

## Effect of Channel Slope on Discharge Coefficient of Cylindrical Crested Weirs

Mohammed Tareq Khaleel

Technical Computer Engineering Department, Technical College / Mosul

Email:ktmohammed79@yahoo.com

Received on: 1/4/2012 & Accepted on: 6/12/2012

### ABSTRACT

This research paper investigates the effect of the longitudinal channel slope on the discharge coefficient of cylindrical weirs. The methodology applied is by adopting three different diameters of the cylindrical weir and at three different slopes of the channel. In addition, various five flow rates values were used for each case.

The study showed that the discharge coefficient increases when the dimensionless value of  $(H_w/R)$  [which represents the ratio of the net hydraulic head in upstream to the radius of cylindrical weir] is high. Furthermore, the discharge coefficient increases as the channel slope increase, for the same  $(H_w/R)$  ratio. As a result, the discharge coefficient increases with the increment of cylindrical weir diameter. Finally, an empirical non-dimensional relationship was obtained between the discharge coefficient with a channel slope and dimensionless value  $(H_w/R)$  with a good correlation coefficient.

**Keywords:** Cylindrical Weir, Channel Slope, Discharge Coefficient.

### تأثير ميل القناة على معامل التصريف للهدارات الاسطوانية

#### الخلاصة

تم في البحث الحالي دراسة تأثير ميل القناة على معامل التصريف فوق الهدارات الاسطوانية مختبرياً ، باستخدام ثلاث اقطار مختلفة للهدار الاسطواني ولثلاثة ميول مختلفة للقناة ولخمسة تصاريف لكل حالة.

أظهرتالدراسة بان معامل التصريف يزداد عند زيادة القيمة اللابعدية  $(H_w/R)$  ، والتي تمثل نسبة شحنة الماء مقدم الهدار الاسطواني الى نصف قطر الهدار الاسطواني، ويلاحظ أيضاً زيادة معامل التصريف عند زيادة ميل القناة لنفس القيمة اللابعدية  $(H_w/R)$  . وقد وجد أن معامل التصريف يزداد عند زيادة قطر الهدار الاسطواني . وقد تم ايجاد علاقة وضعية بين معامل التصريف مع ميل القناة والقيمة اللابعدية  $(H_w/R)$  وبمعامل ارتباط جيد .

## المقدمة

تعتبر الهدارات الاسطوانية احد ابسط انواع المنشآت الهيدروليكية التي تستعمل لقياس التصريف والتحكم بالجريان في القنوات المفتوحة . وتتميز هذه الهدارات بامتلاكها نمط جريان مستقر مقارنة بالهدارات ذات الحافة الحادة ، بالإضافة الى قدرتها على تمرير نفس التصريف للهدارات ذات الحافة الحادة ولكن بمنسوب ماء اقل عند مقدم الهدار ، وهذا يقلل من مشاكل الغمر للقنوات والاراضي المجاورة . وتتميز الهدارات الاسطوانية ببساطة التصميم والكلفة الاقتصادية القليلة مقارنة مع الهدارات نوع [1](Ogee weir) .

وقد أشار العديد من الباحثين ، امثال ( [1] و [2] و [3] و [4] ) بان معامل التصريف في الهدارات الاسطوانية يعتبر دالة لنسبة شحنة الماء مقدم الجريان الى نصف قطر الهدار ( $H_w/R$ ) وأن قيمته تكون (١) أو اكثر . كما ذكر عدد من الباحثين أمثال ( [5] و [6] و [7] و [8] ) أن معامل التصريف للهدارات ذات القمة نصف الدائرية او المركبة (ربع دائرة مماسة بحافة بزواية معينة) يزداد بزيادة نسبة شحنة الماء مقدم الجريان الى ارتفاع الهدار ( $H_w/Z$ ) ، حيث  $Z$  تمثل ارتفاع الهدار . وقد قام الباحثون [9] بدراسة خصائص الجريان للهدارات ذات القمة الدائرية من خلال بناء نموذج أحادي البعد لحركة الماء بمسار قوسي فوق قمة الهدار يعتمد على ظروف الجريان الحرج . وقد اعتمد الباحثون مبدأ الجريان الحرج في التحليل الهيدروليكي للهدارات نصف الدائرية وذلك لامتلاكه علاقة واحدة فقط بين الشحنة والتصريف . وقد تم مقارنة نتائج هذا النموذج مع تجارب مختبرية تدخل تأثير انحناء خطوط الجريان ، حيث وجدوا تطابقا جيدا فيها . ووجد الباحثون أن معامل التصريف يزداد بزيادة ( $H_w/R$ ) ، أما الباحثون [4] فقد قاموا بنمذجة توزيعات الضغط والسرعة فوق هدارات اسطوانية بأقطار مختلفة ومقارنة ذلك مع النتائج المقاسة مختبرياً ، وقد وجد ارتباط معنوي جيد . كما أظهرت النتائج أن العمق الحرج للجريان يتشكل قبل وبعد قمة الهدار الأكبر واصغر معامل تصريف على التوالي . وأجرى الباحث [10] دراسة مختبرية تناولت تأثير ميل القناة على خصائص الجريان فوق هدار عريض الحافة تم نصبه بالقناة بوضعين عمودي ومنحرف بزواية  $30^\circ$  عن جدار القناة ، وقد بين الباحث إمكانية زيادة التصريف من خلال زيادة ميل القناة واستخدام المسقط المنحرف . قد قام الباحثون [11] بدراسة مختبرية لخواص الجريان الحر في قناة مستطيلة بعدة ميول و خشونة قعر مختلفة ، حيث وجدوا أن نسبة العمق الحرج مقدم الجريان إلى العمق عند الحافة يتأثر بميل القناة و خشونة القعر ويكون أعلى تأثير للخشونة عند الميول الشديدة . أما الباحثان [8] فقد ذكرا أن قيمة معامل التصريف للهدارات ذات القمة نصف الدائرية تكون اكبر منها في الهدارات ذات الحافة العريضة والهدارات ذات الحافة الحادة .

