خصائص وأهمية الماء وبعض خصائص الدورة الهيدرولوجية :-

الماء يغطي حوالي 70% من سطح الارض

الماء من افضل المذيبات الطبيعية الموجودة على الارض وذلك يجعله فعال جدا في عملية التنظيف ،وخاصية المهمة من التربة الى النبات. nutrients المذيب للماء تسمح له باخذ وحمل العناصر الغذائية
*احد مكونات التربة الذي يوثر على الاحياء المجهرية ونمو النبات.
*ينظم درجة حرارة التربة ويساهم في الفعاليات الكيمائية والحياتية للتربة .
* عامل اساسي لعمليات تكوين التربة soil forming processes والتجوية .

- الماء من المواد القليلة التي توجد في 3 حالات ضمن مديات مناخ الارض .
- الماء كيمائيا يتكون من عنصرين هما N وO ويكونان في حالة غازية لوحدهما .
-

كوزن نسبة الهيدرجين الى H_2Oالماء يتكون من ذرتي من الهيدروجين وذرة وحدة من الاوكسجين
الاوكسجين تكون 1 الى 8 .

له قابلية على ذوبان الغازات فيه مثل الاوكسجين والذي يسمح باستدامة الحياة في الاجسام المائية مثل الانهار والبحيرات والمحيطات

الماء في الحالة الصلبة اقل كثافة من الحالة السائلة وهذا الشي نادر في المركبات الاخرى ،مما يعني ان الثلج يطفو على سطح الماء والتجمد يحصل من الاعلى الى الاسفل والذي يكون مهم جدا لاستدامة الحياة المائية في المناطق الباردة.

اعلى كثافة للماء تكون عندما تكون درجة الحرارة عند درجة 4 مئوية .

- درجة غليان الماء تتغير مع تغير الضغط الجوي والاتفاع ، على ارتفاع (حوالي 1524 م) درجة غليان الماء 95 م ^{O} ، ولكن عند ارتفاع (3050 م) درجة غليان الماء تصبح 90 م ^{O} وعند مستوى سطح البحر درجة الغليان تكون 100 م ^{O} وعند حدود البحر الميت عند ارتفاع 394 م تحت سطح البحريتطلب ان تكون درجة الحرارة 101.1 م ^{O} لغلي الماء .

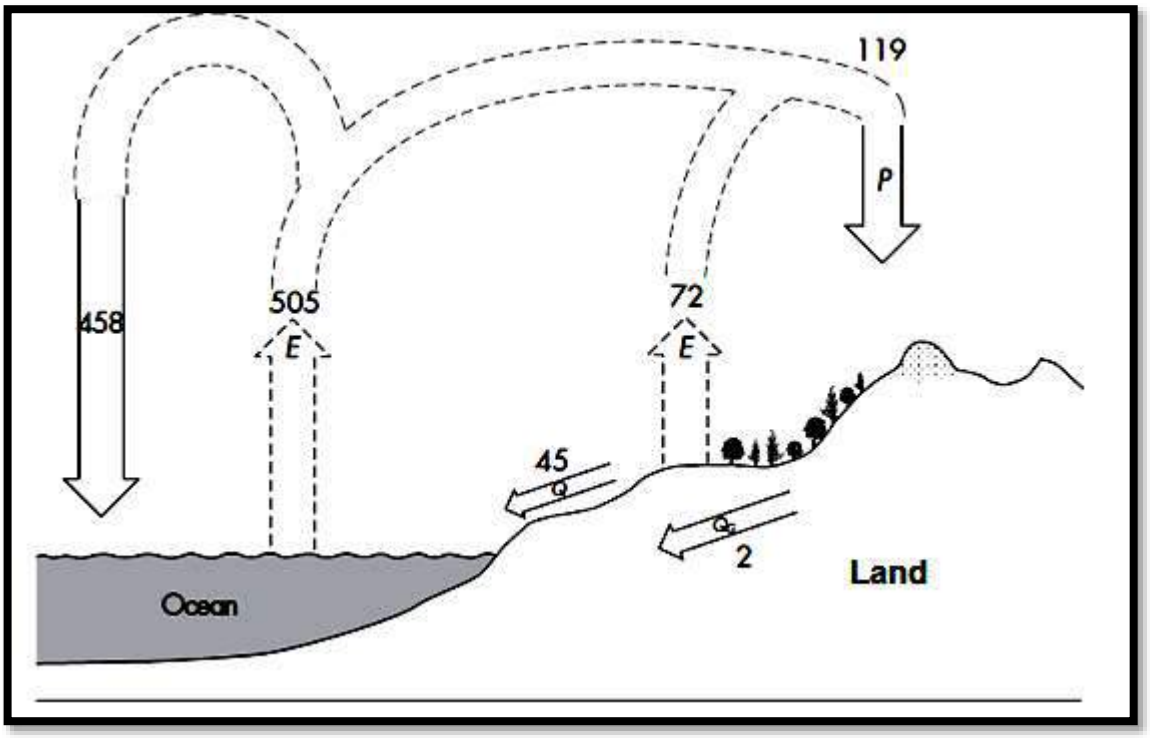
التبخر من المحيطات يكون اكبر من مقدار ماتستلمه المحيطات من امطار والعكس صحيح في القارات .

