# بررسی آزمایشگاهی الگوی رسوب‌گذاری در مخازن استوانه‌ای پرورش ماهی قزل‌آلا

مسعود ساجدی سابق[۱]*، مجتبی صانعی[۱]، حسین‌علی عبدالحی[۲]، شهرام بهمنش[۲]، عباس متین‌فر[۲]

*m_sabegh@yahoo.com

۱-پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
۲- مؤسسه تحقیقات شیلات ایران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

تاریخ دریافت: تیر ۱۳۹٤ تاریخ پذیرش: آبان ۱۳۹۵

## چکیده

با افزایش جمعیت در سطح جهان، مخازن استوانه‌ای پرورش ماهی به دلیل تولید بالا و مصرف پایین آب، توسعه‌یافته و به دلیل اهمیت کیفیت آب و جداسازی مواد جامد از این مخازن مطالعات زیادی انجام‌شده است. در این مقاله به‌منظور بررسی آزمایشگاهی الگوی رسوب‌گذاری در مخازن استوانه‌ای پرورش ماهی، مخزنی با قطر ۲/۱۴ متر و ارتفاع ۰/۵۹ متر طراحی و ساخته‌شده است و جریان ورودی از طریق جت آب از سه نازل ورودی به قطر داخلی هر یک ۸ میلی‌متر برقرار گردید. بررسی کمی و کیفی رسوب‌گذاری در کف مخزن استوانه‌ای پرورش ماهی برای ریزش موضعی رسوبات، در شش مکان (سه گزینه با ریزش رسوبات در جهت شعاعی و سه گزینه با ریزش رسوبات در پیرامون مخزن استوانه‌ای) مورد آزمایش قرار گرفت. نتایج بیانگر آن است برای ریزش رسوب بهترین مکان قسمت محدوده بینابینی (۴۱.۵ سانتی‌متر از دیواره مخزن به طول ۴۴ سانتی‌متر) و ایستگاه سوم می‌باشد. همچنین مشاهدات آزمایشگاهی بیانگر آن بود که در حجم کم موادی مانند غذای ماهی، که دارای نرخ غوطه‌وری بالایی می‌باشند، بیشتر تابع جریان حلزونی مخازن استوانه‌ای شکل قرارگرفته و از مرکز حوضچه خارج می‌گردند.

**کلمات کلیدی:** الگوی رسوب‌گذاری، مخازن استوانه‌ای، پرورش ماهی، مدل آزمایشگاهی، غذای ماهی

* نویسنده مسئول



[ Downloaded from isfj.ir on 2026-11-05 ]
[ DOR: 20.1001.1.10261354.1395.25.4.2.8 ]
[ DOI: 10.22092/ISFJ.2017.110295 ]

## مقدمه

بر اساس طبقه‌بندی Lawson (۱۹۹۵) سه نوع پالایش فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی در مخازن پرورش ماهی انجام می‌شود که جداسازی مواد جامد در لیست پالایش فیزیکی آن قرار می‌گیرد. با ساخت اولین حوضچه‌های پرورش ماهی در سیستم مداربسته، موضوع جداسازی مواد جامد از حوضچه نیز موردتوجه قرار گرفت. در مخازن استوانه‌ای پرورش ماهی نسبت به سایر سیستم‌های مداربسته، راندمان تله اندازی رسوب در اکوتراپ (تخلیه رسوب از طریق مجرای مرکزی) به دلیل هدایت مواد جامد به‌سوی مرکز مخزن، افزایش می‌یابد. در مخازن استوانه‌ای پرورش ماهی کرنل (دارای خروجی مرکزی و سرریز جانبی در مخزن استوانه‌ای)، بیشتر رسوبات از مرکز مخزن و قسمت کمی از سرریز جانبی تخلیه می‌گردد. بخشی از رسوبات که از مرکز مخزن تخلیه می‌گردد به واحد ته‌نشست رسوب منتقل و رسوبات آن جدا می‌گردند و بخشی دیگر از رسوبات که از سرریز جانبی تخلیه می‌گردد به درام فیلتر منتقل و رسوبات ریزدانه آن جدا می‌گردند. چگالی مازاد مواد غذایی و فضولات ماهی، اغلب کمی سنگین‌تر از چگالی آب می‌باشد و نیازمند زمان بیشتری برای ته‌نشینی است.

رسوباتی که در کف مخزن ته‌نشین می‌شوند، معمولاً به‌صورت دستی و با جاروبرقی یا از طریق سیفون پاک‌سازی می‌شود. بدیهی است باقی ماندن و تجمع مواد جامد در بستر مخزن، می‌تواند موجب تجزیه مواد آلی توسط باکتری‌های بی‌هوازی، کاهش اکسیژن محلول و آزاد شدن سولفید هیدروژن گردد، که مرگ‌ومیر ماهی را به دنبال دارد، ضمن اینکه با تغییر فیزیکی مواد جامد (شکستن مواد درشت به مواد ریزتر و افزایش خاصیت ژلی مواد) پاک‌سازی بستر با مشکل روبرو خواهد شد. سرعت سقوط موادی که از قانون استوکس تبعیت می‌کنند به ابعاد، چگالی و لزجت متوسط سیال (خود لزجت نیز به درجه حرارت، غلظت محلول و فشار آب مرتبط است) بستگی دارد و سرعت سقوط موادی که از قانون استوکس تبعیت نمی‌کنند بنا بر نظریه Chen و همکاران (۱۹۹۳) و Elberizon و Kelly (۱۹۹۸) به فاکتور شکل و عدد رینولدز بالاتر نیز بستگی خواهد داشت.

