Journal of Aquaculture Development
Vol. 19, No. 2, 2025, Pages: 81-99
DOI: 10.71901/jad-2025-2-835

RESEARCH PAPER **OPEN ACCESS**

Filterability of Drum Filter in different Rotational Speeds in small-scale

Nikzad, F.[1], Masoudian, M.[1*] Kalantari, D.[2]

1-Department of Water Structure, Faculty of Agricultural Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

2-Department of Mechanics of Biosystem Engineering, Faculty of Agricultural Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

Received: 29 October 2024 **Accepted: 12 January 2025**

[Downloaded from aqudev.liau.ac.ir on 2025-09-01]

[DOI: 10.71901/jad-2025-2-835]

Abstract:

Introduction: The maintenance of good water quality is a prerequisite for the success of fish farming operations. Micro-screen drum filters are a popular solution for the removal of suspended solid materials in fish farms. Micro-screening essentially captures particles on a screen fabric while allowing water to pass through. Many variables influence mechanical filter performance, including flow rate, particle size, and filter design. Understanding these parameters is crucial for optimizing filtration efficiency and ensuring the health of aquatic organisms. The present study aimed to evaluate the hydraulic parameters of a small-scale drum filter used in a trout farm system. By analyzing the performance of this filtration system, we seek to provide insights that can enhance operational practices and improve water quality management in aquaculture settings. Additionally, the findings may contribute to the development of more effective filtration technologies tailored to the specific needs of fish farming.

Materials and Methods: The drum filter was placed in a pit dug along the outlet path of the fish farming wastewater to facilitate the gravitational transfer of water and effluent to the drum. The dimensions of the drum filter were 0.5 m in length and 0.25 m in width. The filter was equipped with a woven metal mesh with a pore size of 100 µm. To adjust the submerged level of the drum filter, it was installed in a tank with a volume of 400 ml at three different levels: 15%, 22%, and 25%. Experiments were conducted at four different input flow rates: 550, 990, 1270, and 1500 ml/s, with concentrations of 10, 15, 20, and 30 mg/l, and at three different rotation speeds: 4, 6, and 8 rpm.

Results and Discussion: The ANOVA analysis revealed that the parameters of rotation speed, TSS concentration, and input flow rates had a significant impact on the filterability and efficiency of the drum filter ($p < 0.05$). The submerged area significantly affected the efficiency of the drum filter, but it did not have a significant impact on filterability. The highest particle removal efficiency was observed to be 22% at the submerged surface with a rotational speed of 6 rpm. The results also indicated that the optimal submerged surface level for achieving maximum efficiency in the drum depends on the input flow rate. With an increase in the rotational speed of the drum

filter, the filtration rate increases. Furthermore, if there is a need for a higher concentration ratio, the rotational speed should be increased. Increasing the concentration of suspended solids in the effluent leads to an increase in efficiency.

Conclusion: According to the results, two distinct phases were observed in the flow rate and pressure drop graphs over time. Initially, the pressure drop is lower, but it increases significantly after a certain period. As the inflow rate increases, the graphs shift upward and to the left, indicating that more particles are captured by the filter over time, leading to faster clogging. The inflow rate can be increased to the point where the time to reach the second phase is minimized, allowing the drum to operate at maximum hydraulic capacity with minimal pressure drop. Factors such as rotational speed, submersion level, and the concentration of suspended solids also affect the drum's capacity. Lower rotational speeds lead to quicker transitions to the second phase, while higher speeds result in slower clogging due to increased particle movement and internal turbulence. Overall, maintaining optimal conditions is crucial for maximizing filtration performance and minimizing clogging.

Keywords: Fish farm, Drum efficiency, Effluent, Filterability.

[Downloaded from aqudev.liau.ac.ir on 2025-09-01]

* *Corresponding Author: masoudian@sanru.ac.ir*

[DOI: 10.71901/jad-2025-2-835]

نشریه توسعه آبزی‌پروری، سال نوزدهم، شماره دوم، تابستان ۱۴۰۴، صفحه های ۹۹-۸۱
DOI: 10.71901/jad-2025-2-835

"مقاله پژوهشی"

قابلیت فیلترپذیری درام فیلتر در سرعت‌های چرخشی مختلف در مقیاس کوچک

فرشته نیک‌زاد[۱]، محسن مسعودیان[۱]*، داود کلانتری[۲]

۱- گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، مازندران
۲- گروه مکانیک بیوسیستم، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، مازندران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۸/۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۲۳

چکیده

حفظ کیفیت مطلوب آب پیش‌نیاز موفقیت عملیات پرورش ماهی است. فیلترهای میکرواسکرین درام چرخان، معمول‌ترین فیلترهای مکانیکی مورد استفاده در حذف ذرات معلق پساب پرورش ماهی می‌باشند. ذرات و ناخالصی‌های جامد به سطح داخلی درام‌فیلتر گیرکرده و از آب جدا می‌شوند. در عین حال اجازه عبور آب را می‌دهند. متغیرهای زیادی بر عملکرد فیلتر مکانیکی تأثیر می‌گذارند. این مقاله به بررسی تاثیر پارامترهای میزان دبی ورودی به درام، سرعت دورانی، میزان ذرات جامد معلق و سطح زیرآب درام بر میزان فیلترپذیری و بازدهی یک درام فیلتر می‌پردازد. برای انجام آزمایش یک درام فیلتر به قطر ۵۰ سانتی‌متر و طول ۲۵ سانتی‌متر و از توری پلی‌استر ۱۰۰ میکرون بافته شده، ساخته شد و برای تنظیم میزان سطح آب داخل درام فیلتر، در مخزنی به حجم ۴۰۰ لیتر نصب شد. درام فیلتر در مسیر خروجی پساب مزرعه پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان قرارگرفت. آزمایشات در دبی‌های ورودی ۵۵۰، ۹۴۰، ۱۲۷۰ و ۱۵۰۰ میلی‌لیتر بر ثانیه و سرعت‌های چرخشی ۴، ۶ و ۸ دوربردقیقه انجام شد. برای هرآزمایش درام به میزان ۱۵، ۲۲ و ۲۵ درصد زیر آب قرارگرفت. طبق نتایج آزمون آنووا در نرم‌افزار Design Expert 11 میزان دبی ورودی، سرعت چرخشی دارم و مقدار ماده جامد معلق در پساب بر میزان فیلترپذیری و بازده‌ی خروجی درام تاثیر معنی‌داری داشتند ($p<۰/۰۵$). سطح زیرآب (غرقاب) بر بازده خروجی درام تاثیر معنی‌داری داشته، ولی بر میزان فیلترپذیری تاثیر معنی‌داری نداشت. بیشترین بازده حذف ذرات در سطح غرقابی ۲۲٪ و سرعت دورانی ۶ دور بر دقیقه مشاهده شد. همچنین نتایج نشان داد سطح غرقاب بهینه برای رسیدن به حداکثر راندمان در درام به میزان دبی ورودی بستگی دارد. با افزایش سرعت چرخشی درام فیلتر، فیلترپذیری درام افزایش یافت. همچنین در صورت نیاز به نسبت غلظت بالا، سرعت چرخش باید بیشتر باشد. افزایش مواد جامد معلق در پساب باعث افزایش بازدهی می‌گردد.

کلمات کلیدی: پرورش ماهی، بازده درام، پساب، فیلترپذیری

* عهده‌دار مکاتبات: masoudian@sanru.ac.ir

[Downloaded from aqudev.liau.ac.ir on 2025-09-01]
[DOI: 10.71901/jad-2025-2-835]

