

## قياس معامل التصريف $C_d$ لفوهة خزان باستخدام الدارات الرقمية

الدكتور كمال محمود عفيصه\*

(تاريخ الإيداع 14 / 7 / 2019. قُبِلَ للنشر في 12 / 11 / 2019)

### □ ملخص □

يهدف هذا البحث إلى تطوير آلية إلكترونية لتعيين معامل التصريف  $C_d$  لفوهة تقع في أسفل خزان، وذلك باستخدام دائرة إلكترونية رقمية للتحكم بتدفق المياه وتصريفها. تُظهر الدارة حجم الماء على شكل ارقام عشرية decimal وتتحكم بحجم الماء في الخزان. حيث انه عندما تنخفض سوية الماء عن حجم محدد يتم اختياره مسبقاً فإن الأوامر تصدر لمضخة المياه بالعمل، وعندما يصل حجم الماء إلى قيمة أخرى محددة تتوقف المضخة عن العمل. قسنا معامل التصريف للفوهة وذلك بقياس الزمن اللازم لتصريف الكمية نفسها من الماء بين كل سويتين متتاليتين من السويات الثماني المحددة في الخزان. تم حساب معدل التصريف الحجمي للماء، وسرعة التصريف الوسطية. كما تم حساب المعامل  $C_d$  بتطبيق العلاقة بين سرعة التصريف الوسطية والسرعة النظرية. وكانت القيمة الوسطى التي حصلنا عليها 0.66 .

**الكلمات المفتاحية:** معامل تصريف فوهة، تصريف الماء، التحكم بتدفق الماء.

\* أستاذ مساعد - قسم الفيزياء - كلية العلوم - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية .

## Measuring the discharge coefficient $C_d$ of a tank nozzle using digital circuits

Dr. Kamal M. Ofeisa \*

(Received 14 / 7 / 2019. Accepted 12 / 11 / 2019)

### □ ABSTRACT □

The research aim is to develop an electronic mechanism to determine the discharge coefficient of a nozzle located at the bottom of a tank by using a digital electronic circuit to control the flow and discharge of water. The circuit display the volume of the water in the decimal numbers and controls the volume of the water in the tank. Therefore, when the water level below a pre-selected volume, the water pump works, when the water reaches another pre-selected value, the pump stops working. We measured the discharge coefficient of the nozzle by measuring the time required to discharge the same amount of water between each two successive levels of the eight levels specified in the tank. Volumetric water discharge rate and average discharge speed were calculated. The coefficient  $C_d$  was calculated by applying the relationship between the average discharge speed and the theoretical speed. The average value was 0.66 .

**Keywords:** discharge coefficient of a nozzle, Water discharge, Control of water flow.

---

\* Assistant Professor at Department of Physics , Faculty of Science ,Tishreen University ,Lattakia, Syria.

**مقدمة:**

إن عمليات القياس والتحكم كانت تتم قديماً بطرق بدائية تعتمد على تجهيزات ميكانيكية بسيطة. أما في العصر الحاضر أصبحت أجهزة القياس والتحكم تشكل جزءاً مهماً من التجهيزات الصناعية *industrial equipments*. لقد تطورت أجهزة القياس بفضل التطور الكبير في الإلكترونيات وتوعدت تقنيات التحكم وتعددت نظرياته، وبعدها ظهرت أنظمة تحكم وقياس ذات دقة ووثوقية عالية. يمكن استخدام هذه التقنيات في العديد من المنظومات خاصة في مجال التحكم بسوية الماء، وقياس معدل تدفق وتصريف المياه، لما لها من أهمية في تعيين معامل التصريف لفوهة، بالاعتماد على المتحكم الميكروني Arduino [1]، والمعالج الميكروني [2]، واستخدام الحساسات التي تعتمد على الناقلية الكهربائية للماء [3]، والحساس من النوع العائم Float [4]، وحساسات الأمواج فوق الصوتية [5]. كما اعتمد البعض على حساس الأشعة تحت الحمراء [6]، أو باستخدام حساس Hall [7]. يمكن إظهار مستوى السائل على شاشة LCD [8].