Davidson و Summerfelt (۲۰۰۵) جداسازهای حلزونی و شعاعی رسوب را مقایسه کرده و راندمان جداسازی رسوب جداسازهای شعاعی را حدود دو برابر جداسازهای حلزونی برآورد نمودند که متعاقب آن بار رسوبی روی درام فیلتر کاهش می‌یابد. ایشان نیاز به تحقیق بر ارزیابی سرعت در جداسازهای شعاعی را مورد تأکید قراردادند.

Summerfelt و همکاران (۲۰۰۰) با مطالعه هیدرودینامیک مخازن استوانه‌ای پرورش ماهی با دو زهکش کرنل بر نظرات Timmons و همکاران (۱۹۹۸) مبنی بر تأثیر جریان فنجانی و قدرت جریان کلی زهکش از تخلیه مرکزی تأکید کردند و اینکه رسوبات تخلیه‌شده با جداسازهای حلزونی قابل مدیریت خواهد بود. ایشان بر عملکرد مؤثر این نوع مخزن در رسوب‌گیری نسبت به سایر مخازن با زهکش‌های دوگانه تأکید کردند، و اینکه با جریان کمتر از ۲۰٪ حوضچه‌های مستقیم، مقدار ماهی بیشتری تولید می‌شود.

Labatut و همکاران (۲۰۰۷) با مطالعه تأثیر قطر نازل‌ها و مقدار آب خروجی از مرکز مخزن بر هیدرودینامیک مخزن دریافتند که وقتی نازل تأثیر فراوانی بر شدت سرعت چرخشی دارد، درصد آب خروجی از مرکز تغییر فراوانی نداشته و این دو تأثیر زیادی بر یکنواختی پروفیل سرعت در مقطع شعاعی نخواهند گذاشت. همچنین نیروی ممنتم جریان خروجی نازل، نیروی عامل در کنترل جریان چرخشی مخزن می‌باشد، که به‌واسطه قطر نازل و سرعت جت آب ایجاد می‌شود.

در مخازن گرد، جریان ورودی نازل‌ها با تعداد بیشتر و در راستای عمودی، توزیع یکنواخت‌تری را ایجاد خواهد کرد (Tvinnereim & Syybakmoen، 1989 ;2000 Labatut *et al*.، 2007; Watten *et al*.,). در یک فضای مشخص، راندمان اختلاط نیز به جهت پرتاب جریان از نازل‌ها بستگی دارد (Davidson & Summefelt, 2005).

در مخازن استوانه‌ای نسبت قطر به عمق بر یکنواختی جریان تأثیر می‌گذارد. اگر این نسبت کم باشد (مانند مخازن عمیق)، در خروجی مرکزی یک سطح هلالی شکلی را ایجاد می‌کند که منجر به تشکیل ناحیه غیر



[ Downloaded from isfj.ir on 2026-11-05 ]
[ DOR: 20.1001.1.10261354.1395.25.4.2.8 ]
[ DOI: 10.22092/ISFJ.2017.110295 ]

چرخشی با سرعت‌پایین و درجه اختلاط ضعیف می‌گردد (Larmoyeux *et al.*, 1973, Timmons *et al.*،1998). هم‌اکنون مخازن استوانه‌ای دو زهکشه به دلیل تمرکز بهتر مواد زائد و هدایت جریان بیشتر کاربرد دارد. در این مخازن، جریان ثانویه موجب می‌شود با مقدار کمتر جریان رسوبات بیشتری در کف مخزن جمع و پاک‌سازی شود به‌طوری‌که با ۲۰٪-۵٪ خروج مرکزی، ۹۰٪-۸۰٪ رسوبات تخلیه می‌شود (Summerfelt *et al.*, 2000; Van Toever, Davidson & Summerfelt, 2005 (1997; Lunde *et al.*, 1997;

مخازن سیستم‌های دو زهکش کرنل، با دبی ۱۵٪-۱۲٪ کل دبی جریان مخزن، به‌طور سریع و تدریجی ۸۰٪ کل رسوبات معلق را که طی یک روز تولیدشده است، در مدت ۲-۱ دقیقه، به‌صورت متمرکز و از زهکش مرکزی خارج می‌سازد. هنگامی‌که مخازن پر از ماهی باشد، غلظت رسوبات معلق در خروجی مرکزی ۱۰ برابر، بزرگ‌تر از غلظت رسوبات معلق در خروجی جانبی بوده و به‌طور متوسط معادل mg/l ۲/۵-۱/۵ گزارش‌شده است (Summerfelt *et al.*, 2000).