## الجانب العملي

أجري العمل المختبري في مختبر الهيدروليك التابع للمعهد التقني في الموصل في قناة بإبعاد ( 30 cm عرضاً و 25 cm ارتفاعاً و 4 m طولاً . قعر القناة مصنوع من الألمنيوم والجدران الجانبية مصنوعة من الزجاج. تزود القناة بالماء من خزان ذو شكل متوازي مستطيلات موضوع بجانب القناة عن طريق مضخة تضخ الماء الى خزان تسكين ثانوي ومنه إلى داخل القناة. تحتوي القناة على عتلات للسيطرة على الميل، حيث بالإمكان تغيير ميل القناة بزوايا مختلفة . تحتوي القناة على سكة مثبت عليها مقياس نقطي (Point gage) لقياس منسوب الماء طولياً وعرضياً . استخدمت الهدارات الاسطوانية في التجارب المختبرية بأقطار مختلفة ( 6.3 cm و 9 cm و 11.4 cm ) مصنوعة من البلاستيك وموضوعة بشكل عمودي على الجريان وعلى مسافة ( 2 m ) من مدخل القناة. تم قياس أعماق الماء باستخدام مقياس نقطي، ولم يتم تعريض مقدم ومؤخر الهدار للضغط الجوي (التهوية) في جميع التجارب. تم قياس التصريف المار بالقناة ( $Q_s$ ) بواسطة هدار مستطيل حاد الحافة بعرض القناة بارتفاع ( 10 cm ) مثبت في نهاية القناة . وقد تم إيجاد معادلة التصريف لهذا الهدار بواسطة المعايير الحجمية وبمعامل تحديد ( $R^2=0.998$ ) :

$$Q_s = 602 * (h)^{3/2} \quad \text{----- (1)}$$

حيث أن:

$Q_s =$  التصريف المقاس في القناة فوق الهدار المستطيل القياسي ذو الحافة الحادة (lit/s) .

$h =$  ارتفاع الماء أعلى الهدار المستطيل ( m ) .

ومن ثم يتم حساب التصريف لوحدة العرض ( $q_s$ ) .

صممت التجارب المختبرية لدراسة تأثير ميل القناة على خصائص الجريان فوق الهدارات الاسطوانية، حيث تضمنت الدراسة إجراء ( ٤٥ ) تجربة تناولت ثلاث هدارات اسطوانية بأقطار مختلفة ( 6.3 cm و 9 cm و 11.4 cm ) ، عند ثلاثة ميول طولية للقناة هي (الأفقي ) والمائل بنسبة (٢٨٦:١) والمائل بنسبة (١٤٣:١) ، وتم استخدام خمسة تصاريف لكل حالة تغيرت من ( ٣,١٢٨ – ٥,٧٤٦ lit/s ) . وقد أجري البحث تحت ظروف الجريان الحر .

الشكل (١) يوضح مخطط للهدار الاسطواني موضحاً فيه أهم المتغيرات في التجربة .

### التحليل البعدي

إن العوامل المؤثرة لدراسة الهدارات الاسطوانية يمكن التعبير عنها بالصيغة العامة الآتية :

$$f_1(C_d, \rho_w, \mu_w, g, R, H_w, q, \alpha) = 0 \quad \text{-----}(2)$$

ومن التحليل البعدي باستخدام نظرية ( $\pi$ 's – Theorem) نتوصل إلى العلاقة الآتية :

$$\frac{q}{\sqrt{g * H_w^{1.5}}} = C_d = f_2\left(\frac{H_w}{R}, \cos \alpha, Fr, Re\right) \quad \text{-----} (3)$$

ومن المعادلة (٣) نلاحظ وجود رقم رينولد ( $Re$ ) الذي يمثل اثر اللزوجة في الجريان ، ولكون أن الجريان في القنوات المفتوحة مضطرب (Turbulent flow) لهذا يكون تأثير رقم رينولد ضعيف ويمكن إهماله . وبهذا يمكن تقليص المعادلة أعلاه لتشتمل على المتغيرات الأساسية التي تؤثر بصورة مباشرة على معامل التصريف كما مبين بالمعادلة الآتية :

$$\frac{q}{\sqrt{g * H_w^{1.5}}} = C_d = f_3\left(\frac{H_w}{R}, \cos \alpha, Fr\right) \quad \text{-----} (4)$$

ولكون البحث يتعلق بدراسة تأثير الخصائص الهندسية للهدار الاسطواني وميل القناة ، سيتم اعتماد الرقم اللابعدي المستنتج ( $H_w/R$ ) وزاوية ميل القناة ( $\alpha^0$ ) في الدراسة والتحليل .

