الفصل الثامن

قياسات الانسياب السطحى وتدفق المجرى

Run Off and stream Flow Measurement

١- مقدمة:

عملية الانسياب السطحي تم شرحها في الفصل رقم (١). لقد تمت الإشارة إلى أن الانسياب السطحي من مستجمع المياه المحتوى على التدفق فوق الأرض، والتدفق البيني (Inter Flow) وتدفق المياه الجوفية وكل هذه الثلاث تساهم في تدفق المجرى. بينما يبدأ التدفق فوق الأرض بعد الترسيب مباشرة، فإن التدفق البين يكون أبطأ ويكون تدفق المياه الجوفية أبطأ كثيرًا. إذا أحدثت العاصفة بعض الترسيب فوق ساحة، فإن كلا من التدفق فوق سطح الأرض والتدفق البيني يصل المجرى في خلال ساعات بينما استجابة تدفق المياه الجوفية قد يستغرق أيامًا إن لم يكن شهورًا. لأغراض التحليل فإن التدفق فوق الأرضي والتدفق البيني يمكن جمعهما معًا وهذا الجزء من التدفق يسمى التدفق المباشر أو التدفق السطحي Direct Run off or surface Run Off. بمعنى أن تدفق المياه الجوفية يمكن أن يسمى تدفق غير مباشر أو تدفق قاعدة (Base Flow) ذلك لأن تدفق المياه الجوفية إلى المجرى يمكن أن يستمر بدون تغير إلى حد ما حتى في حالة عدم وجود ترسيبات على الإطلاق.

بعد التدفق خلال حوض الصرف، فإن التدفق يدخل المجرى. طبقًا للحجم، الشكل، الميل، الصرف.. الخ للحوض، قد يكون هناك بعض التخزين في الحوض يسبب تأثير كبير على التدفق بحيث أن أي زيادة في تدفق المجرى الذي يلي العاصفة الممطرة سوف لا يكون بنفس المعدل كالزيادة في سقوط المطر المؤثر، أي سقوط المطر المساهم مباشرة في التدفق. هذا يبين أن كلاً من العوامل المناخية مثل

الترسيب، تحرك العاصفة، البخر.. الخ، وكذلك العوامل الطبيعية الجغرافية (Physiographic) مثل المساحة، الشكل، الارتفاع، ميل الحوض .. الخ لحوض الصرف يلعب دورًا هامًا في تحديد أدنى ومتوسط وأقصى تدفق للمجرى.

تدفق المجرى لكونه مجال التدفق للدورة المائية فإنه يحتاج إلى قياسه بدقة حيث أنه يوفر البيانات الأساسية الهامة للدراسات المائية ونظرًا لأن المياه من حوض الصرف تكون عادة مركزه في قناة واحدة، فإنه يكون من الممكن القياس بدقة لكل كمية التدفق عند أماكن معينة مع ترك المياه للحوض.

في هذا الفصل سيتم أولاً التعامل مع وصف العوامل المختلفة ذات التأثير على التدفق على حوض الصرف ثم مناقشة الطرق المختلفة لقياسات تدفق المجرى.

٢- العوامل ذات التأثير على التدفق: Factors Affecting Run Off:

عمومًا فإن اهتمامنا ينصب على تعيين أدنى تدفق، التدفق المتوسط، وأقصى تدفق لفيضان المجرى. المياه بعد التدفق خلال حوض الصرف تدخل إلى المجرى. طبقًا لحجم وشكل وميل الصرف.. الخ للحوض، فإنه سوف يكون هناك بعض تأثير للتخزين في الحوض. الزيادة في تدفق المجرى لن تكون بنفس معدل الزيادة في السقوط المؤثر للمطر (سقوط المطر الذي يساهم مباشرة في التدفق، بسبب تأثير التخلف الذي يعود إلى التخزين في الحوض). هذا يبين أنه بعيدًا عن العوامل المناخية (الترسيب، حركة العواصف، التبخير. الخ)، فإن العوامل الطبيعية الجغرافية لحوض الصرف تقوم بدور هام نحو تحديد الأنواع الثلاث لتدفقات المجرى التي سبق ذكرها. تأثير مختلف العوامل المؤثرة على التدفق سيتم مناقشتها كالآتي:

أ – العوامل المناخية(Climatic Factors)

العوامل المناخية الرئيسية ذات التأثير على التدفق هي كالآتي:

(١) خصائص الترسيب – النوع، الشدة، المدة، توزيع سقوط الأمطار وتحرك العاصفة.

(٢) ظروف مناخية أخرى – درجة الحرارة، سرعة الريح، الرطوبة النسبية، متوسط الضغط الجوي الخ.

خصائص الترسيب:

إذا كان نوع الترسيب هو سقوط المطر، عندئذ فإن تأثيره على التدفق يتم الشعور به في الحال شريطة أن شدة سقوط المطر تزيد عن طاقة الرشح. ولكن إذا كان الترسيب في شكل الثلوج بدون مصاحبة درجة حرارة الإذابة، فإن التأثير على التدفق ليس فوري، حيث الثلج الساقط مباشرة على سطح المجرى يسبب زيادة قليلة في التدفق.

شدة سقوط الأمطار التي تزيد عن طاقة الرشح تنتج تدفق، كلما زاد الفرق بين الاثنين، كلما زاد ارتفاع المجرى. بسبب تأثير التخلف الناتج عن التخزين في الحوض، فإن ارتفاع المجرى يمكن أن لا يكون كما يتوقع.

لقد لوحظ أن طاقة الرشح تقل مع زيادة فترة سقوط الأمطار وتقترب إلى قيمة ثابتة تقريبًا عند نهاية المطر الذي يستمر لمدة طويلة. لذلك فإن الأمطار ذات المدة الطويلة قد تنتج حجم كبير من التدفق رغم أن الشدة قد تكون متوسطة ولكنها تزيد عن طاقة الرشح. توزيع سقوط الأمطار له تأثير أكبر على التدفق الناتج. كلما زاد التوزيع المتجانس كلما قل ارتفاع المجرى على أساس أن تكون الطبوغرافيا وحالات التربة بدون تغيير خلال الحوض. قياس تجانس سقوط المطر يتم بمعامل يسمى معامل التوزيع. معامل التوزيع يعرف بأنه النسبة بين أقصى سقوط للمطر عند أي نقطة إلى متوسط سقوط المطر على الحوض. زيادة معامل التوزيع، تزيد ارتفاع المجرى أو ذروة التدفق.

العاصفة المتحركة في اتجاه تدفق المجرى أو الصرف الطبيعي تنتج ذروات أعلى في التدفق مقارنة بالعاصفة المتحركة في الاتجاه المعاكس.

في حالة وجود سقوط مطر قصير قبل سقوط المطر العادي وأن تكون رطوبة التربة مشبعة، عندئذ فإنه يتم إنتاج حجم كبير من التدفق لإنتاج ارتفاع سريع في المجرى أو الفيضان.

مما سبق يتضح أن ارتفاع حافة المخطط البياني المائي يتم إحكامه بواسطة العوامل المناخية.

حالات مناخية أخرى:

العوامل المناخية الأخرى تشمل درجة الحرارة، سرعة الرياح، الرطوبة النسبية .. إلخ. تلك العوامل لها تأثير غير مباشر على التدفق كما أنها تحدد توقع التدفق بعد حساب الفقد بالتبخر والنتح. مثل هذه العوامل قد لا تؤثر على تدفق الفيضان بسبب الفترة القصيرة التي يحدث خلالها الفيضان، ولكنها تؤثر إلى حد كبير على أدنى تدفق أو التدفق المتوسط.

ب- العوامل الطبيعية الجغرافية:(Physiographic Factors)

يوجد عدد من العوامل التي يمكن أن تندرج تحت هذا التقسيم، العوامل الهامة هي كالآتي:

أ- مساحة الحوض.

ب- شكل الحوض.

ج- ارتفاع الحوض

د - ميل الحوض

هـ- شبكة الصرف.

و - نوع التربة واستخدام الأرض.

مساحة حوض الصرف:

هي تلك المساحة التي تساهم في التدفق السطحي وترتبط بالتقسيم الطبوغرافي. التقسيم الطبوغرافي هو خط الفصل الذي يقسم الترسيب الذي يحدث على حوضين صرف متجاورين وتوجيه التدفق السطحي إلى واحد أو لنظام النهر الآخر.

إذا كان حجم التدفق الناتج يظل كما هو عندئذ فإن تسرب مستجمع المياه للحوض ذو المساحة الضخمة سوف ينتج ذروة صغيرة لتدفق الفيضان. هذا يعود إلى حقيقة أن

محور الوقت (Time Base) للرسم البياني المائي سوف يزداد مع زيادة مساحة الحوض أي الوقت الذي يستغرقه تدفق الفيضان للمرور خارج محطة القياس سوف يزيد عندما يكون الحوض كبيرًا.

ينطبق هذا الاستنتاج فقط إذا كان مقدار وشدة سقوط الأمطار مع عوامل أخرى يظل ثابتًا في الأحواض لكل الأحجام التي يتم التعامل معها. أدنى تدفق للمجرى يحتمل أن يكون مستمرًا إذا كان حجم الحوض كبيرًا، ذلك لوجود فرصة أكبر لسقوط المطر على مكان ما على الحوض. يمكن هنا معرفة أنه بعد توقف التدفق السطحي فإن التدفق يكون كلية بسبب تخزين المياه الجوفية. متوسط التدفق للمجرى لا يتأثر كثيرًا بحجم الحوض.

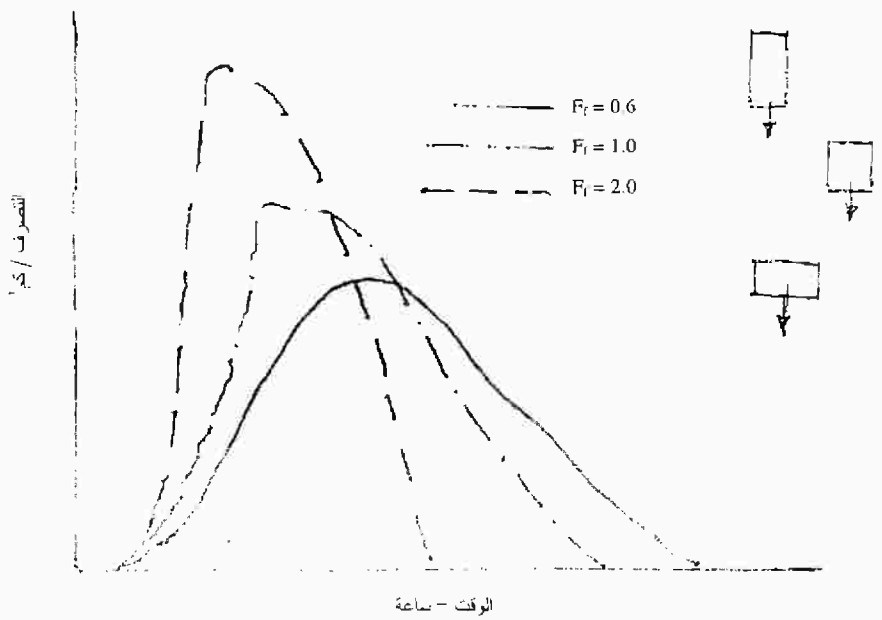
شكل الحوض (Shape of the Basin)

المعدل الذي يتم به إمداد المياه إلى القناة الرئيسية يحكمه أساسًا شكل الحوض. شكل وذورة المخطط المائي يتأثر بشكل الحوض. يوجد أساسا ثلاثة أنواع من أشكال أحواض الصرف، وهم المستطيل، والمستعرض، وفي شكل المروحة شكل (٨/١).

المؤشر السنوي المستخدم عادة لتمثيل مختلف الأشكال هو عامل الشكل (Form Factor) ويرمز له بالرمز (F_f) والذي يعرف بنسبة متوسط العرض (W) إلى الطول الكلي (L) للحوض.

الطول المحوري (Axial Length) يتم قياسه من نقطة التركيز (المخرج) إلى أبعد نقطة على حوض الصرف ومتوسط العرض يساوي مساحة الحوض مقسومة على الطول المحوري. شكل (٨/٢) يوضح التأثير المحتمل لشكل حوض الصرف على شكل وذروة المخطط البياني للمياه لمختلف قيم معامل الشكل (F_f). يلاحظ أنه مع انخفاض قيمة (F_f) فإن محور قاعدة الوقت للمخطط البياني يزداد وبذا تنخفض قيمة ذروة الصرف.

شكل (٨/١) الأشكال المختلفة لأحواض الصرف



شكل (٨/٢) التأثير المحتمل لشكل الحوض على المخطط المائى

في المقارنة الموضحة في الشكل (٨/٢) تكون مساحات الصرف واحدة. حوض الصرف الذي له معامل شكل منخفض يكون احتمال حدوث سقوط أمطار شديدة في نفس الوقت على كل المساحة ضعيفاً مقارنة بالحوض بنفس المساحة ولكن له معامل شكل أكبر. لذلك فإن صرف حوض الصرف بمعامل شكل أصغر يكون احتمال إحداثه للفيضان قليلاً.

مثال:

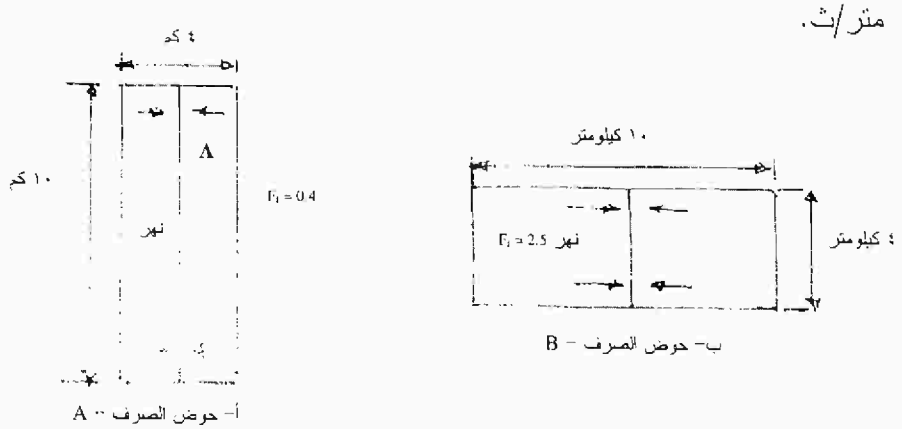
يتم رسم مخططات مائية نظرية عند النقطة (Ó) لحوضين صرف (A)، (B) كما هو موضح في الشكل (٣ – أ)، (٣ – ب) ولهما معامل شكل ($F_f = 0.4$)، ($F_f = 2.5$) على التوالي. كلا الحوضين معرض لشدة سقوط مطر متجانسة بمقدار 0.15 مليمتر/الساعة. فترة سقوط المطر $t_r = t_c$ لحوض الصرف (B) هي نفسها مثل حوض الصرف (A)، هنا (t_c) تعني زمن التركيز. افترض معامل التدفق C = 0.4، في معادلة منطقية لحساب ذروة التدفق. يمكن عمل الفرضيات الآتية:

(i) الميل الطبوغرافي ثابت وتوجد قناة رئيسية واحدة بدون أي روافد فرعية.

