

بررسی آزمایشگاهی تاثیر اندازه قطر روزنه در کارایی صفحات مستغرق انحنا دار با قطاع ۴۵ درجه در راندمان حوضچه رسوبگیر گردابی

• امین حاجی احمدی

دانشجوی دکتری، دانشگاه شهید باهنر کرمان (نویسنده مسئول)

• مجتبی صانعی

دانشیار، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

• مهدی اژدری مقدم

دانشیار، دانشکده مهندسی شهید نیک‌بخت، دانشگاه سیستان و بلوچستان

تاریخ دریافت: آذر ماه ۱۳۹۱ تاریخ پذیرش: دی ماه ۱۳۹۲

تلفن تماس نویسنده مسئول: ۰۹۱۷۱۹۷۵۳۲۴

Email: amin.hajiahmadi@yahoo.com

چکیده

یکی از راه‌های کنترل رسوبات معلق استفاده از حوضچه رسوبگیر گردابی می‌باشد. در این تحقیق به منظور کنترل تجمع رسوبات در کف حوضچه رسوبگیر گردابی در هنگام رسوبگیری، از صفحات مستغرق انحنا دار در قطاع‌های ۴۵ درجه در کف حوضچه گردابی استفاده گردید، همچنین اثر اندازه روزنه در کارایی صفحات مستغرق انحنا دار برای رسوب شویی کف حوضچه مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش‌ها در یک مدل فیزیکی با ارتفاع ۹۰ سانتی‌متر، قطر ۲/۰۶ متر و شیب کف ۱۰٪ انجام گرفت و از سه روزنه با قطرهای ۵۹ و ۴۶ و ۳۶ میلی‌متر استفاده شد. صفحات مستغرق در آرایش‌های متفاوت کار گذاری شد. نتایج آزمایش‌ها نشان داد عملکرد صفحات در رسوب زدایی از کف، ابتدا تحت تاثیر روزنه و سپس آرایش‌های قرارگیری صفحات می‌باشد. همچنین مشخص شد که در بهترین آرایش قرارگیری صفحات در کف باعث افزایش ۲۰/۰۳ درصد رسوب زدایی از کف می‌گردد.

کلمات کلیدی: رسوب، حوضچه رسوبگیر، جریان گردابی، صفحات مستغرق انحنا دار، راندمان.

Watershed Management Research (Pajouhesh & Sazandegi) No 103 pp: 74-82

Laboratory investigation of the effect of the diameter size of orifice on the performance of curvature submerged vanes with 45° radial section in efficiency of vortex settling basins

By: A. Hajiahmadi, PhD Student, Shahid Bahonar University of Kerman, Iran. (Corresponding Author; Tel: +989171975324). M. Saneie, Associate Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Iran. M. Azhdari moghadam, Associate Professor, Faculty of Engineering, University of Sistan and Baluchistan, Iran.

Application of the vortex settling basins is one of the methods for controlling suspended sediments in the water structures. In this paper, considering the accumulation of the sediments at the floor of the vortex settling basin during sediment extracting, curvature submerged vanes in 90° radial section were used at the floor of the vortex basin and the effect of the size of the orifice was studied on the performance of the curvature submerged vanes for sediment leaching of the floor of the basin. Experiments were performed on a physical model with a height of 90 cm and a diameter of 2.06 m and a floor slope of 10% and also three orifices were used with diameters of 59, 46 and 36 mm. The submerged vanes were placed at different arrangements. The results of the experiments indicated that the performance of the vanes in sediment extracting of the floor is primarily influenced by the orifice and the arrangements of the vanes' placements. It was also found that sediment removal will increase 20.03% if vanes position on the floor is in the best arrangement.

Keywords: Sediment, Settling basin, Vortex Flow, curvature submerge vanes, Efficiency.

مقدمه

رودخانه‌ها همواره یکی از مهم‌ترین منابع تأمین آب مورد نیاز برای بشر بوده است. اهمیت مسائل رودخانه‌ها و استفاده صحیح از آب‌های موجود، در هر زمان مورد توجه بوده است. وجود این مواد رسوبی در مسیر تأسیسات آبی باعث ایجاد مشکلات فراوانی در عملکرد آن‌ها می‌شود. عدم کنترل رسوبات ورودی به آبگیرها موجب انتقال آن به داخل کانالهای آبیاری و تأسیسات شده و مشکلات زیادی را در نتیجه حمل رسوبات و یا ته نشین شدن آنها در قسمت‌های مختلف به وجود می‌آورد. ذرات ریز معلق در آب، در صورتی که سرعت جریان زیاد باشد، خسارت زیادی به تأسیسات وارد می‌کند، خصوصاً در مواردی که از وسایل مکانیکی مانند پمپ و توربین استفاده شود لذا مهندسین هیدرولیک و سازه‌های آبی را بر آن داشته است تا با اتخاذ تدابیر مناسب از طرق مختلف، رسوب موجود در جریان آب را کنترل نمایند.

در نیروگاه‌های هند، به دلیل وجود ماسه در آب صدمات جبران‌ناپذیری (بعد از گذشت دو تا سه هزار ساعت از عملکرد توربین‌ها) به پره‌های توربین وارد شده است (Ranga Raju و همکاران، ۱۹۹۹). از جمله مشکلات مربوط به عدم کنترل رسوبات در آبگیرها می‌توان به کاهش ظرفیت انتقال کانال‌ها در صورت ته نشینی مواد رسوبی در آنها، فرسایش و خرابی دیواره‌های کانال در صورت وجود مواد درشت دانه، اختلال در آبرسانی به مزارع بعلت قطع آب برای لایروبی کانال‌ها، صرف هزینه زیاد برای لایروبی کانال‌ها اشاره کرد.

حوضچه‌های رسوبگیر گردابی نیز یکی از سازه‌هایی می‌باشد که در آن با استفاده از این خاصیت جریان‌های گردابی جهت کنترل رسوبات در شبکه‌های آبی مورد استفاده قرار می‌گیرد. حوضچه‌های رسوبگیر گردابی برای جداسازی رسوبات از آبگیرها بخصوص ذرات ریزدانه و معلق مورد

استفاده قرار می‌گیرند. تقاضا برای استفاده از این نوع رسوبگیر در حال افزایش است، زیرا این روش نسبت به روشهای سنتی مثل حوضچه‌های ته نشینی، اقتصادی تر و دارای ابعاد کوچکتری می‌باشد. همچنین باعث صرفه جویی در مصرف آب می‌شود.

