Steamflow and Stages Measurement

قياس الجريان والمناسيب

طرق قياس المنسوب:

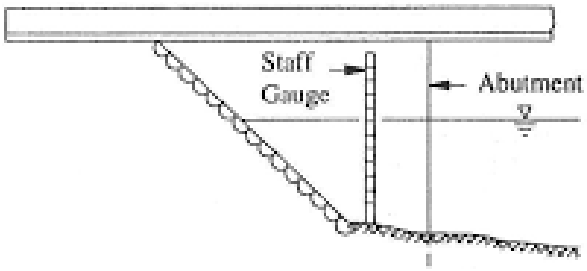
1- الطرق الاعتيادية Manual ways

2- الطرق الاوتوماتيكية Automatic ways

من بين الاجهزة المستخدمة لقياس المناسيب ضمن الطرق الاعتيادية ما يلي:

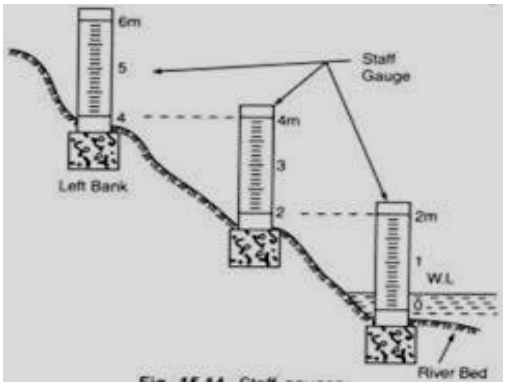
1- مقياس قائمة (Staff gauge)

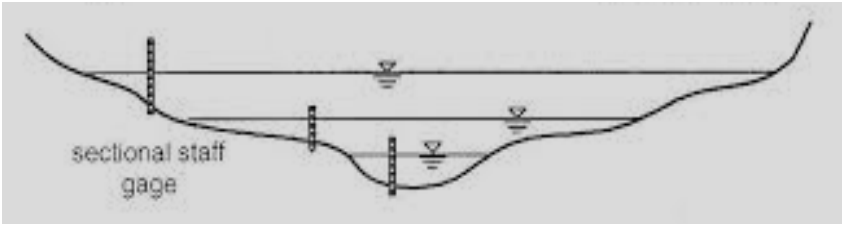
وهو ابسط الطرق المتبعة لقياس منسوب النهر ويتم القياس بملاحظة ارتفاع سطح الماء الذي يلامس القائمة المدرجة والتي تكون عادتاً مثبة على منشآت ثابتة مثل دعامات الجسور او الجدران او الاكتاف ويجب ان يكون جزء من المقياس مغمور دائماً داخل الماء . ويتم صنع القائمة المدرجة من مواد مقاومة ولها معامل تمدد قليل بالنسبة لدرجة الحرارة والرطوبة



2- مقياس القائمة ذو الوصلات (Sectional Staff gauge)

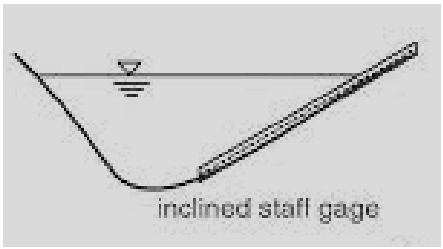
عندما يكون مجرى النهر عريض وذو مناسيب مختلفة لايمكن قرائتها بواسطة مقياس قائمة واحد في هذه الحالات يتم وضع اكثر من مقياس قائمة واحد وفي مواقع ذات مناسيب مختلفة وكما موضح بالشكل.





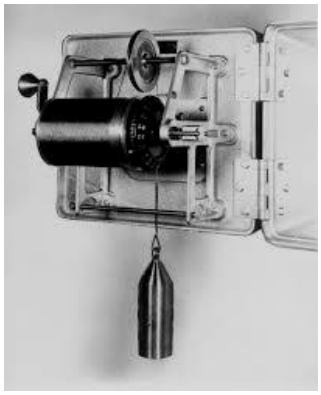
3- مقياس القائمة المائل (Inclined Staff gauge)

هذا النوع يوضع على الميل الجانبي للنهر ويتم تدريجه بحيث يتم قراءة الابعاد الرأسية مباشرةً ويستخدم عندما تكون الدقة مطلوبة.



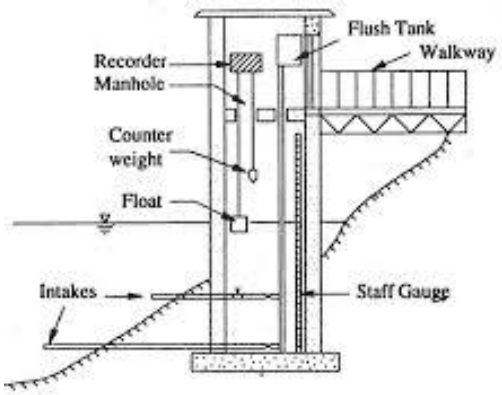
4- المقياس ذو الحبل والثقل (Wire weight gauge)

هذا المقياس يستعمل لقياس ارتفاع سطح الماء من على بعض المنشآت الثابتة مثل الجسور. وفي هذا المقياس يتم انزال ثقل بواسطة سلك حتى يلامس سطح الماء وهذا السلك يلف على اسطوانة تعطي قراءة عن طول السلك المتدلي الى سطح الماء وان مدى عمل هذا الجهاز حوالي 25 متر.



من بين الاجهزة المستخدمة لقياس المناسيب بالطرق الاوتوماتيكية ما يلي:

1- المقاييس المسجلة من النوع الطواف (Float gauge recorder)



2- مقياس ذو الفقاعات (Bubble gauge)

الفقاعات الخارجة تتناسب مع ضغط عمود الماء $(p = \gamma H)$

مميزات مقياس ذو الفقاعات عن مقياس المسجل من النوع الطواف

(a) لايحتاج الى بئر تسكين
(b) يمكن قياس التغيرات الكبيرة في المنسوب الى حد 30 متر
(c) يمكن نصب الجهاز بعيداً عن نقطة القياس
(d) احتمالات انسداد انبوب الغاز قليلة

اختيار موقع محطات القياس

1. المجرى المائي له مقطع عرضي معروف لا يتأثر مع الزمن قدر الامكان
2. ان تكون عملية الوصول الى محطة القياس سهلة خلال السنة
3. موقع محطة القياس يجب ان يكون في مقطع شبه مستقيم
4. الموقع لايتأثر بالماء الخلفي للقناة
5. يجب ان يكون موقع المحطة باتجاه عمودي على اتجاه الجريان وفي جزء ضيق ضمن المجرى قدر الامكان

قياس التصاريف في المجاري المائية والانهار

Discharge Measurement in Streamflow

التصريف (Discharge) هو معدل الجريان في المجاري المائية ويتم عادتاً قياس التصريف في المجاري المائية اعتماداً على نوعين من الطرق هما:

B. الطرق المباشرة وتضم:

1- طريقة المساحة – السرعة (يتم قياس سرعة المجرى باستخدام عدادات التيار Current meters)
2- الطريقة الكيميائية
3- الطريقة الاليكترومغناطيسية
4- طريقة الامواج فوق الصوتية

