

الأداء الهيدروليكي للهدارات بتعرج شبه منحرف دائري الزوايا

د. مؤيد سعد الله خليل¹
حميد عايد المتبوتى²
هناء عبد المجيد حياوي³

الملخص

إن الهدف الرئيسي من الهدارات المتعرجة هو تمرير تصاريح أكبر ومديات تصريف أوسع مقارنة بالهدارات المستقيمة التي تحتل العرض نفسه من القناة. في هذا البحث تمت دراسة الأداء الهيدروليكي للهدارات المتعرجة بشكل شبه منحرف دائري الزوايا، للحصول على العلاقات الملائمة لحساب معامل تكبير التصريف لنماذج الهدارات المستخدمة، إذ تم إجراء (42) تجربة على نماذج لهدارات بتعرج شبه منحرف بارتفاعات (P=10,20,30) سم وزوايا جانيه مع الجدار (20، 30، 45) وأنصاف أقطار عند الزوايا (5) سم، (7) سم مع ثلاثة نماذج أخرى بشكل شبه منحرف دون تقوس، بزاوية جدار جانيه (30) و بارتفاعات (10,20,30) سم ووضع كل نموذج مرة باتجاه الجريان وأخرى عكس اتجاه الجريان.

¹ قسم هندسة الموارد المائية- جامعة الموصل - العراق.

² قسم هندسة الموارد المائية- جامعة الموصل - العراق.

³ قسم هندسة الموارد المائية- جامعة الموصل - العراق.

أظهرت نتائج الدراسة أن الزاوية الجانبية (30) تعطي أفضل كفاءة أداء (معامل تكبير التصريف) مقارنة بالزاوية الجانبية (20) والزاوية الجانبية (45) في حين الزاوية الجانبية (45) حققت أدنى كفاءة أداء عند نسبة العمق نفسها إلى الارتفاع وتقل كفاءة الأداء بزيادة نسبة العمق إلى الارتفاع.

كما بينت النتائج أن الهدارات ذات الارتفاعات الأقل ($P=10$) سم تعطي أفضل كفاءة أداء من مثيلاتها ذات الارتفاعات الأكبر ($P=20,30$) سم عند نسبة العمق نفسها إلى الارتفاع. كما أن الهدارات الموضوعة باتجاه الجريان تعطي أفضل كفاءة أداء من الهدارات الموضوعة عكس اتجاه الجريان عند الزوايا (20 ، 30) والنماذج ذات الزاوية الجانبية (45) الموضوعة عكس اتجاه الجريان أفضل أداءً من بقيت النماذج الأخرى. وبصورة عامة يزداد معامل تكبير التصريف بزيادة نسبة طول حافة الهدار إلى عرض القناة. كما تم الحصول على علاقتين عامتين لحساب معامل تكبير التصريف بدلالة المتغيرات اللابعدية المؤثرة فيه.

المقدمة

استعملت الهدارات المتعرجة (محورها متعرج من المنظور العلوي) قبل قرن من الزمان حيث يكون شكل التعرج مثلثاً أو مستطيلاً أو منحرفاً أو نصف دائري وقد تكون بدورة واحدة بشكل مفرد أو بعدة دورات أي بأشكال عدة منفردة متصلة مع بعضها، والغرض الرئيس منها هو زيادة التصريف لوحدة العرض، كما لها فوائد أخرى مثل زيادة سعة الخزن المائي للخزانات، وهذا البحث يلقي الضوء على سلوك الأداء الهيدروليكي للهدارات بتعرج شبه منحرف دائري الزوايا.

قام الباحث كوزاك وسفاب (Kozak & Svab) (1961) بإجراء سلسلة من التجارب على (12) نموذج من الهدارات ذات التعرج شبه منحرف ووجدوا أن التصريف فوق الهدارات المتعرجة أكبر من الهدارات المستقيمة تحت شحنة العمق (h_c) نفسها، وفي عام (1962) قام سچلاك (Schlag) بمقارنة تجارب كوزاك وسفاب (Kozak & Svab) (1961) مع هدارات مستطيلة التعرج إذ وجد أن الهدارات بتعرج شبه منحرف تعطي معامل تكبير تصريف أكبر من الهدارات ذات التعرج المستطيل.

أمّا الباحث سميث (Smith) (1967) فقد درس سلوك الهدار المتعرج وكان غرضه تقليل التعرية في منطقة مؤخر الهدار. وفي عام (1970) قدم الباحثان هاي وتايلور (Hay&Taylor) دراسة واسعة عن أداء الهدارات المتعرجة ووجدوا أنه بزيادة طول حافة الهدار إلى عرض القناة يزداد معامل تكبير التصريف لكن لم يجدوا علاقة لحساب معامل تكبير التصريف، وفي عام (1971) حصل دارفاس (Darvas) على نتائج مطابقة للتي حصل عليها هاي وتايلور (Hay&Taylor) (1970).

