

محاضرات مادة الهيدرولوجيا والموارد المائية - المرحلة الرابعة

المصادر الرئيسية :

1. *Engineering Hydrology by Subramanya*

2. *Advanced Hydrology by V.T. Chow*

3. *Engineering Hydrology by Linsley*

الفصل الاول

المقدمة

(Introduction)

١.١. الهيدرولوجي Hydrology : هو علم الماء الذي يتعامل مع المياه من حيث تكوينها و دورتها و توزيعها فوق سطح الارض وفي الغلاف الجوي ولكونه أحد فروع علم الارض فهو يتناول بصورة اساسية مياه المحيطات و البحار و الانهار و السقيط بكافة أنواعه (المطر و الثلج و الحبوب) بالاضافة الى المياه الجوفية.

و لكون هذا العلم واسع و متشعب فإنه يتعامل مع علوم أخرى لها علاقة مباشرة بهذا العلم منها علم الانواء الجوية و الجيولوجيا و الاحصاء و الكيمياء و الفيزياء و ميكانيك الموائع ، ويقسم هذا العلم إلى قسمين:

١. الهيدرولوجيا العلمية : الدراسة التي تتعامل تعاملًا رئيسياً مع المواضيع النظرية.

٢. الهيدرولوجيا الهندسية (التطبيقية) : الدراسة التي تتعامل مع المواضيع الهندسية مثل : تقدير الموارد المائية.

دراسة العمليات مثل السقيط و السيج و التبخر الكلي و تداخلاتها.

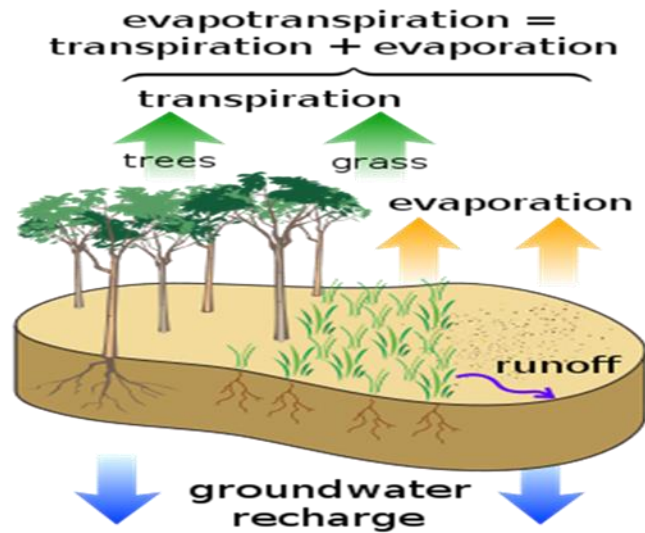
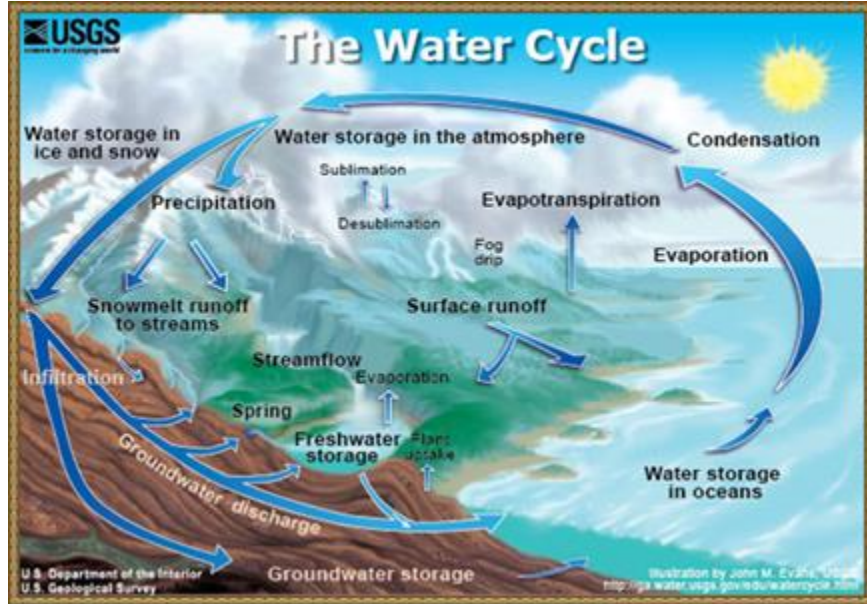
دراسة المشكلات مثل الفيضان و الجفاف و استراتيجيات درئها.

١.٢. الدورة الهيدرولوجية Hydrological Cycle :

حركة الماء بكافة أشكاله (أمطار وثلوج و حالوب) بين سطح الارض إلى الغلاف الجوي و بالعكس نتيجة لتأثيرات مناخية أو لحالة الجو اليومية أو الاعتيادية ، حيث أن الماء يتبخر بفعل حرارة الشمس ثم ينتقل إلى الغلاف الجوي و يتكاثف لينزل مرة أخرى إلى المحيطات و البحار على شكل أمطار أو قد تحمل الرياح الغيوم إلى اليابسة ليسقط على سطح الارض مكوناً المجاري المائية كالانهار و الجداول أو يسقط

جامعة ديالى / كلية الزراعة / قسم علوم التربة والموارد المائية
الهيدرولوجي والموارد المائية / المرحلة الرابعة
أ.م. د. احمد بهجت خلف

على شكل ثلوج أو برد (حالب) وقد يتسرب قسم كبير منه إلى جوف الارض مكوناً ما يسمى بالمياه الجوفية.



١. ٣. مسارات الدورة الهيدرولوجية Hydrological cycle Paths:

جامعة ديالى / كلية الزراعة / قسم علوم التربة والموارد المائية
الهيدرولوجي والموارد المائية / المرحلة الرابعة
أ.م. د. احمد بهجت خلف

- بصورة عامة و مبسطة فإن مسارات الدورة الهيدرولوجية هي :
١. السقيط
 ٢. التبخر
 ٣. المياه الجوفية
 ٤. السيح السطحي
 ٥. الارتشاح
- وإن كل مسار من هذه المسارات يتضمن واحد أو أكثر من المظاهر التالية:
- أ. نقل الماء
 - ب. خزن وقتي للماء
١. ٤. معادلة الموازنة الهيدرولوجية **Hydrological Budget Equation** :

إن مياه الجابية لمساحة معلومة خلال فترة من الزمن (Δt) تكون :

التغير في الخزين = كتلة الخزين الداخل - كتلة الخزين الخارج
 $\Delta S = V_i - V_o$

مثال / جابية مساحتها ١٥ كم^٢ ، إحسب :

١. التغير في حجم الخزين (لفترة سنة) فوق الارض و تحتها لهذه الجابية إذا كان حجم الماء للجريان الداخل $8 * 10^4$ م^٣ و للجريان الخارج $6.5 * 10^4$ م^٣ ؟
٢. إذا كان المعدل السنوي لجريان المجرى المائي هو ١٠٧ م^٣ ، إحسب العمق المكافيء؟
الحل:

$$\Delta S = V_i - V_o \quad .1$$

$$\Delta S = 8 * 10^4 - 6.5 * 10^4 = 1.5 * 10^4 \text{ m}^3$$

$$\text{Average Depth} = 107 / 15 * 106 = 0.667 \text{ m.} = 66.7 \text{ cm} \quad .2$$

١. ٥. التطبيقات الهندسية للهيدرولوجيا **Engineering Applications of Hydrology** :

- إن اكبر تطبيق لعلم الهيدرولوجي هو في تصميم مشاريع الموارد المائية و تشغيلها مثل :
١. الري
 ٢. تجهيز الماء
 ٣. السيطرة على الفيضان
 ٤. الطاقة المائية
 ٥. الملاحة
- وتحتاج التحريات الهيدرولوجية لتقديرات وافية لجميع هذه المشاريع إلى العوامل الضرورية الآتية:
- سعة الخزين في منشآت الخزن مثل الخزانات و السدود (ضرورة معرفة التصريف القصوى لتصميم أي سد أو حاجز مائي).
- كميات و حجوم الجريان في الفيضان لجعله قادراً على التصريف الامين للزيادات في الجريان (تصميم المسيل المائي **Spillway**).
- أقل جريان و كمية الجريان المتوافرة من مصادر مختلفة (لأخذها بنظر الاعتبار و تحديد الاحتياجات المائية في مواسم الجفاف)

جامعة ديالى / كلية الزراعة / قسم علوم التربة والموارد المائية
الهيدرولوجي والموارد المائية / المرحلة الرابعة
أ.م. د. احمد بهجت خلف

التداخلات في موجات الفيضان و المنشآت الهيدروليكية مثل السداد و الجسور و الخزانات و السدود.

١.٦ . عوامل الفشل النموذجية للمنشآت الهيدروليكية :

إن فشل أو نجاح أي مشروع مائي يعتمد على مدى دقة التقديرات الهيدرولوجية و من عوامل الفشل: إنهيار سدود ترابية نتيجة لارتفاع منسوب الماء و عجز في سعة مخارج تصريف المياه الفائضة (المسيل المائي Spillway).

سقوط قناطر و جسور نتيجة الزيادة في جريان الفيضان.

قصور في إمكانية إمتلاء خزانات الماء الكبيرة نتيجة تضخيم الجريان في المجرى المائي (تصميم مقطع جريان أكبر من كمية الماء المتاحة مما يسبب قلة التصريف و سرعة الجريان و عدم تأمين الاحتياج المائي المطلوب).

١.٧ . مصادر المعلومات Sources of Data :

سجلات الطقس : درجة الحرارة و الرطوبة و سرعة الرياح.
معلومات السقيط.

سجلات الجريان في المجاري المائية.

معلومات التبخر.

خصائص الارتشاح في التربة للمساحة المخصصة للدراسة.

خصائص المياه الجوفية.

الخصائص الفيزيائية و الجيولوجية للتربة في المساحة المطلوب دراستها.

مجالات الهيدرولوجيا:

الهيدرولوجيا السطحية : هو دراسة العمليات الهيدرولوجية التي تعمل على أو قرب سطح الأرض.

الهيدرولوجيا الكيميائية: دراسة الخصائص الكيميائية للمياه.

الهيدروجيولوجيا: هو دراسة وجود وحركة المياه الجوفية

Hydroinformatics: هو تطويع تكنولوجيا المعلومات لتطبيقات موارد المياه والهيدرولوجيا

الارصاد الجوية المائية: هو دراسة انتقال وحركة المياه والطاقة بين الارض و سطح المياه و الغلاف الجوي السفلية.

هيدرولوجيا النظائر: هو دراسة نظائر جزئيات المياه.

ادارة أحواض الصرف : ادارة الاحواض مخزون المياه للحماية من الفيضانات

جودة المياه: تشمل كيمياء المياه في البحيرات والانهار من الملوثات والعوالق

تطبيقات الهيدرولوجيا:

تحديد التوزان المائي للمنطقة

تحديد التوزان المائي الزراعي

التنبؤ بالفيضانات والكوارث المائية

تصميم شبكات الري وادارة الانتاج الزراعي

تصميم السدود لإنتاج الطاقة الكهربائية
توفير المياه الصالحة للشرب
تصميم شبكات الصرف الصحي للمناطق الحضرية
تقييم آثار التغيرات البيئية والبشرية على الموارد المائية

الفصل الثاني

السقيط

(*Precipitation*)

- 1.2. السقيط :** هو كل أشكال الماء التي تصل إلى الأرض من الجو و من الأشكال الاعتيادية سقوط المطر و الثلج و البرد و الصقيع و الندى ولكي يتكون السقيط ينبغي توفر الظروف التالية :
- ١ . يجب أن يحتوي الجو على رطوبة .
 - ٢ . يجب أن توجد ذرات كافية تساعد على التكاثر.
 - ٣ . يجب أن تكون الظروف الجوية مناسبة لتكاثر بخار الماء .
 - ٤ . يجب أن يصل ناتج التكاثر إلى الأرض.

2.2 . اشكال السقيط *Forms of Precipitation* :

من الأشكال العامة للسقيط المطر و الثلج و الرذاذ (المطر الخفيف) والصقيع ، ويمثل المطر وصفاً للسقيط بشكل قطرات ماء أكبر من ٠.٥ ملم ويصل أكبر قطر لقطرات المطر إلى ٦ ملم تقريباً و تصنف الامطار إستناداً إلى شدتها إلى:

الشفة المطرية	الصنف
أقل من ٢.٥ ملم / ساعة	مطر خفيف
٢.٥ - ٧.٥ ملم / ساعة	مطر متوسط
أكبر من ٧.٥ ملم / ساعة	مطر كثيف

3.2. كفاية محطات القياس المطرية :

إذا كان هناك عدد سابق من محطات قياس المطر في الجابية فإن العدد الأمثل للمحطات و التي يظهر فيها نسبة مئوية من الخطأ في حسابات معدل سقوط الامطار ممكن إستخراجها بالتحليلات الاحصائية كما يأتي:

$$N = \left(\frac{C_v}{\epsilon} \right)^2 \quad C_v = \frac{100 \times \sigma_{m-1}}{\bar{p}}$$

$$\sigma_{m-1} = \sqrt{\left[\left(\sum_{i=1}^m p_i^2 \right) - \frac{\left(\sum_{i=1}^m p_i \right)^2}{m} \right] / (m-1)}$$

$$\bar{P} = \frac{1}{m} \left(\sum_{i=1}^m p_i \right)$$

N : العدد الامثل للمحطات

C_v : معامل التباير في قيم سقوط المطر في المحطات الموجودة بعدد m (%)

P_i : مقدار السقيط في المحطة i_{th}

m : عدد المحطات

مثال (1) / جابية تحتوي على (6) محطات مقاييس سقوط مطر وفي إحدى السنين كان المطر السنوي المسجل في المقاييس كما يأتي:

المحطة	A	B	C	D	E	F
معدل سقوط المطر (cm)	82.6	102.9	180.3	110.3	98.8	136.7

وبإفترض حصول خطأ 10% في تقدير متوسط المطر ، إحسب العدد الامثل للمحطات في هذه الجابية ؟

الحل /

جامعة ديالى / كلية الزراعة / قسم علوم التربة والموارد المائية
الهيدرولوجي والموارد المائية / المرحلة الرابعة
أ.م. د. احمد بهجت خلف

$$P = 118.6 \quad ; \quad \epsilon = 10\% \quad ; \quad \sigma_{m-1} = 35.04 \quad ; \quad m = 6$$

$$C_v = 100 * 35.04 / 118.6 = 29.54$$

$$N = 8.7 = 9 \text{ stations}$$

إذن نحتاج 3 محطات إضافية

4.2 . تهيئة المعلومات : Preparation of Data

يكون من الضروري قبل إستعمال تسجيلات سقوط المطر في المحطات تدقيق إستمرارية المعلومات و تجانسها أولاً، لأن إنقطاع التسجيلات يمكن أن يكون بسبب التلف أو الخلل الذي يطرأ على الاجهزة خلال فترة من الزمن ، وإن المعلومات المفقودة يمكن حسابها بإستعمال المعلومات من المحطات المجاورة لها. يستعمل سقوط المطر الاعتيادي في هذه الحسابات وهو معدل المطر الساقط في التأريخ المحدد شهراً أو سنة و على مدى (30) سنة.

5.2 . حساب المعلومات المفقودة : Estimating of Missing Data

تحسب المعلومات المفقودة بإحدى الطريقتين التاليتين:

1 . طريقة المعدل الحسابي :

$$P_x = 1/m [P_1 + P_2 + \dots + P_m]$$

m : عدد المحطات

P_x : معدل السقيط المفقود في تلك الفترة

تعتمد هذه الطريقة في حالة إذا كان معدل السقيط الاعتيادي في المحطات المختلفة بحدود 10% من معدل السقيط الاعتيادي في المحطة X . حيث أن P_1 , P_2 , \dots , P_m معدلات السقيط للمحطات المجاورة 1 , 2 , , m على التوالي .

2 . طريقة النسبة الاعتيادية :

$$P_x = N_x / m [P_1 / N_1 + P_2 / N_2 + \dots + P_m / N_m]$$

ملاحظة : تعتمد هذه الطريقة في حالة ($N_m / N_x > 1.1$) أي أن النسبة ليست في حدود 10 %

معدلات السقيط السنوي الاعتيادي (لفترة 30 سنة) N_1, N_2, \dots, N_m

معدل السقيط السنوي الاعتيادي للمحطة المفقودة (لفترة 30 سنة) N_x

مثال (2) / كان معدل سقوط المطر السنوي الاعتيادي في المحطات A و B و C و D في حوض ما هو 80.97 , 67.59 , 76.28 , 92.01 على التوالي وفي عام 1975 لم تعمل المحطة D في حين سجل السقيط السنوي في المحطات A و B و C المقادير 91.11 , 72.23 , 79.89 سم على التوالي , إحسب مقدار السقيط في المحطة D في تلك السنة ؟

الحل /

بما أن قيم سقوط المطر الاعتيادي تختلف بمقدار أكبر من 10 % , عليه تعتمد طريقة النسبة الاعتيادية

$$P_D = 92.01/3 (91.11/80.97 + 72.23/67.59 + 79.89/76.28) = 99.41 \text{ cm.}$$

6.2. فحص تجانس السجلات Test for Consistency of Records

جامعة ديالى / كلية الزراعة / قسم علوم التربة والموارد المائية
الهيدرولوجي والموارد المائية / المرحلة الرابعة
أ.م. د. احمد بهجت خلف

إذا تعرضت الظروف المتعلقة بتسجيل محطة سقوط المطر خلال فترة الرصد إلى تغييرات مهمة , فإن التناقض في معلومات سقوط المطر سوف يظهر في تلك المحطة , وهذا التناقض سيبدو جلياً ابتداءً من فترة حصول التغير المهم , ومن الأسباب الشائعة لهذا التناقض :

- 1 . إنتقال محطة القياس المطرية إلى موقع جديد.
- 2 . المحطات المجاورة جرى فيها تغيير ملحوظ.
- 3 . تغيير في طبيعة المنطقة بسبب الكوارث مثل حرائق الغابات والزلازل.
- 4 . حدوث خطأ في القراءات في تأريخ محدد.

حيث يتم تدقيق التناقض في التسجيل بطريقة المنحني التراكمي المزدوج Double Mass Curve Technique :

أ. يحسب السقيط المتراكم للمحطة X أي (ΣP_x) و القيم المتراكمة لمعدل مجموعة المحطات الاساسية (ΣP_{av}) بدءاً من آخر تسجيل.

ب. ترسم قيم (ΣP_x) مقابل (ΣP_{av})

يشير الانكسار المقرر في ميل المنحني إلى التغيير في نظام السقيط للمحطة X و تعدل قيم السقيط للمحطة X خارج فترة النظام بإستعمال العلاقة :

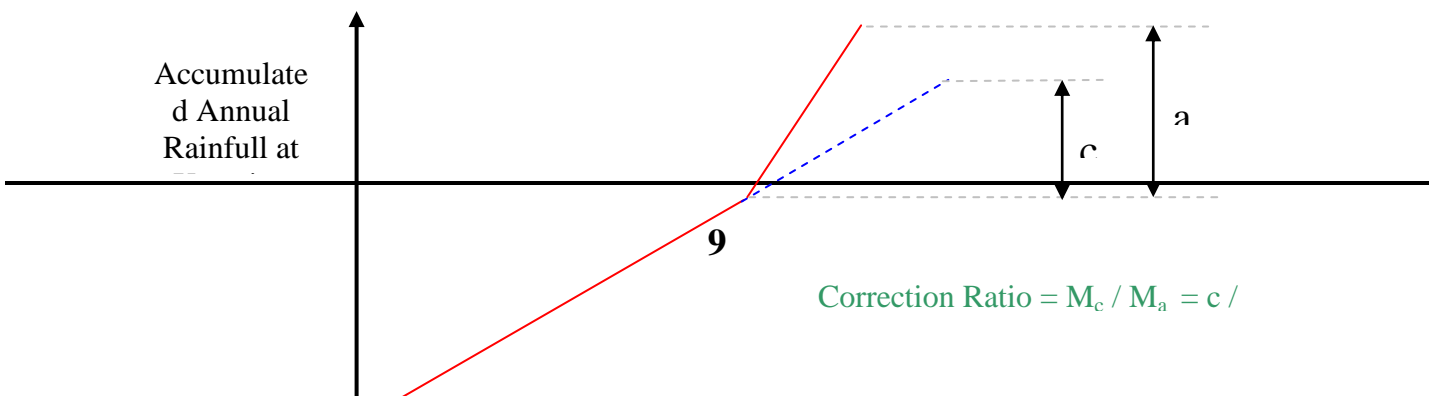
$$P_{cx} = P_x * M_c / M_a$$

P_x : السقيط المسجل الاصيلي في فترة t_1 في المحطة X

P_{cx} : السقيط المصحح في أي فترة t_1 في المحطة X

M_a : الميل الأصلي للمنحني التراكمي المزدوج

M_c : الميل المصحح للمنحني التراكمي المزدوج



جامعة ديالى / كلية الزراعة / قسم علوم التربة والموارد المائية
 الهيدرولوجي والموارد المائية / المرحلة الرابعة
 أ.م. د. احمد بهجت خلف

مثال (3) / إفحص تجانس السجلات للمعلومات المطرية المبينة للمحطة D مع المحطات الأخرى ، ثم صحح المعلومات باستخدام طريقة المنحني التراكمي المزدوج للفترة المحصورة بين شهر آيار 1996 و شهر نيسان 1997.

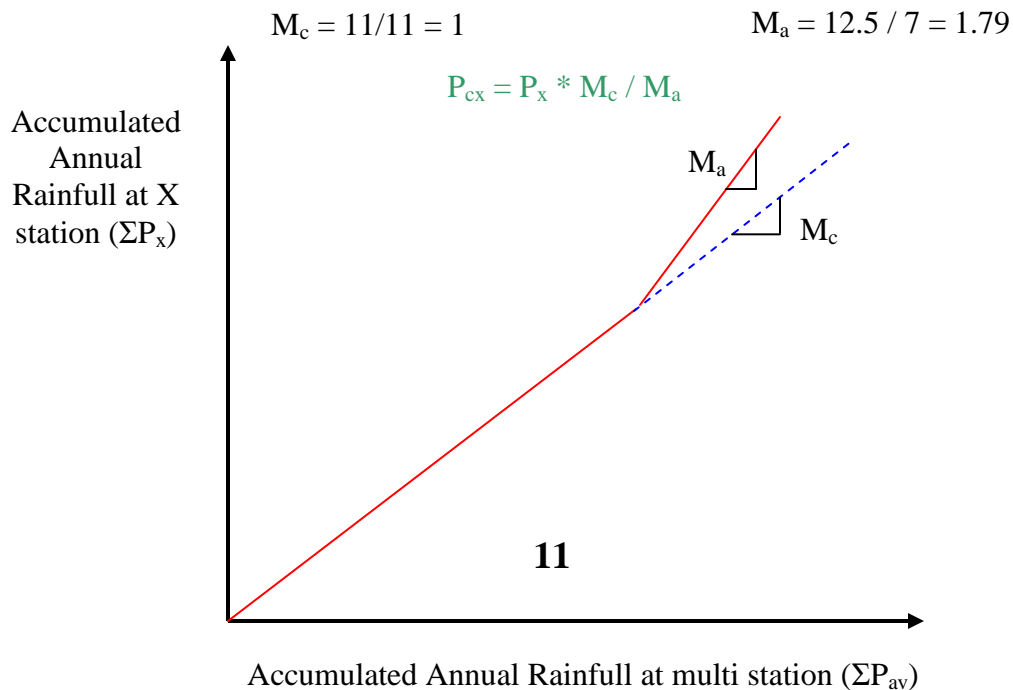
الشهر	المحطة A	المحطة B	المحطة C	المحطة D
آيار 1996	٧٩.٧	٧٧.٢	٧٨.٤	١٤٠.١٥
حزيران 1996	٦٩.٤	٦٦.٥	٦٧.٩	١٢٥.٢
تموز 1996	٦٥.٣	٦١.٣	٦٠	١٢٣
آب 1996	٧١.٧	٦٨.١	٦٢.٣	١١٦.٩
أيلول 1996	٨٣	٨٠.١	٨١.٨	١٥٥.١
تشرين أول 1996	٨٢.٧	٨٥.٦	٨٧.٣	١٦٨.١
تشرين ثاني 1996	٨٩.٤	٩٠.١	٨٩.٩	٨٨.٦
كانون أول ١٩٩٦	٩١.٥	٩٣.٧	٩٤.٧	٩٣.٧
كانون ثاني ١٩٩٧	٩٢.٤	٩١.٥	٩٢.٨	٩٣.٥
شباط ١٩٩٧	٩٠.١	٩٠.٣	٨٩.٩	٩٠.٢
آذار ١٩٩٧	٨٢.٣	٨٣.٦	٨٤.٩	٨٣.٥
نيسان ١٩٩٧	٨٠.٧	٨٣.٤	٨٧.١	٨٢.٤

جامعة ديالى / كلية الزراعة / قسم علوم التربة والموارد المائية
الهيدرولوجي والموارد المائية / المرحلة الرابعة
أ.م. د. احمد بهجت خلف

/ الحل

P_{cx}	ΣP_x	ΣP_{av}	P_{av}	الشهر
82.4	82.4	٨٣.٧٣	٨٣.٧٣	نيسان ١٩٩٧
83.5	165.9	١٦٧.٣٣	٨٣.٦	آذار ١٩٩٧
90.2	256.1	٢٥٧.٤٣	٩٠.١	شباط ١٩٩٧
93.5	349.6	٣٤٩.٦٦	٩٢.٢٣	كانون ثاني ١٩٩٧
93.7	443.3	٤٤٢.٩٦	٩٣.٣	كانون أول ١٩٩٦
88.6	531.9	٥٣٢.٧٦	٨٩.٨	تشرين ثاني 1996
94.14	700	٦١٧.٩٦	٨٥.٢	تشرين أول 1996
86.86	855.1	٦٩٩.٥٩	٨١.٦٣	أيلول 1996
65.46	972	٧٦٦.٩٦	٦٧.٣٧	آب 1996
68.88	1095	٨٢٩.١٦	٦٢.٢	تموز 1996
70.11	1220.2	٨٩٧.٠٩	٦٧.٩٣	حزيران 1996
78.48	1360.35	٩٧٥.٥٢	٧٨.٤٣	آيار 1996

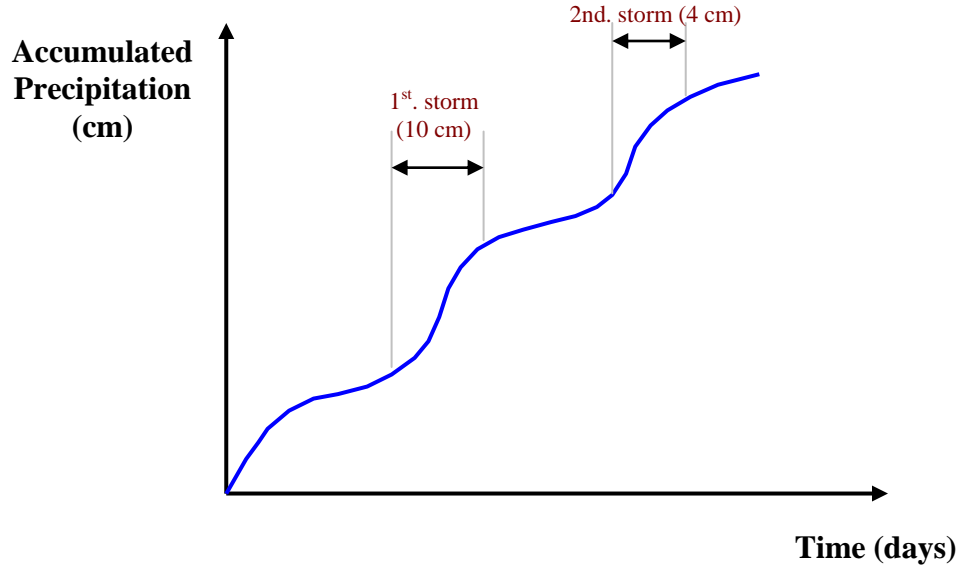
حدث التغيير في النظام في تشرين أول 1996



2 . 7 . طرق عرض البيانات المطرية Rainfall Data-show Methods :

1 . المنحني التراكمي للمطر Accumulated Rainfall Curve :

عبارة عن رسم السقيط المتراكم مقابل الزمن ويرسم حسب التسلسل الزمني عادةً ، كما في الشكل :



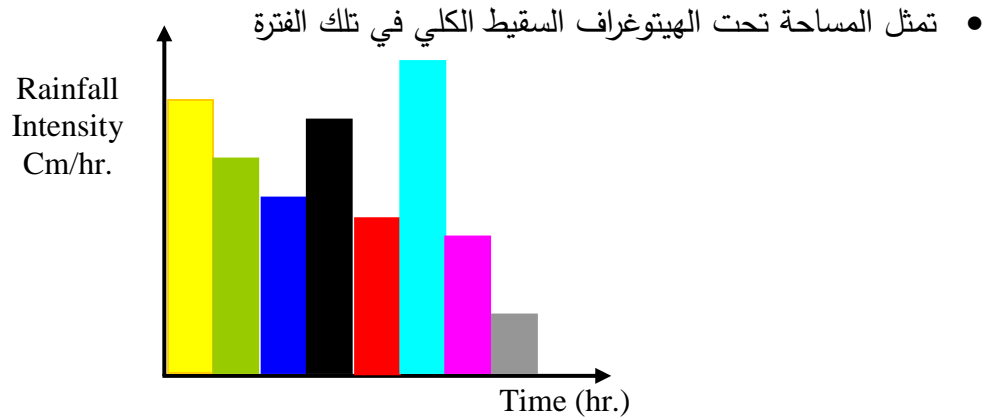
يعطي المنحني التراكمي معلومات عن : 1 . مقدار الزخة المطرية (cm) 2 . إستدامتها بالأيام
3 . شدة المطر في مختلف الفترات الزمنية من معرفة إنحدار المنحني (cm/hr.)

2 . الهيتوغراف (مخطط المطر) Hyetograph : عبارة عن رسم شدة المطر مقابل الزمن ، والهيتوغراف

مشتق من المنحني التراكمي و يعرض على شكل خطوط عمودية (Bar Chart).

يعد الهيتوغراف طريقة مناسبة :

- عرض خصائص الزخة المطرية (مثلاً أول ٨ ساعات الشدة المطرية ١٠ سم / ساعة)
- التنبؤ عن الفيضانات العالية



٨.٢ . معدل السقيط فوق مساحة : Average Precipitation over Area

يتم حساب السقيط فوق مساحة معينة بإحدى الطرق الآتية :

١ . طريقة المعدل الحسابي Arithmetic Mean Method :

$$\bar{P} = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_i + \dots + P_n}{N} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N P_i$$

حيث أن P_1 و P_2 و \dots و P_i و \dots و P_n هي قيم سقوط المطر في فترة معينة
 N : عدد المحطات

عملياً، فإن استخدام هذه الطريقة قليل جداً لعدم مقاربتة نتائجها مع الواقع.