سرعت جریان آب از اساسی‌ترین فاکتورهاست که ضمن تأمین اکسیژن موردنیاز؛ گازهای مضر تولیدی و فضولات ماهی را از محیط‌زیست ماهی خارج می‌نمایید. سرعت جریان آب در مخازن و حوضچه‌ها باید متناسب با سایز ماهی پرورشی باشد و برای حفظ سلامت ماهی، کشیدگی طبیعی عضلات و تنفس سالم سرعت چرخشی بهینه آب در مخزن، معادل ۰/۵ تا ۲ برابر طول پیکر ماهی در ثانیه پیشنهاد می‌شود (Losordo &Wester, 1994). برای تخلیه مناسب مواد جامد ته‌نشینی سرعت جریان بیش از ۳۰-۱۵ سانتی‌متر در ثانیه توصیه می‌شود (Mäkinen *et al.*، 1988؛ Burrows & ، 1970 Chenoweth). Balarin و Haller (۱۹۸۲)، برای ماهی تیلاپیا سرعت جریان بیش از ۳۰-۲۰ سانتی‌متر در ثانیه را گزارش داده‌اند.

برای حفظ سلامت ماهی، شرایط بهینه عضلانی و تنفس ماهی، سرعت مخزن و کیفیت آب بایستی مطلوب باشد. سرعت و شرایط جریان بایستی به حذف مواد جامد زیستی بیانجامد تا از کاهش اکسیژن و گسترش پاتوژن جلوگیری نماید. نظر به اینکه رسیدن به شرایط تعادل مطلوب نیازمند تمیز کردن مستمر مخزن می‌باشد که با مشکلاتی نظیر افزایش هزینه کارگری و استرس محیط پرورش ماهی همراه است، متخصصین در صدد رفع این مشکل از طریق مهندسی آبزی‌پروری هستند. این تحقیق نیز با استفاده از یکی از روش‌های مهندسی (استفاده از صفحات مستغرق) به افزایش راندمان رسوب‌زدایی پرداخته است. در این مقاله بامطالعه گزینه‌های مختلف مکان ریزش مواد جامد، الگوی رسوب‌گذاری در مخازن استوانه‌ای موردبررسی آزمایشگاهی قرارگرفته است.

## مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی شرایط هیدرولیکی جریان در مخازن استوانه‌ای پرورش ماهی، ابتدا مخزنی متناسب با طرح تیپ توصیه‌شده توسط سامرفلت و همکاران (۲۰۰۵) طراحی و ساخته شد. بنابراین مخزنی با قطر ۲/۱۴ متر و ارتفاع ۰/۵۹ متر طراحی و ساخته شد (شکل ۱). آزمایش‌های انجام‌شده نشان می‌دهد که سرعت جریان در لایه‌های شعاعی و عمقی جریان، متناسب با زوایای جریان ورودی و زبری دیواره دارای تغییراتی می‌باشد.

جریان ورودی از طریق جت آب از سه نازل ورودی به قطر داخلی هر یک ۸ میلی‌متر و در فواصل ۵ سانتی‌متر از یکدیگر و ۱۰ سانتی‌متر از کف برای نازل زیرین، برقرار گردید. طی آزمایش‌های اولیه زاویه پرتاب ۶۰ درجه برای خروجی نازل به دلیل ایجاد جریانی همگن در مخزن استوانه‌ای، اپتیمم تشخیص داده شد و در این سری از آزمایش‌ها این زاویه استفاده شده و این رسوب‌گذاری در مخزن در شرایط بدون ماهی به انجام رسیده است.

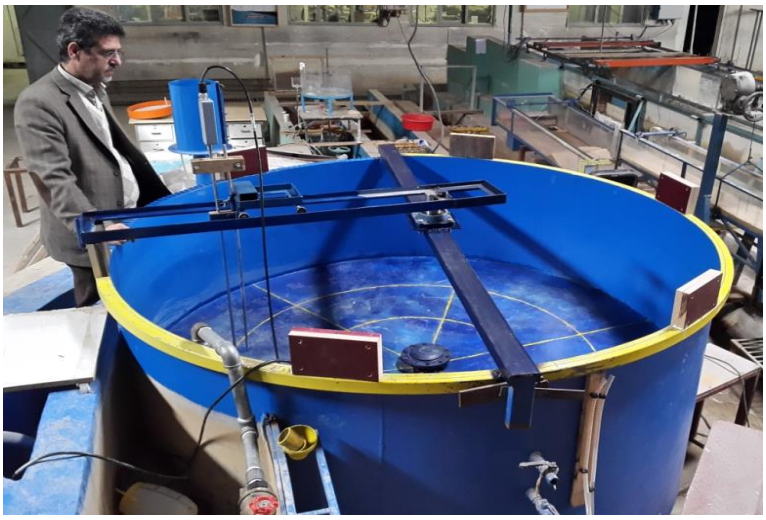
بررسی کمی و کیفی رسوب‌گذاری در کف مخزن استوانه‌ای پرورش ماهی برای ریزش موضعی رسوبات، در شش مکان (سه گزینه با ریزش رسوبات در جهت شعاعی و سه گزینه با ریزش رسوبات در جهت ایستگاهی) مورد آزمایش قرار گرفت.