C. الطرق غير المباشرة وتضم:

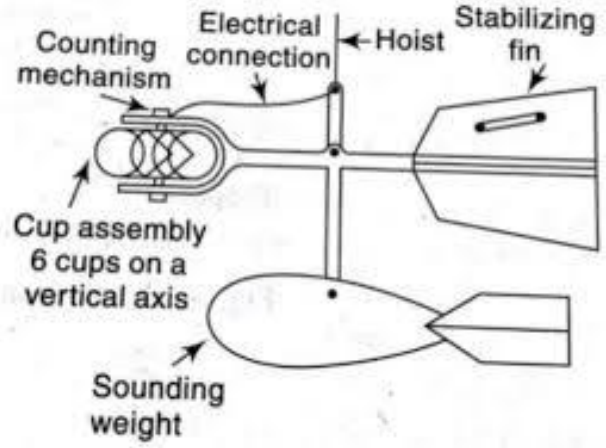
1- باستخدام المنشآت الهيدروليكية (Flumes – Weirs)
2- طريقة الميل – المساحة (Slope-Area method)

طريقة المساحة – السرعة لقياس التصريف في المجاري المائية

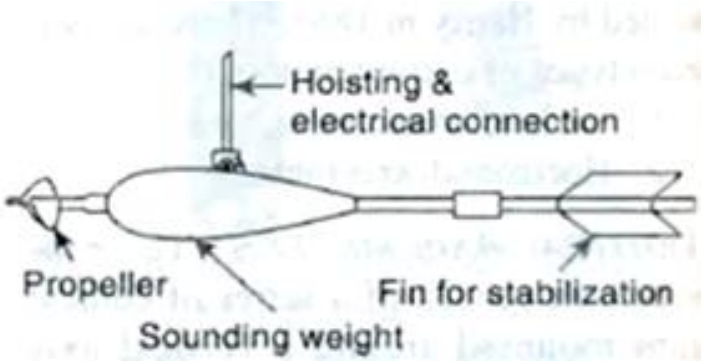
في هذه الطريقة يتم قياس سرعة ماء المجرى باستعمال نوعين من عدادات التيار (Current meters):

a. عداد التيار ذو المحور العمودي Vertical Axis
b. عداد التيار ذو المحور الافقي Horizontal Axis

والسرعة التي يمكن قياسها باستخدام هذه الاجهزة تتراوح ما بين (0.15 – 4 m/s)



Vertical Axis Current meter



Horizontal Axis Current

قراءة جهاز عداد التيار ذو المحور الافقي لاتتأثر بانحرافات الماء الى حد 15º

معادلة جهاز عداد التيار (ذو المحور الافقي والعمودي)

$V = a + bN$

a, b = ثوابت الجهاز

$$N = \frac{\text{عدد الدورات}}{\text{الزمن}}$$

لايجاد السرعة في المقطع الرأسي يجب قياس السرعة في عدد كبير من النقاط خلال مقطع الجريان ولهذا نتبع الخطوات التالية:

1. في الجداول الضحلة ذات العمق لحد 3 متر تقاس السرعة عند 0.6 من العمق تحت سطح الماء، وهذه القراءة تمثل معدل السرعة في المقطع الرأسي
2. في المجاري المائية ذات الاعماق المتوسطة تقاس السرعة عند نقطتين (0.2 and 0.8) من العمق ويكون معدل السرعة في المقطع الرأسي كما موضح بالمعادلة

$$V_{av.} = \frac{V_{0.2} + V_{0.8}}{2}$$

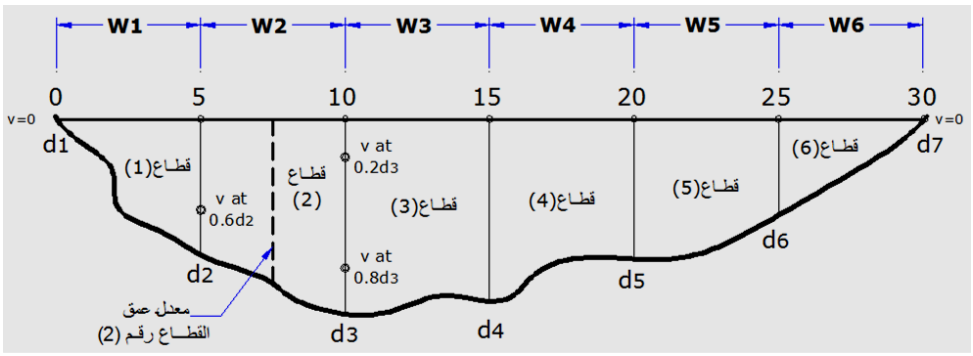
3. في الانهار التي لها تصريف فيضاني تقاس السرعة السطحية عند عمق 0.5 متر تحت سطح الماء ومعدل السرعة يكون V = K V at 0.5 حيث ان K هو معامل تصغير ويتراوح ما بين (0.85 – 0.95) .

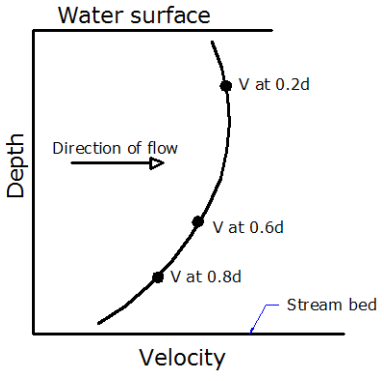
توضيح طريقة المساحة-السرعة

في هذه الطريقة يتم اختيار مقطع النهر الذي يراد ايجاد قيمة التصريف عنده بعدها يتم تقسيم مقطع النهر الى قطاعات رأسية يفضل ان يكون عرضها متساوي علماً انه كلما زاد عدد القطاعات زادة الدقة ولكن يكون ذلك على حساب الكلفة.

بعدها يتم حساب مساحة كل قطاع عن طريق ايجاد معدل عمق كل قطاع مضروباً في عرضه ثم يتم ايجاد معدل السرعة داخل القطاع.

لايجاد التصريف المار بكل قطاع يتم ضرب معل سرعة القطاع في مساحة القطاع نفسه ولايجاد التصريف الكلي المار داخل النهر يتم جمع التصاريف الجزئية للقطاعات.





Typical Vertical Velocity Curve

ملاحظة: المقطعين الاول والاخير تحسب مساحتهما على اساس مساحة مثلث

لحساب التصريف في القطاع رقم (1)

$$V_{av.(1)} = \frac{V_0 + V_{at\ 0.6\ d2}}{2} \quad \rightarrow \quad Q_{(1)} = \frac{W1 * d_{at\ d2}}{2} * V_{av.(1)}$$

لحساب التصريف في القطاع رقم (2)

$$V_{av(2)} = \frac{V_{at\ d2} + V_{at\ d3}}{2} = \left[V_{at\ 0.6\ d2} + \frac{V_{at\ 0.2\ d3} + V_{at\ 0.8\ d3}}{2}\right]/2$$

$$A_{(2)} = \frac{d_2 + d_3}{2} * W_2$$

$$Q_{(2)} = V_{av.(2)} * A_{(2)}$$

الخطوات العامة المتبعة لاختيار عدد القطاعات

أ- عرض كل قطاع يجب ان يتراوح ما بين $\left[\frac{1}{15} - \frac{1}{20}\right]$ من عرض النهر الكلي