(ii) لا يوجد تخزين قناة أو تسيير قناة في مسلك محدد.

(iii) ميل الأرض متجانس نحو القناة الرئيسية.

(IV) سرعة التدفق في القناة = ١,١ متر/ث، سرعة التدفق فوق الأرضي = ٠,١٢ متر/ث.



شكل (٨/٣) تمثيل بياني للمثال

الحـــل:

حوض الصرف (A)

الخطوة رقم I

زمن التركيز (t_c) هو:

$$t_c = \frac{2000}{0.12} + \frac{10000}{1.1} = 25757.6 = 429.29 \text{ دقيقة}$$

الخطوة رقم II

فترة سقوط المطر (t_r) = (t_c) = 429.29 دقيقة.

الخطوة رقم III

قاعدة الوقت للمخطط البياني المائي $2tr = T$

لأى وقت $t_r < t$، المساحة المجاورة ستوقف الإمداد بالماء إلى المخرج ولكن الماء سوف يستمر في الوصول إلى المخرج من المساحات من الأرض المرتفعة المجاورة.

عند الوقت $2t_c = 2t_r = t$ فإن آخر نقطة مياه تكون قد وصلت النقطة (A)، ثم عندئذ فإن صرف التدفق سيكون صفرًا عند الوقت $t_c = t$، ويمكن حسابه من المعادلة التجريبية الآتية:

$$Qm = \frac{CIA}{360} (m^3/S)$$

حيث:

C = معامل التدفق

A = مساحة الحوض بالهكتارات

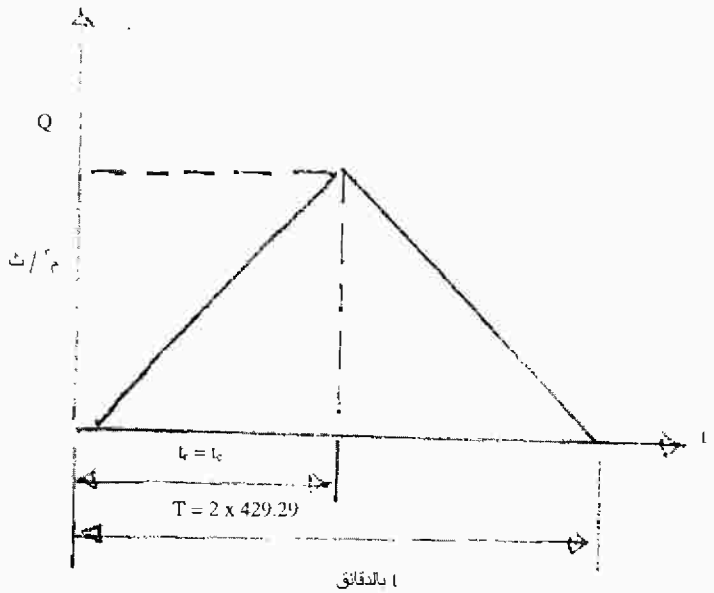
I = شدة سقوط المطر بالمليمتر/الساعة

تفاصيل المعادلة التقليدية موضحة فى الفصول السابقة.

$$Q = \frac{0.4 \times 0.15 \times 4000}{360}$$

= 0.67 متر مكعب فى الثانية

الخريطة المائية أو المخطط البيانى المائى النظرى موضح فى الشكل (٨/٤).



شكل (٨/٤) المخطط البيانى النظرى لحوض الصرف A

<u>حوض الصرف (B)</u>

<u>الخطوة رقم I</u>

زمن التركيز (t_c) هو:

$$t_c = \frac{2000}{0.12} + \frac{4000}{1.1} = 755.05 \text{ دقيقة}$$

<u>الخطوة رقم II</u>

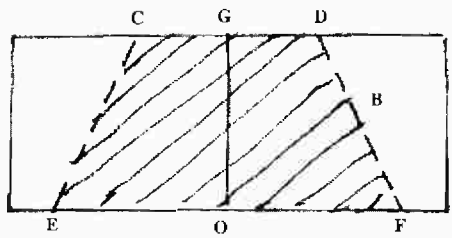
الفترة الزمنية لسقوط المطر = 429.29 دقيقة = t_c.

<u>الخطوة رقم III</u>

حساب مساحة الصرف المساهمة فى التدفق شكل (٨/٥).

حيث أنه فى هذه الحالة tc > tr فإن كل مساحة الصرف سوف لاتكون مساهمة نحو التدفق.

لنفرض أن المساحة المهشرة من مستجمع المياه تساهم فقط نحو التدفق. لحساب هذه المساحة فإنه يتم حساب المسافات (CG)، (EO).



شكل (٨/٥) حساب مساحة الصرف التى تساهم نحو التدفق

(I) $\frac{4000}{1.1} + \frac{CG}{0.12}$ = فترة سقوط المطر = 429.29 دقيقة

$$\therefore CG = \frac{(429.29 \times 60 \times 1.1 - 4000)}{1.1} 0.12 = 2654.52 \text{ متر}$$

(II) $\frac{EDO}{0.12} + O = 429.29$ متر

$$\therefore EDO = 429.29 \times 0.12 \times 60 = 3090.88 \text{ متر}$$

$$\therefore \text{المساحة المصغرة} = A_r = 10^3 \times 4 \times \frac{2654.52 \times 2 + 3090.88 \times 2}{2}$$

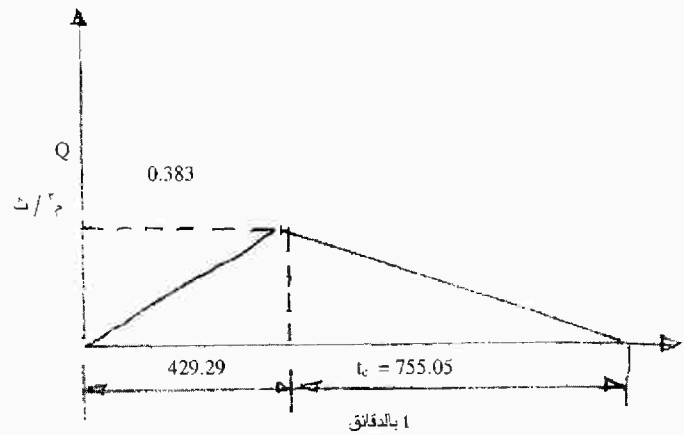
$= 22981.6 \times 10^3$ متر مربع = 22.9816×10^3 هكتار.

$$\text{أقصى تصرف} = \frac{CIA}{360}$$

$$= 0.4 \times \frac{(0.15)}{360} (22.9816 \times 10^2) \text{ هكتار}$$

= 0.383 متر مكعب / الثانية.

المخطط البياني المائي النظري لحوض الصرف B موضح في (٨/٦).



شكل (٨/٦) التخطيط النظرى لحوض الصرف B

ارتفاع الحوض (Elevation Of Basin)

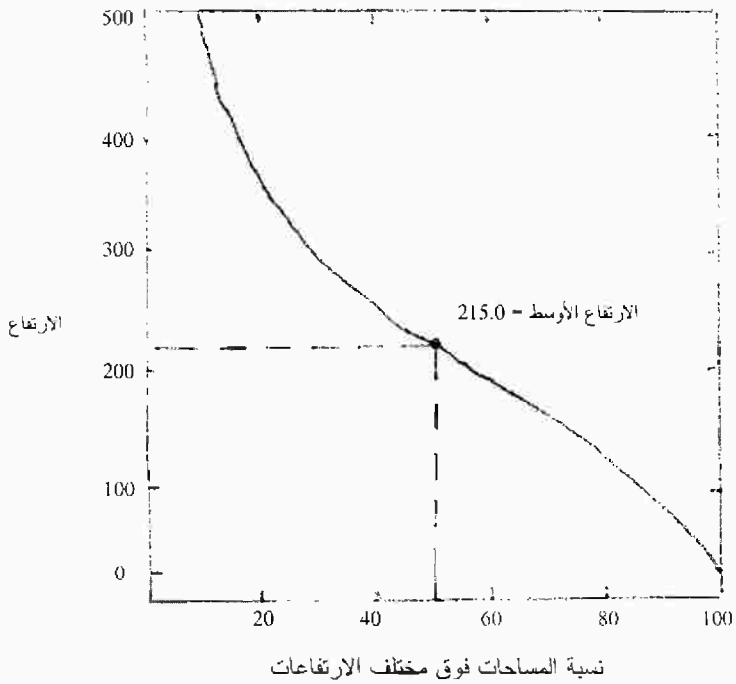
إن درجة الحرارة، فقد المياه، ونوع الترسيب يحكمهم كذلك التغير في الارتفاع ومتوسط ارتفاع حوض الصرف. متوسط ارتفاع الحوض يمكن تعيينه بقسمة الخريطة الطبوغرافية للحوض إلى أحجام ذات أبعاد متساوية للحصول على ما لا يقل عن ١٠٠ تقاطع. متوسط ارتفاع الحوض هو متوسط الارتفاع عند كل التقاطعات. الارتفاع الأوسط (Median) الذي يمكن تعريفه بأنه الارتفاع الذي يقع ٥٠% من مساحة الصرف فوقه والذي يمكن الحصول عليه بتوقيع منحنى قياس الارتفاع (Hypsometric Curve). منحنى قياس الارتفاع هو توقيع الارتفاع مقابل نسبة مساحات حوض الصرف فوق مختلف الارتفاعات. للحصول على بيانات للمنحنى، على الخريطة الكنتورية لمساحة الصرف، يتم تعيين المساحات التي تقع بين زوج متتالي من الكنتورات. كل من تلك المساحات مقسومًا على إجمالي المساحات لحوض الصرف ومضروبًا في ١٠٠، يتم عندئذ توقيعه مقابل الارتفاع المتوافق (يمكن أن يؤخذ كحد أدنى لمحدودية ارتفاع الكنتورات) انظرالشكل (٨/٧). الارتفاع المقابل إلى ٥٠% للمكان على المحور العرضي يعطي الارتفاع الأوسط (Median). الارتفاع الأوسط يعتبر ممثلاً أكثر من الارتفاع المتوسط. الارتفاع المتوسط في هذه الحالة يتم تقديره طبقًا للمعادلة التالية: $Em = \frac{\Sigma a.e}{A}$

حيث:

Em = تعني الارتفاع المتوسط للحوض.

a = المساحة بين أي زوج من الكنتورات.

A = مساحة حوض الصرف.



شكل (٨/٧) نموذج لمنحنى قياس الارتفاع

ميل حوض الصرف (Slope of Drainage Basin)

ميل حوض الصرف هو واحد من العوامل الهامة التي تحكم وقت التدفق فوق الأرضي وتركيز التدفق في قنوات المجرى. لذلك فإنه يؤثر على شكل المخطط البياني المائي وذروة التدفق. متوسط ميل الحوض يمكن الحصول عليه بالطريقة الآتية:

على الخريطة الطبوغرافية للحوض يتم رسم كنتورات ذات فواصل متساوية. ثم رسم خطوط متوسطة بين تلك الكنتورات. يتم عمل الميل حيث:

$$S = D/W$$

حيث

D هي الفاصل الكنتوري

W هو العرض المتوسط للشريط.

العرض المتوسط يتم الحصول عليه بقسمة المساحة (a) للشرائط التي بين الخط المتوسط (Midway) على طول الكنتور (D)، بين الخطوط المتوسطة.

متوسط الميل (S) يتم عندئذ الحصول عليه بوزن الميول السابقة حسابها "S" بالنسبة للمساحة التي تمثلها أي

$$S = \frac{D}{W_1}\frac{a_1}{A} + \frac{D}{W_2}\frac{a_2}{A} + \frac{D}{W_3}\frac{a_3}{A} + ... + \frac{Dan}{WnA}$$

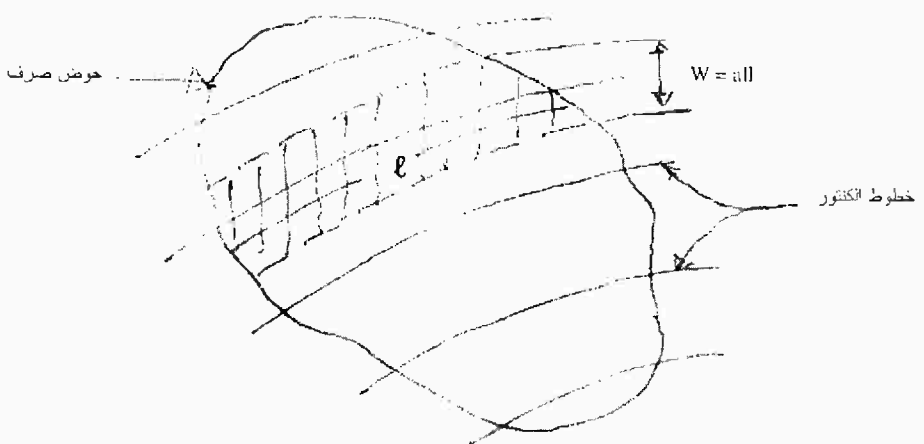
$$S = \frac{D}{A}(I_1 + I_2 + ... + I_n)$$

أو

$$S = \frac{D.L}{A}$$

حيث

I = الطول الكلي للكنتورات شكل (٨/٨).



شكل (٨/٨) مخطط يبين العروض، الكنتور، شريط العروض

(e) توجيه الحوض:

الفقد بالبخر والنتح يتأثر مباشرة بكمية الحرارة التي تصل من الشمس. لذلك، فإن أي حوض موجه معظم الوقت ناحية أشعة الشمس، سوف يكون له زيادة في الفقد بالبخر والتأثير على متوسط التدفق للمجرى إلى حد ما في حالة أي ترسيب يكون في شكل سقوط المطر. ولكن إذا كانت المساحة معرضة إلى الثلج، عندئذ فإنه يسبب زيادة درجة حرارة الإذابة عند توجيه حوض الصرف ناحية الشمس، فإن فرص تدفق الذروة الذي يحدث يكون كبيرًا.

أدنى تدفق سيكون منخفضًا بسبب الفرصة القليلة للماء لكي يرشح ويصبح جزءاً من المياه الجوفية.

