المادة: الري **المرحلة: الثالثة**
المحاضرة الثالثة **القسم: التربة والموارد المائية**

قياسات مياه الري

وحدات قياس مياه الري:

قد نحتاج الى قياسات المياه من وضع السكون او الحركة، فقد نحتاج الى قياس المياه في الخزانات والبحيرات ويعبر عنها بوحدات الحجم كاللتر والمتر المكعب والهكتار سم والهكتار م ، اما قياسات المياه في حالة الحركة فنحتاج اليها للتعبير عن جريان الماء في الانهار والقنوات والانابيب ويعبر عنها بوحدات اللتر ثانية$^{-1}$ او اللتر ساعة$^{-1}$ او المتر المكعب ثانية$^{-1}$ او المتر المكعب دقيقة$^{-1}$ او الهكتار سم ساعة$^{-1}$ او الهكتار م يوم$^{-1}$.

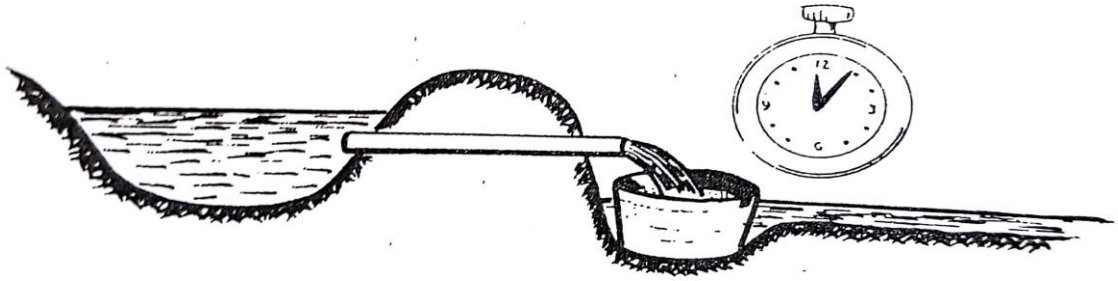
طرق قياس الماء:

هناك عدة طرق واجهزة تستعمل لقياس ماء الري ويمكن تجميعها بثلاث مجاميع عامة:

1- القياسات الحجمية Volumetric measurements
2- طرق قياس السرعة-المساحة Velocity – area methods
3- منشئات القياس Measuring structures

اولاً: الطريقة الحجمية Volumetric method

وهي طريقة مباشرة وبسيطة لقياس التصاريف الصغيرة نسبياً كما هو الحال في ري المروز وعند استعمال السحارات، وتتضمن جمع الماء المتدفق في حاوية بحجم معلوم ولفترة زمنية مقاسة.



شكل الطريقة الحجمية في قياس التصريف

مثال:

اذا كان لدينا حاوية سعتها 24 لتر امتلئت بالماء المتدفق من مضخة صغيرة خلال 12 ثانية، احسب التصريف.

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{24}{12} = 2\ L\ S^{-1}$$

حيث ان:

Q: التصريف لتر ثانية$^{-1}$
V: حجم الحاوية، لتر
t: الزمن ، ثانية

ثانياً: طرق قياس السرعة – المساحة:

يحدد معدل الجريان المار من نقطة في انبوب او قناة مفتوحة بضرب مساحة المقطع العرضي للجريان في متوسط سرعة جريان الماء.

التصريف= المساحة × السرعة $Q = A \times V$

حيث ان:

Q: التصريف (م^3 ثا$^{-1}$).

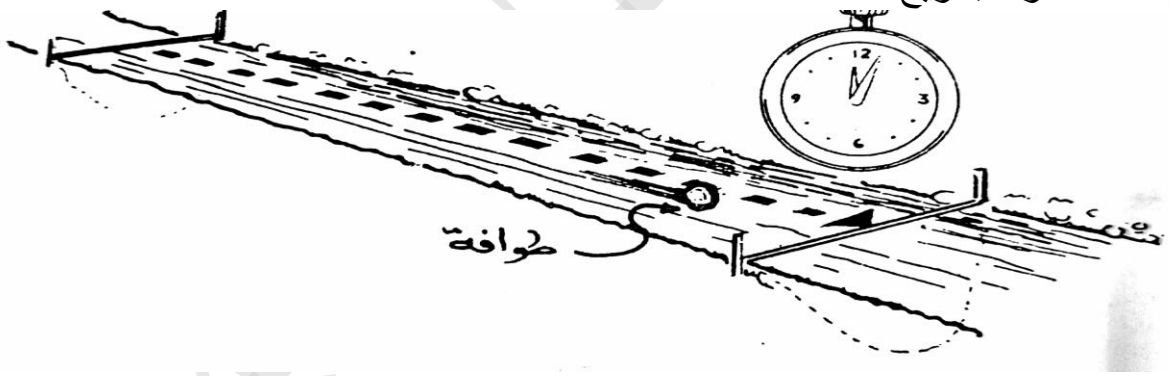
A: مساحة المقطع العرضي للجريان في الانبوب او القناة (م^2).

V: سرعة الجريان (م ثا$^{-1}$).