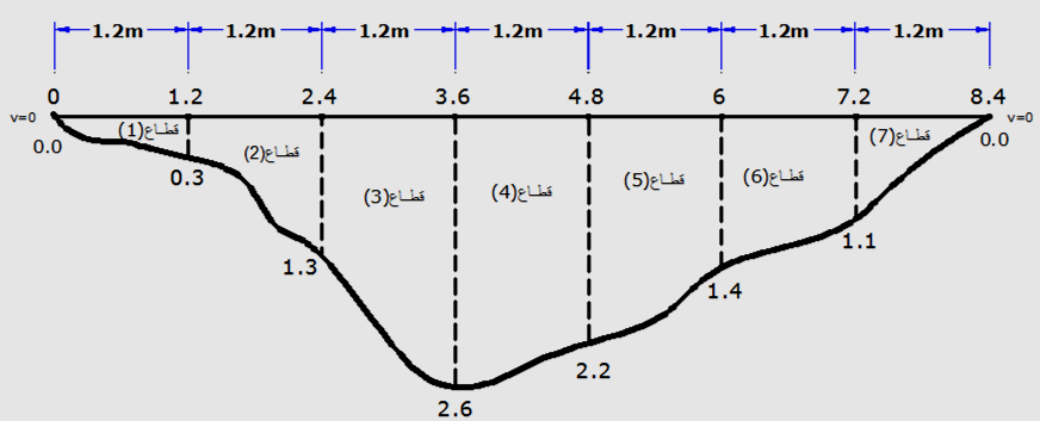
ب- التصريف في كل قطاع يجب ان يكون اقل من 10% من التصريف الكلي للنهر

ج- اختلاف السرع في القطاعات المتجاورة يجب ان لايكون اكثر من 20%

ملاحظة: لايجاد معدل سرعة المجرى نقسم مجموع التصاريف الكلية للقطاعات على مجموع المساحات الجزيئية لها.

مثال: تم تسجيل المعلومات التالية في موقع قياس التصريف لمجرى مائي، احسب تصريف المجرى اذا كانت معادلة جهاز عداد التيار هي (V=0.08+0.62N) ، علماً بان المسافة بين مقطع واخر من المقاطع الرأسية لقياس السرعة وابتداءً من الضفة اليسرى للمجرى كانت تساوي (1.2 m)

المسافة من الضفة اليسرى (m)	0	1.2	2.4	3.6	4.8	6	7.2	8.4
العمق عند المقاطع الرأسية (m)	0	0.3	1.3	2.6	2.2	1.4	1.1	0
عدد دورات الجهاز عند العمق (0.6)	----	40	48	70	64	52	46	----
مدة قراءة العداد (second)	----	100	110	148	140	120	108	----



التصريف	مساحة القطاع	معدل سرعة القطاع	معدل السرعة في المقطع الرأسي	عمق المقطع الرأسي	عرض القطاع	المسافة من الضفة اليسرى
0.03	0.18	0.165	0	0	0	0
0.33	0.96	0.341	0.33	0.3	1.2	1.2
			0.351	1.3	1.2	2.4
			0.373	2.6	1.2	3.6
			0.363	2.2	1.2	4.8
			0.35	1.4	1.2	6
			0.344	1.1	1.2	7.2
			0	0	1.2	8.4
3.675 (m^3/s)	التصريف الكلي					

H.W.

Compute the discharge for the following data given below and then find the average velocity for the stream: (V=0.1+2N)

Distance (m)	Depth (m)	Velocity at 0.6 from water surface		Velocity at 0.2 from water surface		Velocity at 0.8 from water surface	
		Revolution	Time (s)	Revolution	Time (s)	Revolution	Time (s)
0	0						
2	0.8	40	150				
4	2.1			79	120	50	105
6	3.95			81	110	60	100
8	4.25			84	105	70	100
10	5.8			110	120	75	95
12	4.6			90	105	65	100
14	3.9			58	110	60	110
16	2.8			80	108	58	115
18	2.0			70	110	52	115
20	0.75	70	150				
22	0						

Q total= ( ) m^3/s

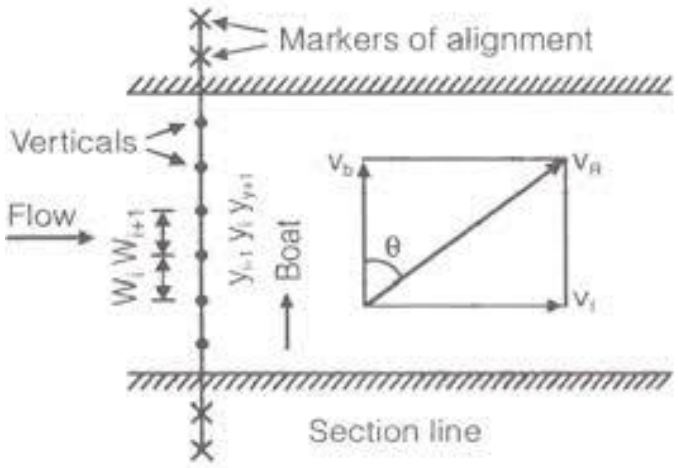
$V_{av.}$= ( ) m/s

Total area =( ) m^2

طريقة القارب المتحرك لقياس السرعة (Moving – Boat Method)

في بعض الاحيان وعندما يكون النهر في حالة فيضان فان عداداً خاصاً للتيار من النوع الرفاس يستخدم لقياس السرعة والذي بامكانه ان يتحرك بشكل حر حول المحور الرأسي ويسحب بسلك الى قارب بسرعة Vb وبزاوية قائمة مع اتجاه الجريان.

فاذا كانت سرعة المجرى هي Vf فان الجهاز سوف يتحرك باتجاه السرعة المحصلة VR والتي تشكل الزاوية θ مع اتجاه القارب كما موضح بالشكل. وان المقياس سوف يسجل السرعة VR وعليه فاذا كانت Vb عمدية على Vf فان



$Vb = VR \cos\theta$

$Vf = VR \sin\theta$

ملاحظة: يتم قياس السرعة على عمق 0.5 متر من سطح الماء

واذا كانت الفترة الزمنية لانتقال القارب بين المقطعين الرأسيين = Δt فان العرض بينهما هو W

$W = Vb\ \Delta t$ ⟶ يعطي مسافة

وبفرض ان العداد يعطي معدل السرعة في المقطع الرأسي عليه يكون التصريف كالاتي

$$\Delta Q = \left(\frac{y_i + y_{i+1}}{2}\right) * W_i * V_f$$

$$\Delta Q = \left(\frac{y_i + y_{i+1}}{2}\right) * (V_R)^2 * sin\theta * cos\theta * \Delta t$$

$$Q = \sum_{i-1}^{n} Q_i$$

الجهاز يعطي قيمة VR و θ ويتم اجراء عملية القياس ذهاباً وايابا ولعدة مرات في بعض الاحيان واخذ معدل قيمة التصريف

ملاحظة: يمكن قياس سرعة المجرى المائي بشكل تقريبي في حالة فيضانه باستعمال جسم طافي حيث يحسب الزمن والمسافة التي يقطعها الجسم الطافي بين موقعين المسافة بينهما محسوبة حيث $V = \frac{S}{t}$

$$V = 0.85\ Vs$$

2- الطريقة الكيميائية او طريقة التخفيف لقياس التصريف (Dilution Technique of Streamflow Measurement)

تستخدم هذه الطريقة في قياس التصريف في المجاري المائية التي يصعب استخدام جهاز عداد التيار فيها حيث يتم استخدام مادة سارية (Tracer) مثل ملح الطعام او صبغة الفلورسين او اي مادة اخرى بحيث لاتكون موجودة اصلاً في المجرى المائي او لا تتحد كيميائياً مع المواد الموجودة في المجرى ولا تكون سامة وسهلة التوفر ويمكن كشفها وملاحظتها وبكميات مها كانت صغيرة.