### الحسابات والنتائج

تم في هذا البحث إجراء ٤٥ تجربة في كل تجربة تم حساب التصريف المار فوق الهدار قياسي ( $q_s$ ) من خلال قياس عمق الماء فوق الهدار ( $h$ ) ، وقد تم قياس عمق الماء مقدم الهدار الاسطواني ( $d_1$ ) على بعد ٥٠ سم عن مركز الهدار الاسطواني ، وقياس عمق الماء فوق قمة الهدار الاسطواني (فوق مركز الهدار الاسطواني ،  $d_{crest}$ ) . تم حساب قيمة ( $H_1$ ) التي تمثل الطاقة الكلية باستخدام المعادلة الآتية :

$$H_1 = d_1 + \frac{q_s^2}{2 * g * d_1^2} \quad \text{-----} (5)$$

حيث  $q_s$  التصريف لوحدة العرض وان قيمة  $H_w$  والتي تمثل شحنة الماء فوق الهدار الاسطواني تم إيجادها باستخدام المعادلة الآتية :

$$H_w = H_1 - D \quad \text{----- (6)}$$

حيث (D) تمثل قطر الهدار الاسطواني .

أما قيمة التصريف للهدار الاسطواني (q) تم حسابها باستخدام المعادلة الآتية [1]:

$$q = \sqrt{g} * \left(\frac{2}{3} * H_w\right)^{\frac{3}{2}} \quad \text{----- (7)}$$

ويمكن حساب معامل التصريف ( $C_d$ ) من المعادلة الآتية :

$$C_d = \frac{q_s}{q} \quad \text{----- (8)}$$

وقد اخذ بنظر الاعتبار تأثير ميل القناة في حسابات عمق الماء فوق الهدار القياسي (h) وعمق الماء مقدم الهدار الاسطواني ( $d_1$ ) وعمق الماء فوق قمة الهدار الاسطواني ( $d_{crest}$ ) من خلال ضرب قيم هذه القراءات المأخوذة بالمقياس النقطي (Point gage) بجيب تمام زاوية ميل قعر القناة ( $\cos\alpha^\circ$ ) . الجداول (١ و ٢ و ٣) توضح جميع البيانات والنتائج المختبرية .  
الأشكال (٢ و ٣ و ٤) توضح العلاقة بين معامل التصريف ( $C_d$ ) ونسبة شحنة الماء مقدم الهدار الاسطواني إلى نصف قطر الهدار ويعبر عنها بالقيمة اللابعدية ( $H_w/R$ ) للهدارات ذات الأقطار ( 6.3 cm و 9 cm و 11.4 cm) على التوالي ، ولجميع حالات ميل القناة . يلاحظ من هذه العلاقة زيادة معامل التصريف عند زيادة القيمة اللابعدية ( $H_w/R$ ) ، حيث بزيادة ( $H_w/R$ ) تزداد مساحة مقطع الجريان وهذا يؤدي إلى زيادة معامل التصريف لنفس ميل القناة وفقاً لمعادلة الاستمرارية ، وهذا موافق لما ذكره الباحثان [1] . كما ويلاحظ زيادة في معامل التصريف عند زيادة ميل القناة وذلك لنفس القيمة اللابعدية ( $H_w/R$ ) ، حيث أنه بزيادة ميل القناة تزداد سرعة الجريان ، طبقاً لمعادلة مانتيك .  
وقد وجد أن هذه العلاقة يمكن تمثيلها بعلاقة أسية كما موضح بالمعادلة (٩) ، وهذا موافق لما ذكره الباحثان [1] .

$$C_d = m \left(\frac{H_w}{R}\right)^n \quad \text{----- (9)}$$

حيث أن m و n تمثل ثوابت وضعية . الجدول (٤) يوضح قيم ثوابت هذه العلاقات ومعامل التحديد (Determination Coefficient,  $R^2$ ) لكل علاقة .  
وقد تم ايجاد علاقة وضعية خطية بين معامل التصريف وميل القناة ( $\alpha^\circ$ ) والقيمة اللابعدية ( $H_w/R$ ) باستخدام برنامج التحليل الاحصائي (SPSS V.18) بالاعتماد على البيانات والنتائج المختبرية ، وبمعامل ارتباط ( $R^2=0.72$ ) ، وكما مبين بالمعادلة (١٠) .

$$C_d = 5800.92 - 0.128 * \left(\frac{H_w}{R}\right) - 5799.52 * (\cos\alpha) \quad \text{----- (10)}$$

ويوضح الشكل (٥) العلاقة بين معامل التصريف المقاس ومعامل التصريف المحسوب بالمعادلة (10). يوضح الشكل (٦) العلاقة بين ميل القناة ومعدل معامل التصريف لجميع أقطار الهدارات الاسطوانية، حيث تم حساب معامل التصريف بالمعادلة (١٠). يلاحظ من هذه العلاقة زيادة معامل التصريف عند زيادة ميل القناة، حيث عند تغير ميل القناة الطولي من (١:٢٨٦) إلى (١:١٤٣) يزداد معامل التصريف بنسبة ٧,٥%. كما يلاحظ زيادة معامل التصريف بنسبة ٥% عند زيادة قطر الهدار الاسطواني بنسبة ٤٥%، وهذا موافق لما وجدته الباحثان [8] حيث ذكروا أن التقوس في الهدارات ذات القمة نصف الدائرية يعمل على توليد قوة طرد مركزي تزداد بزيادة قطر التقوس للهدار، وهذا يؤدي بالتالي إلى زيادة معامل التصريف عند زيادة قطر التقوس للهدار.