شبكة الصرف في الحوض (Drainage Net In the Basin)

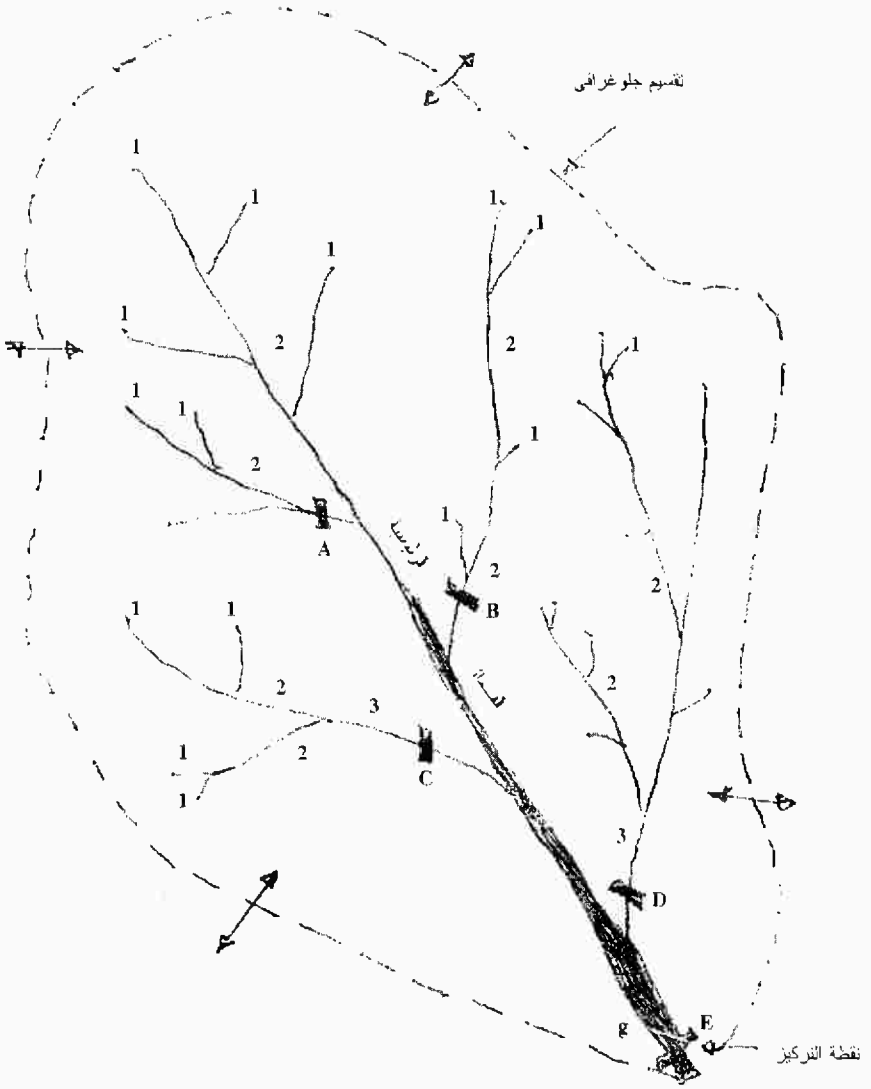
مع مرور الوقت يتكون نظام قنوات المجرى الطبيعي خلال حوض الصرف شكل (٩). إذا كانت شبكة تلك القناة قد تكونت بانتظام فوق المساحة عندئذ يكون التدفق فوق الأرض يتركز بسرعة عند المخرج بما ينتج عنه ذروة التدفق (Peak Flow). في هذه الحالة تكون فرصة الماء ضعيفة بالنسبة للرشح وبذا فإن أدنى تدفقات يحتمل أن تكون منخفضة.

يمكن الحكم على مدى تنمية نظام الصرف من نظام المجاري، كثافة المجرى، كثافة الصرف، طول التدفق فوق الأرض وطول الروافد.

قد يكون هنالك عدد من القنوات الضخمة في حوض الصرف. تلك القنوات الرئيسية لها روافد رئيسية تغذيها، الروافد بالتالي قد يتم تغذيتها بواسطة روافد صغيرة وهكذا.

في اتجاه تدفق نحو المصب، نرى أن حجم القناة الرئيسية يأخذ في الزيادة شكل (٨/٩). كل الروافد بدون أفرع يتم تصنيفها لمجاري من النوع الأول أو الأنواع الدنيا (First order) بصرف النظر عن حقيقة سواء كانت هذه تدخل القناة الرئيسية أو القنوات الفرعية (الروافد).

المجاري التي تستقبل فقط روافد ليس لها أفرع تسمى المجاري من النوع الثاني. عند اتصال مجريين من النوع الثاني فإن المجرى الناتج يصنف كمجرى من النوع الثالث وهكذا. لذلك فإننا نرى أن نظام رقم المجرى الرئيسي الموضح في الشكل (٩)، يعطي بيان عن حجم وحدود شبكة الصرف.



شكل (٨/٩) تقسيم المجارى

كثافة المجرى (Stream Density)

كثافة المجرى تعرف بعدد المجاري المعمرة والمتقطعة (الدورية) لكل كيلو متر مربع. كثافة المجرى ليست مقياس لكفاءة الصرف.

كثافة الصرف: (Drainage Density)

كثافة الصرف تعرف بأنها طول المجاري المعمرة والمجاري المتقطعة (الدورية) على وحدة مساحة الصرف. وهي تختلف عكسيًا مع طول التدفق فوق الأرض. لذلك، فإن كثافة الصرف، توفر بعض البيانات عن كفاءة حوض الصرف.

في المساحات المستوية تكون التربة عمومًا ذات نفاذية مع وجود روافد في شكل مجاري معمرة. بينما في المناطق الجبلية حيث تكون الميول حادة يكون عدد الروافد الصغيرة كبير جدًا. من الطبيعي أن الطول الكلي للروافد في المنطقة الجبلية سوف يكون زائدًا والذي لذلك يعطي بيان مباشر عن حدة الميل لحوض الصرف ودرجة الصرف.

نوع التربة واستخدامات الأرض:

نوع التربة عامل طبيعي جغرافي هام حيث يؤثر على طاقة الرشح للتربة وبذا يؤثر على حوض التدفق لأي حوض صرف. كلما زادت النفاذية للتربة قلت أحجام الذورة.

المساحة من الغابات التي لم تتعرى بفعل العوامل الطبيعية تكون طاقتها لاستيعاب كمية كبيرة من الماء في طبقة كثيفة من الأوراق والحشائش.. إلخ وبذا فإن فرص الفيضانات التي تحدث تقل كثيرًا. عند إزالة الغابات عندئذ فإن سقوط الأمطار على الأرض يتحرك بسرعة في شكل تدفق فوق الأرض إلى قنوات المجرى ويسبب تركيز سريع للتدفق وبذا يحدث الغمر أو الفيض.

٣- قياسات تدفق المجرى: (Stream Flow Measurement)

لمشروعات تنمية الموارد المائية من خلال التخطيط الجيد والإدارة الجيدة، فإنه يكون من الأساسي توفير بيانات تدفق دقيقة عن تدفق المجرى. التصرف في المجرى يعرف بأنه حجم المياه المتدفق خلال المقطع على وحدة الوقت ويقدر بالمتر المكعب في الثانية. قياس الصرف المتدفق في المجرى يكون لازمًا لأغراض وأهداف مختلفة، أهمها هو:

(١) تعيين الخريطة المائية أي تغير التصرف مع الوحدة أو تكامله البسيط أو المطور، منحنى الكتلة أو منحنى المتبقي للتصميم الجيد لمشروعات وادي النهر لمختلف الأغراض.

(٢) موضوع تحذيرات الفيضان والغمر.

(٣) التوزيع المتساوي لإمدادات المياه بين المستخدمين.

(٤) تقدير فقد المياه في المجاري.

(٥) تعيين التغيرات الموسمية والسنوية في التدفق.

الأهداف السابق ذكرها يتم تحقيقها بإنشاء علاقة بين القياس والتصرف (Gauge - Discharge) للمجرى عند مكان مختار. بمجرد عمل هذا، فإنه ليس من الضروري قياس التدفق في المجرى يوميًا. ولكن دليل القياس يلزم قياسه وقراءة التصرف المقابل من منحنى القياس. التصرف، يتم اختيار موقع المقياس بحرص بحيث يظل منحنى مقياس التصرف ثابتًا إلى حد ما لفترة زمنية معقولة. المكان المناسب لموقع المقياس، أجهزة قياس المنسوب وحساب التصرف إلخ سيتم مناقشتها في البنود التالية.

٤- مكان محطة القياس (Location of Gauging Station)

هناك العديد من المتطلبات التي يلزم توفيرها قبل اختيار الموقع كموقع للقياس (Gauge site). أهم تلك المتطلبات هي أن الموقع يجب أن يتم اختياره بحيث أن يكون تدفق المياه الجوفية خلال محطة القياس مهملاً. إذا كان المنسوب مستخدمًا للحصول

على تسجيل التصرف، أي التصرف فوق علامة على شكل حرف V (V-Notch) أو فوق جدار قمة عريض.. الخ.

فإن المكان يجب أن يتم اختياره بعناية. يجب أن يوضع عند مقطع التحكم (Control section). مقطع التحكم يتحكم في التدفق بحيث أن يعيق انتقال تأثير التغيرات في حالة التدفق إما في اتجاه المنبع أو في اتجاه المصب طبقًا لحالة التدفق (دون الحرج، الحرج، فائق الحرج) في القناة.

من المفضل تجنب مكان موقع القياس في وصول المياه المرتدة للسد (Back water Reach of a Dam) وأسفل ملتقى رافد هام.

حيثما أمكن يتم وضع مقطع قياس المنسوب على امتداد استقامة المجرى (Straight Reach of The stream) وكل التصرفات المقاسة في الجوار المباشر. محطات قياس المنسوب يجب أن يتم وضعها على جسور وقاع ثابت للمجرى. بخلاف ذلك يتم إنشاء التحكم الصناعي. يقال الكباري (Piers of Bridges) حيث استقامتها تكون عمودية على اتجاه التدفق يمكن استخدامها لتثبيت المقياس. مثل تلك المقاييس يكون من السهل الوصول إليها وإمكان تعيين التصرف حتى خلال الفيضانات. عند موقع المقياس، يجب أن يكون مقطع المجرى محدد وأنه لا يتغير كثيرًا في مختلف المواسم من العام.

٥- أجهزة القياس للمنسوب: (Instruments for Measuring Stage)

أجهزة القياس للمنسوب يمكن تصنيفها كالآتي:

١- مقياس الملاحظة البصرية (المقاييس اليدوية).

٢- اليدوية التي تعمل بالوزن أو الحساسات الكهربية (Electrical sensors).

٣- مقاييس المنسوب التي تعمل بالطفو.

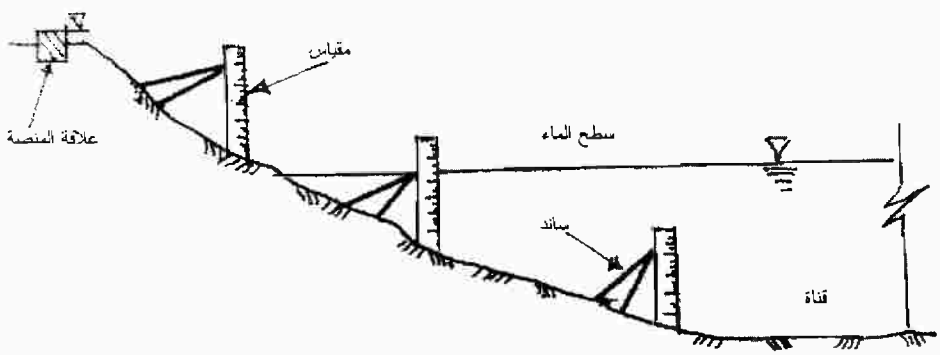
٤- حساسات العمق باستخدام مبدأ الضغط (مقياس الفقاعة).

٥- حساسات العمق باستخدام السعة أو مبدأ المقاومة.

من بين هذه الأنواع الأكثر استخدامًا من مقاييس المنسوب هي اليدوية وذات التسجيل الآلي من نوع الطفو ومقياس الفقاعة. وهذه سيتم مناقشتها كالآتي:

مقاييس الشاخص اليدوية: (Manual Staff Gauges)

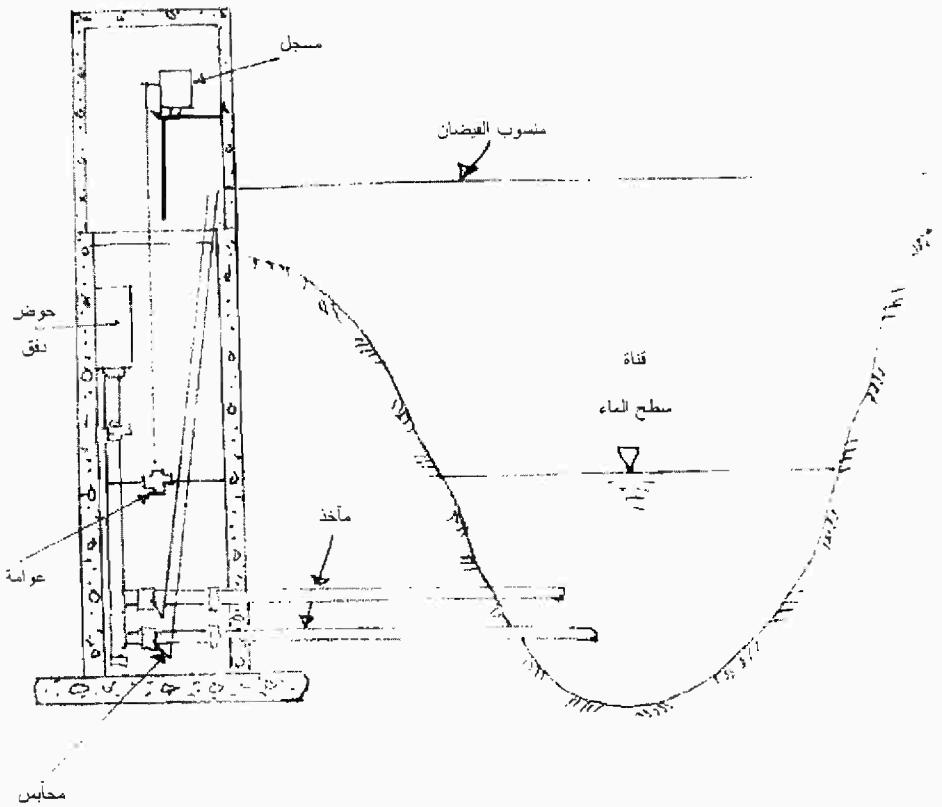
تشبه تمامًا تدريج القياس. الصفر عند هذه المقاييس يتم وضعه على أدنى نقطة للتدريج بحيث أن كل القرارات تكون موجبة. في حالة عدم إمكان شاخص واحد من تغطية كل مراحل المياه، فإن القياس يتم في عدة مقاطع أو عند أماكن مختلفة وارتفاعات مختلفة خلال المقطع شكل (٨/١٠). البديل يمكن وضع الساري المائل (Inclined staff) على ميل جسر المجرى وتدريجه بحيث أن التدريج يقرأ مباشرة العمق الرأسي. الملاحظة المنتظمة للمنسوب يجب أن تتم في أوقات محددة من اليوم. ولكن، عند تغير المنسوب بسرعة كما في حالة الفيضان. فإنه يتم أخذ قرارات القياس بمعدل عالي، أحيانًا خلال دقائق قليلة، بحيث يتم تسجيل أعلى منسوب وزمن حدوثه. أحيانًا عندما لا يكون من الممكن تسجيل الذروة بالطريقة السابقة وحدوث الذروة خلال الليل، عندئذ فإن علامات ذروة الفيضان يتم البحث عنها في الصباح. انحسار المياه المحتوية على رواسب دقيقة، علامات أوراق وقمة ارتفاع مثل هذه العلامات هو منسوب الفيضان.



