# بررسی ضریب تخلیه جریان در آبگیر کفی با شبکه متقاطع

بهزاد بریمانی[۱]، علیرضا مسجدی*[۱] و علی عصاره[۱]

۱) گروه مهندسی علوم آب، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

* نویسنده مسئول: drmasjedi.2007@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۶/۱۲/۱۵ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۳/۰۹

## چکیده

**روش آبگیری از کف یکی از کارآمدترین و مطمئن‌ترین راه‌های آبگیری از رودخانه‌های کوهستانی و کوهپایه‌ای با شیب تند و رسوبات درشت دانه است. یکی از اشکال آبگیر کفی، کف مشبک با میله‌های توری شکل می‌باشد که از نظر سازه‌ای عملکرد بهتری در مقابل نیروهای اعمال شده نشان می‌دهد. از مهمترین اهداف جریان بر روی آبگیر کفی، تعیین مقدار دبی انحرافی است. این تحقیق به بررسی اثر عدد فرود بر ضریب تخلیه پرداخته است. برای انجام آزمایش‌ها از یک مدل فیزیکی به طول ۱۳ متر، با عرض ۵۰ و ارتفاع ۶۰سانتی‌متر استفاده شد. برای محاسبه دبی انحرافی، یک کانال فرعی به فاصله ۸ متری از کانال اصلی به طول ۲/۳ متر، با عرض و ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر در زیر کانال اصلی ساخته شد. در این تحقیق یک شبکه میله‌ای متقاطع با فضای عبوری ۲۵، ۳۰، ۳۵ و۴۰ درصد با چهار عدد فرود مورد آزمایش قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد در کلیه دبی‌ها، با افزایش درصد فضای عبوری در شبکه آبگیر، ضریب تخلیه آبگیر کاهش می‌یابد. همچنین در کلیه درصد فضای عبوری، با افزایش عمق جریان در بالادست شبکه، ضریب تخلیه آبگیر افزایش می یابد.**