**أهمية البحث وأهدافه:**

تكمن أهمية هذا البحث في إيجاد طريقة إلكترونية لقياس معامل التصريف لفوهة والتي تعتبر من أهم المعلومات التي يجب أن يعرفها الباحث في المشاريع المائية. فهي تساهم في تنظيم عملية تصريف وتدفق المياه وتحد من الهدر. يهدف هذا البحث إلى قياس معامل تصريف فوهة باستخدام جهاز إلكتروني. تمت الدراسة والبحث في ذلك في مخبر الدراسات العليا في الإلكترونيات بقسم الفيزياء - كلية العلوم - جامعة تشرين

**طرائق البحث ومواده:**

لقياس معامل التصريف لفوهة لابد من الأخذ بعين الاعتبار طريقة قياس التصريف لسائل التالية:  
**باستخدام معادلة الاستمرار:**

تدعى كمية السائل المارة عبر مقطع حي لسائلة عنصرية خلال واحدة الزمن بالغازرة أو تدفق السائلة العنصرية ويرمز لها بـ  $dQ$ . لإيجاد قيمة غازرة السائلة العنصرية نفترض أنه خلال فترة زمنية  $dt$  انتقلت جزيئات السائل المارة عبر المقطع الحي المعتبر مسافة مقدارها  $dl$  فإن:

$$dl = v \cdot dt \quad (1)$$

$v$ : سرعة جزيئات السائل.

أما الكمية الحجمية للسائل المار عبر المقطع الحي خلال  $dt$  تساوي:

$$dU = dl \cdot dW = v \cdot dt \cdot dW \quad (2)$$

حيث  $dW$  مساحة المقطع الحي العنصري.

ومنه يمكن التعبير عن الغازرة أو التدفق الحجمي العنصري للسائل بالعلاقة التالية:

$$dQ = (dU/dt) = v \cdot dW [m^3/s] \quad (3)$$

يوجد مفهوم آخر للغازرة وهي الغازرة الكتلية العنصرية ويعبر عنها بالعلاقة التالية:

$$dQ_m = \rho \cdot v \cdot dW [kg/s] \quad (4)$$

إذا دعي مجموع السيلالات العنصرية بالتيار، فإن غزارة تيار السائل تصبح مساوية لمجموع غزارات السيلالات العنصرية أي:

$$Q = \int_W dQ = \int_W v \cdot dW \quad (5)$$

إذا عبرنا عن سرعة التيار في المقطع الحي من خلال السرعة الوسطية للتيار  $v_{av}$  average velocity نحصل على:

$$v_{av} = \frac{\int_W v \cdot dW}{W} = \frac{Q}{W} \quad (6)$$

ومنه قيمة غزارة تيار السائل تساوي:

$$Q = v_{av} \cdot W [m^3/s] \quad (7)$$

إذا كان السائل المدروس سائلاً مثالياً مصمماً لا يحتوي على فراغات أو انقطاعات وغير قابل للانضغاط فإن كمية السائل المارة عبر مقاطع حية متتالية من أنبوبة التيار لا تحتوي على نقاط خاصة ستبقى ثابتة أي:

$$Q = Q_1 = Q_2 \dots = \text{const}$$

$$Q = v_{1av} \cdot W_1 = v_{2av} \cdot W_2 \dots = \text{const} \quad (8)$$

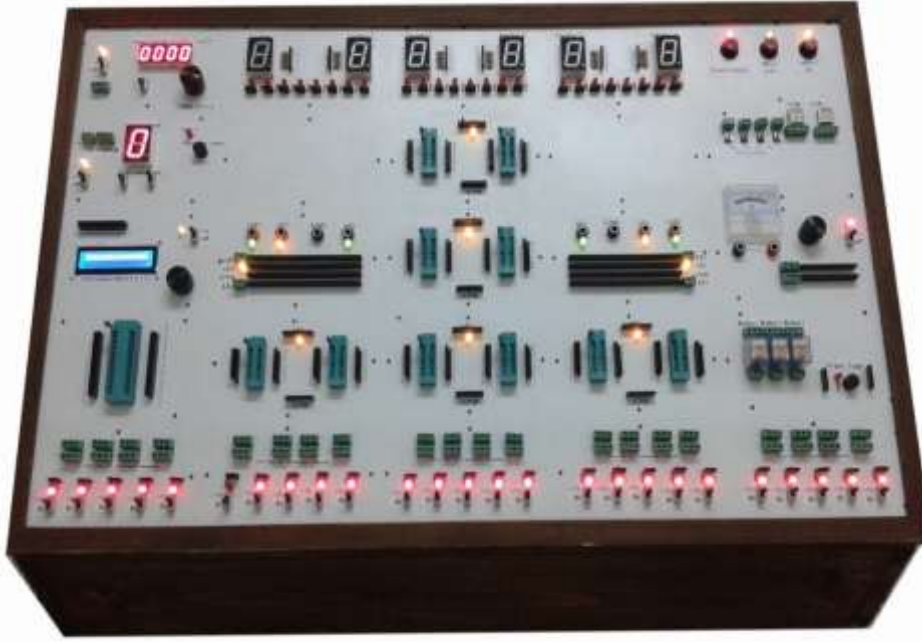
تدعى هذه المعادلة بمعادلة الاستمرار لتدفق السائل [9-13].