مساحة المقطع العرضي تقدر بوساطة القياس المباشر اما السرعة فتقاس بعدة طرق منها:

1- طريقة الطوافة Float method

وهي من اسهل الطرق المستخدمة في قياس تصاريف المياه، اذ يرمى جسم عائم (الطوافة) على سطح المجرى المائي ويحتسب الزمن اللازم لقطع مسافة معينة، وتحتسب سرعة الجريان بقسمة المسافة على الزمن. تتميز هذه الطريقة بانها غير دقيقة وتتأثر بالمواد العائمة على السطح وبسرعة واتجاه الريح، وللطوافة مواصفات معينة من حيث كثافتها بالنسبة لكثافة الماء وبواسطة هذه الطريقة يتم قياس السرعة السطحية لجريان الماء وحيث ان سرعة الجريان في القناة او المجرى على السطح تزيد عن معدل سرعة الجريان فان معدل سرعة الجريان يستخرج بضرب السرعة السطحية في عامل التصحيح (يرتبط بدرجة الخشونة وشكل القناة وعمق الجريان) والذي قيمته 0.85، وتستعمل الطوافة الانبوبية لانها تعطي نتائج ادق بكثير من الطوافة العائمة فضلاً عن ضآلة تأثرها بالريح.



شكل استعمال الطوافة في قياس سرعة الجريان

مثال: وضعت قطعة خشبية في مجرى مائي معدل مساحة مقطعه العرضي 1.2 م ^{2} فقطعت مسافة مقدارها 60 م في فترة زمنية مقدارها2 دقيقة، معامل التصحيح 0.85 احسب التصريف:

$$\text{السرعة السطحية للجريان(المقاسة)} = \frac{\text{المسافة}}{\text{الزمن}}$$

$$= \frac{60}{2 \times 60} = 0.5 \text{ م/ثا}$$

معدل سرعة الجريان = معامل التصحيح × السرعة السطحية المقاسة

= 0.85 × 0.5 = 0.425 م ثانية$^{-1}$

التصريف = معدل سرعة الجريان × مساحة المقطع العرضي للجريان

$= 0.425 \times 1.2 = 0.51$ م^3 ثانية$^{-1}$

2- طريقة الدلائل Tracers method

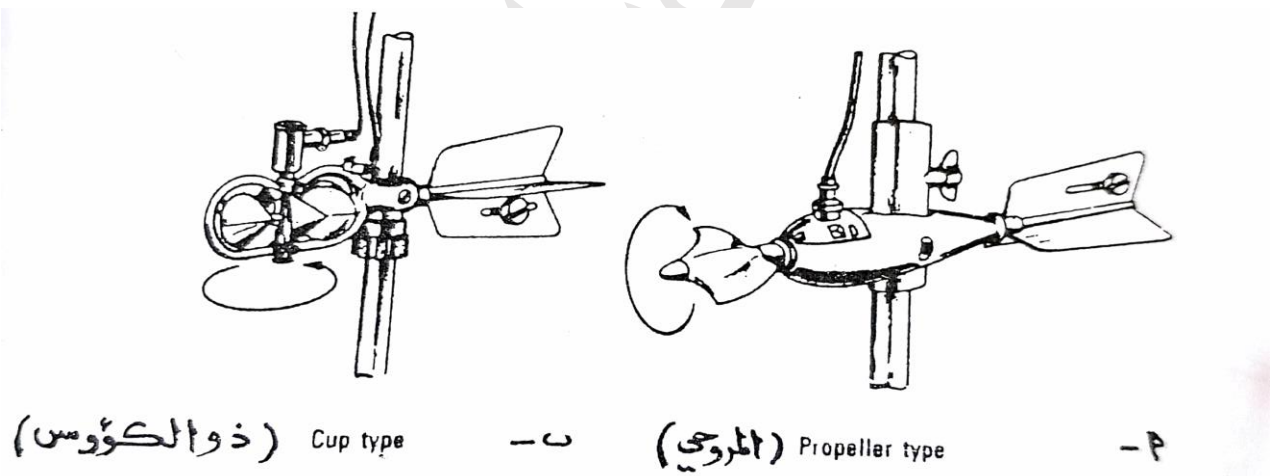
وهي طريقة مشابهة للطريقة السابقة عدى ان سرعة الماء تقاس بالدلائل بدلاً من الطوافة، وتستخدم عادةً صبغة الفلورسين او برمنكنات البوتاسيوم او الحبر الاعتيادي او المثلين الازرق او الاملاح ، وتمتاز الصبغات عن الاملاح بعدم احتياجها لاجهزة خاصة لتقديرها، ولتقدير السرعة المتوسطة لتيار الماء تضاف الصبغة عند بدء مسافة الاختبار فيؤدي تحرك الماء الى خلطها وتحركها في اتجاه جريانه، ويعين الزمن اللازم لظهور الصبغة واختفائها عند نهاية مسافة الاختبار ويؤخذ متوسط هذا الزمن لحساب متوسط سرعة جريان الماء دون الحاجة الى استخدام معامل خاص كما في الطريقة السابقة، ويحسب معدل التصريف بضرب متوسط مساحة المقطع العرضي في متوسط السرعة.