الفرق بين السواقط والتبخر في الجزء اليابس من الارض يمثل السيح والذي يمثل حركة الماء على او تحت الارض بتجاه المحيطات

الغالبية العظمى من التبخر والسواقط تحدث فوق المحيطات .

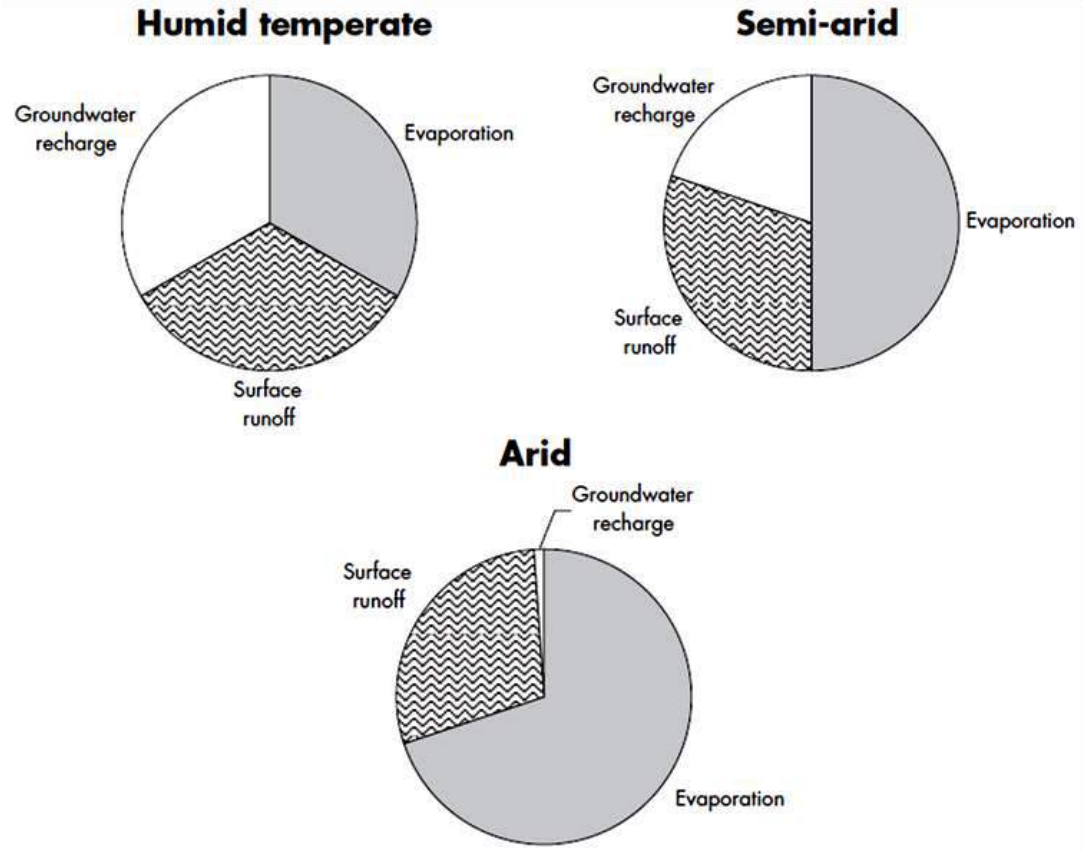
مثال على الدورة الهيدرولوجية

الشكل ادناه يوضح الدورة الهيدرولوجية ،الارقام تمثل تقديرات لكميات(حجم) المياه بـ (الف كم^3) خلال سنة واحدة ومن معلومات الرسم ادناه . احسب النسبة المئوية للتبخر والسواقط والجريان السطحي وتحت السطحي؟