این نوع رسوبگیر از جریان گردابه‌ای جهت جدا سازی رسوبات از جریان آب استفاده می‌کند. جریان آب با سرعت زیاد به صورت مماسی وارد حوضچه استوانه‌ای شکل می‌گردد که دارای یک روزنه مرکزی در کف حوضچه می‌باشد. ورود جریان به صورت مماسی و با سرعت زیاد به داخل استوانه باعث ایجاد نوعی گردابی می‌شود. این میدان جریان‌های گردابی ایجاد شده در این حوضچه‌ها معمولاً از نوع گردابه رانکین (Rankin vortex) می‌باشد، که این گردابه به دو ناحیه تقسیم می‌گردد (صانعی، ۱۳۷۸) یک ناحیه شامل گردابه از نوع فشرده (اجباری) در مرکز حوضچه و در اطراف روزنه مرکزی و یک گردابه دیگر از نوع آزاد در قسمت بیرونی گردابه مرکزی حوضچه است (Athar و همکاران، ۲۰۰۲).

بخاطر حداکثر شدن طول چرخش، حوضچه باید مماس بر کانال ورودی احداث گردد. جریان‌های ثانویه لایه‌هایی از جریان را که به کف نزدیک هستند، به سمت روزنه مرکزی هدایت می‌کند. بنابراین ذرات رسوب که سنگین تر از سیال هستند، با طی یک مسیر حلزونی شکل به سمت روزنه حرکت کرده و وارد لوله تخلیه می‌شوند. لوله تخلیه به کانال تخلیه و آن نیز به رودخانه متصل شده و رسوبات به این طریق از آب جدا می‌شوند (ضیایی، ۱۳۷۹).

هسته‌ای از هوا در مرکز روزنه تشکیل می‌گردد ابعاد این هسته تحت اثر اندازه روزنه می‌باشد همچنین این هسته هوا باعث کاهش دبی خروجی از روزنه مرکزی و افزایش راندمان هیدرولیکی حوضچه می‌شود.

شده است تا انجام بررسی ها و تحقیقات لازم برای ارائه روشی جهت خروج یا کاهش این رسوبات را ضروری سازد.

محققین مختلفی راهکارهای متفاوتی را برای رفع مشکل ته نشین شدن رسوبات در کف این حوضچه ها مورد تحقیق و بررسی قرار داده اند. در دانشگاه صنعتی استانبول (*IUT*) محققینی مانند (*Cecen* و *Akmandor*، ۱۹۷۳)، (*Curi* و همکارانش، ۱۹۷۹) و (*Bayazit*، ۱۹۷۵) در تحقیقات خود به این نتیجه رسیدند که ایجاد شیب در کف حوضچه به تخلیه رسوبات از کف حوضچه کمک می کند.

(*Paul* و همکاران، ۱۹۹۱) و (ضیایی، ۱۳۷۹) برای رسوب شویی کف حوضچه، مدلی با دو ورودی برای حوضچه و تغییر جریان از ساعت گرد به پادساعت گرد و بالعکس ارائه کردند. (آصفی، ۱۳۹۰) برای رسوب زدایی کف حوضچه از صفحات مستغرق استفاده کرد. وی از صفحات مسطح و با زاویه ای ۲۵ درجه نسبت به مماس بر دایره های کف حوضچه قرار داد. نتایج نشان داد که قرارگیری صفحات در فاصله شعاعی دورتر نسبت به روزنه باعث افزایش رسوبزدایی حوضچه خواهد شد. (*Nguyen*، ۲۰۱۱) برای بیشتر کردن زمان ماند رسوبات در کف و افزایش راندمان رسوبشویی کف حوضچه از دفلکتور در آرایش های مختلف و با ترکیب یک و دو و سه دفلکتور استفاده کرده است.

در تحقیق حاضر طرحی برای حل مشکل ته نشست رسوبات در کف آن ها ارائه و بررسی شده است. در این طرح فرض شد با کارگذاری صفحات مستغرق انحنادار در کف حوضچه، جریان های ثانویه ایجاد شده توسط این صفحات، تقویت و همچنین جریان گردابی درون حوضچه اصلاح می گردد و در نتیجه باعث حرکت آسان رسوبات کف به سمت روزنه تحتانی می شود. بنابراین هدف تحقیق حاضر بررسی میزان تاثیر قطر روزنه در عملکرد این صفحات در آرایش های گوناگون تحت شرایط مختلف بر رسوب زدایی از کف حوضچه گردابی می باشد.

مواد و روش ها

۱- مدل آزمایشگاهی

آزمایش ها بر روی مدل فیزیکی حوضچه رسوبگیر گردابی در پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری انجام گرفت. در شکل ۱ پلان مدل آزمایشگاهی با ذکر اجزا و در جدول ۱ مشخصات مدل نشان داده شده است.

در این سیستم دو کانال خروجی جهت انتقال آب خارج شده از سرریز جانبی و روزنه تحتانی به بیرون از مدل تعبیه شده است. این کانالها دارای ۶۰ سانتی متر عمق و ۶۰ سانتی متر عرض می باشند. همچنین در این حوضچه یک دفلکتور به صورت افقی و مسطح در زیر سرریز و یک پرده دیافراگم در دهانه ورودی تعبیه شده است.

سازه دفلکتور جهت جلوگیری از خارج شدن ذرات رسوبی در زمان ورود به حوضچه تحت تاثیر جت جریان خروجی از روی سرریز تعبیه شده است که باعث افزایش زمان ماند جریان حاوی رسوب در داخل حوضچه شده و در نهایت رسوبات تحت چرخش بیشتری قرار خواهند گرفت.

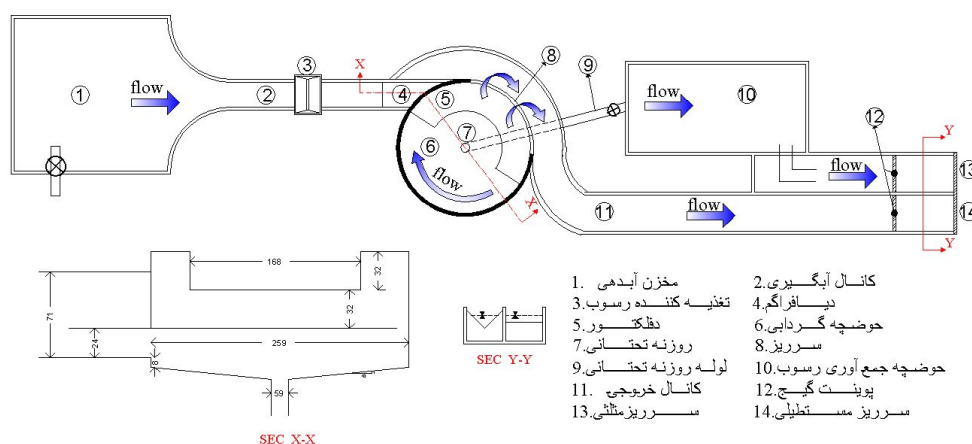
این سیستم شامل یک مخزن آب به حجم ۱۲/۵ مترمکعب و یک پمپ گریز از مرکز با حداکثر دبی ۴۵ لیتر بر ثانیه می باشد.

