

## تأثير البثق المائي المزدوج على معامل التصريف في المطفح العمودي

احمد يونس محمد  
a.altae@uomosul.edu.iq

فiras ابراهيم خليل  
firas.enp107@student.uomosul.edu.iq

جامعة الموصل - كلية الهندسة - قسم هندسة السدود والموارد المائية

تاريخ القبول: 18/8/2021

تاريخ الاستلام: 7/6/2021

### المخلص

يعتبر المسيل المائي من المنشآت الهيدروليكية المهمة والتي ترافق انشاء السدود بمختلف انواعها ويستخدم للسيطرة على منسوب المياه في بحيرة السد. والمطفح العمودي هو نوع من انواع المسيلات المستخدمة في السدود للتحكم بالفيضانات كمطفح لتغير مجرى النهر خاصة في المناطق الجبلية. والدوامات المائية تحدث عند المآخذ العمودية عندما يكون عمق الغمر اقل من العمق الحرج. تم في هذا البحث استخدام البثق المائي المزدوج المسلط على المآخذ العمودي وبمسافات عمودية وأفقية مختلفة وتم دراسة تأثير البثق المائي المزدوج على عشرة تصاريح داخلية للمطفح بثلاثة اقطار مختلفة. وخلص البحث الى ان البثق المائي المزدوج له تأثير واضح في تبديد طاقة الدوامات المتكونة عند المآخذ العمودي وخاصة في حالة جريان الفتحة الحادة و للاقطار الكبيرة للمآخذ العمودية.

### الكلمات الداله :

المسيل المائي، المطفح العمودي، الدوامة المائية، البثق المائي المزدوج.

This is an open access article under the CC BY 4.0 license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).  
<https://rengj.mosuljournals.com>

### 1. المقدمة

يعتبر المطفح العمودي من المنشآت الهيدروليكية المهمة التي يمكن استخدامها لعدة اغراض. منها السيطرة على الفيضان كجهاز لقياس التصريف وكماخذ عمودي لتغير مجرى النهر في المناطق الجبلية عند انشاء سد. ويكون عادة من منشأ هندسي بانحناء 90 درجة بحيث تكون فوهة المسيل العمودية كمجرى مفيض حيث يسقط الماء نحو الاسفل من خلال فوهة المطفح والذي يسبب تدفق دوامة مائية ثم يصل الى الجزء الاقفي في الاسفل الى الخارج باتجاه المصب. (ابروكلو وبهادرلي (Eroglu, Bahadirli, 2007) و (Agiralioglu, Muftuoglu, 1989).

وهناك العديد من الدراسات السابقة في هذا المجال حيث اجرى بورجي وكبير ساماني (Borghei, Kabir-Samani, 2010) دراسة على تأثير الالواح المضادة للدوامة على الغمر الحرج عند السحب العمودي وخلصت الدراسة ان الالواح الاقفية تقلل قوة التدفق وتحافظ على المنشأ وتقلل قوة التدفق وعمق الغمر الحرج واحتباس الهواء.

بحث شاكور وسرحان ((Shaker, Sarhan, 2013)) في كيفية استخدام المطفح العمودي كجهاز قياس للري السطحي. حيث قاما باجراء دراسة تجريبية حول التدفق الحر من مطفح عمودي مثبت على لوحة داخل القناة. وظهرت النتائج انه عندما تكون نسبة ارتفاع الماء فوق حافة المطفح الى قطر المطفح اقل من 0.5 فان الجريان هو جريان الماء فوق السد الغاطس وعندما تكون هذه النسبة اكبر من 0.5 فان الجريان خلال المطفح هو جريان فتحة حادة.

درس سافك وآخرون (Savic et al., 2013) طرق تصميم مجرى المطفح العمودي مع العاكس في بداية المطفح العمودي وتم دراسة نوع الجريان الحاصل عند فوهة المطفح العمودي وعند ارتطامه بالعاكس. وظهرت النتائج تطوير تعبيرات جديدة لمعامل التصريف في فوهة المطفح العمودي و العاكس ومعاملات السرعة في نهاية المصب للمطفح العمودي. ومن اختبار عدة نماذج تم الحصول على شكل المطفح العمودي الامثل وتحديد القطر الافضل للمطفح.

تمت دراسة تأثير اشكال المدخل على الغمر الحرج من قبل الباحث جيمس وآخرون (James et al., 2014) حيث تم

50.97% في التحكم بمنسوب سطح الماء وزيادة تصل الى 16.3% في التحكم في حالة جريان الفتحة الحادة من بقية التصريف الخارج.

درس الباحث شاكر وآخرون (Shaker et al., 2020) اداء تدفق المطفح العمودي كمجرى تصريف وكانت النتائج ان سرعة الجريان مرتبطة بنصف قطر حاجز الهواء الذي ينخفض بمقدار 2.1 مرة عندما يزداد عمق الماء عند الذروة 3.3 مرة ويختفي بعد ان يصل نسبة عمق الجريان الى طول عمود الماء 40% وتم التوصل الى ان كمية الهواء وتوليد الدوامة لها تأثير مباشر على تغير التصريف.

تم في هذا البحث تسليط الضوء على تأثير البثق المزدوج على معامل التصريف للمطفح العمودي المائي من خلال توجيه بثق مائي مزدوج الى قلب الدوامة المتكونة عند

مدخل المطفح العمودي من خلال ثلاث نسب لاقطار مختلفة ومسافات افقية وارتفاعات عمودية مختلفة عن حافة المطفح العمودي.

## 2. العمل المختبري

اجريت التجارب في مختبر الهيدروليك التابع لقسم هندسة السدود والموارد المائية في جامعة الموصل. تم استخدام قناة حديدية بجدران زجاجية، طول القناة 20م (مع حوض التصريف وحوض التهذئة). عرض القناة 80 سم وارتفاع الجدران 70سم. تم تثبيت المطفح العمودي على بعد ثلاثة امتار من مقدم القناة كما في الشكل (1).