مقدمه

همراه با رشد صنعت آبزی‌پروری نگرانی درمورد کاهش کیفیت آب‌های سطحی شدت می‌یابد. این امر به‌ویژه در مناطقی که ظرفیت حمل زیست محیطی قبلاً توسط فعالیت‌های مختلف انسانی مورد بهره‌برداری قرارگرفته است، بسیار حیاتی است. تلاش‌های جدی به منظور کاهش اثرات آبزی‌پروری بر محیط‌زیست با بهبود کیفیت خوراک، مدیریت تغذیه و مزرعه و تصفیه پساب، انجام شده است (Mateo- Sagasta *et al.*, 2017). تصفیه پساب در آبزی‌پروری یک راهکار حیاتی برای کاهش اثرات زیست‌محیطی و افزایش کیفیت جریان و استفاده مجدد درسیستم‌های مداربسته می‌باشد. اولین مرحله تصفیه بهینه آب، تعیین یک راه‌حل موثر برای حذف ذرات جامد از جریان می‌باشد. وجود ذرات جامد، اثرات زیان‌بخشی برای سلامتی ماهیان به همراه دارد و این تنش باید کاهش یابد. برای کاهش استرس ماهی، غلظت کل ذرات جامد معلق باید زیر ۱۰ mg/l نگه داشته شود. این ذرات شامل بقایای غذایی و فضولات ماهی می‌باشند. جامدات و ذرات معلق منبع اصلی تقاضای اکسیژن شیمیایی و مواد مغذی ورودی به آب هستند که به‌صورت آلی و غیرآلی می‌باشند. درصد غذایی که به شکل مدفوع در آب وجود دارد ارگانیک بوده و بقایای غذایی، اکسیژن محلول در آب را مصرف کرده و توسط باکتری‌ها درون سیستم تجزیه شده و نیتروژن تولید می‌کنند (Rosche, 2014). استان مازندران یکی از قطب‌های پرورش ماهی سردآبی در کشور می‌باشد، به‌طوری‌که سالانه ۱۵ هزار تن ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در مزارع پرورشی استان تولید می‌شوند. بیشتر این واحدهای پرورشی در مزارع واقع در دشت‌ها با تولید ۶ هزار تن در سال استقرار دارند. با توجه به مطالعات Masoudian و همکاران (۲۰۱۹) با مصرف سالانه بیش از ۲۰ میلیون مترمکعب آب با برداشت از چاه‌های سطحی یا نیمه عمیق در این بخش، آب چاه وارد استخرهای پرورشی شده و بعد از استفاده توسط ماهی بدون تصفیه‌ی استاندارد وارد آب‌های سطحی و زیرزمینی می‌گردد که با استفاده از سیستم‌های نوین تصفیه و بهره‌وری آب می‌توان این مقدار را به کمتر از ۲ میلیون مترمکعب در سال رسانید. Tahmasbi و همکاران (۲۰۲۳) با مطالعه کیفی وکمی پساب ۲۰ پرورش ماهی واقع در ناحیه دشت استان مازندران به لزوم تصفیه آب پرورش ماهی اشاره نمودند. طبق تحقیقات Nikzad و همکاران (۲۰۲۴)، افزایش معنی‌داری بر میزان ذرات جامد از ورودی به خروجی در مزارع پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان مشاهده شد، که بر کیفیت جریان پایین‌دست تأثیرگذاشتند. روش‌های مختلفی برای حذف ذرات جامد معلق از پساب آبزی‌پروری وجود دارد (Sindilariu *et al.*, 2009; Lekang, 2020). میکرواسکرین‌ها به دلیل حداقل نیاز به نیروی کار و فضا، یکی از پرکاربردترین ابزارها برای تصفیه اولیه پساب ها در مزارع پرورش ماهی هستند و به‌عنوان فیلترهای مکانیکی نام برده می‌شوند (Bergheim and Brinker, 2003).

عملکرد درام فیلتر

میکرواسکرین‌ها از یک توری فلزی بافته شده یا پارچه‌ای به قطر منافذ ۱۵ تا ۲۰۰ میکرونی تشکیل شده‌اند. معمولا" به حاشیه یک درام چرخان به طور معمول با قطر ۱.۰ تا ۳.۳ متر و طول ۰.۶ تا ۵.۱ متر وصل می‌شود که در صنایع آب آشامیدنی و فاضلاب بسیار

[Downloaded from aqudev.liau.ac.ir on 2025-09-01]

[DOI: 10.71901/jad-2025-2-835]

رایج‌اند. میکرواسکرین‌های دوار جایگزینی برای رسوب‌گیرها هستند (Burton and Tchobanoglous, 2018). جریان در مرکز قرار می‌گیرد و به صورت شعاعی از طریق چشمه درام فیلتر می‌شود. درام می‌چرخد و مواد جامد باقی‌مانده روی اسکرین در قسمتی با شستشوی معکوس با آب فیلتر شده قبلی حذف می‌شوند (Lekang, 2020). جامدات معلق که بزرگتر از اندازه منافذ چشمه میکرواسکرین هستند، حفظ می‌شوند. با تجمع آن‌ها در داخل میکرواسکرین، کور شدن اسکرین رخ می‌دهد و باعث انسداد جریان آب می‌شود. افزایش متناظر مقاومت در برابر جریان آب عبوری از اسکرین ناشی از کورشدن آن، خود را به صورت افزایش سطح آب ورودی در داخل درام نشان می‌دهد. این کار تا رسیدن به حداکثر سطح قابل تحمل ادامه خواهد داشت، قبل از آن فیلتر باید شستشوی معکوس شود تا از برگشت جریان آب جلوگیری گردد (Greencorn, 2009). شستشوی معکوس ممکن است مداوم یا متناوب باشد. به طور معمول فیلتری که در شستشوی معکوس مداوم کار می‌کند با حداکثر ظرفیت جریان خود کار می‌کند. شستشوی معکوس مداوم یک اسکرین کور نشده را تضمین می‌کند و از این‌رو می‌توان به حداکثر نرخ جریان دست یافت (Richardson, 2002). شستشوی معکوس متناوب زمانی قابل‌قبول است که ظرفیت جریان اضافی در فیلتر وجود داشته باشد. مدت زمان بین هر رویداد شستشوی معکوس با درجه ظرفیت جریان اضافی تعیین می‌شود. در چنین بازه‌های زمانی ممکن است کیک‌های فیلتر روی اسکرین تشکیل شوند. این کیک همچنین می‌تواند در فرآیند فیلترکردن نقش داشته باشد، اما اگر بیش از حد متراکم شود، ممکن است روی فرآیند فیلترکردن تأثیر منفی بگذارد (Dolan *et al.*, 2013). سرعت چرخش معمولا از ۳ تا ۶ دور در دقیقه متغیر است (Ali, 2013).

فیلتراسیون کیک

هنگامی که اسکرین فیلتر کور می‌شود، یک لایه یا کیک از مواد انباشته تشکیل می‌گردد که ممکن است پتانسیل بازده فیلتراسیون بیشتری نسبت به اسکرین به‌تنهایی داشته باشد (Patil, 2012). با این‌حال تشکیل یک کیک منجر به افزایش مقاومت در برابر جریان می‌شود و از این‌رو به‌صورت کاهش نرخ جریان عبوری از اسکرین ظاهر می‌شود.

ظرفیت جریان یک میکرواسکرین

در حالی که فرکانس شستشوی معکوس یک عامل اصلی موثر بر ظرفیت جریان فیلتر است، ظرفیت جریان فیلتر به عوامل دیگری از جمله تخلخل محیط فیلتر، سطح موثر زیرآب (غرقاب)، غلظت TSS آب و توزیع اندازه ذرات (PSD) جامدات معلق در آب نیز بستگی دارد (Boucher, 1947; Rushton *et al.*, 2008).

محققان زیادی روی بازدهی تصفیه میکرواسکرین‌ها به‌طور تجربی مطالعه انجام داده‌اند، که نتایج به علت تغییر در کیفیت و خواص پساب و همچنین اندازه منافذ اسکرین‌ها به‌طور قابل ملاحظه‌ای متفاوت بوده‌است. Bergheim و Brinker (۲۰۰۳) با استفاده از چشمه‌های ۳۵ و ۶۰ میکرون، به بازده حذف ۴۰٪ ماده‌ی خشک معلق رسیدند. Dolan و همکاران (۲۰۱۳) روی میزان آبدهی میکرواسکرین‌ها در سایز ۱۰ تا ۱۰۰ میکرون تحقیق کردند و به این نتیجه رسیدند که میکرواسکرین‌ها با اندازه منافذ کمتر از ۳۰ میکرون

[Downloaded from aqudev.liau.ac.ir on 2025-09-01]
[DOI: 10.71901/jad-2025-2-835]

مناسب تصفیه در آبزی‌پروری نبوده و چشمه ۱۰۰ میکرون بالاترین میزان آبدهی و چشمه ۶۰ میکرون بالاترین بازده تصفیه را دارا می‌باشند. Ali در سال ۲۰۱۳ به طراحی و ارزیابی یک فیلتر میکرواسکرین چرخان برای سیستم‌های آبزی‌پروری به منظور حذف مواد جامد با مصرف انرژی کمتر پرداخت. نتایج نشان داد که پارامترهای طراحی فیلتر مانند سطح و سرعت چرخش تحت‌تاثیر نرخ جریان آب قرار گرفته‌اند، که در آن مساحت سطح و سرعت درام از ۱.۵۸–۲۷.۸۷ متر مربع و ۱.۰۵–۸.۴۰ دور بر دقیقه متغیربود. اکثر مطالعات در زمینه درام فیلتر، تخلخل محیط فیلتر (اندازه منافذ چشمه) و سرعت دورانی درام را روی بازدهی و تاثیر روی میزان دبی عبوری بررسی نمودند.

در این مقاله علاوه بر سرعت دورانی و میزان دبی ورودی، سطح موثر زیرآب (غرقاب) و میزان غلظت موادجامد بر فیلترپذیری و بازدهی یک درام فیلتر ساخته‌شده در مقیاس کوچک ارزیابی شد.

مواد و روش‌ها

محل نصب درام فیلتر

این تحقیق در یک مرکز پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان واقع در روستای کمانگر شهرستان بابل (استان مازندران) انجام شد. درام فیلتر ساخته‌شده در گودال حفرشده در مسیر خروجی پساب پرورش ماهی قرار داده شد تا انتقال جریان آب و پساب به‌صورت ثقلی به درام به سهولت امکان‌پذیرگردد (شکل۱). یک لوله، جریان آب تمیز از استخر و لوله دوم جریان پساب خروجی از استخرهای پرورش ماهی را به داخل درام انتقال دادند. به‌منظور تنظیم میزان جریان عبوری در غلظت‌های ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۳۰ میلی‌گرم در لیتر، شیر تنظیم جریان روی لوله‌ها نصب شد.