3- مقياس التيار Current meter

وهي طريقة مباشرة لقياس سرعة جريان الماء في القنوات او الانهار، يتميز جهاز قياس التيار بدقته وصغر حجمه نسبياً وعادة يحتسب التصريف بضرب معدل سرعة الجريان في معدل مساحة المقطع العرضي للجريان، هنالك عدة انواع ولكن الشائع منها نوعان:

أ- عداد التيار المروحي Propeller – type current meter

ب – عداد التيار ذو الكؤوس Cup – type current meter



شكل مقاييس التيار

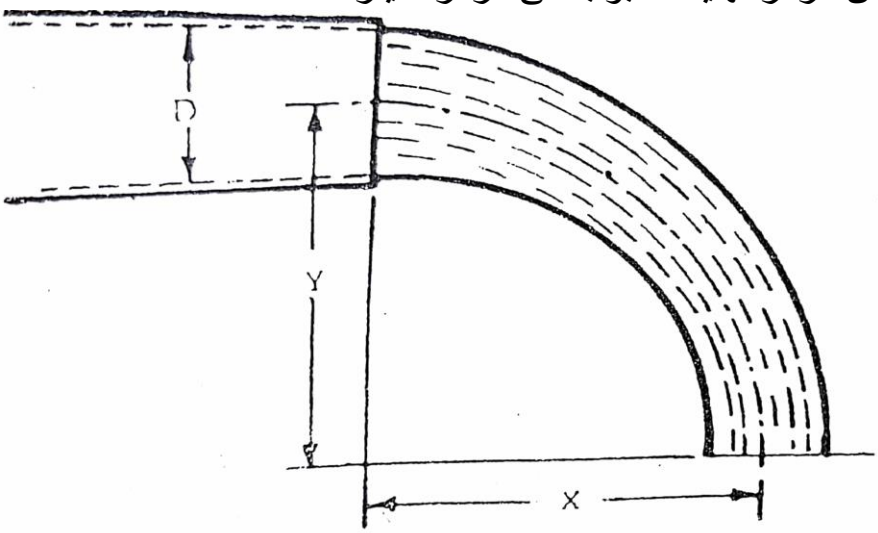
وبدلالة عدد دورات الجهاز في وحدة الزمن (عدد الدورات تتناسب مع سرعة جريان الماء) وباستعمال جداول او منحنيات قياسية خاصة بكل جهاز تحتسب سرعة جريان الماء، علماً ان التقنيات الحديثة في تصنيع الاجهزة اصبحت تعطي السرعة المقاسة مباشرةً، يفضل ان تجرى القياسات في جزء مستقيم من القناة او المجرى المائي وعند مقطع عرضي منتظم نسبياً.

4- مقاييس المياه Water meter

وهي انواع ميكانيكية وتعتمد على نفس مبدأ عمل مقياس التيار، ويجرى لها تعيير في المصنع وفي الغالب تستعمل لاحتساب التصاريف المقاسة في الانابيب ومنها مقاييس المياه التي تستعمل في المنازل لقياس مجموع وحدات المياه المستهلكة تراكمياً.

5- طريقة الاحداثيات

تستعمل طرق الاحداثيات لتقدير التصريف من ابار تصرف ماءها بصورة عمودية او من اجهزة ضخ صغيرة تصرف الماء بصورة افقية، دقة هذه الطرق تكون محدودة وذلك لصعوبة اجراء قياسات دقيقة لاحداثيات التيار ولكنها طريقة سهلة ومريحة وغير مكلفة تستعمل عندما لاتتوفر المعدات الضرورية لعمل قياسات اكثر دقة، بما ان تقديرات التصريف من الانابيب العمودية لها تطبيقات عملية محدودة جداً في الحقل فسوف نقتصر على الانابيب الافقية، وفيها تؤخذ القياسات على الاحداثيين X ، Y حيث يقاس X بصورة موازية للانبوب ويقاس Y بصورة عمودية عليه، يبدأ القياس عادةً من مركز نهاية الانبوب الى مركز التيار.



شكل قياس التصريف من انبوب بوضع افقي

الصيغة المستعملة للقياس:

$$Q = 0.022CA\frac{X}{Y}$$

حيث ان:

Q : التصريف لتر ثانية$^{-1}$.

C : معامل التصريف نستحصل من الجداول.

A : مساحة المقطع العرضي للماء عند نهاية الانبوب سم^2 .

X : الاحداثي الافقي سم من مركز الانبوب.

Y : الاحداثي العمودي سم.

6- الفتحات Orifices

يمكن قياس التصريف باستعمال فتحات في حواجز تعترض المجرى المائي وهي في الغالب ذات شكل دائري او مستطيل، ان سرعة تدفق الماء الخارج من فتحة في حاجز تتحدد بارتفاع الماء فوق مركز تلك الفتحة أي (الضغط المسلط على تلك الفتحة).

يمكن التعبير عن سرعة تدفق الماء من فتحة معينة بسرعة سقوط الاجسام الحرة في الجو مع اهمال الاحتكاك بالهواء وبالصيغة التالية:

$$V = \sqrt{2gh}$$

حيث ان:
V : السرعة، g : التعجيل الارضي، h : ارتفاع الماء فوق مركز الفتحة
وتتناسب كمية الماء المتدفقة مع مساحة المقطع العرضي للماء المتدفق وسرعة تدفقه وكما يلي:

$$Q = av \quad \rightarrow \quad Q = a\sqrt{2gh}$$

ولما كانت السرعة الفعلية هي اقل من السرعة النظرية الممثلة بالمعادلة اعلاه بسبب تاثير الشد السطحي وتغير الطاقة فان التصريف الحقيقي يمكن تمثيله بالصيغة التالية:

$$Q = ca\sqrt{2gh}$$

حيث ان:
C : معامل التصريف، يتراوح بين 0.6 – 0.8 حسب موقع الفتحة من قاعدة وجوانب القناة، ولذلك تصبح معادلة حساب التصريف في الفتحات كما يلي:

$$Q = 0.61a\sqrt{2gh}$$

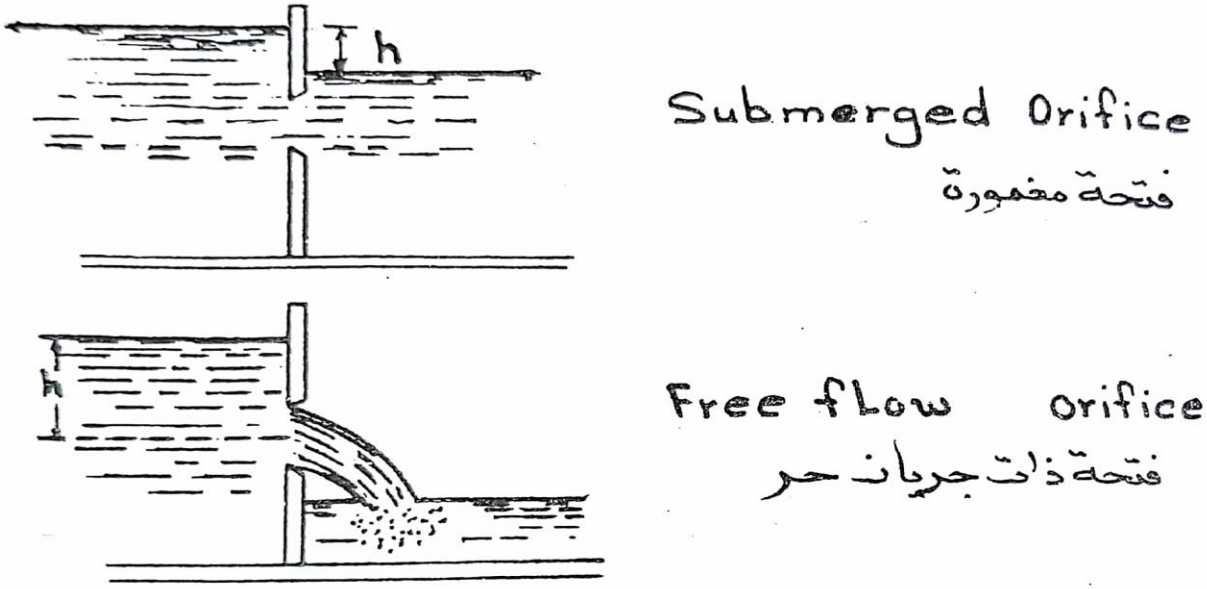
حيث ان:
Q : التصريف، متر مكعب ثانية$^{-1}$ او قدم مكعب ثانية$^{-1}$.
a : مساحة المقطع العرضي للماء المتدفق، م^{2} او قدم مربع.
g: التعجيل الارضي، م ثا$^{-2}$ او قدم ثا$^{-2}$.
h: طاقة الضغط (ارتفاع الماء فوق مركز الفتحة في حالة الجريان الحر او فرق منسوب الماء بين مقدم ومؤخر الفتحة للفتحات المغمورة) ، متر او قدم.
ويمكن كتابة المعادلة اعلاه عندما تكون وحدات التصريف(Q) لتر ثا$^{-1}$ بالصيغة التالية:

$$Q = 0.61 \times 10^{-3} a\sqrt{2gh}$$

كذلك يمكن كتابتها ايضا بالصيغة التالية:

$$Q = 0.027a\sqrt{h}$$

تطبق الصيغ التي ذكرت اعلاه في حالة الفتحات ذات الجريان الانسيابي الحر وفي حالة الفتحات المغمورة الا ان الضغط المسلط في الحالة الاولى يتمثل بارتفاع الماء فوق مركز الفتحة بينما في الحالة الثانية فان الضغط المسلط المسبب لتدفق الماء من الفتحة يمثل الفرق في ارتفاع الماء بين مقدم الفتحة ومؤخرها.



شكل قياس التصريف باستعمال الفتحات المغمورة وغير المغمورة

انواع الفتحات المغمورة المستعملة:

1- فتحات مغمورة ذات ابعاد ثابتة.

2- فتحات مغمورة متحركة قابلة للضبط. 3- بوابات مدرجة.

ان دقة القياس خلال أي من هذه الفتحات يعتمد على:

1- النسبة بين الشحنة الى ارتفاع الفتحة، ففي فتحات الجريان الحر ينبغي الا يكون ارتفاع الفتحة اكبر من الشحنة للحصول على نتائج دقيقة، وكلما كانت الشحنة اكبر كلما كان القياس ادق.

2- الدقة في تنظيم ارتفاع الشحنة.

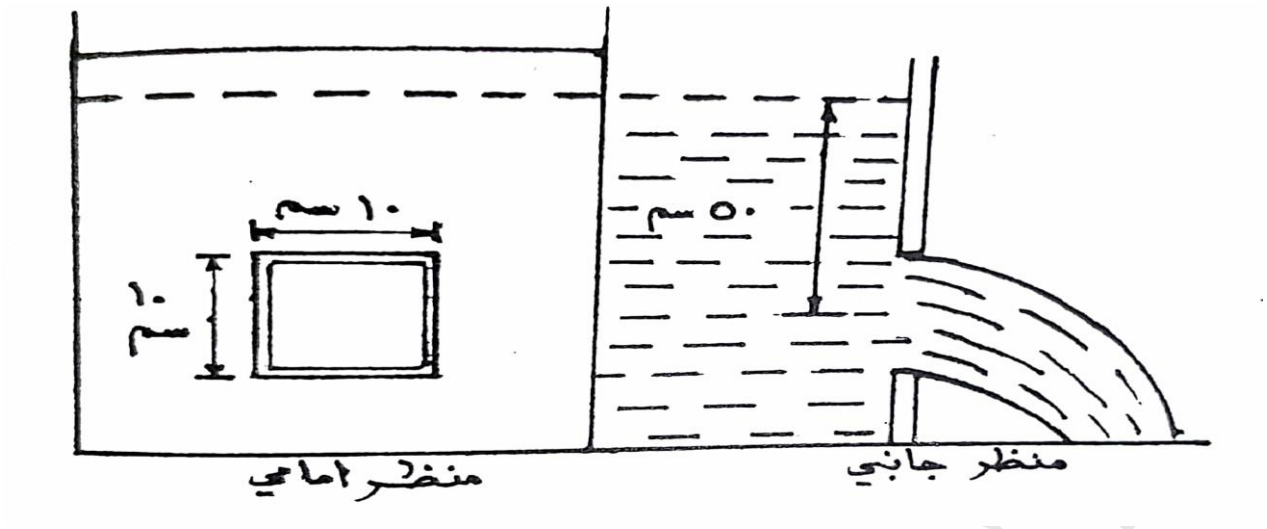
3- الدقة في حساب مساحة الفتحة.