تم استخدام ثلاثة اقطار للمطفح العمودي  $D=(7.5, 11, 16)$  cm وثلاث نسب للارتفاع عن قعر القناة  $\left(\frac{P}{D}\right)$  للاقطار الثلاثة، وذلك لضمان الحصول على نسب غمر ثابتة وكما موضح في الجدول رقم (1)

جدول رقم (1): يوضح قيم (P) المستخدمة لكل قطر D

ولثلاث نسب P/D ثابتة

D=16 cm	D= 11cm	D= 7.5 cm
$P_1 = 40$	$P_1 = 27.5$	$P_1 = 18.7$
$P_2 = 35$	$P_2 = 24$	$P_2 = 16.4$
$P_3 = 30$	$P_3 = 20.6$	$P_3 = 14.1$

كذلك تم استخدام عشرة نسب لارتفاع الماء فوق حافة المطفح العمودي (H/D) للحصول على تصاريح تحقق خمسة حالات لكل من جريان الماء فوق السد الغاطس والجريان خلال الفتحة الحادة ولجميع الاقطار . وكما موضح في الجدول رقم (2).

اختيار سبعة اشكال للمداخل وظهر ان افضل شكل للمدخل هو فوهة الجرس والذي يكون له اقل عمق حرج للغمر.

بحث نوهاني (Nohani, 2014) طريقة تجريبية لتأثير القواطع الدوامية على معامل التصريف واستنتج ان زيادة بنسبة 20% في معامل التصريف للمجاري المائية تحدث عند استخدام قاطع الدوامة بشكل شفرة وان الزيادة في معامل التصريف مع الحافة الحادة للشفرة اكثر من الزيادة في الحافة العريضة.

قام فادود نادري وآخرون (Vadoad Naderi et al. 2016) بدراسة استخدام الالواح المشبكية في حالة الغمر الغير كافي في المآخذ العمودية. وخلصت الدراسة الى ان استخدام الالواح المشبكية يقلل من قوة تأثير الدوامة المائية ويزيد من نسبة الوصول الى العمق الحرج بمقدار 51% وان زيادة طول الالواح العمودية المشبكية اكثر فاعلية من زيادة الارتفاع لتقليل الغمر الحرج وزيادة معامل التصريف.

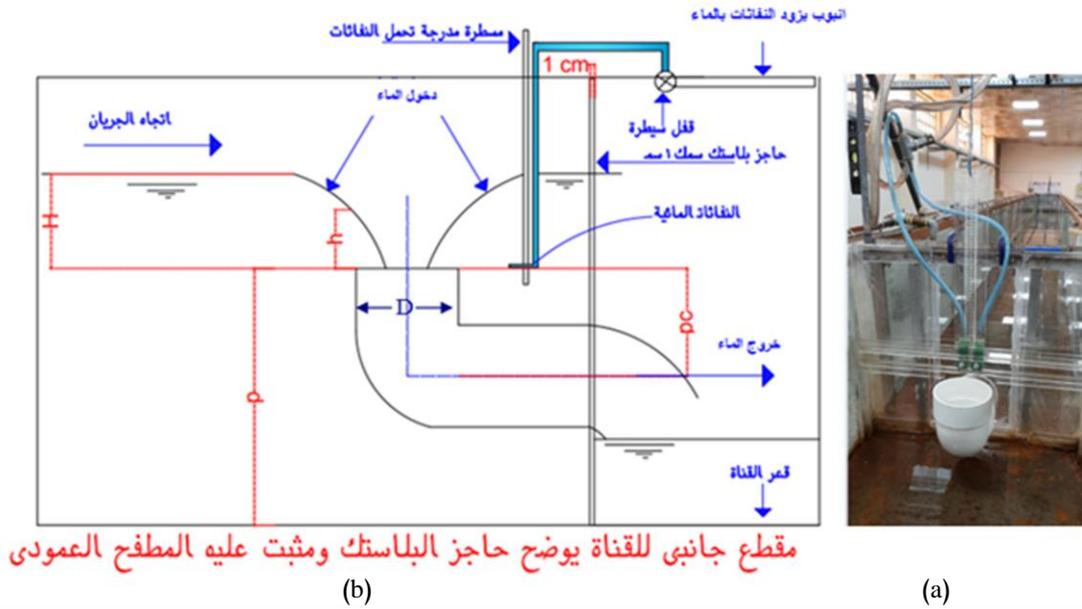
اما الباحثان رؤيا وعبد الرضا (Roya, Abdorreza, 2016) فقد قاما بدراسة التدفق الدائري لمجاري عمودية مع مداخل دائرية لمفتاح البيانو. اظهرت النتائج ان قوة التدفق الدوامي عبر مجرى مفتاح البيانو الدائري (Circular Piano Key(CPK)) اقل بعدة مرات من مجاري الصرف العادية حيث ينتج عن هذا الهيكل اداء هيدروليكي ممتاز لان طول التدفق يزداد 200% والتصريف ستة اضعاف.

استخدم جاو وآخرون (Xueping Gao et al., 2018) نموذج عددي لدراسة مقدار التصريف في مدخل / مخرج انبوب عمودي مع لوحة افقية مضادة للدوامة وتأثير فتحات التحويل وارتفاع وزاوية التباعد. واطهرت النتائج التجريبية الدقيقة ان منحنى معامل فقدان الطاقة ثابت عند المآخذ بتصاريح مختلفة.

واجرى الباحث شي بينغ وآخرون (Zhi-ping et al., 2018) دراسة مختبرية ومحاكاة رقمية للتصريف في مجرى مائي متطور حديثا حيث تم استخدام مجرى مفيض جديد يتكون من هيكل مدخل ومخرج يحتوي على ارصفة مدخل دوامة لتوليد التدفق، وسد حلقي وعمود رأسي. واطهرت النتائج ان التدفق حول المدخل مقسم الى منطقة دوامة ذات تدفق حر بالقرب من الارصفة ومنطقة تدفق مغمور عند الارصفة ويكون معامل التصريف ثابت تقريبا عند 0.223.