شکل ۱: قرارگیری دستگاه ساخته شده در مسیر پساب خروجی از استخرهای پرورش ماهی قزل‌آلا
Figure 1: Placement of drum filter in the effluent from trout farming ponds

[Downloaded from aqudev.liau.ac.ir on 2025-09-01]

[DOI: 10.71901/jad-2025-2-835]

روش انجام آزمایش

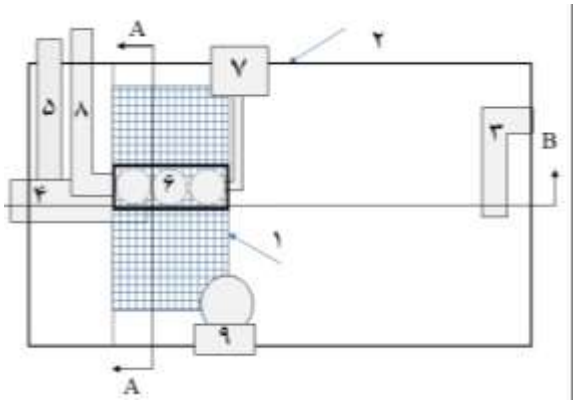
به منظور اندازه‌گیری میزان سطح بالاآمادگی آب در واحد زمان در درام فیلتر یک نمونه آزمایشگاهی مطابق شکل ۲، ساخته شد که اجزای تشکیل‌دهنده این دستگاه به شرح زیر بودند:

۱- میکرواسکرینی از چشمه بافته‌شده پلی‌استر با منافذ ۱۰۰ میکرونی بر روی اسکلت استوانه‌ای شکل از جنس استیل به قطر ۰.۵ متر و به طول ۰.۲۵ متر نصب شد. ۲- برای اندازه‌گیری میزان افت در درام (اختلاف سطح آب در داخل و خارج درام= Δh) استوانه در یک مخزن (وان) ۴۰۰ لیتری پلی اتیلنی بر روی پایه‌های فلزی نصب شد به‌طوری‌که سطح پایینی استوانه درام از کف مخزن در فاصله ۵ سانتی‌متری قرارگرفت. ۳- با اتصال یک لوله در انتهای وان و با حرکت لوله به سمت بالا و پایین، میزان سطح آب خروجی و در نتیجه میزان سطح زیرآب رفتن استوانه تنظیم شد. ۴- یک لوله جریان آب تمیز از استخر را به درام انتقال داد. ۵- پساب خروجی به منظور تامین غلظت مورد نیاز TSS، از خروجی استخرهای پرورش ماهی توسط لوله دیگری به‌صورت ثقلی به ورودی وان انتقال داده شده و وارد استوانه دوار شد. ۶- برای شست‌وشوی سطح چشمه گرفته شده توسط ذرات داخل پساب در پایان هر آزمایش از نازل‌های شست‌وشو که در بالای استوانه نصب شده بود استفاده‌گردید. ۷- یک پمپ، آب تصفیه‌شده را از خروجی به نازل‌ها انتقال می‌داد. ۸- ذرات شسته‌شده توسط فشار آب نازل‌ها، توسط یک سینی که در بالایی‌ترین قسمت داخلی درام، زیر سطح بالایی استوانه قرار گرفته بود به بیرون هدایت شدند. ۹- درام توسط موتور شروع به دوران کرده و سرعت دورانی آن توسط یک اینورتر که به یک گیربکس کاهنده متصل است کنترل می‌شد. ۱۰- ارتفاع آب داخل و خارج درام، در طول زمان فیلتراسیون توسط خط‌کش با دقت ۱ میلی‌متر اندازه‌گیری شد.

زمان انجام آزمایشات ۳ ساعت بعد از نوبت اول غذادهی (خوراک آماده پلت‌شده) بود. برای بررسی اثر مقدار دبی ورودی و سرعت دورانی و میزان سطح غرقابی بر فیلترپذیری و بازدهی درام فیلتر، ۳۶ تیمار در دو تکرار تعریف شد. بدین ترتیب آزمایشات برای ۴ دبی ورودی ۵۵۰، ۹۰۰، ۱۲۷۰ و ۱۵۰۰ میلی‌لیتر در ثانیه انجام‌گرفت. برای هر دبی ورودی، سرعت دورانی درام فیلتر در سرعت‌های چرخشی ۴، ۶ و ۸ دور بر دقیقه ثابت قرارگرفت. میزان سطح زیرآب درام برای هرآزمایش در ۱۵ ، ۲۲ و ۲۵ درصد توسط لوله نصب شده در انتهای مخزن (وان) قابل تنظیم بود. برای تاثیر میزان مواد جامد معلق بر فیلترپذیری و بازده دستگاه، ۳۶ تیمار در دو تکرار تعریف شد. این آزمایشات در دبی ورودی ۵۵۰ میلی‌لیتر در ثانیه، در غلظت‌های ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۳۰ میلی‌گرم در لیتر در سرعت‌های دورانی ۴، ۶ و ۸ دور بر دقیقه و سطح زیرآب ۱۵ ، ۲۲ و ۲۵ درصد انجام شد. بعد از اتمام هر آزمایش سیستم شست‌وشو را روشن کرده و درام برای آزمایش بعدی تنظیم گردید.

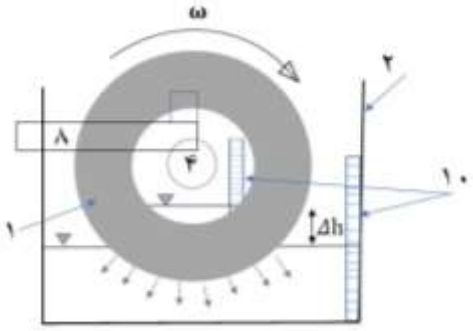
[Downloaded from aqudev.liau.ac.ir on 2025-09-01]

[DOI: 10.71901/jad-2025-2-835]



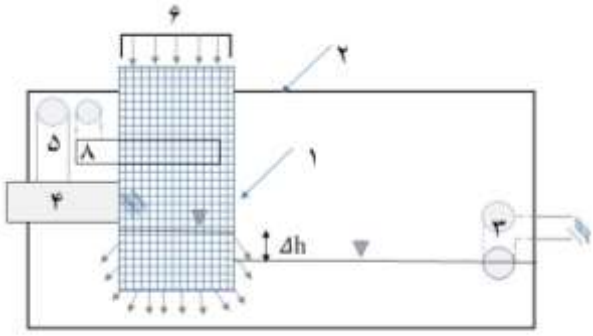
الف) پلان درام فیلتر ساخته‌شده

Drum filter plan



ج) برش عرضی (مقطع A-A)

Cross section



ب) نمای جانبی (مقطع B-B)

Side view

شکل ۲: شماتیک درام فیلتر ساخته شده در مقیاس آزمایشگاهی. (۱- استوانه چرخان پوشیده‌شده با اسکرین ۲- مخزن (وان) ۳- لوله تنظیم‌کننده آب خروجی ۴- لوله ورودی آب تمیز ۵- لوله ورودی پساب ۶- نازل‌های شست‌وشو ۷-پمپ شست‌وشو ۸- سینی انتقال ذرات شسته‌شده از درام به بیرون ۹- موتور درام و تنظیم‌کننده سرعت ۱۰- خط‌کش اندازه‌گیری سطح آب در داخل و خارج درام)

Figure 2: Schematic of a laboratory-scale drum filter. (1- Rotating cylinder covered with a screen 2- Tank 3- Outlet water level control pipe 4- Clean water inlet pipe 5- Effluent inlet pipe 6- Washing nozzles 7- Washing pump 8- Tray for transferring washed particles from the drum to the outside 9- Drum motor and speed controller 10- Ruler for measuring water level inside and outside the drum

تئوری فیلتراسیون

Bucher در سال ۱۹۹۴ با داده‌های تجربی نشان داد که در شرایط با نرخ ثابت عملکرد فیلتر، میزان افزایش مقاومت هیدرولیکی نسبت به حجم آب فیلتر شده متناسب با مقاومت هیدرولیکی است:

$$\frac{dH}{dV} = IV$$

که در آن H مقاومت هیدرولیکی یا افت هد پس از عبور حجم V پساب است. ثابت I به عنوان شاخص فیلترپذیری نامیده شد.

[Downloaded from aqudev.liau.ac.ir on 2025-09-01]

[DOI: 10.71901/jad-2025-2-835]

شاخص فیلترپذیری

شاخص فیلترپذیری[۲] (I) پساب اندازه‌گیری شده روی اسکرین در حال استفاده، حجم آب به‌دست‌آمده در واحد افت هد در واحد سطح می‌باشد که از مطالعات آزمایشگاهی به‌دست می‌آید (Boucher, 1947):

$$I = \frac{1}{V} \ln\left(\frac{H}{H_0}\right)$$

که در آن H_0 نشان‌دهنده مقاومت اولیه فیلتر و H مقاومت پس از عبور حجم V پساب، در شرایط مقرر است. که در این مطالعه از شیب منحنی نیمه لگاریتمی حجم جریان عبوری از واحد سطح چشمه فیلتر در مقابل مقاومت (افت) به‌دست آمد. چندین سال بعد یک عبارت متفاوت با همان نام توسط Ive پیشنهاد شد:

$$FI = \frac{C}{C_0} H \frac{1}{V} \frac{1}{T}$$

کیفیت جریان فیلترشده =C ، کیفیت آب ورودی =C_0 ، افت هد =H (متر)، سرعت فیلتراسیون =V (متر بر ساعت)، زمان فیلتراسیون =T (ساعت). این شاخص توسط چندین محقق برای ارزیابی اثربخشی فیلتراسیون استفاده شده است (Cikurel *et al*., 1996; Kang *et al*., 1999; Tchio *et al*., 2003; Jiao *et al*., 2016; Soyer, 2016; Jiao *et al*., 2017; Schöntag *et al*., 2017; Hunce *et al*., 2019).