**واژه‌های کلیدی:** آبگیر کفی، ضریب تخلیه، دبی انحرافی و فضای عبوری.

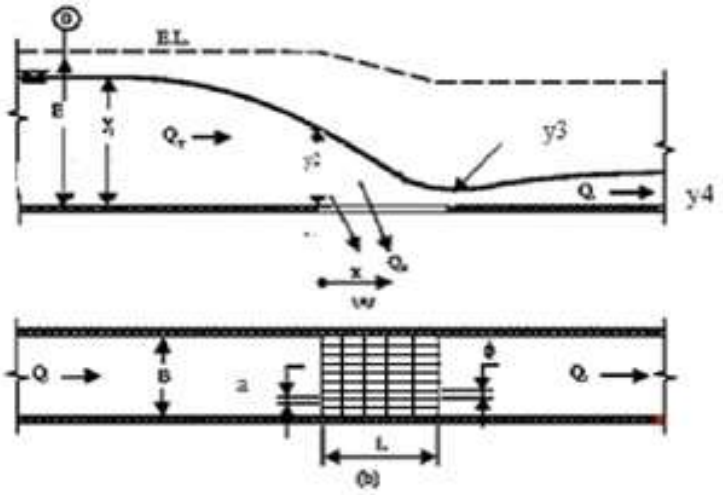
**مقدمه**

کف‌ریز نوعی از سازه آبگیر است که تخلیه بخشی از جریان توسط آن از کف مجرا انجام می‌شود. این نوع سازه در قسمتی از طول و در بخشی یا تمامی عرض، در کف مجرا به صورت بازشدگی ایجاد می‌شود و آب از طریق این بازشدگی به داخل کانال فرعی تخلیه می‌گردد. بر روی این بازشدگی قاب مشبکی از میله‌های طولی و عرضی یا صفحه مشبک نصب می‌شود. این نوع آبگیر در مناطق یخچالی و کوهستانی و مسیرهای تند که از نقطه نظر راه دسترسی و امکانات ساخت در محدودیت بوده و همچنین در جاهایی که سنگ‌ها و تخته سنگ‌های بزرگ در رودخانه حمل شده و جریان متوسط رودخانه کم می‌باشد، بیش‌تر استفاده می‌شوند. آبگیرهای مشبکی در مواردی نظیر کانال‌های بزرگ به منظور انحراف جریان مازاد بر ظرفیت آن‌ها، آبگیر نیروگاه‌های آبی به‌عنوان آشغالگیر، رسوبگیر جهت جدا کردن بار بستر رودخانه‌ها، به منظور کاهش حجم آب کانال‌های انتقال آب در ایستگاه‌های پرورش ماهی و در آبگیر نیروگاه‌های برق آبی کوچک به‌کار می‌روند. در طراحی آبگیر اصل بر این است که شرایطی انتخاب شود تا آب منحرف شده توسط آبگیر، دارای حداکثر بده جریان و حداقل بده رسوب باشد، زیرا ورود رسوب به آبگیر و در نتیجه شبکه‌های انتقال باعث می‌شود که رسوبات انتقال یافته به درون آبگیر، به‌دلیل سرعت کمتر جریان در محدوده این سازه‌ها در مقایسه با رودخانه، همچنین جریان گرداب‌های حاصل از انحراف جریان به داخل آبگیر، به‌خصوص در شبکه‌های آبیاری و در پایین دست تاسیسات کنترل و تنظیم سطح آب، منجر به رسوب‌گذاری در محدوده آن‌ها گردد. از این‌رو بشر از زمان‌های قدیم و همزمان با استفاده از آب رودخانه، به دنبال راه‌های تقلیل ورود رسوبات به سامانه و نیز افزایش بازده آبگیری بوده است. استفاده از سازه‌های انحراف و دفع رسوب، طراحی شکل آبگیر، نمونه بارزی از این گونه اقدامات به‌شمار می‌آیند. این سازه‌ها از تعدادی میله‌های متقاطع، معمولا از جنس فولاد تشکیل شده و در تراز بستر رودخانه قرار می‌گیرند. شیبدار بودن این میله‌ها موجب تسهیل رانده شدن رسوبات حمل شده توسط رودخانه می‌گردد. با توجه به‌نحوه قرارگیری کف مشبک در مقطع رودخانه، زمانی که جریان آب از روی آن عبور می‌کند، مقدار و یا قسمتی از دبی رودخانه در طول کف مشبک کاهش می‌یابد. در صورت پایدار بودن جریان رودخانه، یک جریان متغیر مکانی با کاهش دبی بر هیدرولیک آبگیر کفی حاکم است. تغییرات دبی و سطح آب در محل آبگیر، تابعی از شیب طولی آبگیر، طول آبگیر، دبی جریان و دبی منحرف شده است. معادله کلی حاکم بر جریان‌های متغیر مکانی با کاهش دبی به صورت زیر است:

رابطه ۱:

$$\frac{dy}{dx}=\frac{S_0-S_f-\left(\alpha Q/gA^2\right)\left(dQ/dX\right)}{1-\left(\alpha Q^2/gA^2D\right)}$$

که در آن $y$ عمق جریان در طول کف مشبک، $S_0$ شیب طولی کف مشبک، $S_f$ شیب خط انرژی در طول سازه مشبک، $Q$ دبی جریان، $A$ سطح مقطع جریان در طول آبگیر، $g$ شتاب ثقل، $\alpha$ ضریب تصحیح سرعت در معادله انرژی، $D$ عمق هیدرولیکی و $dQ/dx$ میزان کاهش دبی در طول کف مشبک می‌باشد.




**شکل ۱: جریان روی کف مشبک**

در صورتی که ارتفاع موثر آب روی کف مشبک تقریبا با انرژی مخصوص (E) معادل و افت انرژی قابل اغماض باشد، در این صورت مقدار شدت جریان خروجی از واحد طول کف مشبک با فرض $(S_0 = S_f = 0)$ برابر است با:

رابطه ۲:
$$-\frac{dQ}{dX} = \varepsilon C_D B\sqrt{2gE}$$

که در آن: $\varepsilon$ نسبت سطح باز به کل سطح کف مشبک(نسبت منفذها) و $C_D$ ضریب شدت جریان برای کف مشبک با میله های موازی می‌باشند. شفاعی بجستان و شکوهی‌راد (۱۳۷۶) تحقیقاتی را با استفاده از کانال مستطیلی انجام دادند. هدف اصلی در این مطالعه به‌دست آوردن رابطه‌ای برای ضریب شدت جریان، تعیین دبی انحرافی از آبگیرهای کفی و بررسی مشکلات به‌وجود آمده در اثر حرکت رسوبات روی این نوع آبگیر بود. نتایج نشان داد پارامتر مهم و موثر در تعیین ضریب شدت جریان، نسبت منافذ و یا ترکیباتی از این پارامتر است. همچنین با افزایش مقدار نسبت بازشدگی مقدار ضریب شدت جریان به شدت کاهش می‌یابد، اما افزایش عدد فرود باعث کاهش کمی در مقدار این ضریب می‌شود. فغفور مغربی و همکاران (۱۳۸۷) تحقیقاتی در خصوص پارمترهای هیدرولیکی آبگیرهای با کف مشبک انجام دادند. آن‌ها با انجام مطالعات آماری بر روی ضرایب تخلیه به‌دست آمده از آزمایش‌ها، رابطه غیرخطی برای محاسبه ضریب تخلیه یک کف تخلیه مشبک بر اساس نوع چیدمان میله‌ها و پارامترهای موثری چون نسبت قطر به فضای خالی بین میله‌ها و عدد رینولدز

کف مشبک ارائه دادند. حقیقی (۱۳۸۳) آبگیر کفی مدل‌سازی شده و معادلات حاکم بر آن را با استفاده از روش تفاضل محدود تشریح نمود. با حل معادلات حاکم بر جریان‌های متغیر مکانی و تحلیل معادلات دیفرانسیل آن با استفاده از روش تفاضل محدود، روشی برای به‌دست آوردن طول آبگیر کفی با توجه به مقدار دبی مورد نیاز انحرافی ارائه گردیده است. Brunella و همکاران (۲۰۰۳) تحقیقاتی را با استفاده از کانال مسطتیلی انجام دادند و رابطه‌ای بر اساس پارامترهای موثر از قبیل ضریب تخلیه و نسبت باز شدگی به کل سطح، برای طراحی مناسب کف مشبک به‌دست آوردند. Venkataraman و همکاران (۱۹۷۹) یک آبگیر کفی را با استفاده از یک کانال کوچک با عرض ۰/۳ متر و حداکثر دبی ۲۵ لیتر بر ثانیه مورد بررسی قرار دادند. در بررسی‌های جداگانه که با شیب صفر کانال و میله‌های با مقطع نوک تیز انجام گرفت معلوم شد که ضریب جریان به عدد فرود بستگی نداشته، اما با کاهش عمق این ضریب افزایش می‌یابد. Drobir (۱۹۸۱) با استفاده از نتایج عملی بر روی مدل، توصیه‌های ذیل را ارائه نمود:

۱) فاصله بین میله‌های آشغالگیر تقریباً حدود ۳۰ میلی‌متر باشد.

۲) مقطع میله‌ها دایره‌ای باشد.

۳) طول میله‌ها حدود ۲ برابر طول طراحی باشد.

۴) شیب بهینه بین ۲۰ تا ۳۰ درصد توصیه شده است.

Shukla و Subramanya (۱۹۸۸) جریان بر روی آبگیر کفی را به ۵ دسته تقسیم کردند (در تمام آزمایش‌ها از کانال افقی استفاده شد). طی این تحقیقات مشخص شد برای جریان زیر بحرانی در بالادست و فوق بحرانی در پایین دست آبگیر، نسبت جریان منحرف شده به جریان بالادست، با افزایش نسبت‌های طول آبگیر به عمق بحرانی و فاصله خالص بین میله‌ها به قطر میله‌ها به‌طور مؤثری افزایش می‌یابد. Hager (۱۹۸۷) در مورد کف‌های مشبک تحقیقات زیادی انجام داد که عمده مطالب آن پیدا کردن طول لازم برای انحراف تمام دبی، به‌دست آوردن پروفیل سطح آزاد آب و همچنین توزیع دبی در طول کف مشبک می‌باشد.