تنقسم هذه الطريقة الى قسمين حسب اسلوب اضافة المادة السارية الى المجرى:

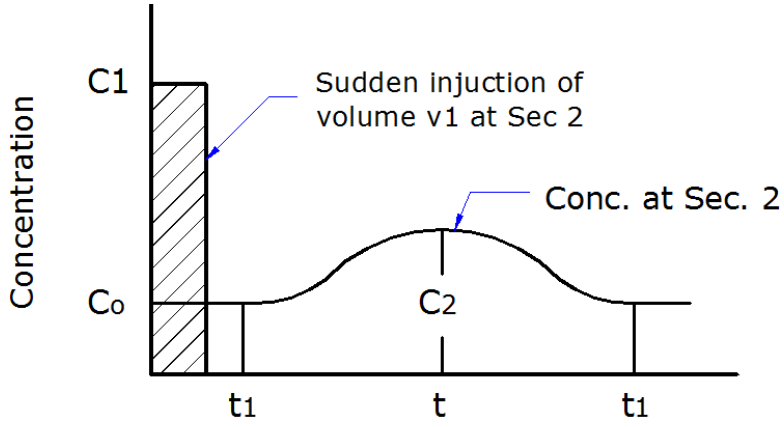
A- طريقة الحقن المفاجىء (Sudden-Injection Method)

افترض ان C_o هي التركيز الابتدائي الصغير لهذه المادة في المجرى المائي في المقطع (1). فان كمية صغيرة (حجم V_1) ذات تركيز عالي C_1 لهذه المادة تمت اضافتها. وافترض ايضا ان المقطع (2) على بعد مناسب من المقطع (1) لذلك فان المادة السارية تمتزج بشكل كامل مع ماء المجرى في هذا المقطع بسبب حركة الماء. وعلى افتراض ان الجريان ثابت خلال المقطع وبتطبيق معادلة الاستمرارية على المادة السارية

M_1= كتلة المادة السارية المضافة = C_1V_1

$$M_1 = V_1C_1 = Q\int(C_2 - C_O)dt$$

$$Q = \frac{C_1V_1}{\int_{t_1}^{t_2}(C_2 - C_O)dt}$$



Sudden-Injection Method

$$L = \frac{0.13\ B^2\ C\ (0.7C + 2\sqrt{g})}{g * D}$$

L = المسافة بين المقطع الاول والثاني وحسب طبيعة المنطقة وتتراوح قيمته ما بين (2 – 100) كم

C = معامل خشونة وتتراوح قيمته (15 – 50)

D = معدل عمق المجرى

B = معدل عرض المجرى

A. طريقة الحقن الثابت (Constant-Rate Injection Method)

تحقن المادة السارية والتي تركيزها C_1 وبمعدل ثابت Q_1 في المقطع (1)، في المقطع (2) فان تركيز المادة السارية يرتفع من القيمة C_0 في الوقت t_1 الى قيمة ثابتة اخرى هي C_2، وباعتبار ان الجريان ثابت فان معادلة الاستمرارية بالنسبة للمادة السارية هي:

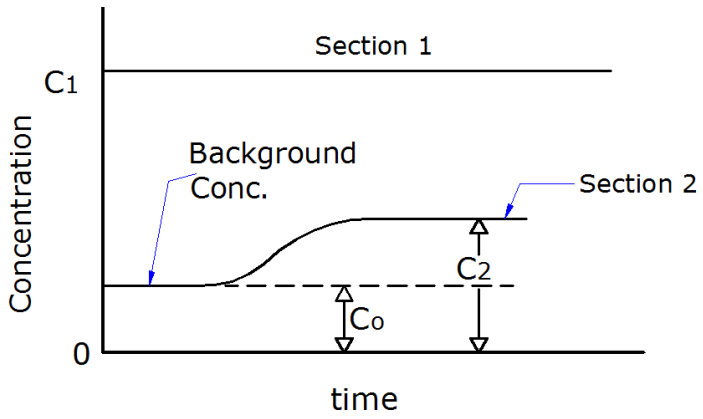
$$Q_1C_1 + QC_0 = (Q + Q_1)C_2$$

$$Q_1C_1 + QC_0 = QC_2 + Q_1C_2$$

$$Q_1C_1 - Q_1C_2 = QC_2 - QC_0$$

$$Q_1(C_1 - C_2) = Q(C_2 - C_0)$$

$$Q = \frac{Q_1(C_1 - C_2)}{C_2 - C_0}$$



Constant-Rate Injection Method

مثال: 25 غم/لتر محلول من الفلورسين كمادة سارية تم ضخها في مجرى مائي وبمعدل ثابت هو 10 سم^3/ثا تم فحص ماء المجرى ووجد انه لايحتوي على اي تركيز من هذه المادة السارية وفي جنوب المجرى والذي يبعد بعداً مناسباً وجد ان تركيز الصبغة فيه يصل الى حالة من التوازن قيمتها 5 جزء بالبليون. خمن التصريف المار بالمجرى باستخدام الطريقة الكيميائية.

$$Q = \frac{Q_1(C_1 - C_2)}{C_2 - C_0}$$

$$Q_1 = 10\ cm^3/s \quad = 10 * 10^{-6}\ (m^3/s)$$

$$C_1 = 0.025 \quad , C_2 = 5 * 10^{-9} \quad , C_0 = 0.0$$

$$Q = \frac{10 * 10^{-6} * (0.025 - 5 * 10^{-9})}{5 * 10^{-9}} = 50\ m^3/s$$

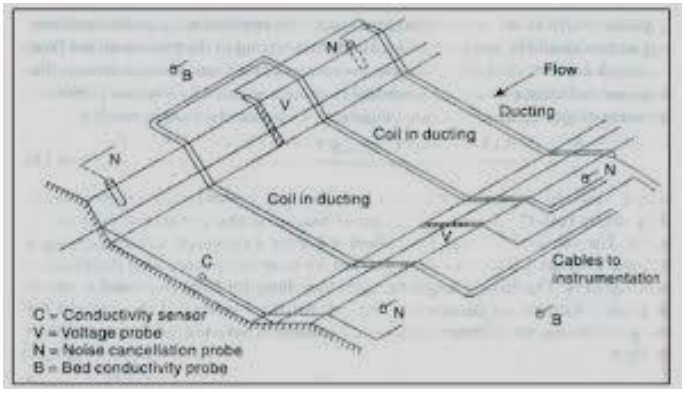
1 mg/l = 1 ppm

25 gm/l = 25000 mg/l = 25000 ppm

$$= \frac{25000}{10^6} = 25 * 10^{-3}$$

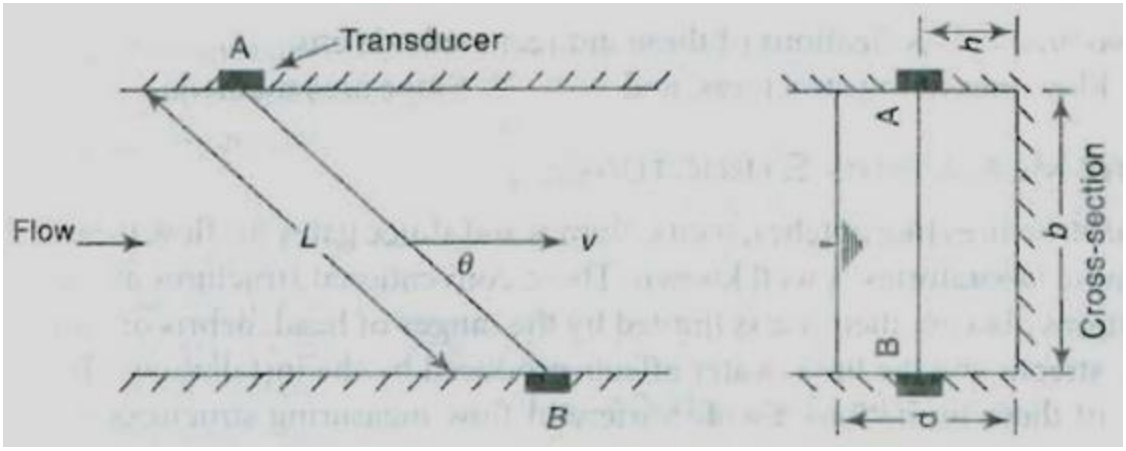
3- الطريقة الاليكترومغناطيسية لقياس التصريف (Electromagnetic Method)

تعتمد على مبدأ فراداي في توليد مجال كهرومغناطيسي يتم توليده في الماء عن طريق دفن كيبلات كبيرة في قاع المجرى تحمل تياراً كهربائياً لاحداث المجال الكهرومغناطيسي وتوجد اقطاب مثبتة على جوانب المجرى لقياس الفولتية الناتجة عن جريان الماء في المجرى وكما موضح بالشكل ادناه. حيث تنقل الاشارة الى جهاز خاص والذي يحدد قيمة التصريف المار بالمجرى.