فیلترپذیری

بنابر معادله بوچر فیلترپذیری[۳] (F) تعداد ثانیه‌های مورد نیاز برای افزایش مقاومت اولیه فیلتر H_0 به مقدار H می‌باشد، به‌طوری‌که $H/H_0 = e$، است (Boucher, 1947).

$$T = \frac{1}{IQ} \ln\left(\frac{H}{H_0}\right)$$

تجزیه و تحلیل‌های آماری در نرم‌افزار Design Expert 11 انجام شد. آزمایش‌ها در طرح فاکتوریل در قلب بلوک تصادفی طراحی شد. متغیرهای مستقل شامل دبی ورودی(Q)، سرعت چرخشی درام (ω)، مواد جامد معلق (TSS) و سطح زیرآب (غرقابی) و متغیرهای پاسخ (وابسته) شامل شاخص فیلترپذیری (I)، فیلترپذیری (F) و نسبت غلظت جریان خروجی به ورودی (c/c_0) بودند.

نتایج

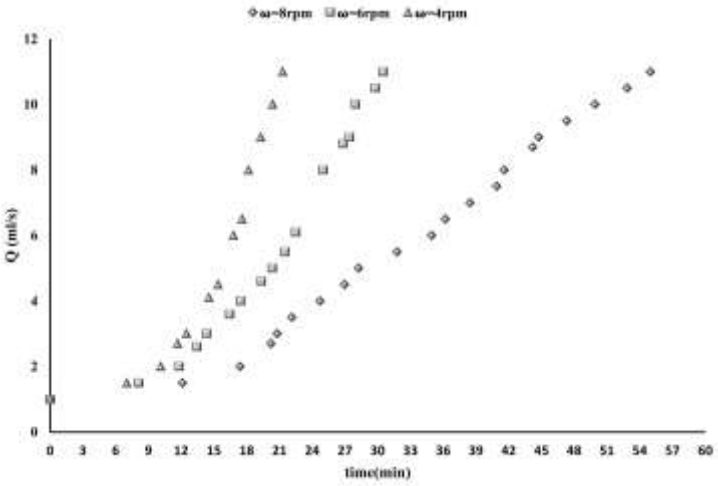
تاثیر سرعت دورانی درام بر فیلترپذیری

شکل ۳ تغییرات اختلاف ارتفاع آب در داخل و خارج درام را در دبی ورودی ۵۵۰ میلی‌لیتر بر ثانیه با گذشت زمان از شروع فرآیند فیلتراسیون و همچنین کاهش دبی عبوری از چشمه درام به‌علت گرفتگی منافذ را در سرعت‌های دورانی ۴، ۶ و ۸ دوربردقیقه نشان می‌دهد. در ابتدای فرآیند فیلتراسیون که منافذ تمیز می‌باشند، روند کاهش دبی با شیب کم بوده و با افزایش گرفتگی منافذ بعد از طی زمان تقریبی ۱۰، ۱۲ و ۱۸ دقیقه به ترتیب در سرعت‌های دورانی ۴، ۶ و ۸ دوربردقیقه، یک لایه کیک از ذرات روی سطح فیلتر درام رسوب کرده و مانعی در برابر عبور جریان ایجاد نمود. مقاومت در برابر جریان افزایش یافت. برای تامین هد لازم برای جریان عبوری، افزایش سطح آب در درام و در نتیجه افزایش افت ناشی از مقاومت را داشته که در نتیجه دبی عبوری با شیب بیشتری کاهش یافته است. افزایش سرعت باعث افزایش بسیار معنی‌داری در فیلترپذیری شد ($p<۰/۰۱$) (جدول ۱).

---

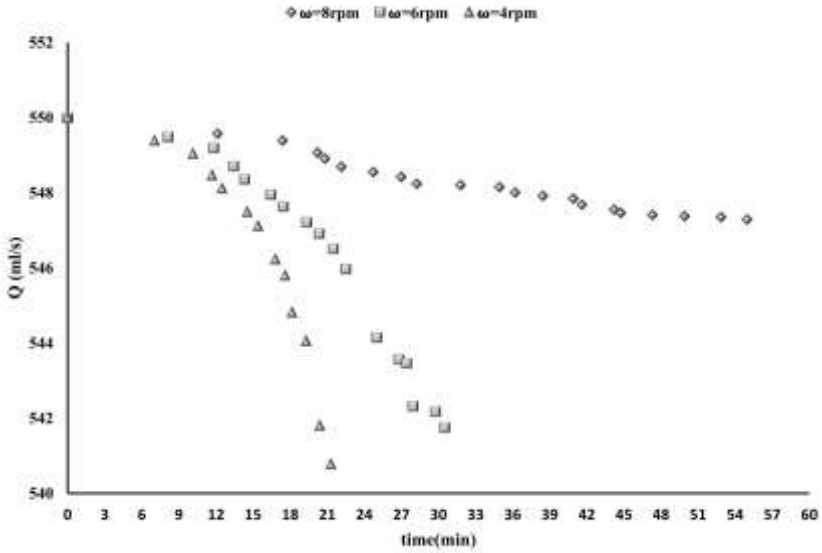
[۲] Filterability Index
[۳] Filterability

[Downloaded from aqudev.liau.ac.ir on 2025-09-01]
[DOI: 10.71901/jad-2025-2-835]



شکل ۳ الف: نمودار افت-زمان برای دبی ورودی ۵۵۰ میلی‌لیتر بر ثانیه (سطح غرقابی ۱۵ درصد و غلظت ۳۰ میلی‌گرم‌بر لیتر) در سرعت‌های چرخشی ۸ دوربردقیقه (SEM[4]= ۰/۰۵۱)، ۶ دوربردقیقه (SEM= ۰/۰۶) و ۴ دوربردقیقه (SEM= ۰/۰۵۸).

Figure 3a: Loss-time graph for an inlet flow rate of 550 ml/s (15% submergence level and 30 mg/L concentration) at rotational speeds of 8 rpm (SEM=0.051), 6 rpm (SEM=0.06), and 4 rpm (SEM=0.058).



شکل ۳ب: نمودار دبی-زمان برای دبی ورودی ۵۵۰ میلی‌لیتر بر ثانیه (سطح غرقابی ۱۵ درصد و غلظت ۳۰ میلی‌گرم‌بر لیتر) در سرعت‌های چرخشی ۸ دوربردقیقه (SEM= ۰/۰۵۱)، ۶ دوربردقیقه (SEM= ۰/۰۶) و ۴ دوربردقیقه (SEM= ۰/۰۵۸).

Figure 3b: Flow rate-time graph for an inlet flow rate of 550 ml/s (15% submergence level and 30 mg/L concentration) at rotational speeds of 8 rpm (SEM=0.051), 6 rpm (SEM=0.06), and 4 rpm (SEM=0.058)

[4] Standard Error Mean

[Downloaded from aqudev.liau.ac.ir on 2025-09-01]

[DOI: 10.71901/jad-2025-2-835]

تاثیر میزان مواد جامد معلق (TSS) بر فیلترپذیری

افزایش غلظت مواد جامد معلق در یک دبی مشخص تاثیر بسیار معنی‌داری بر کاهش فیلترپذیری داشت (p<۰/۰۱)، گرفتگی سریع‌تر اتفاق افتاد و نمودارهای دبی- زمان به سمت چپ حرکت کردند، این امر به این دلیل است که با افزایش مقدار ماده جامد، فشار برروی فیلتر افزایش می‌یابد و باعث می‌شود که ذرات بزرگ‌تر و سنگین‌تر بهتر جدا شوند و فیلترپذیری کاهش یابد.

با افزایش غلظت نمودارهای افت- زمان شیب بیشتری یافته و به سمت چپ و بالا منتقل شدند. افزایش شیب نمودار افت- زمان نشان‌دهنده افزایش شاخص فیلترپذیری (I) و در نتیجه کاهش فیلترپذیری (F) می‌باشد (شکل ۴). به‌طوری‌که کمترین فیلترپذیری در غلظت ۳۰ میلی‌گرم‌بر لیتر رخ داد. افزایش غلظت همچنین تاثیر معنی‌داری بر بازده درام فیتر داشت (p<۰/۰۵). افزایش غلظت تا ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر با افزایش کیفیت فیلترشده خروجی همراه بود. ولی در غلظت ۳۰ میلی‌گرم بازدهی به‌شدت کاهش یافته که دلیل آن رامی‌توان در این جست که در غلظت ۳۰ میلی‌گرم بر لیتر احتمالا" میزان ذرات با اندازه بیشتر از ۱۰۰ میکرون افزایش یافت (جدول ۲).