#### الاستنتاجات:

- (١) يزداد معامل التصريف عند زيادة القيمة اللابعدية  $(H_w/R)$
- (٢) يزداد معامل التصريف عند زيادة ميل القناة وذلك لنفس القيمة اللابعدية  $(H_w/R)$ .
- (٣) يزداد معامل التصريف بنسبة ٧,٥% عند تغير ميل القناة الطولي من (١:٢٨٦) إلى (١:١٤٣).
- (٤) يزداد معامل التصريف عند زيادة قطر الهدار الاسطواني، حيث يزداد معامل التصريف بنسبة ٥% عند زيادة قطر الهدار الاسطواني بنسبة ٤٥%.

#### المصادر:

- [١]. Chanson, H. and Montes, J.S. "Overflow characteristics of cylindrical weirs: effects of inflow conditions". J. of Irrigation and Drainage Engrg. ASCE, Vol. 124, No. 3, pp. 152-162, 1998.
- [٢]. Rafiei Z., KH.Z.A. Masoudian.M. Farsadzadeh D. "Flow characteristics over cylindrical weirs" journal of faculty of engineering (university of Tabriz), Vol. 30, part 3, No. 36, pp. 25-33, 2004.
- [٣]. Ramamurthy A.S. Vo.N. "Characteristics of circular-crested weir", Journal of hydraulic Engineering, Vol.119, No.9, September, 1993. <http://pubs.asce.org/copyright>
- [٤]. Naghavi, B., K. Esmaili . J. Yazdi . F.K.Vahid "An experimental and numerical study on hydraulic characteristics and theoretical equations of circular weirs". Can. J. Civ. Eng. Vol. 38, pp. 1327-1334, 2011. [www.nrcresearchpress.com/cjce](http://www.nrcresearchpress.com/cjce)
- [5]- حياوي، هناء عبد المجيد . المولى، صالح جعفر سليمان "معامل التصريف للسدود الغاطسة العمودية والمنحرفة ذي القمة نصف الدائرية"، مجلة هندسة الرافدين، المجلد ١٤، العدد ٢، الصفحات ٣٣-٤٧، ٢٠٠٦.
- [6].Noori B.M. Chilmeran T.A." Characteristics of flow over normal and oblique weirs with semicircular crests", Al-Rafidain Engineering journal, Vol. 13, No. 1, pp. 49-61, 2005.
- [7]. Al-taiee T.M. Chilmeran T.A. " Hydraulic Characteristics of Flow Over Compound Crested Weir ", Al-Rafidain Engineering journal, Vol. 14, No. 2, pp. 81-87, 2006.
- [8]. Abdul-latif T. M. Abdul-mohsen M. S., " Calibrating the Discharge Coefficient of Semicircular Crested Weir ", Eng. & Tech. Journal, Vol. 28, No. 24, 2010.
- [9]. Castro-orgaz O., J.V. Giraldez J.V. Ayuso J.L. "Critical flow over circular crested weirs", Journal of hydraulic engineering ASCE, pp. 1661-1664, November, 2008. <http://www.ascelibrary.org>
- [10]- محمد، احمد يونس . "تأثير ميل القناة على خصائص الجريان للمسقط المائي العمودي والمنحرف"، مجلة هندسة الرافدين، المجلد ١٧، العدد ١، الصفحات ٨٠-٩٠، ٢٠٠٩.

[11]- Davis A.C. Ellett B.G.S. Jacop R.P “Flow measurement in sloping channels with rectangular free overfall” J. Hydraul. Eng. Vol.124 , Issue .7 , No.760 ,1998 .

فيما يلي قائمة بالرموز التي تم استخدامها بالبحث:

الرمز	الوحدة	المعنى
b	m	عرض القناة
$C_d$	---	معامل التصريف
D	m	قطر الهدار الاسطواني
$d_1$	m	عمق الماء مقدم الهدار الاسطواني
$d_{crest}$	m	عمق الماء فوق الهدار الاسطواني
Fr	---	رقم فرود
g	m/ s <sup>2</sup>	التعجيل الأرضي
h	m	ارتفاع الماء فوق الهدار المستطيل
$H_1$	m	الطاقة الكلية للجريان
$H_w$	m	شحنة الماء الكلية فوق الهدار الاسطواني
m,n	---	ثوابت وضعية
Q	Lit/s	تصريف القناة فوق الهدار الاسطواني
q	m <sup>3</sup> /s/m	تصريف القناة لوحدة العرض فوق الهدار الاسطواني
$Q_s$	Lit/s	تصريف القناة فوق الهدار المستطيل
$q_s$	m <sup>3</sup> /s/m	تصريف القناة لوحدة العرض فوق الهدار المستطيل
R	m	نصف قطر الهدار الاسطواني
$R^2$	---	معامل التحديد
Re	---	رقم رينولد
z	m	ارتفاع الهدار
$\alpha^\circ$	degree	زاوية ميل قعر القناة
$f1, f2, f3$	---	دوال للمتغيرات
$\mu_w$	m <sup>2</sup> /s	اللزوجة الديناميكية للماء
$\rho_w$	g/cm <sup>3</sup>	الكثافة الكتلية للماء