4- طريقة الامواج فوق الصوتية (Ultrasonic Method)

وهي طريقة مشابهة لطريقة المساحة-السرعة حيث يمكن قياس معدل السرعة باستعمال اشارات فوق صوتية (مجسات) عن طريق وضع خلايا ضوئية عند طرفي المجرى وبمستوى واحد فوق القعر وكما موضح بالشكل حيث تنقل هذه الاشارات الى جهاز خاص لقياس معدل سرعة المجرى ولايجاد التصريف تحسب مساحة مقطع الجريان وبعدها يتم ضرب معدل السرعة في المساحة لايجاد التصريف المار بالمجرى. عادتاً تستخدم هذه الطريقة عندما يكون مقطع القناة ثابت.



Discharge Measurement by Hydraulic Structures

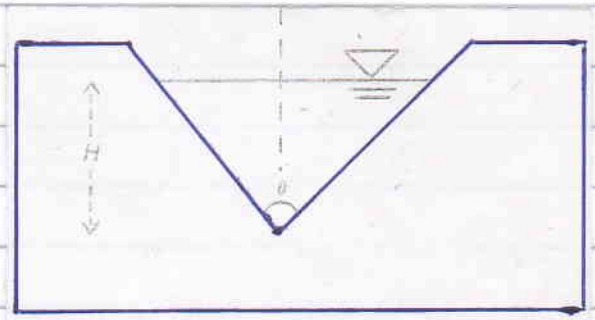
The following hydraulic structures can be used for the discharge measurement:

① Notches فتحات
② Throttled Flumes or (Throated Flumes) قنوات مختنقة (وعرة)
③ Weirs سدادات

Notches

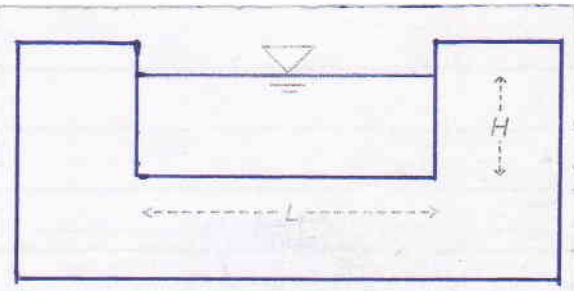
Notches are used when the discharge is small. The different notches are as follows:

A- Triangular notch (V-notch)



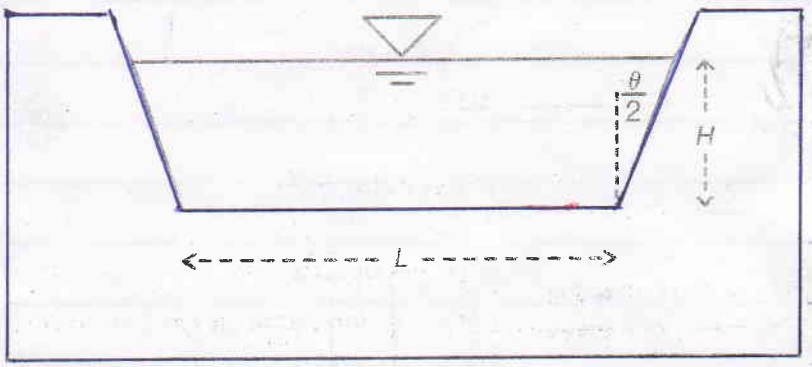
$$Q = \frac{8}{15} C_d \sqrt{2g} \tan\frac{\theta}{2} H^{5/2}$$

B- Rectangular Notch



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

C- Trapezoidal notch



$$Q = \frac{2}{3} C_d \sqrt{2g} L H^{3/2} + \frac{8}{15} C_d \sqrt{2g} \tan\frac{\theta}{2} H^{5/2}$$

Example:

In laboratory, following 3 notches were installed in parallel with the crest of all the notches at the same level: The water level above the crest was (150 mm). Assume coefficient of discharge in all the cases to be 0.6.

1- Triangular notch with semi-vertical angle of 45°
2- Rectangular notch of crest length of 200 mm
3- Trapezoidal notch of crest length of 150 mm

Calculate the total discharge flowing over all the notches.

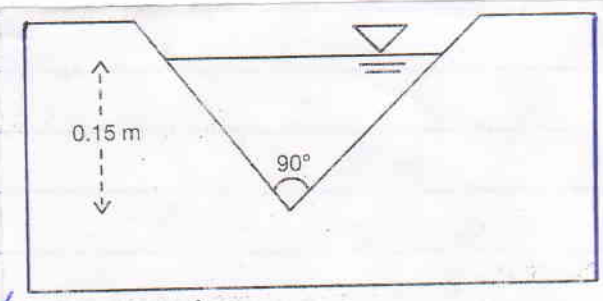
Solution:

The discharge over the notches will be as follows:

1- Triangular notch

$$Q = \frac{8 * Cd \sqrt{2g} \tan \theta/2 * H^{5/2}}{15}$$

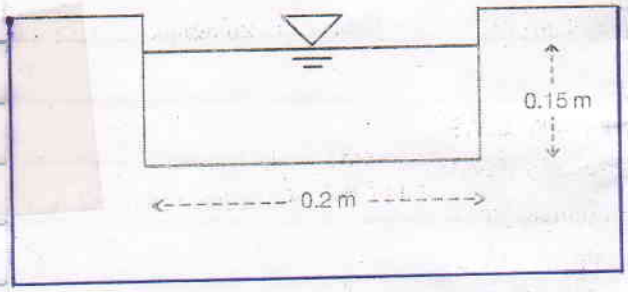
$$= \frac{8 * 0.6 * 4.43 * \tan 45^\circ * (0.15)^{5/2}}{15} = 0.0123 \ m^3/s$$



2- Rectangular notch

$$Q = \frac{2 Cd \sqrt{2g} L H^{3/2}}{3}$$

$$= \frac{2 * 0.6 * 4.43 * 0.2 * (0.15)^{1.5}}{3} = 0.0206 \ m^3/s$$



3- Trapezoidal notch

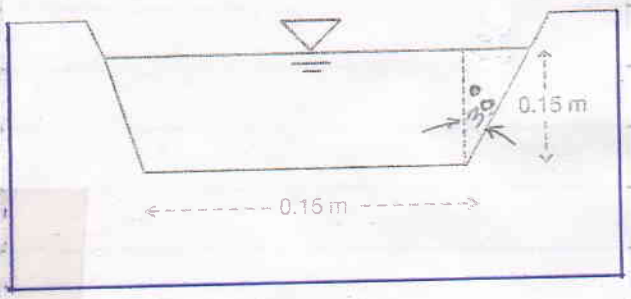
$$Q = \frac{2 Cd \sqrt{2g} L H^{3/2}}{3} + \frac{8 Cd \sqrt{2g} \tan \theta \ H^{5/2}}{15}$$

$$= \frac{2 * 0.6 * 4.43 * 0.15 * (0.15)^{1.5}}{3} +$$

$$\frac{8 * 0.6 * 4.43 * \tan(30^\circ) * (0.15)^{1.5}}{15}$$

$$= 0.0154 + 0.00712$$

$$= 0.02252 \ m^3/s$$



Total discharge $= 0.0123 + 0.0206 + 0.02252$

$$= 0.05542 \ m^3/s = 55.42 \ l/s$$

Throttled Flumes

Throttled flumes are normally used for canals. The cross section of the canal is reduced by reducing the width as well as raising the bed so that critical flow occurs over the throat portion.