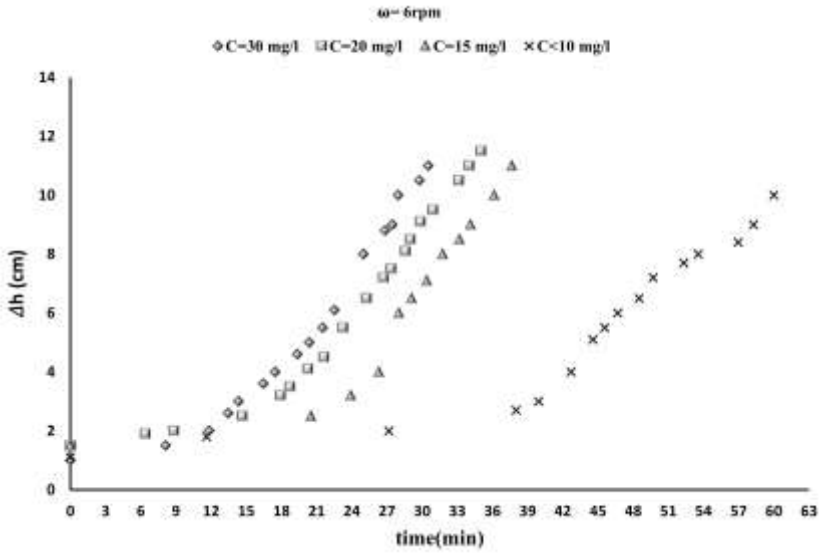
جدول ۱: مقادیر (P) از تجزیه و تحلیل پراکندگی آنووا برای پاسخ به شاخص فیلترپذیری (I)، فیلترپذیری (F) و نسبت کیفیت جریان فیلترشده به کیفیت جریان ورودی (c/c_0)

Table 1: P-values from ANOVA for responses to the filterability index (I), filtration efficiency (F), and ratio of filtered to influent quality (c/c_0)

Independent variables \ Response	c/c_0	F	I
Flow rate(Q)	0.0021	<0.0001	0.0327
Rotational speed(ω)	0.3	<0.0001	<0.0001
Submerged level	0.0004	0.322	<0.0001
Suspended solids(TSS)	0.0034	<0.0001	0.0154

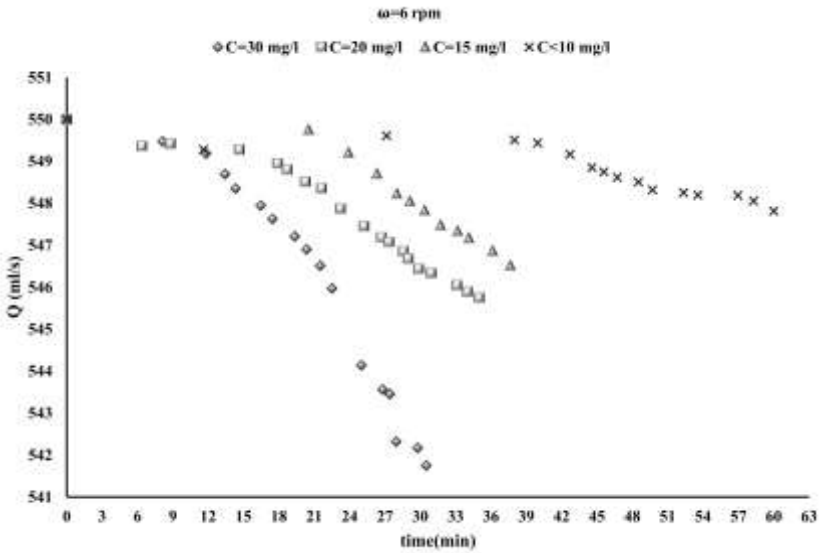
[Downloaded from aqudev.liau.ac.ir on 2025-09-01]

[DOI: 10.71901/jad-2025-2-835]



شکل ۴الف: مقایسه نمودارهای افت- زمان در غلظت‌های ۱۰ (SEM= ۰/۱)، ۱۵ (SEM= ۰/۰۷)، ۲۰ (SEM= ۰/۰۶) و ۳۰ (SEM= ۰/۰۸) میلی گرم‌بر لیتر برای دبی ورودی ۵۵۰ میلی‌لیتر بر ثانیه در سرعت ۶ دور بر دقیقه (سطح غرقابی ۱۵ درصد)

Figure 4a: Comparison of loss-time graphs at concentrations of 10 (SEM=0.1), 15 (SEM=0.07), 20 (SEM=0.06), and 30 (SEM=0.08) mg/L for an inlet flow rate of 550 ml/s at a rotational speed of 6 rpm (15% submergence level)



شکل ۴ب: مقایسه نمودارهای دبی- زمان در غلظت‌های ۱۰ (SEM= ۰/۱)، ۱۵ (SEM= ۰/۰۷)، ۲۰ (SEM= ۰/۰۶) و ۳۰ (SEM= ۰/۰۸) میلی گرم‌بر لیتر برای دبی ورودی ۵۵۰ میلی‌لیتر بر ثانیه در سرعت ۶ دور بر دقیقه (سطح غرقابی ۱۵ درصد)

Figure 4b: Comparison of flow rate-time graphs at concentrations of 10 (SEM=0.1), 15 (SEM=0.07), 20 (SEM=0.06), and 30 (SEM=0.08) mg/L for an inlet flow rate of 550 ml/s at a rotational speed of 6 rpm (15% submergence level)

[Downloaded from aqudev.liau.ac.ir on 2025-09-01]

[DOI: 10.71901/jad-2025-2-835]

جدول ۲: میانگین شاخص فیلترپذیری (سانتی‌متر بر متر) و فیلترپذیری (دقیقه) برای دبی ورودی ۵۵۰ میلی‌لیتر بر ثانیه در غلظت‌های ۱۰، ۱۵، ۲۰و ۳۰ میلی‌گرم بر لیتر (سطح غرقاب ۱۵ درصد)

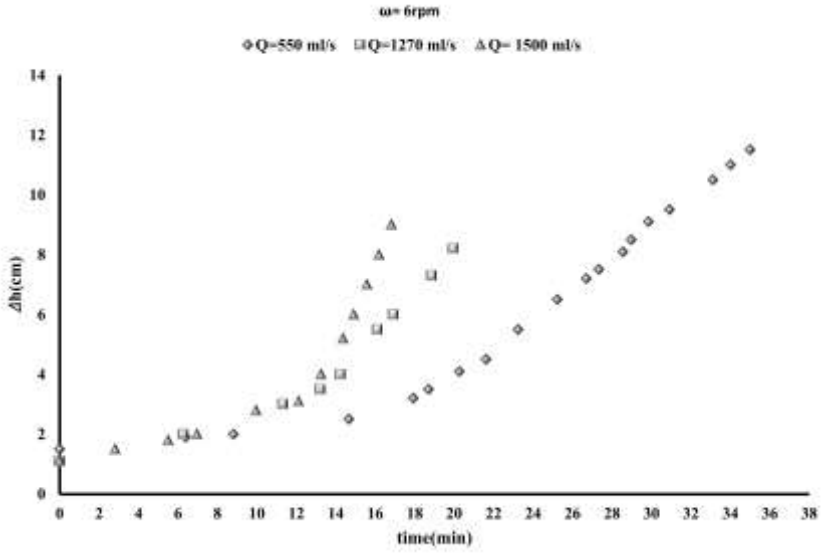
Table 2: Average filterability index (cm/m) and filterability (minutes) for an inlet flow rate of 550 ml/s at concentrations of 10, 15, 20, and 30 mg/L (15% submergence level)

(rpm) ω / TSS (mg/l)	4			6			8		
	c/c_0	F	I	c/c_0	F	I	c/c_0	F	I
30	0.63^a	11.7^d	0.2926^a	0.64^a	13.7^d	0.2417^a	0.66^a	20.2^c	0.1727^a
20	0.31^c	15^c	0.1456^b	0.305^d	20^c	0.1067^b	0.32^c	24.4^b	0.0913^b
15	0.48^b	25.7^b	0.1197^c	0.37^c	26.3^b	0.093^c	0.37^b	34.4^a	0.0721^c
<10	0.6^a	40^a	0.0956^d	0.5^b	38^a	0.084^d	–	–	–

حروف متفاوت در هر رده نشانه وجود اختلاف معنی‌دار بین سطوح پاسخ با افزایش غلظت مواد جامد معلق مختلف است (p<۰/۰۵)

تاثیر افزایش دبی ورودی بر فیلترپذیری

افزایش دبی ورودی به دارم فیلتر تاثیر بسیار معنی‌داری بر فیلترپذیری و بازده حذف ذرات گذاشت (p<۰/۰۱). با افزایش دبی در یک سطح ثابت، سرعت جریان خروجی از منافذ فیلتر افزایش یافته و حجم جریان بیشتری در واحد زمان به سطح فیلتر هدایت شده که در نتیجه ذرات بیشتری در فیلتر به دام افتاده و گرفتگی چشمه و بالاآمادگی آب در داخل درام سریع‌تر رخ داد. با افزایش دبی ورودی نمودارهای افت-زمان به سمت چپ و بالا حرکت کرده‌اند (شکل ۵). که شیب بیشتر نمایانگر شاخص فیلترپذیری بیشتر در دبی‌های بالاتر و کاهش فیلترپذیری به علت گرفتگی زودتر منافذ می‌باشد.