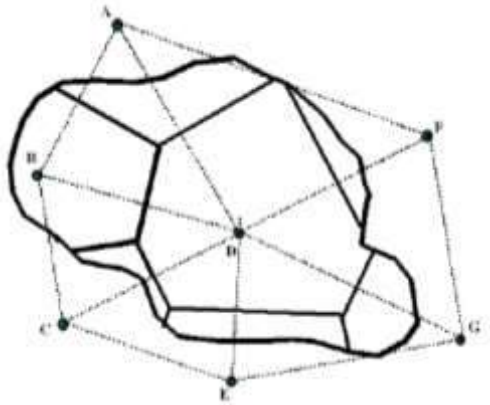
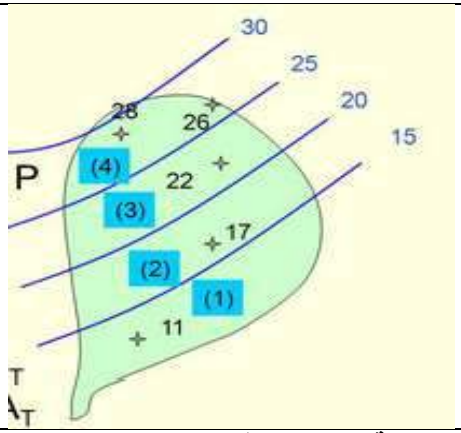


توزيع عناصر الدورة الهيدرولوجية في ثلاثة مناخات مختلفة:

الشكل ادناه يوضح اجزاء السواقط المطرية الكلية التي تعود الى التبخر والجريان السطحي وتغذية المياه الجوفية في مناطق مختلفة المناخ . في المناطق المعتدلة حوالي 1/3 من السواقط يكون على شكل تبخر وثلث من السواقط لتغذية المياه الجوفية وثلث من السواقط بشكل جريان سطحي . في المناطق الجافة يكون التبخر ماخذ الجزء الاكبر من السواقط ويمتدد على حساب تغذية المياه الجوفية .