تحقیقات بسیاری توسط محققین در زمینه افزایش کارایی این حوضچه ها انجام شده است، از جمله: (*Salakhov*، ۱۹۷۵) بر روی رودخانه کوریال چای و آکارا آذربایجان شوروی دو حوضچه استوانه‌ای برای رسوبگیری طراحی کرد. تحقیقات نشان داد که حوضچه‌های رسوبگیر گردابی برای کنترل لایه‌های رسوبات تحتانی و نزدیک بستر در طول عملیات آبیگری کاملاً مؤثر بوده است. (*Sakaguchi* و *Ogihara*، ۱۹۸۴) در تحقیقات خود از سرریز لاله‌ای بجای سرریز جانبی برای انتقال آب صاف استفاده کردند. (*Mashauri*، ۱۹۸۶) آزمایشات خود را بر روی سه مدل با مقیاس مختلف انجام داد. (*Paul* و همکاران، ۱۹۹۱) طرحی ارائه دادند که از یک صفحه نعلی شکل (دفلکتور) که در فاصله‌ای به اندازه یک سوم عمق جریان در کانال ورودی نصب شده است، استفاده گردیده است. (سلطانی، ۱۳۷۵) آزمایش بر روی مدل فیزیکی حوضچه رسوبگیر گردابی کرخه پرداخت. در این پروژه تاثیر قطرهای متفاوت روزنه تحتانی (۱، ۲، ۳ و ۴ اینچی) در دو حالت بدون رسوب و با رسوب بر روی عملکرد حوضچه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد حداکثر راندمان رسوبگیری که برای بزرگترین قطر روزنه تحتانی (۴ اینچی) می باشد.

(صانعی، ۱۳۷۸) پارامترهای هیدرولیکی جریان در گردابه‌ها را مورد بررسی قرار داد. وی رقوم سطح آب برای قطرهای متفاوت روزنه در دبی‌های ورودی متفاوت در حالت آزاد اندازه گیری شد. در نهایت با برازش داده‌های آزمایشگاهی رابطه‌ای برای آنگذری جریان از روزنه تحتانی ارائه کرد. (غفاری، ۱۳۷۹) در طی تحقیقات آزمایشگاهی بر روی حوضچه گردابی، سه نوع ماده رسوبی با دانه‌بندی یکنواخت به ازای ۴ قطر روزنه تخلیه رسوب مورد بررسی قرار داد. با انجام این آزمایش‌ها، نتایج نشان داد که بیشترین مقدار راندمان رسوبگیری حوضچه مربوط به رسوبات با قطر کوچکتر و روزنه تخلیه با قطر بزرگتر می باشد.

(*Athar* و همکاران، ۲۰۰۲) دو مدل مختلف از حوضچه رسوبگیر گردابی ارائه دادند. در حوضچه اول محل ورود و خروج جریان روبروی هم و کاملاً در یک امتداد قرار داشت در حالی که در حوضچه دوم ورودی و خروجی جریان در دو سمت حوضچه با اختلاف ۱۸۰ درجه نسبت به هم قرار گرفته بود. آن‌ها مدعی بودند که حوضچه نوع دوم دارای راندمان تله‌اندازی بیشتری نسبت به حوضچه نوع اول می باشد. (غیثی، ۱۳۸۵) بمنظور افزایش بازده حوضچه ساختار جریان درون حوضچه رسوبگیر گردابی را مورد بررسی قرار داد. وی با بررسی داده ها به این نتیجه رسید که راندمان حوضچه رسوبگیر در حالت با دفلکتور به میزان ۶۸ درصد نسبت به حوضچه بدون دفلکتور افزایش می یابد. (*Quang* و *Chyan*، ۲۰۱۰) با استفاده از مدل آزمایشگاهی و با ایجاد تغییر در شعاع روزنه ضریب ثابت *cd* را برای روزنه تعیین کرده‌اند.

با وجود آنکه حوضچه های رسوبگیر گردابی از لحاظ کارائی ممکن است مفیدتر از حوضچه های ته نشینی کلاسیک باشد، ولی در مقایسه با آن ها تحقیقات کمتری در موردشان صورت گرفته است. یکی از مشکلات عمده این نوع از حوضچه ها، ته نشین شدن درصدی از رسوبات در کف حوضچه و عدم خروج آن ها از روزنه تحتانی می باشد. این مشکل که ممکن است بنا به دلایلی از جمله عدم طراحی مناسب یا هر عامل دیگری باشد، به مرور زمان باعث ایجاد اختلال در عملکرد حوضچه می شود. این مسئله باعث



شکل ۱- پلان مدل آزمایشگاهی حوضچه رسوبگیر گردابی

جدول ۱- مشخصات حوضچه رسوبگیر گردابی

ارتفاع ورودی حوضچه	ارتفاع سرریز حوضچه	طول سرریز حوضچه	شیب کف حوضچه	قطر روزنه تحتانی	قطر حوضچه	ارتفاع حوضچه
h_1 (cm)	h_L (cm)	L (cm)	S_c (%)	d_0 (mm)	D (m)	H (cm)
۲۰	۳۲	۱۶۸	۱۰	۵۹	۲/۰۶	۹۰

مخزن دستگناه تزریق به حجم ۵۰ لیتر (مخزن قیفی شکل) ریخته شده و با چرخش غلتک درون آن که دارای سه شیار طولی به عرض ۴۳ سانتی‌متر می‌باشد، رسوبات به درون جریان تزریق شد.

۲- تزریق رسوبات

در مدل آزمایشگاهی باید رسوب بگونه‌ای تزریق شود که تطابق لازم از نظر میزان رسوب بین مدل و نمونه واقعی داشته باشد. همچنین رسوبات جمع آوری شده از قسمت‌های مختلف، در انتهای آزمایش‌ها باید برابر با مقداری باشد که در بالادست تزریق شده است. بنابراین بار رسوب بایستی در محل مناسبی ریخته شود تا زمان لازم را برای توزیع طبیعی در سطح مقطع جریان را داشته و قبل از ته نشینی در کانالی که در آن تزریق انجام شده است وارد حوضچه شود.

در مطالعات پیشین تزریق رسوب به گونه‌های مختلف صورت گرفته است. (Athar, ۲۰۰۰) تزریق رسوب را بوسیله دستگانه‌ای انجام دادند که از یک استوانه دایره‌ای شکل تشکیل شده است و رسوبات در درون آن قرار دارند این دستگانه در کف کانال ورودی به حوضچه رسوبگیر گردابی کار گذاشته شده و بوسیله یک کابل میزان تزریق رسوب کنترل می‌گردد. (Gheisi و Keshavarzi, ۲۰۰۶) تزریق رسوب را با دستگانه‌ای که کارکرد آن مانند ساعت شنی است استفاده کرده‌اند. (Niknia و همکاران, ۲۰۱۱) رسوبات را در مخزنی با آب مخلوط کرده و با بدست آوردن غلظتی مشخص تزریق رسوب را انجام دادند.