شکل۵: نمودار افت-زمان برای دبی ورودی ۵۵۰ (SEM= ۰/۰۶)، ۱۲۷۰ (SEM= ۰/۰۸) و ۱۵۰۰ (SEM= ۰/۱) میلی‌لیتر بر ثانیه در سرعت ۶ rpm (سطح غرقابی ۱۵ درصد و غلظت ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر)

Figure 5: Loss-time graph for inlet flow rates of 550 (SEM=0.06), 1270 (SEM=0.08), and 1500 (SEM=0.1) ml/s at a rotational speed of 6 rpm (15% submergence level and 20 mg/L concentration)

[Downloaded from aqudev.liau.ac.ir on 2025-09-01]

[DOI: 10.71901/jad-2025-2-835]

فیلترپذیری (F) برای دبی ورودی ۵۵۰ میلی‌لیتر بر ثانیه (سرعت دورانی ۶ دوربر دقیقه)، ۲۰ دقیقه و در دبی ورودی ۱۲۷۰ میلی‌لیتر بر ثانیه، ۹.۸ دقیقه و در دبی ۱۵۰۰ میلی‌لیتر بر ثانیه این زمان به ۹ دقیقه کاهش یافته است. یکی از اثرات برجسته افزایش دبی از ۵۵۰ به ۱۲۷۰ و ۱۵۰۰ میلی‌لیتر بر ثانیه، کاهش ۵۰ درصدی فیلترپذیری بود. اگرچه با افزایش دبی از ۵۵۰ به ۱۲۷۰ میلی‌لیتر بر ثانیه حجم جریان عبوری بیشتر در واحد سطح، ذرات بیشتری را با خود به سطح چشمه به دام انداختند ولی نرخ هیدرولیکی[۵] (HR=Q/A) بالا سبب شد که حجم بیشتری از ذرات ریزدانه همراه با جریان از منافذ چشمه عبور کرده بر کیفیت جریان خروجی تاثیر منفی بگذارند. با کاهش سرعت به ۴ دوربردقیقه ذرات درشت دانه فرصت بیشتری برای ته‌نشینی پیدا کردند و لایه کیک اولیه را تشکیل دادند و مانع عبور ذرات ریزدانه گشته و کیفیت جریان خروجی بهبود یافت در واقع ریزدانه‌ها مابین تخلخل درشت‌دانه‌ها به دام افتادند.

تاثیر میزان سطح غرقابی درام فیلتر بر فیلترپذیری

افزایش سطح غرقابی، تاثیر معنی‌داری بر فیلترپذیری نداشت ولی تاثیر بسیار معنی‌داری بر بازده حذف ذرات داشت ($P<۰/۰۱$). با افزایش سطح غرقابی دبی ورودی با سطح بیشتری از فیلتر در تماس بوده و سرعت عبوری جریان برای یک دبی خاص کاهش یافته و در مقایسه با سطح غرقابی ۱۵ درصد، نرخ هیدرولیکی (HR=Q/A) کاهش یافت و همچنین افزایش دسترسی به سطح بیشتر درام باعث کاهش سرعت گرفتگی شد. افزایش سرعت دورانی باعث دسترسی سریع‌تر به سطوح تمیز بیشتر و بالابردن فیلترپذیری گردید. کاهش HR برای دبی ورودی ۵۵۰ میلی‌لیتر بر ثانیه در سطح غرقابی ۲۲ درصد مانع تشکیل کیک منسجم گردید و کیفیت آب خروجی با افزایش سطح غرقابی به ۲۲٪ ،کاهش یافت. کاهش سرعت دورانی تاثیری روی افزایش کیفیت جریان خروجی نگذاشته که نشان داده HR نباید از یک حد مشخصی کاهش یابد.

جدول ۵ شاخص فیلترپذیری و فیلترپذیری را برای دبی ورودی ۹۴۰ میلی‌لیتر بر ثانیه و غلظت ۳۰ میلی‌گرم‌بر لیتر در سطوح غرقابی ۱۵، ۲۲ و ۲۵ درصد نشان می‌دهد. در سطح غرقابی ۱۵٪ بیشترین افت و کمترین فیلترپذیری را شاهد بودیم. افزایش سطح غرقابی از ۱۵ به ۲۲ درصد باعث افزایش بازدهی از ۳۷ به ۶۶ درصد شده است که نشان می‌دهد با افزایش سطح غرقابی در دبی‌های با TSS بالا می‌توان کیفیت جریان خروجی را بهبود بخشید. با افزایش سطح غرقابی سطح بیشتری برای ته‌نشینی ذرات میسر شد و با کاهش HR در سطح ۲۲٪ و تشکیل لایه فیلتر کیک، احتمال خروج ذرات ریزدانه از منافذ کاهش یافت. در سطح غرقاب ۲۵٪ در دبی ورودی ۹۴۰ میلی‌لیتر بر ثانیه کیفیت آب خروجی کاهش چندانی نیافت که احتمالا به علت بیشتر بودن ذرات در غلظت ۳۰ میلی‌گرم برلیتر در جریان و برخورد میان آن‌ها و تشکیل ذرات بزرگ‌تر بوده، ذرات بیشتری ته‌نشین شده و فیلتر کیک را تشکیل دادند.

---

[۵] Hydraulic Rate

[Downloaded from aqudev.liau.ac.ir on 2025-09-01]

[DOI: 10.71901/jad-2025-2-835]

جدول ۳: میانگین شاخص فیلترپذیری (سانتی‌متر بر متر) و فیلترپذیری (دقیقه) برای دبی‌های ورودی ۵۵۰، ۱۲۷۰ و ۱۵۰۰ میلی‌لیتر بر ثانیه در سطوح غرقابی ۱۵ درصد (غلظت ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر)

Table 3: Average filterability index (cm/m) and filterability (minutes) for inlet flow rates of 550, 1270, and 1500 ml/s at a submergence level of 15% (20 mg/L concentration)

(rpm) ω / Q (ml/s)	4			6			8		
	c/c_0	F	I	c/c_0	F	I	c/c_0	F	I
550	0.31^b	15	0.1456^b	0.305^c	20	0.1067^a	0.32^c	24.2	0.0913^c
1270	0.3^b	7	0.1163^c	0.39^d	9.6	0.1126^b	0.49^b	11.6	0.1155^b
1500	0.47^a	7.7	0.1581^a	0.43^a	9.6	0.1203^c	0.52^a	11	0.1266^a

حروف متفاوت در هر رده نشانه وجود اختلاف معنی‌دار بین سطوح پاسخ به دبی‌های ورودی است (p<۰/۰۵)

جدول ۴: میانگین شاخص فیلترپذیری (سانتی‌متر بر متر) و فیلترپذیری (دقیقه) برای دبی ورودی ۵۵۰ میلی‌لیتر بر ثانیه در سطوح غرقابی ۱۵ و ۲۲ درصد (غلظت ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر)

Table 4: Average filterability index (cm/m) and filterability (minutes) for an inlet flow rate of 550 ml/s at submergence levels of 15% and 22% (20 mg/L concentration)

(rpm) ω / S.L (%)	**4**			**6**			**8**		
	c/c_0	F	I	c/c_0	F	I	c/c_0	F	I
15	0.31^b	15	0.1456^b	0.305^b	20	0.1067^b	0.32^b	24.2	0.0913^b
22	0.39^a	12.5	0.2813^a	0.41^a	19.7	0.18^a	0.39^a	28.8	0.1181^a

حروف متفاوت در هر رده نشانه وجود اختلاف معنی‌دار بین سطوح پاسخ در سطوح غرقابی مختلف است (p<۰/۰۵)

جدول ۵: میانگین شاخص فیلترپذیری (سانتی‌متر بر متر) و فیلترپذیری (دقیقه) برای دبی ورودی ۹۴۰ میلی‌لیتر بر ثانیه در سطوح غرقابی ۱۵ ، ۲۲ و ۲۵ درصد (غلظت ۳۰ میلی‌گرم بر لیتر)

Table 5: Average filterability index (cm/m) and filterability (minutes) for an inlet flow rate of 940 ml/s at submergence levels of 15%, 22%, and 25% (30 mg/L concentration)

(rpm) ω / S.L (%)	4			6			8		
	c/c_0	F	I	c/c_0	F	I	c/c_0	F	I
15	0.63^a	7.9	0.2973^b	0.64^a	8.3	0.2858^a	0.64^a	9.4	0.2528^a
22	0.38^b	5.7	0.3381^a	0.4^b	8.6	0.2413^b	0.34^c	11	0.1835^c
25	0.39^b	6.4	0.3438^a	0.4^b	8	0.2833^a	0.41^b	9.6	0.2478^b

حروف متفاوت در هر رده نشانه وجود اختلاف معنی‌دار بین سطوح پاسخ در سطوح غرقابی مختلف است (p<۰/۰۵)

در دبی ۱۲۷۰ میلی‌لیتر بر ثانیه با افزایش سطح غرقابی از ۱۵ به ۲۲ درصد، کاهش HR باعث بهبود وضعیت کیفیت جریان خروجی گشته و سطح بیشتر باعث کاهش افزایش سطح آب در درام گردیده است. بالاترین فیلترپذیری مربوط به سطح غرقابی ۲۲٪ و سرعت دورانی ۸ دوربردقیقه بود درصورتی‌که بالاترین کیفیت فیلترشده برای این دبی در سطح غرقابی ۱۵ درصد، در سرعت ۴ دوربردقیقه می‌باشد که نشان

[Downloaded from aqudev.liau.ac.ir on 2025-09-01]

[DOI: 10.71901/jad-2025-2-835]

می‌دهد در صورت بالابردن سطح غرقابی برای کاهش افت باید سرعت دورانی درام را افزایش داد (جدول ۶). در سطح غرقابی ۲۵٪ در دبی ۱۲۷۰ میلی‌لیتر بر ثانیه نیروی بالابرنده وارد بر ذرات افزایش یافته به‌طوریکه مانع نشست ذرات درشت‌دانه بر روی چشمه و تشکیل کیک گشته و احتمال عبور ریزدانه‌ها از منافذ را افزایش داده و بر کیفیت جریان خروجی تاثیر گذاشته است. کاهش HR باعث کاهش حجم جریان عبوری در واحد سطح فیلتر و کاهش فیلترپذیری شد.