4- سرعة وصول الماء الى الفتحة.

ان الميزة الرئيسة لاستعمال الفتحات المغمورة هي انها لاتحتاج الى فرق كبير في الشحنة على جهتي الفتحة وهذه الميزة تجعلها ممكنة الاستعمال في القنوات والسواقي ذات الانحدار القليل جداً والتي من الصعب الحصول فيها على مسقط كاف لاستعمال السدود الغاطسة(الهدارات). اما مساوئ استعمال الفتحات تجمع المواد الطافية مثل اوراق او اغصان الاشجار مما يؤثر في دقة القياس.

مثال:

احسب تصريف الفتحة الموضحة بالشكل التالي:



التصريف بالمتر المكعب / تانية

$$Q = 0.61a\sqrt{2gh}$$

$$Q = 0.61 \times \frac{10 \times 10}{10000} \times \sqrt{2 \times 9.8 \times 0.5}$$

$$Q = 00191\ m^3\ s^{-1} \quad \rightarrow Q\ = 19.1\ m^3\ s^{-1}$$

او التصريف باللتر ثانية$^{-1}$

$$Q = 0.61 \times 10^{-3} a\ \sqrt{2gh}$$

$$Q = 0.61 \times 10^{-3} \times 10 \times 10\sqrt{2 \times 980 \times 50} = 19.1\ L\ S^{-1}$$

كما يمكن اتباع المعادلة

$$Q = 0.027a\sqrt{h}$$

$$Q = 0.027 \times 10 \times 10 \times \sqrt{50} = 19.1\ L\ S^{-1}$$

ويمكن حل السؤال بالوحدات الانكليزية وكما يلي:

$$Q = 0.61a\sqrt{2gh}$$

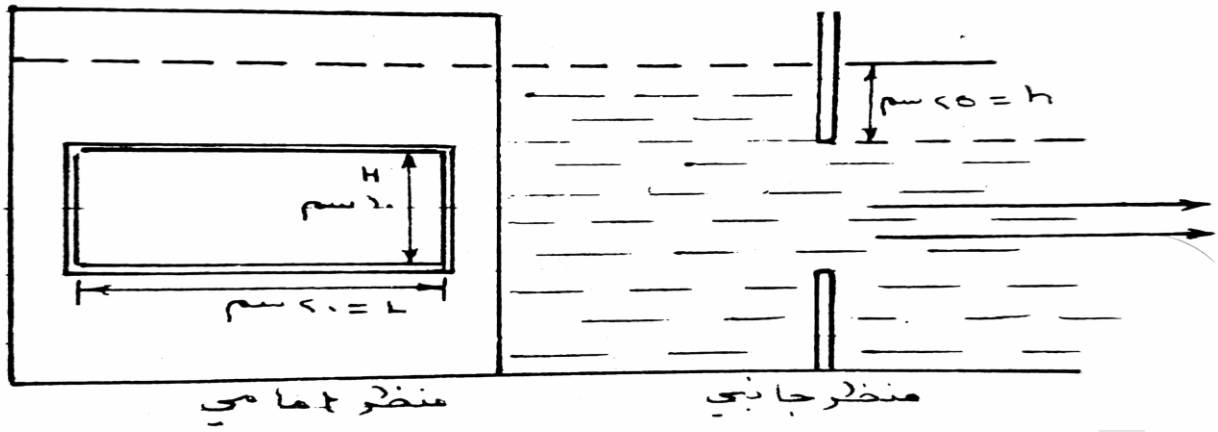
a=0.1076 قدم^2 ، g= 32.2 قدم ثا$^{-2}$ ، h= 1.64 قدم

التصريف بالقدم المكعب ثا$^{-1}$

$$0.61 \times 0.1076 \times \sqrt{2 \times 32.2 \times 1.64} = 06745\ F^3\ S^{-1}$$

مثال:

احسب تصريف الفتحة الموضحة بالشكل التالي:



$$Q = 0.61a\sqrt{2gh}$$

$$Q = 0.61 \times \frac{10 \times 20}{10000} \times \sqrt{2 \times 9.8 \times \frac{25}{100}} = 0.027m^3\ s^{-1} = 27L\ S^{-1}$$

او

$$Q = 0.61 \times 10^{-3}a\ \sqrt{2gh}$$

$$Q = 0.61 \times 10^{-3} \times 10 \times 20 \times \sqrt{2 \times 980 \times 25} = 27L\ S^{-1}$$

او

$$Q = 0.027a\sqrt{h}$$

$$Q = 0.O27 \times 10 \times 20 \times \sqrt{25} = 27\ L\ S^{-1}$$

7- قياس التصريف من السحارات Discharge from siphone tubes

يتحدد تصريف السحارة بقيمة شحنة الضغط او الضاغط الفعال وقطر الانبوب وهنا لايختلف عمل السحارة عن عمل الفتحة، حيث تعتمد قيمة معامل التصريف على طول الانبوبة وشكل مدخل ومخرج التصريف، وعندما يكون مخرج الانبوب غير مغمور فان قيمة شحنة الضغط يمثلها ارتفاع الماء فوق محور الانبوب حتى مستوى الماء في المدخل، وعندما يكون المخرج مغموراً فان شحنة الضغط التي تسبب حركة الماء عبر الانبوب يحددها الفرق في ارتفاع الماء في القناة عنه في الحقل.