2 . طريقة معدل ثيسن Thiessen Average Method :

$$\bar{P} = \frac{P_1 A_1 + P_2 A_2 + \dots + P_n A_n}{(A_1 + A_2 + \dots + A_n)} = \frac{\sum_{i=1}^M P_i A_i}{A} = \sum_{i=1}^M P_i \frac{A_i}{A}$$

جامعة ديالى / كلية الزراعة / قسم علوم التربة والموارد المائية
الهيدرولوجي والموارد المائية / المرحلة الرابعة
أ.م. د.احمد بهجت خلف

تفضل طريقة ثيسن على طريقة المعدل الحسابي لأنها تعطي بعض الوزن لمختلف المحطات و بشكل منطقي و فضلاً عن ذلك فإن محطات القياس خارج الجابية يمكن الإستفادة منها بصورة مؤثرة.

٣ . طريقة خطوط تساوي المطر Isohyetal Line Method

خط تساوي المطر عبارة عن خط يربط نقاط متساوية في مقدار المطر.

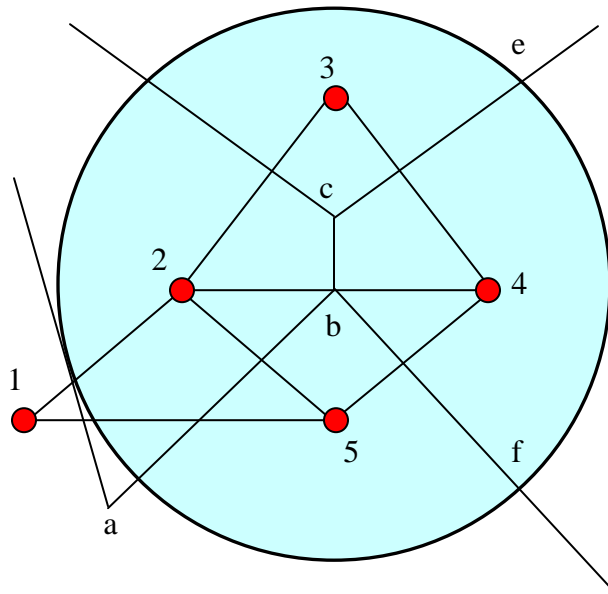
$$\bar{P} = \frac{a_1 \left(\frac{P_1 + P_2}{2} \right) + a_2 \left(\frac{P_2 + P_3}{2} \right) + \dots + a_n \left(\frac{P_{n-1} + P_n}{2} \right)}{A}$$

a_1 و a_2 و a_3 و a_n المساحات الداخلية المحصورة بين خطوط تساوي المطر.

تفضل هذه الطريقة على الطريقتين الأخرين خاصة عندما يكون هناك أعداد كبيرة من محطات مقاييس المطر.

مثال (٤) / جابية مساحتها تساوي مساحة دائرة قطرها 100 كم تقريباً، تحتوي على محطات قياس المطر داخلها وعلى محطة واحدة خارجية، فإذا كانت إحداثيات مركز الجابية و المحطات الخمس هي كما مدرج أدناه وأن السقوط السنوي للمحطات الخمس لعام 1980 معلومة، إحسب معدل السقوط السنوي بطريقة ثيسن؟

المحطة	المركز	١	٢	٣	٤	٥
الإحداثيات	(100,100)	(30,80)	(70,100)	(100,140)	(130,100)	(100,70)
السقوط (سم)	-	٨٥	١٣٥.٢	٩٥.٣	١٤٦.٤	١٠٢.٢



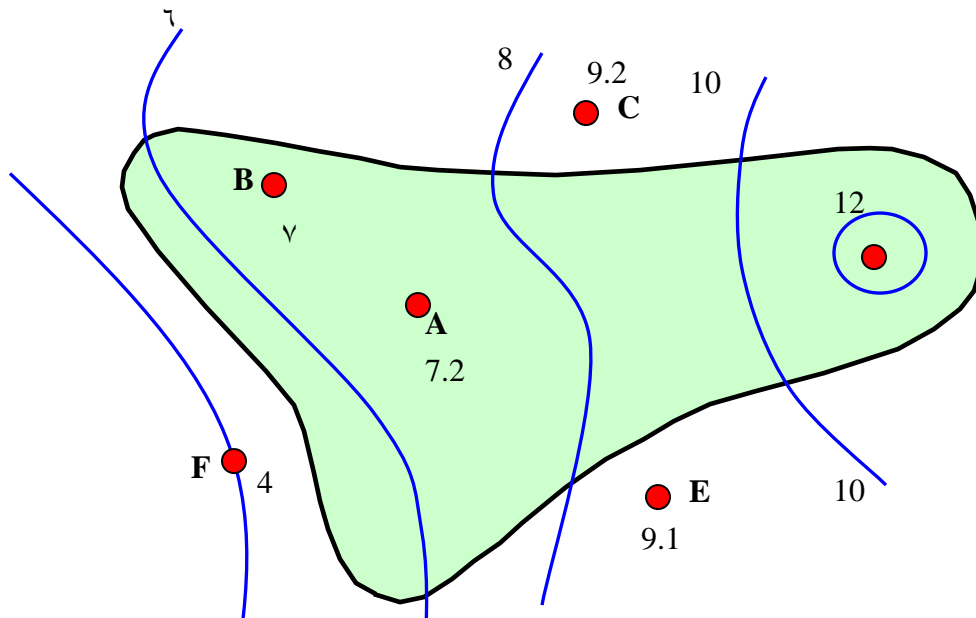
الحل /

جامعة ديالى / كلية الزراعة / قسم علوم التربة والموارد المائية
 الهيدرولوجي والموارد المائية / المرحلة الرابعة
 أ.م. د. احمد بهجت خلف

Station	Boundary of Area	Area (Km ²)	Fraction of Total Area	Rainfall	Weighted P (cm)
١	-	-	-	٨٥	-
٢	Abcd	٢١٤١	٠.٢٧٢٦	١٣٥.٢	٣٦.٨٦
٣	Dce	١٦٠.٩	٠.٢٠٤٩	٩٥.٣	١٩.٥٣
٤	Ecbf	٢١٤١	٠.٢٧٢٦	١٤٦.٤	٣٩.٩١
٥	fba	١٩٦٣	٠.٢٤٩٩	١٠٢.٢	٢٥.٥٤
Total		7854	1.0000		121.84

Mean Precipitation = 121.84 cm

مثال (٥) / إحصاء معدل السقوط نتيجة للمطر علماً أن الخطوط الكنتورية المطرية لمساحة الجابية موضحة في الشكل أدناه، والمساحة المحيطة بالخطوط المطرية مدرجة بالجدول أدناه:



جامعة ديالى / كلية الزراعة / قسم علوم التربة والموارد المائية
الهيدرولوجي والموارد المائية / المرحلة الرابعة
أ.م. د. احمد بهجت خلف

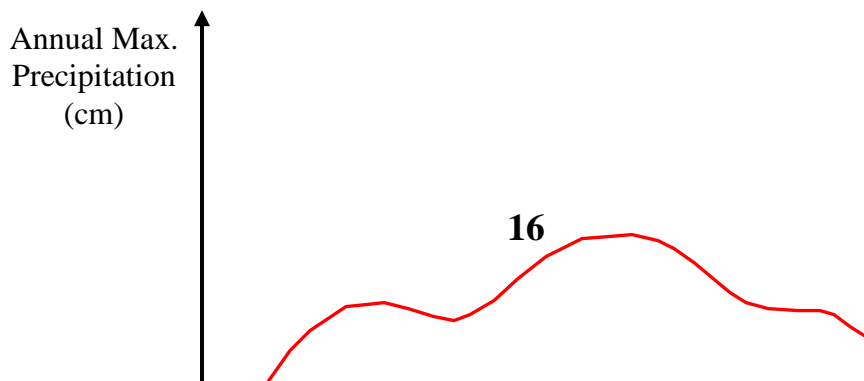
الحل /

العمود ٥ = العمود ٢ * العمود ٤	Fraction of Area % (٤)	Area (Km ²) (٣)	٢	١
٠.٨	٠.٠٦٦٧	٣٠	١٢	١٢
٣.٤٢٢	٠.٣١١١	١٤٠	١١	١٢ - ١٠
١.٦	٠.١٧٧٨	٨٠	٩	١٠ - ٨
٢.٨	٠.٤٠٠٠	١٨٠	٧	٨ - ٦
٠.٢٢٢	٠.٠٤٤٤	٢٠	٥	٦ - ٤
8.84 cm		450		

٩.٢ . تردد سقوط المطر الموقعي :

في كثير من تطبيقات الهندسة الهيدروليكية مثل الفيضانات ، يكون من الضروري معرفة احتمال سقوط عاصفة مطرية شديدة كأن تكون أقصى عاصفة إستدامتها 24 ساعة وإن مثل هذه المعلومات يمكن الحصول عليها من تحليل تردد البيانات الخاصة بالمطر الموقعي .

حيث ترسم العلاقة بين القيم القصوى السنوية للعاصفة المطرية بإستدامة (24) ساعة مثلاً إلى الزمن بالسنة حيث يعرف المنحني الناتج بالسلاسل السنوية للعاصفة المطرية .



جامعة ديالى / كلية الزراعة / قسم علوم التربة والموارد المائية
الهيدرولوجي والموارد المائية / المرحلة الرابعة
أ.م. د. احمد بهجت خلف

إن احتمال حصول حادثة ما في هذه السلسلة يقع دراستها بتحليل التردد لبيانات هذه السلسلة السنوية و بالطرق الإحصائية المعروفة، إذ أن احتمال حصول حادثة ما (عاصفة مطرية) مقدارها يساوي أو يتجاوز قيمة معينة X يرمز لها بالرمز P وعليه تكون فترة التكرار recurrence interval (فترة العودة) :

$$T = 1/P \dots\dots\dots(1)$$

مثلاً، إذا افترض أن فترة العاصفة المطرية التي تصل (20) سم في (24) ساعة تساوي (10) سنوات عند محطة معينة A فإن هذا يعني أن معدل مقادير المطر تساوي أو تتجاوز (20) سم في (24) ساعة تحدث مرة واحدة كل (10) سنوات أو (10) مرات كل (100) سنة وهذا لايعني بالتحديد حصولها كل (10) سنوات و عليه فإن احتمال حصول العاصفة المطرية أعلاه في أي سنة في محطة A هو :

$$P = 1/T \dots\dots\dots (2)$$

عدم احتمال حصول الحادثة P هو :

$$q = 1-P \dots\dots\dots (3)$$

- احتمال حصول الحادثة r في n من السنين المتعاقبة هو:

$$P_{r,n} = \frac{n!}{(n-r)!r!} P^r q^{(n-r)} \dots\dots\dots (4)$$

وعلى سبيل المثال :

أ. إن احتمال حصول حادثة ذات احتمالية تجاوز P و تحصل مرتين في n من السنين المتعاقبة هي:

$$P_{r,n} = \frac{n!}{(n-2)!2!} P^2 q^{(n-2)} \dots\dots\dots(4-a)$$

ب. إن احتمال عدم حصول الحادثة في كل من n من السنوات المتعاقبة هي :

جامعة ديالى / كلية الزراعة / قسم علوم التربة والموارد المائية
الهيدرولوجي والموارد المائية / المرحلة الرابعة
أ.م. د. احمد بهجت خلف

$$P_{0,n} = q^n = (1-P)^n \dots\dots\dots(4-b)$$

ج. إن إحتمال حصول الحادثة مرة واحدة على الأقل في n من السنوات هي :

$$P_1 = 1 - q^n = 1 - (1-P)^n \dots\dots\dots(4-c)$$

مثال (٦) / التحليلات لأقصى عمق سقوط مطر ليوم واحد في منطقة معينة بينت أن العمق ٢٨٠ ملم له فترة عودة لكل ٥٠ سنة، إحسب الإحتمالية بحدوث عمق سقوط مطر ليوم واحد مساوٍ أو يزيد على ٢٨٠ ملم :

أ. مرة في ٢٠ سنة متوالية
ب. مرتين في ١٥ سنة متوالية
ج. مرة واحدة على الأقل في ٢٠ سنة متعاقبة
الحل /

أ.

$$n = 20 , \quad r = 1 , \quad T = 50 , \quad P = 1/50 = 0.02$$

$$P_{1,20} = (20 !)/(19! * 1!) * 0.02 * (0.98)^{19} = 0.272$$

ب.

$$n = 15 , \quad r = 2$$

$$P_{2,15} = (15!)/(13!*2!)*(0,02)^2 * (0.98)^{13} = 0.0323$$

ج.

$$P_1 = 1 - (0.98)^{20} = 0.332$$

٢. 10. صيغة تعيين المواقع Plotting Position Criteria :

الهدف من تحليلات التردد لسلسلة سنوية هو إستخراج العلاقة بين مقدار الحادثة و إحتمايتها المتجاوزة، و هذه التحليلات يمكن عملها إما بطريقة تجريبية (إختبارية) أو نظرية تحليلية.

إن إحدى التقنيات البسيطة هي أن تنظم السلسلة السنوية القصوى بصيغة تنازلية أو تصاعدية يعطى له تسلسل m (أي أن المدخل الأول m = ١ والثاني m = ٢ و هكذا إلى آخر حادثة والتي فيها m = N عدد سنوات التسجيل).

الإحتمالية P للحادثة مساوية أو تزيد أعطيت بقانون ويبيل (Weibull Formula)

جامعة ديالى / كلية الزراعة / قسم علوم التربة والموارد المائية
الهيدرولوجي والموارد المائية / المرحلة الرابعة
أ.م. د. احمد بهجت خلف

$$P = m / (N+1) \quad \text{and} \quad T = 1 / P$$

مثال (٦) / للمحطة A السجلات السنوية لأقصى سقوط مطر ل - ٢٤ ساعة كما أعطيت أدناه:

أ. إحسب أقصى سقوط مطر ل - ٢٤ ساعة مع فترات عودة ١٣ و ٥٠ سنة

ب. ماهي الإحتمالية لسقوط المطر بمقدار يساوي أو يتجاوز ١٠ سم يحدث في ٢٤ ساعة في المحطة A .

Year	٥٠	٥١	٥٢	٥٣	٥٤	٥٥	٥٦	٥٧	٥٨	٥٩	٦٠
Rainfall (cm)	١٣	١٢	٧.٦	١٤.٣	١٦	٩.٦	٨	١٢.٥	١١.٢	٨.٩	٨.٩
Year	٦١	٦٢	٦٣	٦٤	٦٥	٦٦	٦٧	٦٨	٦٩	٧٠	٧١
Rainfall (cm)	٧.٨	٩	١٠.٢	٨.٥	٧.٥	٦	٨.٤	١٠.٨	١٠.٦	٨.٣	٩.٥

الحل /

m	Rainfall (cm)	P= m/(N+1)	T=1/P	m	Rainfall (cm)	P= m/(N+1)	T=1/P
1	16	0.043	23.26	12	9	0.522	1.92
2	14.3	0.087	11.5	13	8.9	-	-
3	13	0.13	7.67	14	8.9	0.609	1.64
4	12.5	0.174	5.75	15	8.5	0.652	1.53
5	12	0.217	4.6	16	8.4	0.696	1.44
6	11.2	0.261	3.83	17	8.3	0.739	1.35
7	10.8	0.304	3.29	18	8	0.783	1.28
8	10.6	0.348	2.88	19	7.8	0.826	1.21
9	10.2	0.391	2.56	20	7.6	0.87	1.15
10	9.6	0.435	2.3	21	7.5	0.913	1.1
11	9.5	0.478	2.09	22	6	0.957	1.05

من المنحني (محور Y مقياس إعتيادي (Rainfall) و محور X (Return Period (T) مقياس لوغاريتمي) :
أ.

فترة العودة (سنة)	مقدار سقوط المطر (سم)
١٣	١٤.٥٥
٥٠	18

ب. سقوط مطر = ١٠ سم ، من المنحني قيمة $T = ٢.٤$ سنة

$$P = 0.41٧$$

الفصل الثالث

السحوبات من السقيط

(Abstraction from Precipitation)

3. 1. عملية التبخر Evaporation :

هي العملية التي يتحول فيها السائل إلى الحالة الغازية عند السطح الحر قبل نقطة الغليان و خلال إنتقال الطاقة الحرارية، وإن صافي جزيئات الماء المتحولة من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية تكون التبخر. إذن فالتبخر هو عملية تبريد بشرط أن الحرارة الكامنة للتبخر (تقريباً 585 سعرة / غم للماء المتبخر) يجب أن تزود من كتلة الماء.

إن معدل التبخر يعتمد على :

1. ضغط البخار على سطح الماء و الهواء الذي فوقه.

2. درجات حرارة الماء و الهواء.

3. سرعة الرياح.

4. الضغط الجوي.

5. نوعية الماء.

6. حجم الكتلة المائية.

1. **الضغط البخاري Vapor Pressure** : يتناسب معدل التبخر مع الفرق بين ضغط البخار المشبع عند درجة حرارة

الماء e_w و ضغط البخار الحقيقي في الهواء e_a

$$E_L = C(e_w - e_a) \quad (\text{معادلة دالتون للتبخر})$$

وحداتها بالملم زئبق e_w, e_a , ثابت C , معدل التبخر (ملم/يوم) : E_L

حيث يستمر التبخر لحين وصول $e_a = e_w$ ، أما عندما تكون $e_w < e_a$ يحدث التكاثف.

2. **درجة الحرارة Temperature** : تزداد سرعة التبخر مع زيادة درجة الحرارة عند بقاء بقية العوامل ثابتة.

3. **الرياح Wind** : الرياح تساعد في رفع بخار الماء من منطقة التبخر ومن ثم تخلق مدى أكبر للتبخر فإذا كانت سرعة

الرياح كبيرة زادت معدلات التبخر لحد السرعة الحرجة والتي بعدها لا يكون لزيادة الرياح تأثير على سرعة التبخر.

جامعة ديالى / كلية الزراعة / قسم علوم التربة والموارد المائية
الهيدرولوجي والموارد المائية / المرحلة الرابعة
أ.م. د. احمد بهجت خلف

٤ . **الضغط الجوي Atmospheric Pressure** : إذا كانت بقية العوامل ثابتة فإن الإنخفاض في الضغط البارومتري عند المرتفعات العالية يزيد من التبخر .

٥ . **الأملاح الذائبة Soluble Salts** : عند إذابة الملح في الماء فإن الضغط البخاري للمحلول يكون أقل مما هو عليه في حالة الماء النقي ولذا يقلل من معدله في تبخر الماء .

٣.٢. مقاييس التبخر Evaporimeter

يجري قياس مقدار الماء المتبخر من سطح الماء بالطرق الآتية :

١ . استخدام بيانات قياس التبخر

٢ . معادلات التبخر التجريبية

٣ . الطرق التحليلية

٣.٣. محطات قياس التبخر Evaporation Measurement Stations

توصي منظمة WMO أن يكون الحد الأدنى من توزيع محطات قياس التبخر كما يأتي:

١ . المناطق الجافة : محطة واحدة لكل ٣٠٠٠٠ كم^٢ .

٢ . المناطق المعتدلة - الرطبة : محطة واحدة لكل ٥٠٠٠٠ كم^٢ .

٣ . المناطق الباردة : محطة واحدة لكل ١٠٠٠٠٠ كم^٢ .

٣.٤. معادلات التبخر التجريبية Empirical Evaporation Eqs.

تتوافر عدة من المعادلات التجريبية الموضوعية لحساب كمية التبخر باستخدام بيانات الأنواء الجوية المتوفرة، و معظم هذه المعادلات تستند على معادلة دالتون و التي يعبر عنها بالشكل العام الآتي:

$$E_L = k f(u) (e_w - e_a)$$

حيث k : معامل ، f(u) : دالة تصحيح لسرعة الرياح

٣. ٤. ١. معادلة ماير Meyer Eq. :

$$E_L = k_m (e_w - e_a) (1 + U_9/16)$$

المتوسط الشهري لسرعة الرياح (كم/ساعة) عند إرتفاع ٩ متر فوق الأرض : U_9
 معامل تتراوح قيمته بين (٠.٣٦ للبحيرات الكبيرة و ٠.٥ للبحيرات الضحلة الصغيرة) : K_m

٣. ٤. ٢. معادلة روهور Rohwer Eq. :

$$E_L = 0.771 (1.465 - 0.000732 P_a) (0.44 + 0.0733 V_o) (e_w - e_a)$$

معدل قراءة الباروميتر (ملم زئبق) : P_a
 معدل سرعة الرياح (كم/ساعة) عند مستوى الارض والتي يمكن إعتبارها نفس السرعة على إرتفاع ٠.٦ متر : V_o
 فوق الأرض
 ملاحظة / تستخرج قيم e_w من جدول (٣ - ٣) ص ١٠٣ في الكتاب المنهجي.
 كما تستخرج سرعة الرياح على أي إرتفاع (U_h) بمعلومية أي سرعة رياح (U) و حسب المعادلة التالية:

$$U_h = U (h)^{1/7}$$

مثال (١) / بحيرة ماء مساحتها السطحية ٢٥٠ هكتاراً تمتلك معدلات القيم الآتية خلال إسبوع، درجة الحرارة = ٢٠° م الرطوبة النسبية = ٤٠ % ، سرعة الرياح على إرتفاع ١ م فوق الأرض = ١٦ كم/ساعة ، إحسب المعدل اليومي للتبخر من البحيرة و حجم الماء المتبخر خلال ذلك الإسبوع ؟

الحل / من الجدول (٣-٣) : $e_w = 17.54$ ملم زئبق

$$e_a = 0.4 * 17.54 = 7.02 \text{ mmHg}$$

جامعة ديالى / كلية الزراعة / قسم علوم التربة والموارد المائية
الهيدرولوجي والموارد المائية / المرحلة الرابعة
أ.م. د. احمد بهجت خلف

$$U_9 = U_1 * (9)^{1/7} = 16 * (9)^{1/7} = 21.9 \text{ km/hr.}$$

باستخدام معادلة ماير :

$$E_L = 0.36 (17.54 - 7.02) (1 + 21.9/16) = 8.97 \text{ mm/day}$$

إذن حجم الماء المتبخر في ٧ أيام (م^٣) هو :

$$7 * (8.97/1000) * 250 * 10^{-4} = 157000 \text{ m}^3$$

3. ٥. الطرق التحليلية لتقدير التبخر Analytical methods for estimating Evaporation

تصنف الطرق التحليلية لتقدير تبخر البحيرات إلى ثلاثة فئات :

١. طريقة الموازنة المائية

٢. طريقة موازنة الطاقة

٣. طريقة إنتقال الكتلة

١. طريقة الموازنة المائية Water Budget Method

$$P + V_{ig} + V_{is} = V_{og} + V_{os} + E_L + \Delta S + T_L$$

$$\text{Or : } E_L = P + (V_{is} - V_{so}) + (V_{ig} - v_{og}) - T_L - \Delta S$$

P : السقيط اليومي ، V_{ig} : جريان المياه الجوفية اليومي ، V_{og} : جريان التسرب الخارج (Seepage)

V_{is} : الجريان السطحي الداخل إلى البحيرة (التصريف اليومي) ، E_L : التبخر اليومي للبحيرة

V_{os} : الجريان السطحي اليومي الخارج من البحيرة ، T_L : فقدان النتج اليومي

ΔS : الزيادة في خزين البحيرة اليومي

جامعة ديالى / كلية الزراعة / قسم علوم التربة والموارد المائية
الهيدرولوجي والموارد المائية / المرحلة الرابعة
أ.م. د. احمد بهجت خلف

ملاحظة / إن جميع الكميات هي بوحدة حجوم (m³) أو بوحدات عمق (ملم) فوق مساحة معلومة.

3. 6. معادلات التبخر الكلي. Evapotranspiration Eqs.

3. 6. 1. معادلة بنمان :Penman Equation

$$PET = \frac{AH_n + E_a Y}{A + Y}$$

PET : التبخر الكلي الكامن اليومي (mm/day)

A : إنحدار منحنى ضغط البخار المشبع مقابل درجة الحرارة (mmHg/C⁰) يستخرج من جدول (3-3) ص 103

Y : ثابت مقياس رطوبة الهواء = 0.49 (mmHg/C⁰)

H_n : صافي الإشعاع (ملم) من مقدار الماء المتبخر لكل يوم

E_a : معيار يشمل سرعة الرياح و العجز في الإشباع

$$H_n = H_a(1-r) (a+b(n/N)) - \sigma T_a^4 (0.56 - 0.092 \sqrt{e_a}) (0.1 + 0.9 (n/N))$$

$$a = 0.29 \cos \Phi$$

H_a : أشعة الشمس الساقطة خارج الجو فوق السطح الأفقي (mm/day) (جدول (3-4) ص 104)

r : معامل الإنكسار = 0.25

b = 0.52 ، n = فترة إستدامة إضاءة الشمس الحقيقية (بالساعات)

N = أقصى عدد ساعات الإضاءة لضوء الشمس المتوقعة من جدول (3-5) ص 104

σ = معامل ستيفن - بولتزمان = 2 * 10⁻⁹ ملم / يوم

$$C^0 + 273 = T_a$$

$$E_a = 0.35 (1 + (U_2 / 160)) (e_w - e_a)$$

U₂ : معدل سرعة الرياح على إرتفاع 2 متر فوق الأرض (كم/يوم)

جامعة ديالى / كلية الزراعة / قسم علوم التربة والموارد المائية
الهيدرولوجي والموارد المائية / المرحلة الرابعة
أ.م. د. احمد بهجت خلف

مثال (٢) / إحصب التبخر الكلي الكامن من منطقة قرب مدينة في شهر نوفمبر (تشرين الثاني) ، بإستعمال معادلة بنمان
علماً أن المعلومات المتوفرة هي :

خط عرض $28^{\circ} 4$ فوق سطح البحر ، المعدل الشهري لدرجة الحرارة 19 درجة مئوية ، الرطوبة النسبية 75%
معدل ساعات ضوء الشمس المسجلة (n) = 9 ساعة ، سرعة الرياح على إرتفاع 2 م = 85 كم / يوم
الحل /

من جدول (٣-٣) $\leftarrow A = 1$ ملم / C° و $e_w = 16.5$ ملم زئبق

من جدول (٤-٣) $\leftarrow H_a = 9.5$ ملم / يوم

من جدول (٥-٣) $\leftarrow N = 10.716$ ساعة

$$n / N = 9 / 10.716 = 0.84$$

$$e_a = 0.75 * 16.5 = 12.38 \text{ mmHg}$$

$$a = 0.29 \cos 28^{\circ} 4' = 0.2559 , b = 0.52 , \sigma = 2 * 10^{-9}$$

$$T_a = 273 + 19 = 292 \text{ k} , \sigma T_a^4 = 14.613 , r = 0.25$$

$$H_n = 9.506(1 - 0.25) (0.2559 + 0.52 * 0.84) - 14.613(0.56 - 0.092 \sqrt{12.38})(0.1 + 0.9 (0.84))$$

$$H_n = 1.99$$

$$E_a = 0.35 (1 + (85/100)) (16.5 - 12.38) = 2.208 , Y = 0.49$$

$$PET = \frac{(1 * 1.99) + (0.49 * 2.208)}{(0.49 + 1)} = 2.06 \text{ mm / day}$$

٣ . ٦ . ٢ . معادلة بلاني - كريدل : Blaney – Criddle formula

$$PET = 2.54 K F$$

$$F = \sum P_h \bar{T}_f / 100$$

K : معامل تجريبي يعتمد على نوع المحصول (جدول ٣-٧ ص ١٠٩)

F : المجموع الشهري لمعاملات المقنن المائي لتلك الفترة

P_h : نسبة شهرية للمعدل السنوي لساعات النهار و تعتمد على خط العرض للمنطقة (جدول ٣-٦ ص ١٠٩)

\bar{T}_f : المعدل الشهري لدرجات الحرارة (فهرنهايت)

جامعة ديالى / كلية الزراعة / قسم علوم التربة والموارد المائية
الهيدرولوجي والموارد المائية / المرحلة الرابعة
أ.م. د. احمد بهجت خلف

مثال (٣) / إستخدم معادلة بلاني - كريدل لحساب PET لفصل تشرين الثاني - شباط الذي ينمو فيه الحنطة لمنطقة معينة تقع على خط عرض ٣٠° شمالاً وإن المعدل الشهري لدرجة الحرارة كما يأتي :

الشهر	تشرين ٢	كانون ١	كانون ٢	شباط
درجة الحرارة (م)	١٦.٥	١٣	١١	١٤.٥

الحل /

من جدول (٧-٣) ص ١٠٩ $\leftarrow K$ للحنطة = ٠.٦٥

Month	$T_f (F^{\circ})$	P_h	$P_h T_f / 100$
تشرين ٢	٦١.٧	٧.١٩	٤.٤٤
كانون ١	٥٥.٤	٧.١٥	٣.٩٦
كانون ٢	٥١.٨	٧.٣	٣.٧٨
شباط	٥٨.١	٧.٠٣	٤.٠٨

Total = 16.26

$$PET = 2.54 * 0.65 * 16.26 = 26.85 \text{ cm.}$$

٨.٣. الإرتشاح Infiltration

هو جريان الماء في الأرض خلال سطح التربة حيث يبزل جزء منها خلالها و هذه الحركة للماء من السطح إلى الداخل تسمى (الإرتشاح) و تلعب دوراً مهماً جداً في عملية السيخ من خلال تأثيرها على التوقيت و التوزيع لمقدار الجريان السطحي (السيخ) ، وفضلاً عن ذلك فإن الإرتشاح هي مرحلة أولية لشحن (تغذية) المياه الجوفية الطبيعية. و عملية الإرتشاح تتأثر بعدد كبير من العوامل من أهمها ما يأتي:

١. خصائص التربة Soil Properties : إن نوع التربة مثل الرمل أو الغرين أو الطين مثل نسيجها، تركيبها، المسامية تعد من الخصائص المهمة لتحديد كمية الماء المترشح فكلما كانت جزيئات التربة مفككة وذات مسامية عالية، كانت كمية الماء النافذة إلى داخل التربة أكبر.
٢. سطح الدخول Surface of Entry : إن إرتطام قطرات المطر فوق سطح التربة تسبب إزاحة للدقائق الناعمة ، وهي بدورها يمكن أن تسد فراغات المسام في الطبقات العليا، ويعد هذا عاملاً مهماً يؤثر على سعة الإرتشاح،

جامعة ديالى / كلية الزراعة / قسم علوم التربة والموارد المائية
الهيدرولوجي والموارد المائية / المرحلة الرابعة
أ.م. د. احمد بهجت خلف

وعليه فإن السطح المغطى بالحشائش و بقية النباتات التي باستطاعتها تقليل هذه العملية لها تأثير كبير وواضح على قيمة سعة الإرتشاح.

٣. خصائص المائع Fluid Characteristics : يحتوي الماء المرشح داخل التربة على عدد كبير من الشوائب الذائبة أو العالقة ، حيث أن تلوث الماء بالأملاح الذائبة مثلاً يمكن أن يؤثر على تركيب التربة و بدوره يؤثر على معدل الإرتشاح لكون أن مثل هذه الشوائب تسد المسامات الناعمة في التربة و تقلل سعة الإرتشاح فيها. أما درجة الحرارة فيبدو تأثيرها من حقيقة أنه يؤثر على لزوجة الماء والتي بدورها تؤثر على سرعة الإرتشاح.