اجرى فارزاني وآخرون (Farzaneh et al., 2019) تجارب حول تأثير قواطع الدوامة الهرمية على تدفق الجريان في مسيل مجد الصباح (Morning Glory Spillway(MGS)) و اشارت النتائج ان مجموعة من ستة قواطع دوامة هرمية مربعة القاعدة تسبب زيادة كبيرة في معامل التصريف تصل الى

جهاز هيدروليكي يولد زخم بسبب تدفق الماء الخارج منه بسرعة كبيرة عند ارتطامه بالدوامة المائية الناشئة فوق فوهة



شكل رقم (1): يوضح المطفح العمودي المثبت على حاجز شفاف داخل القناة  
صورة توضح المسيل العمودي (a) مخطط ابعاد وجريان الماء في المسيل العمودي (b)

المطفح العمودي و يساهم في تبديد طاقة الدوامة ويقلل من تأثيرها السلبي على المطفح. يتم تثبيت البثق المائي المزدوج على سكة مدرجة بحيث يسهل تحريكها افقيا وعموديا. يتم وضع البثق المزدوج على جهتي الخط المحوري الذي يمر بمركز المطفح العمودي ويتم اختبار تأثير البثق المزدوج على مسافات افقية بقدر 5 سم عن يمين وشمال الخط المحوري، ثم بزيادة 5 سم للجهتين كل مرة و تكرر العملية بنفس الطريقة وبزيادة قدرها 2.5 سم الى الاعلى من حافة المطفح. اما اختيار قطر البثق فكان بنسب  $(d_j/D)$  قطر البثق الى قطر المطفح العمودي المستخدم وتتحصر هذه النسبة بين (0.04-0.06) وكما هو موضح في الجدول رقم (3)

جدول رقم (3): يوضح قيم قطر البثق والنسب

المستخدمة		
D cm	$d_j$ mm	$d_j/D$
16	8	0.05
11	5	0.045
7.5	4	0.053

كل تصريف من التصارييف العشرة التي استخدمت في هذا البحث تم قياس الارتفاع الفعال له على بعد 50 سم مقدم المطفح والارتفاع فوق الحافة باستخدام جهاز القياس النقطي. حيث تم في البداية قياس هذه الارتفاعات بدون تشغيل البثق المائي ولمرة واحدة. اما بعد التشغيل فتم قياسها

جدول رقم (2): يوضح قيم الارتفاعات التي تحقق

عشرة تصارييف وللاقطار الثلاثة

D= 16 cm	D=11 cm	D= 7.5 cm
H = 13	H=8.9	H = 6.1
H = 11	H = 7.55	H = 5.1
H = 9.5	H = 6.5	H = 4.4
H = 7.5	H = 5.2	H = 3.5
H = 6.5	H = 4.5	H = 3
H = 5.5	H = 3.7	H = 2.8
H = 12	H = 8	H = 5.5
H = 10	H = 7	H = 4.8
H = 5.3	H = 3.5	H = 2.5
H = 4.5	H = 3	H = 2

ان فكرة العمل المختبري هي اجراء مجموعة من التجارب على ثلاثة اقطار للمطفح العمودي مع المحافظة على علاقة نسبية ثابتة تربط بين هذه الاقطار لتسهيل مقارنة نتائج العمل المختبري. لذلك تم تثبيت الابعاد المستخدمة في العمل المختبري بطريقة نسبية بالنسبة للارتفاعات وللمناسيب. اما المسافة من الجدار الى حافة المطفح العمودي لجميع الاقطار ثابتة وقدرها 20 سم وسمك جدار المطفح العمودي هو ثابت لجميع الاقطار وهو 0.4 سم.

العنصر المهم في هذه التجارب هو كيفية استخدام البثق المائي المزدوج لتبديد طاقة الدوامات الناشئة عند المأخذ العمودي اثناء دخول الماء اليه. حيث ان البثق المائي يعتبر

المطّح  $H =$  العمق الفعال على بعد 50 سم من حافة  
(m)

$$= L \text{ المحيط المبتل } (2\pi r)$$

ب- اما حساب التصريف الحقيقي والنظري للفتحة الحادة فيمكن  
حسابه من المعادلات التالية (Shaker et al., 2020):-

$$Q_{theoretical} = A\sqrt{2g(H + p_c)} \quad (3)$$

$$Q_{actual} = cd \cdot A\sqrt{2g(H + p_c)} \quad (4)$$

حيث ان:-

$$A = \text{مساحة المقطع العرضي للمطّح العمودي } m^2$$

$p_c =$  المسافة بين مركز الجزء الافقي للمطّح والحافة العليا  
(m).

#### 4. التحليل البعدي ( Dimensional Analysis )

التحليل البعدي هو اسلوب رياضي لربط المعاملات او  
المتغيرات التي تؤثر على أي ظاهرة فيزيائية او هيدروليكية  
بشكل كميات لابعدية، وهي تقنية تستخدم لحل معظم المسائل  
الهندسية. حيث نستطيع ان نعبر عنها بعلاقة بين كميات  
مختلفة للظاهرة الهيدروليكية.

فمثلا في هذا البحث العلاقة الوظيفية للجريان عبر المطّح  
العمودي تكون كما يلي:-

$$cd (H, h, D, P, \rho, g, \mu, b, V) = 0 \quad (5)$$

حيث ان:-

$$cd = \text{معامل التصريف}$$

$$H = \text{الارتفاع الفعال على بعد 50 سم من حافة المطّح } L$$

$$h = \text{ارتفاع الماء فوق الحافة مباشرة. } L$$

$$D = \text{قطر فوهة المطّح العمودي. } L$$

$$P = \text{ارتفاع حافة المطّح العمودي عن قعر القناة. } L$$

$$\rho = \text{كثافة الماء } M/L^3$$

$$g = \text{التعجيل الارضي } L/T^2$$

$$V = \text{سرعة الجريان داخل المطّح العمودي } L/T$$

$$\mu = \text{لزوجة الماء باسكال. الثانية. } M/L * T$$

$$b = \text{عرض القناة. } L$$

بطريقة باكنكهام يمكن الحصول على قيم لابعدية تربط مع  
بعض وتوضح طبيعة الظاهرة الهيدروليكية الحاصلة ونوع