ثالثاً: منشآت القياس Measuring structures ومنها:

1- الهدارات (السدود الغاطسة) Weirs

تستخدم الهدارات لقياس تصريف الماء في القنوات وهي عبارة عن حواجز تعترض عمودياً مجرى الماء وبها فتحات منتظمة الشكل، تقسم الهدارات تبعاً لاشكال فتحاتها الى:

أ- الهدار المستطيل Rectangular weir

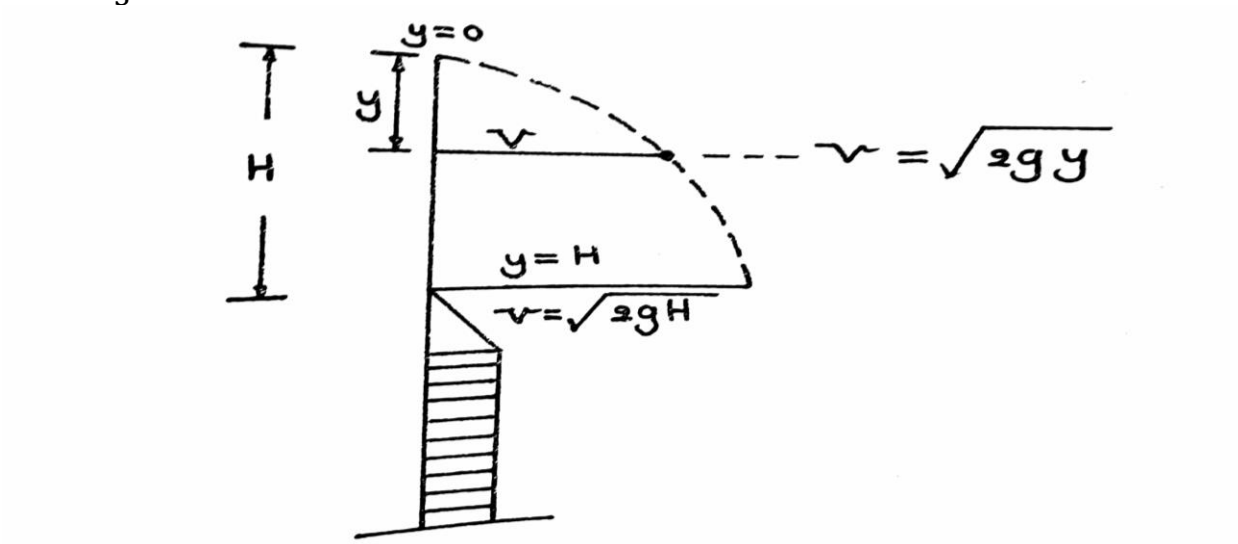
ب- الهدار شبه المنحرف Trapezoidal weir

ج- الهدار المثلث Triangular weir

ان توزيع السرعة في الهدار يتبع منحنياً بشكل قطع مكافئ وليس خطاً مستقيماً وكما يلي:

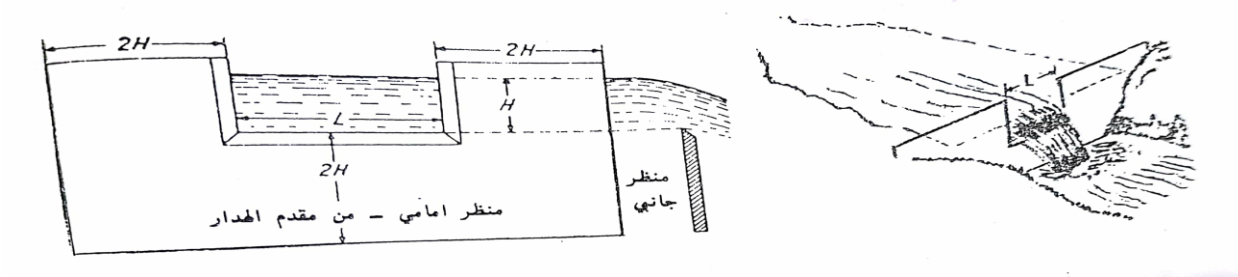
ان تغير السرعة يتبع المعادلة $v = \sqrt{2gy}$ ولذلك فان التصريف بالمتر عرض يساوي مساحة المنحني وهي في حالة المنحى ذو القطع المكافئ تساوي $\frac{2}{3}$ القاعدة × الارتفاع.اي ان التصريف الكلي Q

$$Q = (\frac{2}{3} c\sqrt{2g})\, L\, H^{3/2}$$



والمعامل C هو معامل التصريف وتتراوح قيمته بين 0.59 – 0.65 ويمكن استعمال القيم الاتية للهدارات حادة الحافة.