٣.٩. سعة الإرتشاح Infiltration Capacity:

يطلق على المعدل الأقصى الذي يمكن فيه لتربة أن تمتص الماء في وقت ما مصطلح (سعة الإرتشاح) ويرمز له بالرمز (f_c) ويقاس بوحدة (سم / ساعة) . ويعبر عن المعدل الحقيقي للإرتشاح (f) كما يأتي :

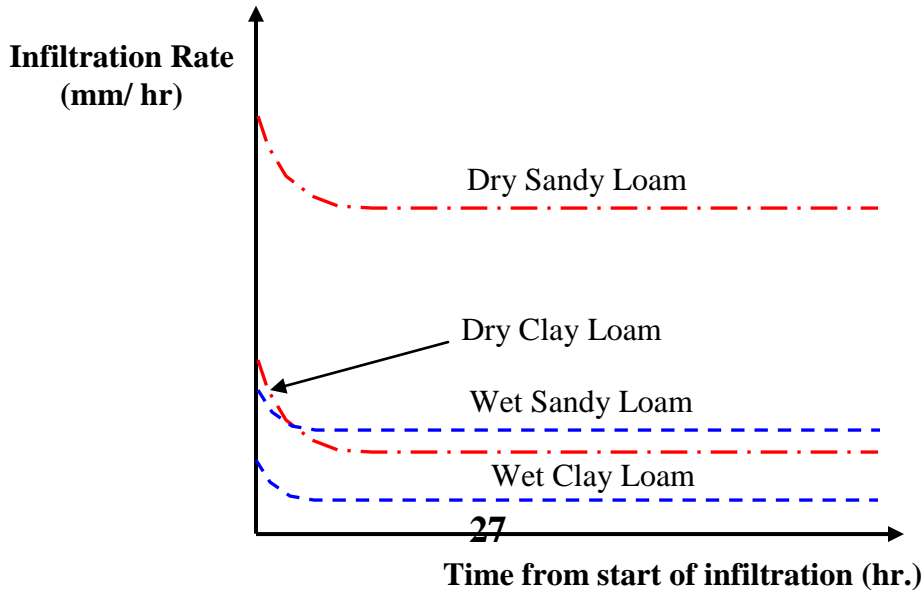
$$f = f_c \quad \text{if} \quad i > f_c$$

$$f = i \quad \text{if} \quad i < f_c$$

i : شدة المطر

٣.١٠. قيم سعة الإرتشاح Infiltration Capacity Values

إن التغير المثالي في سعة الإرتشاح لنوعين من التربة ولظرفين أوليين وكما موضح في الشكل :



جامعة ديالى / كلية الزراعة / قسم علوم التربة والموارد المائية
الهيدرولوجي والموارد المائية / المرحلة الرابعة
أ.م. د. احمد بهجت خلف

يتضح من الشكل أن سعة الإرتشاح للتربة المدروسة يقل مع الوقت منذ بداية المطر وإنها تقل مع درجة التشبع وإنها تعتمد على نوع التربة، حيث إشتق هورتون (Horton) عام 1930 معادلة تلاشي سعة الإرتشاح مع الوقت كما يأتي:

$$f_{ct} = f_{cf} + (f_{co} - f_{cf}) e^{-k_h t} \quad 0 \leq t \leq t_d$$

f_{ct} : سعة الإرتشاح في أي وقت من بداية سقوط المطر

f_{co} : سعة الإرتشاح الأولية عند $t = 0$

f_{cf} : القيمة النهائية لوضعية الإستقرار

t_d : فترة إستدامة المطر

k_h : ثابت يعتمد على خصائص التربة والغطاء النباتي

3. 1. 1. أدلة الإرتشاح **Infiltration Indices**: في الحسابات الهيدرولوجية التي تشمل الفيضانات، وجد

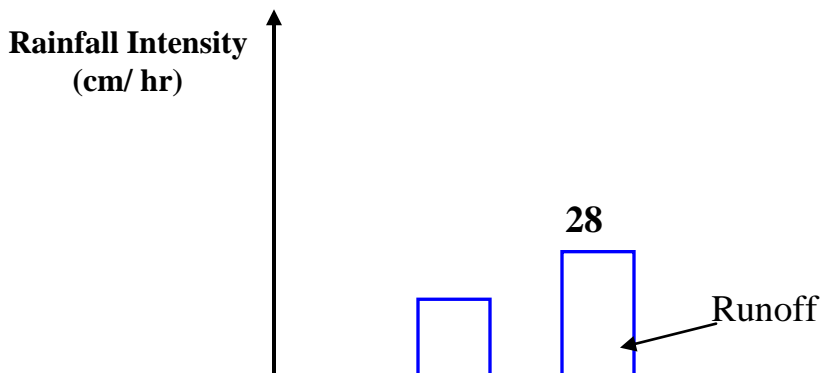
من الملائم إستخدام قيمة ثابتة لسرعة الإرتشاح خلال فترة إستدامة المطر، ويطلق على معدل سرعة الإرتشاح (أدلة الإرتشاح) ويوجد نوعين من الأدلة شائعة الإستعمال :

1. دليل Φ

2. دليل W

1. الدليل Φ : هو معدل سقوط المطر التي فوقها يكون حجم المطر الساقط مساوٍ لحجم السيخ، ويشقق دليل Φ من توزيع المطر مع معرفة حجم السيخ الناتج.

فإذا كانت شدة المطر (i) أقل من Φ تكون سرعة الإرتشاح مساوية لشدة المطر، أما إذا كانت شدة المطر (i) أكبر من Φ فيكون الفرق بين سقوط المطر والإرتشاح خلال فترة زمنية يمثل حجم السيخ كما في الشكل :



جامعة ديالى / كلية الزراعة / قسم علوم التربة والموارد المائية
الهيدرولوجي والموارد المائية / المرحلة الرابعة
أ.م. د. احمد بهجت خلف

مثال (٤) / عاصفة مطرية عمقها ١٠ سم ذات سيح مباشر مقداره ٥.٨ سم ، فإذا كان توزيع العاصفة المطرية كما هو موضح أدناه ، إحسب دليل Φ للعاصفة المطرية

الوقت من البداية (hr)	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨
الزيادة في المطر الساقط في كل ساعة (cm)	٠.٤	٠.٩	١.٥	٢.٣	١.٨	١.٦	١	٠.٥

الحل /

$$\text{الإرتشاح الكلي} = ١٠ - ٥.٨ = ٤.٢ \text{ سم}$$

أفرض t_c = وقت الزيادة في المطر = ٨ ساعة (كمحاولة أولى)

$$\Phi = \frac{٤.٢}{٨} = ٠.٥٢٥ \text{ سم / ساعة (هذه القيمة أكبر من الزيادة المطرية للساعة الأولى (٠.٤) و الساعة الثامنة$$

(٠.٥) لذلك تصبح قيمة t_c = ٦ ساعة)

$$\text{الإرتشاح} = ١٠ - ٥.٨ - ٠.٤ - ٠.٥ = ٣.٣ \text{ سم}$$

$$\Phi = \frac{٣.٣}{٦} = ٠.٥٥ \text{ سم / ساعة (O.K)}$$

الوقت (hr)	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨
الزيادة في المطر (cm)	٠	٠.٣٥	٠.٩٥	١.٧٥	١.٢٥	١.٠٥	٠.٤٥	٠

٢ . الدليل W : هو قيمة منقحة للدليل Φ حيث تفصل المفقودات الأولية من المفقودات الكلية و يسمى معدل قيمة سعة

الإرتشاح (W) :

جامعة ديالى / كلية الزراعة / قسم علوم التربة والموارد المائية
الهيدرولوجي والموارد المائية / المرحلة الرابعة
أ.م. د. احمد بهجت خلف

$$W = \frac{P - R - I_a}{t_c} \quad (\text{cm / hr})$$

P : السقيط الكلي (سم)

R : السيح الكلي (سم)

I_a : المفقودات الأولية (سم)

t_c : فترة إستدامة الزيادة في المطر عندما تكون $i > w$

الفصل الرابع السيح (Run – Off)

١.٤.١.٤. السيح : يعني السيح جريان أو تصريف السقيط من الجابية وخلال قناة سطحية موجودة في الجابية ويمثل الناتج منها في وحدة زمنية معينة.

إن الجريان أو السيح السطحي تحديداً مصطلح يطلق على الجريان الذي ينتقل فيه الماء كجريان فوق الأرض وخلال القنوات الموجودة في الجابية (مثل الجريان في قناة مفتوحة) ويصل فيه إلى مخرج المساحة، كما إن جزء السقيط الذي ينفذ

جامعة ديالى / كلية الزراعة / قسم علوم التربة والموارد المائية
الهيدرولوجي والموارد المائية / المرحلة الرابعة
أ.م. د. احمد بهجت خلف

إلى الجزء العلوي من التربة ويتحرك جانبياً خلالها ثم يعود إلى السطح من بعض الأماكن البعيدة عن النقطة التي دخل فيها إلى التربة، وهذه المركبة من السيح السطحي تعرف بأسماء مختلفة منها الجريان البيني أو الجريان تحت السطحي (Subsurface Runoff).

أما الجزء الذي يصل إلى أعماق التربة ووصوله إلى خزين الماء الأرضي في التربة فيسمى جريان الماء الأرضي (Ground Water Runoff). يمكن تقسيم السيح السطحي إلى :

١. السيح المباشر Direct Runoff : وهو ذلك الجزء من السيح الذي يدخل الجدول مباشرةً بعد سقوط الأمطار، وهذه تتضمن الجريان فوق سطح الأرض و الجريان البيني والمطر الذي يسقط مباشرةً فوق الأسطح المائية للجابية كذلك في حالة الثلوج الذائبة فإن الجريان الناتج عنها يعد سيحاً مباشراً.
 ٢. الجريان القاعدي Base Flow : وهو الجريان المتأخر الذي يصل الجدول على نحوٍ فعال ويمكن أن يكون جزء من الجريان البيني المتأخر كثيراً جريان قاعدي.
- أن الجريان بالمجرى المائي يعد جرياناً حقيقياً في الظروف الطبيعية وبدون تدخل الإنسان، مثل هكذا نوع من الجريان يسمى الجريان البكر (Virgin Flow) ويمكن الحصول على قيمته من العلاقة التالية:

$$R_v = V_s + V_d - V_r$$

R_v : الجريان البكر (م^٣)

V_s : حجم الجريان المقاس (م^٣)

V_d : حجم الجريان المأخوذ أو المحول من الجدول

V_r : حجم الجريان العائد إلى الجدول (م^٣)

مثال (١) / الجدول الآتي يعطينا قيماً لتصريف مقاس في موقع قياس التصريف خلال سنة. في موقع المقدمة لقياس التصريف (Upstream) بني سد غاطس (Weir) عبر الجدول لكي يحول ٣ و ٠.٥ مليون متر مكعب (Mm³) من الماء لكل شهر لأغراض الري و الصناعة على التوالي، والماء العائد إلى الجدول والذي يصب في الـ (Upstream) تم تخمينه بمقدار ٠.٨ مليون متر مكعب من الري و ٠.٣ مليون متر مكعب لأغراض الصناعة ، ضمن الجريان البكر إذا كانت مساحة الجابية ١٢٠ كم^٢ ومعدل سقوط الأمطار السنوي هو ١٨٥ سم ، أوجد نسبة السيح – المطر؟

١٢	١١	١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١	الشهر
----	----	----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	-------

جامعة ديالى / كلية الزراعة / قسم علوم التربة والموارد المائية
الهيدرولوجي والموارد المائية / المرحلة الرابعة
أ.م. د. احمد بهجت خلف

٣	٧	٩	١٤	٢٢	١٨	٨	٢.١	٠.٦	٠.٨	١.٥	٢	الجريان المقاس Mm ³
---	---	---	----	----	----	---	-----	-----	-----	-----	---	-----------------------------------

/ الحل

$$V_r = 0.8 + 0.3 = 1.1 \text{ Mm}^3$$

$$V_d = 3 + 0.5 = 3.5 \text{ Mm}^3$$

إذن Rv لكل شهر من أشهر السنة يتم ترتيبها بالجدول التالي :

الشهر	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	١١	١٢
V _s	٢	١.٥	٠.٨	٠.٦	٢.١	٨	١٨	٢٢	١٤	٩	٧	٣
V _d	٣.٥	٣.٥	٣.٥	٣.٥	٣.٥	٣.٥	٣.٥	٣.٥	٣.٥	٣.٥	٣.٥	٣.٥
V _r	١.١	١.١	١.١	١.١	١.١	١.١	١.١	١.١	١.١	١.١	١.١	١.١
Rv	٤.٤	٣.٩	٣.٢	٣	٤.٥	١٠.٤	٢٠.٤	٢٤.٤	١٦.٤	١١.٤	٩.٤	٥.٤

$$\Sigma Rv = 116.8 \text{ Mm}^3$$

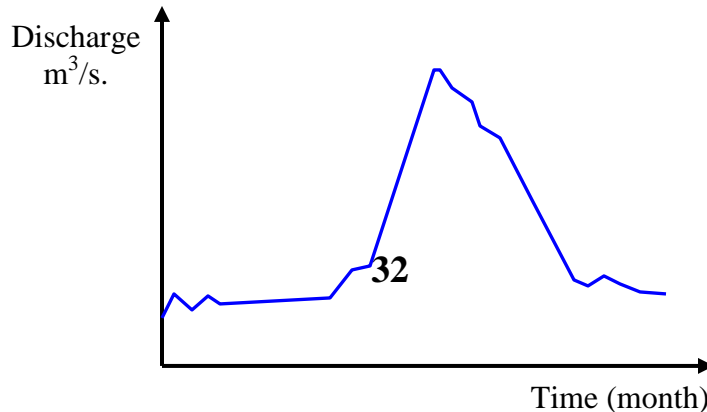
$$\text{Annual Runoff} = 116.8 * 10^6 / 120 * 10^6 = 0.973 \text{ m.} = 97.3 \text{ cm.}$$

$$\text{Runoff Coefficient} = \text{Runoff} / \text{Rainfall} = 97.3 / 185 = 0.526$$

٢.٤. خصائص السبوح للجداول Runoff Characteristics of Streams

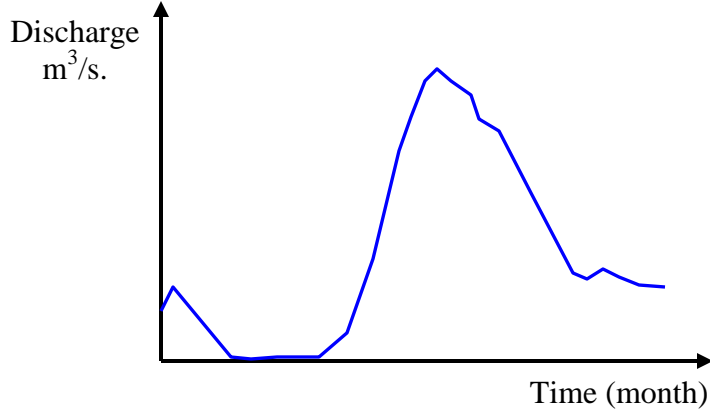
إن دراسة الهيدروغرافات السنوية تمكننا من تصنيف الجداول إلى ثلاثة أصناف :

١. المجاري المائية المستمرة : وهي التي تحتوي على ماء طول الوقت وتجهز بالماء الأرضي خلال السنة وحتى خلال فصول الجفاف فإن منسوب الماء الأرضي يكون فوق قاع المجرى.

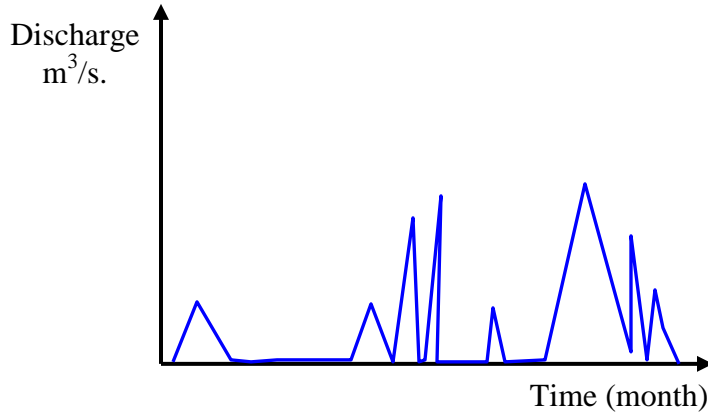


جامعة ديالى / كلية الزراعة / قسم علوم التربة والموارد المائية
الهيدرولوجي والموارد المائية / المرحلة الرابعة
أ.م. د. احمد بهجت خلف

٢ . المجاري المائية المتقطعة : وهي التي يكون تجهيزها بالماء الأرضي محدوداً.



٣ . السيول : وهي المجاري المائية التي ليس فيها أي مشاركة للجريان القاعدي ، حيث يتضح من الشكل أدناه ذبذبات الجريان العالي العائد للعاصفة المطرية وسرعان ما يصبح الجدول جافاً حال إنتهاء الجريان العائد للعاصفة.



وبصورة عامة فإن خصائص الجريان للجدول تعتمد على:

- ١ . خصائص الأمطار : قيمة الشدة المطرية ، توزيع الشدة حسب الزمان و المكان وتغيراتها.
- ٢ . خصائص الجابية : مثل التربة و الغطاء النباتي و الميل ، جيولوجية و شكل الجابية و كثافة البزل.
- ٣ . العوامل المناخية : التي تؤثر على التبخر الكلي.

٣.٤. الحصيلة (حجم السيلح السنوي) :

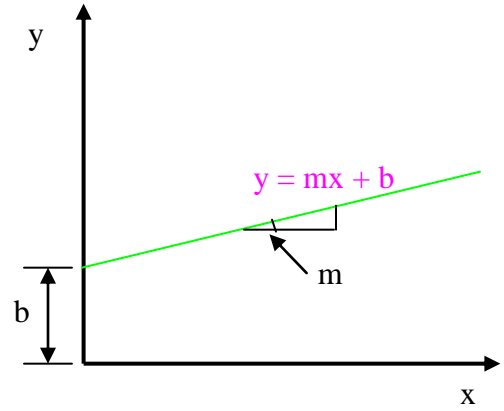
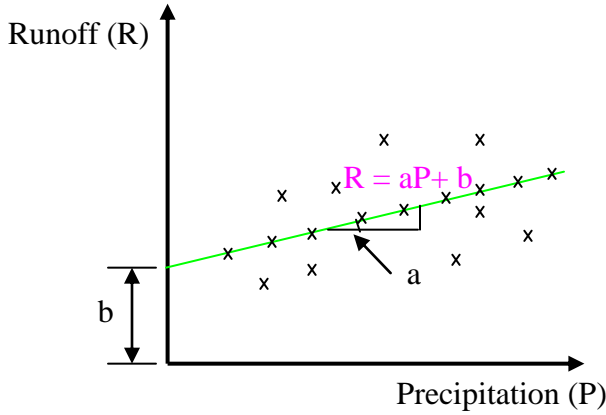
هي الكمية الكلية للماء التي نتوقعها من الجدول خلال فترة معلومة من السنة وهي تمثل حجم السيلح السنوي :

$$\text{الحصيلة} = \text{التصريف} \times \text{الزمن}$$

وهناك عدة طرق في تخمين الحصيلة منها:

١. الإرتباط بين المجرى المائي و الأمطار.
٢. المعادلات التجريبية.
٣. تمثيل الجابية.

١. إرتباط الأمطار – السيلح :



$$R = a P + b \dots\dots\dots (1)$$

$$a = \frac{N(\sum PR) - (\sum P)(\sum R)}{N(\sum P^2) - (\sum P)^2} \dots\dots\dots (2)$$

$$b = \frac{\sum R - a \sum P}{N} \dots\dots\dots (3)$$

N : عدد مجاميع الملاحظات لـ R , P

جامعة ديالى / كلية الزراعة / قسم علوم التربة والموارد المائية
الهيدرولوجي والموارد المائية / المرحلة الرابعة
أ.م. د. احمد بهجت خلف

$$r = \frac{N(\sum PR) - (\sum P)(\sum R)}{\sqrt{[N(\sum P^2) - (\sum P)^2] * [N(\sum R^2) - (\sum R)^2]}} \dots\dots\dots (4)$$

ملاحظة / قيمة $0 \leq r \leq 1$ \iff R لها إرتباط موجب مع P

$0.6 < r < 1$ \iff R لها إرتباط جيد مع P

للجوابي الكبيرة، فإن العلاقة بين R و P علاقة أسية :

$$R = \beta P^m \dots\dots (5)$$

$$\ln R = m \ln P + \ln \beta \dots\dots (6)$$

مثال (٢) / المعلومات المعطاة في الجدول أدناه هي الأمطار الشهرية P وقيم السيح R المرادفة لها والتي تعطي فترة ١٨ شهراً لجابية . طور معادلة الإرتباط بين P و R .

R(cm)	P(cm)	الشهر	R(cm)	P(cm)	الشهر
٨	٣٠	١٠	٠.٥	٥	١
٢.٣	١٠	١١	١٠	٣٥	٢
١.٦	٨	١٢	١٣.٨	٤٠	٣
٠	٢	١٣	٨.٢	٣٠	٤
٦.٥	٢٢	١٤	٣.١	١٥	٥
٩.٤	٣٠	١٥	٣.٢	١٠	٦
٧.٦	٢٥	١٦	٠.١	٥	٧
١.٥	٨	١٧	١٢	٣١	٨
٠.٥	٦	١٨	١٦	٣٦	٩

الحل /

$$N = 18 , \sum P = 348 , \sum R = 104.3 , \sum P^2 = 9534 , \sum R^2 = 1040.51 , \sum PR = 3083.3$$

جامعة ديالى / كلية الزراعة / قسم علوم التربة والموارد المائية
الهيدرولوجي والموارد المائية / المرحلة الرابعة
أ.م. د. احمد بهجت خلف

$$(\Sigma P)^2 = 121104 \quad , \quad (\Sigma R)^2 = 10878.49$$

$$a = 0.38 \quad , \quad b = - 1.55 \quad , \quad R = 0.38 P - 1.55$$

$r = 0.964$ لها إرتباط جيد و موجب مع P ، درجة الإرتباط جيدة

٣.٤ . المعادلات التجريبية Empirical Equation :

من أهم المعادلات الوضعية التي تربط بين الأمطار والسيح السطحي هي معادلة (خوسلاس 1960) حيث توصل إلى معادلة تجريبية تربط ما بين الأمطار والسيح السطحي والفترة الزمنية المأخوذة (بالشهر).

$$R_m = P_m - L_m$$

$$L_m = 0.48 T_m$$

$$T_m > 4.5^\circ C$$

R_m : ($R_m \geq 0$) السيح السطحي الشهري (سم)

P_m : الأمطار الشهرية (سم)

L_m : الضائعات الشهرية (سم)

T_m : متوسط درجة الحرارة الشهرية للجابية (بالدرجة المئوية)

لقيم T_m أقل أو مساوية ٤.٥ درجة مئوية ، الضياع (L_m) يمكن فرضه كما يأتي :

$T(^{\circ}C)$	٤.٥	-1	- 6.5
L_m (cm)	2.77	1.78	1.52

مثال (٣) / تم الحصول على المعدل الشهري للأمطار ودرجات الحرارة لجابية ، إ حسب السيح السطحي السنوي و معامل السيح بإستعمال معادلة خوسلاس.

الشهر	كانون ٢	شباط	أذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	أب	أيلول	تشرين ١	تشرين ٢	كانون ١
$T(^{\circ}C)$	١٢	١٦	٢١	٢٧	٣١	٣٤	٣١	٢٩	٢٨	٢٩	١٩	١٤
المطر (cm)	٤	٤	٢	٠	٢	١٢	٣٢	٢٩	١٦	٢	١	٢

الحل /

بما أن قيم T_m أكبر من ٤.٥ درجة مئوية

$$L_m = 0.48 T_m$$

جامعة ديالى / كلية الزراعة / قسم علوم التربة والموارد المائية
الهيدرولوجي والموارد المائية / المرحلة الرابعة
أ.م. د. احمد بهجت خلف

الشهر	كانون ٢	شباط	آذار	نيسان	آيار	حزيران	تموز	آب	ايلول	تشرين ١	تشرين ٢	كانون ١
L _m	5.76	7.68	١٠.٠٨	١٢.٩٦	١٤.٨٨	١٦.٣٢	١٤.٨٨	١٣.٩٢	١٣.٤٤	١٣.٩٢	٩.١٢	٦.٧٢
R _m	٠	٠	٠	٠	٠	٠	١٧.١٢	١٥.٠٨	٢.٥٦	٠	٠	٠

السيح السطحي السنوي = ١٧.١٢ + ١٥.٠٨ + ٢.٥٦ = ٣٤.٧٦ سم

معامل السيح السطحي السنوي = ٣٤.٨ / ١٠.٦ = ٠.٣٢٨

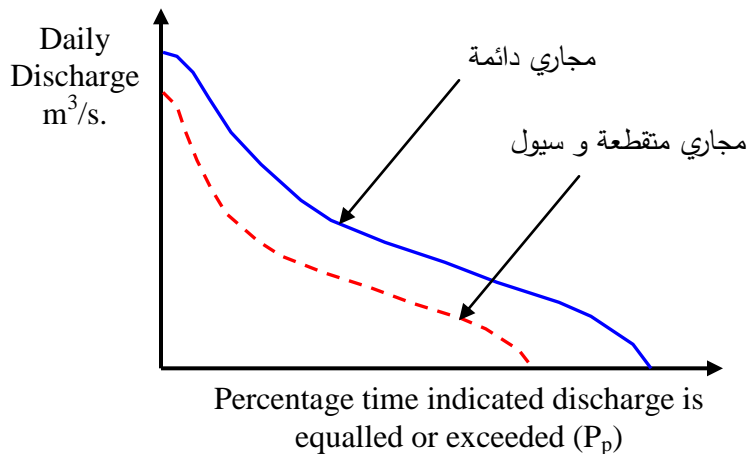
٤.٤. منحنى الجريان - الإستدامة :Flow – Duration Curve

هو العلاقة بين التصريف ضد النسبة المئوية التي يكون فيها الجريان مساوياً أو متجاوزاً ، ويعرف هذا المنحني أيضاً بمنحنى التصريف التكراري. فإذا كان عدد نقاط المعلومات المستعملة هو N في هذه القائمة ، فإن تعيين المواقع (Plotting Position) لأي تصريف Q هي:

$$P_p = \frac{m}{N+1} * 100$$

قيمة الصف التي يكون فيها الجريان مساوياً أو متجاوزاً لعدد الأيام في فترة الصف : m

النسبة المئوية للإحتمال لقيمة الجريان المساوية أو المتجاوزة : P_p



٥.٤. خصائص منحنى الجريان - الإستدامة Flow - Duration Curve Characteristics:

١. ميل المنحنى يعتمد على الفترة المختارة للمعلومات (كلما كانت الفترة الزمنية قليلة كلما كان الميل أشد).
٢. إن وجود الخزان على المجرى المائي يؤثر على منحنى الجريان - الإستدامة البكر وهذا يعتمد على طبيعة تنظيم الجريان.
٣. منحنى الجريان - الإستدامة عندما يعين على ورق لوغاريتمي يكون على شكل خط مستقيم و على الأقل في الجزء الوسطي من المنحنى و يشتق منه معاملات مختلفة تبين التغيير في الجريان، كذلك يستفاد منه في مقارنة خصائص الجريان للمجري المائية المختلفة.
٤. إن التقويم التكراري لحدوث الجريان في منحنى الجريان - الإستدامة لا يظهر تأثيرها في المنحنى. ومن فوائد هذا المنحنى :

١. تقويم الجريانات المختلفة المعتمدة في التصميم أو هندسة مشاريع المصادر المائية.
٢. تقويم خصائص الطاقة الكامنة للطاقة المائية للنهر (HydroPower) .
٣. تصميم منظومات البزل.
٤. دراسات السيطرة على الفيضان.
٥. مقارنة الجوابي المتقاربة مع إمكانية تحديد الجريان في المجاري المائية.

مثال (٤) / الجريان اليومي لنهر ثلاث سنوات متعاقبة موجودة في الجدول أدناه، أيضاً يحتوي الجدول على عدد أيام الجريان السنوية العائدة لكل تصريف

عدد أيام الجريان لكل فترة زمنية			الجريان اليومي (m ³ /s)
١٩٦٤ - ١٩٦٣	١٩٦٣ - ١٩٦٢	١٩٦٢ - ١٩٦١	
٥	١	0	140 - 120.1
١٠	٧	٢	120 - 100.1
١٥	١٨	١٢	100 - 80.1
١٥	٣٢	١٥	80 - 60.1

جامعة ديالى / كلية الزراعة / قسم علوم التربة والموارد المائية
الهيدرولوجي والموارد المائية / المرحلة الرابعة
أ.م. د. احمد بهجت خلف

٤٥	٢٩	٣٠	60 - 50.1
٦٤	٦٠	٧٠	50 - 40.1
٧٦	٧٥	٨٤	40 - 30.1
٦١	٥٠	٦١	30 - 25.1
٣٨	٤٥	٤٣	25 - 20.1
٢٥	٣٠	٢٨	20 - 15.1
١٢	١٨	١٥	15 - 10.1
٠	٠	٥	10 - 5.1

إحسب ٥٠% و ٧٥% جريانات معتمدة للنهر.
الحل /

يتم حساب قيمة P_p (محور X) حسب القانون :

$$P_p = \frac{m}{N+1} * 100$$

مقياس لوغاريتمي

مقابل قيم التصريف المعطاة في السؤال (مقياس إعتيادي محور Y).