شكل (٨/١٠) نموذج لمنشأ مقطع القياس

أجهزة القياس من نوع الطفو

توفر التسجيل الآلي المستمر لمناسيب المياه وهي مبنية على مبدأ الطفو. الطفو يتبع حركة سطح المياه ويوصلها بالمسجل بواسطة سلك بكره وثقل موازن (counter – weight). شكل (٨/١١) يبين مقطع في منشأ نموذجي لتسجيل منسوب المياه.

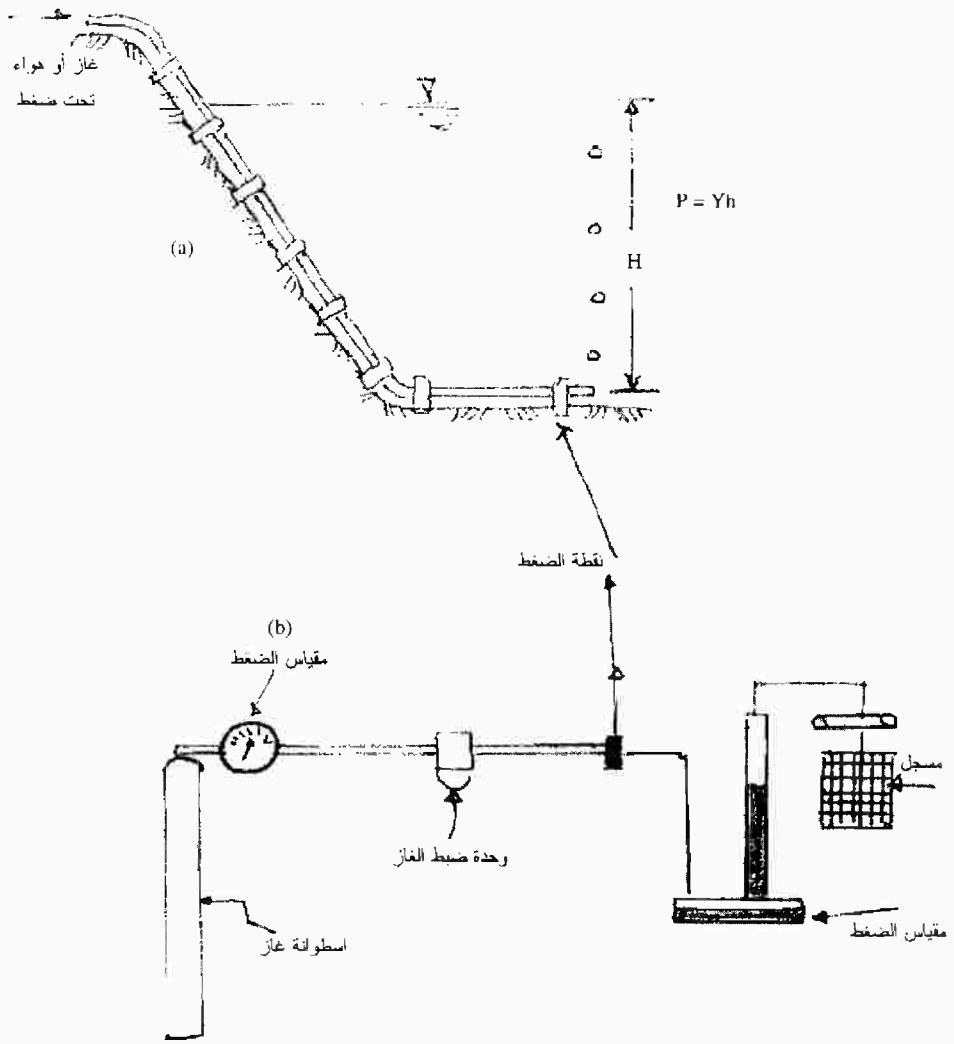


شكل (٨/١١) نموذج المنشأ بسجل منسوب الماء فى بئر المعايرة

في حالة محطات القياس المقامة على مجاري ضخمة، فإنه يتم إقامة مسجلات منسوب المياه من نوع الطفو في ملجأ حماية على الجسر مع وضع العوامة في بئر معايرة (Stilling well) – متصل بالمجرى بواسطة أنابيب. نظام دفق تلك الأنابيب هو جزء من التجهيز وذلك في حالة انسدادها. المسجل يتم وضعه فوق أعلى منسوب للمياه متوقع في المجرى. تسجيل المنسوب بنوع الطفو يمكن تصميمه بالطريقة التي تسمح بالتسجيل الرقمي وبدء تسهيل القياس الآلي عن بعد.

مقياس الفقاعة (Bubble Gauge)

مقياس الفقاعة هي مسجل آلي آخر للمنسوب ويعمل بمبدأ الضغط. يتم تزييف الغاز أو الهواء المضغوط إلى الخارج بمعدل صغير جدا خلال فتحة صغيرة في الأنبوبة الموضوعة على قاع المجرى. يتم تغذية الغاز إلى نظام الأنابيب ويسمح له بإخراج الفقاعات بحرية في مياه النهر ذات الضغط خلال نظام يساوي الضغط الهيدروستاتيكي للماء عند فتحة الخروج (Escape Orifice). في حالة التثبيت الجيد للفتحة على نقطة محددة أسفل سطح الماء، فإن ضغط الغاز عندئذ يصبح متناسب مباشرة مع منسوب النهر. بسبب الفرق في الضغوط الهيدروستاتيكية بسبب اختلاف المناسيب، فإنه يحدث تغير في ضغط الهواء في الأنبوبة. هذا التغير في الضغط يتم قياسه بواسطة مقياس الضغط ويمكن تحويله إلى ضغط ماء ($P = Y_w H$). مخطط التنظيم موضح في الشكل (٨/١٢). عداد الفقاعة يستخدم كثيرًا على نطاق واسع في كل العالم. وهو لا يتطلب إقامة بئر معايرة أو أي منشأ آخر في قاع المجرى كما في حالة مسجل المنسوب من نوع الطفو. ولكنه مثل المسجل من نوع الطفو، حيث أنه مناسب في التسجيل الرقمي وبذا تسهيل القياس عن بعد والاتصال الآلي بمسافات بعيدة.



شكل (٨/١٢) نموذج لإنشاء وتوضيح مسجل مقياس الفقاعة

٦- قياس التصرف (Discharge Measurement)

يمكن قياس التصرف بأي من الطرق الآتية:

(١) استخدام منشآت التحكم الطبيعية أو الصناعية.

(٢) قياس إجمالي الأحجام.

(٣) طريقة الميل – المساحة.

(٤) طريقة السرعة – المساحة.

(٥) طرق التخفيف.

طرق أخرى مثل الكهرومغناطيسية، الصوتية.

أ – استخدام إشعاعات التحكم الطبيعية أو الصناعية:

في حالة وجود المنشآت الهيدروليكية المناسبة مثل الهدارات، النقرة أو الحز (Notches)، أو المسيل العريض المنحدر (مجرى مياه صناعي – Flume) إلخ. عندئذ فإن التصرف المار فوق أو خلال هذه يمكن حسابه من العلاقات النظرية. فمثلاً، في حالة هدار القمة العريضة (Broad crested weir) فإن التصرف D بالمتر المكعب في الثانية.

$$Q = CLH^{3/2}$$

حيث

L = طول القمة بالمتر.

H = طول عامود ضغط الماء بالمتر.

C = معامل التصرف (يتم الحصول عليه من الجداول القياسية)

المنشآت الهيدروليكية السابق ذكرها تكون أحياناً مقامة خصيصًا ومستخدمة حيث يكون المطلوب درجة أعلى من الاعتمادية لقياس التصرف مثل توزيع الإمدادات بالمياه بين مدينتين. هذا التنظيم مجدي فقط في حالة المجاري المائية الصغيرة. ولكن، مفيضات السدود قد تستخدم أحياناً كهدارات لقياس التصرف للمجاري الضخمة. بالنسبة للمجاري المائية الحاملة للغرين والأعشاب، تستخدم عدادات القياس بالتحكم لقياس التصرف. عداد القياس (Control Meter) هو منشأ مبني في المجرى المائي الذي يتم به الحصول على العمق الحرج برفع قاع المجرى، خفض العرض أو كليهما. التصرف يتم تحديده بالعلاقة المعروفة بين العمق الحرج وأدنى طاقة والتصرف – هذه الطريقة لحساب التصرف يمكن تسميتها الطريقة غير المباشرة لقياس التدفق. مثل عدادات القياس التى يتم إقامتها حيث لا يوجد هناك تحكم طبيعي كما في حالة المجاري المائية المتقطعة.

ب- *قياس الأحكام الكلية (Measurement of Total Volumes)*

التصرف خلال المسيل أو مجرى الماء الصناعي المعملي (Flume) يتم تعيينه بطريقة القياس الحجمي المباشر. الحجم الإجمالي مقسومًا على الوقت يعطي معدل التدفق. هذه الطريقة يمكن استخدامها لقياس التصرف من مستجمع المياه إذا كان المجرى الحامل لمياه مستجمع المياه يصرف في خزان معلوم الحجم. مسجل المنسوب يوفر التسجيل للمنسوب ومنحنى الطاقة – المساحة (Area – Capacity Curve) يمكن استخدامه لتوفير قيم حجم التخزين.

جـ- *طريقة الميل – المساحة (Slope – Area Method)*

هذه الطريقة تتضمن حساب متوسط السرعة باستخدام معادلة المقاومة المعروفة (Chezor Manning) ثم ضربها في متوسط المساحة للمقطع للحصول على التصرف.

استخدام معادلة ما ينتج تحتاج إلى معرفة معامل الخشونة للقناة، ميل خط الطاقة ونصف القطر الهيدروليكي أو عمق التدفق إذا كان المجرى ذو مقطع مستطيل متسع. في القناة حيث التصرف يتغير سريعًا، فإن ميل خط الطاقة المساوي لميل سطح الماء قد يسبب أخطاء. في مثل هذه الحالات فإن قيمة فرضية للطاقة الحركية $\left(\frac{V^2}{2g}\right)$ يتم إضافتها إلى ارتفاع مسطح الماء عند كل نهاية للسان الماء (Reach)، الفرق بين تلك القيم مقسومًا على طول لسان الماء يعطي متوسط الميل لخط التدرج في الطاقة (Energy Gradient line).

يمكن تخمين معامل الخشونة لما ينتج من الجداول المتاحة في المراجع.

لتعيين (n) لحساب ذروة التصرف، يمكن استخدام الطريقة الآتية:

عند مختلف مناسيب النهر يتم تعيين قيم معامل الخشونة لما نتج بحرص بملاحظة أو حساب قيم ميل الطاقة الهيدروليكية، ونصف القطر الهيدروليكي والميل. تلك القيم لـ (n) يتم عندئذ توقيعها مقابل ارتفاع سطح الماء. امتداد هذا المنحنى إلى الارتفاع خلال الفيضان سوف يعطي قيمة (n) لما نتج التي ستكون دقيقة إلى حد مقبول.

ميل الماء سوف يتم قياسه والموقع المختار يجب أن يسمح بمثل هذا القياس على كلا جانبي القناة بدون أي مشكلة. متوسط المقطع يجب كذلك أن يتم تحديده.

طريقة الميل – المساحة (Slope – Area)

هي طريقة جيدة في حساب تصرفات ذروة الفيضان من العلامات المتروكة من وقت الفيضان. هنا، أولاً وقبل كل شيئ يتم اختيار مسار مستقيم للنهر له قناة متجانسة وعلامات واضحة يسهل معرفتها. مساحات المقطع عند موقع تلك العلامات يتم استطلاعها بعد انحسار الفيضان. يتم عندئذ تعيين متوسط نصف القطر الهيدروليكي. من العلامات المتروكة عند مختلف الأماكن في الاتجاه الطولي يتم تعيين متوسط ميل سطح الماء تخطيطيًا (بيانيًا) بمرور خط متوسط خلال تلك النقطة بواسطة المعاينة.

طريقة الميل – المساحة – المبسطة (Simplified slope – Area Method)

في طريقة الميل – المساحة السابق تناولها، اختيار القيمة المناسبة لمعامل الخشونة (n) يتغير من شخص إلى آخر. ولكن العالم (Riggs) قد اقترح طريقة مبسطة التي تتجنب الذاتية في اختيار (n). طبقًا لمقترحه توجد علاقة بين خشونة القناة وميل سطح الماء في القنوات الطبيعية والتصرف يمكن حسابه بدون استخدام معامل الخشونة والميل. نظرًا لأن المساحة مرتبطة بنصف القطر الهيدروليكي (R)، وافتراض أن الميل سوف يستبدل (n)، فإن معادلة ما ننج يمكن كتابتها كالآتي:

$$Q = C_1 A^{C_2} S^{C_3}$$

حيث:

S = ميل سطح الماء

على أساس البيانات الحقلية فقد اقترح (Riggs) العلاقة الآتية:

$$\text{Log } Q = 0.191 + 1.33 \text{ Log } A + 0.05 \text{ Logs} - 0.056 (\text{Logs})^2$$

حيث:

Q = بالمتر المكعب في الثانية، A بالمتر المربع.

هذه الطريقة تعطي نتائج قريبة من دقة طريقة الميل – المساحة لكل المجاري المائية الطبيعية تقريبًا وبدون تدفق كبير عبر الجسور وبدون اختناقات تدفقات المياه المرتدة.

