المحاضرة الخامسة/السنة الثالثة

القياسات المائية

لماذا يتم إجراء القياسات المائية ؟

تجرى القياسات المائية من أجل:

1- حل المسائل المرتبطة بالاقتصاد المائي وتطوير طرائق الحساب الهيدرولوجية.

2- من أجل تصميم منشآت الهندسية المدنية.

3- كما توفر القياسات المائية معلومات عن المصادر المائية وتساعد في وضع الحلول والمقترحات لأجل استثمار هذه المصادر ولفترات زمنية مقبلة عادة ماتكون أطول من فترة القياس ذاتها.

4- توضح العلاقة بين عناصر الموازنة المائية والظواهر المرتبطة بها ، حيث أن قياس الجريان السطحي من أهم عناصر الموازنة المائية لحوض صباب وهو أيضا من أهم القيم اللازمة لتصميم المنشآت المائية وقياسه يتم بصورة ادق من بقية عناصر الموازنة المائية كالمطر والتبخر.

حيث تعطي القياسات المائية تصور واضح للتصاريف المارة خلال فترة القياس وهذا مرتبط ب:

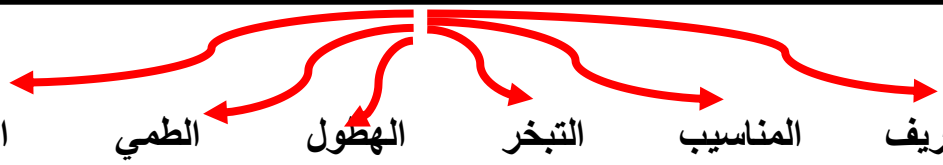
1) طول فترة القياس .

2) دقة الأدوات المستخدمة .

3) استخدام طرائق قياس متطورة بحيث تكون الأخطاء أصغرية.

4) قياس الهطول المطري من الأهمية بمكان من أجل التنبؤ بالتصاريف المارة.

تشمل القياسات المائية:



إن وجود القياسات لم يعد كافياً بل أصبح يعتمد في الدراسات الهيدرولوجية النمذجة الرياضية.

-إن عدم وجود القياسات المائية يؤدي إلى طرق تقريبية وبالتالي اخذ عوامل أمان لأكبر وبالتالي هدر في المال

قياس المناسيب المائية : ارتفاع سطح المياه بالنسبة لمستوى مقارنة معين في المجرى المائي.

يلزمنا قياس المناسيب المائية في :

1) تربية الأسماك

2) الإنذار المبكر من الفيضان.

3) الملاحة النهرية

4) مفتاح التصاريف

5) محطات توليد الطاقة الكهربائية.

شروط اختيار مكان القياس :

1) يجب أن يؤمن مكان قياس المنسوب المائي سهولة القراءة ودقتها ولا يسبب خطورة لمن يقوم بالقراءة .

2 - يجب ألا يكون مكان القياس قريباً من مصب نهرآخر أو قريباً من مصب النهر نفسه في بحر أو بحيرة أو قريباً من جسر أو مسقط مائي أو هدار أو مأخذ مائي ..الخ ، أي عند اختيار مكان للقياس نبتعد عن جميع التاثيرات غير المرغوبة للسطح.

3 - يجب الابتعاد عن مناطق انحناء المجرى المائي أو مناطق تغير ميل المجرى أو مناطق نمو الأعشاب والحشائش.

4 - تفضل المناطق أو مقاطع المجرى المائي ذات العمق الكبير وغير العريضة على المقاطع ذات العمق الضحل والعريضة، حيث يمكن ملاحظة تغيرات المناسيب والتصاريف بشكل أفضل .

5 - يجب ربط منسوب المقارنة بمنسوب ثابت آخر أو بالشبكة الجيوديزية للمنطقة، وبدلا من استخدام منسوب مقارنة واحد يمكن اختيار عدة مناسيب مقارنة ووضع ميرا مدرجة عند كل منسوب.