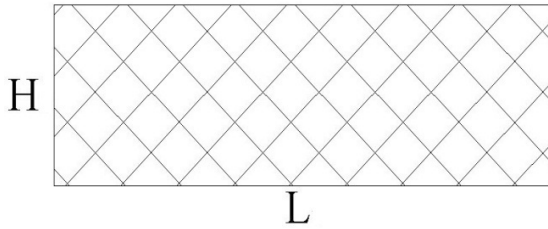
این تحقیق با استفاده از مصالح با دانه بندی یکنواخت و با، با توجه به منحنی دانه بندی شکل ۲ انجام گرفت. وزن مخصوص رسوبات استفاده شده ۲/۶۵ گرم بر سانتی‌مترمکعب می‌باشد. ماسه‌های مورد استفاده شسته شده و فاقد ریزدانه‌های رسی و سیلتی می‌باشد. تزریق رسوب بوسیله یک دستگانه تزریق (شکل ۳) که در فاصله ۱/۵ متری کانال بالادست حوضچه رسوبگیر گردابی قرار داشت، بصورت خشک و یکنواخت و با حجم مشخص رسوبات (۲۲ گرم بر ثانیه) و در زمان مشخص انجام گرفت. نحوه تزریق رسوب به این صورت است که حجم معینی از رسوب مورد نظر در

۳- صفحات مستغرق انحنادار

تاکنون در زمینه کاربرد صفحات مستغرق در کف حوضچه گردابی، ابعاد و آرایش بهینه این صفحات در این حوضچه‌ها هیچ گونه تحقیق و نظریه‌ای ارائه نشده است. این در حالی است که مطالعات وسیعی در زمینه کاربرد صفحات در جلوی دهانه‌های آبگیر و کنترل فرسایش سواحل رودخانه‌ها صورت گرفته است. بنابراین از پیشنهادات ارائه شده در زمینه‌های مذکور (Odgaard و Kennedy, ۱۹۸۳)، به عنوان ایده‌ای برای طراحی اولیه این صفحات در کف حوضچه گردابی در تحقیق حاضر استفاده شده است. صفحات از جنس گالوانیزه با ضخامت ۲ میلی‌متر و شکل اولیه مستطیل تهیه شد (شکل ۴). ابعاد و مشخصات صفحات در جدول ۲ مشاهده می‌گردند.

صفحات در کف حوضچه متناسب با دایره قرار گرفته بر روی آن دارای انحنا می‌باشد. بنابراین با توجه به فاصله شعاعی صفحات از یکدیگر ۶ نوع صفحه با انحنای متفاوت وجود دارد (شکل ۵).

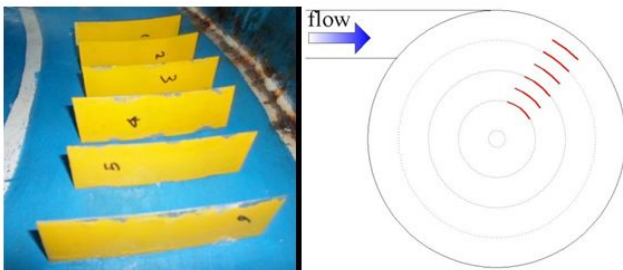
برای در نظر گرفتن فاصله طولی صفحات از یکدیگر بر روی راندمان حوضچه گردابی کف آن را به قطعاتی با زاویه یکسان ۴۵ درجه تقسیم بندی گردید (شکل ۶). برای بررسی فاصله شعاعی صفحات از روزنه تحتانی و دستیابی به یک آرایش منظم، کف حوضچه به ۴ دایره متحدالمرکز با فاصله یکسان تقسیم گردید. با توجه به محل قرارگیری صفحات در ناحیه مربوطه، آرایش مورد نظر نام گذاری شد. در شکل ۷ نواحی قرارگیری صفحات نشان داده شده است.



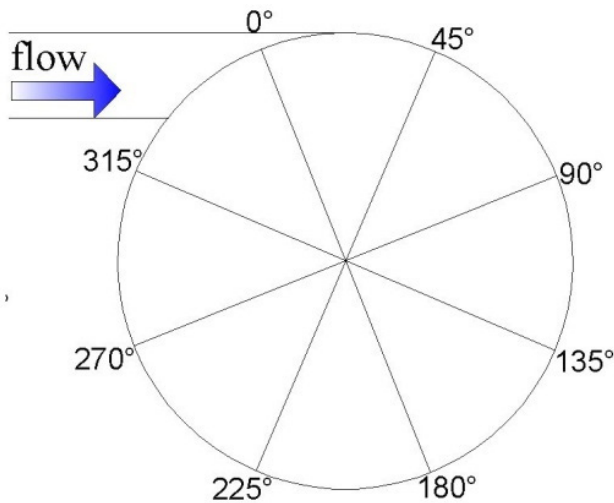
شکل ۴- شکل اولیه صفحات مستغرق استاندارد

جدول ۲- محاسبه ابعاد صفحات مستغرق استاندارد

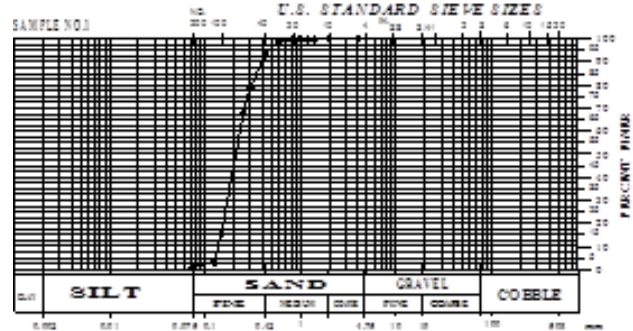
پارامتر	تاریخ وقوع	طول صفحه مستغرق L
توصیه Odgaard و Kennedy (۱۹۸۳)	$0.2 < \frac{H}{d} < 0.5$	$3H < L < 4H$
ابعاد صفحات	۴ cm	۱۲ cm



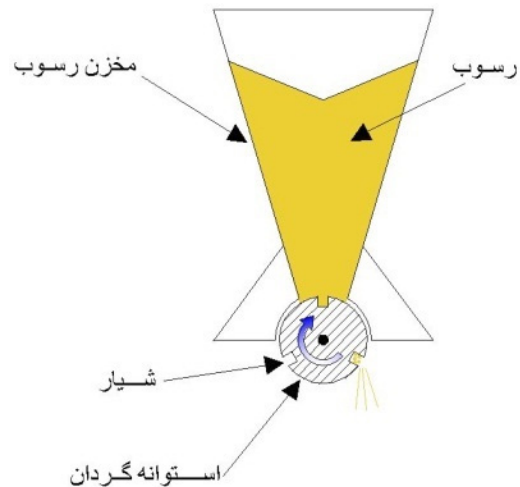
شکل ۵- صفحات با شش نوع انحنا



شکل ۶- قطاع های کارگذاری صفحات



شکل ۲- پلان مدل آزمایشگاهی حوضچه رسوبگیر گردابی



شکل ۳- دستگاه تزریق رسوب

برای اینکه صفحات جریان گردابی را بیشتر تحت تاثیر قرار دهد بین صفحات، صفحه‌ای دیگر قرار داده شد. فاصله شعاعی صفحات از همدیگر مقدار ثابت $\delta = 3H$ (Kennedy و Odgaard، ۱۹۸۳)، در نظر گرفته شد (شکل ۸).