در سطح غرقابی ۱۵٪، با افزایش HR حجم بیشتری از جریان در واحد سطح فیلتر عبور کردند که بالتبع ذرات بیشتری را با خود به‌همراه برده و گرفتگی سریع‌تر اتفاق افتاد و فیلترپذیری کاهش یافت ولی به علت بالابودن نرخ فیلتراسیون وعبور ذرات ریزدانه همراه جریان از منافذ چشمه کیفیت جریان خروجی کاهش یافت ولی کاهش سرعت چرخشی فرصت را برای نشست ذرات درشت‌دانه بر روی چشمه و تشکیل کیک ایجاد نموده و کیفیت خروجی افزایش یافت (جدول ۶).

جدول ۶: میانگین شاخص فیلترپذیری (سانتی‌متر بر متر) و فیلترپذیری (دقیقه) برای دبی ورودی ۱۲۷۰ میلی‌لیتر بر ثانیه در سطوح غرقابی ۱۵ ، ۲۲ و ۲۵ درصد (غلظت ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر)

Table 6: Average filterability index (cm/m) and filterability (minutes) for an inlet flow rate of 1270 ml/s at submergence levels of 15%, 22%, and 25% (20 mg/L concentration)

(rpm) ω / S.L (%)	4			6			8		
	c/c_0	F	I	c/c_0	F	I	c/c_0	F	I
15	0.3^{b}	7^{c}	0.1163	0.39^{b}	9.6	0.1126^{b}	0.49^{b}	11.6^{b}	0.1155^{b}
22	0.34^{b}	10.7^{a}	0.1174	0.27^{c}	13.4	0.0826^{c}	0.28^{c}	19^{a}	0.0589^{c}
25	0.64^{a}	8.5^{b}	0.3023	0.47^{a}	8.8	0.2155^{a}	0.54^{a}	12.4^{b}	0.1763^{a}

حروف متفاوت در هر رده نشانه وجود اختلاف معنی‌دار بین سطوح پاسخ در سطوح غرقابی مختلف است (p<۰/۰۵)

بحث

دو مرحله در همهی نمودارهای دبی و افت با افزایش زمان مشهود بود، که در زمان اولیه فیلتراسیون افت کمتر بوده و بعد از گذشت مدت زمان مشخصی افت و شیب نمودارها افزایش‌یافت. با افزایش دبی ورودی نمودارها به سمت چپ و بالا حرکت کرده و ذرات بیشتری در واحد زمان در دام فیلتر افتاده و گرفتگی سریعتر رخ داد. در نتیجه می‌توان دبی ورودی را تا جایی افزایش داد که زمان رسیدن به مرحله دوم به صفر رسیده و درام در حداکثر ظرفیت هیدرولیکی خود و در افت ناچیز کار کند. البته فاکتورهای سرعت چرخشی دارم، سطح غرقاب و مقدار ماده جامد معلق در پساب، هم بر میزان ظرفیت درام تاثیرگذار می‌باشند. در سرعت‌های پایین‌تر زمان رسیدن به مرحله دوم سریع‌تر رخ داده و حداکثر ظرفیت تخلیه درام در سرعت‌های پایین کمتر می‌باشد. با افزایش میزان ذرات جامد معلق زمان رسیدن به مرحله دوم کاهش یافته و نمودار به سمت چپ حرکت کرده و درام زودتر به حداکثر ظرفیت تخلیه خود با افت ناچیز می‌رسد. افزایش سرعت دورانی درام (افزایش نیروی درگ) مسیر حرکت ذرات را منحرف کرده و با جریان و اغتشاشات داخلی درام بیشتر درگیر نمود و گرفتگی منافذ با سرعت کمتری و در زمان طولانی‌تری اتفاق افتاد. شیب نمودار تغییرات دبی در برابر زمان در

[Downloaded from aqudev.liau.ac.ir on 2025-09-01]

[DOI: 10.71901/jad-2025-2-835]

سرعت‌های بیشتر، با روند کمتری کاهش یافت. با کاهش سرعت چرخشی درام ذرات فرصت بیشتری برای ته‌نشین شدن بر سطح فیلتر را یافته و با ایجاد لایه کیک یکنواخت‌تر، مانعی در برابر عبور جریان ایجاد نموده و افت افزایش‌یافت. سطح درام در زمان کوتاه‌تری دچار گرفتگی گردید و نمودار افت در برابر زمان در سرعت‌های پایین‌تر با شیب بیشتری کاهش یافت. در سرعت‌های زیر ۴ دور بر دقیقه، افت به شدت کاهش یافته، و ذرات زمان کافی برای استفاده نمودن از کل سطح فیلتر درام را قبل از بالارفتن آب در داخل درام نیافتند و در نتیجه حتی در دبی‌های کم هم گرفتگی سریع رخ داد به‌طوری‌که طبق نتایج Wu و Chu در سال ۲۰۰۷ چرخش درام برای حفظ نرخ فیلتراسیون زمانی که غلظت بالای ناپلی‌ها ضروری است و بدون چرخش درام نرخ فیلتراسیون به دلیل گرفتگی چشمه به سرعت کاهش‌یافت. همچنین طبق مطالعات Shao و همکاران (۲۰۱۵) با کاهش سرعت دورانی، ضخامت لایه جلبک روی درام فیلتر افزایش و ظرفیت فیلتراسیون کاهش یافت. افزایش سطح غرقابی (در بازه تست گرفته‌شده) بر بازده حذف ذرات بلاخص در غلظت‌های بالاتر مواد جامد معلق (۳۰ میلی‌گرم بر لیتر) تاثیر مثبت داشت و بهترین سطح غرقابی برای ورودی‌های مورد مطالعه سطح غرقابی ۲۲٪ بود. در سرعت‌های پایین‌تر در زمان کوتاه‌تری سطح آب در درام شروع به بالاآمدن کرده است. ولی در سرعت‌های ۸ دور بر دقیقه و بیشتر در دبی‌های ورودی کم (۵۵۰ میلی‌لیتر بر ثانیه) و غلظت‌های پایین (<۱۰ میلی‌گرم‌بر لیتر) اکثر ذرات بدون اینکه به سطح فیلتر بچسبند در داخل جریان و روی سطح فیلتر در حال حرکت بودند. بنابراین بهترین سرعت دورانی از میزان و غلظت دبی ورودی تاثیر بالایی می‌پذیرد که با نتایج Ali در سال ۲۰۱۳ مطابقت دارد. نتایج نشان داد که غلظت نسبتاً پایین TSS حاصل از پرورش آبزیان قزل‌آلای رنگین‌کمان در مزارع می‌تواند کارایی تصفیه درام فیلتر را کاهش دهد، که منطبق بر نتایج Kocer و همکاران (۲۰۱۸) و همچنین Ali (۲۰۱۳) بود. Schwille و همکاران (۲۰۰۲) ذکر کردند، سوسپانسیون های با غلظت بالا بر اساس درصد کیک، به‌طور موثرتری از سوسپانسیون های با غلظت کم جدا می‌شوند، اگرچه تعداد واقعی ذرات روی سطح ممکن است بسیار زیاد باشد. همچنین طبق مطالعات Czyżewska و Piontek (۲۰۱۹) مقدار پلانکتون حذف شده توسط درام فیلتر با افزایش محتوای آن در پساب افزایش یافت. فیلترپذیری درام با افزایش سرعت دورانی افزایش می‌یابد. با افزایش دبی ورودی به دارم فیلتر، کیفیت جریان خروجی فیلترشده کاهش یافت و به این معنی است که دبی‌های بالاتر منجر به کیفیت فیلترشده ضعیف‌تر شده است که با تئوری فیلتراسیون سازگار است (Crittenden *et al.*, 2012)، این نتیجه با آزمایشات Hunce و همکاران در سال ۲۰۱۹ مطابقت داشت. در دبی‌های ۹۴۰ و ۱۲۷۰ میلی لیتر بر ثانیه با افزایش سطح غرقابی تا ۲۲٪ می‌توان بازده حذف ذرات را با افزایش ظرفیت ورودی درام بهبود بخشید. به‌طوری‌که به بازده بیش از ۷۰ درصد رسید. ولی در دبی ۵۵۰ میلی‌لیتر بر ثانیه، درام در سطح غرقابی ۱۵درصد به ۷۰ درصد بازده حذف ذرات معلق رسید که نشان می‌دهد سطح غرقاب بهینه برای رسیدن به حداکثر راندمان در درام به میزان دبی ورودی بستگی دارد. با افزایش سطح بالاترین بازده حذف ذرات ۷۳ درصد بود که خیلی بیشتر از نتایج Kocer و همکاران (۲۰۱۸) بود