أ- الهدار المستطيل = 0.622



شكل الهدار المستطيل

ولذا تصبح المعادلة بالوحدات المترية $Q = 1.84L\, H^{3/2}$

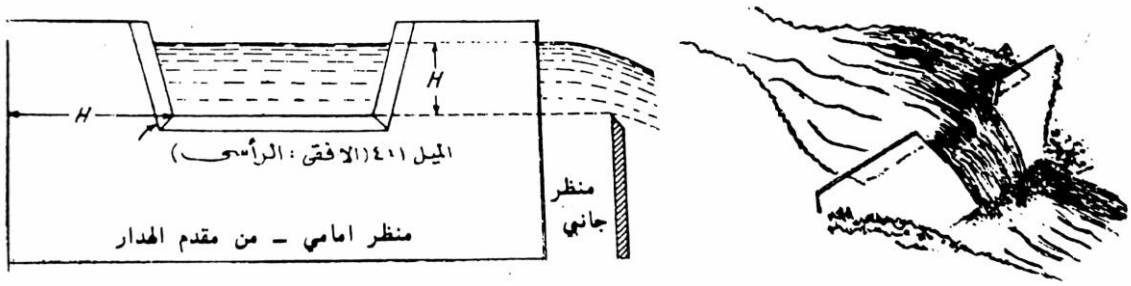
حيث ان:

Q = تصريف الهدار م^3 ثا$^{-1}$ ، L : طول حافة الهدار م، H :ارتفاع الماء فوق حافة الهدار م.

ب- الهدار شبه المنحرف(سيبوليتي) = 0.630

وبذا تصبح المعادلة بالوحدات المترية $Q = 1.86LH^{3/2}$

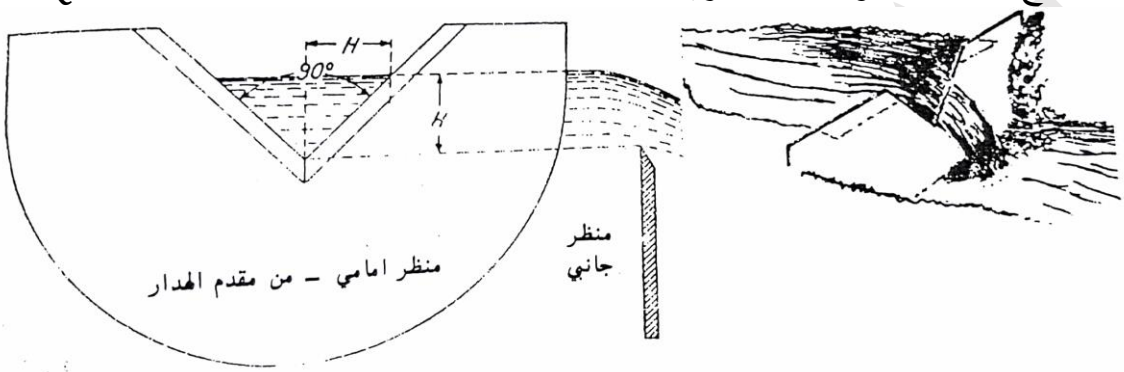
حيث تقاس (Q) بالمتر المكعب/ ثانية، (L,H) بالمتر.



شكل هدار سيبوليتي، على شكل شبه منحرف حاد الحافة

جـ - الهدار المثلثي بزاوية 90° = 0.593

وبذلك تصبح المعادلة بالوحدات المترية $Q = 1.40H^{5/2}$



شكل الهدار المثلث

مزايا الهدارات (السدود الغاطسة):

1- الدقة في القياس اذ لايتجاوز الخطا تحت الظروف النموذجية بتصنيع وتركيب وتشغيل السدود2-3%. اما تحت الظروف الحقلية غير الجيدة فقد يصل الخطأ الى حدود5-15%.

2- البساطة والسهولة في النصب والتركيب.

3- لاتتأثر بالطحالب والمواد الطافية الاخرى، اذ ان هذه المواد لاتعيق القياس.

4- ديمومتها اذ ان الاجهزة لاتتلف بسرعة وتكون دائمة الاستعمال.

اما عيوبها:

1- الحاجة الى انحدار معتبر لسطح الماء لان استعمالها في الاراضي المستوية غير عملي.

2- ترسب الغرين والطين خلف السدود يقلل الدقة في القياس.

مثال: هدار مستطيل عرض فتحته 100 سم وارتفاع الماء فيها 50 سم ماهو تصريفه؟

$$Q = 1.84LH^{3/2} = 1.84 \times 1 \times 0.5^{3/2} = 0.65m^3\ s^{-1}$$

مثال: هدار مثلث ارتفاع الماء فيه 30 سم ماهو تصريفه؟

$$Q = 1.40H^{5/2} = 1.40 \times 0.3^{5/2} = 0.069\ m^3\ s^{-1}$$

مثال: هدار سيبوليتي تصريفه 100 لتر ثا$^{-1}$ وعرض فتحته 100 سم ماهو ارتفاع الماء فيه؟

$$Q = 1.86LH^{3/2}$$

$$Q = 0.1\ m^3\ s^{-1} \qquad L = 1m$$

$$0.1 = 1.86 \times 1 \times H^{\frac{3}{2}} = H^{\frac{3}{2}} = 0.0537 \rightarrow LogH^{\frac{3}{2}} = Log0.0537$$

$$\frac{3}{2}\text{LogH} = -1.27 \rightarrow \text{LogH} = -0.846 \rightarrow \text{H} = 0.142\text{m} \rightarrow 14.2\text{cm}$$

2- مقياس بارشال Parshall flume

وهي طريقة لقياس التصريف تعتمد على امرار الماء في جهاز ذو مقطع قياسي منتظم ومتضيق ويقاس ارتفاع الماء في مقدم الجهاز (H_a)، ويتميز هذا الجهاز بالدقة في قياساته مقارنة بالهدارات والفتحات ولاتتأثر دقته حتى في الحالات التي تكون فيها قيمته H_a صغيرة وليست هنالك رواسب من الرمل والغرين تؤثر على دقة القياس لان سرعة الماء خلاله اعلى منها في المجرى المائي. يتكون الجهاز من الاجزاء التالية:

1- المقطع الامامي upstream section :وتكون قاعدته مستوية وجدرانه مفتوحة من الامام وتبدأ بالتضيق بالاتجاه نحو عنق الجهاز.