6 - في حال استخدام مكان قياس المناسيب المائية لقياس التصاريف المائية يجب عندها أن يحقق مكان القياس شروطاً إضافية حيث يجب أن يكون مكان القياس هذا في منطقة نهرية مستقيمة وميل ثابت للقاع وأن تكون أعمال الحت والترسيب الدنيا.

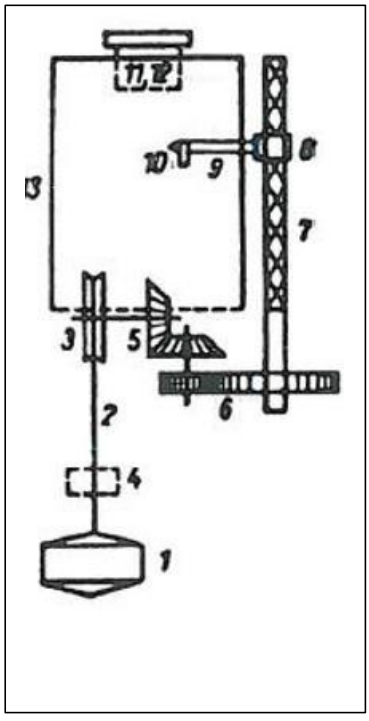
7 -يحب أن يكون المقطع الذي يراد حساب التصريف المار خلاله عمودياً على اتجاه الجريان وأن تكون أعمال الحت والترسيب دنيا .

8 -يجب أن لا يحتوي مقطع الجريان على ضفاف واسعة , بهذا يمكن الحصول على توزع منتظم للسرعة وتكون أخطاء القياس في حدودها الدنيا .

أجهزة قياس المنسوب المائي

تتم قياسات المناسيب المائية عن طريق :

1 - جهاز قياس المنسوب المائي الآلي :



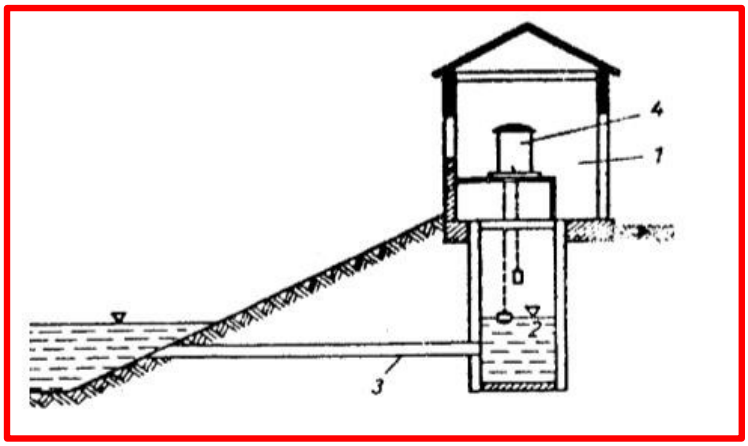
- يعطي المقياس المسجل لمنسوب المياه (الآلي) تغيرات المنسوب مع الزمن ، ويوضح الشكل جانباً مبدأ عمل أحد المسجلات الآلية للمنسوب، وبالنظر إلى الشكل نجد أنه إذا تغير منسوب المياه ارتفاعاً أو هبوطاً يتغير مكان الفواشة (1) .. وهذا التغير (ارتفاع الفواشة أو هبوطها) يؤدي إلى دوران القرص (3) الذي يمر عليه الحبل (2) بواسطة ثقل التوازن (4).

- بدوران محور القرص (3) تدور مجموعة مسننات (5) وتنقل بدورها الحركة إلى الأقراص المسننة (6).

- عندما تدور الأقراص (6) يدور معها العمود المحلزن (7) ويتحرك الجزء (8)صعوداً أو هبوطاً حسب حركة الفواشة (1)

- يتصل الجزء (8) بذراع (9) مزود بريشة كتابة قابلة للتبديل (10) تدور حول الأسطوانة (13) بسرعة ثابتة تضبط من خلال الساعة (11) والمحرك (12) كما تغلف الأسطوانة بورق مدرج تظهر عليه تغيرات المنسوب المائي والتي توقع بواسطة الريشة (10).