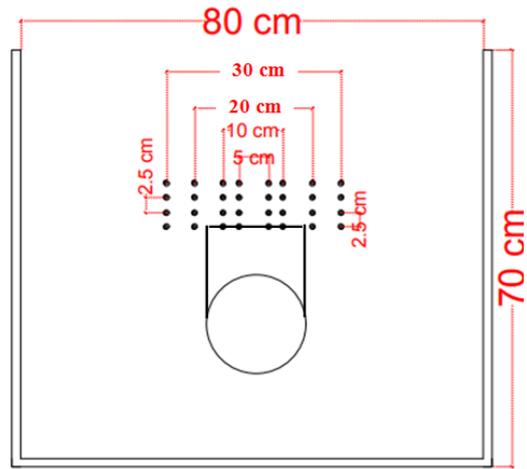
الجريان الذي يحدث مع تغير هذه القيم وكما يلي:-

$$cd = f\left(\frac{V}{\sqrt{gD}}, \frac{\rho VD}{\mu}, \frac{H}{P}, \frac{H}{D}, \frac{H}{b}, \frac{h}{D}\right) \quad (6)$$

$$R_e = \frac{\rho VD}{\mu} \quad \text{حيث ان:- رقم رينولد}$$

$$F_r = \frac{V}{\sqrt{gD}} \quad \text{ورقم فرود}$$

عدة مرات حسب تغير المسافة الافقية والعمودية للبتق  
المائي، ثم اختيار اقل قيمة لهما والتي تم الحصول عليها  
من الاختبارات المتعددة والتي يكون عندها افضل تبديد لطاقة  
الدوامة المائية والتي تدخل في المقارنة في التحليل البعدي.  
والشكل رقم (2) يوضح موقع نصب النفاثات المائية  
المزدوجة.



الشكل رقم (2): شكل امامي يوضح موقع نصب النفاثات  
المائية المزدوجة وتغير موقعها افقيا بمقدار 5 سم عن  
مركز المطّح يمينا وشمالا وعموديا بمقدار 2.5 سم كل  
مرة ابتداء من حافة المطّح والى الاعلى

#### 3. الخلفية النظرية (Theoretical Background)

يمكن تقسيم الجريان الى نوعين وحسب نسبة ارتفاع الماء فوق  
حافة المطّح العمودي حيث يكون جريان سد غاطس عندما  
تكون نسبة الارتفاع الفعال الى قطر المطّح اقل من 0.5 أي  
بمعنى  $\left(\frac{H}{D} < 0.5\right)$  وللاقطار الثلاثة.

ويكون جريان فتحة حادة عندما تكون نسبة الارتفاع  
الفعال الى قطر المطّح اكبر من 0.5 أي بمعنى  $\left(\frac{H}{D} > 0.5\right)$   
وللاقطار الثلاثة المستخدمة في التجارب.

أ- يمكن حساب التصريف الحقيقي والنظري للسد الغاطس من  
المعادلات التالية (Shaker et al., 2020):-

$$Q_{theoretical} = \frac{2}{3} \sqrt{2g} L H^{3/2} \quad (1)$$

$$Q_{actual} = \frac{2}{3} \cdot cd \cdot \sqrt{2g} L H^{3/2} \quad (2)$$

حيث ان:-

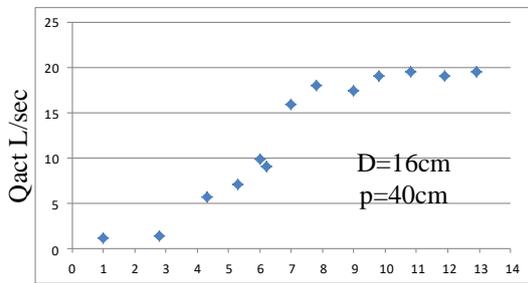
$$Q = \text{التصريف } m^3/s$$

$$cd = \text{معامل التصريف}$$

$$g = \text{التعجيل الارضي } m/s^2$$

فوق الغمر الحرج هو جريان فتحة حادة. ونلاحظ ايضا ان نسبة الزيادة في التصريف مقارنة مع الارتفاع الفعال تكون اكبر في حالة جريان السد الغاطس مما هو عليه الحال في حالة جريان الفتحة الحادة.

وبنفس الطريقة تم تشغيل القناة وللقطر  $P=40$ ,  $D=16$  مع تشغيل البثق المائي المزدوج لمعرفة مدى تأثيره على خصائص الجريان في المططح العمودي وكانت المسافة الافقية بين فتحتي البثق المزدوج هي 10 سم وارتفاع البثق المزدوج عن قعر القناة هو 40 سم. وتم رسم العلاقة بين التصريف الداخلى والارتفاع الفعال فوق حافة المططح العمودي وكما موضح في الشكل رقم (3).



شكل رقم (3): علاقة التصريف الحقيقي مع

الارتفاع الفعال فوق حافة المططح بعد تشغيل البثق المزدوج

نلاحظ ان البثق المزدوج غير من الصورة النمطية لخصائص الجريان حيث قلل من المنطقة الانتقالية بين حالتي الجريان داخل المططح العمودي وقلل من المسافة بين عمق الغمر وعمق الغمر الحرج. حيث ان منسوب البثق المزدوج تم تثبيته مع حافة المططح العمودي. وكلما كان موقع البثق المزدوج قريب من منسوب حافة المططح كان له تأثير ايجابي في زيادة معامل التصريف وتقليل نسبة الغمر المطلوبة لتغيير حالة الجريان من السد الغاطس الى الفتحة الحادة. وهنا نلاحظ ان رقم فردو ( $F_r$ ) يزداد. ايضا المسافة الافقية بين فتحتي البثق المزدوج كلما كانت اقل من قطر المططح العمودي كان لها تأثير ايجابي اكبر في خفض الارتفاع فوق الحافة وتسريع الجريان وزيادة قيمة معامل التصريف.

### 1.5. رسم العلاقات بين معامل التصريف ( $cd$ ) والمعاملات

اللابعدية لحالتي الجريان الحاصلة في المططح العمودي للحصول على صورة واضحة للتغير الحاصل بخصائص الجريان قبل وبعد تشغيل البثق المزدوج نلجأ لرسم العلاقة بين ( $cd$ ) والمعاملات اللابعدية الاربعة.