### النتائج والمناقشة:

لإجراء هذا البحث استخدمنا جهازاً خاصاً مصنعاً محلياً مؤلفاً مما يلي:

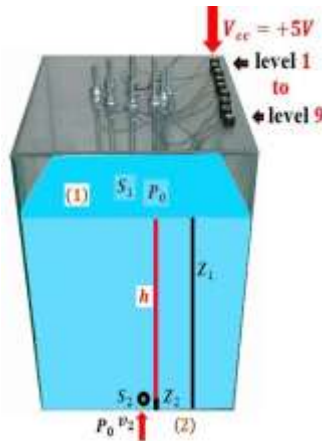
دارة إلكترونية لإظهار سوية الماء، والتحكم بعمل المضخة، والتحكم لتدفق الماء. صممت باستخدام المرمز، ومفكك الترميز، وأداة الإظهار ذات السبع قطع، ودارة المؤقت الزمني في النمط أحادي الاستقرار، وعدد من الترانزستورات، وبعض العناصر الإلكترونية الخطية وغير الخطية وجرس إنذار يعمل بالكهرباء الانضغاطية Piezo-buzzer. إضافة إلى دارة كهربائية صممت باستخدام الترانزيستور، والحاكمة وبعض العناصر الإلكترونية الخطية، وتؤمن هذه الدارة الاتصال الآمن بين الدارة الإلكترونية السابقة والمضخة المائية.

يبين الشكل (1) الشكل الخارجي للجهاز الإلكتروني المستخدم في البحث:



الشكل (1): الشكل الخارجي للجهاز الإلكتروني.

قياس سرعة تصريف المياه عبر فتحة جانبية بالقرب من أسفل الخزان:  
قمنا بتصميم خزان من الزجاج بسماكة 5mm، بالأبعاد التالية: الطول 25cm، العرض 20cm، الارتفاع 30cm. يستوعب 15 لتراً من الماء. سنعتمد على اللوحة الإلكترونية التي قمنا بتصميمها وتنفيذها للحصول على قراءات دقيقة لحجم الماء  $V_D$  الذي تم تصريفه عبر فوهة جانبية دائرية الشكل تقع على ارتفاع  $z_2 = 2\text{cm}$  من السطح السفلي الداخلي للخزان، حيث إن نصف قطر الفوهة  $r = 0.5\text{cm}$  وارتفاع الماء في الخزان  $z_1$ . يمكن تحديد تسع سويات للماء في الخزان كما في الشكل (2)، وذلك باستخدام تسعة مسابر معدنية أطوالها مختلفة، وباستخدام الجهاز الإلكتروني.



الشكل (2): خزان زجاجي شفاف يحتوي على فوهة جانبية في الأسفل.

من معرفة الزمن  $\Delta t$  اللازم لانخفاض الماء من سوية عليا إلى سوية أدنى تليها، وبتطبيق العلاقة:  $Q = \frac{V_D}{\Delta t}$  تمكنا من حساب معدل التصريف الحجمي  $Q$ ، ثم استخدمنا معادلة الاستمرار (8) التي تكتب على الشكل التالي:

$$(v_2)_{av} = \frac{Q}{S_2} \quad (9)$$

$S_2$ : سطح مقطع فوهة التصريف.

وذلك لحساب سرعة تصريف الماء  $(v_2)_{av}$ ، حيث إن  $S_2 = 0.785 \text{ cm}^2$ ، فحصلنا على النتائج المبينة في الجدول (1).