عدد أيام الجريان التراكمي (m)	عدد أيام الجريان ١٩٦٤-١٩٦١	عدد أيام الجريان لكل فترة زمنية	الجريان اليومي (m^3/s)
----------------------------------	-------------------------------	---------------------------------	-------------------------------

جامعة ديالى / كلية الزراعة / قسم علوم التربة والموارد المائية
الهيدرولوجي والموارد المائية / المرحلة الرابعة
أ.م. د. احمد بهجت خلف

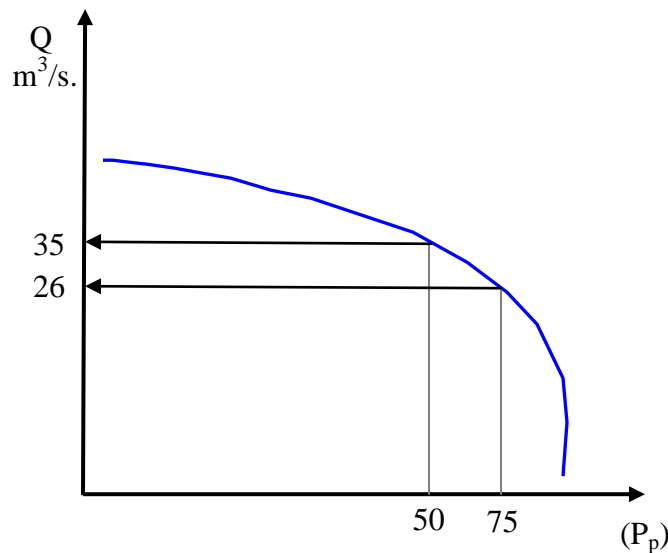
$P_p = \frac{m}{N+1} * 100$			١٩٦٤ - ١٩٦٣	١٩٦٣ - ١٩٦٢	١٩٦٢ - ١٩٦١	
٠.٥٥	٦	٦	٥	١	0	140-120.1
٢.٢٨	٢٥	١٩	١٠	٧	٢	120-100.1
٦.٣٨	٧٠	٤٥	١٥	١٨	١٢	100-80.1
١٢.٠٣	١٣٢	٦٢	١٥	٣٢	١٥	80-60.1
٢١.٥١	٢٣٦	١٠٤	٤٥	٢٩	٣٠	60-50.1
٣٩.١٩	٤٣٠	١٩٤	٦٤	٦٠	٧٠	50-40.1
٦٠.٦٢	٦٦٥	٢٣٥	٧٦	٧٥	٨٤	40-30.1
٧٦.٣	٨٣٧	١٧٢	٦١	٥٠	٦١	30-25.1
٨٧.٧٨	٩٦٣	١٢٦	٣٨	٤٥	٤٣	25-20.1
٩٥.٣٥	١٠٤٦	٨٣	٢٥	٣٠	٢٨	20-15.1
٩٩.٤٥	١٠٩١	٤٥	١٢	١٨	١٥	15-10.1
٩٩.٩١	١٠٩٦	٥	٠	٠	٥	10-5.1

Σ 1096

من المنحني : N = 1096

$$Q_{50} = 35 \text{ م}^3 / \text{ثا}$$

$$Q_{75} = 26 \text{ م}^3 / \text{ثا}$$



٦.٤ . منحني الجريان التراكمي (الكتلة) : Flow – Mass Curve

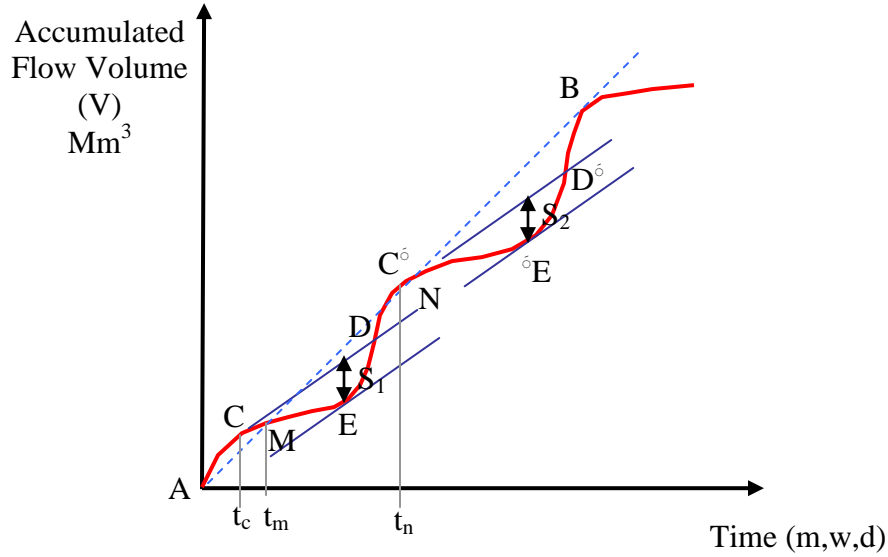
جامعة ديالى / كلية الزراعة / قسم علوم التربة والموارد المائية
 الهيدرولوجي والموارد المائية / المرحلة الرابعة
 أ.م. د. احمد بهجت خلف

هو تعيين للتصريف التراكمي الحجمي (V) ضد الوقت والمعيونة في ترتيب متسلسل.

$$V = \int_{t_0}^t Q dt \quad (\text{تكامل لمنحني الهيدروغراف})$$

t_0 : الوقت الإبتدائي للمنحني

Q: معدل التصريف



ملاحظة /

١. ميل منحني التراكم في أي نقطة يمثل $(Q = dv / dt)$ وهو مساوٍ لمعدل الجريان في أي لحظة.
٢. ميل الخط AB يمثل معدل التصريف على طول الفترة التي تم بها تعيين سجل المنحني.

٧.٤. حساب حجم الخزين Storage Volume Evaluation

جامعة ديالى / كلية الزراعة / قسم علوم التربة والموارد المائية
الهيدرولوجي والموارد المائية / المرحلة الرابعة
أ.م. د. احمد بهجت خلف

هو لفرق التجمياعي بين حجم التجهيز وحجم الطلب منذ بداية فصل الجفاف :

$$S = \sum V_s - \sum V_D$$

حجم الخزين الأعظم : S

$\sum V_s$: حجم التجهيز

$\sum V_D$: حجم الطلب

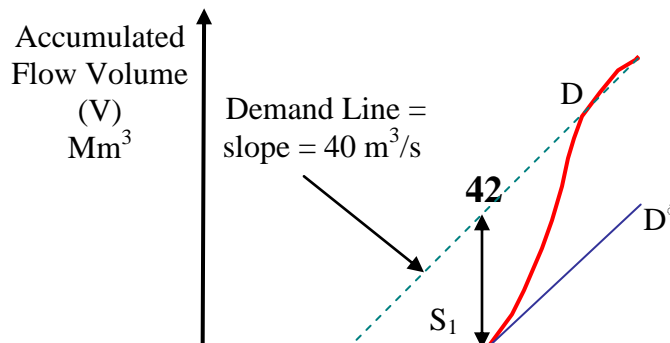
ويمكن الحصول على قيمة S من المنحني التراكمي بحساب أكبر فرق في الإحداثي الصادي (Accumulated Volume) بين المنحني التراكمي للتجهيز و الطلب ، لأن أقل حجم للخزن مطلوب للخزان هو أكبر قيمة لـ S فوق فترات الجفاف المختلفة.

مثال (٥) / الجدول الآتي يعطينا معلومات عن المعدل الشهري للجريان في نهر خلال سنة ، إحسب أوطأخزن نحتاجه للحفاظ على معدل للطلب هو ٤٠ م^٣/ثا؟

الشهر	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	١١	١٢
معدل الجريان m ³ /s	٦٠	٤٥	٣٥	٢٥	١٥	٢٢	٥٠	٨٠	١٠٥	٩٠	٨٠	٧٠

الحل /

الشهر	معدل الجريان m ³ /s	حجم الجريان الشهري m ³ /s. day	الحجم التجمياعي m ³ /s. day
١	٦٠	١٨٦٠	١٨٦٠
٢	٤٥	١٢٦٠	٣١٢٠
٣	٣٥	١٠٨٥	٤٢٠٥
٤	٢٥	٧٥٠	٤٩٥٥
٥	١٥	٤٦٥	٥٤٢٠
٦	٢٢	٦٦٠	٦٠٨٠
٧	٥٠	١٥٥٠	٧٦٣٠
٨	٨٠	٢٤٨٠	١٠١١٠
٩	١٠٥	٣١٥٠	١٣٢٦٠
١٠	٩٠	٢٧٩٠	١٦٠٥٠
١١	٨٠	٢٤٠٠	١٨٤٥٠
١٢	٧٠	٢١٧٠	٢٠٦٢٠



جامعة ديالى / كلية الزراعة / قسم علوم التربة والموارد المائية
 الهيدرولوجي والموارد المائية / المرحلة الرابعة
 أ.م. د. احمد بهجت خلف

من المنحني :

For $Q_d = 40 \text{ m}^3/\text{s}$. $\implies S_1 = 2100 \text{ m}^3/\text{s} \cdot \text{day}$

مثال (٦) / حل المسألة السابقة باستخدام الحسابات الرياضية و بدون إستخدام منحني الكتلة

الحل /

الشهر	معدل الجريان m^3/s	حجم الجريان الشهري $\text{m}^3/\text{s} \cdot \text{day}$	معدل الطلب m^3/s	حجم الطلب (cumecc.day)	الفرق Col(3)-col(5)	حجم الطلب التجميعي الأقصى (cumecc day)	حجم الجريان التجميعي الأقصى (cumecc day)
١	٦٠	١٨٦٠	٤٠	١٢٤٠	٦٢٠		٦٢٠
٢	٤٥	١٢٦٠	٤٠	١١٢٠	١٤٠		٧٦٠
٣	٣٥	١٠٨٥	٤٠	١٢٤٠	-155	-155	
٤	٢٥	٧٥٠	٤٠	١٢٠٠	-450	-605	
٥	١٥	٤٦٥	٤٠	١٢٤٠	-755	-1380	
٦	٢٢	٦٦٠	٤٠	١٢٠٠	-540	-1920	
٧	٥٠	١٥٥٠	٤٠	١٢٤٠	٣١٠	٣١٠	٣١٠
٨	٨٠	٢٤٨٠	٤٠	١٢٤٠	١٢٤٠	١٥٥٠	١٥٥٠
٩	١٠٥	٣١٥٠	٤٠	١٢٠٠	١٩٥٠	٣٥٠٠	٣٥٠٠
١٠	٩٠	٢٧٩٠	٤٠	١٢٤٠	١٥٥٠	٦٠٥٠	٦٠٥٠
١١	٨٠	٢٤٠٠	٤٠	١٢٠٠	١٢٠٠	٧٢٥٠	٧٢٥٠
١٢	٧٠	٢١٧٠	٤٠	١٢٤٠	٩٣٠	٨١٨٠	٨١٨٠

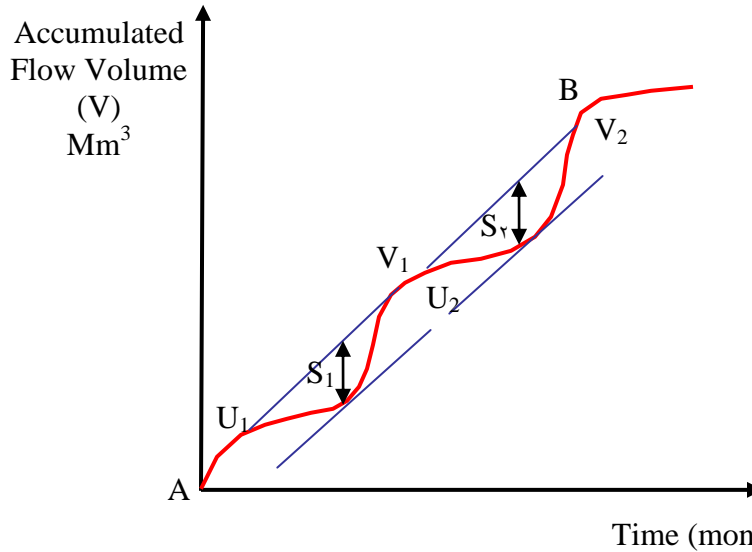
إذن أعظم طلب أو أوطأ خزن (من عمود ٧) = $١٩٢٠ \text{ m}^3/\text{s} \cdot \text{day}$

ملاحظة/

العمود ٨ يشير إلى الزيادة التجميعية لحجم الجريان الداخل ابتداءً من كل طلب سحب من الخزان.

٨.٤. حسابات الطلب المقبول :Calculation of Maintainable Demand

هو تعيين الطلب الأعظم الذي من الممكن أن نحافظ عليه من خزان معروف الحجم من خلال إستعمال منحنى التراكم.



من أهم النقاط التي يمكن ملاحظتها بعناية في إستعمال منحنى التراكم :

- المسافة الرأسية ما بين مماسين متعاقبين لمنحنى التراكم في نقطة الإرتفاع (نقطة V_1 و U_2) تمثل الماء المزاح عبر المسيل المائي.
- إن خط الطلب يجب أن يقاطع منحنى الكتلة فيما إذا كان الخزان مهياً للإمتلاء ، أما إذا لم يتقاطع خط الطلب مع المنحنى فهذا يشير إلى عدم كفاية الجريان الداخل إلى الخزان.

مثال (٧) / إستعمل منحنى الكتلة للمثال السابق لكي نحصل على أعلى معدل منتظم يمكن أن نحافظ عليه لخزن قيمته ٣٦٠٠ م^٣/ثا.يوم؟

الحل / ١. من أوطأ نقطة في تقعر المنحنى نرسم مسافة عمودية مقدارها ٣٦٠٠ م^٣/ثا.يوم

٢. نرسم مماساً للمنحنى من نقطة التحدب الأولى (C) بإتجاه نقطة (Y) ثم نقطة (D) وهي نقطة تقاطع الخط

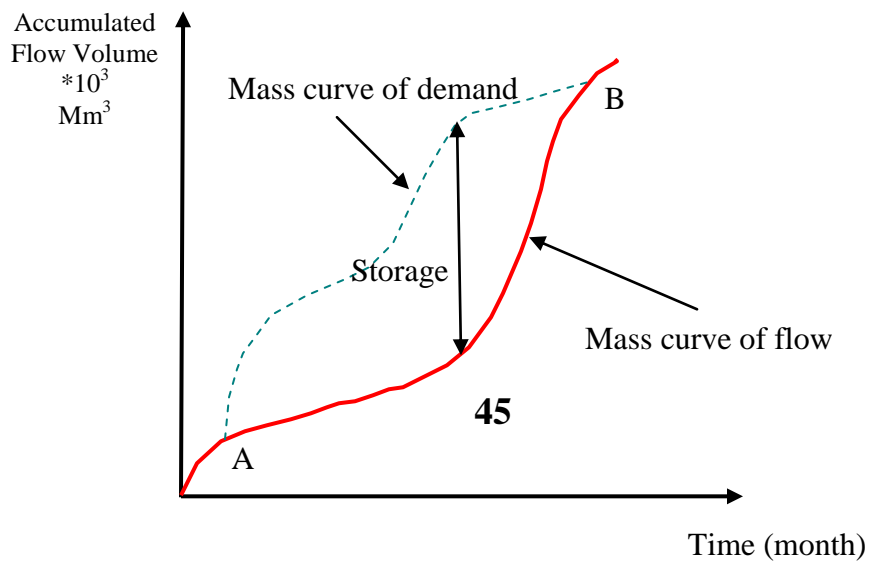
المستقيم الناتج مع منحنى الكتلة.

٣. يحسب ميل الخط المستقيم CYD وهو (50 m³/s.) وهو يمثل معدل الطلب المنتظم.

جامعة ديالى / كلية الزراعة / قسم علوم التربة والموارد المائية
الهيدرولوجي والموارد المائية / المرحلة الرابعة
أ.م. د. احمد بهجت خلف

٩.٤. الطلب المتغير Variable Demand:

وهو التغير في معدل خط الطلب مع الوقت لتلبية الإحتياجات المائية المستعملة في السقي و الطاقة و إحتياجات الإسالة.



جامعة ديالى / كلية الزراعة / قسم علوم التربة والموارد المائية
الهيدرولوجي والموارد المائية / المرحلة الرابعة
أ.م. د. احمد بهجت خلف

ملاحظة / الخزان مملوء في نقطتي A و B .

مثال (٨) / تم جمع المعلومات التالية لخزان مقترح. وبافتراض أن معدل مساحة الخزان هي ٢٠ كم^٢ ،
خمن الخزين الذي نحتاجه حتى نوفي هذه المتطلبات . أفرض أن معامل السيلح للمساحة المغمورة بواسطة
الخزان يساوي ٠.٥ ؟

الشهر	متوسط الجريان m ³ /s	الطلب Mm ³	التبخر الشهري (cm)	الأمطار الشهرية (cm)
١	٢٥	25	١٢	٢
٢	٢٠	26	١٣	٢
٣	١٥	٢٧	١٧	١
٤	١٠	٢٩	١٨	١
٥	٤	٢٩	٢٠	١
٦	٩	٢٩	١٦	١٣
٧	١٠٠	١٩	١٢	٢٤
٨	١٠٨	١٩	١٢	١٩
٩	٨٠	١٩	١٢	١٩
١٠	٤٠	١٩	١٢	١
١١	٣٠	٢١	١١	٦
١٢	٣٠	٢٥	٧	٢

الحل /

$$\text{حجم التبخر} = 10^6 \times 20 \times E/100 = \text{حجم التبخر } 0.2 E \text{ Mm}^3$$

$$\text{حجم الأمطار} = 10^6 \times 20 \times (0.5-1) P/100 = \text{حجم الأمطار } 0.1 P \text{ Mm}^3$$

جامعة ديالى / كلية الزراعة / قسم علوم التربة والموارد المائية
الهيدرولوجي والموارد المائية / المرحلة الرابعة
أ.م. د. احمد بهجت خلف

الزيادة التجميعية لحجم الجريان Mm^3	الزيادة التجميعية للطلب Mm^3	الفرق Mm^3	السحب الكلي $(٥+٤+٣) Mm^3$	الكمية المسحوبة			الحجم الداخل Mm^3	الشهر
				الأمطار Mm^3	التبخّر Mm^3	الطلب Mm^3		
٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١
٣٩.٨	-	٣٩.٨	٢٧.٢	-0.2	٢.٤	25	٦٧	كانون ٢
٦٠.٢	-	20.4	٢٨.٤	-0.2	٢.٦	26	٤٨.٨	شباط
٧٠.١	-	٩.٩	٣٠.٣	-0.1	٣.٤	٢٧	٤٠.٢	آذار
-	-6.6	-6.6	٣٢.٥	-0.1	٣.٦	٢٩	٢٥.٩	نيسان
-	-28.8	-22.2	٣٢.٩	-0.1	٤	٢٩	١٠.٧	آيار
-	-36.4	-7.6	30.9	-1.3	٣.٢	٢٩	٢٣.٣	حزيران
٢٤٨.٨	-	٢٤٨.٨	١٩	-2.4	٢.٤	١٩	٢٦٧.٨	تموز
٥١٨.٦	-	٢٦٩.٨	١٩.٥	-1.9	٢.٤	١٩	٢٨٩.٣	آب
٧٠٦.٥	-	١٨٧.٩	١٩.٥	-1.9	٢.٤	١٩	٢٠٧.٤	أيلول
٧٩٢.٣	-	٨٥.٨	٢١.٣	-0.1	٢.٤	١٩	١٠٧.١	تشرين ١
٨٤٧.٥	-	٥٥.٢	٢٢.٦	-0.6	٢.٢	٢١	٧٧.٨	تشرين ٢
٨٩٩.٧	-	٥٢.٢	٢٨.٢	-0.2	٣.٤	٢٥	٨٠.٤	كانون ١

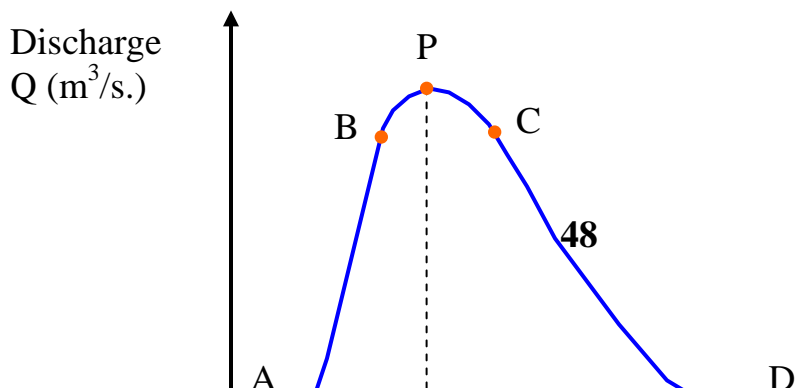
أعظم طلب = ٣٦.٤ مليون متر مكعب

الفصل الخامس

الهيدروغراف

(*Hydrograph*)

١.٥ الهيدروغراف : هو تعيين للتصريف في مجرى مائي أو على جابية معينة نتيجة عاصفة مطرية ضد الزمن.



جامعة ديالى / كلية الزراعة / قسم علوم التربة والموارد المائية
الهيدرولوجي والموارد المائية / المرحلة الرابعة
أ.م. د. احمد بهجت خلف

الشكل أعلاه يمثل هيدروغراف العاصفة أو هيدروغراف الفيضان ، وإن هذا الهيدروغراف له عدة مركبات أهمها:

١. الطرف الصاعد (Rising Limb) AB : وهو الزيادة في التصريف بسبب الزيادة التدريجية في بناء الخزين في القنوات فوق سطح الجابية . إن الضائعات الأولية وضائعات الترشح العالية خلال الفترة الأولى من سقوط العاصفة المطرية تسببان زيادة بطيئة في التصريف وبإستمرار العاصفة أكثر فأكثر فإن الجريان من أبعد نقطة في المساحة سوف يصل إلى مخرج الجابية و بالوقت نفسه فإن ضائعات الترشح سوف تقل مع مرور الوقت ولهذا فإنه بسقوط عاصفة منتظمة فوق الجابية فإن السيلج سوف يزداد بسرعة مع الوقت.
٢. قطعة الحافة (Crest Segment) BC : وهي أحد الأجزاء المهمة من الهيدروغراف لأنها تحتوي على ذروة الجريان والتي تحدث عندما تشارك أجزاء مختلفة من الجابية بنفس الوقت في إيصال كمية الجريان إلى الحالة العظمى في مخرج الجابية .
٣. الذروة (Peak)P : النقطة الواقعة بين نقطتي الانقلاب B و C .

٤. الطرف الهابط (منحني الانحسار) (Recession Limb) CD : إن منحني الانحسار يمتد من نقطة الانقلاب في نهاية قطعة الحافة إلى وقت بدء أو شروع الماء الأرضي بالجريان ويمثل لنا عملية سحب الماء من الخزين الذي تم خزنه في الجابية خلال المرحلة الأولى من الهيدروغراف.
- إن نقطة البداية لمنحني الانحسار (أي نقطة الانقلاب الثانية) تمثل حالة الخزين الأعظم وحيث أن نفاذ الخزين يحدث بعد توقف سقوط الأمطار، لذلك فإن شكل هذا الجزء من الهيدروغراف لايعتمد على خصائص العاصفة المطرية بل يعتمد اعتماداً كلياً على خصائص الجابية.

جامعة ديالى / كلية الزراعة / قسم علوم التربة والموارد المائية
الهيدرولوجي والموارد المائية / المرحلة الرابعة
أ.م. د. احمد بهجت خلف

٥. وقت الذروة t_p (Peak Time) : الوقت من النقطة A حتى نقطة P .

٦. زمن القاعدة t_B (Base Time)

إن الهيدروغراف يمثل حالات السيح بأشكالها الثلاثة:

١. السيح السطحي Surface Runoff ٢. الجريان البيني Inter Flow ٣. الجريان القاعدي Base Flow

كذلك يتضمن التأثيرات الكاملة للاختلافات الكبيرة بين خصائص الحوض و خصائص العاصفة المطرية ، لذلك فإن عاصفتين مطريتين تسقطان على حوضٍ واحد لهما هيدروغراف يختلف فيها الواحد عن الآخر ، وبالمثل فإن العواصف المتشابهة في جابيتين تنتج لنا هيدروغرافاً الواحد فيها مختلف عن الآخر .
وعلى هذا الأساس فإن فحص عدد من سجلات هيدروغراف الفيضان للمجاري المائية ، يلاحظ أن قسماً منها يحتوي على عدة ذروات للفيضان في حين أن الهيدروغراف البسيط يحتوي على ذروة واحدة كما في الشكل السابق.

٢.٥. العوامل المؤثرة على هيدروغراف الفيضان :

إن العوامل المؤثرة على شكل الهيدروغراف من الممكن تصنيفها إلى:

أولاً: عوامل الجغرافية الطبيعية :

١. خواص الحوض

أ. شكل الحوض: يؤثر الشكل في الوقت الذي يستغرقه الماء حتى يصل من الأجزاء البعيدة من الجالبية إلى

مخرجها، وبناءً عليه فإن نقطة الذروة و شكل الهيدروغراف يتأثر بصورة مباشرة بشكل الحوض.

ب. حجم الحوض: إن الأحواض الصغيرة تتصرف على نحوٍ مختلف عن الأحواض الكبيرة وخاصةً بالنسبة إلى طبيعة

وأهمية الحالات المختلفة للسيح، وفي الجوابي الصغيرة فإن حالة الجريان و الشدة المطرية تلعبان دوراً مهماً في

تحديد ذروة الفيضان في مثل هذه الجوابي. أما في الكبيرة منها فإن هذه التأثيرات تكون مخفية ويكون نوع الجريان

السائد ه الجريان في القناة.

جامعة ديالى / كلية الزراعة / قسم علوم التربة والموارد المائية
الهيدرولوجي والموارد المائية / المرحلة الرابعة
أ.م. د. احمد بهجت خلف

ج. الميل : إن ميل المجرى المائي الرئيسي يعد أحد الأمور المؤثرة على سرعة الجريان في القناة ، وحيث أن منحني الإنحسار في الهيدروغراف يمثل نرف الخزين (depletion of storage) من الجابية فإن من العوامل التي لها تأثير واضح على ذلك ميل القناة للمجري المائي ، حيث كلما كان الميل كبيراً فإن نرف الخزين يكون سريعاً وميل منحني الإنحسار يصبح شديداً وكنتيجة لذلك يكون وقت القاعدة للهيدروغراف صغيراً.

د. كثافة البزل : هي النسبة بين مجموع أطوال القنوات الموجودة بالجابية إلى المساحة الكلية للجابية ، وكلما كانت كثافة البزل عالية فإن ذروة التصريف تكون عالية وفي حالة كون كثافة البزل قليلة فإن الجريان فوق سطح الأرض هو السائد و الهيدروغراف الناتج له ذروة تصريف واطئة وطرف صاعد بطيء ، كما إن قطعة الحافة تكون عريضة نسبياً.

هـ . طبيعة الوديان

و. الإرتفاع

٢. خصائص الترشيح :

أ. إستعمالات الأرض و الغطاء النباتي : إن وجود الغطاء النباتي يزيد من نفاذية التربة ومن السعة الخزنية لها أي إن إستيعابها للماء بكمية أكبر، وفضلاً عن ذلك فإنها تعمل على تأخير جريان الماء فوق سطح الأرض ، وعلى هذا الأساس فإن الغطاء النباتي يقلل ذروة الجريان و هذا التأثير يكون واضحاً في الجوابي التي تقل مساحتها عن ١٥٠ كم^٢ ويكون تأثيره كبيراً جداً في حالة الأمطار القليلة.

ب. نوع التربة و الظروف الجيولوجية

ج. وجود البحيرات والمستنقعات ومناطق الخزن الأخرى

٣. خصائص القناة : مثل مقطع الخشونة و السعة الخزنية.

ثانياً: العوامل المناخية :

١. خصائص العاصفة المطرية من حيث الشدة و الإستدامة وإتجاه حركة العاصفة المطرية

حيث أن ذروة و حجم السيح السطحي تتناسب طردياً مع شدة وإستدامة العاصفة المطرية، كما إن حركتها من أعلى الجابية إلى أسفلها فإن هذا يعني أن تركيزاً عالياً و سريعاً للجريان يمكن أن يحصل في مخرج الجابية وينتج لنا هيدروغرافاً له ذروة فيضان واطئة ووقت القاعدة فيه طويل.

٢. الضائعات الإبتدائية

٣.٥. معادلة منحنى الإنحسار . Recession Curve Eq. :

إشتق بارنس (عام ١٩٤٠) معادلة منحنى الإنحسار:

$$Q_t = Q_o K_r^t \dots\dots (1)$$

Q_t : التصريف في الزمن t

Q_o : التصريف الأولي

K_r : ثابت الإنحسار ($K_r < 1$)

المعادلة أعلاه يمكن كتابتها بصورة أسية:

$$Q_t = Q_o e^{-at} \dots\dots (2)$$

$$a = - \ln K_r$$

$$K_r = k_{rs} \cdot k_{ri} \cdot k_{rb}$$

$k_{rs} =$ ثابت إنحسار الجريان السطحي $= 0.05 - 0.2$ ، $k_{ri} =$ ثابت إنحسار الجريان البيني $= 1$

$k_{rb} =$ ثابت إنحسار الجريان القاعدي $= ٠.٩٩$

مثال (١) / الأرقام أدناه تمثل جزء الإنحسار من هيدروغراف الفيضان ، المطلوب حساب معامل إنحسار الجريان القاعدي و الجريان السطحي ، علماً بأن الوقت هو من النقطة التي وصل فيها الهيدروغراف الذروة . أفرض أن مركبة الجريان البيني ملغية.

التصريف (m^3/s)	الوقت من الذروة (day)	التصريف (m^3/s)	الوقت من الذروة (day)
٣.٨	٤	٩٠	٠
٣	٤.٥	٦٦	٠.٥

جامعة ديالى / كلية الزراعة / قسم علوم التربة والموارد المائية
الهيدرولوجي والموارد المائية / المرحلة الرابعة
أ.م. د. احمد بهجت خلف

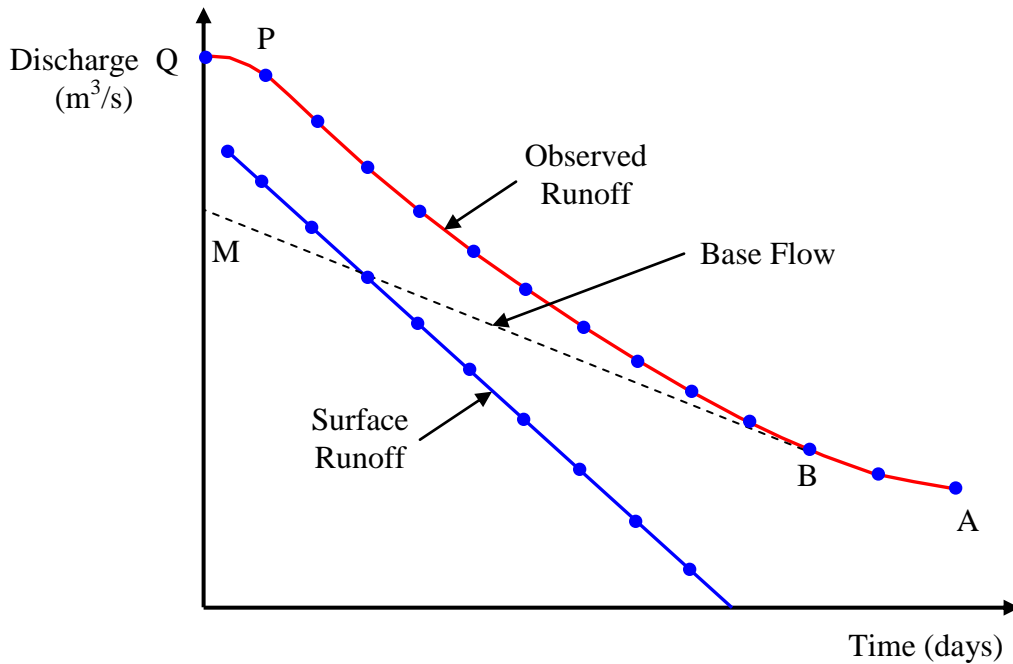
٢.٦	٥	٣٤	١
٢.٢	٥.٥	٢٠	١.٥
١.٨	٦	١٣	٢
١.٦	٦.٥	٩	٢.٥
١.٥	٧	٦.٧	٣
		٥	٣.٥

الحل /

يتم تعيين هذه المعلومات على مقياس نصف لوغاريتمي يكون فيها التصريف على مقياس اللوغاريتم كما في الشكل. جزء المنحني AB والذي رسم على خط مستقيم يمثل الجريان القاعدي . الجريان السطحي إنتهى في النقطة B بعد ٥ أيام من الذروة.