أمّا الحسنون (Al-Hasson) (1978) فقد درس سلوك الهدار ذا الشكل شبه منحرف ودرس الكسار (1983) سلوك الهدار بتعرج مثلث واستخدم ثلاثة ميول للقناة؛ ميل قليل جداً وميل متوسط وميل عالٍ ووجد أن الأداء يعتمد على نسبة العمق إلى الارتفاع ونسبة طول حافة الهدار إلى عرض القناة، وتبعه الباحث

إبراهيم (Ibraheem) (1983) بدراسة سلوك الهدار مثلث التعرج وتم الحصول على علاقته عامتين لحساب التصريف للنماذج باتجاه الجريان وعكسه. وفي عام (1996) قدم الباحثان نوري وحياوي (Noori&Hayawi) بحثاً حول أداء الهدارات ذات التعرج نصف الدائري، كما قدم الباحثان نوري وحياوي في عام (1999) طريقة للتصميم الهيدروليكي للهدارات ذات التعرج المثلث ووجدوا أن الزاوية الجانبية الصغيرة تعطي قيماً أعلى لمعامل تكبير التصريف من الزوايا الجانبية الكبيرة. ودرس وارمليتون وسوفاني (1998) (Warmeleton & Soufiuni) أداء التهوية للهدارات المتعرجة إذ أثبتت البحوث أن الهدارات المتعرجة تزيد كفاءة التهوية إلى أكثر من 47% من الهدارات المستقيمة.

التحليل البعدي

الجريان فوق الهدار المتعرج يكون دالة لكثير من العوامل التي يمكن وضعها في الصيغة الآتية:

$$\phi = (h_c, L, P, W, \rho, \mu, \sigma, V, g, \theta, Q_c) \dots \dots \dots (1)$$

حيث إن:

h_c = عمق الماء المقدم فوق حافة الهدار

L = الطول الكلي لحافة الهدار

P = ارتفاع الهدار

W = عرض القناة

ρ = كثافة الماء الكتلية

σ = الشد السطحي للماء

μ = اللزوجة الديناميكية للماء

g = تسارع الجاذبية الأرضي

V = سرعة الجريان

$\theta =$ الزاوية الجانبية للهدار

$Q_c =$ التصريف المار فوق النموذج

وبإتباع نظرية التحليل البعدي يمكن صياغة العلاقة (1) على النحو الآتي:

$$\frac{Q_c}{\frac{2}{3}\sqrt{2g}Lh_c^{1.5}} = \phi\left(\frac{h_c}{P}, \frac{L}{W}, \frac{L}{P}, \theta, \frac{Vh_c}{\mu}, \frac{V}{\sqrt{\frac{\sigma}{\rho h_c}}}, \frac{V}{\sqrt{gh_c}}\right) \dots \dots \dots (2)$$

$$\frac{Q_c}{Q_n} = \phi\left(\frac{h_c}{P}, \frac{L}{W}, \frac{L}{P}, \theta, \frac{Vh_c}{\mu}, \frac{V}{\sqrt{\frac{\sigma}{\rho h_c}}}, \frac{V}{\sqrt{gh_c}}\right) \dots \dots \dots (3)$$

حيث إن:

$Q_n =$ التصريف المحسوب للهدار المستقيم المناظر لنموذج الهدار (باستعمال علاقة Rehbock)

$\frac{Q_c}{Q_n}$ يمثل معامل تكبير التصريف الذي يمثل النسبة بين التصريف الذي يمرره السد

الغاطس المتعرج إلى التصريف الذي يمرره السد الغاطس المستقيم تحت العرض نفسه و شحنة العمق نفسها (h_c). $= \frac{V}{\sqrt{gh_c}}$ عدد فراود أما المقدار $\frac{Vh_c}{\mu}$ فيمثل رقم رينولدز والمقدار $\frac{V}{\sqrt{\frac{\sigma}{\rho h_c}}}$ يمثل رقم ويبر ويمكن إهمال تأثير اللزوجة والشد

السطحي دون خطأ يذكر إلا عند الأعماق القليلة جداً لذا يمكن صياغة العلاقة أعلاه كالتالي:

$$\frac{Q_c}{Q_n} = \phi\left(\frac{h_c}{P}, \frac{L}{W}, \frac{L}{P}, \theta, \frac{V}{\sqrt{gh_c}}\right) \dots \dots \dots (4)$$

العمل المختبري

تم اختبار (42) نموذجاً من الهدارات المتعرجة في برنامج العمل المختبري وقد صنعت هذه النماذج من صفائح الحديد بسمك (1.3) ملم وكانت النماذج بشكل شبه منحرف بتقوس عند زواياه. جميع النماذج كانت بعرض (0.3) م وبامتداد (0.12) م ارتفاع الهدار (p= 10,20,30) سم ونصف القطر عند زواياه (R=5,7) سم وأخذت ثلاث زوايا جانبية مع الجدار $\theta = (20,30,45)^\circ$ كما تم تصنيع ثلاثة نماذج أخرى بشكل شبه منحرف دون تقوس (R=0) سم بزوايا جانبية (30°) وبارتفاعات (30,20,10) سم وفحص كل نموذج مرة باتجاه الجريان وأخرى عكس اتجاه الجريان. في الشكل (1) نموذج للهدارات المستخدمة في البحث.

أنجز العمل المختبري في قناة بطول (10) م وعرض (0.3) م وعمق (0.45) م، تتكون القناة من جدران زجاجية ذات أرضية معدنية ملساء مثبتة على هيكل حديدي مستند على أرضية المختبر ويوجد فوق القناة سكة حديدية مثبتة على طول القناة موضوع عليها المقياس المستدق. كما في الشكل (2).

