on sediment trapping efficiency, respectively. The results of this study also showed that the simultaneous effect of both height parameters and the number of walls caused a 10 to 27% increase in sediment trapping efficiency. Statistical results showed a significant difference between the presence and absence of a wall on the efficiency of trapping. The results of numerical simulation also show the effect of the presence of walls on changing the flow pattern and show that increasing the number of walls has increased the amount of sediment in the settling basin.

* Corresponding Author; Email: raminfazl@yahoo.com

**Conclusion:** In general, it can be concluded that the use of the wall in the passage of the stream containing sediment from the settling basin, reduces the turbulence of the inlet flow and reduces the flow velocity in the basin. It can be stated that increasing the length of the flow path and spreading the incoming sediments across the pond increases the amount of settling and trapping efficiency.

***Keywords:*** Sedimentation, Sediment Trapping Efficiency, Wall-Mounted Settling Basin