آزمایش‌های مقدماتی تزریق رسوب در حالت بدون صفحه نشان می‌دهد که در ناحیه $R1$ رسوبی در کف حوضچه به جا نمی‌ماند. در حالی است که در ناحیه $R2, R3, R4$ رسوب گذاری صورت گرفته است. بنابراین از کارگذاری صفحات در ناحیه $R1$ صرف‌نظر شده است. صفحات مستغرق در شش حالت مختلف کارگذاری شد.

در ابتدا صفحات را در یک دایره با دسته‌های ۳ تایی به صورت مجزا در ناحیه $R2, R3, R4$ روی قطاع مورد نظر جایگذاری شد. سپس در ادامه برای بررسی گسترش بیشتر ناحیه تحت تاثیر صفحات دایره‌های $R23, R234, R34$ با هم ترکیب شد. در شکل ۹ آرایش‌های بکار رفته نشان داده شده است.

گردید. این روند آزمایش برای آرایش مختلف صفحات در قطاع ۴۵ درجه و سه روزنه ۳۶ و ۴۶ و ۵۹ میلیمتر (شکل ۱۰) انجام شد. جریان ورودی به درون حوضچه معادل ۴۵ لیتر بر ثانیه در نظر گرفته شد.



شکل ۱۰- روزنه‌های استفاده شده با قطرهای ۳۶، ۴۶ و ۵۹ میلیمتر

نتایج

برای محاسبه راندمان حوضچه رسوبگیر گردابی، از پارامترهای η_T و

η_B و η_O استفاده شد، این پارامترها بصورت زیر تعریف شده است:

$$\eta_T = \eta_O + \eta_B \quad (1)$$

$$\eta_O = W_O / W_T \quad (2)$$

$$\eta_B = W_B / W_T \quad (3)$$

در روابط فوق، η_T راندمان رسوبگیری کل، η_O راندمان رسوبگیری

روزنه تحتانی، η_B راندمان رسوبگیری کف حوضچه، W_T وزن کل

رسوبات ورودی به حوضچه، W_O وزن رسوبات ورودی به روزنه تحتانی،

W_B وزن رسوبات کف حوضچه می‌باشد.

همچنین برای نشان دادن میزان رسوب شویی کف از پارامتر G'

استفاده می‌شود که:

$$G' = \frac{(\eta'_B - \eta_B)}{\eta'_B} \times 100 \quad (4)$$

در رابطه ۴، G' راندمان رسوبشویی از کف، η'_B راندمان رسوبگیری

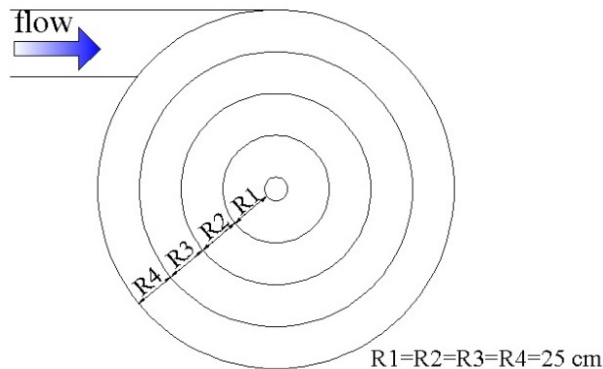
کف حوضچه بدون صفحات مستغرق انحنادار و η_B راندمان رسوبگیری

کف حوضچه با صفحات مستغرق انحنادار می‌باشد.

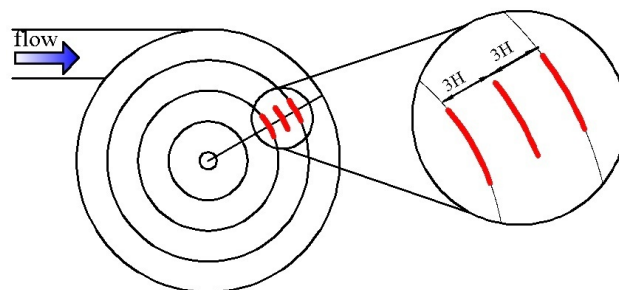
همچنین برای نشان دادن میزان تلفات دبی حوضچه در حالت‌های

مختلف از Q_1/Q_0 استفاده می‌شود که Q_0 دبی خروجی از روزنه تحتانی و

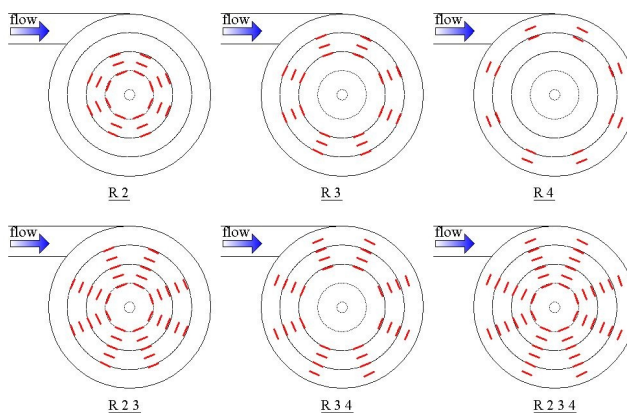
Q_1 کل دبی ورودی به حوضچه می‌باشد.