جدول (١) البيانات المختبرية والمحسوبة للهدار الاسطواني عند ميل القناة (الأفقي)

Run #	D (m)	h (m)	Q <sub>s</sub> lit/s	q <sub>s</sub> (m <sup>3</sup> /s/m)	d <sub>crest</sub> (m)	d <sub>1</sub> (m)	H <sub>1</sub> (m)	H <sub>w</sub> (m)	H <sub>w</sub> /R	Q lit/s	q (m <sup>3</sup> /s/m)	C <sub>d</sub>
1	0.063	0.0310	3.286	0.0110	0.020	0.093	0.093	0.030	0.96	2.686	0.0090	1.22
2	0.063	0.0340	3.774	0.0126	0.022	0.095	0.096	0.033	1.04	3.051	0.0102	1.24
3	0.063	0.0365	4.198	0.0140	0.023	0.097	0.098	0.035	1.11	3.357	0.0112	1.25
4	0.063	0.0390	4.637	0.0155	0.025	0.099	0.100	0.037	1.18	3.675	0.0123	1.26
5	0.063	0.0415	5.089	0.0170	0.026	0.101	0.102	0.039	1.25	4.005	0.0134	1.27
6	0.09	0.0310	3.286	0.0110	0.019	0.120	0.120	0.030	0.67	2.648	0.0088	1.24
7	0.09	0.0335	3.691	0.0123	0.021	0.122	0.122	0.032	0.71	2.930	0.0098	1.26
8	0.09	0.0370	4.284	0.0143	0.023	0.124	0.125	0.035	0.77	3.302	0.0110	1.30
9	0.09	0.0390	4.637	0.0155	0.025	0.126	0.127	0.037	0.82	3.605	0.0120	1.29
10	0.09	0.0445	5.651	0.0188	0.027	0.131	0.132	0.042	0.92	4.333	0.0144	1.30
11	0.114	0.0300	3.128	0.0104	0.017	0.142	0.142	0.028	0.50	2.431	0.0081	1.29
12	0.114	0.0310	3.286	0.0110	0.018	0.143	0.143	0.029	0.51	2.565	0.0085	1.28
13	0.114	0.0325	3.527	0.0118	0.019	0.144	0.144	0.030	0.53	2.702	0.0090	1.31
14	0.114	0.0335	3.691	0.0123	0.020	0.145	0.145	0.031	0.55	2.841	0.0095	1.30
15	0.114	0.0350	3.942	0.0131	0.021	0.146	0.146	0.032	0.57	2.984	0.0099	1.32

جدول (٢) البيانات المختبرية والمحسوبة للهدار الاسطواني عند ميل القناة (٢٨٦:١)

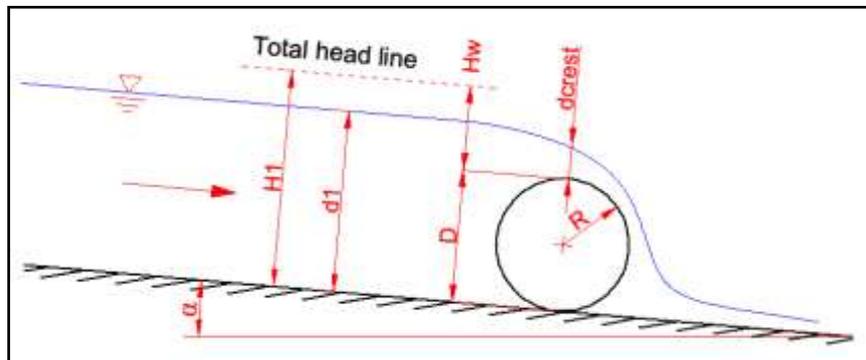
Run #	D (m)	h (m)	Q <sub>s</sub> lit/s	q <sub>s</sub> (m <sup>3</sup> /s/m)	d <sub>crest</sub> (m)	d <sub>1</sub> (m)	H <sub>1</sub> (m)	H <sub>w</sub> (m)	H <sub>w</sub> /R	Q lit/s	q (m <sup>3</sup> /s/m)	C <sub>d</sub>
1	0.063	0.0300	3.128	0.0104	0.019	0.091	0.092	0.029	0.91	2.482	0.0083	1.26
2	0.063	0.0350	3.942	0.0131	0.023	0.095	0.096	0.033	1.05	3.062	0.0102	1.29
3	0.063	0.0405	4.907	0.0164	0.025	0.099	0.101	0.038	1.20	3.770	0.0126	1.30
4	0.063	0.0415	5.089	0.0170	0.026	0.100	0.101	0.038	1.22	3.858	0.0129	1.32
5	0.063	0.0435	5.462	0.0182	0.028	0.101	0.103	0.040	1.27	4.112	0.0137	1.33
6	0.09	0.0320	3.446	0.0115	0.020	0.119	0.119	0.029	0.65	2.588	0.0086	1.33
7	0.09	0.0355	4.027	0.0134	0.022	0.122	0.123	0.033	0.72	3.012	0.0100	1.34
8	0.09	0.0390	4.636	0.0155	0.024	0.124	0.125	0.035	0.78	3.389	0.0113	1.37
9	0.09	0.0420	5.182	0.0173	0.027	0.127	0.128	0.038	0.84	3.779	0.0126	1.37
10	0.09	0.0435	5.462	0.0182	0.028	0.128	0.129	0.039	0.87	3.943	0.0131	1.39
11	0.114	0.0300	3.128	0.0104	0.017	0.140	0.141	0.027	0.47	2.241	0.0075	1.40
12	0.114	0.0310	3.286	0.0110	0.018	0.141	0.142	0.028	0.49	2.371	0.0079	1.39
13	0.114	0.0330	3.609	0.0120	0.019	0.143	0.143	0.029	0.52	2.573	0.0086	1.40
14	0.114	0.0345	3.858	0.0129	0.020	0.144	0.144	0.030	0.53	2.711	0.0090	1.42
15	0.114	0.0350	3.942	0.0131	0.020	0.144	0.145	0.031	0.54	2.780	0.0093	1.42