نحوه انجام آزمایشات به این صورت بود که ابتدا دبی مورد نظر از طریق شیر آب ورودی مخزن و سرریز انتهایی، کنترل و وارد مخزن شده سپس دبی خروجی مرکزی متناسب با ۱۰٪ دبی ورودی تنظیم می‌شود. در تمام این



[ Downloaded from isfj.ir on 2026-11-05 ]
[ DOR: 20.1001.1.10261354.1395.25.4.2.8 ]
[ DOI: 10.22092/ISFJ.2017.110295 ]

مراحل باید مطمئن شویم که جریان ورودی دچار تغییرات موضعی نخواهد شد. دراین حالت وسیله انتقال رسوب در هریک از مواضع شش‌گانه گذاشته و تزریق حجم مشخصی از رسوب به آرامی انجام می‌شود، پس بعد از ترسیب رسوبات ورودی و مشاهده آب بدون رسوب، جریان به آرامی تخلیه می‌شود تا جایگاه ترسیب مواد جابجا نشود. در انتها رسوبات هر یک از قطاع‌های شش‌گانه کف بستر مخزن جداگانه اندازه‌گیری و ثبت گردید.



شکل ۱: مخزن استوانه‌ای پرورش ماهی و تأسیسات وابسته
Figure 1: Aquaculture cylindrical tank and related equipments

در این مدل سه نوع رسوبات ماسه، غذای ماهی کرامبل و غذای ماهی پلت مورد آزمایش قرار گرفت (جدول ۱).

**جدول ۱: مشخصات رسوباتی که در مدل مورد آزمایش قرارگرفته است.**

**Table 1: Solid particle characteristics used in laboratory tests**

| رسوبات | چگالی خشک (g/cm3) | چگالی‌تر (g/cm3) | قطر متوسط (mm) | سرعت سقوط در آب ساکن (m/s) |
|---|---|---|---|---|
| ماسه | ۱/۴۶ | ۱/۴۶ | ۰/۶ | ۰/۱۱ |
| غذای ماهی کرامبل | ۰/۶ | ۱/۱۸ | ۱/۳۷ | ۰/۰۲۸ |
| غذای ماهی پلت* | ۱/۱ | ۳/۸ | ۵ | ۰/۱۶ |

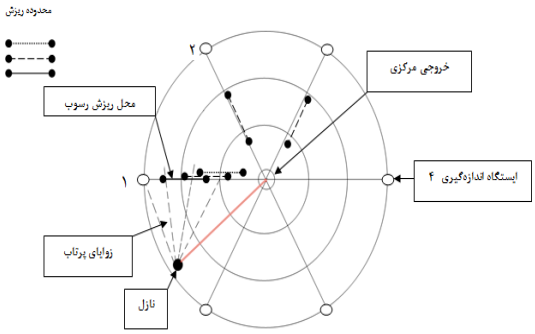
*متوسط ارتفاع استوانه پلت ۱۲ میلی‌متر برآورد گردید.

مشاهدات آزمایشگاهی بیانگر آن است که موادی مانند غذای ماهی که دارای نرخ غوطه‌وری بالا می‌باشند، بیشتر تابع جریان حلزونی مخازن استوانه‌ای قرارگرفته و از مرکز حوضچه خارج می‌گردند. بنابر این در اینجا صرفاً نتایج کمی و کیفی ریزش ماسه ریز مورد مطالعه قرار گرفته است.

برای ریزش رسوبات، شش گزینه مورد آزمایش قرار گرفت: سه گزینه با ریزش رسوبات ماسه در جهت شعاعی و سه گزینه با ریزش رسوبات در جهت ایستگاهی همراه بوده است (شکل ۲). در جهت شعاعی در سه مکان نزدیک دیواره مخزن، دور از دیواره مخزن و بین این دو (فاصله بینابینی شعاع مخزن) ریزش صورت گرفته و در جهت ایستگاهی در سه ایستگاه پس از جریان نازل ورودی و در فاصله بینابینی شعاع مخزن، عملیات ریزش مواد جامد انجام‌شده است. لازم به ذکر است که ۶ ایستگاه با قطاع ۶۰ درجه در اطراف مخزن برای اندازه‌گیری‌ها ایجادشده است.



[ Downloaded from isfj.ir on 2026-11-05 ]
[ DOR: 20.1001.1.10261354.1395.25.4.2.8 ]
[ DOI: 10.22092/ISFJ.2017.110295 ]




**شکل ۲: موقعیت پرتاب جت آب در مخزن**

**Figure 2: Outlet orientation in the tank**

وسیله ریزش ماسه در شکل ۲ نشان داده شده است. در این وسیله با هر گردش صفحه رویی و قرارگیری شیارهای دو صفحه ( صفحه بالایی متحرک و صفحه زیرین ثابت) مقدار مشخصی از ماسه در عرض مشخصی از شعاع مخزن ریزش می‌کند.