الجدول (1): يبين معدل التصريف الحجمي  $Q$  وسرعة التصريف  $v_{2av}$  عند انخفاض سوية الماء من سوية عليا إلى سوية دنيا تليها حيث إن  $V_D = 1L$ .

| السوية من - إلى | $\Delta t(s)$ | $Q(\frac{mL}{s})$ | $v_{2av}(cm. s^{-1})$ |
|-----------------|---------------|-------------------|-----------------------|
| 8-9             | 10.4          | 96.15             | 122.48                |
| 7-8             | 11.8          | 84.75             | 107.96                |
| 6-7             | 12.9          | 77.52             | 98.75                 |
| 5-6             | 14.1          | 70.92             | 90.34                 |
| 4-5             | 16            | 62.50             | 79.62                 |
| 3-4             | 18.1          | 55.25             | 70.38                 |
| 2-3             | 20.3          | 49.26             | 62.75                 |

قمنا بحساب سرعة تصريف الماء عبر الفوهة  $v$  نظرياً بتطبيق علاقة توريشلي التالية [12]:

$$v = \sqrt{2gh} \quad (10)$$

$g$ : تسارع الجاذبية الأرضية.

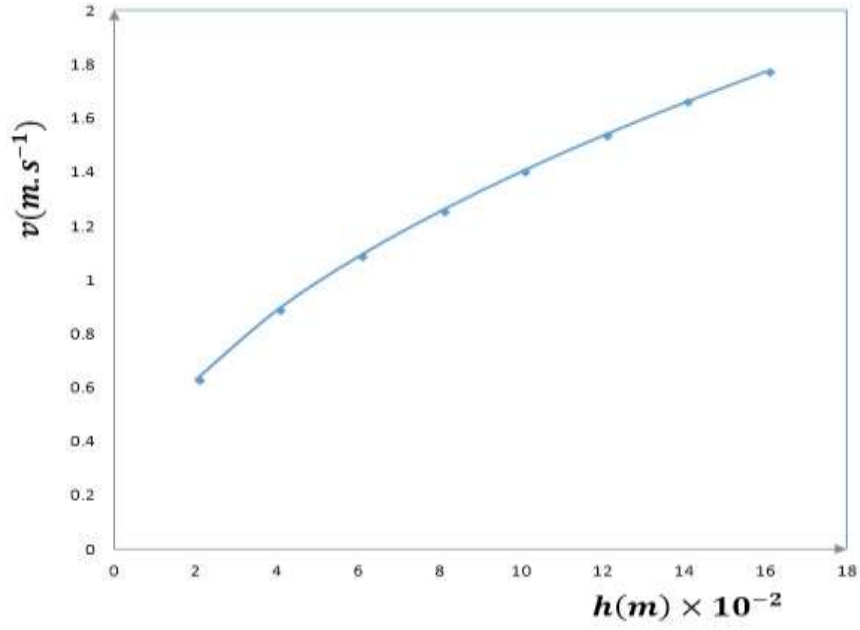
$h$ : ارتفاع السطح الحر للماء في الخزان (ارتفاع سوية الماء عن فوهة التصريف).

كما تم حساب معدل التصريف الحجمي  $Q$  بتطبيق العلاقة  $Q = v.S_2$ ، فحصلنا على النتائج المبينة في الجدول (2).

الجدول (2): يبين العلاقة بين سرعة تصريف الماء  $v$  نظرياً عبر الفوهة ومعدل التصريف الحجمي وارتفاع السطح الحر للماء في الخزان  $h$

| $Z_2(cm) = 2cm$ , $g = 9.8 m. s^{-2}$ , $S_2 = 0.25\pi \times 10^{-4} m^2$ |                     |                             |                  |
|--|---------------------|-----------------------------|------------------|
| $Z_1(cm)$  | $h(cm) = Z_1 - Z_2$ | $v(m. s^{-1}) = \sqrt{2gh}$ | $Q(l/s) = v.S_2$ |
| 18   | 16                  | 1.7709                      | 0.139016         |
| 16   | 14                  | 1.6565                      | 0.130035         |
| 14   | 12                  | 1.5336                      | 0.120388         |
| 12   | 10                  | 1.4                         | 0.1099           |
| 10   | 8                   | 1.2522                      | 0.098298         |
| 8  | 6                   | 1.0844                      | 0.085125         |
| 6  | 4                   | 0.8854                      | 0.069504         |
| 4  | 2                   | 0.6261                      | 0.049149         |