شکل ۷- فاصله شعاعی قرارگیری صفحات از روزنه



شکل ۸- فاصله شعاعی صفحات از یکدیگر



شکل ۹- آرایش‌های صفحات مستغرق انحنادار

روش انجام آزمایش

آزمایش‌ها با ورود آب به حوضچه و تشکیل گردابه در درون آن و ثابت شدن جریان در سیستم شروع شد. سپس رسوبات در کانال بالادست حوضچه و با دبی ثابت در زمان مشخص (۲۰ دقیقه) تزریق می‌شود. با اتمام زمان آزمایش، همزمان پمپ خاموش و شیر تخلیه روزنه بسته شد. در انتها رسوبات باقی مانده درون حوضچه پس از تخلیه آب درون آن و رسوبات خروجی از روزنه بصورت جداگانه جمع‌آوری شد و بعد از خشک شدن وزن

همان طور که در شکل ۱۱ مشاهده می شود، حالت های مختلف از R تغییر چندانی در راندمان کل نداشته است اما راندمان روزنه و کف را نسبت به حالت شاهد متناظر خود تغییر داده است. این تغییرات به گونه ای می باشد که راندمان روزنه برای هر حالت از R اگر نسبت به حالت شاهد متناظر خود افزایش داشته باشد، راندمان کف کاهش را در مقابل شاهد متناظر خود نشان می دهد و با بالعکس. بنابراین استفاده از صفحات مستغرق انحنا دار تاثیر زیادی در عملکرد کلی حوضچه رسوبگیر گردابی نخواهد داشت.

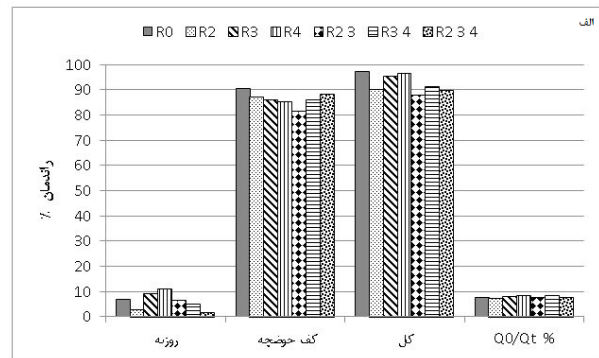
نتایج در شکل ۱۱ نشان داد که در بین آرایش ها، آرایش $R3$ و $R4$ و $R34$ کارایی بهتری دارند، زیرا این آرایش ها باعث کاهش سهم رسوبات ته نشین شده در کف حوضچه گردابی و افزایش سهم رسوبات تخلیه شده از روزنه تحتانی گردیده است. در این حالات راندمان کف حوضچه کاهش و راندمان روزنه افزایش یافته است.

آرایش های $R2$ ، $R23$ ، $R234$ در بین آرایش ها باعث کاهش راندمان روزنه و افزایش راندمان کف شده اند بنابراین رسوبات بیشتری در کف حوضچه جمع شده اند که عملکرد صفحات در این آرایش ها، باعث ایجاد کاهش عملکرد حوضچه در رسوبگیری از روزنه می شود. (اصفی، ۱۳۹۰) به این نتیجه رسید که قرارگیری صفحات در نواحی نزدیک به روزنه ($r < R/2$) کارایی مناسبی در رسوب زدایی از کف نخواهد داشت. بر اساس آزمایش های (چابک پور، ۱۳۸۷) جریان های ثانویه ای در کف و نزدیک به روزنه شکل می گیرند این جریان های به سمت روزنه جریان دارند با قرارگیری این صفحات در ناحیه ای نزدیک به روزنه مانع از حرکت جریان های ثانویه خواهند شد و بیشتر رسوبات بوسیله صفحات نزدیک روزنه در کف تله اندازی شده و راندمان کف را افزایش و راندمان روزنه را کاهش خواهند داد بنابراین استفاده از آرایش هایی در نواحی نزدیک به روزنه ($R2$) مناسب نخواهد بود. همچنین در این شکل مشاهده می شود که با افزایش قطر روزنه راندمان روزنه در همه آرایش ها افزایش و راندمان کف حوضچه کاهش خواهد یافت.

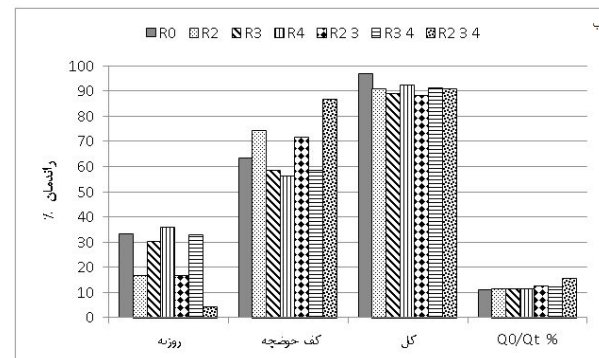
شکل ۱۱ نشان می دهد که افزایش قطر روزنه باعث افزایش تلفات دبی، شده است. بنابراین در این نوع حوضچه ها می توان با افزایش قطر روزنه و پذیرفتن تلفات دبی بیشتر نسبت به حالت شاهد، سهم رسوبات ته نشین شده در کف حوضچه را با تغییر غیر قابل محسوسی، کاهش داد. دلیل این امر را می توان به افزایش قدرت گردابه مرکزی به واسطه افزایش قطر روزنه مرتبط دانست. در جدول ۳ برای این روند تغییر درصد تلفات دبی در ارتباط با قطر روزنه و آرایش ها آمده است. بنابراین با بررسی مقادیر متوسط در جدول ۳ این نتیجه حاصل می شود که تغییرات قطر روزنه بر روی تلفات دبی تاثیر گذاشته بگونه ای که با افزایش قطر روزنه میزان تلفات بیشتر شده است ولی آرایش ها تغییر محسوسی در تلفات دبی ایجاد نکرده اند. همچنین در جدول ۳ مشاهده می شود که در حالت بدون صفحه روزنه ها تلفات دبی کمتری نسبت به آرایش ها دارد، دلیل این تغییر، تاثیر در قدرت گردابه می باشد. با قرارگیری این صفحات قدرت گردابه بیشتر شده و تلفات دبی افزایش یافته است.

در شکل ۱۲ ملاحظه می شود که پارامتر G' فقط در حالت های $R34$ ، $R4$ و $R3$ مقدار مثبت داشته است. مقادیر مثبت بیانگر عملکرد موفق صفحات در رسوب زدایی از کف می باشد. مشاهده شد که با بیشتر شدن فاصله شعاعی در $R4$ مقدار بیشینه رسوب زدایی از کف حاصل شده است.

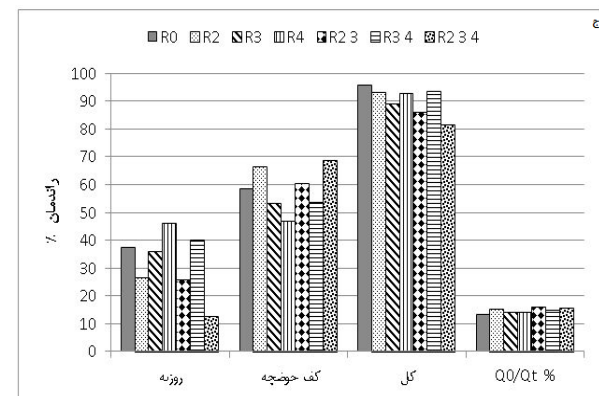
در ابتدا آزمایش مقدماتی بدون صفحه در کف و همراه با رسوب انجام شد. این آزمایش به عنوان معیاری برای مقایسه و بررسی و تعیین میزان کارایی صفحات مستغرق انحنا دار نسبت به حالت بدون صفحه می باشد. در نتایج ارائه شده $R0$ معرف آزمایش های بدون صفحات مستغرق انحنا دار در کف یا به عبارتی آزمایش شاهد است. در شکل ۱۱ و ۱۲ میزان تاثیر صفحات مستغرق انحنا دار در شش آرایش و تاثیر اندازه قطر روزنه در کارایی این صفحات بر روی پارامترهای رسوبی و هیدرولیکی مشاهده می شود.