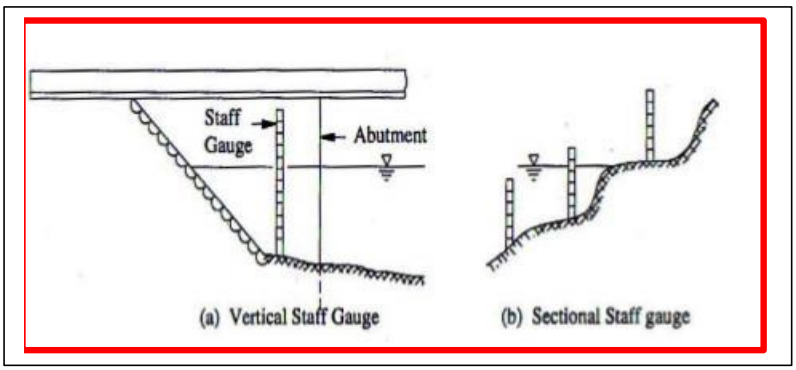
 يوضع جهاز قياس المنسوب الآلي في غرفة كما في الشكل في الأسفل بحيث تتحرك الفواشة ضمن البئر المتصلة بالمجرى المائي بواسطة الأنبوب .



- جهاز يقيس المنسوب المائي بشكل يدوي :

- أبسط طريقة لقياس منسوب المياه في مجرى مائي هي استخدام ميرا مدرجة حيث يقرأ المراقب منسوب المياه يومياً الساعة السابعة صباحاً مثلاً ...

إذا كان لدينا نهر كبير وفيه عدة مستويات لا يمكن أن نضع ميرا أو مسطرة مدرجة ونقف عند الضفة ويتوضح القياس ! وبالتالي نضطر أن نضع مساطر على عدة مستويات كلها مربوطة بنفس مستوي المقارنة .



قياس التصاريف فى المجاري المائية المكشوفة يتم بعدة طرق :

1) قياس السرعات في عدة نقاط .

2) استخدام الهدارات : يتم في حالة التصاريف الصغيرة (. $Q<1\ m3/s$)

3) استخدام المحاليل أو المواد المشعة : عندما يكون الجريان مضطرب .

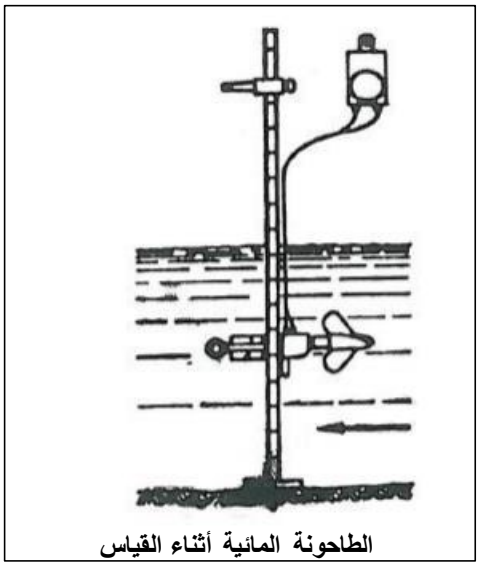
4) استخدام الأجسام الطافية : في أماكن تواجد الطمي، وحالة الفيضانات .

1- قياس التصاريف باستخدام مقياس السرعة ذو المروحة (الطاحونة المائية)

الطاحونة دولاب تركب عليه عدة ريش تدور الريش تحت تأثير التيار المائي.