لذلك فان المعادلة (6) يمكن كتابتها كما يلي:-  

$$cd = f\left(F_r, R_e, \frac{H}{P}, \frac{H}{D}, \frac{H}{b}, \frac{h}{D}\right) \quad (7)$$

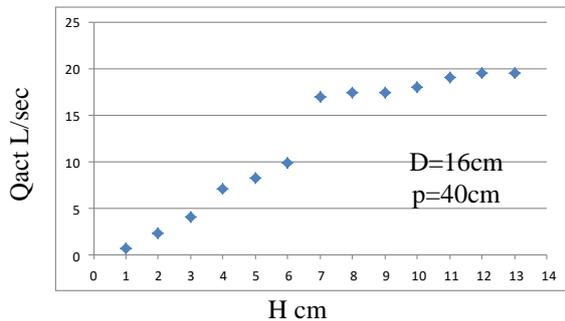
والمعاملات اللابعدية التي ستخضع للمقارنة هي:

$$\left(\frac{H}{D}, \frac{H}{B}, \frac{H}{P}, \frac{h}{D}\right) \quad (8)$$

حيث ان:  $B=b-D/2$  وتمثل التخصر الحاصل اثناء دخول الماء الى فوهة المططح العمودي. من الجدير بالذكر ان المعادلة رقم (8) تطبق في حالة التشغيل وعدم تشغيل للبثق المائي المزدوج. حيث ان الارتفاع ( $H$ ) يشار له ب ( $H_1$ ) قبل تشغيل البثق المائي المزدوج و ( $H_2$ ) بعد تشغيل البثق المائي المزدوج.

### 5. النتائج ومناقشتها ( Results and Discussion )

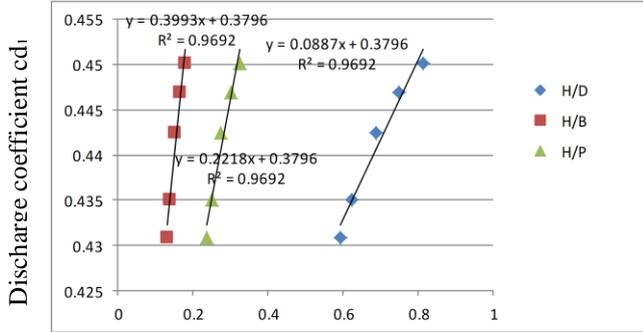
لمعرفة تأثير تشغيل البثق المزدوج على خصائص الجريان الداخل الى فوهة المططح العمودي. تم في البداية تشغيل القناة بدون استخدام البثق المزدوج، حيث تم ضخ تصريف داخل القناة يحقق ارتفاع فعال ( $H$ ) قدرة 1cm ثم بزيادة 1cm كل مرة وصولا الى 13cm وتم رسم العلاقة بين التصريف الداخلى والارتفاع الفعال ( $H$ ) لمعرفة نقطة تحول الجريان داخل المططح العمودي من حالة جريان السد الغاطس الى جريان فتحة حادة. وكما موضح بالشكل رقم (2)



الشكل رقم (2): علاقة التصريف الحقيقي مع الارتفاع الفعال فوق حافة المططح قبل تشغيل البثق المزدوج

حيث تم اختيار القطر لفوهة المططح العمودي ( $D=16$ cm) وارتفاع حافة المططح ( $P=40$  cm) نلاحظ من الشكل رقم (2) ان المنطقة الانتقالية لتحول الجريان داخل المططح العمودي من جريان سد غاطس الى جريان فتحة حادة تحدث بين الارتفاع ( $H=, 7$ cm,  $6$  cm) وهذا يعني ان العمق الحرج للغمر يقع بين هذين الارتفاعين. والعمق الحرج للغمر هو عبارة عن اقل مسافة عمودية بين مستوى الماء في القناة واعلى منسوب داخل المططح العمودي مع عدم وجود احتباس للهواء (Bhosekar et al, 2007) هذا يعني انه كلما اقتربت قيمة الارتفاع الفعال من قيمة نصف قطر فوهة المططح العمودي فان عمق الغمر يكون اقرب لعبور عمق الغمر الحرج وان الجريان تحت الغمر الحرج هو جريان سد غاطس والجريان

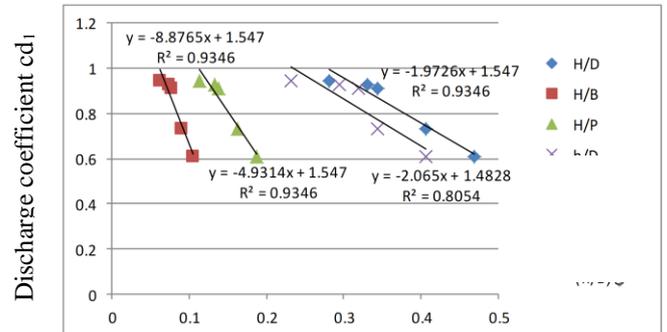
وتوضح الاشكال (7-9) العلاقة بين معامل التصريف والمعاملات اللابعدية قبل تشغيل البثق المزدوج والجريان هو حالة الفتحة الحادة واطهرت نتائج التجارب انه كلما زادت قيم المعاملات اللابعدية فان قيم معامل التصريف تزداد ايضا.



(H1/D, H1/B, H1/P) for D=16 cm and P=40 cm

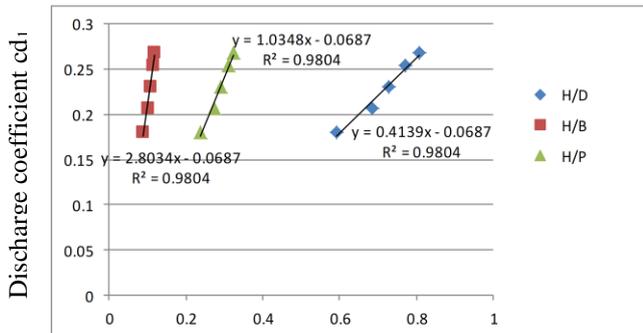
شكل رقم (7): العلاقة بين معامل التصريف والمعاملات اللابعدية قبل تشغيل البثق المزدوج والجريان حالة الفتحة الحادة عند القطر 16 سم

الاشكال (4-6) هي عبارة عن العلاقة التي تربط بين معامل التصريف والمعاملات اللابعدية والملاحظ منها انه كلما زادت قيم المعاملات اللابعدية قلت قيم معامل التصريف في حالة جريان السد الغاطس وقبل تشغيل البثق المزدوج.