وضعت جميع النماذج على مسافة (3) م من مقدم القناة المفتوحة للحصول على استقرار لمستوى الماء مقدم الجريان وبعد ذلك يتم إجراء التجارب على النماذج بتغيير التصريف ما بين خمس إلى سبع مرات لكل نموذج ويقاس التصريف الحقيقي (Q_c) عن طريق الهدار القياسي حاد الحافة الموجود في نهاية القناة الذي يمكن رفعه في أثناء التجارب للحصول على جريان حر في القناة المفتوحة وبعدها يتم قياس مستوى الماء مقدم النموذج عند حالة الاستقرار أي يصبح مستوى الماء أفقياً ومنه يحسب عمق الماء المقدم (h_c). ومن معرفة عمق الماء المقدم فوق النموذج (h_c) وارتفاع النموذج (P) يتم حساب تصريف الهدار المستقيم المناظر للنموذج للارتفاع نفسه وبالعرض نفسه باستعمال علاقة ريبوك (Rehbock):

$$Q_n = \frac{2}{3} \left(0.6035 + 0.0813 \frac{h_c + 0.001}{P} \right) W \sqrt{2g} (h_c + 0.0012)^{1.5} \dots \dots \dots (5)$$

وقد أجريت التجارب ضمن شروط الجريان الحر والمستقر في الماء الصافي الخالي من الرسابات، وإنَّ الحدود اللا بعدية والهيدروليكية المستخدمة في البحث كانت كما يأتي:

$$\begin{aligned} 0.0565 &> hc/P > 0.042 \\ 1.02 \text{ سم} &> h_c > 8.65 \text{ سم} \\ 1.5 &> L/W > 1.3 \\ 1.3 &> L/P > 1.19 \\ 0.192 &> Fr > 0.01 \end{aligned}$$

النتائج والمناقشة

كفاءة الهدارات وأداؤها

إن الغرض من الهدارات المتعرجة هو تمرير تصريف أكبر ومجالات تصريف أوسع من الهدارات المستقيمة التي فيها طول الحافة (L) يساوي عرض القناة (W). تم اعتماد معامل تكبير التصريف $\left(\frac{Q_c}{Q_n}\right)$ كمؤشر على كفاءة الأداء لدراسة المتغيرات المؤثرة فيه وكل على حدة.

1- تأثير الزاوية الجانبية للهدار في كفاءة الأداء.

تم رسم معامل تكبير التصريف $\left(\frac{Q_c}{Q_n}\right)$ مع نسبة العمق إلى الارتفاع $\left(\frac{h_c}{P}\right)$ لزوايا مختلفة $(20,30,45)^\circ$ عند نفس نصف القطر (R) والارتفاع (P) نفسه لجميع تجارب البحث كما في الأشكال (3,4,5,6,7,8) التي تمثل عينة لجزء من تجارب البحث، ومن خلال هذه الأشكال نلاحظ أن الزاوية الجانبية $(30)^\circ$ وبشكل عام تعطي أفضل كفاءة أداء من الزاوية $(20)^\circ$ والزاوية $(45)^\circ$ أما الزاوية $(20)^\circ$ فكانت مقاربة للزاوية الجانبية $(30)^\circ$ لكن الزاوية الجانبية $(45)^\circ$ حققت أدنى كفاءة أداء (1.3,1.4)

عند نسبة العمق إلى الارتفاع (0.1,0.42) على التوالي والسبب يعود إلى أن الزاوية الجانبية 30° تعطي طولاً للحافة أكبر من الزاوية 45° وتعطي مساحة أكبر للجريان بين حافة الهدار وجوانب القناة من الزاوية الجانبية 20° أمّا الزاوية 45° فلها أقل طول للحافة من الزاويتين وبذلك تعطي أقل تصريف عنهما، كما يلاحظ أن كفاءة الأداء لنماذج الهدارات تقل بزيادة نسبة العمق إلى الارتفاع $\left(\frac{h_c}{P}\right)$ عند أي زاوية جانبية والسبب أنه بزيادة شحنة العمق (h_c) تزداد السرعة ويزداد التصادم بين البثق المسطح وجوانب القناة فضلاً عن أن اتجاه الجريان يكون باتجاهات غير عمودية على حافة الهدار، كما أن عمق الماء على طول الحافة يكون غير متساوٍ وهذه العوامل كلها تؤدي إلى تقليل التصريف الفعلي مما يؤدي إلى تقليل كفاءة الأداء.

2-تأثير ارتفاع الهدار في كفاءة الأداء.