**شکل ۳: وسیله توزیع رسوب در مخزن استوانه‌ای**

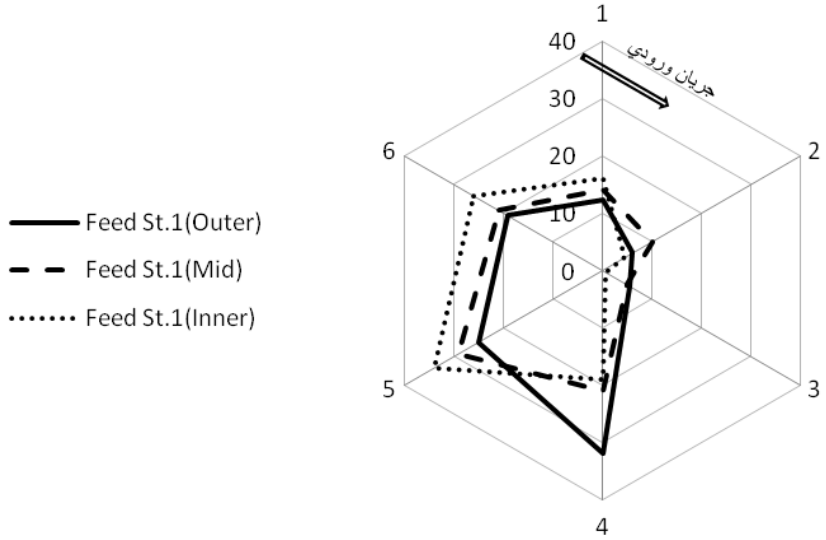
**Figure 3: Sediment spreading equipment in cylindrical tank**

## نتایج

همان‌طور که از شکل ۴ مشاهده می‌شود هنگامی‌که ریزش رسوب در قسمت بیرونی مخزن (سمت دیواره) انجام می‌شود، مقدار رسوب‌گذاری ابتدا کاهش‌یافته و سپس افزایش می‌یابد به‌طوری‌که بیشترین رسوبات در قطاع چهارم ته‌نشین شده و سپس روند کاهشی در مقدار رسوب‌گذاری رخ می‌دهد. با ریزش رسوب در قسمت‌های بینابینی و داخلی مخزن، هرچند روند کمی رسوب‌گذاری، ابتدا با همین آهنگ رخ می‌دهد؛ اما بیشترین رسوب‌گذاری در قطاع پنجم رخ می‌دهد. با مقایسه الگوی کمی رسوب‌گذاری در ایستگاه ۱ و در قسمت‌های بیرونی، بینابینی و داخلی مخزن مشاهده می‌شود که در هیچ‌یک از این حالات الگوی کمی رسوب‌گذاری کاملاً همگن نمی‌باشد.



[ Downloaded from isfj.ir on 2026-11-05 ]
[ DOR: 20.1001.1.10261354.1395.25.4.2.8 ]
[ DOI: 10.22092/ISFJ.2017.110295 ]




**شکل ۴: الگوی کمی رسوب‌گذاری با ریزش رسوب در ایستگاه اول و در قسمت‌های بیرونی، بینابینی و داخلی مخزن**

**Figure 4: Quantity pattern of sedimentation in station 1 and in outer, middle and inner positions**

**جدول ۲: مقادیر وزنی رسوبات در هر یک از قطاع‌های شش‌گانه کف بستر مخزن برای سه گزینه اول ریزش رسوب**

**Table 2: Sediment weight values in each of the six sectors of tank floor for the first three options of sediment spreading**

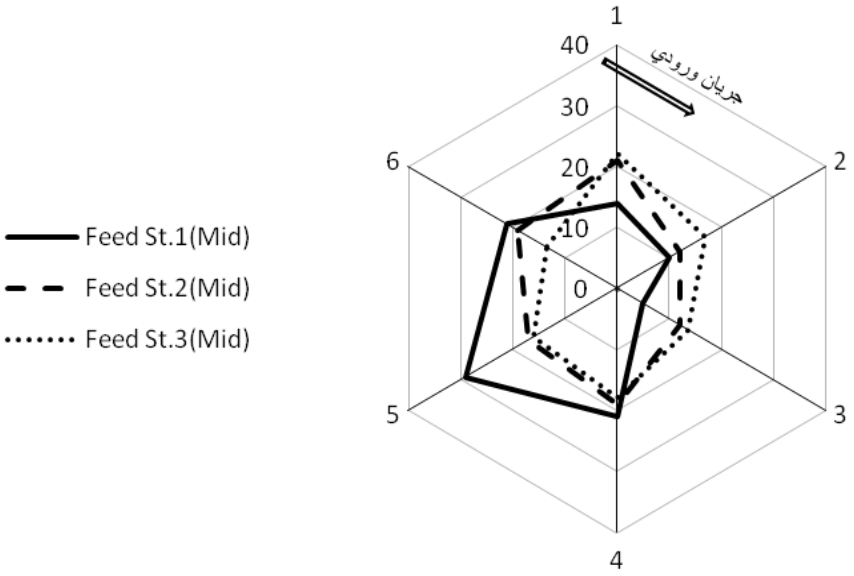
| | مکان ریزش رسوب در مخزن | | |
|---|---|---|---|
| | بیرونی | بینابینی | داخلی |
| قطاع ۱ | ۱۲ | ۱۴ | ۱۶ |
| قطاع ۲ | ۶/۱ | ۱۰ | ۴/۴ |
| قطاع ۳ | ۵/۶ | ۵ | ۰/۶ |
| قطاع ۴ | ۳۲ | ۲۱ | ۱۹ |
| قطاع ۵ | ۲۵ | ۲۹ | ۳۴ |
| قطاع ۶ | ۱۹ | ۲۱ | ۲۶ |
| انحراف معیار | ۱۰/۶ | ۸/۷ | ۱۲/۷ |
| میانگین | ۱۶/۷ | ۱۶/۷ | ۱۶/۷ |
| ضریب تغییرات | ۶۳/۷ | ۵۲/۱ | ۷۶ |

همان طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود هنگامی که مکان ریزش رسوب در مخزن در شرایط بینابینی است مقدار انحراف معیار و ضریب تغییرات کمترین مقدار بوده و بیانگر ریزش یکنواخت‌تری در شرایط بینابینی مخزن می‌باشد.