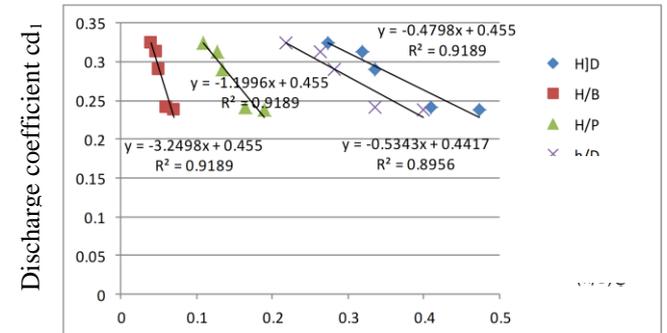
(H1/D, H1/B, H1/P, h1/D) for D= 16 cm, and P= 40 cm

شكل رقم (4): العلاقة بين معامل التصريف والمعاملات اللابعدية قبل تشغيل البثق المزدوج والجريان حالة السد الغاطس عند القطر 16 سم



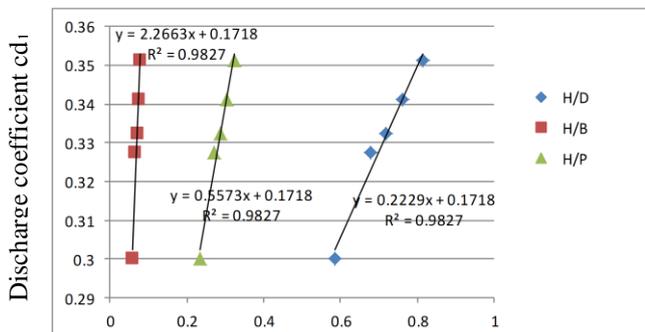
(H1/D, H1/B, H1/P) for D=11 cm and P=27.5 cm

شكل رقم (8): العلاقة بين معامل التصريف والمعاملات اللابعدية قبل تشغيل البثق المزدوج والجريان حالة الفتحة الحادة عند القطر 11 سم



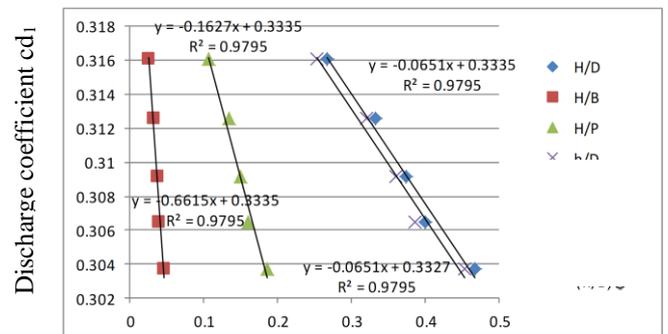
(H1/D, H1/B, H1/P, h1/D) for D= 11 cm, and P= 27.5 cm

شكل رقم (5): العلاقة بين معامل التصريف والمعاملات اللابعدية قبل تشغيل البثق المزدوج والجريان حالة السد الغاطس عند القطر 11 سم



(H1/D, H1/B, H1/P) for D=7.5 cm and P=18.7 cm

شكل رقم (9): العلاقة بين معامل التصريف والمعاملات اللابعدية قبل تشغيل البثق المزدوج والجريان حالة الفتحة الحادة عند القطر 7.5 سم

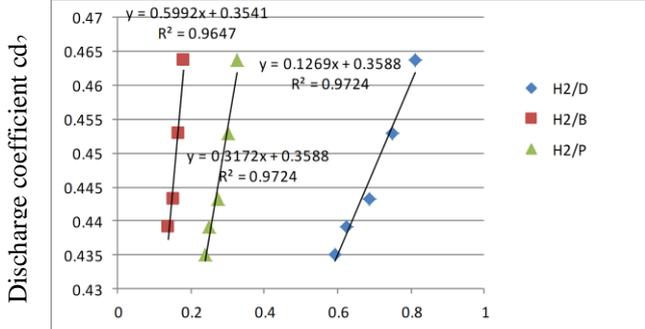


(H1/D, H1/B, H1/P, h1/D) for D= 7.5 cm, and P= 18.7 cm

شكل رقم (6): العلاقة بين معامل التصريف والمعاملات اللابعدية قبل تشغيل البثق المزدوج والجريان حالة السد الغاطس عند القطر 7.5 سم

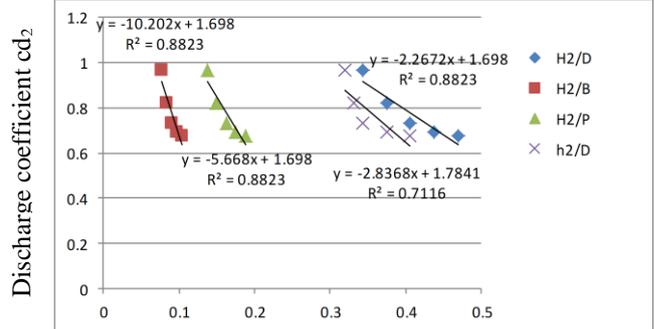
الفتحة الحادة. فان معامل التصريف يزداد كلما زادت قيم المعاملات اللابعدية. وكذلك قيمة معامل الارتباط

ان قيمة معامل الارتباط  $R^2$  تقل قيمتها وذلك بسبب التأثير السلبي للبتق المزدوج.



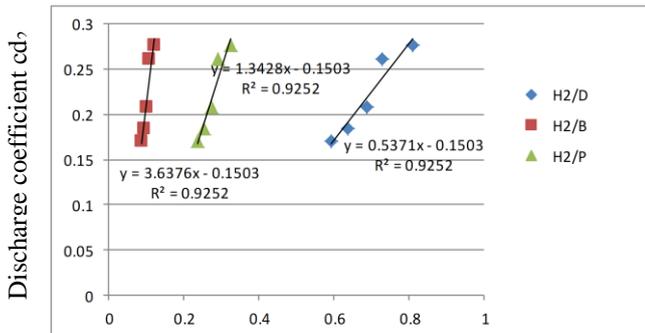
(H2/D, H2/B, H2/P) for D=16 cm and P=40 cm

شكل رقم (13): العلاقة بين معامل التصريف والمعاملات اللابعدية بعد تشغيل البثق المزدوج والجريان حالة الفتحة الحادة عند القطر 16 سم



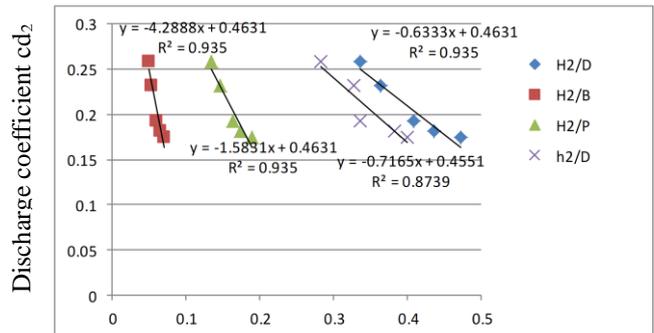
(H2/D, H2/B, H2/P, h2/D) for D=16 cm and P=40 cm