تمت دراسة تكبير التصريف $\left(\frac{Q_c}{Q_n}\right)$ مع نسبة العمق إلى الارتفاع $\left(\frac{h_c}{P}\right)$ عند ارتفاعات مختلفة عند نصف القطر نفسه و الزاوية الجانبية نفسها ولجميع تجارب البحث، وتم اختيار بعض الأشكال لتوضيح نتائج البحث كما في الأشكال (9,10,11,12,13,14) ومن خلال هذه الأشكال يتضح ما يأتي:

الهدارات ذات الارتفاعات الواطئة ($p=10$) سم تكون كفاءة أدائها أفضل من مثيلاتها ذات الارتفاعات العالية ($P=20, P=30$) سم عند نسبة العمق نفسها إلى الارتفاع (0.3-0.1) ولكن عند زيادة نسبة العمق إلى الارتفاع إلى أكبر من 0.3 يكون التغيير في كفاءة الأداء قليلاً عند الارتفاعات المختلفة نفسها ووجد أن الهدارات ذات الارتفاعات الواطئة تعطي قيمة أكبر لمعامل تكبير التصريف من الارتفاعات العالية لأن الارتفاعات العالية تسبب حجز الماء مما يؤدي إلى تقليل السرعة، وبذلك تقل

كمية الماء المار فوق الهدار المتعرج مقارنة بالهدارات ذات الارتفاعات الواطئة مما يؤدي إلى تقليل معامل تكبير التصريف للنماذج الموضوعه باتجاه الجريان وعكسه.

3- تأثير اتجاه الجريان في كفاءة الأداء .

لدراسة تأثير اتجاه الجريان في كفاءة الأداء تم حساب أكبر قيمة لمعامل كفاءة الأداء

$$\left(\frac{Q_c}{Q_n}\right) \text{ وأصغرها للنماذج باتجاه الجريان وعكسه للقيم نفسها للنسبة } \left(\frac{h_c}{p}\right) \text{ لكل}$$

نموذج كما في الجدول (1) ومن الجدول يلاحظ ما يأتي :

• بالنسبة للزاوية 20 يكون الأداء للنماذج الموضوعه باتجاه الجريان أفضل بشكل عام من تلك الموضوعه عكس الجريان وخاصة عندما تكون $p = 10$ سم ويقل

$$\text{الفارق في الأداء كلما ازدادت قيم } p \text{ وكلما ازدادت قيم } \left(\frac{h_c}{p}\right).$$

• أما الزاوية 30 فقد أشارت النتائج إلى ما يماثل الزاوية 20 ولكن بفارق أقل من كفاءة الأداء بين النماذج باتجاه الجريان وعكسه وكذلك يقل الفارق عندما تكون

p أكبر من 10 سم ومع زيادة قيم $\left(\frac{h_c}{p}\right)$ كما يلاحظ تفوق النماذج الموضوعه

عكس الجريان عندما يزداد نصف قطر النفوس إلى 7 سم وقيم p أكبر من 10 سم.

• بالنسبة للزاوية 45 إن النماذج الموضوعه عكس الجريان يكون أدائها أفضل من مثيلاتها باتجاه الجريان وعندما تكون قيم p بين 10 سم و 20 سم ويحدث العكس للنماذج الأخرى عندما تكون قيم $p = 30$ سم ولكن بفارق بسيط في كفاءة الأداء.

4-تأثير نصف قطر التقوس في كفاءة الأداء.

لدراسة تأثير نصف قطر التقوس في كفاءة الأداء تمت المقارنة بين النماذج ذات الزاوية الجانبية 30° (بأنصاف أقطار (7 و 5 و صفر) سم كما في الأشكال (15 و 16) والتي تمثل عينة من نتائج البحث لهذه الحالة ومن خلال هذه الأشكال يبين ما يأتي:
يقل الأداء بزيادة نسبة العمق إلى الارتفاع عند أي نصف قطر تقوس.

في القيم القليلة لنسبة العمق إلى الارتفاع $\left(\frac{h_c}{P} = 0.05\right)$ يكون أداء النموذج دون

تقوس عندما $(R = 0)$ سم أفضل بقليل من النماذج ذات نصف القطر (5،7) سم.

أما عند زيادة نسبة العمق إلى الارتفاع إلى (0.15) فإن الهدارات ذات نصف القطر (5) سم يكون أدائها أفضل على الرغم من أن طول حافتها أقل إذا بلغت كفاءة الأداء

لها (1.5) وبلغت (1.48) للنماذج نصف قطر $(R = 0)$ سم وبلغت (1.45) للنماذج

بنصف قطر $(R = 7)$ سم عند نسبة العمق نفسها إلى الارتفاع $\left(\frac{h_c}{P} = 0.12\right)$

لنموذج بارتفاع (20) سم وذلك بسبب الإعاقة التي تبديها زاوية شبه المنحرف مما يؤدي إلى تداخل البثق المسطح بصورة أكبر من النماذج التي تحتوي على تقوس.

5-تأثير نسبة طول حافة الهدار إلى عرض القناة $\left(\frac{L}{W}\right)$ في كفاءة الأداء.

من أجل إيجاد تأثير نسبة $\left(\frac{L}{W}\right)$ في كفاءة الأداء تم حساب معامل تكبير التصريف

$\left(\frac{Q_c}{Q_n}\right)$ عند قيم محددة لقيم $\left(\frac{L}{W}\right)$ وعند الارتفاعات (10,20,30) سم ولقيم معينة

لنسبة العمق إلى الارتفاع $\left(\frac{h_c}{P}\right)$ وللنماذج الموضوعة باتجاه الجريان وعكسه

وضعت نتائج الحسابات في الجدول (2)، ومن خلال هذا الجدول يلاحظ أن معامل التكبير لجميع نماذج الهدارات وبغض النظر عن وضعها بالنسبة للجريان يقل مع

انخفاض قيم $\left(\frac{L}{W}\right)$ وذلك عندما تكون قيم $\left(\frac{h_c}{P}\right)$ صغيرة ومحصورة بين (0.1-0.17). أما عندما تكون قيم $\left(\frac{h_c}{P}\right)$ كبيرة أي (0.28-0.42) فإنَّ الجدول أعلاه لا يشير إلى وجود علاقة واضحة بين معامل تكبير التصريف وقيم $\left(\frac{L}{W}\right)$.