- إن دوران دولاب الطاحونة المائية يتم تحويله إلى نبضات كهربائية يسجلها عداد خاص . الرابط بين عدد دورات مروحة الطاحونة N وسرعة جريان الماء V هي علاقة خطية (درجة أولى):

$$V=a+b*N\ m/s$$



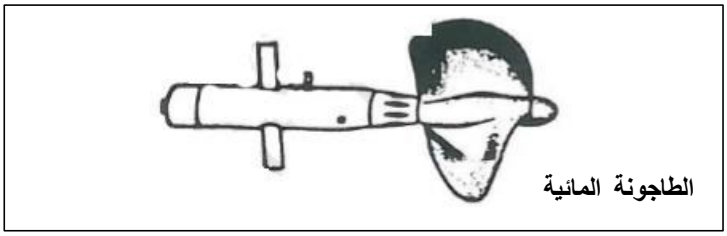
الطاحونة المائية أثناء القياس

حيث a,b ثوابت الطاحونة المائية .

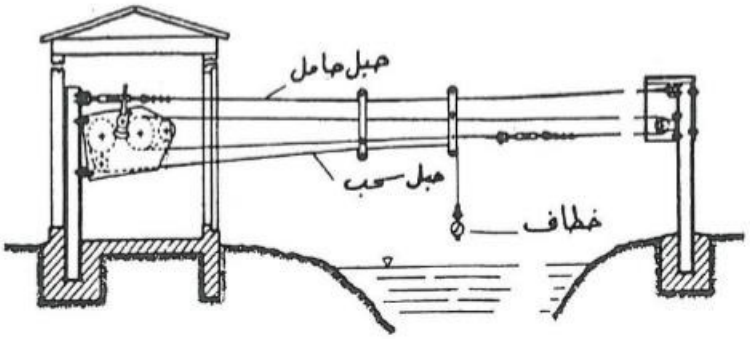
a: حساسية الجهاز : ثابت يمثل سرعة الجريان الصغرى التي تدور مروحة الجهاز عندها، ويمكن أن يحوي الجهاز على مروحتين إحداهما ذات حساسية عالية تستعمل لقياس السرعات الصغيرة أما الثانية فهي لقياس السرعات العادية .

– في المجرى عند حساب التصريف تكون السرعة غير ثابتة لذلك يجب حساب السرعة في عدة نقاط وعدة شواقيل ثم الضرب بالمساحة وبعدها نحدد التصريف المار .

$$Q=A*V\ m3/s$$



الطاجونة المائية



منشآة لتحريك الطاحونة المائية عبر كبل في مجرى مائي

ملاحظة : يتم قياس السرعة من خلال السير عبر المجرى عن طريق قارب أو ببناء جسر تتحرك عليه الطاحونة المائية ويتم قياس السرعة عند عدة شواقيل وعند عدة ارتفاعات.

تقييم قياسات السرعة:

- **الطريقة التحليلية في تقييم قياسات السرعة:**

يتم تحديد قيمة التصريف المار من خلال المقطع المائي المكشوف باستخدام الطاحونة المائية باتباع الخطوات الآتية:

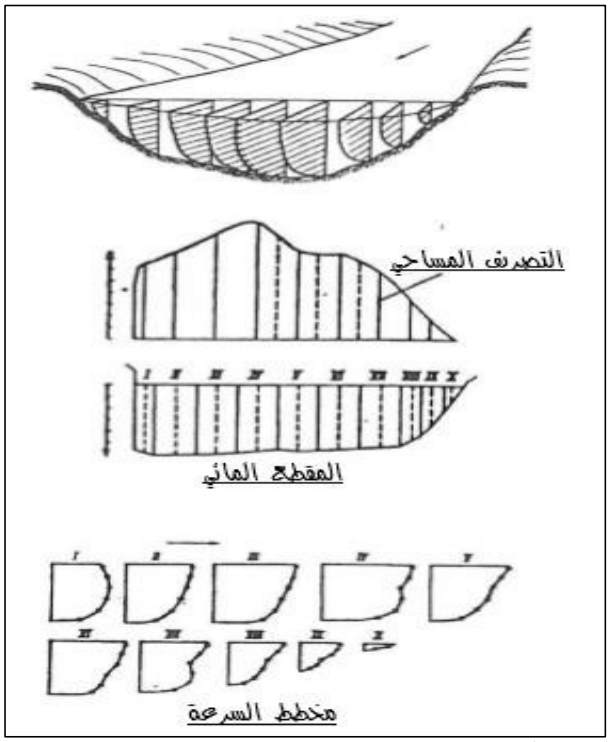
1. نرسم مقطع الجريان بمقياس رسم مناسب.
2. نقسم مقطع الجريان إلى عدة شرائح شاقولية متساوية العرض قدر الإمكان بحيث تعكس تغيرات المقطع.
3. نحسب مساحة كل شريحة Ai. (Ai=hi*bi)
4. نحسب السرعة الوسطية في كل شريحة عن طريق قياس السرعة في عدة نقاط على الشاقول المار من منتصف الشريحة.
5. بعد حساب السرعة الوسطية عند كل شريحة نحدد التصريف المار عبر كل شريحة من العلاقة:

$$Qi=Ai*Vi$$

6. التصريف المار عبر كامل المقطع هو مجموع التصاريف المارة عبر جميع الشرائح.

$$Q = \sum_{i=1}^{n} Qi$$

- **الطريقة البيانية في تقييم قياسات السرعة:**



يتم اللجوء إلى هذه الطريقة في المقاطع غير المنتظمة أو التي تنو فيها النباتات والأعشاب.

تحتاج الطريقة البيانية إلى وقت أطول للحساب ويتم العمل كما يلي :

1. نرسم مقطع الجريان بمقياس مناسب على ورق ميليمتري ونقسمه إلى شرائح ونحسب مساحة هذه الشرائح .
2. بعد قياس السرع في عدة أماكن عند الشاقول المار بمنتصف كل شريحة نرسم منحني توزع السرع لكل شريحة .
3. نحسب مساحة منحني توزن السرع لكل شريحة ونحصل على ما يسمى التصريف المساحي .
4. فوق كل شاقول من المقطع المائي نوقع قيم التصريف المساحي على شكل قطع مستقيمة وذلك باختيار مقياس مناسب، حيث يمكن البدء بتوقيع قيم التصريف المساحي بدءاً من سطح المياه أو من منسوب مقارنة معين .
5. نصل نهايات قيم التصاريف المساحي فنحصل على منحنٍ مغلق , تمثل مساحة هذا المنحني المغلق التصريف المار عبر المقطع المدروس .
   - و يمكن صياغة ذلك رياضياً بالشكل التالي :

$$Q = \int_0^B \int_0^h v(x,y).dxdy$$

حيث B عرض مقطع الجريان، h: ارتفاع الشريحة

ملاحظة : في هذه الطريقة لا يمكن أن نأخذ قياس واحد للسرعة مهما كان العمق في الشريحة، ويجب أخذ 3 قياسات كحد أدنى مهما كان العمق صغيراً .

إذا تم قياس السرع في مقطع مائي وفي عدد كبير من النقاط يمكن رسم ما يدعى خطوط تساوي سرعة الجريان وهي خطوط تصل بين النقاط متساوية السرعة، واستناداً إلى رسم عدد خطوط تساوي سرع الجريان يتم حساب التصريف المار عبر المقطع بالعلاقة التالية :

$$Q = \sum_{i=1}^{n} vi.Ai$$

vi وسطي السرعة بين خطين متجاورين من خطوط تساوي سرع الجريان .

Ai السطح المحصور بين خطين متجاورين من خطوط تساوي سرع الجريان.

تعد هذه الطريقة إحدى الطرائق البيانية وتزداد دقتها بزيادة عدد خطوط تساوي السرع أي بزيادة عدد النقاط التي تقاس عندها السرعة .

- استخدام الأجسام الطافية في قياس التصاريف المائية :

عندما يتعذر قياس السرعة بمساعدة الطاحونة المائية بسبب وجود كمية كبيرة من الطمي مثلاً أو بسبب عدم وضوح مقطع الجريان بشكل تام أو لكي لا يعرض عامل القياس نفسه للخطر في وقت الفيضان، يمكن استخدام الأجسام الطافية من أجل تحديد قيم التصريف بشكل تقريبي. حيث يتم حساب لسرعة الوسطية للجريان بقياس المسافة التي تقطعها الأجسام الطافية خلال زمن معين وإذا عرفت العلاقة بين السرعة الوسطية السطحية والسرع الوسطية لكامل المقطع يمكن تحديد السرعة الوسطية في المقطع كاملاً، وبالتالي تحديد التصريف عبر المقطع المدروس.