الف- روزنه ۳۶ میلیمتر



ب- روزنه ۴۶ میلیمتر



ج- روزنه ۵۹ میلیمتر

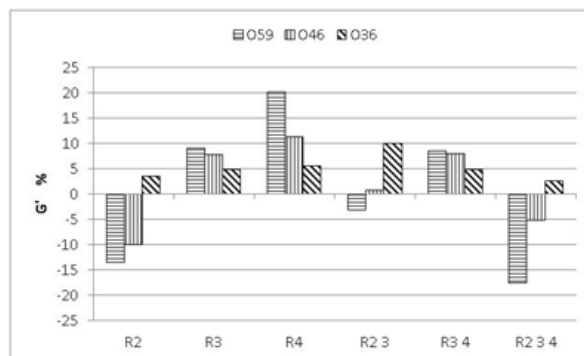
شکل ۱۱- راندمان، روزنه، کف، کل و تلفات دبی حوضچه رسوبگیر گردابی در آرایش ها و روزنه های مختلف

جدول ۱- مشخصات حوضچه رسوبگیر گردابی

روزنه	شاهد	آرایش					متوسط
		R4 3 2	R4 3	R3 2	R4	R3	
O۳۶	۷/۶۰	۷/۶۲	۸/۴۹	۷/۸۲	۸/۲۳	۸/۱۲	۷/۳۳
O۴۶	۱۱/۱۶	۱۲/۶۳	۱۲/۱۸	۱۲/۴۸	۱۱/۵۳	۱۱/۵۶	۱۱/۵۹
O۵۹	۱۳/۲۷	۱۵/۴۴	۱۴/۷۴	۱۵/۹۵	۱۳/۹۶	۱۳/۹۵	۱۵/۰۳
متوسط	۱۰/۶۸	۱۱/۹۰	۱۱/۸۰	۱۲/۰۸	۱۱/۲۴	۱۱/۲۱	۱۱/۳۲

آرایش‌هایی که $R2$ در آن دخالت دارد مانع از جریان‌های ثانویه خواهد شد و در نتیجه باعث تجمع رسوبات در کف و کاهش رسوب-زدایی نسبت به حالت شاهد خواهد شد (چابک پور، ۱۳۸۷).

جدول ۴ نشان می‌دهد که میزان رسوب زدایی تحت تأثیر اندازه قطر روزنه و آرایش صفحات می‌باشد. همچنین در این جدول روند تغییرات برای فاصله‌های شعاعی R شرایط به گونه‌ای است که در همه روزنه‌های ۳۶ و ۴۶ و ۵۹ میلی‌متر تأثیر $R4$ به مراتب بیشتر از $R3$ و $R34$ در میزان رسوب زدایی از کف می‌باشد. همان‌طور که در شکل ۱۲ مشاهده می‌شود افزایش قطر روزنه به سبب افزایش قدرت گردابه و متناسب با آن افزایش سرعت جریان با صفحات، باعث افزایش عملکرد صفحات در رسوب زدایی از کف، نسبت به حالت شاهد شده است. مقادیر رسوب زدایی از کف که در جدول ۴ ارائه شده است بیانگر آن است که میزان عملکرد صفحات در رسوب زدایی از کف می‌تواند به شدت تحت تأثیر اندازه روزنه قرار گیرد. این تأثیر در افزایش قطر از ۳۶ به ۴۶ میلی‌متر از شدت بیشتری نسبت به افزایش قطر از ۴۶ به ۵۹ میلی‌متر برخوردار می‌باشد. (غفاری، ۱۳۷۹) در طی تحقیقات به ازای ۴ قطر روزنه تخلیه رسوب (۱۰۰، ۶۳، ۴۹ و ۳۶ میلی‌متر) به این نتیجه رسید که با افزایش قطر روزنه راندمان روزنه افزایش و رسوب کمتری در کف قرار می‌گیرد.



شکل ۱۲- تغییرات پارامتر G' در آرایش‌های مختلف

از طرفی مشاهده می‌شود که در حالت‌های ساده و ترکیبی که $R2$ دخالت داشته است، مقدار پارامتر G' منفی می‌باشد که به معنای عملکرد ناموفق صفحات در رسوب زدایی از کف بوده و حتی باعث افزایش رسوب گذاری در کف حوضچه نیز شده است. بنابراین صفحات با آرایش $R2$ ، $R234$ و $R23$ باعث کاهش رسوب زدایی و آرایش $R3$ ، $R4$ و $R34$ باعث افزایش رسوب زدایی از کف می‌شوند. همان‌طور که قبلاً گفته شد در

جدول ۴- مقایسه پارامتر رسوب زدایی از کف (G') در قطرهای و آرایش‌های مختلف

روزنه	آرایش					متوسط
	R4 3 2	R4 3	R3 2	R4	R3	
O۳۶	۲/۵۰	۴/۶۸	۹/۸۷	۵/۵۰	۴/۷۳	۳/۵۱
O۴۶	-۵/۲۴	۷/۹۶	۰/۷۵	۱۱/۱۸	۷/۷۵	-۱۰/۱۰
O۵۹	-۱۷/۶۷	۸/۴۷	-۳/۲۵	۲۰/۰۳	۹/۱۰	-۱۳/۶۴
متوسط	-۶/۸۰	۷/۰۴	۲/۴۶	۱۲/۲۴	۷/۱۹	-۶/۷۴

توجهی تغییر خواهند داد. نتایج نشان داد که رسوب زدایی از کف حوضچه در حالت‌های $R34$ ، $R4$ و $R3$ مقدار مثبت داشته است. مقادیر مثبت بیانگر عملکرد موفق صفحات در رسوب زدایی از کف می‌باشد بیشترین رسوب زدایی در حالت $R4$ می‌باشد. میزان عملکرد صفحات در رسوب زدایی از کف تحت تأثیر اندازه روزنه است. کارایی صفحات مستغرق انحنادار در رسوب زدایی از کف حوضچه رسوبگیر گردابی در هنگام استفاده از روزنه‌ای با قطر بزرگتر، بیشتر می‌باشد ولی افزایش رسوب زدایی از کف با

نتیجه‌گیری

در این تحقیق به بررسی راهی برای جلوگیری از جمع شدن رسوبات در کف حوضچه رسوبگیر گردابی پرداخته شد. راه حل ارائه شده در این تحقیق، استفاده از صفحات مستغرق انحنادار برای افزایش قدرت گردابه و هدایت بهتر رسوبات کف به سمت روزنه تحتانی می‌باشد. بر اساس نتایج بدست آمده مشاهده شد که استفاده از صفحات مستغرق انحنادار در آرایش‌های ذکر سهم رسوب گیری در هر قسمت حوضچه (روزنه و کف) را بصورت قابل

studies of sediment controlling structures. Proc., 9th Congress of ICID, Moscow, Soviet Union, 111–107.