من معادلة (١) :

$$Q_t / Q_o = K_{rb}^t \implies \log K_{rb} = \frac{1}{t} \log (Q_t / Q_o)$$



من الشكل ، لو أخذنا :

$$Q_o = 6.6 \text{ m}^3/\text{s} , \quad t = 2 \text{ days} , \quad Q_t = 4 \text{ m}^3/\text{s}.$$

جامعة ديالى / كلية الزراعة / قسم علوم التربة والموارد المائية
الهيدرولوجي والموارد المائية / المرحلة الرابعة
أ.م. د. احمد بهجت خلف

$$\log K_{rb} = \frac{1}{2} \log (\epsilon / 6.6) \implies K_{rb} = 0.78$$

$$Q_o = 26 \text{ m}^3/\text{s} \quad , \quad t = 2 \text{ days} \quad , \quad Q_t = 2.25 \text{ m}^3/\text{s}.$$

$$\log K_{rs} = \frac{1}{2} \log (2.25 / 26) \implies K_{rs} = 0.29$$

$$K_r = 0.29 * 0.78 * 1 = 0.226$$

٤.٥ . فصل الجريان القاعدي Base Flow Separation:

في دراسة وتحليل الهيدروغراف ، نجد أن العلاقة بين هيدروغراف الجريان السطحي و المطر المؤثر (أي المطر مطروحاً منه الضائعات) تظهر على نحو واضح وإن هيدروغراف الجريان السطحي نحصل عليه من الهيدروغراف الكلي وذلك بفصل الجريان السريع عن الجريان البطيء. ومن المعتاد أن نعتبر الجريان البيئي جزءاً من الجريان السطحي أي أنه واقع ضمن الجريان السريع، ولهذا فإنه يتم طرح الجريان القاعدي من الهيدروغراف الكلي للعاصفة لكي نحصل على هيدروغراف الجريان السطحي، وهناك ثلاث طرق تستعمل لفصل الجريان القاعدي :

الطريقة الأولى : طريقة الخط المستقيم:

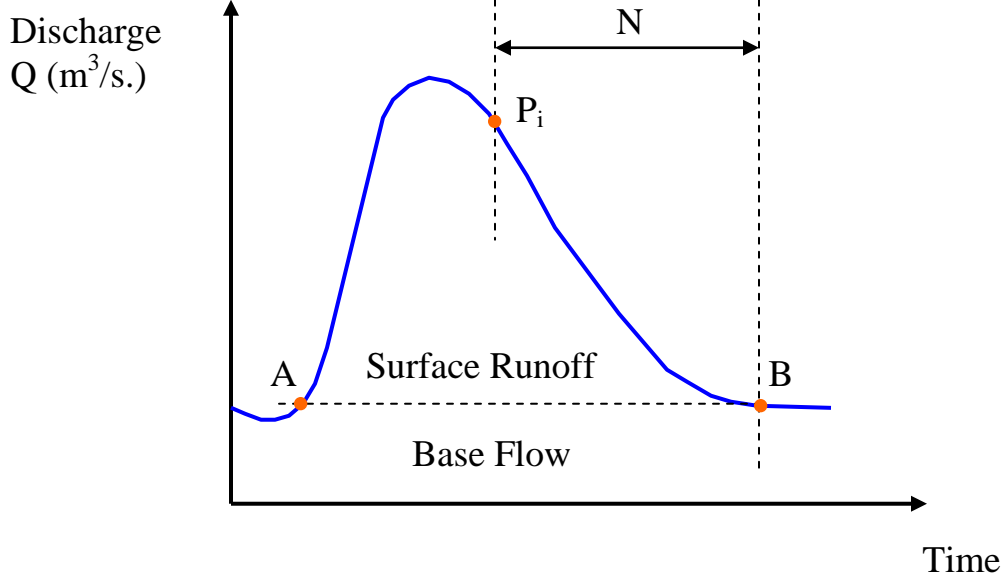
يتم فصل الجريان القاعدي وذلك بوصل بداية السطح السطحي بخط مستقيم على الطرف الهابط والتي تمثل نهاية السطح المباشر، وكما في الشكل فإن نقطة A تمثل بداية السطح المباشر وهي عادةً يمكن تحديدها بسهولة حيث أنها تمثل التغير الحاد في معدل السطح في تلك النقطة. أما النقطة B فتمثل نهاية السطح المباشر وهي صعبة التعيين بالضبط وهناك معادلة تجريبية لتحديد الفترة الزمنية N (باليوم) من نقطة الانقلاب P_i إلى النقطة B وهي:

$$N = 0.83 A^{0.2}$$

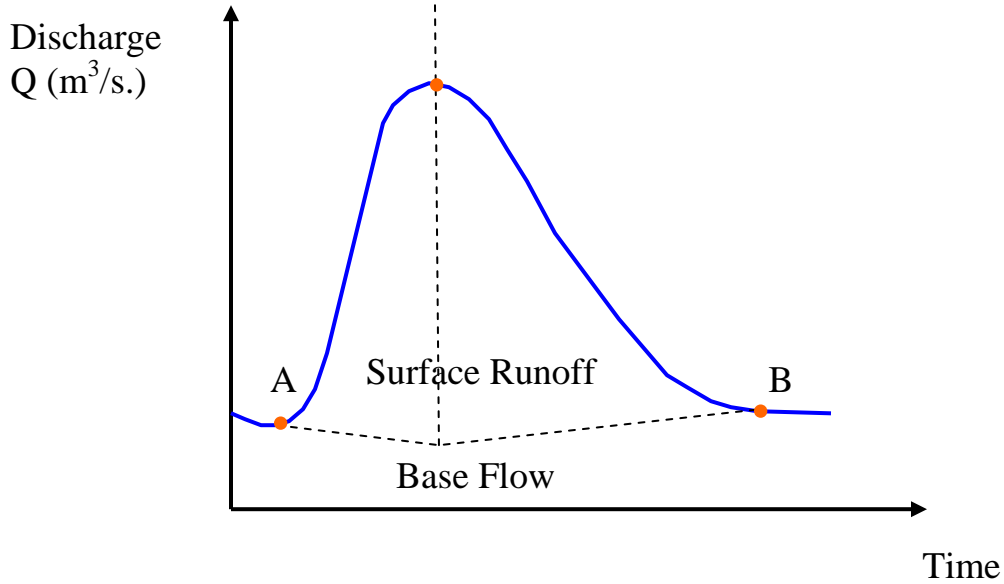
A : المساحة الموزولة (كم^٢)

حيث توصل النقطتان A و B بخط مستقيم لفصل الجريان القاعدي عن السطح السطحي

جامعة ديالى / كلية الزراعة / قسم علوم التربة والموارد المائية
الهيدرولوجي والموارد المائية / المرحلة الرابعة
أ.م. د. احمد بهجت خلف

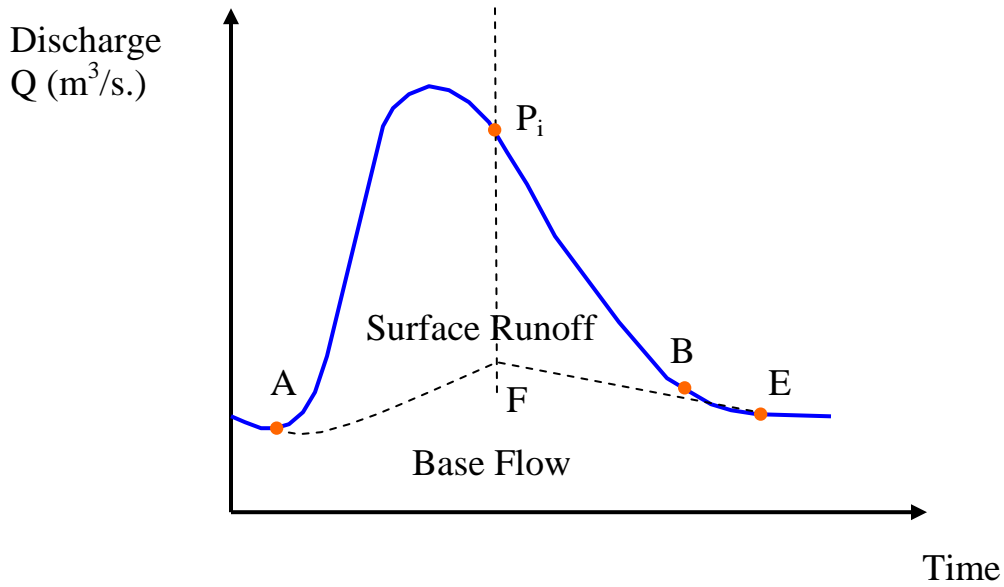


الطريقة الثانية: في هذه الطريقة فإن منحنى الجريان القاعدي السابق لبدء السيل السطحي يتم تمديده حتى يتقاطع مع الإحداثي المرسوم من نقطة الذروة (النقطة C) وهذه النقطة يتم ربطها مع النقطة B بخط مستقيم والقطع AC و BC تعين الجريان القاعدي و السيل السطحي.



جامعة ديالى / كلية الزراعة / قسم علوم التربة والموارد المائية
الهيدرولوجي والموارد المائية / المرحلة الرابعة
أ.م. د. احمد بهجت خلف

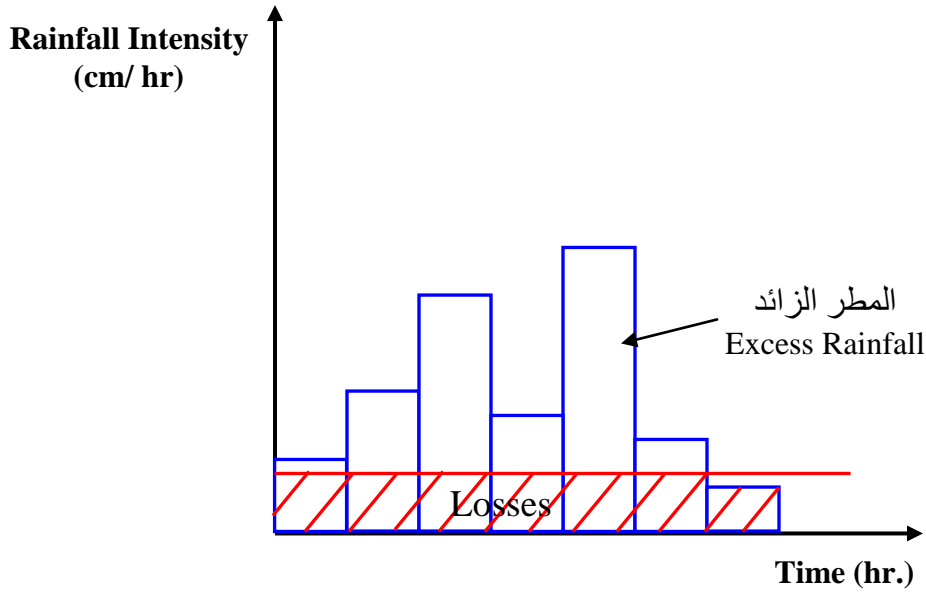
الطريقة الثالثة : في هذه الطريقة فإن منحنى الإنحسار العائد للجريان الأرضي يتم تمديده إلى الخلف حتى يتقاطع مع الخط النازل من نقطة الانقلاب P_i (الخط EF) والنقطتان A و F يتم وصلهما بمنحنى يتم رسمه على نحو تقريبي.



5.5. المطر المؤثر Effective Rain:

لأغراض ربط هيدروغراف السيج المباشر مع المطر الساقط والذي ينتج الجريان فإن هيدروغراف المطر الساقط يتم تعديله بطرح الضائعات منه ، والشكل أدناه يبين لنا هيدروغراف عاصفة مطرية حيث أن الضائعات البدائية و ضائعات النفاذية يتم طرحها منه ولهذا فإن الهيدروغراف الناتج يعرف بهيدروغراف المطر المؤثر (ERH).

جامعة ديالى / كلية الزراعة / قسم علوم التربة والموارد المائية
الهيدرولوجي والموارد المائية / المرحلة الرابعة
أ.م. د. احمد بهجت خلف



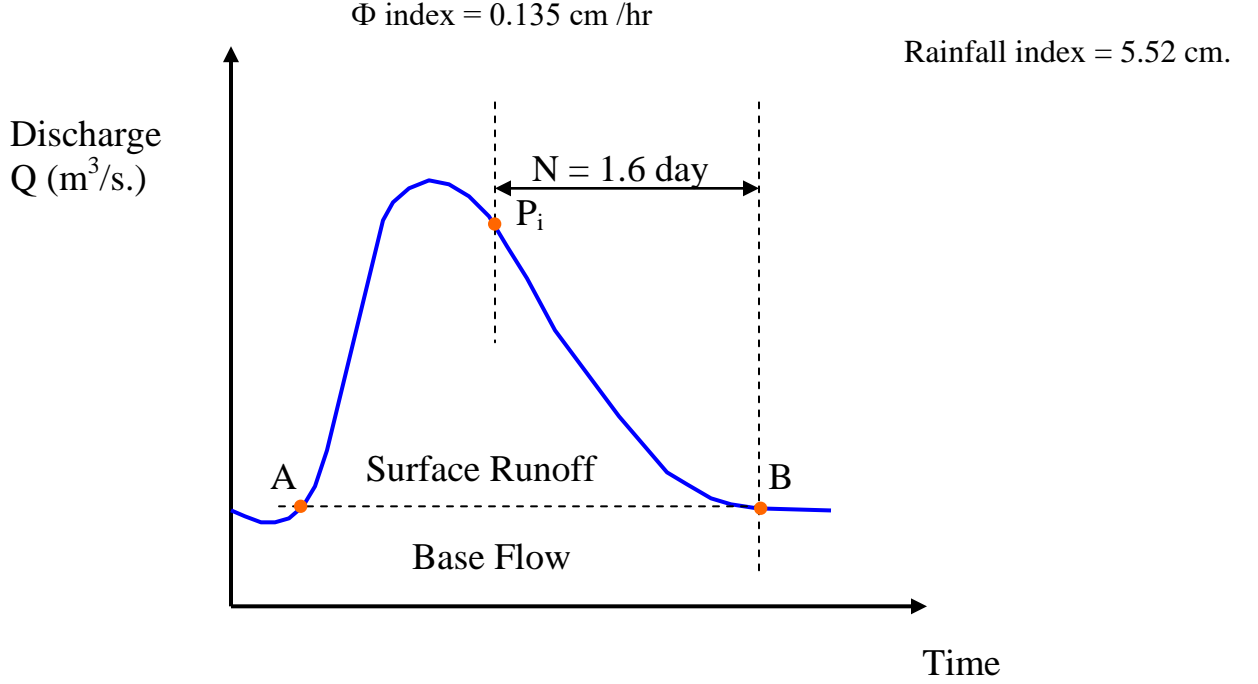
ملاحظة / إن كلا الهيدروغرافين (DRH و ERH) يمثلان نفس الكمية الكلية ولكن بوحدة مختلفة ، حيث تكون وحدات الـ (ERH) بالـ (cm/hr) وعندما ترسم ضد الوقت فإن مساحة المنحني الناتج عند ضربه بمساحة الجابية فإن الناتج يمثل الحجم الكلي للسبح المباشر والتي هي في الوقت نفسه تمثل مساحة الـ (DRH).

مثال (٢) / الأمطار التي قيمتها ٣.٨ و ٢.٨ سم حدثت خلال إستدامة متعاقبة فترتها ٤ ساعة و على مساحة مقدارها ٢٧ كم^٢ وأنتجت الهيدروغراف التالي للجريان في نقطة تصريف الجابية ، ضمن الزيادة المطرية و قيمة المؤشر Φ ؟

٦٦	٦٠	٥٤	٤٨	٤٢	٣٦	٣٠	٢٤	١٨	١٢	٦	٠	-6	الوقت من بداية سقوط المطر (hr)
٤.٥	٤.٥	٥	٥	٧	٩	١٢	١٦	٢١	٢٦	١٣	٥	٦	الجريان الملاحظ (m ³ /s)

جامعة ديالى / كلية الزراعة / قسم علوم التربة والموارد المائية
الهيدرولوجي والموارد المائية / المرحلة الرابعة
أ.م. د. احمد بهجت خلف

الحل / باستخدام طريقة الخط المستقيم لفصل الجريان القاعدي



$$N = 0.83 (27)^{0.2} = 1.6 \text{ day} = 38 \text{ hr.}$$

نقطة الانقلاب عندما $(t = 0)$ وبداية الـ (DRH) عندما $(t = 0)$ كما إنه ينتهي عندما $(t = 48)$ أي أن الزمن الكلي لـ N :

$$\text{Time of } N = 48 - 16 = 32 \text{ hr.}$$

وهي قيمة ملائمة أكثر من $(N = 38)$ ، إذن وقت الـ DRH الكلي من $t = 0$ و لغاية $t = 48$ من خلال الرسم، طريقة الخط المستقيم تعطينا قيمة ثابتة للجريان القاعدي مقدارها $0.135 \text{ م}^3/\text{ثا}$

$$\text{DRH الـ حجم} = 6 \cdot 60 \cdot 60 [0.5 \cdot 8 + 0.5(8+21) + 0.5(21+16) + 0.5(16+11) + 0.5(11+7) + 0.5(7+4) + 0.5(4+2) + 0.5(2)]$$

$$= 1.4904 \cdot 10^6 \text{ m}^3$$

$$\text{Depth of Runoff} = \text{Runoff vol.} / \text{Area} = 1.4904 \cdot 10^6 / 27 \cdot 10^6 = 5.52 \text{ cm. (المطر الفائض)}$$

$$\text{Total Rainfall} = 2.8 + 3.8 = 6.6 \text{ cm.}$$

$$\text{Time of Duration} = 8 \text{ hr.}$$

جامعة ديالى / كلية الزراعة / قسم علوم التربة والموارد المائية
الهيدرولوجي والموارد المائية / المرحلة الرابعة
أ.م. د. احمد بهجت خلف

$$\Phi \text{ index} = (6.6 - 5.52) / 8 = 0.135 \text{ cm/hr.}$$

٦.٥. الهيدروغراف القياسي Unit Hydrograph:

هو هيدروغراف السيج المباشر والناتج عن وحد عمق (١) سم للمطر الزائد والتي تحدث بشكل منتظم ولإستدامة معروفة مقدارها (D - ساعة) فوق الجابية. وإن تعريف الهيدروغراف القياسي يتضمن ما يأتي:

١. إن الهيدروغراف القياسي يمثل رد فعل الجابية الطبيعي لكمية الأمطار الزائدة ذات الإستدامة D - ساعة لإنتاج هيدروغراف السيج المباشر. وبما أن عمق ١ سم من الأمطار الزائدة يمكن إعتبره، فإن المساحة تحت الهيدروغراف القياسي ستكون مساوية إلى الحجم الذي ينتجه ١ سم فوق الجابية.

٢. إن الزيادة بالأمطار يفترض بأن لها معدل للشدة قيمته $\frac{1}{D}$ سم / ساعة بالنسبة لإستدامة العاصفة.

٣. توزيع العاصفة يمكن إعتبره منتظماً فوق الجابية.

و بصورة عامة، فإن إشتقاق الـ DRH من الـ UH يتم على أساس ضرب إحداثيات الأخير بالمطر المؤثر:

$$\text{DRH} = \text{UH} * \text{ER}$$

٧.٥. فرضيات الهيدروغراف القياسي Unit Hydrograph Assumptions:

١. إن السيج المباشر في الجابية لعاصفة مطرية مؤثرة يكون الوقت فيها ثابتاً.

٢. إن العلاقة بين السيج المباشر و الأمطار الزائدة هي علاقة خطية ، حيث تزداد المساحة الناتجة من هيدروغراف السيج المباشر وذلك ب ضرب إحداثيات الـ UH بوحدات العمق المؤثر.

مثال (٣) / المعلومات التالية هي إحداثيات ٦ - ساعة هيدروغراف قياسي لجابية ، إ حسب الإحداثيات الرأسية لهيدروغراف السيج المباشر بسبب الزيادة المطرية ٣.٥ سم التي تحدث خلال ٦ ساعة ؟

الوقت (hr.)	٠	٣	٦	٩	١٢	١٥	١٨	٢٤	٣٠	٣٦	٤٢	٤٨	٥٤	٦٠	٦٦
إحداثيات UH (m3/s)	٠	٢٥	٥٠	٨٥	١٢٥	١٦٠	١٨٥	١٦٠	١١٠	٦٠	٣٦	٢٥	١٦	٨	٠

الحل /

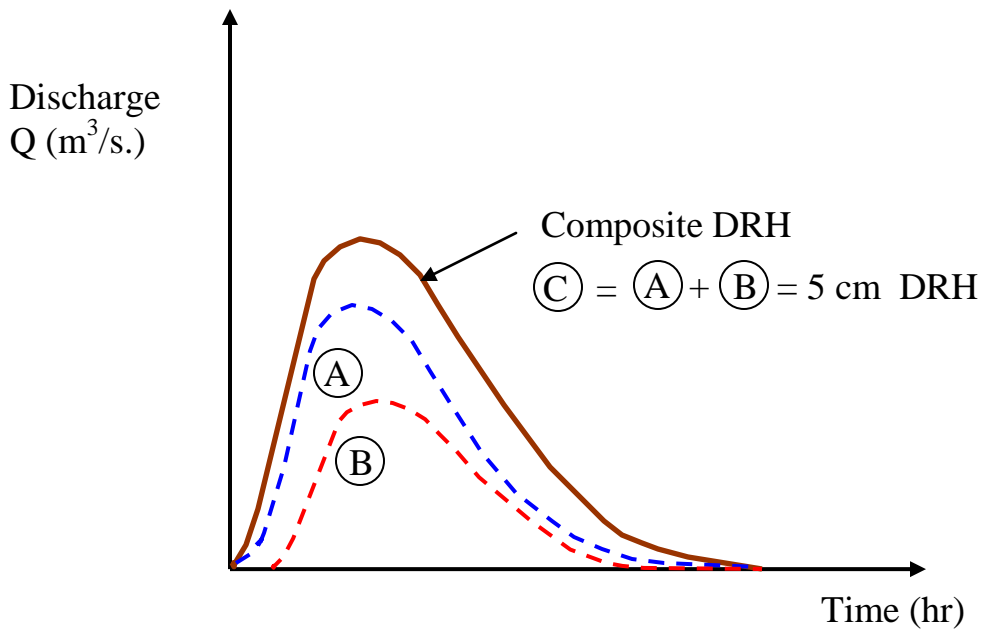
جامعة ديالى / كلية الزراعة / قسم علوم التربة والموارد المائية
الهيدرولوجي والموارد المائية / المرحلة الرابعة
أ.م. د. احمد بهجت خلف

الوقت (hr.)	٠	٣	٦	٩	١٢	١٥	١٨	٢٤	٣٠	٣٦	٤٢	٤٨	٥٤	٦٠	٦٦
إحداثيات UH (m3/s)	٠	٢٥	٥٠	٨٥	١٢٥	١٦٠	١٨٥	١٦٠	١١٠	٦٠	٣٦	٢٥	١٦	٨	٠
إحداثيات DRH (m3/s)	٠	٨٧.٥	١٧٥	٢٩٧.٥	٤٣٧.٥	٥٦٠	٦٤٧.٥	٥٦٠	٣٨٥	٢١٠	١٢٦	٨٧.٥	٥٦	٢٨	٠

مثال (٤) / عاصفتان مطريتان مدة كل منهما ٦ ساعة ولهما زيادة في الأمطار قيمتهما ٣ و ٢ سم بالتعاقب حدثت الواحدة بعد الأخرى ، والمطرة التي قيمتها ٢ سم مطر مؤثر حدثت بعد المطرة ٣ سم . الهيدروغراف القياسي للجابية و الذي مدته ٦ ساعة هو معطى في المثال السابق . احسب الـ DRH الناتج .
الحل /

DRH – 5 cm إحداثيات (m3/s)	DRH – 2 cm إحداثيات (m3/s)	DRH – 3 cm إحداثيات (m3/s)	إحداثيات UH (m3/s)	الوقت (ساعة)
٠	٠	٠	٠	٠
٧٥	٠	٧٥	٢٥	٣
١٥٠	٠	١٥٠	٥٠	٦
٣٠٥	٥٠	٢٥٥	٨٥	٩
٤٧٥	١٠٠	٣٧٥	١٢٥	١٢
٦٥٠	١٧٠	٤٨٠	١٦٠	١٥
٨٠٥	٢٥٠	٥٥٥	١٨٥	١٨
(837.5)	(320)	(517.5)	(172.5)	(21)
٨٥٠	٣٧٠	٤٨٠	١٦٠	٢٤
٥٥٠	٣٢٠	٣٣٠	١١٠	٣٠
٤٠٠	٢٢٠	١٨٠	٦٠	٣٦
٢٢٨	١٢٠	١٠٨	٣٦	٤٢
١٤٧	٧٢	٧٥	٢٥	٤٨
٩٨	٥٠	٤٨	١٦	٥٤
٥٦	٣٢	٢٤	٨	٦٠
(24.1)	(16)	(8.1)	(2.7)	(66)
(10.6)	(10.6)	٠	٠	٦٩
٠	٠	٠	٠	٧٥

جامعة ديالى / كلية الزراعة / قسم علوم التربة والموارد المائية
الهيدرولوجي والموارد المائية / المرحلة الرابعة
أ.م. د. احمد بهجت خلف



مثال (٥) / معدل العاصفة المطرية فوق جابية في ثلاث فترات متعاقبة ولإستدامة ٦ ساعة قيمها كانت على التوالي ٣.٥ و ٧.٥ و ٥.٥ سم. معدل الضياع للعاصفة المطرية (المؤشر Φ) الساقطة على جابية تم تخمينه بـ ٠.٢٥ سم / ساعة . إستعمل الوقت ٦ ساعة للإحداثيات الرأسية لمخطط الماء القياسي للمثال السابق ، خمن هيدروغراف السيج المباشر . إذا تم إفتراض أن قيمة الجريان القاعدي هي ١٥ م^٣/ثا في البداية وتزداد ٢ م^٣/ثا كل ١٢ ساعة حتى نهاية هيدروغراف السيج المباشر. خمن هيدروغراف الفيضان الناتج.

الحل / إن هيتوغراف الفيضان المؤثر تم حسابه كما في الجدول الآتي :

الفترة	أول ٦ ساعة	ثاني ٦ ساعة	ثالث ٦ ساعة
عمق المطر (سم)	٣.٥	٧.٥	٥.٥
معدل الضائعات لـ ٦ ساعة (سم)	١.٥	١.٥	١.٥
المطر المؤثر (سم)	٢	٦	٤

جامعة ديالى / كلية الزراعة / قسم علوم التربة والموارد المائية
 الهيدرولوجي والموارد المائية / المرحلة الرابعة
 أ.م. د. احمد بهجت خلف

الوقت	إحداثيات UH	العمود ٢ * ٢	العمود ٢ * ٢ يتقدم ٦ ساعة	العمود ٢ * ٢ يتقدم ١٢ ساعة	الإحداثي النهائي DRH (٥+٤+٣)	الجريان القاعدي	هيدروغراف الفيضان (٧+٦)
١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨
٠	٠	٠	٠	٠	٠	١٥	١٥
٣	٢٥	٥٠	٠	٠	٥٠	١٥	٦٥
٦	٥٠	١٠٠	٠	٠	١٠٠	١٥	١١٥

**جامعة ديالى / كلية الزراعة / قسم علوم التربة والموارد المائية
الهيدرولوجي والموارد المائية / المرحلة الرابعة
أ.م. د. احمد بهجت خلف**

٢٣٥	١٥	٣٢٠	٠	١٥٠	١٧٠	٨٥	٩
٥٦٧	١٧	٥٥٠	٠	٣٠٠	٢٥٠	١٢٥	١٢
٩٤٧	١٧	٩٣٠	١٠٠	٥١٠	320	١٦٠	١٥
١٣٣٧	١٧	١٣٢٠	٢٠٠	٧٥٠	٣٧٠	١٨٥	١٨
(1662)	(17)	(1645)	(340)	(960)	(345)	(172.5)	(21)
١٩٤٩	١٩	١٩٣٠	٥٠٠	١١١٠	٣٢٠	١٦٠	٢٤
(1964)	(19)	(1945)	(640)	(1035)	(270)	(135)	(27)
١٩٣٩	١٩	١٩٢٠	٧٤٠	٩٦٠	٢٢٠	١١٠	٣٠
١٤٤١	٢١	١٤٢٠	٦٤٠	٦٦٠	١٢٠	٦٠	٣٦
٨٩٣	٢١	٨٧٢	٤٤٠	٣٦٠	٧٢	٣٦	٤٢
٥٢٩	٢٣	٥٠٦	٢٤٠	٢١٦	٥٠	٢٥	٤٨
٣٤٩	٢٣	٣٢٦	١٤٤	١٥٠	٣٢	١٦	٥٤
٢٣٧	٢٥	٢١٢	١٠٠	٩٦	١٦	٨	٦٠
(142)	(25)	(117)	(64)	(48)	(5.4)	(2.7)	٦٦
-	-	-	-	-	-	-	٦٩
٧٥	٢٧	٤٨	٣٢	١٦	٠	٠	٧٢
-	-	-	-	-	-	-	٧٥
٣٨	٢٧	(11)	(10.8)	٠	٠	٠	٧٨
٢٧	٢٧	٠	٠	٠	٠	٠	٨١
٢٧	٢٧	٠	٠	٠	٠	٠	٨٤

٨.٥. اشتقاق الهيدروغراف القياسي Unit Hydrograph Derivation:

هي عملية إيجاد إحداثيات الهيدروغراف القياسي وذلك بقسمة إحداثيات الـ DRH على قيمة المطر المؤثر والنتاج من إيجاد المساحة تحت منحني DRH وقسمته على مساحة الجابية.