د- طريقة السرعة – المساحة (Velocity – Area Method)

في هذه الطريقة يتم تعيين التصرف للمجرى بقياس متوسط مساحة المقطع والسرعة. السرعة يتم قياسها بواسطة أنبوب بيتوت (Pitot tube) مقياس سرعة التيار (Current Meter)، العوامل أو أي جهاز آخر لقياس السرعة. ثبت أن أنبوب بيتوت يعطي نتائج جيدة في الأنابيب وفي القنوات التجريبية، ولكن وجد أنه غير مناسب للأنهار الطبيعية. في طريقة العوامة يتم تعليم مسافة موازية إلى خط الوسط للمجرى على طول أحد الجسور. يمكن استخدام عوامات خاصة (في الواقع أي مادة طافية) لقياس السرعة. السرعة تساوي المسافة مقسومة على الزمن الذي تستغرقه العوامة لعبور هذه المسافة، السرعة المتوسطة في العمودى تساوي مجموع هذه السرعة والمعامل الذي يتم تعيينه تجريبيًا. طريقة العوامة يتم اللجوء إليها عندما لا يكون في الإمكان قياس السرعة بواسطة مقياس سرعة التيار (Current Meter) عندما يكون النهر في الفيضان.

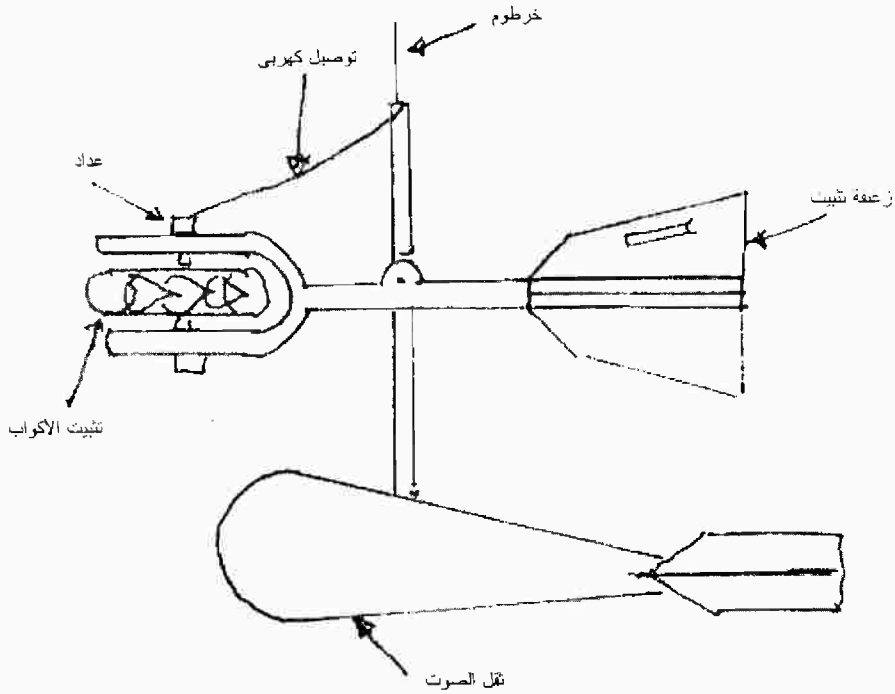
قياس السرعة بمقياس سرعة التيار يعطي السرعة في المكان حيث يتم وضع عداد قياس التيار في المجرى. السرعة المتوسطة يتم تعيينها باستخدام نقطة السرعات هذه.

<u>مقياس سرعة التيار: (Current Meter)</u>

مقياس سرعة التيار هو الجهاز الأكثر استخداماً لقياس السرعة.

يوجد نوعين من أجهزة قياس سرعة التيار – وهما القياسات بالمحور العمودي والقياسات بالمحور الأفقي.

المكونات المختلفة لمقياس سرعة التيار بالمحور العمودي موضح في الشكل (٨/١٣).



شكل (٨/١٣) مخطط المحور الرأسى لعداد التيار

في نوع المحور العمودي، تدور الأكواب (Cups) المركبة على المحور العمودي في مستوى أفقي بفعل القوة الناتجة عن تيار الماء. آلية العد تقوم بعد عدد الدورانات للكوب وسرعة دوران الأكواب، طبيعي أن تعتمد على قوة التيار. المجال الطبيعي للسرعات المقاسة بواسطة مقياس سرعة التيار بالمحور العمودي هو من ٠,١٥ – ٠,٤ متر في الثانية. معايرة مقياس سرعة التيار تتم بتثبيته على قضيب أو كابل والسحب خلال ماء ساكن بعربة كهربية في حوض طويل عند سرعة ثانية.

يتم عمل علاقة سرعة الدوران من النوع الآتي:

$$V = a + bn$$

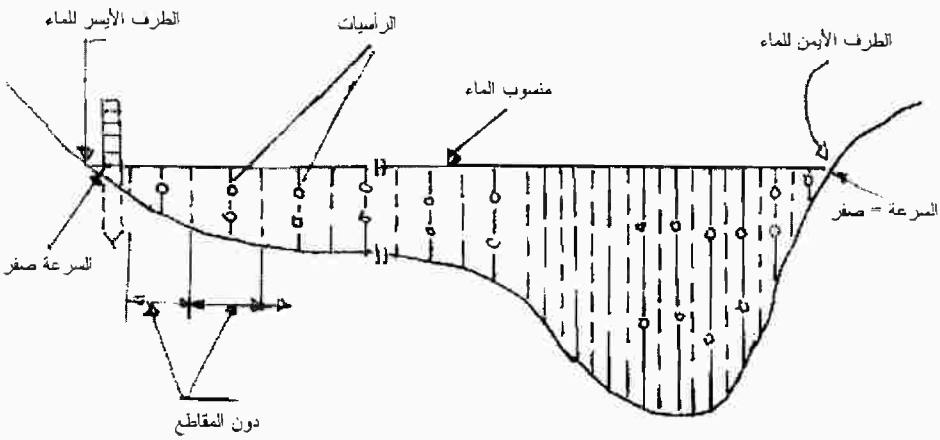
حيث:

n = دوران الدافع

V = سرعة التيار عند نقطة

a , b = معاملات يتم توفيرها بواسطة المنتج لجهاز مقياس سرعة التيار.

يتم قياس السرعة عند المكان الموضح بالرنات صفر (zero sounding) على الرأسيات (Verticals) شكل (٨/١٤). في حالة المجاري المائية العميقة جدًا يتم عمل عدد أكبر من رنات السرعة (Velocity sounding) على الطول الرأسي.



شكل (٨/١٤) مخطط لتنظيم الرأسيات فى طريقة السرعة – المساحة

حساب متوسط السرعة: (Computation of The Mean Velocity)

التدفق في القناة المكشوفة هو تدفق مضطرب ودائم باستمرار. التوزيع النظري للسرعة للتدفق المضطرب تتطابق مع توزيعات السرعة الملاحظة. ولكن ليس كما في حالة التدفق الرقائقي (Laminar) فإنه ليس من الممكن الحصول على معادلة صحيحة لتوزيع السرعة في التدفق المضطرب، والتي قد تتغير كذلك من نقطة إلى أخرى في القناة.

ولقد تم تطوير طرق بسيطة:

من دراسة البيانات الحقلية على توزيع السرعة تم عمل الملاحظات الآتية:

(١) السرعة عند مستوى (0.61) أسفل السطح هي تقريب جيد لمتوسط السرعة في الرأسي.

(٢) السرعة المتوسطة التي تم تعيينها باستخدام متوسط السرعات المأخوذة عند (0.2d)، (0.8d) أسفل السطح هو تقريب جيد لمتوسط السرعة في الرأسي.

(٣) النسبة ما بين أقصى سرعة إلى السرعة المتوسطة هي تقريبًا (1.2).

القواعد السابقة تسمح بتعيين التصرف بعدد قليل نسبيًا من قياسات السرعة.

عندما يكون المطلوب دقة أكبر في مقياس التصرف، فإن السرعة المتوسطة يمكن حسابها كالآتي:

يتم توقيع منحنى توزيع السرعة الرأسية وحساب المساحة خلال المنحنى. هذه المساحة مقسومة على العمق الكلي للتدفق سوف تنتج السرعة المتوسطة للتدفق والتي عند ضربها في مساحة التدفق سوف تعطي التصرف.

هذا الجهد قد يكون مطلوبًا عند الحاجة إلى دقة أكبر. أي توزيع الإمدادات بين مدينتين.

تعيين مساحة التدفق: (Determination of The Flow Area)

في حالة المجاري المائية التي في حالة اتزان (لا تحدث ترسيب ولا نحت) فإنه يتم تعيين المقطع في وقت المنسوب المنخفض للمياه بمساعدة مسواه أفقية الحركة فقط (تلسكوبية) Dumpy Level وقضيب ارتفاعات قاع النهر يتم تعيينها عند فواصل مناسبة ضرورية لتعريف كنتورها. مثل هذا المقطع يتم عندئذ أخذه كمقطع قياسي لكل عمل مستقبلي. ولكن، إذا كان المجرى ليس ثابتًا تقريبًا عندئذ يتم تعيين الأعماق بالصوت (Sounding) عند كل مكان مقياس، في كل وقت يتم القياس.

قياس العمق يتم بواسطة التخويض (wading) أو قضبان تعليق (Suspension Rods)، وذلك عندما تكون السرعات في المجرى أقل، من ١,٢ مترًا في الثانية وأن تكون الأعماق حتى واحد متر وأن يكون المجرى قابلاً للتخويض فيه (Wadable). بالنسبة للأعماق التي تزيد عن واحد متر وحتى ٦ متر والسرعات في المجرى حوالي ١,٧ متر في الثانية، فإنه تستخدم القضبان الصوتية (Sounding Rods) لقياس عمق

الماء. يستخدم الناقل الكبلي أو المصعد الكبلي (التليفريك) (Cable – Way)، وثقل الصوت (Sounding Weight) لقياس عمق الماء الذي يزيد عن ٦ متر شريطة أن يكون التيار بطيئًا للقياس الدقيق والسريع يتم تسجيل أعماق الماء في المجرى بمساعدة جهاز صدى الصوت (Echo Sounder).

يتم تقسيم عرض المجرى إلى قطاعات فرعية شكل (١٤) طبقًا لتغير العمق عبر المجرى. في حالة أهمية الحصول على درجة عالية من الدقة فإن عدد المقاطع الفرعية قد يزداد لا يزيد عن ١٠% من إجمالي الصرف يتم تدفقه خلال المقطع الفرعى وإلا يتم تعديل المقاطع الفرعية.

يتم حساب التصرف في كل مقطع فرعي ثم الجمع لكل المقطع.

الطريقة السابق ذكرها لحساب التصرف تفترض وجود تدفق ثابت في المجرى. في حالة التغير السريع للتصرف، كما في حالة الفيضانات فإنه يتم تبني طريقة الطفو أو طريق الميل – المساحة.

هـ – *طرق التخفيف لقياسات تدفق المجرى:*

Dilution Methods of stream Flow Measurements

طرق التخفيف استخدمت حيث لا يمكن معرفة البعد الطولي للقناة ومكونات السرعة المحلية. يتم حقن مؤشر مذاب (Soluable Indicators) بكمية معلومة في المجرى عند مقطع معين. ثم يتم قياس التركيزات عند نقطة مختلفة تحت الماء. لقد ثبت مسبقًا أن التركيزات التي تم الحصول عليها عند أماكن مختلفة ستكون متناسبة عكسيًا مع معدل التدفق. طرق التخفيف مثل طريقة السرعة – المساحة نتج عنها عدد قليل جدًا من النقط على منحنى قياس التصرف.

أساسًا توجد طريقتين لقياس التخفيف – طريقة الحقن المفاجئ وطريقة المعدل الثابت للحقن. وسيتم شرح كليهما:

(١) طريقة الحقن المفاجئ (Sudden Injection Method)

في هذه الطريقة يتم إضافة كمية من المقتفي (Tracer) بالحجم (V_1) والتركيز (C_1) إلى النهر بالتفريغ المفاجئ لقنينة محلول التتبع أو الاقتفاء. عند محطة أخذ العينات تحت التيار يتم رصد كل سحابة المتتبع لإيجاد العلاقة بين التركيز والوقت. كمية المتتبع أو كتلة المتتبع (M) عندئذ ستكون مساوية بقيمة ($C_1 V_1$). إذا كان (t_1) هو الوقت قبل وصول الطرف الدليل لسحابة المتقفى (المتتبع) عند محطة أخذ العينات و(t_2) هو الوقت بعد مرور كل المقتفي لهذه المحطة عندئذ فإن كمية المقتفي تكون كذلك مساوية للآتي:

$$Q\int_{t_1}^{t_2}(C_2 - C_0).dt$$

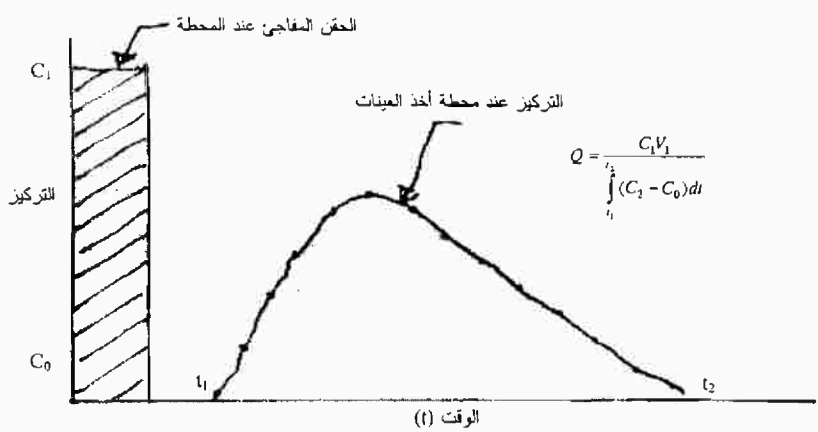
حيث:

C_2 = تركيز الاتزان للماء.

C_0 = قيمة تركيز الأساس، شكل (١٥). لذلك

$$C_1V_1 = Q\int_{t1}^{12}(C_2 - C_0)dt$$

$$Q = \frac{C_1V_1}{\int_{t_1}^{t_2}(C_2 - C_0)dt} = \frac{M}{\int_{t_1}^{t_2}(C_2 - C_0)dt}$$



شكل (١٥/٨) طريقة الحقن المتقطع

طريقة الحقن المستمر وبالمعدل الثابت:

Continuous and constant Rate Injection Method:

يتم حقن محلول المقتفى ذو التركيز المعلوم (C_1) باستمرار بالمعدل (g) عند محطة أخذ العينات الموجودة تحت التيار لنقطة الحقن شكل (٨/١٦). معدل الكتلة الذي عنده يدخل المقتفي إلى مدى مسافة الاختبار يساوي ($qC_1 + Q.Ce$).