[Downloaded from aqudev.liau.ac.ir on 2025-09-01]
[DOI: 10.71901/jad-2025-2-835]

که به میانگین راندمان تصفیه درام فیلتر برای چشمه ۲۰۰ میکرون، بین ۱۸ تا ۳۲ درصد برای غلظت پایین جامدات معلق در پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان و راندمان ۲۸ تا ۵۰ درصد را برای غلظت بالاتر که نشات گرفته از ذرات حوضه بود، دست یافتند. آنها به این نتیجه رسیدند که اندازه چشمه ۲۰۰ میکرون برای استفاده در آبزی‌پروری نسبتا" بالا می‌باشد. همچنین بازدهی حذف ذرات معلق بیشتر از نتایج Dolan و همکاران (۲۰۱۳) مبنی بر بازدهی ۵۰ درصدی حذف ذرات معلق در آبزی‌پروری برای میکرواسکرین تخت با قطر منافذ ۱۰۰ میکرون بود، که نشان می‌دهد با تنظیم سرعت دورانی و سطح غرقابی در درام فیلتر می‌توان به بازدهی بیشتری در مقایسه با میکرواسکرین‌های تخت رسید. اگر درام در حداکثر ظرفیت خود و سطح غرقابی بالا عمل می‌کند در صورت نیاز به نسبت غلظت بالا، سرعت چرخش باید بیشتر باشد، که با نتایج Schwille و همکاران (۲۰۰۲) مطابقت داشت. با بالابردن سرعت چرخش می‌توان از گرفتگی سریع منافذ و برگشت آب جلوگیری نمود در غلظت‌های بالا، بالابردن سطح غرقابی فضای ته‌نشینی بیشتری را برای ذرات فراهم می‌کند.

سپاسگزاری

از کمک‌ها و مساعدت دوستان گرامی برای انجام این تحقیق سپاسگزاری می‌نماییم.

منابع

1. Ali, S.A., 2013. Design and evaluate a drum screen filter driven by undershot waterwheel for aquaculture recirculating systems. *Aquacultural Engineering, 54*(1), pp.38-44. DOI:10.1016/j.aquaeng.2012.10.006
2. Bergheim, A. and Brinker, A., 2003. Effluent treatment for flow through systems and European environmental regulations. *Aquacultural Engineering, 27*(1), pp.61-77. DOI: 10.1016/S0144-8609(02)00041-9
3. Boucher, P.L., 1947. A new measure of the filtrability of fluids with applications to water enginering. *Journal of the Institution of Civil Engineers, 27*(4), pp.415-446. DOI: 10.1680/ijoti.1947.13607
4. Burton, F.L. and Tchobanoglous, G., 2018. Wastewater engineering: treatment, disposal, and reuse. McGraw-Hill, 1848p.
5. Cikurel, H., Rebhun, M., Amirtharajah, A. and Adin, A., 1996. Wastewater effluent reuse by in-line flocculation filtration process. *Water Science and Technology, 33*(10-11), pp.203-211. DOI:10.1016/0273-1223(96)00421-0
6. Crittenden, J.C., Trussell, R.R., Hand, D.W., Howe, K.J. and Tchobanoglous, G., 2012. MWH's water treatment: principles and design. John Wiley & Sons, 1901p. DOI: 10.1002/9781118131473
7. Czyżewska, W. and Piontek, M., 2019. The efficiency of microstrainers filtration in the process of removing phytoplankton with special consideration of cyanobacteria. *Toxins, 11*(5), pp.285. DOI: 10.3390/toxins11050285
8. Dolan, E., Murphy, N. and O'Hehir, M., 2013. Factors influencing optimal micro-screen drum filter selection for recirculating aquaculture systems. *Aquacultural Engineering, 56*, pp.42-50. DOI: 10.1016/j.aquaeng.2013.04.005
9. Greencorn, N., 2009. Novel Design Methodology for Rotary Drum Filters. In: (Eds.), Proceeding of Masters Abstracts International. pp.1-80.
10. Hunce, S.Y., Soyer, E. and Akgiray, Ö., 2019. Use of filterability index in granular filtration: effect of filter medium type, size and shape. *Water Supply, 19*(2), pp.382-391. DOI:10.2166/ws.2018.083
11. Jiao, R., Fabris, R., Chow, C.W., Drikas, M., van Leeuwen, J. and Wang, D., 2016. Roles of coagulant species and mechanisms on floc characteristics and filterability. *Chemosphere, 150*, pp.211-

[Downloaded from aqudev.liau.ac.ir on 2025-09-01]

[DOI: 10.71901/jad-2025-2-835]

218. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2016.02.030
12. Jiao, R., Fabris, R., Chow, C.W., Drikas, M., van Leeuwen, J., Wang, D. and Xu, Z., 2017. Influence of coagulation mechanisms and floc formation on filterability. *Journal of Environmental Sciences, 57*, pp.338-345. DOI: 10.1016/j.jes.2017.01.006
13. Kang, S.F., Shieh, C.C. and Chiang, T.H., 1999. Filtration performance of a plastic-sand dual-media filter. *Journal of Environmental Science and Health Part A, 34*(7), pp.1533-1552. DOI:10.1080/10934529909376910
14. Aktaş, Ö., Oruç, H. and Uysal, R., 2018. Rotary drum filter effectiveness in suspended solids removal from trout farm discharges-A case report. *Aquaculture Studies*, *18*(5), pp.51-56. DOI: 10.4194/2618-6381-v18_1_06
15. Lekang, O.-I., 2020. Aquaculture engineering. *John Wiley & Sons*, 514 P. DOI: 10.1002/9781118496077
16. Masoudian, M. and Nikzad, F., 2019. Increasing water productivity in coldwater fish farms. *Water Resources Management in Coastal Plain,* 123-130. [In Persian]
17. Mateo-Sagasta, J., Zadeh, S.M., Turral, H. and Burke, J., 2017. Water pollution from agriculture: a global review. Executive summary. *FAO and PIWMI Publish*, 35 P.
18. Nikzad, F., Masoudian, M. and Kalantari, D., 2024. Investigation of effluent quality of trout fish farm, case study "Amole region". *Journal of Aquaculture Development, 18(3)*, pp.47-59. DOI:10.*71901*/jad-2024-1-810 [In Persian]
19. Patil, K.D., 2012. Mechanical Operations. *Nirali Prakashan*, 514 P.
20. Richardson, J.F. and Harker, H., 2002. Coulson and Richardson's chemical engineering. *Butterworth-Heinemann*, pp.1-954.
21. Rosche, T., 2014. Particle size distribution of suspended solids in a commercial recirculating aquaculture system. *Norwegian University of Life Sciences, Ås,* pp.1-125.
22. Rushton, A., Ward, A.S. and Holdich, R.G., 2008. Solid-liquid filtration and separation technology. *John Wiley & Sons*, pp.1-12.
23. Schöntag, J.M., Moreira, F.M. and Sens, M.L., 2017. Filtration capacity on rapid filters and adsorption characteristics of polystyrene granules. *Environmental Technology, 38*(16), pp.2013-2023. DOI: 10.1080/09593330.2016.1244569
24. Schwille, J.A., Mitra, D. and Lueptow, R.M., 2002. Design parameters for rotating cylindrical filtration. *Journal of Membrane Science, 204*(1-2), pp.53-65. DOI: 10.1016/S0376-7388(02)00016-9
25. Shao, P., Darcovich, K., McCracken, T., Ordorica-Garcia, G., Reith, M. and O'Leary, S., 2015. Algae-dewatering using rotary drum vacuum filters: process modeling, simulation and techno-economics. *Chemical Engineering Journal, 268*(1), pp.67-75. DOI: 10.1016/j.cej.2015.01.029
26. Sindilariu, P.D., Brinker, A. and Reiter, R., 2009. Waste and particle management in a commercial, partially recirculating trout farm. *Aquacultural Engineering 41*(2), pp.127-135. DOI: 10.1016/j.aquaeng.2009.03.001
27. Soyer, E., 2016. Performance comparison of granular media filter beds. *Desalination and Water Treatment, 57*(52), pp.24867-24881. DOI:10.1080/19443994.2016.1150206
28. Tahmasbi, M., Masoudian, M. and Nikzad, F., 2023. Investigating the quality of groundwater used in raising of rainbow trout in Mazandaran plain. *Journal of Aquaculture Development,* 17(4), pp.25-35. DOI: 10.22034/17.4.25
29. Tchio, M., Koudjonou, B., Desjardins, R., Prévost, M. and Barbeau, B., 2003. A practical guide for determining appropriate chemical dosages for direct filtration. *Canadian Journal of Civil Engineering, 30*(4), pp.754-757. DOI: 10.1139/l03-037
30. Wu, Y.H. and Chu, Y.N., 2007. Development of a self-cleaning rotating drum Artemia nauplii concentrator. *Aquacultural Engineering, 36*(1), pp.51-60. DOI: 10.1016/j.aquaeng.2006.06.003

[Downloaded from aqudev.liau.ac.ir on 2025-09-01]
[DOI: 10.71901/jad-2025-2-835]