شکل ۵ نیز الگوی کمی رسوب‌گذاری با ریزش رسوب در قسمت بینابینی شعاع مخزن در ایستگاه‌های ۱، ۲ و ۳ (در قطاع‌های ۶۰ درجه‌ای اول و دوم و سوم نسبت به نازل جریان ورودی) را نشان می‌دهد به‌طوری‌که وقتی ریزش رسوب در ایستگاه اول انجام می‌شود، مقدار رسوب‌گذاری ابتدا کاهش یافته و سپس افزایش می‌یابد به‌طوری‌که بیشترین رسوبات در قطاع پنجم ته‌نشین شده و سپس روند کاهشی درروند کمی رسوب‌گذاری رخ می‌دهد. این روند رسوب‌گذاری با ریزش رسوب در ایستگاه‌های دوم و سوم الزاماً مشاهده نمی‌شود هرچند روند رسوب‌گذاری ابتدا با همین آهنگ رخ می‌دهد. با مقایسه الگوی کمی رسوب‌گذاری در ایستگاه‌های ۱، ۲ و ۳ مشاهده می‌شود که الگوی کمی رسوب‌گذاری با ریزش رسوب در ایستگاه دوم از شرایط نسبتاً همگنی برخوردار است.



[ Downloaded from isfj.ir on 2026-11-05 ]
[ DOR: 20.1001.1.10261354.1395.25.4.2.8 ]
[ DOI: 10.22092/ISFJ.2017.110295 ]




**شکل ۵: الگوی کمی رسوب‌گذاری با ریزش رسوب در قسمت بینابینی شعاع مخزن در ایستگاه‌های ۱، ۲ و ۳**
**Figure 5: Quantity pattern of sedimentation in station 1, 2 and 3 in middle position**

**جدول ۳: مقادیر وزنی رسوبات در هر یک از قطاع‌های شش‌گانه کف بستر مخزن برای سه گزینه دوم ریزش رسوب**
**Table 2: Sediment weight values in each of the six sectors of tank floor for the second three options of sediment spreading**

| | مکان ریزش رسوب | | |
|---|---|---|---|
| | ایستگاه اول | ایستگاه دوم | ایستگاه سوم |
| قطاع ۱ | ۱۴ | ۲۱ | ۲۲ |
| قطاع ۲ | ۱۰ | ۱۲ | ۱۷ |
| قطاع ۳ | ۵ | ۱۲ | ۱۳/۵ |
| قطاع ۴ | ۲۱ | ۱۹ | ۱۸ |
| قطاع ۵ | ۲۹ | ۱۷ | ۱۶ |
| قطاع ۶ | ۲۱ | ۱۹ | ۱۳/۵ |
| انحراف معیار | ۸/۷ | ۳/۸ | ۳/۲ |
| میانگین | ۱۶/۷ | ۱۶/۷ | ۱۶/۷ |
| ضریب تغییرات | ۵۲/۱ | ۲۳ | ۱۹/۱ |

همان طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود هنگامی که مکان ریزش رسوب در مخزن در شرایط ایستگاه سوم است مقدار انحراف معیار و ضریب تغییرات کمترین مقدار بوده و بیانگر ریزش یکنواخت‌تری در ایستگاه سوم مخزن می‌باشد.

نتایج این تحقیق با نتایج سامرفلت و همکاران (Summerfelt *et al*., 2000) و تیمونس و همکاران (Timmons *et al*.,1998) مبنی بر تأثیر جریان فنجانی و تأکید بر قدرت جریان کلی زهکش از طریق تخلیه مرکزی هماهنگی دارد. هرچند سامرفلت و همکاران (Summerfelt *et al*., 2000) در مورد مخازن سیستم‌های دو زهکش با زهکش جانبی ( Cornell Design) به این نتیجه رسیدند که ۸۰٪ کل رسوبات معلق، از مرکز مخزن تخلیه گردید؛ آزمایش‌های انجام‌شده نشان داد که در مخازن با سیستم‌های دو زهکش کرنل ۷۰٪ و در مخازن سیستم‌های دو زهکش با زهکش مرکزی (Waterline Design)، راندمان تخلیه رسوب تا ۹۰٪ مشاهده‌شده، به‌طوری‌که حتی گاهی کل رسوبات از مرکز مخزن تخلیه گردیده است.