حيث

Q = تصرف النهر.

C_e = التركيز المرافق للمقتفي في مياه النهر.

المعدل الذي عنده يترك المقتفى مدى مسافة الاختبار هو $[(Q + g)C_2$

حيث C_2 = التركيز عند نقطة القياس.

بفرض حدوث الخلط الطافي للمقتفي مع كل التدفق عبر المقطع، فإنه يمكن كتابته

$$gC_1 + QC_0 = (Q + q)\, C_2$$

أو

$$Q = \frac{C_1 - C_2}{C_2 - C_0} g$$

الحقن بالمعدل الثابت يمكن اعتباره سلسلة من الحقن المفاجئ كما هو موضح في الشكل (١٦). أدنى فترة زمنية للحصول على حالات الاستقرار ستكون (T)، ولكن، استمرار فترة الحقن يجب أن تكون على الأقل مساويان لـ (T + Tp).

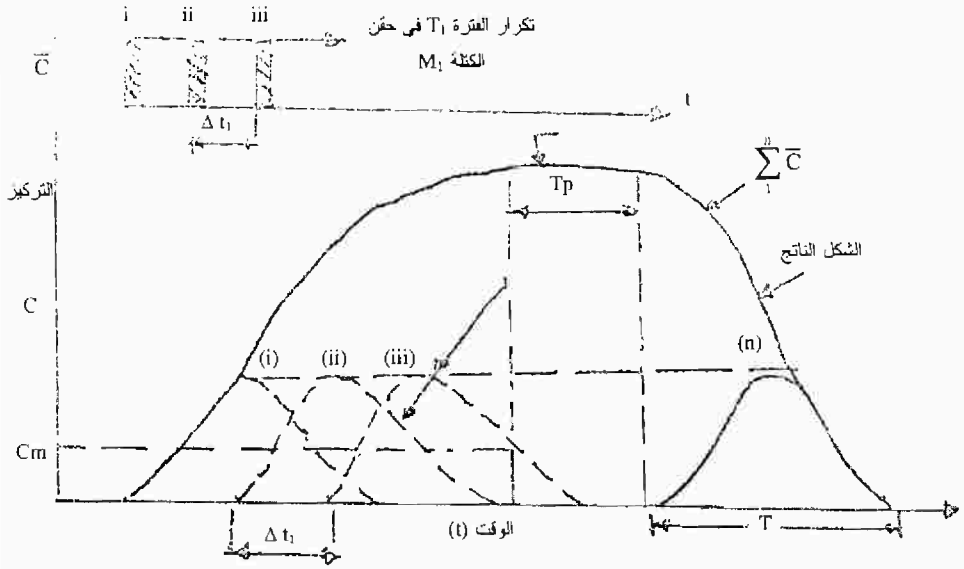
هنا Tp تكون هي فترة الاستقرار.

إذا كانت ($\bar{C}$) هي متوسط التركيز عبر المقطع والتصرف في المجرى، هو (Q)، عندئذ فإن كمية المقتفي (M) تساوي كذلك الآتي:

$$M = Q \int_0^{\infty} \bar{C} dt$$

المسافة تحت التيار لنقطة أخذ العينات، (L) يجب أن تكون بعيدة بما يكفي للحصول على الخلط الكامل عبر المجرى.

في كلا الطريقتين السابق ذكرهما يفترض أنه لا يوجد فقد من مادة المؤشر الذي تم حقنه.



شكل (٨/١٦) معدل الحقن المستمر والمستقر

الطرق الكيماوية أو طرق الحقن تم أولاً استخدامها للقياس أما في المسارات المقفلة (الأنابيب) أو القنوات الصناعية ذات الشكل الهندسي المحدد والخواص الهيدروليكية المحددة – عند استخدام تلك الطرق بحرص، فإنها يمكن أن تقيس التصرفات بدقة حتى $\pm$ ٥% في المجاري المائية العادية. تلك الطرق مكلفة بسبب طول فترة الاختبار إذا كان الغرض هو الحصول على نتائج اعتمادية. تلك الطرق تستخدم عادة في عمليات المعايرة. المحلول المستخدم عادة والأكثر استقرار هو الملح العادي، وملح داي كروميت الصوديوم والمستخدم عادة من المقتفيات المشعة هو الذهب ١٩٨، والصوديوم ٢٤.

و – طرق أخرى (Other Methods)

طرق الحث المغناطيسي وفوق السمعية (الصوتية):

Maguetic Induction and ultrasonic Methods:

يوجد اثنين من الطرق التجريبية الواحدة لقياس السرعة وبالتالي التصرف في القنوات المكشوفة، وهما طريقة الحث المغناطيسي والطريقة فوق السمعية كلا الطريقتين تم استخدامهما في القنوات المغلقة ولكن استخدامهما في القنوات المكشوفة لم يتم اعتباره كطريقة قياسية متقنة.

الطريقة الأولى مبنية على قياس تيار الحث (Induction current) الذي يتم توليده عند تحرك موصل كهربي عبر مجال مغناطيسي. (الموصل في هذه الحالة هو الماء المتدفق). التيار يكون له علاقة طولية مع سرعة الموصل. إذا كان مقطع المجرى معلومًا عند موقع القياس، فإن سجل التيار يمكن أن يعاير للحصول على التصرفات مباشرة.

في الطريقة الثانية يتم إرسال سلسلة من النبضات فوق الصوتية من أحد أجناب المجرى إلى الآخر، أولاً ضد التيار ثم على طول التيار. بسبب تأثير متوسط السرعة على وقت الرحلة للإشارة، فإنه سوف يوجد إما فرق الوقت أو حيود التردد. قياس حيود التردد أو فرق الوقت (Frequencey Shift or Time Difference) سوف يبين السرعة في المجرى.

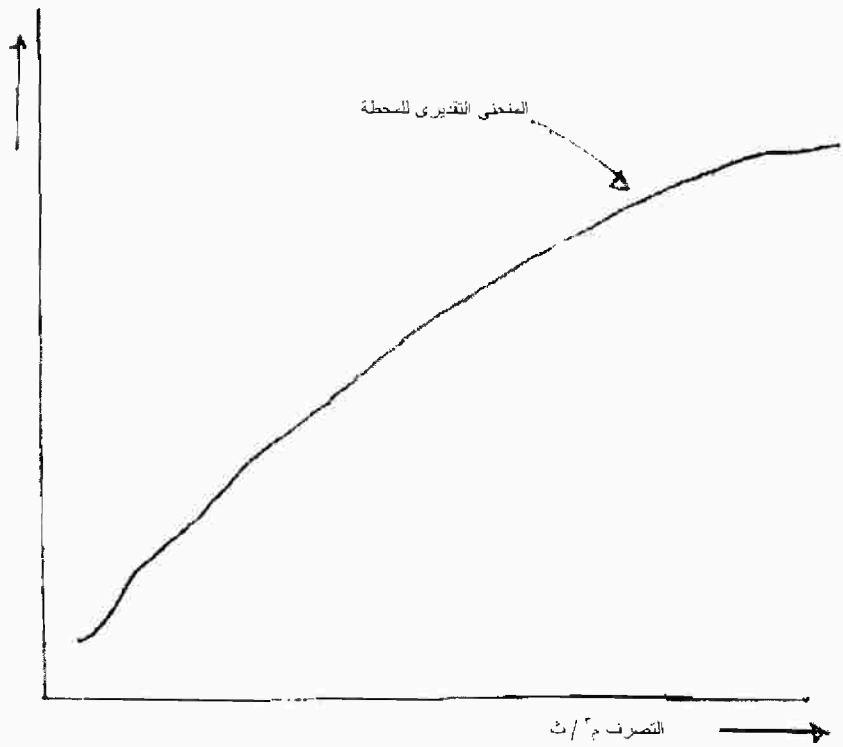
منحنيات قياس التصرف (Gague Discharge Curves)

تصرف المجرى يتم حسابه عمومًا عند مستويات مختلفة للمياه في المجرى المائي. مستويات الماء هذه تسمى ارتفاعات القياس (Gauge Heights) والتصرفات المقابلة تكون لذلك، مسجلة ويتم توقيعها للحصول على المنحنى الذي يعرف بمنحنى التصرف أو المنحنى التقديري للمحطة (Station Rating Curve) الذي يمثل المنسوب بالنسبة للتصرف شكل (٨/١٧). عند رسم هذا المنحنى يكون من السهل إيجاد

التصرف في المجرى ببساطة بقراءة مقياس نهر (أو المنسوب) وإيجاد التصرف المقابل من منحنى التصرف – المنسوب المقابل.

مثل هذا المنحنى يحطم العلاقة بين منسوب النهر عند وقت معين (أي ارتفاع القياس) والتصرف المقابل، وبذا يعرف بمنحنى المنسوب – التصرف.

العلاقة المقدرة بهذا المنحنى تعرف بعلاقة المنسوب _ التصرف عند موقع معين للسرعة المساحة.



شكل (٨/١٧) نموذج لمنحنى المنسوب التصرف

محطة السرعة المساحة (Velocity Area Station)

محطة السرعة المساحة تحتوي أساسًا على (١) تحكم (٢) مقياس (٣) مقطع قياس.

(١) التحكم (Control): هو ذلك المقطع المعين للنهر الذي يساعد في تعيين العلاقة بين منسوب النهر في أي وقت وتصرف النهر في ذلك الوقت. التحكم يمكن أن يكون طبيعي أو صناعي. قد يكون مستمرًا أو مرحلياً.

بسبب وجود التحكم عبر النهر، فإن المياه على الجانب فوق التيار تتأثر. المساحة التي يصل إليها تأثر التدفق بسبب وجود التحكم يمكن أن تسمى بطول تأثير التحكم (Length of Influence of the Control). التموجات الطبيعية (Natural Undulations) في قاع النهر قد تؤثر على سطح المياه، وبذا يمكن أن تعمل كتحكم (Controls). طبقًا لمنسوب النهر (منخفض أو عالي) فإن تموجات معينة.

قياس تدفق المجرى ومنحنيات قياس التصرف:

Stream Flow Measurement And Gauge Dischange curves:

١ – مقدمة:

تتدفق المجرى كما هو معروف أنه التصرف المتدفق في قناة المجرى عند وقت معين، وعند مقطع عين (أي مكان) لذلك فإنه يشمل التدفق السطحي وكذلك التدفق للمياه الجوفية التي تسربت في المجرى.

العملية التي يتم بها قياس التصرف في قناة المجرى تعرف بالقياس للمجرى (Stream Gauging) لذلك فإن كلمة القياس للمجرى تعنى قياس المجرى أى تعيين خصائص التدفق للمجرى وتشمل تعيين تصرف النهر خلال فترات زمنية طويلة، وتعيين سرعة التدفق في حالة الحاجة إليها.

الإنشاءات المستخدمة لقياس التصرفات في القنوات المكشوفة:

The Installation used to measure Discharges In open channels:

توجد أنواع عديدة من الإنشاءات الهيدروليكية المستخدمة في قياس التدفق في القنوات المكشوفة مثل النقرة أو الحز أو الفتحات (Notches)، الهدارات (Weirs) ومسيلات المياه (Flumes) والنقط (Drops) هذا بجانب طريقة السرعة – المساحة، طريقة محطة الطاقة، طريقة التخفيف، طريقة الميل – المساحة – وطرق أخرى.

٢- النقر أو الفتحات لقياس التصرف:

النقر أو الفتحات هي عبارة عن قطع من ألواح معدنية رقيقة وقد تكون في شكل المثلث أو في شكل شبه المنحرف. وهي تستخدم كثيرًا في قياس التصرفات في المعامل، وفي حالة التدفقات الصغيرة جدًا في الموقع.

أ- الفتحات المثلثية على شكل حرف V. (V Notches).

تستخدم الفتحات المثلثية ٩٠° لقياس الكميات الصغيرة للتدفقات في القنوات المفتوحة حتى ١,٢٥ متر مكعب في الثانية.

قناة الاقتراب لتثبيت هذا المنشأ يجب أن تكون إلى حد ما ملساء، وخالية من الاضطرابات، ومستقيمة في طول يساوي ما لا يقل عن عشرة أضعاف العرض. المنشأ الذي سيتم عليه تثبيت الفتحة المثلثية، يجب أن يكون قويًا ومحكم ضد تسرب المياه، مع سطحه فوق التيار يكون عموديًا. المستوى تحت التيار يكون دائمًا لا يقل عن ١٥سم أسفل قاع قمة الطرف المدبب بما يضمن حرية التدفق.

الضغط المسبب للتدفق في الفتحة حرف V يتم قياسه بواسطة مقياس الغطاء (Standard Hood Gauge)، فوق التيار على مسافة ٣-٤ أضعاف أقصى عمق للتدفق فوق الفتحة حرف V.

التصرف (Q) للفتحة (V) يتم عندئذ قياسه بالمعادلة الآتية:

$$(1) \qquad Q = \frac{8}{15} Cd. \sqrt{2g}. \tan \frac{Q}{2}. H^{5/2}$$

حيث:

H = الارتفاع فوق الفتحة الساكن

Q = زاوية الفتحة عند المركز.

g = عجلة الجاذبية = ٩,٨١ متر/ثانية^{٢}

Cd= معامل التصرف المؤثر والذي تتراوح قيمه من ٠,٦ إلى ٠,٦٩ لقيم الضغط الرأسي (Head) التي تتغير من ٠,٠٥ إلى ٤ متر.

تستخدم الفتحات المثلثية فقط عندما يزيد الارتفاع (Head) عن ٠,٠٦ متر (أي ٦سم). الطريقة توفر مقادير دقيقة إلى حد ما للتصرف، وقيم التصرف التي تم الحصول عليها قد تتراوح، ما بين ٩٧% إلى ١٠٣% من قيم التصرف الحقيقية للتصرفات من ٠,٠٠٨ إلى ١,٢٥ متر مكعب في الثانية.