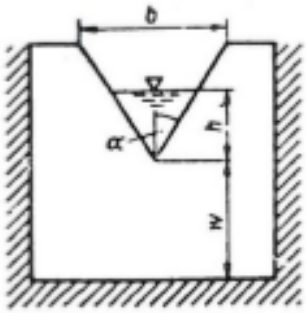
3- استخدام الهدارات في قياس التصاريف المائية :

تستخدم الهدارات في قياس التصاريف المائية في مجرى مائي مكشوف عندما تكون قيم التصاريف صغيرة أو عندما يتعذر استخدام الطاحونة المائية .

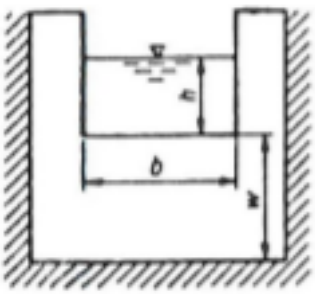
والهدار : هو جسم يوجد على أرض المجرى المائي وتمر المياه من فوقه ، ويكون للهدار عدة أشكال منها الهدار المستطيل مع أو بدون تضيق جانبي، والهدار المثلثي .

لقياس التصريف بواسطة الهدارات يكفي معرفة ارتفاع الماء فوق الهدار، لهذه الغاية يتبع لكل هدار شاخصة لتحديد ارتفاع الماء فوق الهدار كذلك لابد من تحديد قيمة معامل التصريف μ.

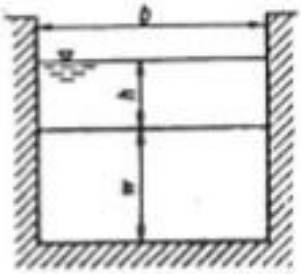
عندما يحمل التيار المائي مواد صلبة لاينصح باستخدام الهدارات لقياس التصاريف بسبب الترسيب الذي يحدث أمام الهدار.



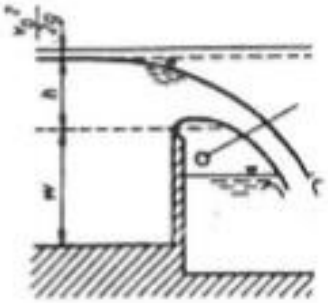
هدار مثلثي



هدار مستطيل مع تضيق



هدار مستطيل رقيق الحافة مع تضيق جانبي



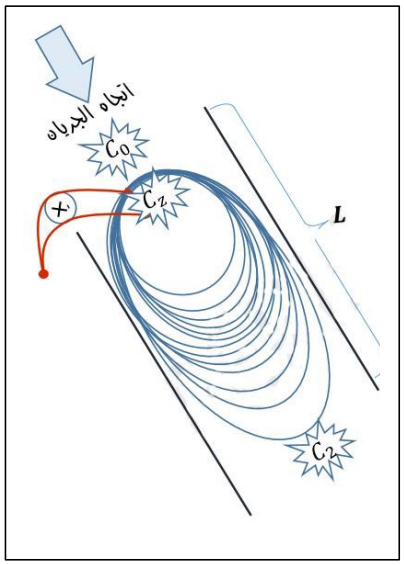
استخدام المحاليل المائية في قياس التصاريف المائية:

تستخدم المحاليل المائية في قياس التصاريف المائية في المجاري المكشوفة عندما:

1-الجريان مضطرب (الجريان الذي يتحرك فيه جزيء الماء بشكل عشوائي)، وهذه الطريقة مناسبة في حالة الجريان المضطرب لأننا بحاجة إلى اختلاط جزيئات الماء.

2- في حالة عدم وضوح مقطع الجريان.