إن فرضيات هيدروغراف الفيضان المستعمل في التحليل يمكن إختياره لكي يواجه النقاط المرغوبة الآتية:

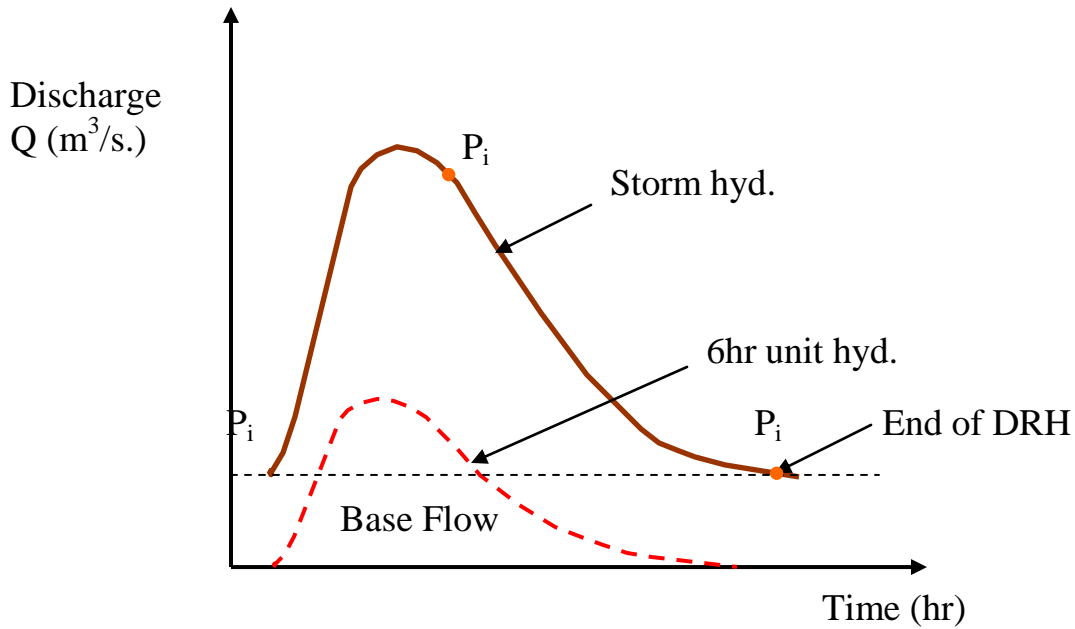
١. الأمطار يجب أن تكون منتظمة خلال مدة إستدامتها ويجب أن تغطي مساحة الجابية.
٢. العاصفة المطرية يجب أن تكون معزولة وتحدث بصورة فردية.
٣. الأمطار الزائدة للعاصفة المطرية المختارة تكون عالية كما إن مدى قيمها يتراوح من ١ - ٤ سم.

جامعة ديالى / كلية الزراعة / قسم علوم التربة والموارد المائية
الهيدرولوجي والموارد المائية / المرحلة الرابعة
أ.م. د. احمد بهجت خلف

مثال (٦) / المعلومات الآتية هي الإحداثيات الرأسية لهيدروغراف عاصفة مطرية لنهر بيزل مساحة مقدارها ٤٣٢ كم^٢ نتيجة ٦ ساعة عاصفة مطرية منفصلة. اشتق الإحداثيات الرأسية لهيدروغراف قياسي قدره ٦ ساعة ؟

٤٨	٤٢	٣٦	٣٠	٢٤	١٨	١٢	٦	٠	-6	الوقت من بداية العاصفة المطرية (hr)
٤٧.٥	٥٩	٧١	٨٥	١٠٢.٥	١١٥.٥	٨٧.٥	٣٠	١٠	١٠	التصريف (m ³ /s)
	١٠.٢	٩٦	٩٠	٨٤	٧٨	٧٢	٦٦	٦٠	٥٤	الوقت من بداية العاصفة المطرية (hr)
	١٢	١٢	١٢.٥	١٥	١٧.٥	٢١.٥	٢٦	٣١.٥	٣٩	التصريف (m ³ /s)

الحل/



A = بداية DRH عندما $t = 0$ و B = نهاية DRH عندما $t = 90$ ساعة
 P_i = نقطة الانقلاب عندما $t = 24$ ساعة $\leftarrow N = 24 - 90 = 66$ ساعة = 2.75 يوم
 $N = 0.83 * (423)^{0.2} = 2.78$ يوم (٢.٧٥ يوم أفضل)

جامعة ديالى / كلية الزراعة / قسم علوم التربة والموارد المائية
الهيدرولوجي والموارد المائية / المرحلة الرابعة
أ.م. د. احمد بهجت خلف

الإحداثيات الرأسية لـ ٦ ساعة مخطط ماء قياسي (m ³ /s) العمود ٣ ÷ ٤	الإحداثيات الرأسية لـ (m ³ /s) DRH	الجريان القاعدي (m ³ /s)	الإحداثيات الرأسية لهيدروغراف العاصفة (m ³ /s)	الوقت من بداية النخلة المطرية (hr)
٥	٤	٣	٢	١
٠	٠	١٠	١٠	-٦
٠	٠	١٠	١٠	٠
٦.٧	٢٠	١٠	٣٠	٦
٢٥.٧	٧٧	١٠.٥	٨٧.٥	١٢
٣٣.٧	١٠١	١٠.٥	١١١.٥	١٨
٣٠.٧	٩٢	١٠.٥	١٠٢.٥	٢٤
٢٤.٧	٧٤	١١	٨٥	٣٠
٢٠	٦٠	١١	٧١	٣٦
١٦	٤٨	١١	٥٩	٤٢
١٢	٣٦	١١.٥	٤٧.٥	٤٨
٩.٢	٢٧.٥	١١.٥	٣٩	٥٤
٦.٦	٢٠	١١.٥	٣١.٥	٦٠
٤.٦	١٤	١٢	٢٦	٦٦
٣.٢	٩.٥	١٢	٢١.٥	٧٢
١.٨	٥.٥	١٢	١٧.٥	٧٨
٠.٨	٢.٥	١٢.٥	١٥	٨٤
٠	٠	١٢.٥	١٢.٥	٩٠
٠	٠	١٢	١٢	٩٦
٠	٠	١٢	١٢	١٠٢

$$\Sigma ٥٨٧ \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{عمق السيلج} = (١٠.٦ * ٤٢٣) / (٣٦٠.٠ * ٦ * ٥٨٧) = ٣ \text{ سم}$$

مثال (٧) / خمن ذروة هيدروغراف ٣ ساعة قياسي ، إذا علمت أن ذروة هيدروغراف الفيضان الناتجة بسبب ٣ ساعة مطر مؤثر هي ٢٧٠ م^٣/ثا وإن معدل عمق المطر يساوي ٥.٩ سم ، أفرض أن معدل ضائعات النفاذية يساوي ٠.٣ سم / ساعة وإن الجريان القاعدي قيمته ثابتة و يساوي ٢٠ م^٣ / ثا ؟
الحل /

جامعة ديالى / كلية الزراعة / قسم علوم التربة والموارد المائية
الهيدرولوجي والموارد المائية / المرحلة الرابعة
أ.م. د. احمد بهجت خلف

$$\begin{aligned} \text{قيمة المطر المؤثر} &= 0.3 * 3 - 0.9 = 0 \text{ سم} \\ \text{ذروة الـ DRH} &= 270 - 20 = 250 \text{ م}^3/\text{ثا} \\ \text{ذروة الـ UH} &= 3 \text{ ساعة} = 5 / 250 = 0.02 \text{ م}^3/\text{ثا} \end{aligned}$$

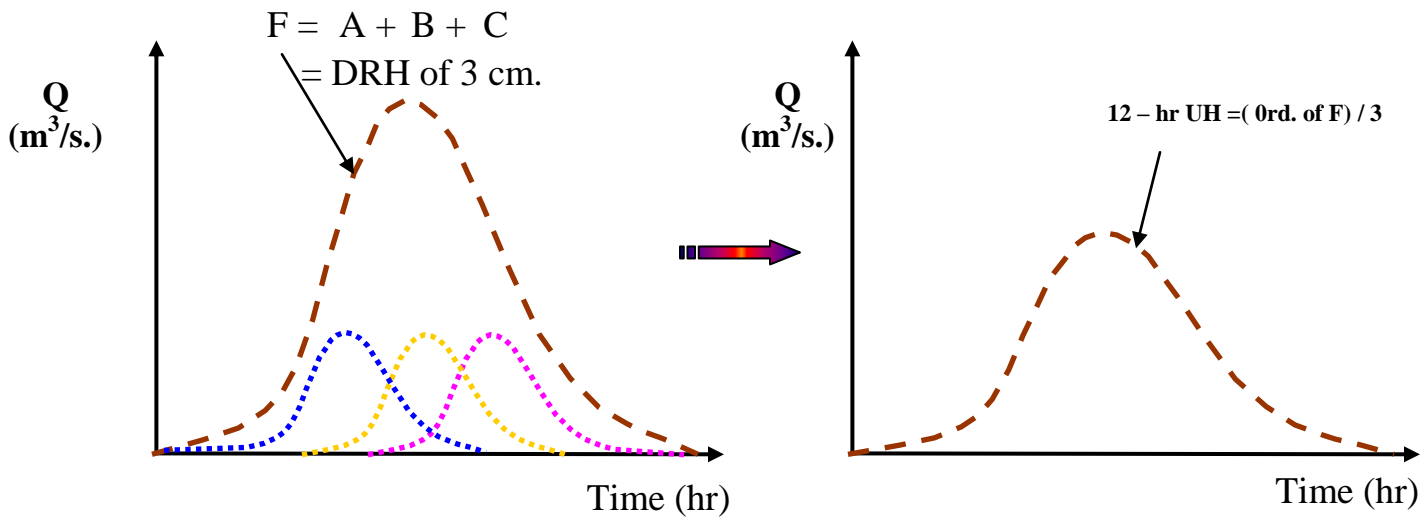
٩.٥. الهيدروغراف القياسي لإستدامات مختلفة :Unit Hydrograph for Different Duration

هنالك عدة طرق لإشتقاق مخطط الماء القياسي الذي إستدامته nD - ساعة من مخطط ماء قياسي إستدامته D - ساعة ، ومن أهم هذه الطرق :

١. طريقة الإنطباق
٢. طريقة منحنى S

١. طريقة الإنطباق : Super Position Method

إذا توافر الهيدروغراف القياسي الذي إستدامته D - ساعة وكان المطلوب هو إشتقاق مخطط الماء القياسي لـ nD - ساعة حيث n عدد صحيح ، فإنه من السهولة إنطباق n من المخططات القياسية مع كل رسم مفصول عن السابق بـ D - ساعة :



جامعة ديالى / كلية الزراعة / قسم علوم التربة والموارد المائية
الهيدرولوجي والموارد المائية / المرحلة الرابعة
أ.م. د. احمد بهجت خلف

مثال (8) / المعلومات المعطاة هي الإحداثيات الصادية لهيدروغراف قياسي إستدامته ٤ - ساعة ، إشتق الإحداثي الصادي لـ ١٢ - ساعة مخطط ماء قياسي.

إحداثيات UH - ١٢ ساعة (العمود ٥ ÷ ٣)	الأعمدة ٢+٣+٤	C يزحف بـ ٨ ساعة	B يزحف بـ ٤ ساعة	A	الوقت (ساعة)
٦	٥	٤	٣	٢	١
٠	٠	-	-	٠	٠
٦.٧	٢٠	-	٠	٢٠	٤
٣٣.٣	١٠٠	٠	٢٠	٨٠	٨
٧٦.٧	٢٣٠	٢٠	٨٠	١٣٠	١٢
١٢٠	٣٦٠	٨٠	١٣٠	١٥٠	١٦
١٣٦.٧	٤١٠	١٣٠	١٥٠	١٣٠	٢٠
١٢٣.٣	٣٧٠	١٥٠	١٣٠	٩٠	٢٤
٩٠.٧	٢٧٢	١٣٠	٩٠	٥٢	٢٨
٥٦.٣	١٦٩	٩٠	٥٢	٢٧	٣٢
٣١.٣	٩٤	٥٢	٢٧	١٥	٣٦
١٥.٧	٤٧	٢٧	١٥	٥	٤٠
٦.٧	٢٠	١٥	٥	٠	٤٤
١.٧	٥	٥	٠	-	٤٨
٠	٠	٠	-	-	٥٢

2. طريقة منحنى S : S - Curve Method

جامعة ديالى / كلية الزراعة / قسم علوم التربة والموارد المائية
الهيدرولوجي والموارد المائية / المرحلة الرابعة
أ.م. د. احمد بهجت خلف

يتم استخدام هذه الطريقة إذا كان المطلوب إشتقاق هيدروغراف قياسي إستدامته mD حيث m كسر ، والمنحني S (هيدروغراف S) هو هيدروغراف ينتج من أمطار مؤثرة و مستمرة بمعدل ثابت في زمن غير محدد.

مثال (٩) / أعد حل المثال السابق بطريقة المنحني S .

الوقت (ساعة)	إحداثيات UH-4 hr	منحني S	إحداثيات منحني S (٣+٢)	منحني S متخلف بـ ١٢ ساعة	عمود ٤ - عمود ٥	العمود ٦ ÷ (٤/١٢)
١	٢	٣	٤	٥	٦	٧
٠	٠	٠	٠	-	٠	٠
٤	٢٠	٠	٢٠	-	٢٠	٦.٧
٨	٨٠	٢٠	١٠٠	-	١٠٠	٣٣.٣
١٢	١٣٠	١٠٠	٢٣٠	٠	٢٣٠	٧٦.٧
١٦	١٥٠	٢٣٠	٣٨٠	٢٠	٣٦٠	١٢٠
٢٠	١٣٠	٣٨٠	٥١٠	١٠٠	٤١٠	١٣٦.٧
٢٤	٩٠	٥١٠	٦٠٠	٢٣٠	٣٧٠	١٢٣.٣
٢٨	٥٢	٦٠٠	٦٥٢	٣٨٠	٢٧٢	٩٠.٧
٣٢	٢٧	٦٥٢	٦٧٩	٥١٠	١٦٩	٥٦.٣

جامعة ديالى / كلية الزراعة / قسم علوم التربة والموارد المائية
الهيدرولوجي والموارد المائية / المرحلة الرابعة
أ.م. د. احمد بهجت خلف

٣١.٣	٩٤	٦٠٠	٦٩٤	٦٧٩	١٥	٣٦
١٥.٧	٤٧	٦٥٢	٦٩٩	٦٩٤	٥	٤٠
٦.٧	٢٠	٦٧٩	٦٩٩	٦٩٩	٠	٤٤
١.٧	٥	٦٩٤	٦٩٩	٦٩٩	-	٤٨
٠	٠	٦٩٩	٦٩٩	-	-	٥٢

مثال (١٠) / الإحداثيات الرأسية للهيدروغراف القياسي ٤ - ساعة مبينة أدناه . إستعمل هذه الإحداثيات و
إشتق إحداثيات مخطط هيدروغراف إستدامته ٢ - ساعة لنفس الجابية .

الحل/

العمود ٦ ÷ (٤/٢) (UH - 2hr)	عمود ٤ - عمود ٥	منحني S متخلف ب ٢ ساعة	إحداثيات منحني S (٣+٢)	منحني S	إحداثيات UH-4 hr	الوقت (ساعة)
٧	٦	٥	٤	٣	٢	١
٠	٠	-	٠	-	٠	٠
١٦	٨	٠	٨	-	٨	٢
٢٤	١٢	٨	٢٠	٠	٢٠	٤
٦٢	٣١	٢٠	٥١	٨	٤٣	٦

جامعة ديالى / كلية الزراعة / قسم علوم التربة والموارد المائية
الهيدرولوجي والموارد المائية / المرحلة الرابعة
أ.م. د. احمد بهجت خلف

٩٨	٤٩	٥١	١٠٠	٢٠	٨٠	٨
١٢٢	٦١	١٠٠	١٦١	٥١	١١٠	١٠
١٣٨	٦٩	١٦١	٢٣٠	١٠٠	١٣٠	١٢
١٥٤	٧٧	٢٣٠	٣٠٧	١٦١	١٤٦	١٤
١٤٦	٧٣	٣٠٧	٣٨٠	٢٣٠	١٥٠	١٦
١٣٨	٦٩	٣٨٠	٤٤٩	٣٠٧	١٤٢	١٨
١٢٢	٦١	٤٤٩	٥١٠	٣٨٠	١٣٠	٢٠
١٠٢	٥١	٥١٠	٥٦١	٤٤٩	١١٢	٢٢
٧٨	٣٩	٥٦١	٦٠٠	٥١٠	٩٠	٢٤
٦٢	٣١	٦٠٠	٦٣١	٥٦١	٧٠	٢٦
٤٢	٢١	٦٣١	٦٥٢	٦٠٠	٥٢	٢٨
٣٤	١٧	٦٥٢	٦٦٩	٦٣١	٣٨	٣٠
٢٠	١٠	٦٦٩	٦٧٩	٦٥٢	٢٧	٣٢
٢٠	١٠	٦٧٩	٦٨٩	٦٦٩	٢٠	٣٤
١٠	٥	٦٨٩	٦٩٤	٦٧٩	١٥	٣٦
١٠	٥	٦٩٤	٦٩٩	٦٨٩	١٠	٣٨
(0) 3	٠	٦٩٩	٦٩٩	٦٩٤	٥	٤٠
(4) 0	(2)	٦٩٩	٧٠١	٦٩٩	٢	٤٢
(-4) 0	(-2)	٧٠١	٦٩٩	٦٩٩	٠	٤٤

١٠.٥. إستعمالات و محددات الهيدروغراف القياسي:

أ. الإستعمالات:

١. في تطوير هيدروغراف الفيضان و معرفة قيمة المطر القصوى المستخدمة في تصاميم منشآت التصريف.

٢. في إستكمال سجلات الجريان بالإعتماد على سجلات المطر.

٣. لأغراض التنبؤ بالفيضان وفي إطلاق التحذيرات إعتياداً على الأمطار الساقطة.

يفترض مخطط الهيدروغراف القياسي بأن الأمطار الساقطة على جابية لها توزيع منتظم ، كذلك الشدة المطرية، فإنها يفترض أن تكون ثابتة خلال إستدامة المطر الزائد، ومن الناحية العملية فإن هذين الطرفين لا يطبقان بدقة ، حيث أنه من المعتاد أن تكون الأمطار غير منتظمة على المساحة ، و كذلك فإن الشدة مختلفة خلال فترة سقوط العاصفة المطرية

جامعة ديالى / كلية الزراعة / قسم علوم التربة والموارد المائية
الهيدرولوجي والموارد المائية / المرحلة الرابعة
أ.م. د. احمد بهجت خلف

وتحت مثل هذه الظروف فإن الهيدروغراف القياسي لا يزال يستعمل فيما إذا كان هناك توزيع مساحي متجانس للعواصف المختلفة.

على أية حال، فإن حجم المساحة يعد العامل المؤثر الأعلى على تطبيق الهيدروغراف القياسي، حيث يمكن القول أن المساحة ٥٠٠٠ كم^٢ تعد الحد الأعلى لمساحة الجابية المستعملة في تطبيقات الهيدروغراف القياسي.
ب. المحددات:

١. إن السقيط يجب أن يكون مطراً فقط وذوبان الثلوج لا يمكن تمثيلها في الهيدروغراف القياسي.
 ٢. الجابية يجب أن لا تحتوي على خزن كبير مثل الأحواض أو الصهاريج وكذلك الخزن في الضفاف الفيضانية والتي تؤثر على العلاقة الخطية بين الخزن و التصريف.
 ٣. إذا كان السقيط غير منتظم فإن نتائج الهيدروغراف القياسي تكون غير جيدة.
- و بصورة عامة، في إستعمالات الهيدروغراف لا يمكن توقع نتائج دقيقة جداً حيث أن الإختلافات في قاعدة الهيدروغراف تكون بحدود $\pm 20\%$ وفي ذروة التصريف تكون بحدود $\pm 10\%$ و تعتبر هذه النتائج مقبولة.

مثال (11) / جابية مساحتها ٢٠٠ هكتار سقطت عليها أمطار في ثلاثة أيام متعاقبة و كانت أعماق المطر هي ٧.٥ و ٢ و ٥ سم على التوالي . أفرض معدل المؤشر Φ ٢.٥ سم / يوم ، رسم التوزيع كنسبة مئوية من السيج السطحي والذي يمتد أكثر من ٦ يوم لكل عاصفة مطرية والتي إستدامتها يوم واحد هي ٥ ، ١٥ ، ٤٠ ، ٢٥ ، ١٠ ، ٥ . حدد إحداثيات تصريف الهيدروغراف بعد إهمال تصريف الجريان القاعدي.
الحل /

الوقت (day)	الأمطار (cm)	Φ (cm/day)	ER (cm)	نسبة معدل التوزيع %	توزيع السيج للمطر الزائد (cm)		
					٥	٠	٢.٥
١-٠	٧.٥	٢.٥	٥	٥	٠.٢٥	٠	٠.٢٥
٢-١	٢	٢.٥	٠	١٥	٠.٧٥	٠	٠.٧٥
٣-٢	٥	٢.٥	٢.٥	٤٠	٢	٠	٠.١٢٥
٤-٣				٢٥	١.٢٥	٠	٠.٣٧٥
٥-٤				١٠	٠.٥	٠	١
٦-٥				٥	٠.٢٥	٠	٠.٦٢٥
٧-٦				٠	٠	٠	٠.٢٥
٨-٧							٠.١٢٥
٩-٨							٠

جامعة ديالى / كلية الزراعة / قسم علوم التربة والموارد المائية
الهيدرولوجي والموارد المائية / المرحلة الرابعة
أ.م. د.احمد بهجت خلف

السيح في يوم واحد * (٢٠٠ * ١٠^٤ / ٨٦٤٠٠) = السيح في يوم واحد * ٢٣.١٤٨ م^٣ / ثا

الفصل السادس الفيضانات (Floods)

١.٧. الفيضان Flood : عبارة عن إرتفاع منسوب النهر بصورة غير عادية بحيث يطفح النهر على ضفتيه ويغرق المنطقة المجاورة. إن مخطط ماء الفيضان (الهيدروغراف) للفيضانات العالية و بيانات مناسيب المياه المقابلة لذروات الفيضان توفر معلومات و بيانات مهمة تساعد في التصميم الهيدرولوجي وفضلاً عن ذلك فإن من بين الخصائص المختلفة لهيدروغراف الفيضان، أن معيار ذروة الفيضان يعد من أهم المعايير المستخدمة وأوسعها إنتشاراً، ففي موقع معين تتغير ذروات الفيضان بين سنةٍ وأخرى و تشكل مقاديرها السلسلة الهيدرولوجية والتي من خلالها يمكن تحديد التردد لذروة الفيضان وعملياً يمكن القول أنه عند تصميم جميع المنشآت الهيدروليكية فإن تصريف الذروة لتردد (مرة واحدة لكل ١٠٠ سنة مثلاً) يعد ذا أهمية لإنشاء هذه المنشآت و تحقيق الأغراض المنشودة منها ، ولغرض حساب مقدار ذروة الفيضان تتوفر الطرق الآتية :

١. الطريقة العقلانية Rational Method

٢. الطريقة الوضعية (التجريبية) Empirical Method

٣. طريقة الهيدروغراف Hydrograph Method

٤. دراسات تردد الفيضان Flood – Frequency Studies

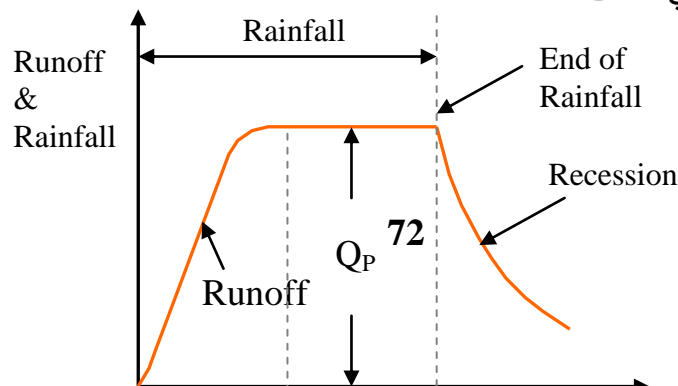
وتعتمد دراسة طريقة ما على عدة عوامل منها :

أ. الغرض المنشود ب. البيانات المتوفرة ج. أهمية المنشأ

١. الطريقة العقلانية Rational Method :

بافتراض سقوط المطر بشدة منتظمة ولفترة إستدامة طويلة جداً على حوض ماء ، فإن معدل السيح يزداد تدريجياً من

الصفر إلى قيمة ثابتة وكما موضح في الشكل:



جامعة ديالى / كلية الزراعة / قسم علوم التربة والموارد المائية
الهيدرولوجي والموارد المائية / المرحلة الرابعة
أ.م. د. احمد بهجت خلف

حيث يزداد السيلج باستمرار وصول التصريف من المناطق البعيدة من الجابية إلى المخرج (Outlet) ، فإذا رمزنا إلى الفترة التي تصل فيها قطرة الماء من أبعد جزء من الجابية إلى مخرجها بالرمز (t_c) (زمن التركيز) فإن من الواضح إنه إذا استمر سقوط المطر إلى ما بعد (t_c) فإن السيلج سيصبح ثابتاً عند قيمة الذروة (Q_p) :

$$Q_p = C A i \quad t \geq t_c$$

$C = \text{Runoff / Rainfall}$ ، A : مساحة الجابية ، i : شدة المطر

وعند إستخدام الوحدات الحقلية يمكن كتابة المعادلة أعلاه كما يأتي:

$$Q_p = \frac{1}{3.6} C (i_{tcp}) A$$

Q_p : متوسط شدة المطر (ملم / ساعة) لإستدامة t_c وإحتمالية P i_{tcp} : معامل السيلج C ، تصريف الذروة (m^3/s)
 A : مساحة التصريف (كم²)

وقت التركيز (t_c) : Time of Concentration

هناك عدة معادلات تجريبية لتخمين وقت التركيز ومن أهم هذه الطرق :

أ. الطريقة الأمريكية U.S.A. Practice : في حالة كون أحواض التصريف لجابية صغيرة فإن زمن التركيز يساوي تقريباً فترة تصريف الذروة :

$$t_c = t_p = C_{tL} \left(\frac{LL_{ca}}{\sqrt{s}} \right)^n$$

جامعة ديالى / كلية الزراعة / قسم علوم التربة والموارد المائية
الهيدرولوجي والموارد المائية / المرحلة الرابعة
أ.م. د. احمد بهجت خلف

ميل الجابية الموزون : s , $n = 0.38$, زمن التركيز (ساعة) : t_c

$C_{iL} = \text{constant}$
= 0.83 للمناطق الجبلية
= 0.5 للتلال
= 0.24 للوديان

طول الجابية وتقاس على طول المجرى المائي من خط تقسيم الجابية (كم) : L

المسافة على طول المجرى المائي من محطة القياس إلى نقطة على المجرى المائي في مركز الجابية (كم) : L_{ca}

ب. معادلة كيريج Kirpich Equation :

$$t_c = 0.01947 L^{0.77} S^{-0.385}$$

فترة التركيز (min) : t_c

أقصى مسافة يقطعها الماء (m) : L

إنحدار الجابية : $S = \Delta H / L$

فرق المنسوب من أبعد نقطة في الجابية إلى المخرج : ΔH

شدة المطر Rainfall Intensity :

إن شدة المطر المكافئة لإستدامة معينة تساوي t_c وبإحتمالية تجاوز P (أي فترة رجوع $T = 1 / P$) يمكن إيجادها بواسطة العلاقة بين تردد المطر و الإستدامة للجابية :

$$i_{t_{cp}} = \frac{KT^x}{(t_c + a)^m} \quad \text{ثوابت } K, a, x, m$$

جامعة ديالى / كلية الزراعة / قسم علوم التربة والموارد المائية
الهيدرولوجي والموارد المائية / المرحلة الرابعة
أ.م. د. احمد بهجت خلف

مثال (١) / منطقة سكنية معامل السيخ لها ٠.٣ و مساحتها ٠.٨٥ كم^٢ ، فإذا علمت إن إنحدار الجابية ٠.٠٠٦ .
وأقصى مسافة يقطعها الماء تساوي ٩٥٠ م وكان معدل سقوط المطر خلال فترة الرجوع ٢٥ سنة هي كما في
الجدول التالي :

٦٠	٤٠	٣٠	٢٠	١٠	٥	الإستدامة (min)
٦٢	٥٧	٥٠	٤٠	٢٦	١٧	معدل سقوط المطر (mm)

إحسب معدل تصريف الذروة (Q_p) لتصميم منشأ عند منفذ هذه المنطقة لفترة رجوع ٢٥ سنة.
الحل /

$$t_c = 0.01947 * (950)^{0.77} * (0.006)^{-0.385} = 27.4 \text{ min.}$$

أقصى عمق للمطر لإستدامة ٢٧.٤ دقيقة (ملم) :

$$\frac{50-10}{10} * 7.4 + 40 = 47.4 \text{ mm}$$

متوسط الشدة i_{tcp} (ملم / ساعة) :

$$i_{tcp} = \frac{47.4}{27.4} * 60 = 103.8 \text{ mm/hr.}$$

$$Q_p = \frac{0.3 * 103.8 * 0.85}{3.6} = 7.35 \text{ m}^3 / \text{s.}$$

٢. الصيغ التجريبية (الوضعية) Empirical Formulas :

تعد الصيغ الوضعية المستخدمة لحساب ذروة الفيضان صيغاً محلية تعتمد على الارتباط الإحصائي لخصائص الذروة
و منطقة الجابية. ولغرض تسهيل شكل المعادلة تستخدم بعض المعايير التي تؤثر على ذروة الفيضان ، فعلى سبيل
المثال تستخدم جميع الصيغ مساحة منطقة الجابية معياراً مهماً يؤثر على ذروة الفيضان وبنفس الوقت فإن معظم هذه
الصيغ تهمل تكرار الفيضان بوصفه معياراً. من هذا المنطلق تطبق الصيغ الوضعية فقط في المناطق التي إشتقت فيها
هذه الصيغ.

العلاقات بين ذروة الفيضان و المساحة Flood Peak – Area Relationships :

إن أسهل الصيغ الوضعية هي تلك التي تربط ذروة الفيضان الأقصى Q_p من منطقة الجابية التي مساحتها A بالعلاقة
الآتية :

$$Q_p = f(A)$$

جامعة ديالى / كلية الزراعة / قسم علوم التربة والموارد المائية
الهيدرولوجي والموارد المائية / المرحلة الرابعة
أ.م. د. احمد بهجت خلف

أ. صيغة ديكنز Dickens Formula :

$$Q_P = C_D A^{3/4}$$

Q_P : التصريف الأقصى للفيضان (m^3/s)

A : مساحة الجابية (كم^٢)

C_D : ثابت ديكنز (٦ - ٣٠)

ب. صيغة رايف Ryves Formula :

$$Q_P = C_R A^{2/3}$$

Q_P : التصريف الأقصى للفيضان (m^3/s)

A : مساحة الجابية (كم^٢)

C_R : ثابت رايف

= 6.8 للمناطق التي تبعد بحدود (٨٠) كم عن الساحل

= 8.5 للمناطق التي تبعد بحدود (٨٠ - ١٦٠) كم عن الساحل

= 10.2 لبعض المناطق قرب الجبال

ج. صيغة إنجليس Inglis Formula :

$$Q_P = \frac{124A}{\sqrt{A+10.4}}$$

Q_P : التصريف الأقصى للفيضان (m^3/s)

A : مساحة الجابية (كم^٢)

د. صيغة فولر Fuller's Formula :

$$Q_{TP} = C_f A^{0.8} (1 + 0.8 \log T)$$

Q_{TP} : التصريف الأقصى خلال ٢٤ ساعة بتردد T سنة (m^3/s)

C_f : ثابت فولر (٠.١٨ - ١.٨٨)

جامعة ديالى / كلية الزراعة / قسم علوم التربة والموارد المائية
الهيدرولوجي والموارد المائية / المرحلة الرابعة
أ.م. د. احمد بهجت خلف

هـ . صيغة بيرد - ماكوارن Bird – McWarn Formula :

$$Q_{MP} = \frac{3025A}{(278 + A)^{0.78}}$$

مثال (٢) / إحصب التصريف الأقصى للفيضان باستخدام صيغة وضعية و لمساحة جانبية مقدارها ٤٠.٥ كم^٢ ؟
الحل/

١ . صيغة ديكنز (C_D = 6)

$$Q_P = 6 * (40.5)^{0.75} = 96.3 \text{ m}^3/\text{s}$$

٢ . صيغة ديكنز (C_R = 6.8)

$$Q_P = 6.8 (40.5)^{2/3} = 80.2 \text{ m}^3/\text{s}$$

٣ . صيغة إنجليس

$$Q_P = \frac{124 * 40.5}{\sqrt{40.5 + 10.4}} = 704 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{MP} = \frac{3025 * 40.5}{(278 + 40.5)^{0.78}} = 1367 \text{ m}^3/\text{s}$$

٤ . صيغة بيرد - ماكوارن :

٣ . الهيدروغراف القياسي (مخطط الماء) Unit Hydrograph :

يمكن استخدام تقنية الهيدروغراف القياسي للتنبؤ بذروة الهيدروغراف، إذا كانت خصائص المطر المسببة للفيضان وخصائص الإرتشاح إضافةً إلى الهيدروغراف القياسي متوفرة.