جدول (3) البيانات المخبرية والمحسوبة للهضار الاسطواني عند ميل القناة (١:٤٣)

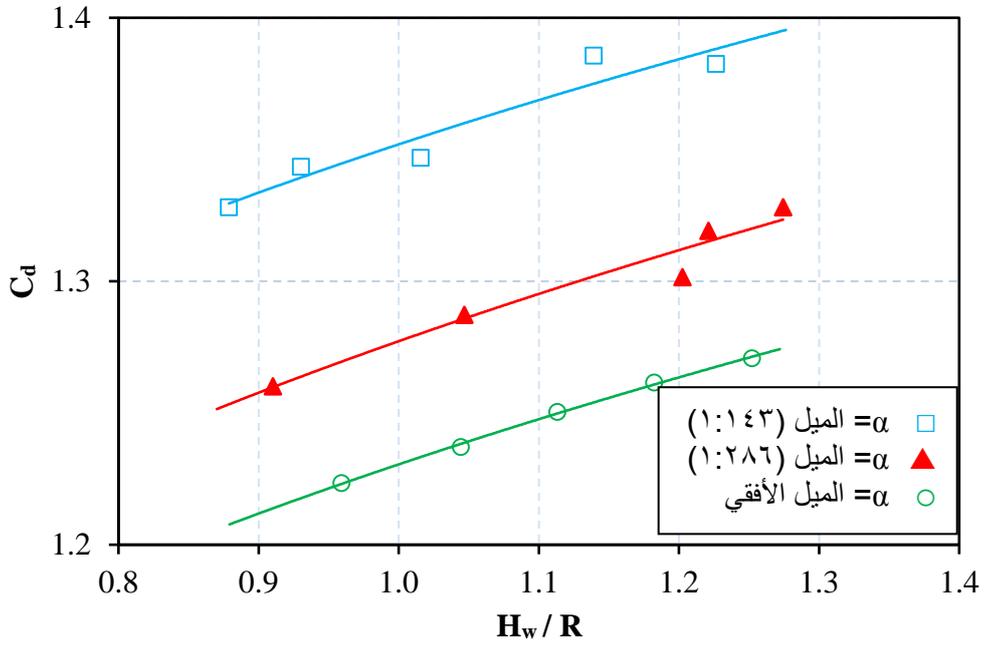
Ru n #	D (m)	h (m)	Q <sub>s</sub> lit/s	q <sub>s</sub> (m <sup>3</sup> /s/m)	d <sub>crest</sub> (m)	d <sub>1</sub> (m)	H <sub>1</sub> (m)	H <sub>w</sub> (m)	H <sub>w</sub> /R	Q lit/s	q (m <sup>3</sup> /s/m)	C <sub>d</sub>
1	0.063	0.0300	3.128	0.0104	0.021	0.090	0.091	0.028	0.88	2.355	0.0079	1.33
2	0.063	0.0320	3.446	0.0115	0.022	0.091	0.092	0.029	0.93	2.565	0.0085	1.34
3	0.063	0.0350	3.942	0.0131	0.023	0.094	0.095	0.032	1.02	2.926	0.0098	1.35
4	0.063	0.0400	4.816	0.0161	0.026	0.097	0.099	0.036	1.14	3.475	0.0116	1.39
5	0.063	0.0430	5.368	0.0179	0.028	0.100	0.102	0.039	1.23	3.883	0.0129	1.38
6	0.09	0.0300	3.128	0.0104	0.021	0.116	0.117	0.027	0.60	2.257	0.0075	1.39
7	0.09	0.0360	4.112	0.0137	0.023	0.121	0.122	0.032	0.70	2.880	0.0096	1.43
8	0.09	0.0375	4.371	0.0146	0.024	0.122	0.123	0.033	0.73	3.027	0.0101	1.44
9	0.09	0.0390	4.636	0.0155	0.025	0.123	0.124	0.034	0.76	3.248	0.0108	1.43
10	0.09	0.0410	4.998	0.0167	0.027	0.124	0.125	0.035	0.79	3.407	0.0114	1.47
11	0.114	0.0300	3.128	0.0104	0.018	0.139	0.140	0.026	0.45	2.117	0.0071	1.48
12	0.114	0.0310	3.286	0.0110	0.019	0.140	0.140	0.026	0.46	2.182	0.0073	1.51
13	0.114	0.0335	3.691	0.0123	0.020	0.142	0.142	0.028	0.50	2.445	0.0081	1.51
14	0.114	0.0385	4.547	0.0152	0.023	0.146	0.147	0.033	0.57	3.002	0.0100	1.51
15	0.114	0.0450	5.746	0.0192	0.027	0.150	0.151	0.037	0.65	3.658	0.0122	1.57