شكل رقم (10): العلاقة بين معامل التصريف والمعاملات اللابعدية بعد تشغيل البثق المزدوج والجريان حالة السد الغاطس عند القطر 16 سم



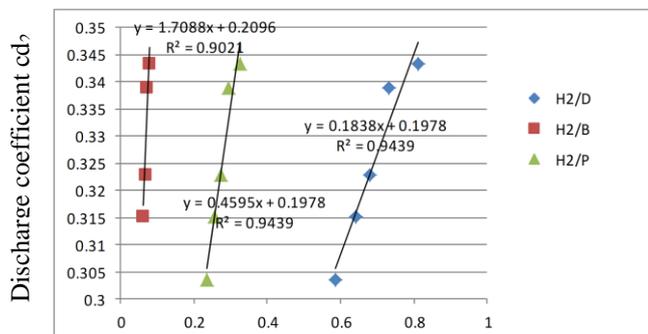
(H2/D, H2/B, H2/P) for D=11 cm and P=27.5 cm

شكل رقم (14): العلاقة بين معامل التصريف والمعاملات اللابعدية بعد تشغيل البثق المزدوج والجريان حالة الفتحة الحادة عند القطر 11 سم



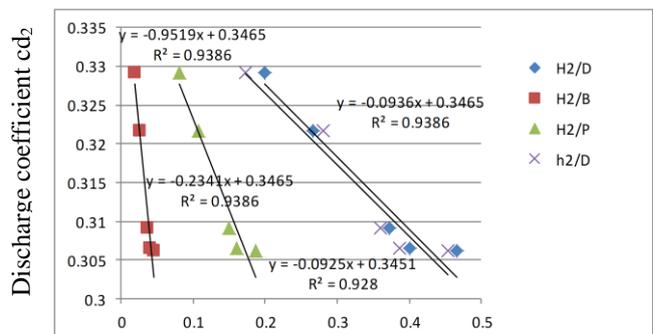
(H2/D, H2/B, H2/P, h2/D) for D=11 cm and P=27.5 cm

شكل رقم (11): العلاقة بين معامل التصريف والمعاملات اللابعدية بعد تشغيل البثق المزدوج والجريان حالة السد الغاطس عند القطر 11 سم



(H2/D, H2/B, H2/P) for D=7.5 cm and P=18.7 cm

شكل رقم (15): العلاقة بين معامل التصريف والمعاملات اللابعدية بعد تشغيل البثق المزدوج والجريان حالة الفتحة الحادة عند القطر 7.5 سم



(H2/D, H2/B, H2/P, h2/D) for D=7.5 cm and P=18.7 cm

شكل رقم (12): العلاقة بين معامل التصريف والمعاملات اللابعد بعد تشغيل البثق المزدوج والجريان حالة السد الغاطس عند القطر 7.5 سم

$$Q_{ac} = \text{التصريف الداخل الى القناة وحسب المواصفة}$$

$$L^3/t \text{ البريطانية}$$

$$d_j = \text{قطر البثق المائي المزدوج } L$$

$$q_j = \text{تصريف البثق المائي المزدوج } L^3/t$$

$$L_j = \text{المسافة بين البثق المائي المزدوج. } L$$

$$b = \text{عرض القناة. } L$$

$$g = \text{التعجيل الارضي } L/t^2$$

$$\rho = \text{كثافة الماء } M/L^3$$

$$V = \text{سرعة الجريان في المطفح العمودي } L/t$$

$$\mu = \text{لزوجة الماء باسكال * الثانية. } M/L * t$$

$$\sigma = \text{الشدة السطحي للماء نيوتن/م. } M/t^2$$

$$H = \text{ارتفاع الماء فوق الحافة على بعد 50 سم بعد تشغيل}$$

$$\text{البثق المائي المزدوج. } L$$

$$h = \text{ارتفاع الماء فوق الحافة مباشرة بعد البثق المائي}$$

$$\text{المزدوج. } L$$

$$Q_{th1} = \text{التصريف النظري قبل تشغيل البثق المائي المزدوج}$$

$$L^3/$$

$$Q_{th2} = \text{التصريف النظري بعد تشغيل البثق المائي المزدوج}$$

$$L^3/$$

$$cd_1 = \text{معامل التصريف قبل تشغيل البثق المائي المزدوج.}$$

$$cd_2 = \text{معامل التصريف بعد تشغيل البثق المائي المزدوج.}$$

## 7. المصادر

- [1] N. Agiralioğlu, Muftuoğlu RF., 1989, "Hood characteristics for siphon-shaft spillways", Journal of Hydraulic Engineering, 5(636):636-49. doi.org/10.1061. 2.
- [2] N. Eroglu.; Bahadirli T., 2007, " Prediction of critical submergence for a rectangular intake", Journal of Energ. Eng., ASCE 133(2): 91-103
- [3] VV Bhosekar, Deolalikar PB, Sridevi ML., 2007, Hydraulic design aspects for swirling flow at vertical drop shaft spillways", Spec Issue Hydraul Eng. ISH, 13, pp. 78-89.
- [4] S.M. Borghei, and A.R. Kabiri-Samani, 2010, "Effect of AntiVortex Plates on Critical Submergence at a Vertical Intake", Scientia Iranica, 17( 2): 89-95.
- [5] A. Shaker Jalil, Sarhan Abdulsatar Sarhan, 2013, " Flow through Elbow as a Measurement Device for Surface Irrigation", Caspian Journal of Applied Sciences Research, 2(2), pp. 91-101.
- [6] L. Savic, Radomir Kapor, Viadan Kuzmanovic, Bojan Milovanovic, 2013, " Shaft spillway with deflector downstream of vertical bend", Proceedings of the institution of Civil Engineers, Vol. 167, pp. 269-278.
- [7] J. Yang, Ting Liu, Andrea Bottacin-Bsolin, Chang Lin (IAHR Member), 2014, "Effects of intake-entrance profiles on free-surface vortices", Journal of Hydraulic Research 52( 4): 523-531, DOI 10.1007/s13369-014-1468-x.