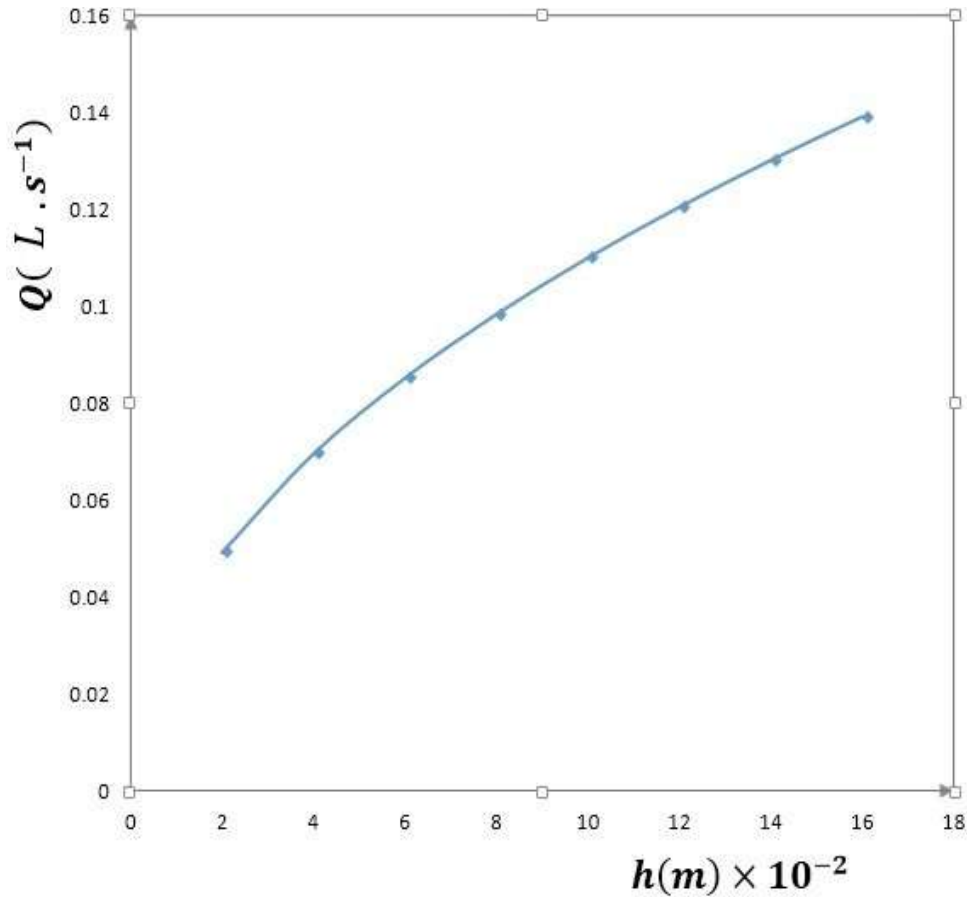
يبين الشكل (3) العلاقة بين سرعة تصريف الماء وارتفاع السطح الحر للماء في الخزان.



الشكل (3): العلاقة بين سرعة تصريف الماء وارتفاع السطح الحر للماء في الخزان.

نلاحظ من الشكل (3) أن سرعة تصريف الماء تتناقص بتناقص ارتفاع السطح الحر للماء في الخزان أي بتناقص مستوى الماء في الخزان.

يبين الشكل (4) العلاقة بين معدل التصريف الحجمي وارتفاع السطح الحر للماء في الخزان.



الشكل (4): العلاقة بين معدل التصريف الحجمي وارتفاع السطح الحر للماء في الخزان.

نلاحظ من الشكل (4) أن معدل التصريف الحجمي للماء يتناقص بتناقص مستوى الماء (ارتفاع السطح الحر للماء في الخزان).