جدول (٤) قيم الثوابت الوضعية (n و m) ومعامل التحديد (R<sup>2</sup>) للعلاقة بين معامل التصريف والقيمة اللابعدية (H<sub>w</sub>/R)

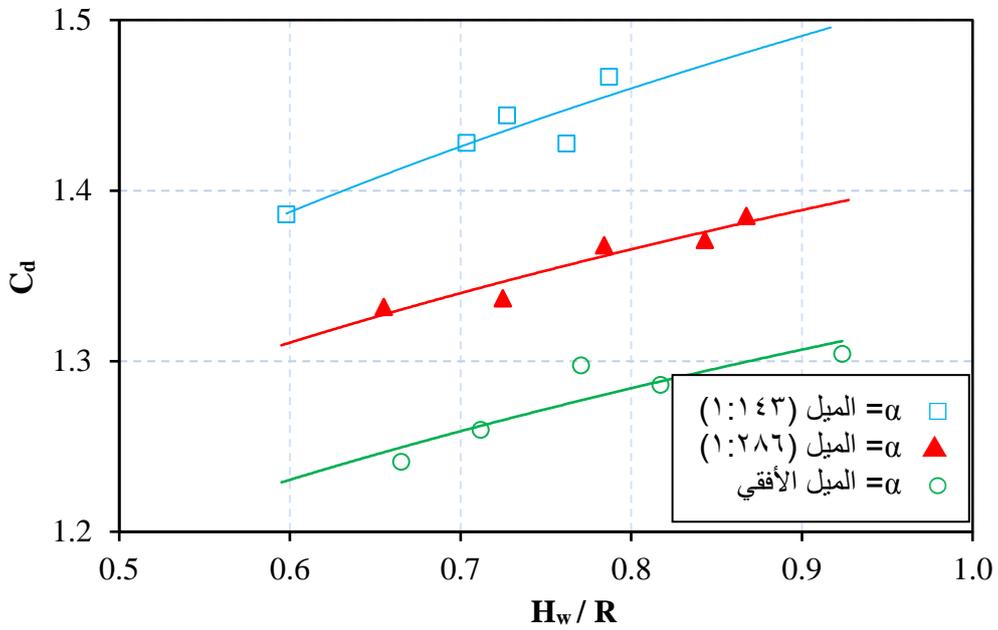
قطر الهضار الاسطواني (سم)									ميل القناة الطولي
١١، ٤			٩			٦، ٣			
R <sup>2</sup>	n	m	R <sup>2</sup>	n	m	R <sup>2</sup>	n	m	
0.76	0.195	1.469	0.81	0.148	1.327	0.998	0.145	1.231	الأفقي
0.73	0.154	1.599	0.91	0.142	1.410	0.95	0.146	1.277	١:٢٨٦
0.83	0.132	1.651	0.83	0.177	1.519	0.91	0.130	1.352	١:١٤٣