The normal throttled flumes are:

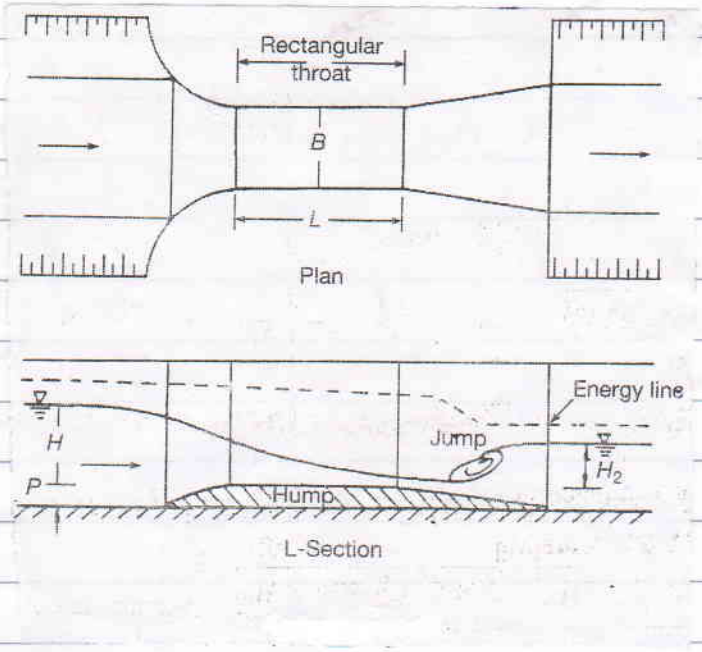
A- Standing wave flume

B- Parshall flume

A-Standing wave flume

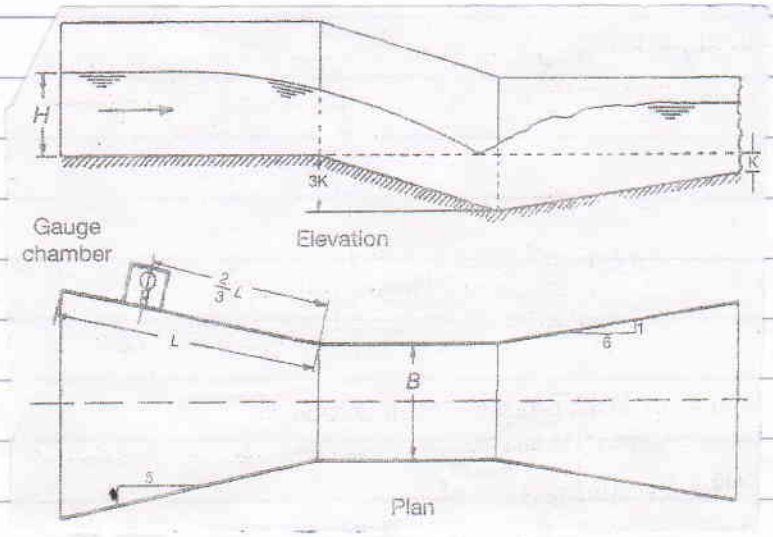
Standing wave flume is also known as Venturi-flume

$Q = C_d B H^{3/2}$



B-Parshall flume (was developed by R.L. parshall in 1910.)

$Q = C_d B H^{1.49}$



Example:

A (0.5 m) wide standing wave flume and (0.25 m) wide parshall flume are used to measure discharge in a branch canal. The throat level of both flumes is at the same level. Find the combined discharge when the head is (0.4 m). Assume C_d equal to 1.706 and 1.72 for standing wave flume and parshall flume respectively.

Solution

$$Q = C_d * B * H^{3/2} + C_d * B * H^{1.49}$$

$$= 1.706 * 0.5 * 0.4^{3/2} + 1.72 * 0.25 * 0.4^{1.49}$$

$$= 0.215 + 0.109 = 0.324 \ m^3/s$$

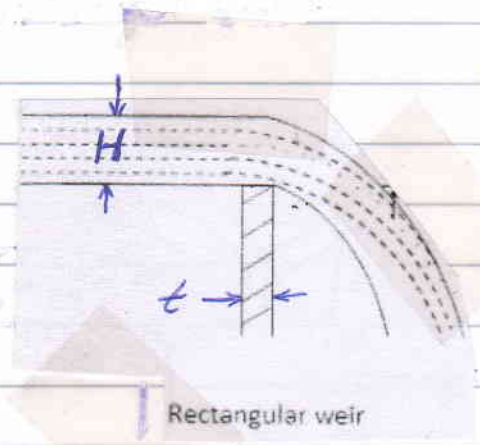
Weirs

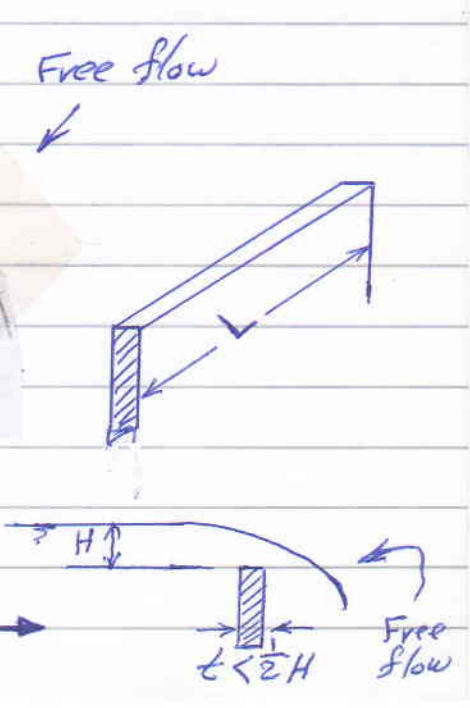
The existing weirs constructed across a stream can be used for the discharge measurement. The normal types of weirs generally constructed are the following:

A - Rectangular Weir

If the height of water (H) above the weir crest is greater than two time of the width of the crest of weir (t) the weir is called a Narrow Crested weir.