6- استنباط معادلة لحساب معامل تكبير التصريف :

لاستنباط علاقات لحساب معامل تكبير التصريف $\left(\frac{Q_c}{Q_n}\right)$ تم وضع المتغيرات اللابعدية المؤثرة في معامل تكبير التصريف في العلاقة (3) للنماذج الموضوعة باتجاه الجريان وعكسه في البرنامج الحاسوبي (SPSS 10.1) باستخدام الحاسبة الإلكترونية وتم الحصول على العلاقة الآتية بالنسبة للنماذج الموضوعة باتجاه الجريان.

$$\frac{Q_c}{Q_n} = \frac{0.685 \left(\frac{L}{W}\right)^{1.726} \left(\frac{L}{P}\right)^{0.09} (\theta)^{0.196}}{\left(\frac{h_c}{P}\right)^{0.129}} \dots\dots\dots (6)$$

حيث θ في النظام نصف قطري وبمعامل ارتباط $r=0.844$

أما بالنسبة للنماذج الموضوعة عكس اتجاه الجريان فقد تم التوصل إلى العلاقة الآتية:

$$\frac{Q_c}{Q_n} = \frac{0.689 \left(\frac{L}{W}\right)^{1.12} \left(\frac{L}{P}\right)^{0.062} (\theta)^{0.145}}{\left(\frac{h_c}{P}\right)^{0.098}} \dots\dots\dots (7)$$

حيث معامل الارتباط للعلاقة أعلاه يساوي 0.737 والزواية β تقاس بالنظام نصف القطري. علماً أنه تمّت دراسة تأثير عدد فراود في معامل تكبير للتصريف $\frac{Q_c}{Q_n}$ من

خلال البرنامج الحاسوبي وظهر أن تأثيره ضعيف جداً حيث لم يتجاوز معامل الارتباط بينهما عن 0.015 للنماذج باتجاه الجريان و0.073 للنماذج عكس اتجاه الجريان وعليه تم إهماله لتبسيط العلاقات أعلاه.

الاستنتاجات

من خلال نتائج الدراسة يمكن الخروج بالاستنتاجات الآتية:

1. حققت الزاوية الجانبية 30° أفضل كفاءة أداء مقارنة بالزاوية 20° والزاوية 45° أما الزاوية 45° فحققت أدنى كفاءة أداء عند نسبة العمق نفسها إلى الارتفاع كما أن كفاءة الأداء تقل بزيادة نسبة العمق إلى الارتفاع.
2. الهدارات ذات الارتفاعات الأقل ($P=10$) سم تعطي أفضل كفاءة أداء من مثيلاتها ذات الارتفاعات الأكبر ($R=7$) سم، ($P=30$) سم عند نسبة العمق نفسها إلى الارتفاع.
3. الهدارات الموضوعة باتجاه الجريان تعطي كفاءة أداء أفضل عند الزوايا 20° و 30° من الزاوية الجانبية 45° أما النماذج ذات الزاوية الجانبية 45° فإن النماذج الموضوعة عكس اتجاه الجريان هي أفضل أداء.
4. بصورة عامة يزداد معامل تكبير التصريف بزيادة طول حافة الهدار إلى عرض القناة عند القيم القليلة لنسبة العمق إلى الارتفاع، أما عند القيم الكبيرة فلا توجد علاقة واضحة بينهما.
5. من تجارب البحث لوحظ أن أكبر قيمة لمعامل تكبير التصريف تساوي (1.7) للنموذج 30° ($\theta=30$) في حين كانت أقل قيمة تساوي (1.52) للنموذج 45° ($\theta=45$).
6. تم الحصول على علاقتين عامتين لحساب معامل تكبير التصريف بدلالة نسبة العمق إلى الارتفاع ونسبة طول حافة الهدار إلى عرض القناة ونسبة طول حافة الهدار إلى ارتفاعه، وكذلك الزاوية الجانبية للنماذج الموضوعة باتجاه الجريان وعكسه كما في العلاقتين (7،6) بمعامل ارتباط (0.737,0.844) على التوالي.

الرموز

تم استخدام الرموز الآتية في هذا البحث:

$$g = \text{تسارع الجاذبية الأرضية}$$

$$h_c = \text{عمق الماء المقدم فوق حافة الهدار}$$

$$L = \text{الطول الكلي لحافة الهدار}$$

$$P = \text{ارتفاع الهدار}$$

$$Q_c = \text{التصريف المار فوق الهدار المتعرج}$$

$$Q_n = \text{تصريف الهدار المستقيم المناظر لنموذج الهدار المتعرج}$$

$$r = \text{معامل الارتباط}$$

$$V = \text{سرعة الجريان}$$

$$W = \text{عرض القناة}$$

$$\rho = \text{كثافة الماء الكتلية}$$

$$\sigma = \text{التشد السطحي للماء}$$

$$P_2 = \text{اللزوجة الديناميكية للماء}$$

$$p_3 = \text{التشد السطحي للماء}$$

$$\theta = \text{الزاوية الجانبية لحافة الهدار مع جوانب القناة}$$

$$\phi = \text{دالة المتغيرات}$$

المصادر

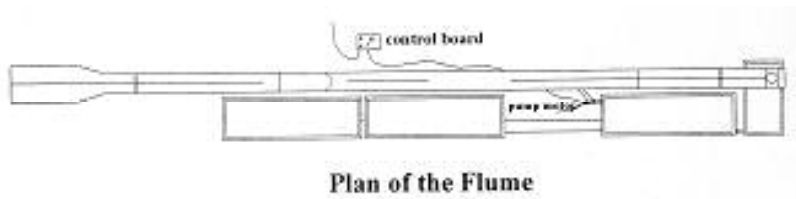
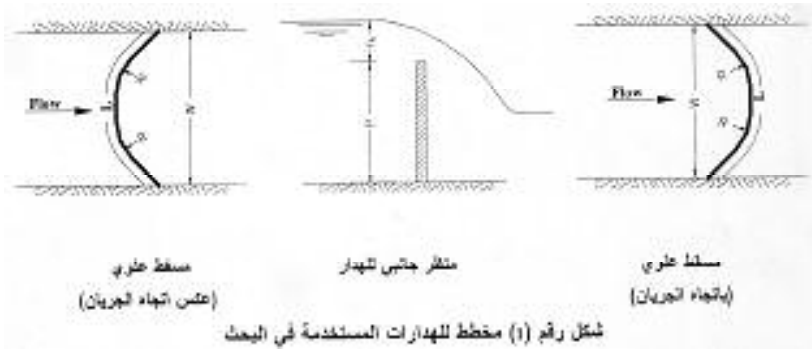
- 1- Al-Hasson, H.M. (1976) "Hydraulic of flow over labyrinth weirs ", A report submitted to facility of engineering and applied science, University of Southampton, England,U.K.
- 2- Al-Hasson,H.M.(1978) Hydraulic of flow over labyrinth weirs", Ph.D., thesis, University of Southampton,England,U.K.
- 3- Al-Qasser,G.(1983), "Laboratory investigation of some hydraulic feature of labyrinth weirs",M Sc.,thesis,University of Baghdad, Iraq.
- 4- Acker,P.white,W.,parkins,j. and Harrison,A.(1978)"Weirs and flume for low measurement", First edition, john Wiley and sons Co.,Chicheester, England,U.K.
- 5- Darvas,L.(1971) discussion on "Performance and design of labyrinth weirs", journal of hydraulic division,ASCE,vol.97,No.HY8,pp(1246-1251).
- 6- Hay,N.andTaylor,G.(1970)"Performance and design of labyrinth weirs", journal of hydraulic division,ASCE,vol.96,No.HY11,pp(2337-2357).
- 7- Ibraheem,G. (1983)"Discharge and flow characteristics of weirs with triangular plan form",M.Sc.thesis,University of Mosul.Iraq.
- 8- Noori,B.and Hayawi,G.(1996)"Hydraulic characteristics of flow over semicircular sharp-crested weirs", Journal dirasat for engineering science,vol.23,No.1,pp(37-46).
- 9- Noori,B.and Hayawi,H.(1999)"Hydraulic characteristics of flow over sharp-crested zigzag weirs", Journal dirasat for engineering science,vol.26,No.1,pp(135-146).
- 10- Smith ,K.V.H.(1967)"Wadijizan irrigation project ",report on: Labyrinth weir field outlet,Dept.of civil engineering, Southampton University,U.K.
- 11- Wormeleaton,P.and Soufiuni,E(1998)"Aeration performance of triangular plan form labyrinth weirs", Journal of environmental engineering.

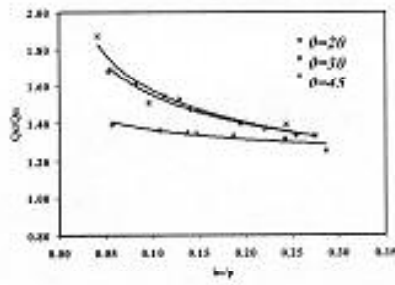
جدول (1) تأثير اتجاه الجريان في معامل كفاءة الأداء

عكس اتجاه الجريان			باتجاه الجريان		θ°
$\frac{Q_c}{Q_n}$	$\frac{Q_c}{Q_n}$	$\frac{h_c}{p}$	P (cm)	R (cm)	
1.285	1.806	0.154	10	5	20
1.340	1.428	0.44			
1.516	1.677	0.084	20		
1.230	1.230	0.43			
1.682	1.726	0.075	30		
1.260	1.296	0.28			
1.46	1.666	0.138	10	7	20
1.409	1.371	0.152			
1.446	1.502	0.069	20		
1.277	1.271	0.421			
1.535	1.674	0.060	30		
1.342	1.323	0.245			
1.467	1.543	0.185	10	5	30
1.460	1.483	0.439			
1.546	1.503	0.107	20		
1.255	1.278	0.419			
1.555	1.610	0.062	30		
1.380	1.339	0.275			
1.514	1.551	0.155	10	7	30
1.435	1.442	0.385			
1.581	1.490	0.103	20		
1.324	1.311	0.413			
1.654	1.685	0.075	30		
1.330	1.278	0.280			
1.590	1.439	0.160	10	5	45
1.405	1.342	0.443			
1.476	1.366	0.113	20		
1.274	1.273	0.420			
1.449	1.765	0.062	30		
1.335	1.345	0.270			
1.394	1.381	0.170	10	7	45
1.356	1.329	0.439			
1.347	1.330	0.121	20		
1.325	1.314	0.313			
1.361	1.411	0.103	30		
1.265	1.323	0.273			