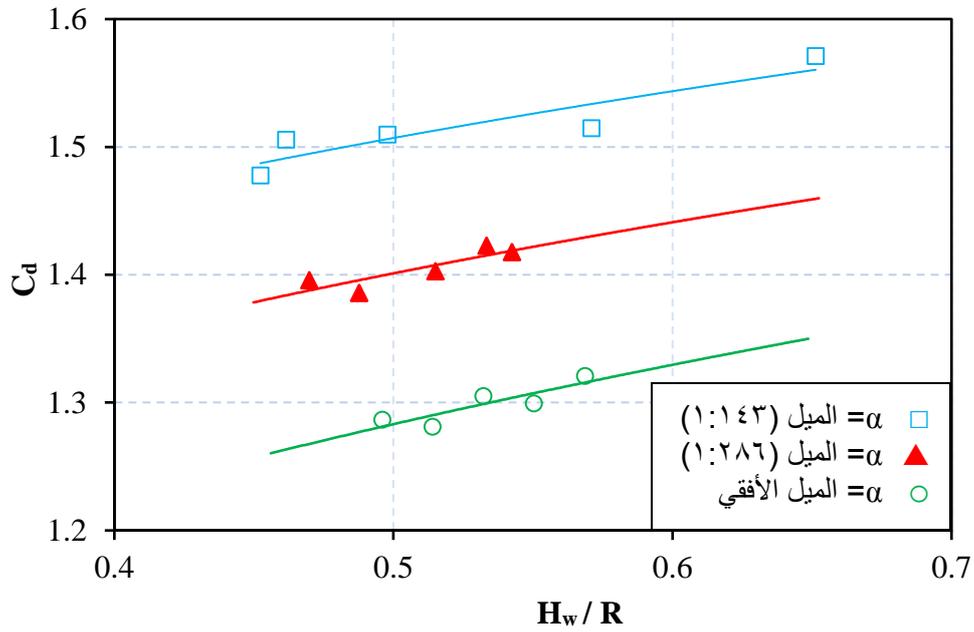
الشكل (١) مخطط يوضح الهضار الاسطواني



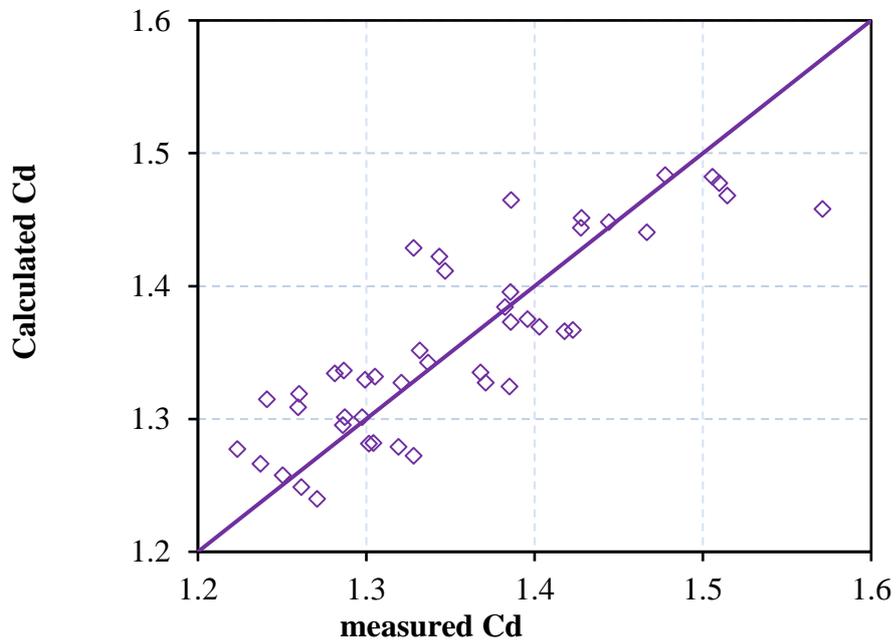
الشكل (٢) العلاقة بين معامل التصريف ( $C_d$ ) والقيمة اللابعدية ( $H_w/R$ ) للهدار الاسطواني ذو القطر 6.3 سم



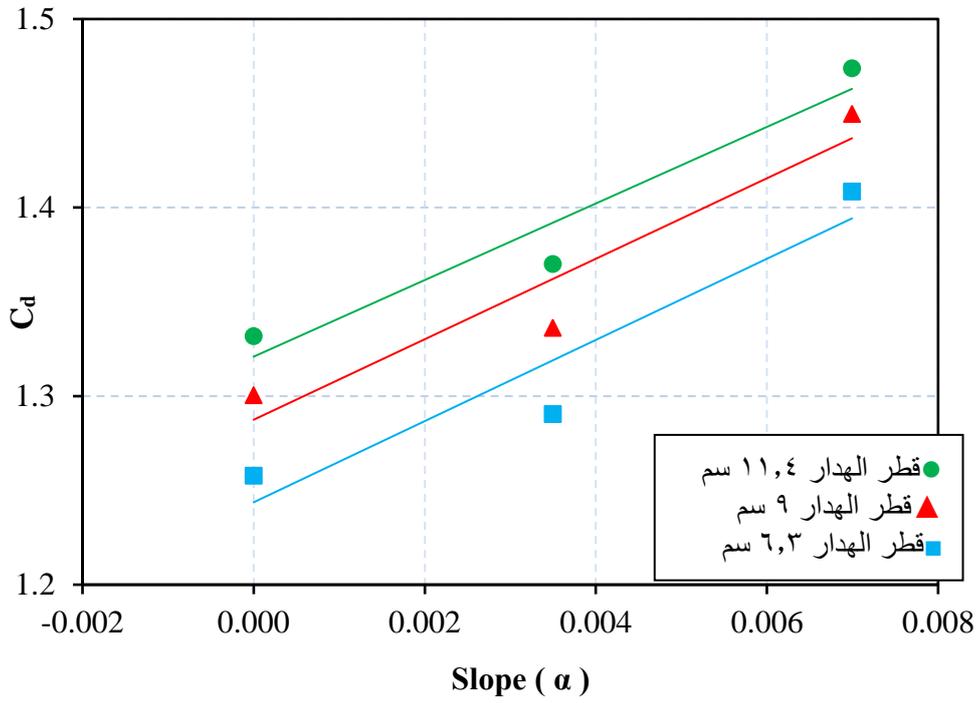
الشكل (٣) العلاقة بين معامل التصريف ( $C_d$ ) والقيمة اللابعدية ( $H_w/R$ ) للهدار الاسطواني ذو القطر ٩ سم



الشكل (٤) العلاقة بين معامل التصريف ( $C_d$ ) والقيمة اللابعديّة ( $H_w/R$ ) للهدار الاسطواني ذو القطر ١١,٤ سم



الشكل (٥) العلاقة بين معامل التصريف المقاس ومعامل التصريف المحسوب



الشكل (٦) العلاقة بين معامل التصريف وميل القناة الطولي