3-عند عدم إمكان استخدام الطاحونة المائية أو الهدار.



بفرض Q هي التصريف عبر مقطع مائي ب m^3/s وبحيث أن التركيز الطبيعي للملح المستخدم كمحلول في هذا المقطع هو(kg/m^3) C_o وإذا كان هذا الملح غير موجود في الطبيعة عندها نعوض $C_o = 0$ عند المقطع السابق. وبإضافة كمية من المحلول الملحي (m^3/s) Q_z بحيث أن التركيز فيه هو (kg/m^3) C_1.

بعد مسافة كافية باتجاه الجريان وعند اختلاط المحلول الملحي بالماء بشكل جيد هذه المسافة تدعى طول المزج L نقيس نسبة التركيز الملحي ولتكن (kg/m^3) C_1عندها استناداً لمبدأ توازن الكتل للمواد المضافة نكتب:

$$Q*C_o + Q_z * C_1 = (Q + Q_z) * C_z$$

ومنه نحسب التصريف Q من المعادلة التالية:

$$Q = \frac{C_1 - C_2}{C_2 - C_0} * Q_Z \quad m^3/S$$

يعطى طول المزج بالعلاقة:

$$L = \frac{0.13 * N * I^2}{h}$$

حيث

$$N = \frac{0.7 * C + 6}{g}$$

$$I = \frac{A}{hm}$$

حيث:h : العمق الوسطي.

g : الجاذبية الأرضية

hm: العمق الأعظمي

I : العرض الوسطي للمقطع

(ننتبه جيداً للواحدات في الامتحان حيث لا يصحح أي جواب بلا واحدة)

الشروط الواجب توافرها في المحاليل:

1-ثابتة في الضوء

2- غير سامة

3-تسمح بمعايرة دقيقة.

4-غير مكلفة.

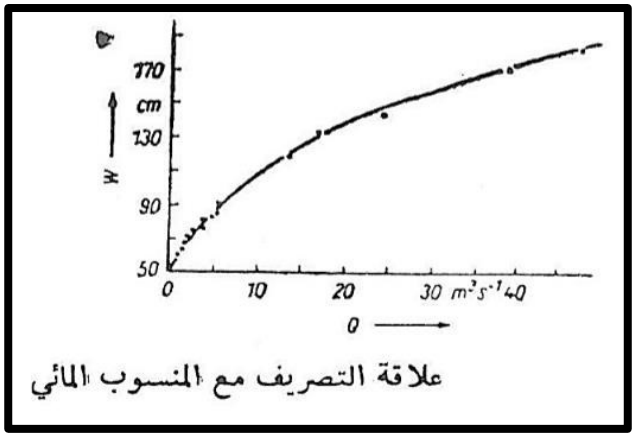
مفتاح التصاريف:

❖ **يعرف بأنه العلاقة التي تربط بين مناسيب المياه والتصاريف في مجرى مائي مكشوف.**

- نعلم أنه من الأسهل أن نقيس المناسيب وإن استطعنا إيجاد علاقة بين التصاريف والمناسيب فبالتالي يمكننا أن نوفر الوقت والجهد والمال الكبير لقياس التصاريف.
- بتوقيع قيم التصاريف على المحور الأفقي ومناسيب المياه على المحور الشاقولي كما هومبين في الشكل الآتي نحصل على منحنٍ يسمى بمنحني مفتاح التصاريف غالباً مايأخذ شكل العلاقة تابعاً أسياً من الشكل الآتي:

$Q = a(w - b)^n$ حيث: Q : تصريف المياه ، (a,n): ثوابت

b : الفرق بين صفر جهاز قياس المنسوب والمستوى الذي تكون لأجله قيمة التصريف معدومة، ونحددها من خلال تمثيل التصريف والمناسيب على محاور إحداثية كما ذكرنا سابقا وتحديد المنسوب الذي تنعدم عنده التصريف .



علاقة التصريف مع المنسوب المائي

ونحاول أن نتأكد من قيمة b من خلال التعويض بقيم Q وw في المعادلة ونرى فيما إذا كانت الأرقام منطقية.