12. Chyan, D.J., Quang, T.N. (2010). Discharge Coefficient for a Water Flow through a Bottom Orifice of a Conical Hopper. *J. Irrig. and Drain. Eng.* : (8)136 572-567.

13. Curi, K.V., Esen, I.I., and Velioglu, S.G. 1979. Vortex type solid liquid separator. *Prog. Water Technol.*, 190–183 : (2)7.

14. Keshavarzi, A.R. and Gheisi, A.R. 2006. Trap efficiency of vortex settling chamber for exclusion of fine suspended sediment particles in irrigation canals. *J. Irrigation and Drainage (ASCE)*, 434-419 : (4)55

15. Mashauri, D.A. 1986. Modelling of a vortex settling basin for primary clarification of water. PhD thesis, Tampere Univ. of Technology, Tampere, Finland.

16. Nguyen, Q.T. 2011. Effect of deflectors on removal efficiency of a deep-depth vortex chamber sediment extractor. 12th conference on science & technology, Ho chi Minh, Vietnamese.

17. Niknia, N., Keshavarzi, A.R. and Hosseinipour, E.Z. 2011. Improvement the Trap Efficiency of Vortex Chamber for Exclusion of Suspended Sediment in Diverted Water. *Proc World Environmental and Water Resources Congress 2011 (ASCE)*, California, USA, 4134–4124.

18. Odgaard, A.J., Kennedy, J.F. 1983. Bed-river bank protection by submerged vanes. *J. Hydra. Engng. ASCE*, 1173 –1161 : (8)109.

19. Ogihara, H. and Sakaguchi, S. 1984. New system to separate the sediments from the water flow by using the rotating flow. Proc., 4th Congress of the Asian and Pacific Division, IAHR, Chiang Mai, Thailand, –753 766.

20. Paul, T.C., Sayal, S.K., Sakhuja, V.S. and Dhillon, G.S. 1991. Vortex-settling basin design considerations. *J. Hydraul. Eng.* 189–172 : (2)117.

21. Ranga Raju, K.G., Kothiyari, U.C., Srivastav, S. and Saxena, M. 1999. Sediment removal efficiency of settling basins. *J. Irrig. Drain. Eng.* 314–308 : (5)125.

22. Salakhov, F.S. (1975). Rational designs and methods of hydraulic calculations of load-controlling water intake structures for mountain rivers. Proc. 9th Congress of ICID Moscow, Soviet Union, 161–151.

افزایش قطر روزنه روند کاهش می‌دهد. همچنین بزرگتر شدن قطر روزنه باعث افزایش تلفات دبی خواهد شد ولی این افزایش قطر، با پذیرش تلفات دبی بیشتر توانسته است عملکرد صفحات را در رسوب‌زدایی از کف را افزایش دهد. میزان تلفات دبی هم با افزایش قطر روزنه روند کاهش می‌دهد. روند کاهش رسوب‌زدایی و تلفات دبی از روزنه ۴۶ میلی‌متر آغاز خواهد شد. از آنجایی که تخلیه رسوب بیشتر از طریق روزنه، راندمان رسوب‌زدایی بالاتری را نشان می‌دهد در خصوص انتخاب بین قطر ۴۶ و ۵۹ میلی‌متر گزینه قطر ۴۶ میلی‌متر به دلیل تلفات کمتر دبی مناسب‌تر می‌باشد. همچنین نتایج بیانگر آن می‌باشد که میزان عملکرد صفحات در رسوب‌زدایی، به ترتیب اولویت تحت تأثیر قطر روزنه و سپس آرایش‌ها می‌باشد.

منابع مورد استفاده

۱- آصفی، م. (۱۳۹۰). بررسی آزمایشگاهی کاربرد صفحات مستغرق در افزایش راندمان حوضچه رسوبگیر گردابی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد سازه‌های آبی، دانشگاه مشهد، ۱۴۰ صفحه.

۲- چابک پور بناب، ج. (۱۳۸۷). راندمان تله‌اندازی و ساختار جریان در حوضچه‌های رسوبگیر گردابی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد تاسیسات آبیاری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران، ۱۶۵ صفحه.

۳- سلطانی، ج. (۱۳۷۵). بررسی عملکرد حوضچه‌های رسوبگیر گردابی با استفاده از مدل فیزیکی طرح کرخه. پایان‌نامه کارشناسی ارشد تاسیسات آبیاری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران، ۲۱۹ صفحه.

۴- صانعی، م. (۱۳۸۷). بررسی آزمایشگاهی روش‌های افزایش راندمان رسوبگیری در حوضچه‌های رسوبگیر گردابی، رساله دکتری رشته آبیاری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات تهران، ۱۴۶ صفحه.

۵- ضیایی، ع. ن. (۱۳۷۹). بررسی بازده حوضچه‌های رسوبگیر با استفاده از مدل فیزیکی حوضچه رسوبگیر گردابی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشگاه شیراز.

۶- غفاری، ر. (۱۳۷۹). بررسی اثر اندازه ذرات رسوبی و جریان آب در راندمان حوضچه‌های رسوبگیر گردابی با استفاده از مدل فیزیکی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد تاسیسات آبیاری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس.

۷- غیثی، ع. ر. (۱۳۸۵). بررسی ساختار جریان درون حوضچه رسوبگیر گردابی جهت افزایش بازده حوضچه. پایان‌نامه ارشد سازه‌های آبی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز.

8. Athar, M., Kothiyari, U.C and Garde, R.J. (2002). Sediment removal efficiency of vortex chamber type sediment extractor. *J. Hydra. Engng., Proc., American Society of Civil Engineers (ASCE)*, 1059-1051 : (2)128.

9. Athar, M. (2000). Study of vortex chamber type extractor. PhD thesis, Univ. of Roorkee, Roorkee, India.

10. Cecen, K., and Akmandor, N. (1973). Circular settling basins with horizontal floor. *MAG Rep. No. 183, TBTAk, Ankara, India.*

11. Cecen, K., and Bayazit, M. (1975). Some laboratory