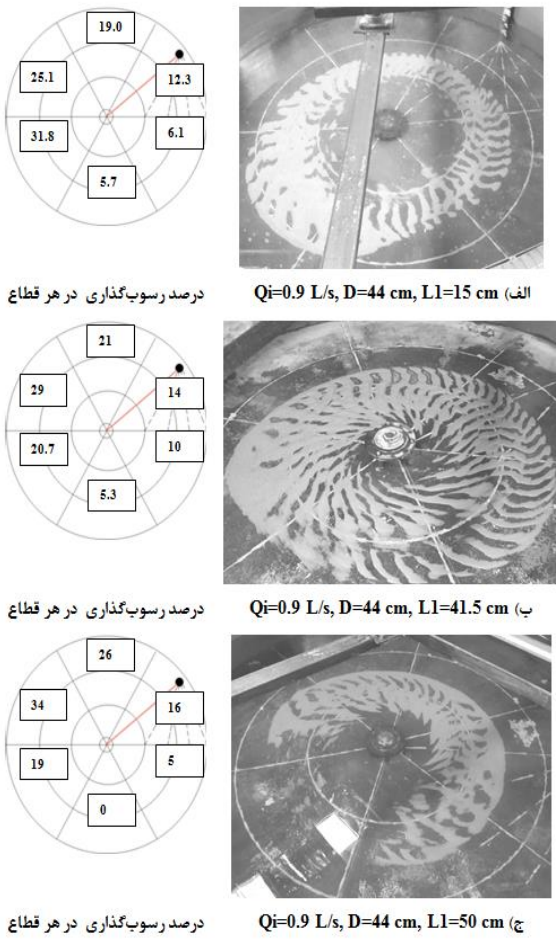
## بحث

با اندازه‌گیری وزنی رسوبات ته‌نشین شده در قطاع‌های ۶۰ درجه‌ای کف مخزن توزیع کیفی رسوب‌گذاری در بستر مخزن بررسی‌شده است. شکل ۳ تصاویر محدوده‌های رسوب‌گذاری و کیفیت رسوب‌گذاری را برای سه گزینه اول (ریزش رسوبات در جهت شعاعی) نشان می‌دهد. محدوده‌های رسوب‌گذاری تصاویر شکل ۳ نشان می‌دهند هنگامی‌که ریزش رسوب در محدوده بینابینی (در فاصله



[ Downloaded from isfj.ir on 2026-11-05 ]
[ DOR: 20.1001.1.10261354.1395.25.4.2.8 ]
[ DOI: 10.22092/ISFJ.2017.110295 ]

۴۱/۵ سانتی‌متری از دیواره تا ۲۱/۵ سانتی‌متری از مرکز مخزن) انجام می‌شود الگوی کیفی رسوب‌گذاری همگن می‌باشد. در سه گزینه دوم (ریزش رسوبات در جهت ایستگاهی) نیز این موضوع تأییدشده است.




**شکل ۶: الگوی کیفی و درصد رسوب‌گذاری با ریزش رسوب در ایستگاه اول و در قسمت‌های بیرونی (الف)، بینابینی (ب) و داخلی (ج) مخزن**

**Figure 6: Qualitative pattern of sedimentation with sediment spreading of the first station in the External (a), intermediate (B) and internal (c) parts of the reservoir**

در شکل (۳)، L1 فاصله کانون ریزش رسوب از دیواره مخزن، D عمق جریان و Qi دبی ورودی می‌باشد.

نتایج بیانگر آن است برای سه گزینه اول (ریزش رسوب ماسه نرم در قسمت‌های بیرونی، بینابینی و داخلی مخزن) هنگامی که مکان ریزش رسوب در مخزن در شرایط بینابینی است مقدار انحراف معیار و ضریب تغییرات کمترین مقدار بوده و بیانگر ریزش یکنواخت‌تری در شرایط بینابینی مخزن می‌باشد. همچنین برای سه گزینه دوم (ریزش رسوب در قسمت بینابینی شعاع مخزن در ایستگاه‌های ۱، ۲ و ۳ و به عبارتی در قطاع‌های ۶۰ درجه‌ای اول و دوم و سوم نسبت به نازل جریان ورودی) هنگامی که مکان ریزش رسوب در مخزن در شرایط ایستگاه سوم است مقدار انحراف معیار و ضریب تغییرات کمترین مقدار بوده و بیانگر ریزش یکنواخت‌تری در ایستگاه سوم مخزن می‌باشد. بنابر این برای ریزش رسوب بهترین مکان قسمت محدوده بینابینی (۴۱.۵ سانتی‌متر از دیواره مخزن به طول ۴۴ سانتی‌متر) و ایستگاه سوم پیشنهاد گردید. مشاهدات آزمایشگاهی بیانگر آن است که موادی مانند غذای ماهی در حجم کم، که دارای نرخ غوطه‌وری بالا می‌باشند، بیشتر تابع جریان حلزونی مخازن استوانه‌ای شکل قرارگرفته و از مرکز حوضچه خارج می‌گردند.

## منابع

**Balarin, J.D. and Haller, R.D., 1982.** The intensive culture of tilapia in tanks, raceways, and cages. In: Muir, J.F., Roberts, R.J. (Eds.), Recent Advances in Aquaculture. Westview Press, Boulder, Colorado, pp. 265-356.

**Burrows, R. and Chenoweth, H., 1970.** The rectangular circulating rearing pond. Prog. Fish. Cult. 32, 67–80. http://dx.doi.org/10.1577/1548-8640(1970)32%5B67:TRCRP%5D2.0.CO;2

**Chen, S., Coffin, D.E. and Malone, R.F., 1993.** Production, characteristics, and modeling of aquacultural sludge from a



[ Downloaded from isfj.ir on 2026-11-05 ]
[ DOR: 20.1001.1.10261354.1395.25.4.2.8 ]
[ DOI: 10.22092/ISFJ.2017.110295 ]

recirculating aquacultural system using a granular media biofilter. In: Wang, J. -K. (Ed.), Techniques for Modern Aquaculture. ASAE, St. Joseph, Michigan, 1993. pp. 16–25.