في حالة الفتحة V بزاوية ٩٠° م، Q = ٩٠° م فإن المعادلة رقم (١) تكون

$$Q = \frac{8}{15} Cd. \sqrt{2g}. \tan 45^0. H^{5/2}$$

$$Q = 2.36\ Cd.\ H^{5/2} \text{ (For } 90^o \text{ V – Notch)}$$

ب- الفتحات في شكل المستطيل (Rectangular Notches)

الفتحات المستطيلة ذات عرض لا يقل عن ١٥ سم قد تنشأ أحياناً بدلاً من الفتحات حرف V مثل هذه الفتحات المستطيلة ذات الانكماشات الطرفية تحكمها المعادلة الآتية:

$$(2) \qquad Q = \frac{2}{3} Cd. \sqrt{2g}. be. H_e^{3/2}$$

(بانكماشات طرفية)

حيث:

be = العرض المؤثر أو طول الفتحة، مقابل عرضها الحقيقي (b)، حيث (bc)

$$K + b =$$

حيث

K = تتغير ما بين ٢,٥ ملليمتر إلى ٣ ملليمتر، ٤ ملليمتر لقيم $\frac{b}{8}$ حتى ٠,٤٠، من ٠,٤ إلى ٠,٦، ومن ٠,٦ إلى ٠,٨ على التوالي. (B) هو عرض القناة

He = الارتفاع (Head) المؤثر فوق الفتحة.

= الارتفاع الحقيقي المقاس + واحد ملليمتر

Cd = معامل التصرف، يتغير من ٠,٥٨ إلى ٠,٧ لمقادير $\left(\frac{b}{B}\right)$ من صفر إلى ٠,٨، حيث B هو عرض القناة.

بالنسبة للفتحة المستطيلة، بدون أي انكماشات، فإنه تطبق معادلة التصرف الآتية:

$$(3) \quad Q = \frac{2}{3} Cd. \sqrt{2g}. b. (He)^{3/2}$$

(بدون انكماشات طرفية)

حيث:

b = عرض أو طول الفتحة.

He = ارتفاع عمود الماء المؤثر (Effective Head)

= الارتفاع الحقيقي المقاس (H) + ١,٢ ملليمتر

$$Cd = ٠,٦٠٢ + ٠,٧٥ \times \frac{H}{p}$$

حيث P = ارتفاع قاع الفتحة من قاع القناة.

جـ- الفتحات في شكل شبه منحرف (Trapezoidal Notches)

وهذه تسمى كذلك (Cipoletti Notches):

معادلة التصرف للفتحة في شكل شبه منحرف هي كالآتي:

$$(4) \quad Q = 1.859. b. H^{3/2}$$

حيث:

b = عرض أو طول قاع الفتحة

H = ارتفاع عمود الماء الساكن فوق عتبة الفتحة (Sill of the Notch).

الميزة الرئيسية لمثل هذه الفتحة هي أنه مع مرور التدفق فوق الفتحة، فإن انكماشات الطرف (النهاية) إما أن يتم إبعادها أو خفضها إلى حد كبير.

أجناب الفتحة يجب أن يكون لها ميل (IH : 4 V)، بحيث أن قيمة عرض التصرف تساوي عرض قاع الفتحة (b) + $\frac{1}{2}$ عمود الماء فوق عتبة الفتحة (H).

جـ- الهدارات الخرسانية أو المبنية لقياس التصرفات:

Concrete Or Masonary Weirs for Measuring Discharges:

الهدارات تشبه الفتحات المستطيلة، ولكن لها سمك كبير في اتجاه التدفق (t)، وبذا، فإن معامل تصرفها يكون أقل من تلك للفتحة.

(١) معادلة التصرف للهدار المكتوم (Suppressed) (أي الهدار بدون انكماشات في النهاية – حيث مثل هذا الهدار الذي له طول أو عرض التدفق يساوي عرض المجرى، أو الانكماشات الطرفية تكون مبعدة أو متوقفة) تكون طبقًا للمعادلة.

$$(5) \quad Q = Cd.\sqrt{2g}.\ L.\sqrt{Hh^2 - h^3}$$

حيث:

L = عرض أو طول الهدار غير المتدفق (المكافئ لـ (b) بالنسبة للفتحات – (Notches

h = عمود الماء المسال المقاس فوق وسط الهدار

حالة أقصى تصرف لمثل هذه الهدار ذو القمة العريضة (Broad Crested) هو

$$h = \frac{2}{3}H$$

ولذلك

$$(6) \quad Q_{max} = 1.7\ Cd.\ L.\ H^{3/2}$$

حيث:

L = عرض تدفق الهدار.

H = ارتفاع عمود الماء فوق قمة الهدار في الاتجاه فوق التيار.

Cd = ٠,٨٦٤ إلى ١,٠٠ طبقًا لنسبة H : t (أي نسبة عمود الماء إلى سمك الهدار في اتجاه التدفق)، والذي يتراوح من ٠,٤ إلى ١,٦ لقيم H : t أقل من ٠,٤، Cd يمكن ثانيًا أن تؤخذ لتكون مساوية لـ ٠,٨٦٤.

(b) للهدار بتقلصات طرفية End contractions، فإن المصطلح (L) كما استخدم سابقًا في المعادلة (6) يمكن أن يتم استبداله بواسطة (Le) أي العرض المؤثر للتدفق.

حيث:

$$Le = L - 0.1\, n.\, H$$

حيث n = عدد التقلصات الطرفية

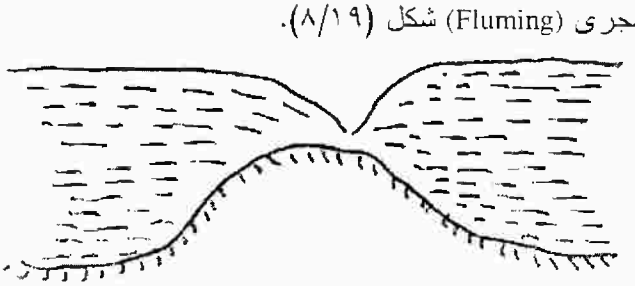
الهدارات تستخدم لقياس التصرفات في القنوات المفتوحة فقط عندما يزيد ارتفاع عمود الماء عن ٠,٦ متر، وأدنى طول للهدار (L) يكون ٠,٣ متر.

قيم التصرف التي تم الحصول عليها بقياسات الهدار قد تتراوح من ٩٥% إلى ١٠٥% من التصرف الحقيقي.

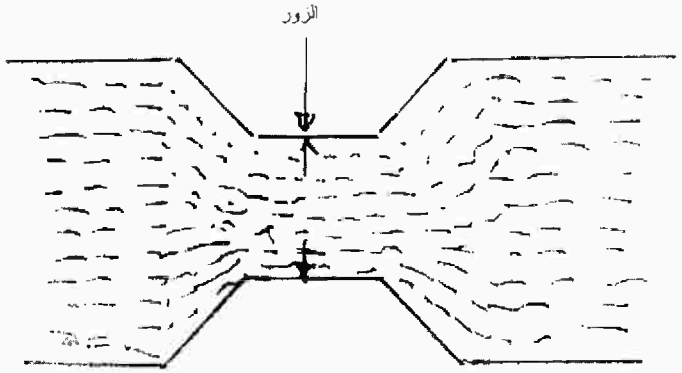
جـ- عدادات التحكم أو مسيلات التموجات المستقرة لقياسات التصرفات في المجاري: *Control Meters or Standing Ware Flumes for Discharge:*

عداد التحكم: هو منشأ يقام عبر المجرى حيث به يتم الحصول على عمق (b) بتغيير تدفق القناة دون الحرج إلى التدفق فوق الحرج والعكس صحيح. مثل هذا التنظيم، يتضمن تكوين تموجات مستقرة أو القفز الهيدروليكي، وبذا، يسمى مسيل التموجات المستقرة.

الغرض السابق يمكن الحصول عليه إما برفع قاع القناة الشكل (٨/١٨) أو باختناق عرض المجرى (Fluming) شكل (٨/١٩).



شكل (٨/١٨) القمة المرتفعة على طول القناة



شكل (٨/١٩) اختناق العرض على طول القناة

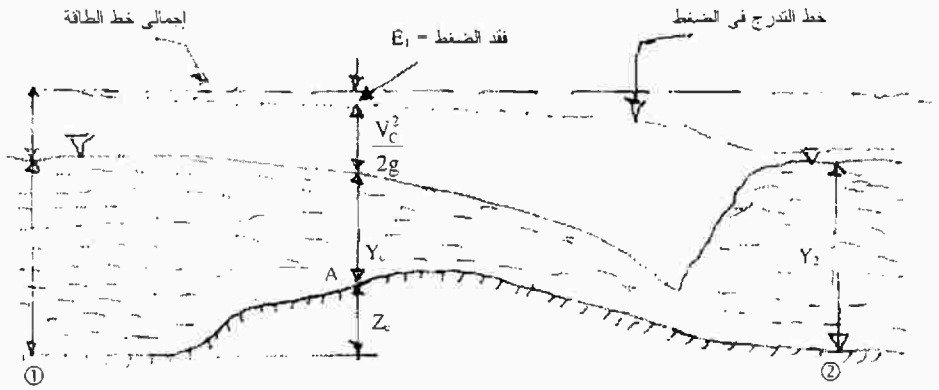
يتم عمل زور المقطع مستطيلاً أو في شكل شبه منحرف. أرضية الزور تكون غالبًا مستوية، بينما أرضية امتداد المخرج يعطي له ميل حاد، كافيًا لتمكين الماء من أن يترك الزور عند السرعة فوق الحرجة، وبذا لضمان وجود العمق الحرج عند نقطة ما في الزور.

لذلك عداد القياس، في حالة التصميم الجيد سيكون. مصاحبًا له ظاهرة القفز الهيدروليكي(Hydraulic Jumb).

إذا كان العمق الأصلي (Y_1) في القناة يزيد عن العمق الحرج (Y_3)، عندئذ فإن القفز سوف يتكون أسفل الاختناق، ولكن فى حالة (Y_1) أقل من (Y_3) عندئذ فإن القفز سوف يتكون فوق الاختناق (Above – Constriction).

انه ليس من الممكن قياس (Y_2) لأن الوضع الصحيح لحدوثه في الزور يتغير مع التصرف، وليس من السهل وجوده حتى لتصرف معين. التصرف يمكن تعيينه باستخدام العلاقة بين التصرف Q والطاقة النوعية عند العمق الحرج كالآتي:-

لنفترض أن (E_0) تمثل أدنى طاقة نوعية (Sp. Energy) عند العمق الحرج (النقطة A) كما في الشكل (٨/٢٠) ثم عند استخدام معادلة برنولي بين النقطة (I) والنقطة (A) فإننا نحصل على



شكل (٨/٢٠)

$$(7)\quad Y_1 + \frac{V_1^2}{2g} = \left[Y_C + \frac{V_C^2}{2g} \right] + Z_C + E_L$$

حيث:

E_L = الفقد في الطاقة في عملية تكوين القفز الهيدروليكي ولكن:

$$\text{الطاقة النوعية عند (A)} \quad Y_C + \frac{V_C^2}{2g} = E_C$$

$$\text{لذلك:} \quad Y_1 + \frac{V_1^2}{2g} = E_0 + Z_0 + E_L$$

$$\text{أو} \quad E_C = \left[Y_1 + \frac{V_1^2}{2g} \right] - Z_C - E_L$$

الفقد في الطاقة (E_L) يكون صغيرًا جدًا خاصة عندما تكون كل الأسطح متصلة بمنحنيات مماسة طول الزور يتم المحافظة عليه ليكون صغيرًا ما أمكن لتجنب فقد الطاقة. ولكن فإنه يجب أن يكون طويلاً بما يكفي لضمان أن العمق الحرج لا يكون ساقطًا خلال الزور. طول الزور بما يقدر بثلاث أضعاف العمق الحرج وجد أنه يعطي نتائج مرضية. مع الفرضيات السابقة، المصطلح (E_L) يصبح صغيرًا ويمكن إهماله.

لذلك، المعادلة (8) يمكن أن تكتب كالآتي:

$$(9) \quad E_C = \left[Y_1 + \frac{V_1^2}{2g} \right] - Z_C$$

كلا من (Y_1)، (Z_c) معلومين، (V_1) يمكن إيجادها بالمحاولة، ولذا، E_C يمكن حسابها.

الآن: التصرف Q يكون طبقاً للعلاقة:

$$(10) \quad Q = C.\ B0\ EC3/2$$

$$\left(\because Q \alpha Y_C^{3/2},\ \text{And}\ Y_C = \frac{2}{3} E_C \right)$$

حيث:

B_0 = عرض الزور

E_C = الطاقة النوعية عند العمق الحرج كما هو موضح

C = ثابت

فإن قيمة E_C كما تم حسابها من المعادلة (9) يمكن أن تستخدم لتقدير (Q) يوضح القيم فى المعادلة (10).

طبقاً للمبادئ السابقة، فإن المعادلة النهائية للتصرف خلال عرض الإختناق لمسيل التموجات المستقرة، حيث (Z = صفر) تكون كالآتى:

$$(11) \quad Q = \frac{2}{3} C_f . \sqrt{2g}\ (B_0 - mb - 2C_c\ mH) H^{3/2}$$

حيث:

C_f = معامل الاحتكاك والذى له القيم الآتية:

٠,٩٧ فى حالة Q = ٠,٠٥ إلى ٠,٣ متر مكعب فى الثانية.

٠,٩٨ فى حالة Q = ٠,٣ إلى ١,٥ متر مكعب فى الثانية.

٠,٩٩ في حالة Q = ١,٥ إلى ١٥ متر مكعب في الثانية.

واحد في حالة Q = ١٥ متر مكعب في الثانية وأكثر.

B_o = العرض الكلي للزور متضمناً الدعامات (Piers)

m = عدد الدعامات.

b = سمك كل دعامة.

C_c = معامل التقلص في مقداره ٠,٠٤٥ للدعامات ذات الأنف أو المقدمة المستديرة (Round Noses)، و ٠,٠٤ للدعامات ذات الأنوف المستدقة.

$$H = Y_1 + \frac{V_1^2}{15.2} \bullet$$

حيث:

Y_1 = العمق فوق التيار لعتبة الزور.

V_1 = متوسط سرعة الاقتراب.

(١) مميزات المسيلات ذات التموجات المستقرة:

عدادات التحكم تكون مفضلة للهدارات في حالة التدفقات الضخمة، الأنهار المحملة بالغرين. الميزة الكبيرة لمقياس التحكم على الهدار هي قدرته على قياس التصرف حتى في المجاري الحاملة للغرين. التدفق أعلى الهدار مباشرة يكون متخلفاً (Retarded) ولذلك يحدث تجميع للغرين، بينما على الجانب الآخر، في حالة مقياس التحكم يكون التدفق فوق التحكم يكون متسارعًا ولذلك فإن الغرين والأعشاب يتم اكتساحها خلال التحكم، ولذلك غالبًا فإنه لا يحدث تراكم للغرين (Silting). ثانيًا، فإن الأعشاب والكتل الطافية تدمر الهدار ذو القمة الحادة بينما لا يحدث مثل هذا في عداد التحكم والضبط.