**مواد و روش‌ها**

در مدل‌سازی جریان بر روی یک آبگیر با کف مشبک، مهمترین هدف تعیین مقدار دبی منحرف شده در شرایط مختلف جریان در کانال اصلی است. یکی از پارامترهای هیدرولیکی آبگیرهای کفی ضریب تخلیه است. با در نظر گرفتن جریان دائمی و ثابت بودن خصوصیات سیال رابطه ذیل بین پارامترهای موثر بر ضریب تخلیه آبگیر کفی در حالت تعادل برقرار است:

رابطه ۳:
$$Cd = f(\rho, \mu, g, y1, S, V1, L, B, \phi, e, \psi)$$

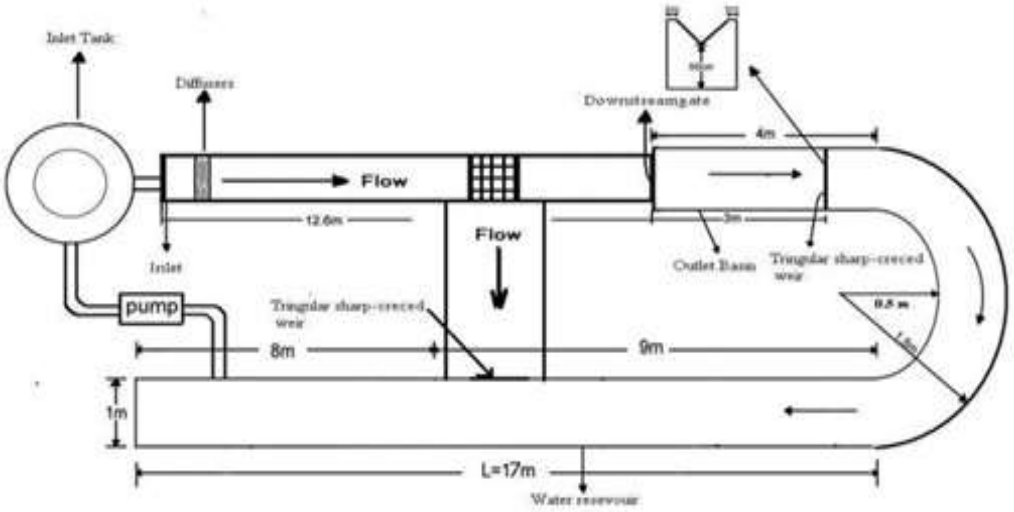
که در آن $\rho$ جرم مخصوص سیال، $\mu$ لزجت سیال، $g$ شتاب ثقل، $y1$ عمق جریان در بالادست شبکه، $S$ شیب طولی آبراهه در جهت جریان، $V1$ سرعت جریان در بالادست شبکه، $L$ طول شبکه آبگیر، $B$ عرض شبکه آبگیر، $\phi$ قطر میله‌های شبکه، $e$ فاصله بین میله‌ها و $\psi$ تابع شکل سطح مقطع میله‌ها تعریف شده است. با استفاده از تئوری باکینگهام رابطه ۳ به‌صورت زیر بدون بعد می‌شود:

رابطه ۴:
$$Cd = f\left(\frac{\mu}{V_1 L\rho}, \frac{gy_1}{V_1^2}, \frac{y_1}{L}, \psi, \frac{\phi}{L}, \frac{B}{L}, \frac{a}{L}, S\right)$$

با صرف‌نظر کردن از پارامترهای ثابت، رابطه ۴ به‌صورت زیر برای بررسی ضریب تخلیه آبگیرهای کفی ساده می‌شود.