**Davidson, J. and Summerfelt, S.T., 2005.** Solids removal from a cold water recirculating system—comparison of a swirl separator and a radial-flow settler. Aquacultural Engineering. 33, 47–61

**Elberizon I.R. and Kelly, L.A., 1998.** Empirical measurements of parameters critical to modeling benthic impacts of freshwater salmonid cage aquaculture. Aquaculture Research. 29, 669-677.

**Labatut R.A., Timmons, M.B., Ebeling, J.M. and Bhaskaran, R., 2007.** Hydrodynamics of a Large-scale Mixed-Cell Raceway (MCR): Experimental studies. Aquacultural Engineering. 37(2):132-143 · DOI: 10.1016/j.aquaeng.2007.04.001

**Lawson, T.B., 1995.** Fundamentals of Aquacultural Engineering. Chapman and Hall, New York. http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4615-7047-9

**Larmoyeux, J.D., Piper, R.G. and Chenoweth, H.H., 1973.** Evaluation of circular tanks for salmonid production. Prog. Fish-Cult. 35, 122–131. http://dx.doi.org/10.1577/1548-8659(1973)35[122:EOCTFS]2.0.CO;2

**Losordo, T.M. and Westers, H., 1994.** System carrying capacity and flow estimation. In: M.B. Timmons & T.M. Losordo, editors. Aquaculture water reuse system: Engineering design and management. Developments in Aquaculture and Fisheries Sciences, vol. 27. Elsevier Science, ISBN 9780444895851, Amsterdam. pp. 9-60.

**Lunde, T., Skybakmoen, S. and Schei, I., 1997.** Particle Trap. US Patent. 5, 595-636,

**Mäkinen, T., Lindgren, S. and Eskelinen, P., 1988.** Sieving as an effluent treatment method for aquaculture. Aquacult. Eng. 7, 367–377.

**Summerfelt, S.T., Davidson, J. and Timmons, M.B., 2000.** Hydrodynamics in the 'Cornell-type' dual-drain tank. Pages 160-166 In: The Third International Conference on Recirculating Aquaculture. July 22-23, Roanoke, VA, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, VA.

**Timmons M.B., Summerfelt S.T. and Brian Vinci, J., 1998.** Review of circular tank technology and management. Aquacultural Engineering. 18, 51–69. http://dx.doi.org/10.1016/S0144-8609(98)00023-5

**Tvinnereim, K. and Skybakmoen, S., 1989.** Water exchange and self-cleaning in fish rearing tanks. In: De Pauw, N., Jaspers, E., Ackefors, H., Wilkens, N. (Eds.), Aquaculture: A Biotechnology in Progress. European Aquaculture Society, Bredena, Belgium, pp. 1041–1047.

**Van Toever, J.W., 1997.** Water treatment system, particularly for use in aquaculture. U.S. Patent #5593574.



[ Downloaded from isfj.ir on 2026-11-05 ]
[ DOR: 20.1001.1.10261354.1395.25.4.2.8 ]
[ DOI: 10.22092/ISFJ.2017.110295 ]

**Watten, B.J., Honeyfield, D.C. and Schwartz, M. F., 2000.** Hydraulic characteristics of a rectangular mixed-cell rearing unit. Aquacultural Engineering. 24, 59–73. http://dx.doi.org/10.1016/S0144-8609(00)00064-9

[ Downloaded from isfj.ir on 2026-11-05 ]

[ DOR: 20.1001.1.10261354.1395.25.4.2.8 ]
[ DOI: 10.22092/ISFJ.2017.110295 ]

# Experimental investigation of settling pattern of solid particles in trout recirculating aquaculture systems

Sajedi Sabegh M.[1]; Abdolhay H.A.[1]; Saneie M.[2]; Behmanesh Sh.[2]; Matinfar A.[2]

[*] m_sabegh@yahoo.com

1-Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization

2- Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization

[ Downloaded from isfj.ir on 2026-11-05 ]

[ DOR: 20.1001.1.10261354.1395.25.4.2.8 ]

[ DOI: 10.22092/ISFJ.2017.110295 ]

**Abstract**

During the growth of population in the world, Recirculating Aquaculture Systems (RAS) are developing due to more production and less water consumption and many scientists have studied on water quality and solid removal at these systems. In this paper to study on settling pattern of solid particles on a bed of aquaculture cylindrical tanks, a tank in diameter of 2.14 m and height of 0.59 m and inlet flow using three nozzles in 8 mm diameter has implemented. Quality and quantity studies of settling patterns of solid particles in six injection location (by changing the injection location of radial alignment for three options and on the pyramid of tank for others) show that injection location by the middle location of radial length and of third station (there are 6 stations on the pyramid of the tank and each station has located at 60 degrees from the last station) created more uniform sedimentation on the bed. Also, laboratory observations show that the low density materials such as fish feed, which has a high rate of immersion are more disposed to exit due to spiral flow of cylindrical tanks.

**Keywords:** Settling pattern, cylindrical tanks, Recirculating aquaculture systems, Laboratory model, Fish feed

*Corresponding author