• في الواقع، تأثير سرعة الاقتراب يكون أكبر من $\left(\frac{V_1^2}{2g}\right)$ لأن السرعة في الجزء الأوسط سوف تكون أعلى من متوسط السرعة (V_1). لذلك، فإن ضغط عمود الماء بسبب سرعة الاقتراب يؤخذ بمقدار $\left(\frac{V_1^2}{15.2}\right)$ بدلاً من $\left(\frac{V_1^2}{2g}\right)$.

قدرة عداد القياس (Control Meter) لقياس التصرف يمكن زيادتها أو خفضها بجعل الزور أوسع أو أضيق على التوالي. ولكن، عداد تحكم معين لا يمكنه قياس التصرف دون حده السفلي. لذلك، لقياس التصرف دون أدنى حد للمقاييس الضخمة (Large Meters)، فإنه يتم عادة إقامة عداد قياس آخر أصغر أو أحيانًا هدار بالتوازي مع ذلك الأكبر.

(٢) حدود المسيلات بالتموجات المستقرة:

تلك المسيلات يمكن أن تستخدم فقط عندما يزيد ارتفاع عمود الماء (Head) عن ٦ سم، وتكون نسبة Y_2 إلى Y_1 أي (العمق فوق العتبة Sill في الاتجاه تحت التيار + العمق فوق العتبة في الاتجاه فوق التيار للزور) يجب أن يكون دائمًا أكبر من ٠,٥.

عندما تكون النسبة Y_2 إلى Y_1 أقل من ٠,٥، عندئذ فإنه يمكن استخدام مسافة السقوط (Drop) بدلاً من المسيل.

أدنى عرض للمسيل سوف يكون ٩سم.

قيم التصرف التي تم الحصول عليها بالقياسات بواسطة مسيلات التموجات المستقرة سوف تتغير من ٩٥% إلى ١٠٥% من التصرفات الحقيقية.

مسيل بارشال (Parshal Flume)

مسيل بارشال هو كذلك نوع من المسيلات بالتموجات المستقرة ذات الاختناق شكل (٢)، والمستخدم على نطاق واسع لقياسات التصرف، وذلك طبقًا للمعادلة.

$$(12) \quad Q = CWY_1^{2.58}$$

حيث:

W = عرض الزور بالمتر

Y_1 = العمق المقاس بين فوق التيار وتحت التيار بالمتر.

C = ثابت. قيمة هذا الثابت تتوقف على حجم الزور. عادة تؤخذ قيمة C 2.42 لمعظم المجالات حيث يستخدم خلال مسيل بارشال. أي بالنسبة لـ (Q)

تتراوح من ٠,٠٠١ متر مكعب في الثانية إلى ١٠٠ متر مكعب في الثانية (أي أن عرض الزور يتراوح ما بين ٧,٥سم إلى ١٥متر). هذا العامل العددي يعرض كذلك إلى ٤٠% تغير في الحالات القصوى (أقل في حالة العروض الأصغر). لذلك فإن المعادلة السابقة تصبح

$$(12\ a) \quad Q = 2.42.\ W.\ Y_1^{1.58}$$

د – مسيلات الفنشوري لقياس التصرفات:

Venturi flumes fro Measuring Discharges:

مسيلات الفنشوري مثل المسيل ذو الاختناق بالموجات المستقرة، ويتضمن اختناق لمقطع القناة عند الزور، ولكن الاختناق لا ينتج حالات حرجة، حيث يتضمن تغير التدفق من دون الحرج إلى عالي الحرج وبالعكس.

التصرف لمثل هذه المسيل الفنشوري يكون طبقًا للمعادلة.

$$(13) \quad Q = 0.5445\ C_V.\ C_e.\ \sqrt{g}\ b\ H^{3/2}$$

حيث:

C_V = معامل السرعة والذي يكون ما بين ١,٠٤ إلى ١,١٥

C_e = معامل الترف المؤثر، ويتراوح ما بين ٠,٨٨٥ إلى ٠,٩٩، طبقًا للتغير ما بين (H إلى I) من ٠,٠٥ إلى ٠,٧، حيث (I) هو طول الزور في اتجاه التدفق.

b = عرض الزور العمودي على التدفق.

H – ارتفاع عمود الماء في مقطع الزور.

مسيلات الفنشوري تستخدم فقط عندما يكون عمود الماء المتاح ما بين ٥سم إلى ١,٨متر، وأن أدنى عرض للمسيل يكون ٩سم.

قيم التصرف التي يتم الحصول عليها بقياسات المسيلات الفنشوري قد تتراوح ما بين ٩٥% إلى ١٠٥% من التصرف الحقيقي.

هـ- مسافات السقوط لقياس التصرفات: Drops for Measuring Discharges

مساقط القناة على طول القناة المكشوفة توفر طريقة سهلة للحساب الأولي لتدفق التصرف خلال القناة. معادلة التصرف في هذه الحالة هي:

$$Q = \sqrt{g}.\ B.\ Y_C^{3/2} \quad (14)$$

حيث:

B = عرض القناة المكشوفة.

Y_o = العمق الحرج.

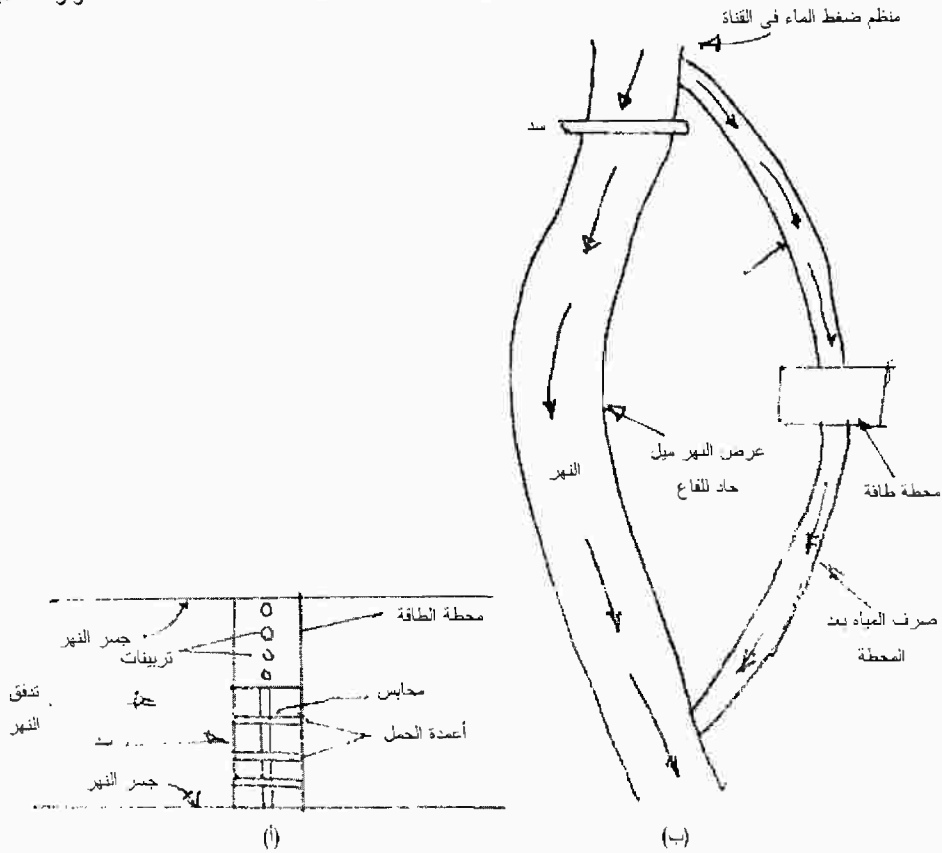
المعادلة السابقة قابلة للتطبيق، على أساس وجود أدنى استقامة للطول تساوي ٢٠ ضعف العمق الطرفي لقناة الاقتراب. في مثل هذه الحالات تكون النسبة بين العمق الطرفي والعمق الحرج بمقدار (0.7)، والذي تم حسابه في المعادلة السابقة.

ولكن هذه الطريقة محدودة فقط لتلك الحالات حيث العرض للقناة يكون لا يقل عن ٠,٣متر، وأن العمق الحرج (Y_C) يكون لا يقل عن ٥سم، والتي هي الحالة العامة في كل مساقط القناة.

قيم التصرف التي يتم الحصول عليها بالقياسات عند المساقط قد تتراوح ما بين ٩٠% إلى ١١٠% من التصرفات الحقيقية.

محطات نهر التدفق السطحي:

تلك المحطات هي التي تستخدم أدنى تدفق في النهر مع عدم وجود بركة كبيرة على الجانب المواجه للمنبع، يتم أحياناً إقامة هدار أو سد صناعي عمودي أعلى النهر لرفع واستمرار منسوب المياه عن مستوى سبق تحديده خلال حدود ضيقة من المتغيرات، إما منفرداً لمحطة الطاقة أو لغرض آخر حيث تكون محطة الطاقة طارئة. هذا المخطط هو مخطط الضغط المنخفض وقد يكون مناسبًا فقط على النهر المعمر الذي له تدفق كافي في المناخ الجاف بالمقدار الذي يجعل من الإنشاء فائدة شكل (٨/٢١).



شكل (٨/٢١) مخطط الضغط المائى المنخفض

محطات التدفق السطحي للنهر لها طاقة تخزين محدودة جدا لتعزيز التدفق الطبيعي للمجرى، هذه الطاقة التخزينية الصغيرة تسمى (Pondage)، ويتم توفيرها لمقابلة التغيرات من ساعة إلى ساعة من حمل الطاقة أو لتدفق المجرى خلال اليوم، أو أحيانا التغيرات من يوم إلى يوم خلال الدورة الأسبوعية. لذلك، عندما يكون الصرف المتاح عند الموقع يزيد عن المطلوب (خلال ساعات غير الذروة)، فإن الماء الزائد يتم تخزينه مؤقتًا في الحوض على الجانب في اتجاه المنبع من السد المؤقت والذي يستخدم عندئذ خلال ساعات الذروة.

محطات الطاقة المنشأة على قنوات التحويل (قنوات الري والطاقة)، تسمى محطات قناة التحويل، ويمكن وصفها كذا في هذا التصنيف.

٤- محطات المد (Tidal Plants)

محطات المد لتوليد الطاقة الكهربائية هي تطوير قريب وحديث والذي يعمل أساسًا على مبدأ أنه يوجد ارتفاع في مياه البحر خلال فترة المد العالي والهبوط خلال فترة الجزر أو الانحسار المنخفض (Low Ebb). المياه ترتفع وتسقط مرتين في اليوم، كل دورة سقوط تشغل حوالي ١٢ ساعة، ٢٥ دقيقة. ميزة هذا الارتفاع والسقوط للمياه يتم استخدامها في محطة المد. بمعنى آخر، فإن مجال المد (Tidal Range) أي الفرق بين مستويات المد العالي والمنخفض يتم استخدامه لتوليد الطاقة. يتم هذا بإنشاء حوض منفصل عن المحيط بواسطة حائط حاجز وإقامة التربينات خلال هذا الحائط.

تقسيم محطات الطاقة المائية على أساس ضغط التشغيل والتربينات:

Classification of Hydroplants on the Basis of Operating Head and Turbines:

على هذا الأساس فإن المحطات يمكن تقسيمها إلى الأنواع الآتية:

١- ذات الضغط المنخفض (Low Head) أقل من ١٥ متر.

٢- ذات الضغط المتوسط (Medium Head) أقل من ٦٠ متر.

٣- ذات الضغط العالي (High Head) يزيد عن ٦٠ متر.

١- محطات الطاقة ذات الضغط المنخفض:

مخطط الضغط المنخفض هو ذلك المستخدم لضغط الماء الأقل من ١٥ متر.

محطة النهر الجاري هي أساسًا ذات مخطط الضغط المنخفض. في هذا المخطط يتم إنشاء هدار أو سد صناعي (Weir or Barrage). لرفع منسوب المياه، ويتم إنشاء محطة الطاقة إما مع استمرار السد الصناعي شكل (٥ – أ) أو عند مسافة ما في اتجاه المصب للسد، حيث يتم أخذ الماء إلى محطة الطاقة خلال قناة المآخذ شكل (٥ – ب).

٢ - مخطط الضغط المتوسط:

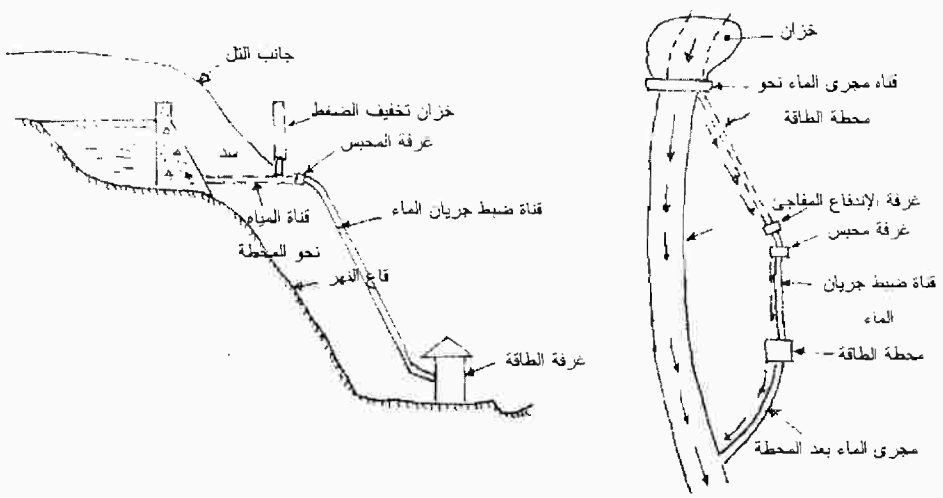
مخطط الضغط المتوسط هو ذلك المستخدم لضغط المياه ما بين ٥ إلى ٣٠ متر. هذا المخطط هو مخطط سد التخزين، رغم أن ارتفاع السد يكون متوسط. هذا المخطط له مظاهر ما بين المخطط للضغط المنخفض والمخطط للضغط العالي.

٣ - مخطط الضغط العالي:

مخطط الضغط العالي هو ذلك المستخدم لضغط الماء الذي يزيد عن ٦٠ متر.

السد بالارتفاع الكافي يكون لذلك مطلوب إنشاؤه لتخزين المياه في جانب اتجاه المنبع واستخدام هذا الماء خلال العام. تم الوصول إلى مخططات الضغط العالي حتى ١٨٠٠ متر. شكل (٢١ - أ، ب).

كذلك فإن المساقط الطبيعية العالية يمكن كذلك استخدامها لتوليد الطاقة الكهربية مثل شلالات نياجرا.



(أ) مسقط رأسي لمخطط الضغط العالي

(ب) مقطع خلال مخطط الضغط العالي

شكل (٨/٢٢) مخطط الضغط العالي للماء