رابطه ۵:
$$Cd = (Fr_1)$$

به منظور انجام آزمایش‌ها در این تحقیق از یک مدل فیزیکی استفاده شد. این مدل از یک فلوم آزمایشگاهی با طول ۱۳متر، عرض ۵۰ و عمق ۶۰ سانتی‌متر با شیب متغیر و بدنه شیشه‌ای به منظور مشاهده شرایط هیدرولیکی تشکیل شده است. به منظور اندازه‌گیری دبی در فلوم اصلی از یک سرریز لبه تیز مثلثی کالیبره شده در انتهای فلوم استفاده شد.جهت هدایت و اندازه گیری دبی منحرف شده از دهانه آبگیر کفی نصب شده در کف کانال فوق الذکر، یک کانال تحتانی با چهارچوب فلزی، کف گالوانیزه و بدنه شیشه‌ای در فاصله ۸ متری، زیر کانال ۱۳ متری تهیه، و بصورت متقاطع با فلوم اصلی نصب شد. در انتهای فلوم دوم نیز یک سرریز لبه تیز مثلثی جهت اندازه‌گیری دبی انحرافی $(Q_d)$ طراحی و نصب گردید. دهانه آبگیر ورودی با توجه به میزان آبدهی پمپ سانتریفوژ موجود؛ و نیز شرایط و محدودیت های مدل، ابعاد ۱۰در۵۰ سانتیمتر ساخته شد (شکل ۲).



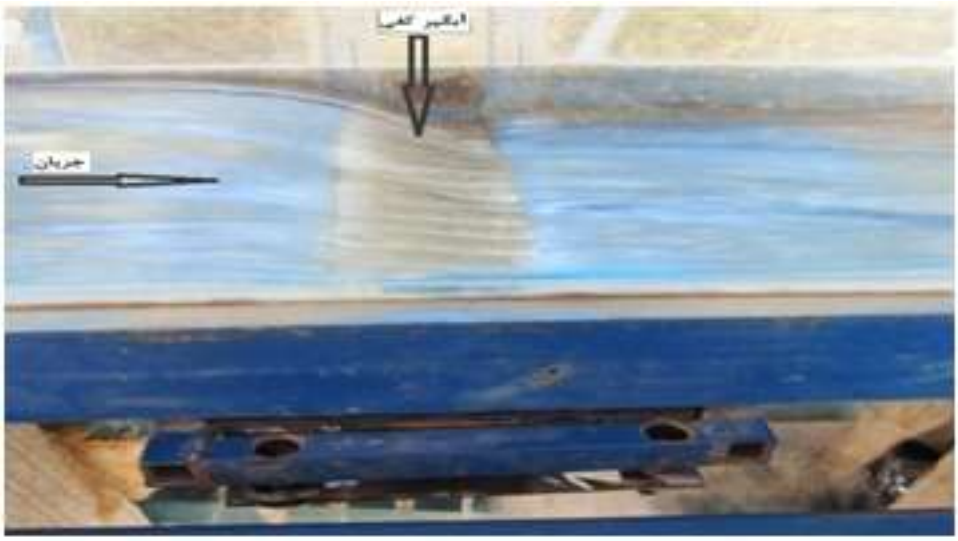

**شکل ۲: پلان کانال مورد استفاده**

در این تحقیق در مدخل ورودی از شبکه مشبک با میل‌گرد۱۰ با فضای عبوری۲۵، ۳۰، ۳۵ و ۴۰ درصد استفاده شد. این پارامترها طوری انتخاب شده‌اند که آبگیر کاملا مستغرق، ایجاد گردد. کلیه آزمایش‌ها در چهار دبی ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ لیتر بر ثانیه انجام شد. همچنین برای اندازه‌گیری عمق جریان در کانال از عمق سنج با دقت میلی‌متر استفاده گردید. کالیبراسیون سرریزها با استفاده از روش حجمی انجام پذیرفت و در نهایت دبی تخلیه سرریزها از رابطه ۶ و ۷ محاسبه شد:

رابطه ۶:
$$Q_{90} = 1370 * (h_{90} - 0.25)^{2.5}$$

رابطه ۷:
$$Q_{60} = 788.3 * (h_{60})^{2.5}$$

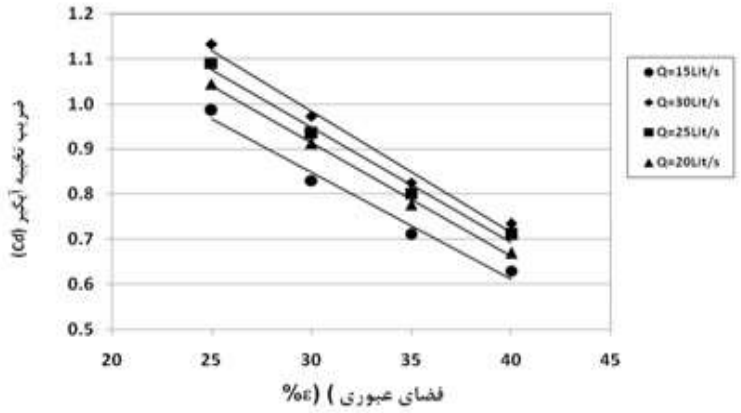
که در آن‌ها $h$ ارتفاع آب روی سرریزها می‌باشد. در ابتدای هر آزمایش، پیش از راه اندازی پمپ، دریچه انتهایی کانال اصلی کاملا باز و سپس آب زلال به آرامی به درون کانال هدایت گردید. پس از بالا آمدن سطح آب، دبی به آرامی توسط شیر فلکه اصلی روی لوله ورودی در قسمت ورودی کانال اصلی به میزان مورد نظر تنظیم شد. سپس با تنظیم دقیق و همزمان شیر فلکه، دبی مورد نظر حاصل شد. پس از گذشت زمان لازم و تعادل سیستم، مقادیر دبی منحرف شده $(Q_d)$ و دبی عبوری $(Q_r)$ توسط سرریزهای مورد نظر قرائت شد. همچنین مقدار عمق جریان در نقطه بالادست قبل از آبگیر در کلیه آزمایش‌ها توسط عمق سنج برداشت شد (شکل ۳).



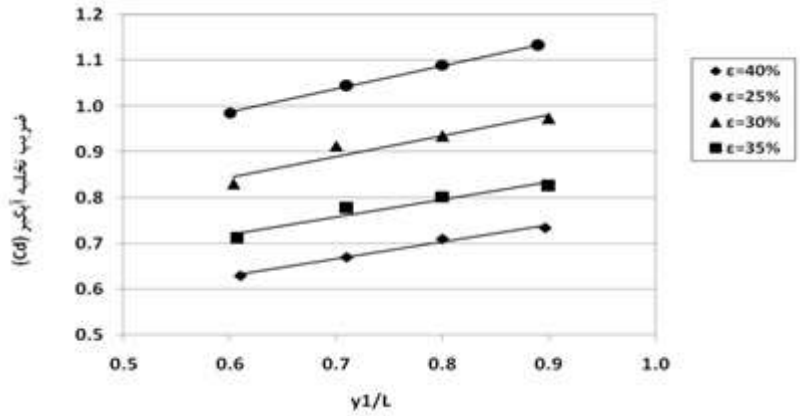

**شکل ۳: محل تشکیل پروفیل در روی شبکه آبگیر**

## نتایج و بحث

در کلیه آزمایش‌ها پس از تنظیم دبی و عمق جریان، بلافاصله جریان آب از کف مشبک خارج و وارد کانال فرعی گردید. پس از مدتی از شروع آزمایش، پروفیل سطح آب در طول کف مشبک تشکیل و جریان آب از روی سرریزها جاری شد. شکل ۴ تاثیر درصد فضای عبوری کف مشبک را در ضریب تخلیه آبگیر در چهار دبی ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ لیتر بر ثانیه با شیب افقی نشان می‌دهد. نتایج این مطالعه نشان داد در کلیه دبی‌ها، با افزایش درصد فضای عبوری در شبکه آبگیر، ضریب تخلیه آبگیر کاهش می‌یابد. به‌عبارت دیگر با افزایش درصد فضای عبوری، سطح تماس آب با میله‌ها بیشتر شده و در نتیجه افت انرژی بیشتر و دبی کمتری از شبکه آبگیر تخلیه می‌گردد. شکل ۵ تاثیر عمق جریان در بالادست شبکه آبگیر (y1/L) بر ضریب تخلیه آبگیر را در چهار درصد فضای عبوری ۲۵، ۳۰، ۳۵ و ۴۰ درصد را در شیب افقی نشان می‌دهد. نتایج نشان داد در کلیه درصد فضای عبوری، با افزایش عمق جریان در بالادست شبکه، ضریب تخلیه آبگیر افزایش می‌یابد. به عبارت دیگر افزایش عمق جریان در بالادست شبکه باعث می‌شود دبی بیشتری از شبکه آبگیر تخلیه شود.