2- العنق throat section : يحصل للجهاز تضيق عند هذا المقطع وتكون جدران العنق متوازية وارضيته تنحدر باتجاه المقطع الخلفي.

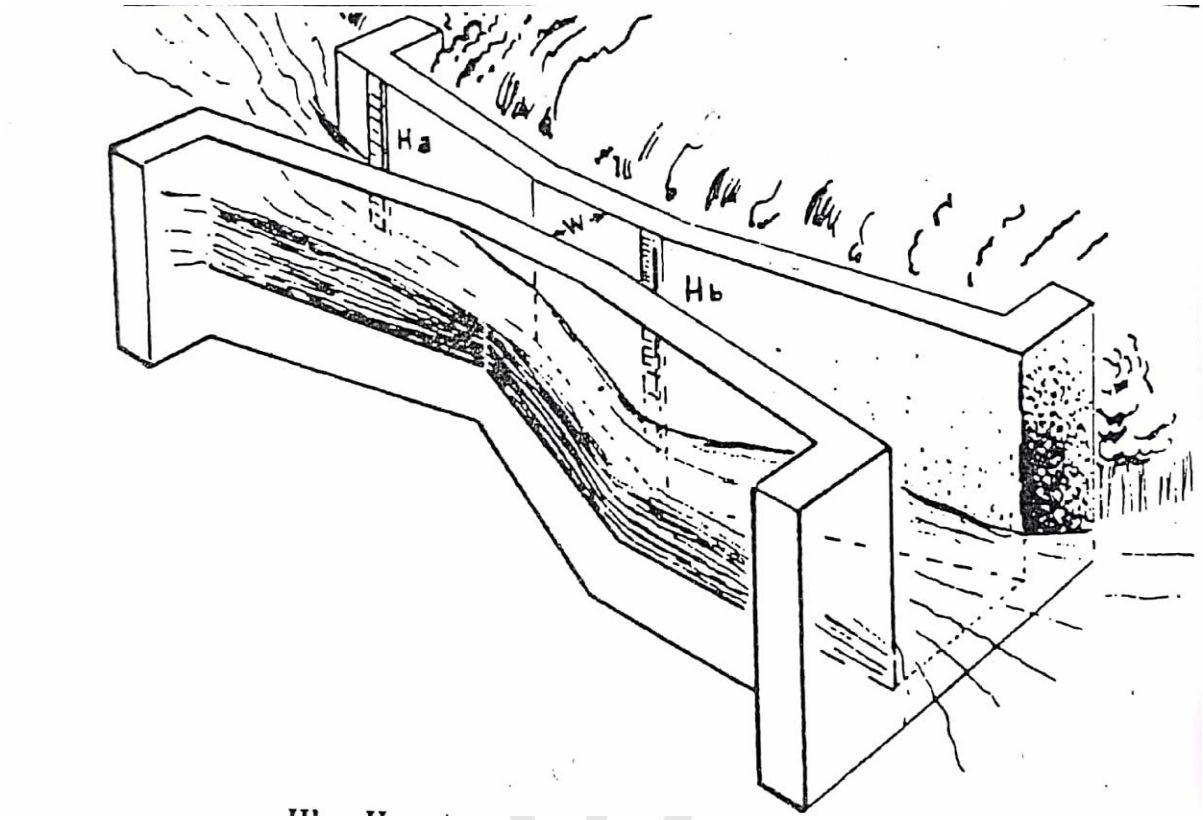
3- المقطع الخلفي downstream section : تنفرج جدران الجهاز عند هذا المقطع باتجاه الخلف وترتفع ارضية الجهاز بنفس الاتجاه أي باتجاه المخرج (outlet).

يتضمن القياس معرفة:

1- ارتفاع الماء عند دخوله الجهاز H_a .

2 – ارتفاع الماء عند خروجه من الجهاز H_b .

يكتفي باحتساب قيمة H_a عندما يكون الجريان حراً، اما في حالة الجريان المغمور فتحسب قيمة H_b اضاقة الى H_a لتحديد التصريف، قد تستعمل مقاييس بارشال في الحقول الصغيرة او الكبيرة وهذا يرتبط بحجم الجهاز الذي يعبر عنه بعرض العنق الذي يتراوح بين 2.5-300 سم، أي ان التصاريف الممكن قياسها بمقياس بارشال تكون بين 0.3 لتر $ثا^{-1}$ – 5.5 $م^3 ثا^{-1}$ او اكثر. يؤثر الجريان المغمور على قياسات المياه مما يوجب تصحيح القراءات، ويتحدد الجريان المغمور عندما تكون نسبة H_b/H_a اكبر من 0.7 ، اما اذا كانت اقل 0.7 فالجريان يكون حراً.



شكل مقياس بارشال يبين مواقع قياس H_b, H_a