من كل هذا نجد ان البثق المزدوج له تأثير واضح في تبديد طاقة الدوامات المائية وخفض (H, h) وخاصة في حالة جريان الفتحة الحادة وعندما يكون قطر المطفح العمودي كبير. وتقل فاعلية البثق المزدوج في حالة جريان السد الغاطس بالنسبة للاقطار الكبيرة. اما الاقطار الصغيرة فان البثق المزدوج ليس له أي تأثير ايجابي، بل على العكس من ذلك فهو يزيد من اضطراب الجريان وتشكل الدوامات المائية ويرفع منسوب القناة (H) ومنسوب الماء فوق الحافة (h) في منطقة المنبع.

## 6. الاستنتاجات

تم استنتاج عدة نقاط من هذا العمل وهي:

- 1- باستخدام البثق المائي المزدوج تبين ان له تأثير واضح في الجريان حالة الفتحة الحادة وعندما تكون مثبتة بمسافة قريبة من خط مركز المطفح العمودي عن اليمين والشمال أي عندما تكون المسافة بين البثق المائي المزدوج اقل من قطر المطفح العمودي وكلما ابتعدنا عن خط مركز المطفح العمودي لم يعد له أي تأثير ايجابي في خفض الارتفاع (h) فوق الحافة وتسريع الجريان وزيادة قيمة معامل التصريف.
- 2- ان منسوب البثق المائي المزدوج كلما كان قريب من حافة المطفح العمودي كان له تأثير ايجابي في زيادة معامل التصريف وكلما ارتفع الى الاعلى قل تأثيره.
- 3- كلما كان تأثير البثق المائي المزدوج ايجابي فان معامل التصريف يزداد وايضا رقم فرود يزداد.
- 4- تبين في العمل المختبري ان البثق المائي المزدوج له تأثير واضح في تبديد الدوامات المائية وخفض (h, H) وخاصة في حالة جريان الفتحة الحادة. وايضا هو فعال عندما يكون قطر المطفح العمودي كبير وكذلك تقل فاعليته في حالة جريان السد الغاطس بالنسبة للاقطار الكبيرة. اما الاقطار الصغيرة فان البثق المائي المزدوج ليس له تأثير ايجابي بل على العكس فهو يزيد من التأثير السلبي للدوامات المائية وايضا يرفع منسوب الماء في القناة (H) ويرفع منسوب الماء فوق الحافة (h).

## الرموز (Notation)

- H = ارتفاع الماء فوق منسوب حافة المطفح العمودي وعلى بعد 50 سم الى الداخل (باتجاه المنبع) L
- h = ارتفاع منسوب الماء فوق حافة المطفح العمودي مباشرة. L
- P = ارتفاع حافة المطفح العمودي عن قعر القناة. L
- D = قطر المطفح العمودي. L
- P<sub>c</sub> = المسافة العمودية من حافة المطفح العمودي الى مركز الجزء الاقوي في المطفح العمودي. L

- orifices height and divergence angle", Engineering Applications of Computational Fluid Mechanics, Vol. 12, No. 1, pp.182-194.
- [12] Z. Liu, Xin-Lei Guo, Qing-Fu Xia, Hui Fu, Tao Wang, and Xing-Lin Dong, 2018, "Experimental and Numerical Investigation of Flow in a Newly Developed Vortex Drop Shaft Spillway", journal Hydraulic Engineering, 144(5), pp. 1-11.
- [13] F. Sayadzadeh, Seyed Habib Musavi-Jahromi, Hossein Sedghi, Amir Khosrojerdi, 2019, "Pyramidal vortex breakers influences on the flow discharge of morning glory spillway", Ain Shams Engineering Journal, 11(1): 455-463.
- [14] S. A. Jalil, Bshkoj Sidqi Hussein, Sarhan A. Sarhan, 2020, "Visualization of elbow flow performance as shaft spillway", Ain Shams Engineering Journal, <https://doi.org/10.1016/j.asej.2020.03.017>.
- [8] E. Nohani, 2014, "An Experimental Study on the Effect of Vortex Breakers on Discharge Coefficient for the Shaft Spillways with Sharp Edge and Wide Edge", Journal of Civil Engineering and Urbanism, Volume 4, Issue 5: 546-549.
- [9] V. Naderi, Davood Farsadizadeh, Ali HosseinZadeh Dalie & Hadi ArVanaghi, 2016, "Effect of Using Vertical Plates on Vertical Intake on Discharge Coefficient", Arabian Journal for Science and Engineering, Springer, DOI 10.1007/s13369-014-1468-x
- [10] R. Shemshi, Abdorreza Kabiri--Samani (IAHR Member), 2016, "Swirling flow at vertical shaft spillways with circular piano-key inlets", Journal of Hydraulic Research:1-11, DOI: 10.1080/00221686.2016.1238015.
- [11] X. Gao, Han Zhang, Jijun Liu, Bowen Sun & Ye Tian, 2018, " Numerical investigation of flow in a vertical pipe inlet/ outlet with a horizontal anti-vortex plate: effect of diversion

## The Effect of Dual Water Jet on Discharge Coefficient of Vertical Spillway

**Firas I. Khaleel**

[firas.enp107@student.uomosul.edu.iq](mailto:firas.enp107@student.uomosul.edu.iq)

**Ahmed Y. Mohammed**

[a.altaee@uomosul.edu.iq](mailto:a.altaee@uomosul.edu.iq)

Dams and water Resources Engineering Department, collage of Engineering, university of Mosul

### ABSTRACT

*The water intakes is one of the important hydraulic installations that is built with the dam and is used to control the water level in the dam's lake. The vertical spillway is a type of intakes used in dams to control floods and as on intakes to change the river stream in mountainous areas. One of the most important problems that occur at vertical intakes is the vortex of water which occurs when the depth of submerge is less than the critical depth, dual water jet applied to the vertical spillway was used with different vertical and horizontal distances, the effect of dual water spillway was tested on six discharges entering the vertical spillway and the three diameters. The results shown that the dual water jet has a clear effect in dissipating the energy of the vortices formed at the vertical spillway, especially in the case of orifice flow, and it is effective in the large diameters of the vertical spillway.*

### Keyword:

*Water intakes , vertical spillway, vortex of water, dual water jet.*