قياس معامل تصريف الفوهة  $C_d$ :

باستخدام اللوحة الإلكترونية تم حساب سرعة تصريف الماء  $(v_2)_{av}$  عبر الفوهة  $S_2$  وحسبنا  $(2gh)^{1/2}$  من أجل عدة قيم للارتفاع  $h = Z_1 - Z_2$  (ارتفاع سوية الماء عن فوهة التصريف) والتي تقابل كل منها سوية للماء. ثم اعتمدنا على علاقة توريشلي المعدلة التالية [9-13]:

$$(v_2)_{av} = \frac{Q}{S_2} = C_d(2gh)^{1/2} \quad (11)$$

وتم حساب معامل تصريف الفوهة  $C_d$  من العلاقة:

$$C_d = \frac{(v_2)_{av}}{\sqrt{2gh}} \quad (12)$$

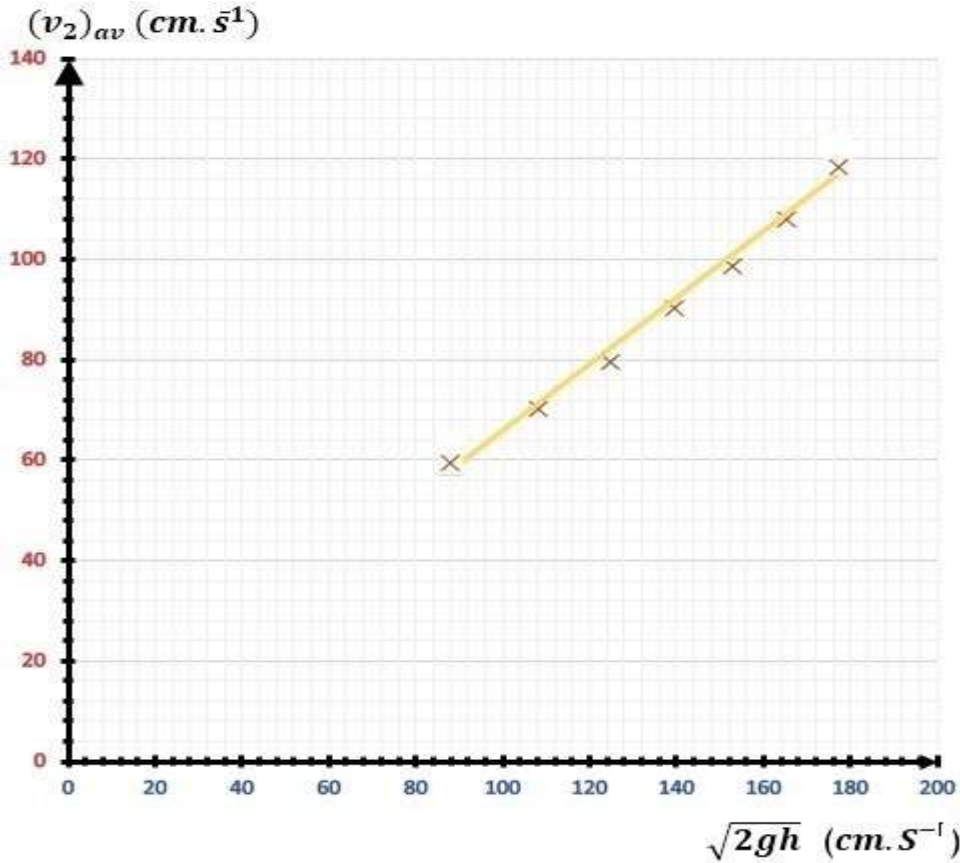
فحصلنا على النتائج المبينة في الجدول (3).



الجدول (3): يبين سرعة تصريف الماء  $(v_2)_{av}$  عبر الفوهة  $S_2$  و  $\sqrt{2gh}$ .

| $Z_2(cm) = 2cm$ , $g = 981 cm.s^{-2}$ |         |                              |                              |       |
|---------------------------------------|---------|------------------------------|------------------------------|-------|
| $Z_1(cm)$                             | $h(cm)$ | $\sqrt{2gh}$ ( $cm S^{-1}$ ) | $(v_2)_{av}$ ( $cm.s^{-1}$ ) | $C_d$ |
| 18                                    | 16      | 177.18                       | 122.48                       | 0.69  |
| 16                                    | 14      | 165.74                       | 107.96                       | 0.65  |
| 14                                    | 12      | 153.44                       | 98.75                        | 0.64  |
| 12                                    | 10      | 140.07                       | 90.34                        | 0.65  |
| 10                                    | 8       | 125.28                       | 79.62                        | 0.64  |
| 8                                     | 6       | 108.50                       | 70.38                        | 0.65  |
| 6                                     | 4       | 88.59                        | 62.75                        | 0.71  |

نستنتج من الجدول (3) أن القيمة الوسطى لمعامل تصريف الفوهة  $\bar{C}_d = 0.66$  ، نلاحظ أيضا من الجدول (3) أن سرعة تصريف الماء تتناقص بتناقص ارتفاع سوية الماء عن فوهة التصريف في الخزان. يبين الشكل (5) العلاقة بين سرعة تصريف الماء  $(v_2)_{av}$  عبر الفوهة  $S_2$  و  $\sqrt{2gh}$ .