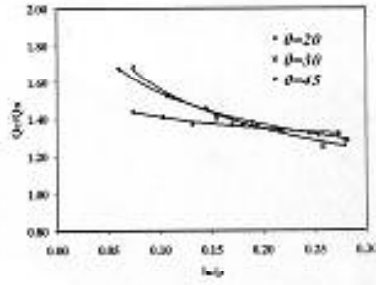
جدول (2) تأثير قيم (L/W) في معامل تكبير التصريف

النموذج بعكس اتجاه الجريان p=30(سم)				النموذج باتجاه الجريان p=30(سم)				L/W
Qc/Qn	hc/p	Qc/Qn	hc/p	Qc/Qn	hc/p	Qc/Qn	hc/p	
1.25	0.28	1.56	0.1	1.33	0.28	1.63	0.1	1.5
1.33	0.28	1.53	0.1	1.29	0.28	1.57	0.1	1.47
1.43	0.28	1.52	0.1	1.38	0.28	1.57	0.1	1.41
1.35	0.28	1.56	0.1	1.26	0.28	1.55	0.1	1.398
1.36	0.28	1.42	0.1	1.3	0.28	1.56	0.1	1.318
1.29	0.28	1.36	0.1	1.28	0.28	1.53	0.1	1.3
النموذج بعكس اتجاه الجريان p=20(سم)				النموذج باتجاه الجريان p=20(سم)				L/W
Qc/Qn	hc/p	Qc/Qn	hc/p	Qc/Qn	hc/p	Qc/Qn	hc/p	
1.31	0.42	1.51	0.1	1.22	0.42	1.6	0.1	1.5
1.33	0.42	1.44	0.1	1.28	0.42	1.52	0.1	1.47
1.29	0.42	1.57	0.1	1.33	0.42	1.58	0.1	1.41
1.39	0.42	1.55	0.1	1.34	0.42	1.49	0.1	1.398
1.3	0.42	1.47	0.1	1.28	0.42	1.38	0.1	1.318
1.3	0.42	1.36	0.1	1.29	0.42	1.34	0.1	1.3
النموذج بعكس اتجاه الجريان p=10(سم)				النموذج باتجاه الجريان p=10(سم)				L/W
Qc/Qn	hc/p	Qc/Qn	hc/p	Qc/Qn	hc/p	Qc/Qn	hc/p	
1.35	0.42	1.48	0.17	1.45	0.42	1.72	0.17	1.5
1.42	0.42	1.43	0.17	1.43	0.42	1.64	0.17	1.47
1.43	0.42	1.47	0.17	1.49	0.42	1.54	0.17	1.41
1.45	0.42	1.51	0.17	1.45	0.42	1.55	0.17	1.398
1.47	0.42	1.51	0.17	1.33	0.42	1.42	0.17	1.318
1.35	0.42	1.39	0.17	1.33	0.42	1.38	0.17	1.3

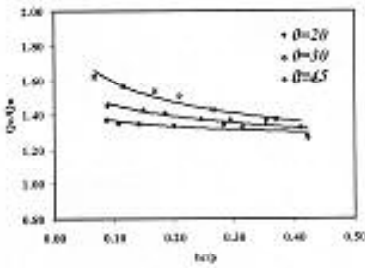




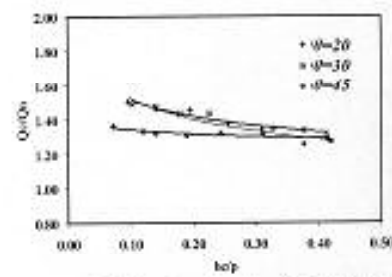
شكل (4) العلاقة بين تكبير التصريف مع نسبة العمق إلى الارتفاع للمودج (P=30) سم، (R=7) سم، عكس اتجاه الجريان.



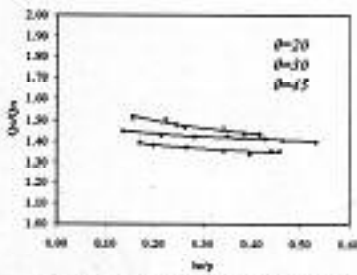
شكل (3) العلاقة بين تكبير التصريف مع نسبة العمق إلى الارتفاع للمودج (P=30) سم، (R=7) سم، باتجاه الجريان.



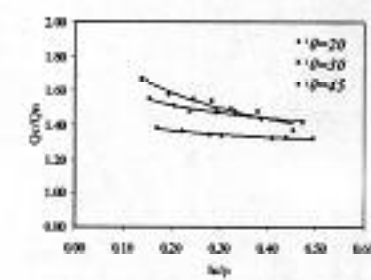
شكل (6) العلاقة بين تكبير التصريف مع نسبة العمق إلى الارتفاع للمودج (P=20) سم، (R=7) سم، عكس اتجاه الجريان.