- لتحديد قيم الثوابت في المعادلة نلجأ إلى نظرية التربيعات الصغيرة أو إلى الطريقة البسيطة التالية:
- نحول علاقة Q إلى علاقة خطية بأخذ لوغاريتم الطرفين:

$$logQ = loga + n * \log(W - b)$$

- بأخذ عدة قياسات ل Q و (W-b) وباستخدام طريقة التربيعات الصغرى نستطيع إيجاد الثوابت (A,n)

$$Y=A+n*X$$

حيث A=loga وبالتالي $a=10^A$

- يجب اختبار مفتاح التصاريف بمعدل مرتين أو أربع مرات سنوياً أو بعد حدوث تغيرات مفاجئة (أي بعد مرور فيضانات أو بعد أعمال بناء قرب محطة القياس) أي أن العلاقة المستنتجة لها فترة صلاحية محددة تنتهي عندما يبلغ الفرق بين قيم التصاريف الفعلية والمحسوبة استناداً للعلاقة قيماً كبيرة.
- أيضاً يجب أن يحدد لكل منحن دقة تمثيله لنقاط القياس ، هذه الدقة تعكس الفرق بين القيم القياس والحساب من المنحني أو العلاقة.
- تعطى هذه الدقة عن طريق حساب مربع الأخطاء النسبية الوسطية mQ كما يلي:

$$mQ = \sqrt{\frac{1}{n-1} * \sum_{i=1}^{n} (\frac{Qi - \overline{Qi}}{Qi})}$$

-يجب أن يكون الفرق بين Qi و $\overline{Qi}$ أصغر مايمكن.

حيث :

Qi : التصريف المحسوب

$\overline{Qi}$: التصريف المقاس

n : عدد نقاط القياس.

-تعد قيم mQ غير مقبولة وبالتالي يجب استنتاج مفتاح تصاريف آخر عندما تتجاوز قيمها القيم الحدية التالية:

1- في مجال التصاريف الشحيحة (تصاريف الجفاف) والتي من أجلها يكون Q≥0.5MQ فإن القيمة تبلغ mQ=20%.

2- في مجال التصاريف الوسطية (والتي من أجلها يكون0.5MQ< Q <2MQفإن القيمة تبلغ mQ=5%

3- في مجال تصاريف الفيضانات (والتي من أجلها يكونQ >2MQ فإن القيمة تبلغ mQ=10%

الاختلاف بين قيم الخطأ النسبي المقبول على هذه المجالات يكون لأن:

- في حالة الجفاف تكون حركة الماء بطيئة جداً وبالتالي ممكن أن لا يظهر جهاز قياس السرعة شيء وذلك لأن السرعة المارة لم تتجاوز حساسية الجهاز. وكذلك عند انخفاض منسوب المياه تصل أشعة الشمس إلى القاع ويبدأ ظهور نباتات تسبب مشكلة أخرى لعملية القياس لأنها تدور حول جهاز القياس وتعيق حركته.
- أما بالنسبة للفيضان ففيه ممكن أن نلجأ لطريقة استخدام الأجسام الطافية لقياس التصريف والتي تعد طريقة غير دقيقة ، وكذلك لدينا عائق آخر وهو عدم وضوح مقطع الجريان.

- أما في حالة التصاريف الوسطية فتكون الظروف ملائمة أكثر ولذلك نطلب دقة أكبر من حالة الفيضانات والجفاف.
- تجدر الملاحظة هنا بأنه لا يمكن استخدام مفتاح التصاريف في حالة الجريان غير المستقر والذي يتغير فيه المنسوب أو التصريف أو كلاهما من لحظة لأخرى، حيث أنه عند ورود موجة فيضانية يحصل حت وعند انحسارها يحصل ترسيب بهذا فإنه للمنسوب نفسه قيمة التصريف في حالة الفيضان لاتساوي قيمة التصريف في حالة انحسار الفيضان.

انتهت المحاضرة

مدرس المقرر د. ميس محمد عليان