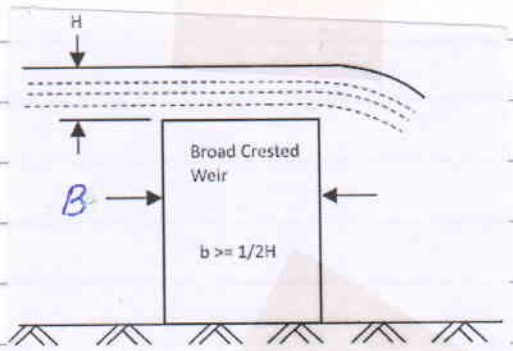
$$Q = \frac{2}{3} C_d \sqrt{2g} \, L \, H^{3/2}$$





B- Broad-Crested weir

Broad crested weirs are normally of low heights, constructed over the entire length of the channel. It will act as a broad-crested weir only if $B \geq \frac{1}{2} H$



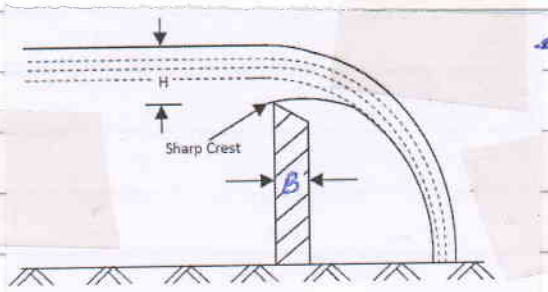
$$Q = 1.71 C_d L H^{3/2}$$

C- Sharp-Crested weir

It is a special type of weir having a sharp-crest as shown in figure.

In a sharp-crested weir, the thickness of weir is kept less than half of the height of water of the weir $B < \frac{1}{2} H$.

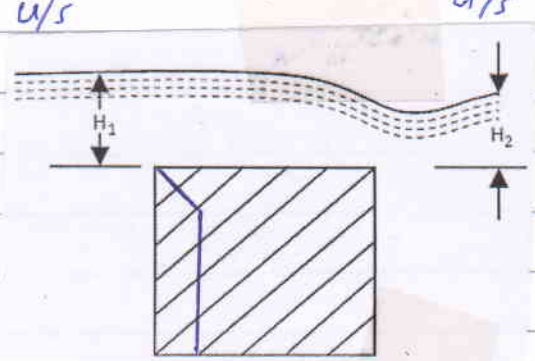
free flow



$$Q = \frac{2}{3} C_d \sqrt{2g} L H^{3/2}$$

submerged flow

* When the water level on the downstream (d/s) side of a weir is above the top surface of weir, it is known as submerged or Drowned weir.



$$Q_1 = \frac{2}{3} C_d L \sqrt{2g} (H_1 - H_2)^{3/2}$$

$$Q_2 = C_d L H_2 \sqrt{2g (H_1 - H_2)}$$

$$Q_T = Q_1 + Q_2$$

(Broad or sharp) Submerged weir

1- Example - Discharge Over A Rectangular Weir

A weir of 8m long is to be built across a rectangular channel to discharge a flow of 9m^3 /s. If the maximum depth of water on the upstream side of weir is to be 2m, what should be the height of the weir? Adopt C_d = 0.62.

Given,

L = 8 m
Q = 9 m^3 /s

Depth of water = 2m

C_d = 0.62

Let, H = Height of water above the sill of the weir.

So, the discharge over the weir,

$$Q = \frac{2}{3} C_d . L \sqrt{2g} (H)^{\frac{3}{2}}$$

$$\therefore 9 = \frac{2}{3} \times 0.62 \times 8 \sqrt{2 \times 9.81} (H)^{\frac{3}{2}} = 14.65 H^{\frac{3}{2}}$$

$$\Rightarrow H^{\frac{3}{2}} = \frac{9}{14.65} = 0.614$$

$$\Rightarrow H = 0.72m$$

Therefore height of weir should be = 2.0 - 0.72 = 1.28 m

2- Example - Discharge Over A Broad Crested Weir

Determine the maximum discharge over a broad-crested weir 60 meters long having 0.6 m height of water above its crest. Take coefficient of discharge as 0.595. Given,

L = 60 m

H = 0.6 m

Cd = 0.595

Maximum Discharge Over The Weir Without Considering The Velocity of Approach

We know that the maximum discharge over the weir,

$$Q_{max} = 1.71 C_d . L \times H^{\frac{3}{2}}$$

$$\Rightarrow Q_{max} = 1.71 \times 0.595 \times 60 \times (0.6)^{\frac{3}{2}} = 28.4 \ m^3/s$$

3- Example - Discharge Over A Sharp-Crested Weir

A rectangular sharp-crested weir is to be constructed in a testing station with small stream in which the discharge varies from 50 liters/s and 1250 liters/s. Find the suitable length of the weir, if the minimum head to be measured is 50 mm and the maximum head on it does not exceed one-third of its length.
Given,

Q_{min} = 50 liters/s = 0.05 m^3 /s

Q_{max} = 1250 liters/s = 1.25 m^3 /s

H_{min} = 50 mm = 0.05 m

Let, H = Length of weir in meters

∴Maximum head of water, H_{max} = L/3

We know that the minimum discharge over the weir (Q_{min})

$$0.05 = \frac{2}{3} C_d . L \sqrt{2g} \times H^{\frac{3}{2}}$$

$$\Rightarrow 0.05 = \frac{2}{3} C_d . L \sqrt{2g} \times (0.05)^{\frac{3}{2}}$$

(1)

and maximum discharge over the weir (Q_{max})

$$1.25 = \frac{2}{3} C_d . L \sqrt{2g} \times \frac{L^{\frac{3}{2}}}{3}$$

(2)

Dividing equation *(2)* by *(1)*

$$\frac{1.25}{0.05} = \frac{\frac{2}{3} C_d . L \sqrt{2g} \times \frac{L}{3}^{\frac{3}{2}}}{\frac{2}{3} C_d . L \sqrt{2g} \times (0.05)^{\frac{3}{2}}}$$

$$\Rightarrow 25 = \frac{L^{\frac{3}{2}}}{(3 \times 0.05)^{\frac{3}{2}}}$$

$$\Rightarrow 25 = \frac{L^{\frac{3}{2}}}{0.058}$$

$$\therefore L = 1.28m$$

Length of weir = 1.28 m

4- Example - Discharge Over A Submerged or Drowned Weir

A submerged sharp crested weir 0.8m high stands clear across a channel having vertical sides and a width of 3m. The depth of water in the channel of approach is 1.25m. And 10m downstream from the weir, the depth of water is 1m. Determine the discharge over the weir in liters per second. Take C_d as 0.6.

Given,

L = 3m

C_d = 0.6

From the geometry of the weir, we find that the depth of water on the upstream side,

$$H_1 = 1.25 - 0.8 = 0.45\ m$$

and depth of water on the downstream side,

$$H_2 = 1 - 0.8 = 0.2\ m$$

We know that the discharge over the free portion of the weir,

$$Q_1 = \frac{2}{3} C_d.L\sqrt{2g}(H_1 - H_2)^{\frac{3}{2}}$$

$$\Rightarrow Q_1 = \frac{2}{3} \times 0.6 \times 3\sqrt{2 \times 9.81}(0.45 - 0.20)^{\frac{3}{2}}$$