٤ . دراسات تردد الفيضان Flood – Frequency Studies :

بالإضافة للطرق السابقة لحساب التصاريح القصوى للفيضان هنالك دراسات تردد الفيضان والتي تعتمد على الطرق الإحصائية لتحليل التردد.

إن قيم الفيضان السنوي القصوى في منطقة الجابية لعدد من السنين المتوالية و التي تشكل سلسلة من البيانات الهيدرولوجية يطلق عليها مصطلح السلسلة السنوية، وهذه البيانات يتم ترتيبها تنازلياً ثم تحسب الإحتمالية لكل حالة تساوي أو تتجاوز من خلال صيغة تعيين المواقع Plotting Position وهي :

$$P = m / (N+1) \quad \text{and} \quad T = 1 / P$$

وبناءً على ما تقدم فإن إحتمال حصول الحالة (r) مرة في n من السنين المتوالية هي:

جامعة ديالى / كلية الزراعة / قسم علوم التربة والموارد المائية
الهيدرولوجي والموارد المائية / المرحلة الرابعة
أ.م. د. احمد بهجت خلف

$$P_{r,n} = \frac{n!}{(n-r)!r!} P^r q^{(n-r)}$$

إن دوال التوزيع التكراري التي يمكن تطبيقها في الدراسات الهيدرولوجية يعبر عنها بالمعادلة الآتية التي يطلق عليها المعادلة العامة لتحليل التردد الهيدرولوجي:

$$X_T = \bar{X} + k \sigma$$

قيمة المتغير X لسلسلة هيدرولوجية عشوائية فترة تكرارها T : X_T

المتوسط الحسابي للمتغيرات : \bar{X}

الإنحراف القياسي : σ

معامل التردد ويعتمد على فترة التكرار T والتوزيع التكراري المفترض : k

ومن بين دوال التوزيع التكراري الشائعة الإستخدام ما يأتي :

١. توزيع كامبل للحدود القصوى.

٢. توزيع بيرسون اللوغاريتمي من النوع الثالث.

٣. التوزيع الطبيعي اللوغاريتمي.

٢.٧. معادلة كامبل الحقيقية Real Gumbel's Equation:

$$X_T = \bar{X} + k \sigma_{n-1}$$

قيم التصاريح القصوى لفترة تكرار T سنة : X_T

$$Y_T = - \left[\ln \cdot \ln \frac{T}{T-1} \right]$$

$$k = \frac{Y_T - \bar{Y}_n}{S_n}$$

ملاحظة /

تستخرج قيم \bar{Y}_n (قيمة المتوسط المختزل) من جدول ٧ - ٣ ص ٣١٧ وقيم S_n (قيم الإنحراف القياسي المختزل) من جدول ٧ - ٤ ص ٣١٨ اعتماداً على حجم العينة (N) .

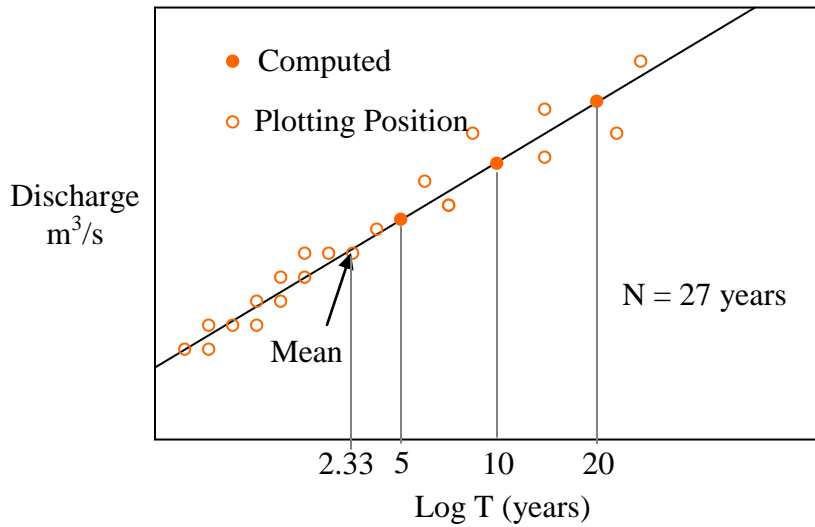
جامعة ديالى / كلية الزراعة / قسم علوم التربة والموارد المائية
الهيدرولوجي والموارد المائية / المرحلة الرابعة
أ.م. د. احمد بهجت خلف

مثال (٣) / كانت التصاريح القصوى المسجلة لأحد الأنهار في الفترة ١٩٥١ إلى ١٩٧٧ كما هو موضح أدناه، تحقق من وجود مطابقة بين توزيع كامل للحدود القصوى و بين هذه القيم ، كذلك احسب تصريف الفيضان لفترة تكرار أمدها :

بواسطة الإستقراء الخطي													١٥٠ . ٢ سنة	١٠٠ . ١ سنة
٦٤	٦٣	٦٢	٦١	٦٠	٥٩	٥٨	٥٧	٥٦	٥٥	٥٤	٥٣	٥٢	٥١	السنة
٦٩٠٠	٥٠٥٠	٤٦٥٢	٤٢٩٠	٤٧٩٨	٣٧٥٧	٤٩٠٣	٥٠٦٠	٢٩٤٧	٣٤٩٦	٤١٢٤	٢٣٩٩	٣٥٢١	٢٩٤٧	أقصى فيضان (m ³ /s)
٧٧	٧٦	٧٥	٧٤	٧٣	٧٢	٧١	٧٠	٦٩	٦٨	٦٧	٦٦	٦٥	٦٤	السنة
١٩٧١	٦٧٦١	٤٥٩٣	٣٨٧٣	٢٧٠٩	٢٩٨٨	٤١٧٥	٣٧٠٠	٦٥٩٩	٣٣٢٠	٧٨٢٦	٣٣٨٠	٤٣٦٦	٦	أقصى فيضان (m ³ /s)

$$T_p = (N+1)/m = 28 / m$$

الحل / ترتب القيم تنازلياً



جامعة ديالى / كلية الزراعة / قسم علوم التربة والموارد المائية
 الهيدرولوجي والموارد المائية / المرحلة الرابعة
 أ.م. د. احمد بهجت خلف

T (year)	تصريف الفيضان (x) (m ³ /s)	التسلسل
٢٨	٧٨٢٠	١
١٤	٦٩٠٠	٢
٩.٣٣	٦٧٦١	٣
٧	٦٥٩٩	٤
٥.٦	٥٠٦٠	٥
٤.٦٧	٥٠٥٠	٦
٤	٤٩٠٣	٧
٣.٥	٤٧٩٨	٨
٣.١١	٤٦٥٢	٩
٢.٨	٤٥٩٣	١٠
٢.٥٥	٤٣٦٦	١١
٢.٣٣	٤٢٩٠	١٢
٢.١٥	٤١٧٥	١٣
٢	٤١٢٤	١٤
١.٨٧	٣٨٧٣	١٥
١.٧٥	٣٧٥٧	١٦
١.٦٥	٣٧٠٠	١٧
١.٥٦	٣٥٢١	١٨
١.٤٧	٣٤٩٦	١٩
١.٤	٣٣٨٠	٢٠
١.٣٣	٣٣٢٠	٢١
١.٢٧	٢٩٨٨	٢٢
١.٢١	٢٩٤٧	٢٣
١.١٧	٢٧٤٧	٢٤
١.١٢	٢٧٠٩	٢٥
١.٠٨	٢٣٩٩	٢٦
١.٠٤	١٩٧١	٢٧

T = 5 years : $\bar{X} = 4263$, $\sigma_{n-1} = 1432.6$

جامعة ديالى / كلية الزراعة / قسم علوم التربة والموارد المائية
الهيدرولوجي والموارد المائية / المرحلة الرابعة
أ.م. د. احمد بهجت خلف

$$Y_T = - [\ln \ln (5/4)] = 1.5$$

$$K = (1.5 - 0.5332)/1.1004 = 0.88 , \quad \bar{X}_5 = 4263 + (0.88 * 1432.6) = 5522 \text{ m}^3/\text{s}.$$

$$T = 10 \text{ years} : \quad \bar{X}_{10} = 6499 \text{ m}^3/\text{s} , \quad \bar{X}_{20} = 7436 \text{ m}^3/\text{s}.$$

من خلال الرسم يتبين أن البيانات المعطاة تتطابق بصورة جيدة مع مخطط كامبل للقيم القصوى ، وبواسطة الإستقراء للعلاقة بين X_T و T تكون :

$$T = 100 \text{ year} \implies X_T = 9600 \text{ m}^3/\text{s}.$$

$$T = 150 \text{ year} \implies X_T = 10700 \text{ m}^3/\text{s}.$$

وبإستخدام المعادلات :

$$X_{100} = 9558 \text{ m}^3/\text{s} \quad \& \quad X_{150} = 10088 \text{ m}^3/\text{s}.$$

ملاحظة / عندما $T = 2.33$ سنة فإن قيمة الفيضان المقابلة تسمى متوسط الفيضان السنوي (Mean Annual Flood).

مثال (٤) / كانت نتائج حسابات تردد الفيضان لأحد الأنهر بإستخدام طريقة كامبل كما هو مبين أدناه :

١٠٠	٥٠	٢٠
٤٦٣٠٠	٤٠٨٠٩	٤٠٨٠٩

فترة العودة T (سنة)
ذروة الفيضان (م^٣/ثا)
إحسب مقدار الفيضان في هذا النهر لفترة تكرار ٥٠٠ سنة .

/الحل/

$$X_{100} = \bar{X} + k_{100} \sigma_{n-1}$$

$$X_{50} = \bar{X} + k_{50} \sigma_{n-1}$$

$$(k_{100} - k_{50}) \sigma_{n-1} = X_{100} - X_{50}$$

$$= 46300 - 40809 \implies (k_{100} - k_{50}) \sigma_{n-1} = 5491$$

$$k_T = \frac{Y_T}{S_n} - \frac{\bar{Y}_n}{S_n}$$

$$Y_{100} = - [\ln \ln (100/99)] = 4.6 , \quad Y_{50} = 3.9$$

جامعة ديالى / كلية الزراعة / قسم علوم التربة والموارد المائية
الهيدرولوجي والموارد المائية / المرحلة الرابعة
أ.م. د. احمد بهجت خلف

$$\left(\frac{Y_{100} - \bar{Y}_n}{S_n} - \frac{Y_{50} - \bar{Y}_n}{S_n} \right) \sigma_{n-1} = 5491 \quad \Longrightarrow \quad \sigma_{n-1} / S_n = 5491 / (4.6 - 3.9) = 7864$$

عندما $T = 500$ سنة:

$$Y_{500} = - [\ln . \ln (500/499)] = 6.21$$

$$(Y_{500} - Y_{100}) * (\sigma_{n-1} / S_n) = X_{500} - X_{100}$$

$$(6.21 - 4.6) * 7864 = X_{500} - 46300$$

$$X_{500} = 59000 \text{ m}^3/\text{s}.$$

٣.٧. حدود الثقة Confidence Limits:

إن قيمة المتغير X لفترة تكرار معلومة والمحسوبة بطريقة كامل يمكن أن يرافقها بعض الخطأ جراء بيانات العينة المحددة ، لذلك فإن من الضروري في هذه الحالة استخدام ما يعرف بحدود الثقة، وهي التي توضح حدود القيمة المحسوبة والتي بينها يمكن أن تكون القيمة الحقيقية بإعتبار إحصائية معينة تعتمد على الخطأ الحاصل في العينة فقط. فإذا علمت أن إحصائية الثقة هي C فإن فترة الثقة للمتغير ستتراوح بين القيمة X_1 والقيمة X_2 والتي يعبر عنها رياضياً كما يأتي :

$$X_{1/2} = X_T \pm f(c) S_e$$

دالة إحصائية الثقة C المحسوبة باستخدام الجدول التالي $f(c)$:

٩٩	٩٥	٩٠	٨٠	٦٨	٥٠	C %
٢.٥٨	١.٩٦	١.٦٤٥	١.٢٨٢	١	٠.٦٧٤	f(c)

$$S_e : \text{الخطأ المحتمل} \quad \Longrightarrow \quad S_e = b \frac{\sigma_{n-1}}{\sqrt{N}} \quad \text{and} \quad b = \sqrt{1+1.3k+1.1k^2}$$

جامعة ديالى / كلية الزراعة / قسم علوم التربة والموارد المائية
الهيدرولوجي والموارد المائية / المرحلة الرابعة
أ.م. د. احمد بهجت خلف

$$k = \frac{Y_T - \bar{Y}_n}{S_n} \quad (\text{معامل التردد}) \quad , \quad N : \text{حجم العينة}$$

مثال (٥) / إذا علمت أن المتوسط الحسابي والانحراف القياسي لسلسلة الفيضانات السنوية لبيانات مأخوذة عبر ٩٢ سنة لأحد الأنهار كانت ٦٤٣٧ و ٢٩٥١ م^٣/ثا على التوالي ، استخدم طريقة كامبل لحساب تصريف الفيضان لفترة تكرار ٥٠٠ سنة . ماهي :

أ. ٩٥% ب. ٨٠% حدود الثقة لهذا التخمين.
الحل/

$$Y_n = 0.5589 \quad \leftarrow \quad 92 = N \quad 3 - 7 \quad \text{من جدول}$$

$$S_n = 1.202 \quad \leftarrow \quad 92 = N \quad 4 - 7 \quad \text{من جدول}$$

$$Y_{500} = - [\ln . \ln (500 / 499)] = 6.21$$

$$K_{500} = (6.21 - 0.5589) / 1.202 = 4.7$$

$$X_{500} = 6437 + 4.7 * 2951 = 20320 \text{ m}^3/\text{s}.$$

$$b = \sqrt{1+1.3*4.7+1.1(4.7^2)} = 5.61 \quad , \quad S_e = 5.61 * \frac{2951}{\sqrt{92}} = 1726$$

$$f(c) = 1.96 \quad \leftarrow \quad C = 95 \% \quad \text{أ.}$$

$$X_{1/2} = 20320 \pm (1.96 * 1726)$$

$$X_1 = 23703 \text{ m}^3/\text{s} \quad , \quad X_2 = 16937 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$f(c) = 1.282 \quad \leftarrow \quad C = 80 \% \quad \text{ب.}$$

$$X_{1/2} = 20320 \pm (1.282 * 1726)$$

$$X_1 = 22533 \text{ m}^3/\text{s} \quad , \quad X_2 = 18110 \text{ m}^3/\text{s}$$

٤.٧ . توزيع بيرسون اللوغاريتمي من النوع الثالث :

في هذا التوزيع يتم تحويل المتغير X إلى الشكل اللوغاريتمي ثم يجري تحليل البيانات :

$$Z = \log X \quad \longrightarrow \quad \bar{Z}_T = Z + k_z \sigma_z$$

جامعة ديالى / كلية الزراعة / قسم علوم التربة والموارد المائية
الهيدرولوجي والموارد المائية / المرحلة الرابعة
أ.م. د. احمد بهجت خلف

معامل التكرار وهو دالة لفترة التكرار ومعامل الإلتواء (C_s): k_z

الإنحراف المعياري للمتغير Z : σ_z

$$\sigma_z = \sqrt{\sum (Z - \bar{Z})^2 / (N-1)}$$

$$C_s = \frac{N \sum (Z - \bar{Z})^3}{(N-1)(N-2)(\sigma_z)^3}$$

المتوسط الحسابي لقيم Z : \bar{Z}

حجم العينة N :

Where $k_z (C_s, T)$ جدول (٧ - ٦) ص ٣٢٧

مثال (٦) / بالرجوع إلى بيانات السلسلة السنوية للفيضانات للمثال (٣) ، إحسب:
أ) ١٠٠ سنة (ب) ٢٠٠ سنة باستخدام توزيع بيرسون اللوغاريتمي من النوع الثالث .
الحل/

٦٤	٦٣	٦٢	٦١	٦٠	٥٩	٥٨	٥٧	٥٦	٥٥	٥٤	٥٣	٥٢	٥١	السنة
٦٩٠٠	٥٠٥٠	٤٦٥٢	٤٢٩٠	٤٧٩٨	٣٧٥٧	٤٩٠٣	٥٠٦٠	٢٩٤٧	٣٤٩٦	٤١٢٤	٢٣٩٩	٣٥٢١	٢٩٤٧	أقصى فيضان (X) (m^3/s)
٣.٨٣٨٨	٣.٧٠٣	٣.٦٦٧	٣.٦٣٢	٣.٦٨١	٣.٥٧٤	٣.٦٩٠	٣.٧٠٤	٣.٤٦٩	٣.٥٤٣	٣.٦١٥	٣.٣٨	٣.٥٤٦	٣.٤٦٩	$Z = \log X$
	٣	٦	٥	١	٨	٥	٢	٤	٦	٣	٣.٣٨	٧	٤	
	٧٧	٧٦	٧٥	٧٤	٧٣	٧٢	٧١	٧٠	٦٩	٦٨	٦٧	٦٦	٦٥	السنة
	١٩٧١	٦٧٦١	٤٥٩٣	٣٨٧٣	٢٧٠٩	٢٩٨٨	٤١٧٥	٣٧٠٠	٦٥٩٩	٣٣٢٠	٧٨٢٦	٣٣٨٠	٤٣٦٦	أقصى فيضان (X) (m^3/s)
	٣.٢٩٤	٣.٨٣	٣.٦٦٢	٣.٥٨٨	٣.٤٣٢	٣.٤٧٥	٣.٦٢٠	٣.٥٦٨	٣.٨١٩	٣.٥٢١	٣.٨٩٣	٣.٥٢٨	٣.٦٤٠	$Z = \log X$
	٧		١		٨	٤	٧	٢	٥	١	٥	٩	١	

جامعة ديالى / كلية الزراعة / قسم علوم التربة والموارد المائية
الهيدرولوجي والموارد المائية / المرحلة الرابعة
أ.م. د. احمد بهجت خلف

$$\sigma_z = 0.1427 \quad , \quad \bar{Z} = 3.607$$

$$C_s = \frac{27 \sum 0.003}{26 * 25 * (0.1427)^3} = 0.043$$

$X_T (m^3/s)$	Z_T	$K_z \sigma_z$	K_z	T (year)
8709	3.94	0.3325	2.33	100
9440	3.975	0.369	2.584	200

الفصل السابع
إستتباع الفيضان

(Flood Routing)

١.٨. **إستتباع الفيضان** : هو تقنية لحساب مخطط ماء الفيضان عند مقطع ما في النهر بإستخدام بيانات تصريف الفيضان عند مقطع أو أكثر في أعالي النهر. ويتضمن تحليل مخطط ماء الفيضان لحالات التكهّن بالفيضان ودرء الفيضان ، وتصميم الخزان والمسيل المائي وغيرها تستخدم هذه التقنية. وبهذا الخصوص هنالك نوعان رئيسيان من طرق الإستتباع هما:

١. إستتباع الخزان
٢. إستتباع القناة

ففي النوع الأول يدرس تأثير الفيضان الداخل إلى الخزان، ومن معرفة خصائص الحجم - المنسوب للخزان وعلاقات التصاريف الخارجة ومنسوبها للمسيل المائي وبقية المنافذ الأخرى في الخزان تمت دراسة تأثير موجة الفيضان الداخلة إلى الخزان وذلك لأغراض التكهّن بالإرتفاعات المختلفة للخزان وكذلك التصريف الخارج مع الزمن وهذا النوع من إستتباع الخزان يعد مهماً في الحالات التالية:

أ. في تصميم سعة المسيل المائي وغيرها من منشآت منافذ المياه.
ب. إختيار الموقع وحجم الخزان الذي يناسب بعض المتطلبات الخاصة.
أما بالنسبة لإستتباع القناة فتتم دراسة التغيرات الحاصلة على شكل مخطط ماء الفيضان عند مرورها جنوب القناة. وبإفتراض طول القناة ومقدار التصريف الداخل في النهاية العليا يمكن بهذا النوع من الإستتباع التكهّن بمخطط ماء الفيضان عند مختلف المقاطع من القناة.

٢.٨. إستتباع الخزين الهيدرولوجي Hydrologic Storage Routing :

تتوافر كثير من طرق الإستتباع لفيضان خلال الخزان ومن بين هذه الطرق:

١. طريقة باول المحورة Modified Paul's Method :

$$\left(\frac{I_1 + I_2}{2} \right) \Delta t + \left(S_1 - \frac{Q_1 \Delta t}{2} \right) = \left(S_2 + \frac{Q_2 \Delta t}{2} \right)$$

قيم التصاريف الخارجة من الخزان في بداية و نهاية الفترة الزمنية (Δt) : Q_1, Q_2

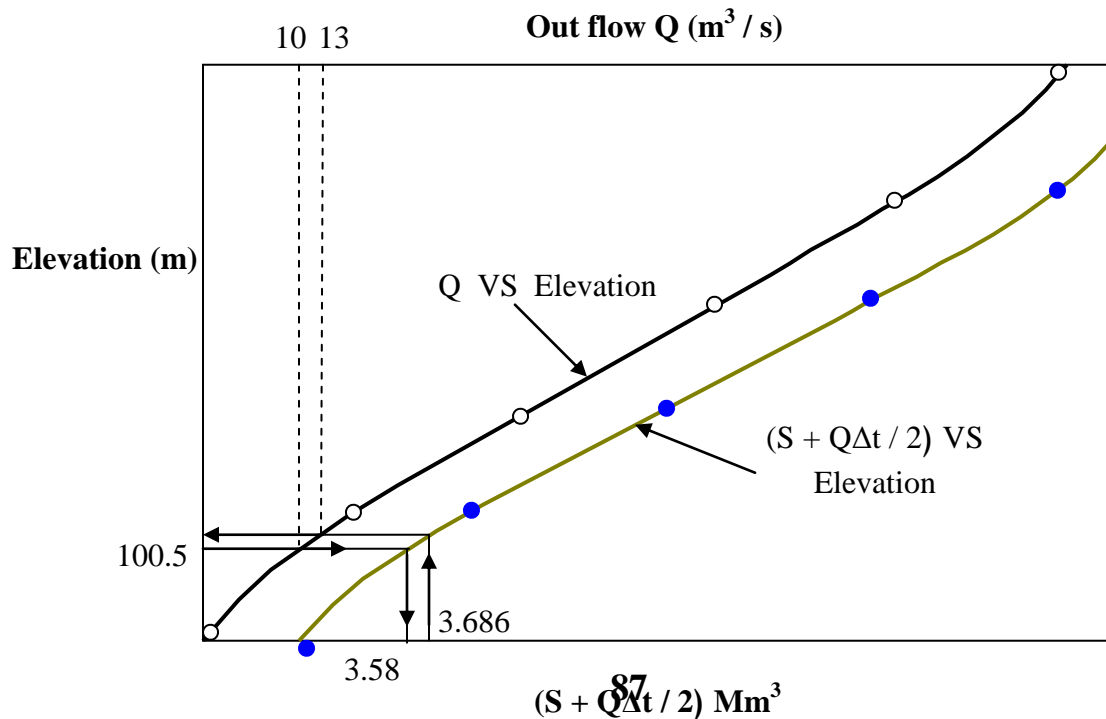
قيم التصاريف الداخلة إلى الخزان في بداية و نهاية الفترة الزمنية (Δt) : I_1, I_2

قيم الخزين في الخزان في بداية و نهاية الفترة الزمنية (Δt) : S_1, S_2

جامعة ديالى / كلية الزراعة / قسم علوم التربة والموارد المائية
الهيدرولوجي والموارد المائية / المرحلة الرابعة
أ.م. د. احمد بهجت خلف

بصورة عامة تستخدم الطريقة شبه اللوغاريتمية الآتية بإعتبارها طريقة ملائمة:

١. من معرفة قيم علاقات الخزين - المنسوب وبيانات التصريف مقابل المنسوب ، يمكن رسم $(S + Q\Delta t / 2)$ مقابل المنسوب كما في الشكل، وهنا يمثل أي فترة زمنية مقدارها $20\% - 40\%$ من فترة الصعود في مخطط ماء التصريف الداخل.
٢. وعلى نفس الشكل يمكن رسم منحنى التصريف الخارج مقابل المنسوب.
٣. من معرفة الخزين والمنسوب والتصريف الخارج عند بداية الإستتباع تكون الفترة الزمنية Δt و $\left(\frac{I_1 + I_2}{2}\right)\Delta t$ و $(S_1 - Q_1\Delta t / 2)$ معلومة وبناءً عليه يمكن حساب $(S_2 + Q_2\Delta t / 2)$ من المعادلة أعلاه.
٤. يحسب منسوب سطح الماء المقابل $(S_2 + Q_2\Delta t / 2)$ بإستخدام الرسم في الخطوة (١) الأنف ذكرها ، أما التصريف الخارج Q_2 عند نهاية الفترة الزمنية فيحسب من الرسم في الخطوة (٢).
٥. يطرح $Q_2 \Delta t$ من $(S_2 + Q_2\Delta t / 2)$ ينتج $(S_1 - Q_1\Delta t / 2)$ لبداية الفترة الزمنية اللاحقة.
٦. تكرر الطريقة لحين الحصول على مخطط إستتباع التصريف الداخل.



جامعة ديالى / كلية الزراعة / قسم علوم التربة والموارد المائية
الهيدرولوجي والموارد المائية / المرحلة الرابعة
أ.م. د. احمد بهجت خلف

مثال (١) / إذا علمت أن العلاقة بين المنسوب و التصريف و الخزين في خزانٍ ما معطاة بالجدول الآتي :

التصريف الخارج (m ³ /s)	الخزين (*10 ⁶ m ³)	المنسوب (m)
٠	٣.٣٥	١٠٠
١٠	٣.٤٧٢	١٠٠.٥
٢٦	٣.٨٨	١٠١
٤٦	٤.٣٨٣	١٠١.٥
٧٢	٤.٨٨٢	١٠٢
١٠٠	٥.٣٧	١٠٢.٥
١١٦	٥.٥٢٧	١٠٢.٧٥
١٣٠	٥.٨٥٦	١٠٣

و عندما كان منسوب الخزان عند مستوى ١٠٠.٥ م كان مخطط ماء الفيضان في الخزان كما في الجدول الآتي :

الزمن (ساعة)	٠	٦	١٢	١٨	٢٤	٣٠	٣٦	٤٢	٤٨	٥٤	٦٠	٦٦	٧٢
التصريف (m ³ /s)	١٠	٢٠	٥٥	٨٠	٧٣	٥٨	٤٦	٣٦	٥٥	٢٠	١٥	١٣	١١

إرسم مخطط إستتباع الفيضان لحساب :

أ. مخطط ماء التصريف الخارج.

ب. منسوب الخزان مقابل منحنى الوقت خلال مسار موجة الفيضان.