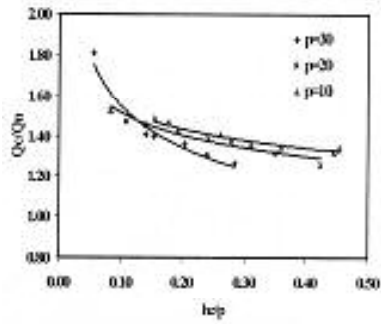
شكل (5) العلاقة بين تكبير التصريف مع نسبة العمق إلى الارتفاع للمودج (P=20) سم، (R=7) سم، باتجاه الجريان.



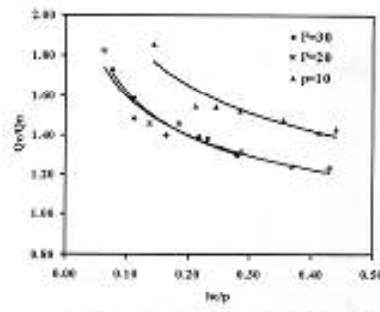
شكل (8) العلاقة بين تكبير التصريف مع نسبة العمق إلى الارتفاع للمودج (P=10) سم، (R=7) سم، عكس اتجاه الجريان.



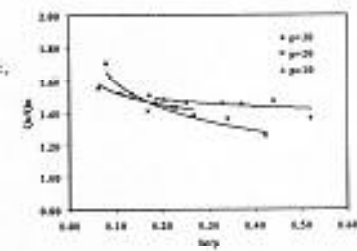
شكل (7) العلاقة بين تكبير التصريف مع نسبة العمق إلى الارتفاع للمودج (P=10) سم، (R=7) سم، باتجاه الجريان.



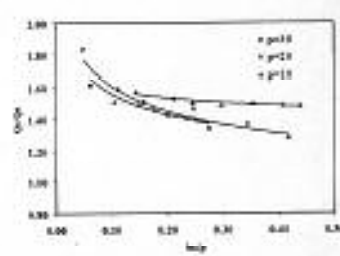
شكل (10) العلاقة بين تكبير التصريف مع نسبة العرق إلى الارتفاع للنموذج $(\theta=20)$ ، $(R=5)$ ، عكس اتجاه الجريان.



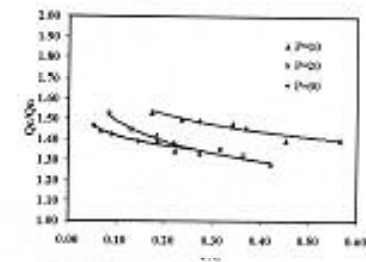
شكل (9) العلاقة بين تكبير التصريف مع نسبة العرق إلى الارتفاع للنموذج $(\theta=20)$ ، $(R=5)$ ، باتجاه الجريان.



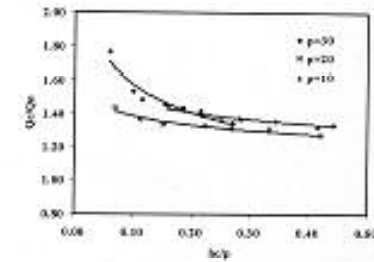
شكل (12) العلاقة بين تكبير التصريف مع نسبة العرق إلى الارتفاع للنموذج $(\theta=30)$ ، $(R=5)$ ، عكس اتجاه الجريان.



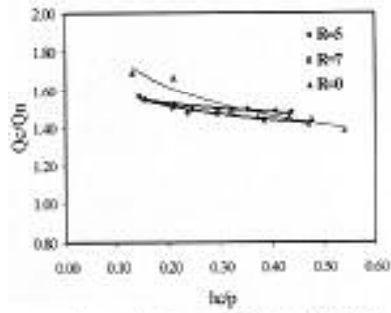
شكل (11) العلاقة بين تكبير التصريف مع نسبة العرق إلى الارتفاع للنموذج $(\theta=30)$ ، $(R=5)$ ، باتجاه الجريان.



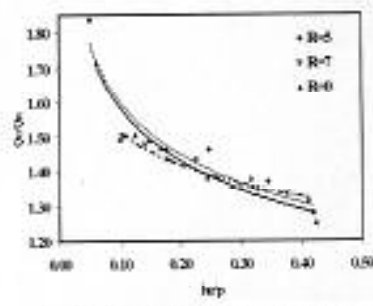
شكل (14) العلاقة بين تكبير التصريف مع نسبة العرق إلى الارتفاع للنموذج $(\theta=45)$ ، $(R=5)$ ، عكس اتجاه الجريان.



شكل (13) العلاقة بين تكبير التصريف مع نسبة العرق إلى الارتفاع للنموذج $(\theta=45)$ ، $(R=5)$ ، باتجاه الجريان.



شكل (14) تأثير نصف قطر التفوس في الأداء للتصديج (P=100)، $\theta=20^\circ$ ، باتجاه العريان.



شكل (15) تأثير نصف قطر التفوس في الأداء للتصديج (P=100)، $\theta=20^\circ$ ، باتجاه العريان.

تاريخ ورود البحث إلى مجلة جامعة دمشق 2004/10/26.