الشكل (5): العلاقة بين سرعة تصريف الماء  $(v_2)_{av}$  عبر الفوهة  $S_2$  و  $\sqrt{2gh}$ .

نلاحظ من الشكل (5) أن العلاقة بين سرعة تصريف الماء  $(v_2)_{av}$  عبر الفوهة  $S_2$  و  $\sqrt{2gh}$  هي علاقة خطية، وميل هذا الخط البياني يمثل معامل تصريف الفوهة وهي تقع في مجال قيمتها النظرية أيضاً:

$$m = 0.66 \cong \bar{C}_d \quad \text{أي أن:}$$

### الاستنتاجات والتوصيات:

- 1- يتناقص كل من معدل التصريف الحجمي للماء وسرعة تصريفها بتناقص مستوى الماء في الخزان (ارتفاع السطح الحر للماء في الخزان).
- 2- إن القيمة الوسطى لمعامل تصريف الفوهة  $C_d = 0.66$  ، وهي تقع في مجال القيمة النظرية التي تتراوح من 0.6 إلى 1 [9-13].
- 3- العلاقة بين سرعة تصريف الماء  $(v_2)_{av}$  عبر الفوهة  $S_2$  و  $\sqrt{2gh}$  هي علاقة خطية، وميل الخط البياني يمثل معامل تصريف الفوهة.

### References:

- [1] M.H. Muhammad Sidik, S.A. Che Ghani *Volume Measuring System Using Arduino for Automatic Liquid Filling Machine*. International Journal of Applied Engineering Research ISSN 0973-4562, Malaysia , Volume 12, Number 24 (2017).
- [2] JATMIKO, A. B. *Proto Type of Water Level Detection System with Wireles*. Faculty of Computer Science and Information Technology, Journal of Theoretical and Applied Information Technology, Gunadarma University, Indonesia, Vol. 37, 2012, 52-59.
- [3] DAS, S. Ch. *Intelligent Water Level Controller*. EFY, India, Vol. 01, 2001, 40-43.
- [4] BAND E.J. *Design of an Automatic Water Level Controller Using Mercury Float Switch*. Department of Electrical and Electronics Engineering, AmbroseAlli, University, Nigeria, Vol. 9, 2014, 16-21.
- [5] R. S. SUNMONU, M. A. SODUNKE *Development of an Ultrasonic Sensor Based Water Level Indicator with Pump Switching Technique*, International Journal for Research in Electronics & Electrical Engineering, ISSN: 2208-2735, Volume-3, Issue-5, Nigeria, May,2017.
- [6] KATHERINE, M. *A Low cost Microprocessor and Infrared Sensor System for Automating Water in Filtration Measurements*. Computers and Electronics in Agriculture 53, College of Engineering Sciences, Technology and Agriculture, Florida A&M University, Science Direct, USA, 2006, 122-129.
- [7] Ria Sood, Manjit Kaur *design and development of automatic water flowmeter*, International Journal of Computer Science, Engineering and Applications, Vol.3, No.3, India, June 2013.
- [8] K Karwati, J Kustija *Prototype of Water Level Control System*, International Symposium on Materials and Electrical Engineering (ISMEE), Indonesia, 2017.
- [9] John, W. S *basics of fluid mechanics*, Genick Bar-Meir, Chicago, 2013.
- [10] hassan ali *Fluid mechanics*, Tishreen university, 2006.
- [11] Joseph H. Spurk, Nuri Aksel *fluid mechanics*, Second Edition, Bayreuth University, Springer- Verlag Berlin Heidelberg, Germany, 2008.
- [12] Andrew Sleight *an introduction to fluid mechanics*, School of Civil Engineering, University of Leeds, McGraw-Hill, New York, U.S.A, 2001.
- [13] Frank M. White *fluid mechanics*, Fourth Edition, University of Rhode Island, McGraw-Hill, New York , U.S.A, 2014.