$$\Rightarrow Q_1 = 0.664\ m^3/s = 664\ liters/s$$

and discharge over the submerged portion of the weir,

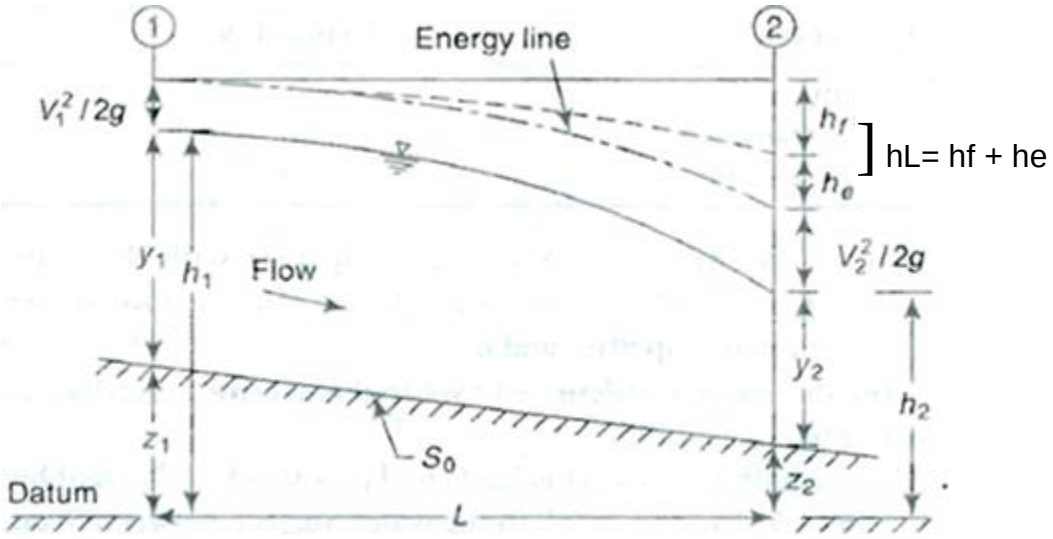
$$Q_2 = C_d.L.H_2\sqrt{2g(H_1 - H_2)}$$

$$\Rightarrow Q_2 = 0.6 \times 3 \times 0.2\sqrt{2 \times 9.81(0.45 - 0.2)}$$

$$\Rightarrow Q_2 = 0.797\ m^3/s = 797\ liters/s$$

∴Total discharge,

$$Q = Q_1 + Q_2 = 664 + 797 = 1461\ liters/s$$



في حالة الجريان المنتظم وحسب معالة (Bernoulli's Equation) في القنوات المفتوحة

hf = فواقد الاحتكاك

he (eddy) = فواقد الدوامات

$$Z_1 + y_1 + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + y_2 + \frac{V_2^2}{2g} + hL$$

$$h_1 + \frac{V_1^2}{2g} = h_2 + \frac{V_2^2}{2g} + hL$$

$h_1 = y_1 + Z_1$

$h_2 = y_2 + Z_2$

$$So \quad hL = (h_1 - h_2) + \left(\frac{V_1^2}{2g} - \frac{V_2^2}{2g}\right) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

اذا كان L يساوي طول المقطع وباستخدام معادلة مانينك للجريان المنتظم فان ميل خط الطاقة يحسب:

$$Q = \frac{1}{n} A R^{2/3} S^{1/2}$$

$$S_f = \frac{Q^2}{\left[\frac{1}{n} A R^{2/3}\right]^2} \rightarrow = \frac{Q^2}{K^2} \quad \text{where } K = \frac{1}{n} A R^{2/3} \quad , \quad R = \frac{A}{P}$$

$$\text{also} \quad S_f = \frac{hf}{L} = \frac{Q^2}{K^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

في حالة الجريان غير المنتظم يمكن ايجاد معدل ميل الطاقة اي $\overline{Sf}$ باستعمال معدل قيمة K ، للمقطعين

$$\overline{K} = \sqrt{K_1 \; K_2} = (K_1 + K_2)/2$$

$$\overline{Sf} = \frac{hf}{L} = \frac{Q^2}{\overline{K}^2}$$

خطوات الحل بطريقة الميل – المساحة:

1- نفرض ان السرعة للمقطعين متساوية وعليه فان hf حسب المعادلة (1) تكون

$hf = h_1 - h_2$

2- من قيمة hf نحسب قيمة Sf من المعادلة (2)

$$S_f = \frac{hf}{L}$$

3- نحسب قيمة K، ثم من المعادلة (2) نحسب قيمة Q

4- لقيمة Q المحسوبة نوجد قيم V_1, V_2 حيث $V = \frac{Q}{A}$ ثم نستخدم المعادلة رقم (1) لحساب قيمة hf الجديدة المصححة.

5- نكرر الحسابات الى ان نحصل على قيم متقاربة جداً للتصريف او hf بحيث ان قيم hf يمكن اهمال الفرق بينها.

مثال: خلال فيضان كان عمق الماء في قناة مستطيلة عرضها (10 m) يساوي 3m ,2.9m في مقطعين المسافة بينهما تساوي 200 m وكان الهبوط في ارتفاع سطح الماء يساوي 0.12 m افرض ان معامل مانننك (n=0.025) خمن تصريف الفيضان في القناة.

المقطع رقم (2)	المقطع رقم (1)
$y_2 = 2.9$ m	$y_1 = 3$ m
$A_2 = 2.9*10 = 29$ m^2	$A_1 = 3*10 = 30$ m^2
$P_2 = 15.8$ m	$P_1 = 16$ m
$R_2 = 1.835$ m	$R_1 = \frac{A_1}{P_1} = \frac{30}{16} = 1.875\ m$
$K_2 = \frac{1}{0.025} * 29 * (1.835)^{2/3} = 1738.9$	$K_1 = \frac{1}{0.025} * 30 * (1.875)^{2/3} = 1824.7$

$$\overline{K} = \sqrt{K_1\ K_2} = \sqrt{1824.7 * 1738.9} = 1781.3$$

قيمة hf = الهبوط = 0.12 m

he = 0.0 الضياع نتيجة الدوامات يهمل

$$\overline{S_f} = \frac{hf}{L} = \frac{hf}{200} = \frac{Q^2}{\overline{K}^2}$$

$$Q = \overline{K}\sqrt{\overline{S_f}} = 1781.3\sqrt{\overline{S_f}}$$

$$\frac{V_1^2}{2g} = \frac{\left(\frac{Q}{30}\right)^2}{19.62} \quad , \frac{V_2^2}{2g} = \frac{\left(\frac{Q}{29}\right)^2}{19.62}$$

$$hf = (\mathrm{h_1} - \mathrm{h_2}) + \left(\frac{\mathrm{V_1^2}}{2\mathrm{g}} - \frac{\mathrm{V_2^2}}{2\mathrm{g}} \right)$$

$$hf = fall + \left(\frac{\mathrm{V_1^2}}{2\mathrm{g}} - \frac{\mathrm{V_2^2}}{2\mathrm{g}} \right)$$

$$So \quad hf = 0.12 + \left(\frac{\mathrm{V_1^2}}{2\mathrm{g}} - \frac{\mathrm{V_2^2}}{2\mathrm{g}} \right) \quad \ldots\ldots\ldots (1)$$

قيمة hf من معادلة (1)	$\frac{V_2^2}{2g}$ (m)	$\frac{V_1^2}{2g}$ (m)	Q (m^3/s)	$\bar{S}f * 10^{-4}$	hf (m)	المحاولة
0.1124	0.1154	0.1078	43.63	6	0.12	1
0.1129	0.108	0.1009	42.21	5.615	0.1124	2
0.1129	0.1085	0.1014	42.32	5.645	0.1129	3

نموذج للحسابات:

$$\bar{S_f} = \frac{hf}{L} = \frac{0.12}{200} = 6 * 10^{-4}$$

$$Q = \bar{K} \sqrt{\bar{S_f}} = 1781.3 \sqrt{6 * 10^{-4}} = 43.63 \ m^3/s$$

$$\frac{V_1^2}{2g} = \frac{\left(\frac{43.63}{30}\right)^2}{19.62} = 0.1078 \ m$$

$$\frac{V_2^2}{2g} = \frac{\left(\frac{43.63}{29}\right)^2}{19.62} = 0.1154 \ m$$

$$So \quad hf = 0.12 + (0.1078 - 0.1154) = 0.1124 \ \mathrm{m}$$