الحل /

تفرض الفترة الزمنية مساوية إلى ٦ ساعات ، ومن بين البيانات المتوفرة يتم وضع جدول بين المنسوب - التصريف - S +

. QΔt / 2

$$\Delta t = 6 * 60 * 60 = 0.0216 * 10^6 \text{ sec.}$$

(S + QΔt / 2) (Mm ³)	التصريف الخارج (m ³ /s)	المنسوب (m)
٣.٣٥	٠	١٠٠

جامعة ديالى / كلية الزراعة / قسم علوم التربة والموارد المائية
الهيدرولوجي والموارد المائية / المرحلة الرابعة
أ.م. د. احمد بهجت خلف

٣.٥٨	١٠	١٠٠.٥
٤.١٦	٢٦	١٠١
٤.٨٨	٤٦	١٠١.٥
٥.٦٦	٧٢	١٠٢
٦.٤٥	١٠٠	١٠٢.٥
٦.٧٨	١١٦	١٠٢.٧٥
٧.٢٦	١٣٠	١٠٣

ثم ترسم العلاقة بين Q والمنسوب (S + QΔt / 2) مقابل المنسوب كما في الشكل وعند بداية الإستتباع يكون المنسوب ١٠٠.٥ و Q = 10 m³/s و (S - QΔt / 2) = ٣.٣٦ مليون م^٣ ، وإبتداءً من هذه القيمة لـ (S - QΔt / 2) تستخدم معادلة باول لإيجاد (S + QΔt / 2) عند نهاية فترة المرحلة الأولى لـ ٦ ساعات بشكل :

$$\left(S + \frac{Q\Delta t}{2}\right)_2 = (I_1 + I_2) \frac{\Delta t}{2} + \left(S - \frac{Q\Delta t}{2}\right)_1$$

$$= (10+20) * (0.0216 / 2) + (3.362) = 3.686$$

بالرجوع إلى الشكل، فإن منسوب سطح الماء المقابل لـ (S + QΔt / 2) = ٣.٦٨٦ مليون م^٣ هو ١٠٠.٦٢ م والجريان الخارج المقابل Q يساوي ١٣ م^٣ / ثا وللخطوة التالية تكون القيمة الإبتدائية لـ (S - QΔt / 2) = (S + QΔt / 2) للخطوة السابقة أي:

$$- 13 * 0.0216 = 3.405 \text{ Mm}^3$$

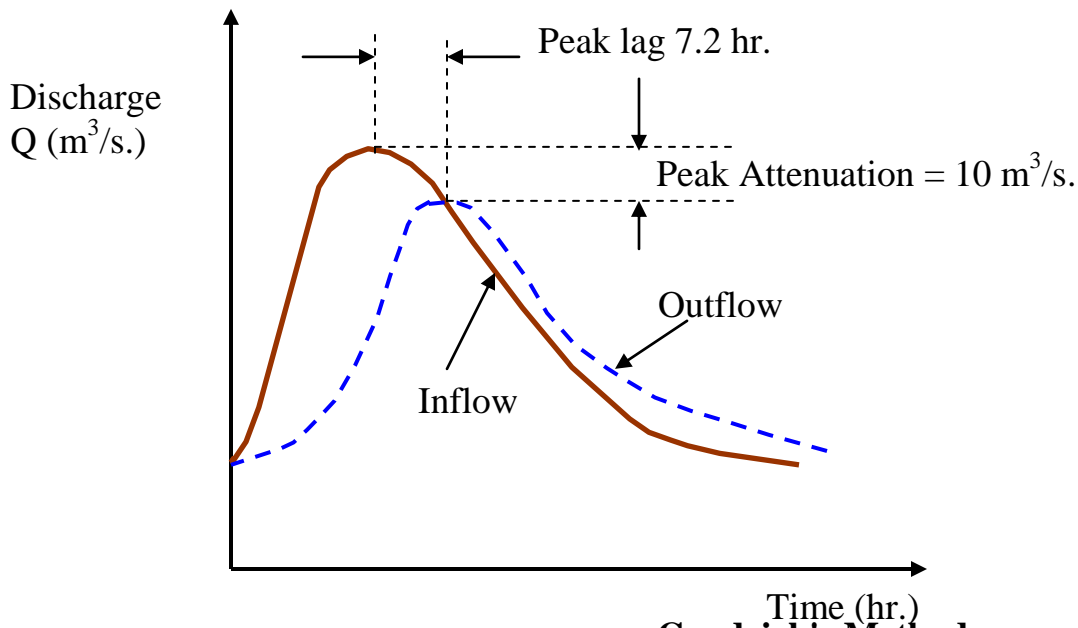
تكرر العملية لحين إنتهاء إستدامة هيدروغراف التصريف الداخل وتوضح النتائج على شكل جدول :

Q (m ³ /s)	المنسوب (m)	(S + QΔt / 2) (Mm ³)	(S - QΔt / 2) (Mm ³)	IΔt (Mm ³)	I (m ³ /s)	التصريف الداخل (m ³ /s)	الزمن (hr)
١٠	١٠٠.٥	٣.٦٨٦	٣.٣٦٢	٠.٣٢٤	١٥	١٠	٠
١٣	١٠٠.٦٢	٤.٢١٥	٣.٤٠٥	٠.٨١	٣٧.٥	٢٠	٦
٢٧	١٠١.٠٤	٥.٠٩	٣.٦٣٢	١.٤٥٨	٦٧.٥	٥٥	١٢
٥٣	١٠١.٦٤	٥.٥٩٧	٣.٩٤٥	١.٦٥٢	٧٦.٥	٨٠	١٨
٦٩	١٠١.٩٦	٥.٥٢٢	٤.١٠٧	١.٤١٥	٦٥.٥	٧٣	٢٤

جامعة ديالى / كلية الزراعة / قسم علوم التربة والموارد المائية
الهيدرولوجي والموارد المائية / المرحلة الرابعة
أ.م. د. احمد بهجت خلف

٦٦	١٠١.٩١	٥.٢١٩	٤.٠٩٦	١.١٢٣	٥٢	٥٨	٣٠
٥٧	١٠١.٧٢	٤.٨٧٤	٣.٩٨٨	٠.٨٨٦	٤١	٤٦	٣٦
٤٥	١٠١.٤٨	٤.٥٨٨	٣.٩٠٢	٠.٦٨٦	٣١.٧٥	٣٦	٤٢
٣٧	١٠١.٣	٤.٣٠٢	٣.٧٨٩	٠.٥١٣	٣٧.٥	٥٥	٤٨
٢٩	١٠٠.١	٤.٠٥٤	٣.٦٧٦	٠.٣٧٨	١٧.٥	٢٠	٥٤
٢٣	١٠٠.٩٣	٣.٨٥٩	٣.٥٥٧	٠.٣٠٢	١٤	١٥	٦٠
١٨	١٠٠.٧٧	٣.٧٢٩	٣.٤٧	٠.٢٥٩	١٢	١٣	٦٦
١٤	١٠٠.٦٥		٣.٤٢٧			١١	٧٢

البيانات في الأعمدة ١ و ٧ و ٨ يمكن رسم مخطط ماء التصريف الخارج كما في الشكل :



٢. طريقة جودرج Goodrich's Method:

$$(I_1 + I_2) + \left(\frac{2S_1}{\Delta t} - Q_1 \right) = \left(\frac{2S_2}{\Delta t} + Q_2 \right)$$

مثال (٢) / إستعن بالبيانات المدرجة في المثال السابق لإستتباع مخطط ماء الفيضان بإستخدام طريقة جودرج ، إذا علمت أن الظروف الإبتدائية عندما $t = 0$ يكون منسوب الخزان ١٠٠.٦ م.

٦٦	٦٠	٥٤	٤٨	٤٢	٣٦	٣٠	٢٤	١٨	١٢	٦	٠	الزمن (ساعة)
٢٠	٢٥	٣٥	٤٦	٦٠	٧٥	٩٦	١٢٥	١٤٠	٨٥	٣٠	١٠	التصريف الداخل (m³/s)

الحل /

جامعة ديالى / كلية الزراعة / قسم علوم التربة والموارد المائية
الهيدرولوجي والموارد المائية / المرحلة الرابعة
أ.م. د. احمد بهجت خلف

$$\Delta t = 6 * 60 * 60 = 0.0216 * 10^6 \text{ sec.}$$

(2S/Δt + Q) (Mm ³)	التصريف الخارج (m ³ /s)	المنسوب (m)
310.2	٠	١٠٠
٣٣١.٥	١٠	١٠٠.٥
٣٨٥.٣	٢٦	١٠١
٤٥١.٨	٤٦	١٠١.٥
٥٢٤	٧٢	١٠٢
٥٩٧.٢	١٠٠	١٠٢.٥
٦٢٧.٨	١١٦	١٠٢.٧٥
٦٧٢.٢	١٣٠	١٠٣

ترسم العلاقة بين :

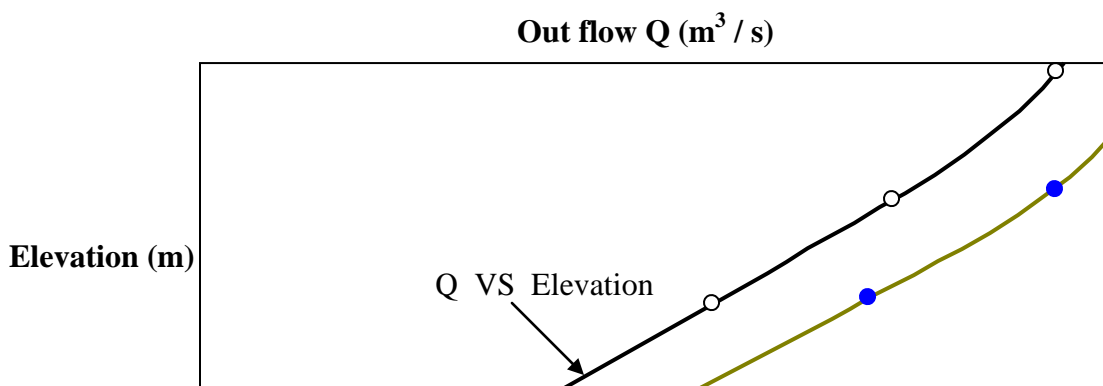
١. التصريف الخارج (Q) مع المنسوب.

٢. (2S/Δt + Q) مع المنسوب .

عندما t = صفر ، فإن المنسوب يساوي ١٠٠.٦ من الشكل :

$$Q = 12 \text{ m}^3/\text{s} \implies (2S/\Delta t + Q) = 340 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$(2S/\Delta t - Q) = 340 - 2 * Q = 340 - 2*12 = 316 \text{ m}^3/\text{s}$$



$$(2S/\Delta t + Q)_2 = (10 + 30) + 316 = 356$$

مقابل $(2S/\Delta t + Q)_2 = 356$ ← المنسوب = 100.74 م و $Q = 17$ م³/ثا

$$(2S/\Delta t - Q)_1 = 356 - 2*17 = 322 \text{ m}^3 / \text{s}$$

٣.٨ . إستتباع القناة الهيدرولوجي Hydrologic Channel Routing :

توضح من خلال إستتباع الخزان أن الخزن كان الدالة الوحيدة للتصريف الخارج ، $S = f(Q)$ ، أما إستتباع القنوات فإن الخزن يصبح دالة للتصريفين الداخل و الخارج ، $S = f(I, Q)$ ، وبناءً عليه يستوجب اللجوء إلى طريقة أخرى في الإستتباع.

طريقة ماسكنجام في الإستتباع Muskingum's Method for Routing :

جامعة ديالى / كلية الزراعة / قسم علوم التربة والموارد المائية
الهيدرولوجي والموارد المائية / المرحلة الرابعة
أ.م. د. احمد بهجت خلف

$$Q_2 = C_0 I_2 + C_1 I_1 + C_2 Q_1$$

$$C_0 = \frac{-kx + 0.5\Delta t}{k - kx + 0.5\Delta t}$$

$$C_1 = \frac{kx + 0.5\Delta t}{k - kx + 0.5\Delta t}$$

$$C_2 = \frac{k - kx - 0.5\Delta t}{k - kx + 0.5\Delta t}$$

$$C_0 + C_1 + C_2 = 1$$

ثابت فترة الخزن : k

معامل موزون : x ,

مثال (٣) / إستتبع مخطط المياه لإمتداد من النهر فيها $k = 12$ و $x = 0.2$ وفي بداية الفيضان الداخل كانت قيمة التصريف الخارج $10 \text{ م}^3/\text{ثا}$ ؟
الحل /

٥٤	٤٨	٤٢	٣٦	٣٠	٢٤	١٨	١٢	٦	٠	الزمن (ساعة)
١٥	٢٠	٢٧	٣٥	٤٥	٥٥	٦٠	٥٠	٢٠	١٠	التصريف الداخل (m^3/s)

$$I_1 = 10$$

$$C_1 I_1 = 4.29$$

$$I_2 = 20$$

$$C_0 I_2 = 0.96$$

$$Q_1 = 10$$

$$C_2 Q_1 = 5.23$$

$$Q = 10.48 \text{ m}^3/\text{s}$$

جامعة ديالى / كلية الزراعة / قسم علوم التربة والموارد المائية
 الهيدرولوجي والموارد المائية / المرحلة الرابعة
 أ.م. د. احمد بهجت خلف

Q	0.523 Q ₁	0.429 I ₁	0.048 I ₂	I (m ³ /s)	الزمن (ساعة)
٦	٥	٤	٣	٢	١
١٠	٥.٢٣	٤.٢٩	0.96	١٠	٠
١٠.٤٨	٥.٤٨	٨.٥٨	٢.٤	٢٠	٦
١٦.٤٦	٨.٦١	٢١.٤٥	٢.٨٨	٥٠	١٢
٣٢.٤٩	١٧.٢٣	٢٥.٧٤	٢.٦٤	٦٠	١٨
٤٥.٦١	٢٣.٨٥	٢٣.٦	٢.١٦	٥٥	٢٤
٤٩.٦١	٢٥.٩٥	١٩.٣	١.٦٨	٤٥	٣٠
٤٦.٩٣	٢٤.٥٥	١٥.٠٢	١.٣	٣٥	٣٦
٤٠.٨٧	٢١.٣٨	١١.٥٨	٠.٩٦	٢٧	٤٢
٣٣.٩٢	١٧.٧٤	٨.٥٨	٠.٧٢	٢٠	٤٨
٢٧.٠٤				١٥	٥٤

وللخطوة التالية تكون Δt ٦ إلى ١٢ ساعة $Q_1 = 10.48$ م^٣/ثا . وتكرر الطريقة لفترة مخطط التصريف الداخل.
 وعند رسم مخططي التصريف الداخل و الخارج تكون قيمتي فاقد الطاقة attenuation وزمن التخلف lag time مساوية لـ
 ١٠ م^٣/ثا و ١٢ ساعة على التوالي.

الفصل الثامن المياه الجوفية (Ground Water)

٨. ١. المياه الجوفية : يطلق على المياه في غلاف التربة مصطلح المياه تحت السطحية أو المياه الجوفية وتوجد في منطقتين هما:

١. منطقة التشبع Saturated Zone .
٢. منطقة التهوية Aeration Zone .

١. منطقة التشبع Saturated Zone : تعرف هذه المنطقة أيضاً بمنطقة المياه الجوفية وتكون فيها كل فراغات التربة مملوءة بالماء ويشكل منسوب الماء الجوفي water table حدودها العليا أو ما يعرف بالسطح الحر أي السطح المعرض للضغط الجوي.

٢. منطقة التهوية Aeration Zone : تكون فراغات التربة في هذه المنطقة مشبعة جزئياً بالماء وتمتد هذه

المنطقة بين الفراغ الكائن بين سطح الأرض وبين منسوب المياه الجوفية وتقسم هذه المنطقة إلى ثلاثة أقسام:
أ. منطقة ماء التربة Soil Water Zone : تقع هذه المنطقة قرب سطح الأرض في المنطقة الجذرية الرئيسة للنبات والتي ينفذ الماء خلالها إلى الجو.

ب. منطقة الحاشية الشعرية Capillary Fringe : وهي التي يتحرك فيها الماء بواسطة الخاصية الشعرية وتمتد هذه المنطقة بين منسوب الماء الجوفي صعوداً إلى حد الارتفاع الشعري.

ج. المنطقة المتوسطة Intermediate Zone : وتقع هذه المنطقة بين منطقة ماء التربة وبين المنطقة الشعرية ويعتمد سمك منطقة التهوية وأقسامها على بنية التربة ومحتواها الرطوبي وتتنغير من موقع لآخر.

وكما هو معلوم، فإن جميع المواد سواء كانت تربة وصولاً إلى الصخر تختلف بالمسامات والتي تعتبر مملوءة بالماء في المنطقة الكائنة تحت منسوب الماء الجوفي، وعلى هذا الأساس تصنف التكوينات المشبعة إلى أربعة مجاميع هي:

جامعة ديالى / كلية الزراعة / قسم علوم التربة والموارد المائية
الهيدرولوجي والموارد المائية / المرحلة الرابعة
أ.م. د. احمد بهجت خلف

١. **التكوين الخازن Aquifer**: وهو عبارة عن تكوين جيولوجي مشبع لا يخزن الماء فحسب بل ينتجه بكميات كافية وعلى هذا الأساس فإن التكوين الخازن يسمح بنفاذ الماء خلاله بسهولة وذلك لنفاذيته العالية، وتعد الرسوبيات غير المنضمة unconsolidated كالرمل و الحصى أمثلة جيدة على هذا النوع.
٢. **التكوين الخازن الضعيف Aquitard** : هذا التكوين يسمح بتسرب الماء فقط لذلك يكون إنتاجه قليلاً مقارنةً بالتكوين الخازن ويعد هذا التكوين نفاذاً جزئياً.
٣. **التكوين الكاتم Aquiclude** : وهو تكوين جيولوجي غير نفاذ للماء ويمكن إعتباره مغلقاً تجاه حركة الماء حتى لو احتوى على كميات كبيرة منه، ومن الأمثلة على ذلك تكوين التربة الطينية.
٤. **التكوين الأصم Aquifuge** : وهو تكوين جيولوجي غير نفاذ وغير مسامي ولايحتوي على فتحات مترابطة، لذلك لا يمكنه نقل الماء، ومن الأمثلة على ذلك الكتل الصخرية الخالية من الشقوق.

٨. ٢. موازنة المياه الجوفية Ground Water Budget :

يعتمد مقدار المياه الجوفية في حوضٍ ما على الجريان والتصريف في مختلف النقاط. والعلاقة المتداخلة بين الجريان الداخل inflow والجريان الخارج outflow والتراكم يعبر عنها بمعادلة تسمى معادلة الموازنة كما يأتي :

$$\Sigma I \Delta t - \Sigma Q \Delta t = \Delta S$$

كل أنواع التغذية وتشمل ما يقدم من البحيرات والجداول والأمطار والتغذية الصناعية في الحوض : $\Sigma I \Delta t$

تمثل التصريف الصافي للمياه الجوفية من الحوض ويشمل الضخ والجريان السطحي والتسرب إلى البحيرات : $\Sigma Q \Delta t$ و الأنهار.

التغير في مخزون المياه الجوفية في الحوض والحاصلة عبر فترة زمنية (Δt) : ΔS

إن المعدل الأقصى للسحب من المياه الجوفية في حوضٍ ما والذي يمكن إجراؤه دون أن يتسبب في نتائج غير مرغوبة يطلق عليه (الإنتاج الآمين Safe Yield) وهذا المصطلح يعتمد على أهداف مطلوبة، وإن النتائج غير المرغوب فيها تشمل على :

جامعة ديالى / كلية الزراعة / قسم علوم التربة والموارد المائية
الهيدرولوجي والموارد المائية / المرحلة الرابعة
أ.م. د. احمد بهجت خلف

١. إنخفاض دائم في منسوب الماء الجوفي أو الإرتفاع البيزومتري.
٢. أن يكون منحنى الهبوط أقصى ما يمكن مؤدياً إلى عدم كفاءة تشغيل البئر.
٣. تداخل الماء المالح وخاصةً في التكوينات الساحلية.

٨.٣. الآبار Wells :

تعد الآبار واحدة من أهم الطرق الشائعة في الحصول على المياه الجوفية من التكوين الخازن ، و على الرغم من استخدام الآبار في كثير من التطبيقات فإن أكثرها شيوعاً هي في إمدادات المياه و التطبيقات الهندسية في الري. تأمل وجود الماء في تكوين خازن حر يضخ بمعدل ثابت من البئر، و قبل الضخ يشير منسوب الماء في البئر إلى منسوب الماء الجوفي الساكن، و ينخفض هذا المنسوب مع إستمرار الضخ. و إذا كان التكوين الخازن موحد الخواص و متجانساً و كان منسوب الماء الجوفي أفقياً فإن ذلك المنسوب يتخذ شكلاً مخروطياً جراء الجريان الشعاعي إلى البئر، و يطلق عليه مخروط الانخفاض cone of depression ، و يطلق على الانخفاض في منسوب الماء الجوفي في أية نقطة عن المنسوب الساكن مصطلح منحنى الهبوط draw – down أما مدى تأثير مخروط الانخفاض فيطلق عليه مساحة التأثير area of influence في حين يسمى قطره المؤثر بقطر التأثير radius of influence .

و عند حصول الضخ بمعدل ثابت فإن منحنى الهبوط يبدأ بالتكوين مع مرور الزمن و ذلك للسحب الكائن في الخزين، و يطلق على هذا الطور بالجريان غير الثابت لأن منسوب الماء الجوفي يتغير مع مرور الزمن، و باستمرار الضخ تصل حالة من التوازن بين معدل الضخ و معدل المياه الداخلة إلى البئر من الحافات الخارجية من منطقة التأثير. و يتخذ سطح منحنى الهبوط موقعاً ثابتاً مع مرور الزمن حيث يعمل البئر تحت ما يسمى بظروف الجريان الثابت. و عند توقف الضخ يعوض الخزن في مخروط الانخفاض بمزيد من المياه الجوفية الداخلة إلى منطقة التأثير و يبدأ التراكم التدريجي للخزين لحين الوصول إلى منسوب ساكن و يطلق على هذا مرحلة الاستعادة recuperation of recovery و تعد هذه ظاهرة غير ثابتة، حيث يعتمد وقت الاستعادة على خصائص التكوين الخازن.

٨.٣.١. الجريان الثابت في البئر Steady Flow into a Well :

١. الجريان المحصور Confined Flow :

يوضح الشكل أدناه بئراً يخترق تكويناً خازناً محصوراً سمكه B بافتراض أن للبئر تصريفاً ثابتاً مقداره Q ، فإذا كان الارتفاع H و كان عند بئر الضخ هو h_w و منحنى الهبوط فيه هو S_w :

جامعة ديالى / كلية الزراعة / قسم علوم التربة والموارد المائية
 الهيدرولوجي والموارد المائية / المرحلة الرابعة
 أ.م. د. احمد بهجت خلف

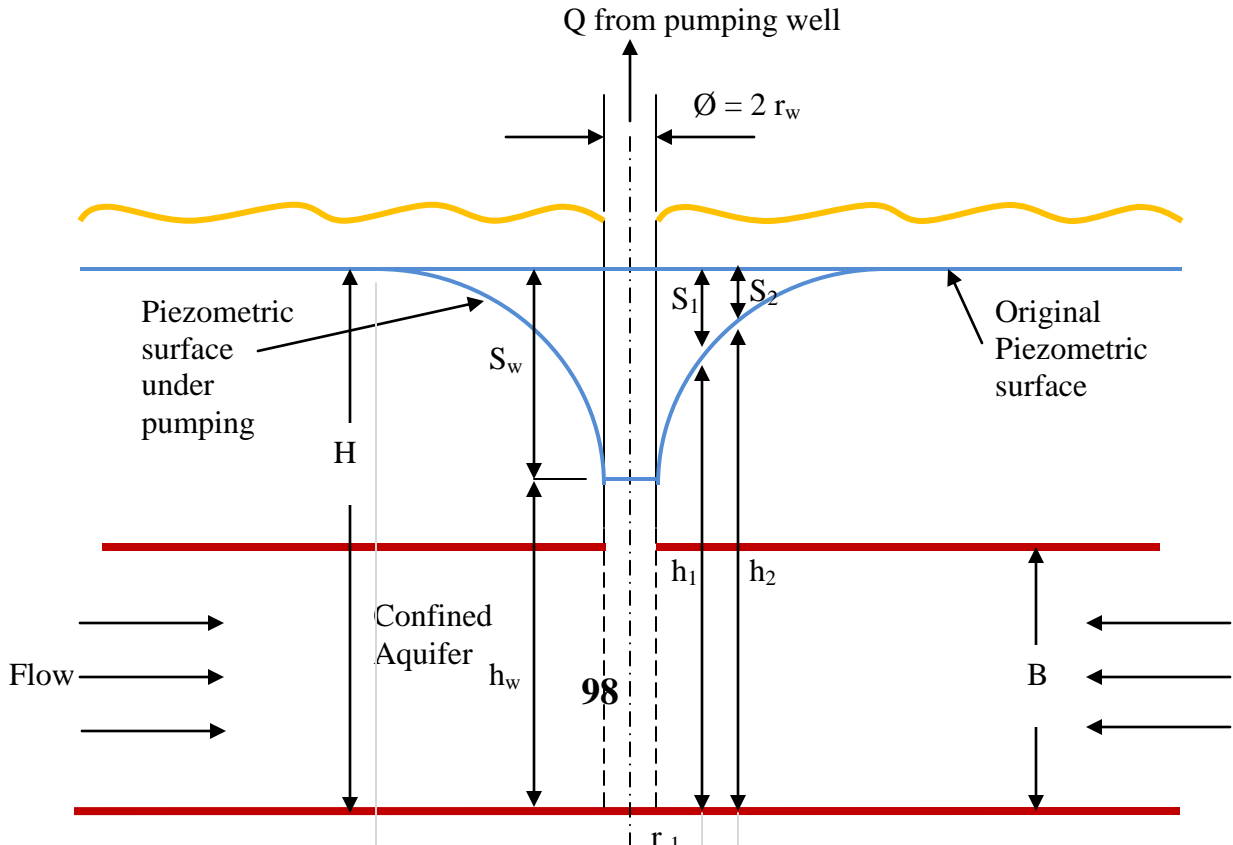
$$Q = \frac{2\pi k T (h_2 - h_1)}{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}, \text{ if } S_1 = H - h_1, S_2 = H - h_2,$$

$T = k B$ (transportation factor m^2/s .)

$$Q = \frac{2\pi T (S_2 - S_1)}{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}$$

و عند حافة منطقة التأثير ($H = h_2, R = r_2, S = 0$) كما أن ($r_1 = r_w, h_1 = h_w, S_1 = S_w$) عند جدار البئر :

$$Q = \frac{2\pi T S_w}{\ln\left(\frac{R}{r_w}\right)}$$



جامعة ديالى / كلية الزراعة / قسم علوم التربة والموارد المائية
الهيدرولوجي والموارد المائية / المرحلة الرابعة
أ.م. د. احمد بهجت خلف

مثال (1) بئر قطرها ٣٠ سم تخترق كلياً تكويناً خزاناً محصوراً معامل النفاذية له ٤٥ م/يوم ، فإذا علمت أن سمك الطبقة الخازنة = ٢٠ متر و أن منحنى الهبوط و نصف قطر التأثير عند الضخ بالحالة الثابتة هما ٣ و ٣٠٠ متر على التوالي ، إحسب كمية تصريف البئر ؟

الحل :

$$R = 300 \text{ m.} , r_w = 0.15 \text{ m.} , S_w = 3 \text{ m.} , B = 20 \text{ m.}$$

$$k = 45 / (3600 * 24) = 5.208 * 10^{-4} \text{ m/s.}$$

$$T = 5.208 * 10^{-4} * 20 = 10.416 * 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s.}$$

$$Q = 2 * \pi * 10.416 * 10^{-3} * 3 / \ln (300/0.15) = 0.02583 \text{ m}^3/\text{s.} = 1550 \text{ liter/min.}$$

مثال (٢) في المثال السابق إحسب التصريف إذا كان :

١. قطر البئر ٤٥ سم مع بقاء بقية العوامل ثابتة .

٢. إذا زاد منحنى الهبوط إلى ٤.٥ متر و ببقاء بقية العوامل ثابتة .

الحل :

1. $Q = 1637 \text{ m}^3/\text{s.}$

جامعة ديالى / كلية الزراعة / قسم علوم التربة والموارد المائية
 الهيدرولوجي والموارد المائية / المرحلة الرابعة
 أ.م. د. احمد بهجت خلف

2. $Q = 2325 \text{ m}^3/\text{s}$.

١. الجريان غير المحصور (الحر) Unconfined Flow :

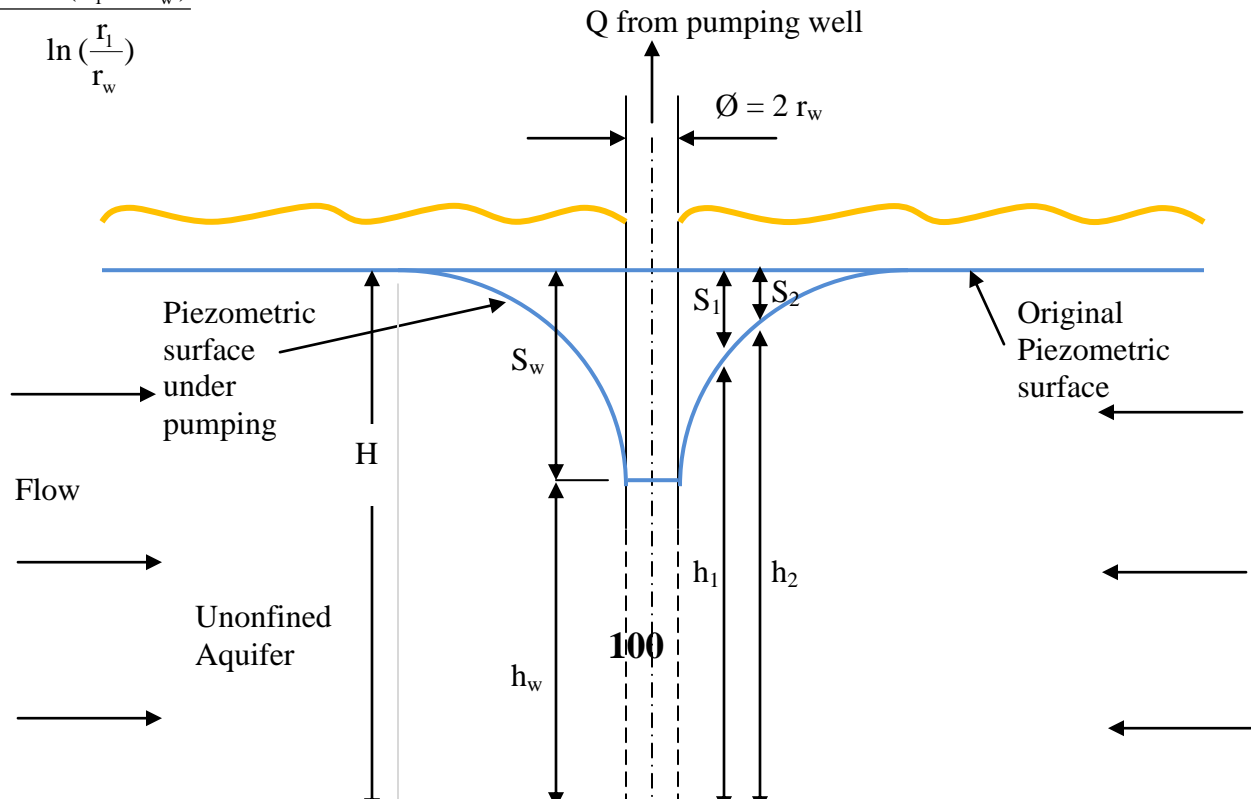
$$Q = \frac{\pi k (h_2^2 - h_1^2)}{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}$$

و عند حافة منطقة التأثير ($H = h_2$, $R = r_2$) كما أن ($r_1 = r_w$, $h_1 = h_w$) عند جدار البئر :

$$Q = \frac{\pi k (H^2 - h_w^2)}{\ln\left(\frac{R}{r_w}\right)}$$

Or :

$$Q = \frac{\pi k (h_1^2 - h_w^2)}{\ln\left(\frac{r_1}{r_w}\right)}$$



جامعة ديالى / كلية الزراعة / قسم علوم التربة والموارد المائية
الهيدرولوجي والموارد المائية / المرحلة الرابعة
أ.م. د. احمد بهجت خلف

مثال (٣) بئر قطرها ٣٠ سم تخترق كلياً تكويناً خزاناً حراً عمقه ٤٠ متر وبعد فترة طويلة من الضخ بمعدل ثابت مقداره ١٥٠٠ لتر/دقيقة ، ظهر أن منحنى الهبوط في بئري مراقبة تبعدان ٢٥ و ٧٥ متر عن بئر الضخ هما ٣.٥ و ٢ متر على التوالي ، احسب معامل الاستنقال للتكوين الخازن ، ما مقدار منحنى الهبوط عند بئر الضخ ؟

الحل :

$$1. Q = 1500 \cdot 10^{-3} / 60 = 0.025 \text{ m}^3/\text{s}.$$

$$h_2 = 40 - 2 = 38 \text{ m.} , \quad h_1 = 40 - 3.5 = 36.5 \text{ m.}$$

$$r_2 = 75 \text{ m.} , \quad r_1 = 25 \text{ m.}$$

$$0.025 = (\pi * k * (38^2 - 36.5^2)) / \ln (75/25)$$

$$k = 7.823 * 10^{-5} \text{ m/s.}$$

$$T = k H = 7.823 * 10^{-5} * 40 = 3.13 * 10^{-3} \text{ m}^2 / \text{s}.$$

$$2. Q = \frac{\pi k (h_1^2 - h_w^2)}{\ln \left(\frac{r_1}{r_w} \right)}$$

$$0.025 = (\pi * 7.823 * 10^{-5} * (36.5^2 - h_w^2)) / \ln (25/0.15)$$

جامعة ديالى / كلية الزراعة / قسم علوم التربة والموارد المائية
الهيدرولوجي والموارد المائية / المرحلة الرابعة
أ.م. د. احمد بهجت خلف

$$h_w = 28.49 \text{ m.}$$

$$S_w = 40 - 28.49 = 11.51 \text{ m}$$

(تمت بعونه تعالى)