**شکل ۴: تاثیر درصد فضای عبوری شبکه در ضریب تخلیه آبگیر**




**شکل ۵: تاثیر عمق جریان در بالادست شبکه در ضریب تخلیه آبگیر**

## نتیجه‌گیری

در این تحقیق، آزمایش‌ها جهت بررسی ضریب تخلیه جریان ئر آبگیر کفی با شبکه متقاطع انجام گرفت. متغیرهای موثر در این تحقیق فضای عبوری از شبکه و عدد فرود بود. نتایج این مطالعه نشان داد در کلیه دبی‌ها، با افزایش درصد فضای عبوری در شبکه آبگیر، ضریب تخلیه آبگیر کاهش می‌یابد. همچنین در کلیه درصد فضای عبوری، با افزایش عمق جریان در بالادست شبکه، ضریب تخلیه آبگیر افزایش می‌یابد.

## منابع

**حقیقی، ع. ۱۳۸۳.** مدل‌سازی هیدرولیک جریان در آبگیرهای کفی با استفاده از روش تفاضل محدود»، یازدهمین کنفرانس دانشجویان عمران سراسر کشور، دانشگاه هرمزگان: دانشگاه هرمزگان،۱-۳ دیماه.

**رزاز، م. و فغفور مغربی، م. ۱۳۸۷.** بررسی آزمایشگاهی پارامترهای هیدرولیکی آبگیرهای با کف مشبک، مجله دانشکده فنی، ۳۶ (۳): ۳۵-۲۳.

**شفاعی بجستان، م. و شکوهی راد، غ. ۱۳۷۶.** بررسی آزمایشگاهی ضوابط هیدرولیکی و رسوب در آبگیرهای کفی، مجله بین المللی علوم مهندسی دانشگاه علم و صنعت ایران، ۸ (۱): ۴۱-۵۳.

**Brunella, S.,W. Hager and Minor., H.E. 2003.** Hydraulics of Bottom Rack Intake, J. of Hydraulic Engineering, ASCE, 129 (1), Jan.

**Drobir., H. 1981.** Entwurf von Wasserfassungen im Hochgebirge. Osterr, Wasserwirtsch, 33 (11/12), pp: 243-253 in German.

**Hager.,W.H. 1987.** Lateral Outflow over Side- Weirs, J. of Hydraulic Engineering, ASCE, 113 (4), pp: 491-504.

**Subramanya.,K. and Shukla.,S.K. 1988.** Discharge Diversion Characteristics of Trench Weirs", Inst. Eng. India J.CI, 69(11), pp: 163-168.

**Venkataraman, P., Nasser, M. S., and Ramamurthy., A. S. 1979.** Flow behavior in power channels with bottom diversion works. Proc., XVIII IAHR Conf., Vo l.4, Cagliari, Italy, pp: 115–122.

# Investigation of flow discharge coefficient in intersected bottom intake

B. Barimani[1], A. Masjedi[*1] and A. Esareh[1]

1) Department of Water Sciences Engineering, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.

*** Corresponding author: drmasjedi.2007@yahoo.com**

**Received Date: 2018.03.06** **Accepted Date: 2018.05.30**

## Abstract

**The method of dewatering from the floor is one of the most efficient and reliable methods of taking water from mountainous and mountainous rivers with steep slopes and coarse-grained sediments. One of the drawbacks is a grid with grid bars that is structurally superior to the force applied. Determining the amount of deviation is one of the most important goals of the flow on the insoles. In this study, the effect of Froude number on discharge coefficient has been investigated. To carry out experiments, a physical model of 13 meters long with a width of 50 cm and a height of 60 cm was used. A sub channel of 8 meters from the main channel with a length of 2.3 meters with a width and height of 50 cm under the main canal was constructed to calculate the deviation. In this research, a cross-sectional network with 25, 30, 35 and 40 percent space was tested with four landings. The results of this study showed that in all of discharges, by increasing the percentage of space in the bottom intake, the drainage coefficient factor of intake will decrease. Also, in all percent of the intersected bottom intakes, with increasing flow depth in the upstream of the network, the discharge coefficient of the pond increased.**

**Keywords:** Intersected Bottom Intake, Discharge coefficient, Discharge and Transit space.