حساب معدل السقيط فوق مساحة معينة

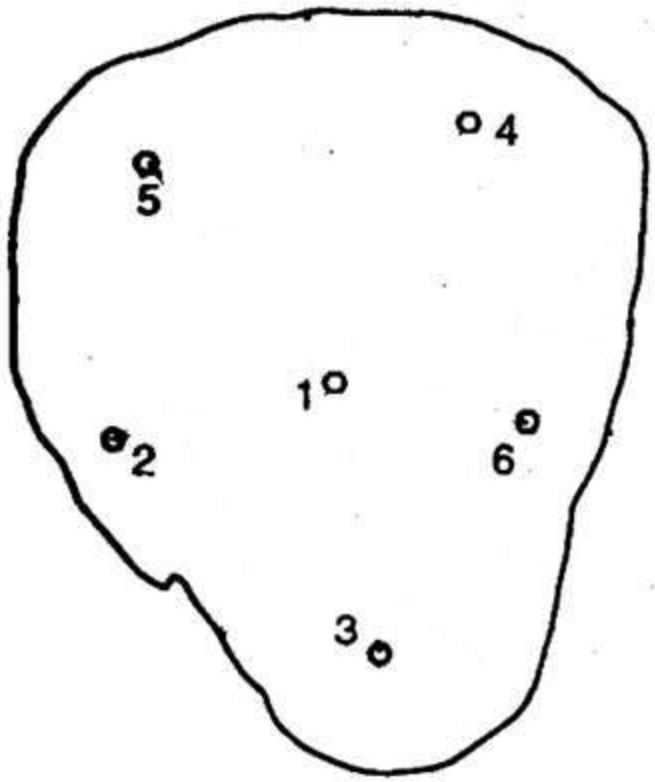
طريقة المعدل الحسابي	طريقة ثيسن Thiessen method او طريقة المضلعات polygons	طريقة الخطوط الكنتورية Isohyetal method
$Pm = \frac{p1+p2+p3+\cdots\ldots pn}{N}$ pm=معدل الساقط المطري p1= عمق الساقط المطري في المحطة p1 N=عدد المحطات	$Pm=\frac{p1A1+P2A2+P3A3+\cdots..PnAn}{A}$ pm=معدل الساقط المطري p1= عمق الساقط المطري في المحطة p1 A1=مساحة المضلع A1 A=المساحة الكلية	$Pm=\frac{\left(\frac{p1+p2}{2}\right)A1+\left(\frac{P2+P3}{2}\right)A2+\left(\frac{p3+p4}{2}\right)}{A}$ pm=معدل الساقط المطري p1= عمق الساقط المطري في المحطة p1 A= المساحة الكلية
1- تكون طبوغرافية الارض مستوية تقريبا 2-لاتزيد مساحة الحوض عن 500 كم^2 3-الفرق بين قراءات المحطات اقل من 10% 4- يكون توزيع المحطات بشكل منتظم ومتجانس وبابعاد متساوية تقريبا 5- واحدة من اسهل الطرق واسرعها في الحساب 6- اذ كان التغاير في قراءات الامطار ليست بعيدة عن المعدل mean تكون هذه الطريقة دقيقة .	1- تكون طبوغرافية الارض معقدة 2- مساحة الحوض تتروح بين 500-5000 كم^2 3- يكون توزيع المحطات بشكل غير متجانس 4- اكثر دقة من طريقة المعدل الحسابي 5-لاتاخذ بنظر الاعتبار تاثير الطبوغرافي orographic effect 6- العامل المحدد الاكبر لهذه الطريقة هو رسم مضلعات جديدة في كل وقت لحوض التصريف اذ حصل تغير في شبكات محطات قياس الامطار 7-اذ كانت مساحة الحوض كبيرة وعدد كبير جدا لمحطات القياس يفضل استخدام computer	1- تكون طبوغرافية الارض شديدة التعقيد 2- مساحة الحوض اكبر من 5000 كم^2 3- يكون توزيع المحطات بشكل غير منتظم ومتجانس 4- في المناطق التلال او المناطق غير المستوية تكون هذه الطريقة مناسبة . 5-هذه الطريقة تعطي موشر دقيق على توزيع الساقط المطري خاصة بوجود شبكة كثيفة كافية من محطات القياس 6-افضل طريقة بالمقارنة بالطرق الاخرى حيث تاخذ بنظر الاعتبار تاثيرات الارتفاعات الطبوغرافية .
		
	نقوم بربط كل محطة مع المحطات المجاورة بحيث نحصل على مجموعة مثلثات والتي تحتوي على زوايا منفرجة ونحاول الابتعاد عن المثلثات ذات الزوايا الحادة ومن ثم ننصف هذه المثلثات ونقوم برسم اعمدة عليها وتربط بين نقاط التقاطع لكي تكون مساحة مغلقة polygon لكل محطة وتقيس المساحة اما باستخدام planimeter او الاوراق البيانية	في هذه الطريقة تسقط مواقع المحطات على الخارطة الطبوغرافية ،مع عمق الامطار الساقطة مع تحديد ارتفاع المحطات عن مستوى سطح البحر ونقوم بتوصيل المحطات المتساوية في كمية الامطار بخطوط تسمى خطوط تساوي المطر Isohyetal التي تحمل نفس عمق

		الساقط المطري .

حساب معدل الامطار الساقطة فوق حوض معين

يمثل الشكل ادناه حوض لنهر ما تتوزع فيه وحولة شبكة من محطات قياس الامطار وعددها ستة محطات .

رقم المحطة	1	2	3	4	5	6
عمق الامطار (ملم)	660	640	500	820	800	600



مقياس الرسم 1:100000

المطلوب:- حساب معدل وكمية الساقط المطري على هذا الحوض باستخدام

1-طريقة المضلعات(Thiessen polygon)

2- الطريقة الكنتورية (منحنيات تساوي ارتفاع الامطار)

قارن بين الطرقتين وايهما افضل ؟

احتمالية سقوط المطر وفترة العودة

س/ الجدول ادناه يوضح معدل الساقط المطري خلال سبع سنوات لاحدى المحطات ،احسب احتمالية وكمية الساقط المطري الذي له فترة عودة (3 و 4 و 1.5) سنوات ؟

Year	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Average rainfall in (mm)	400	520	590	340	470	300	430

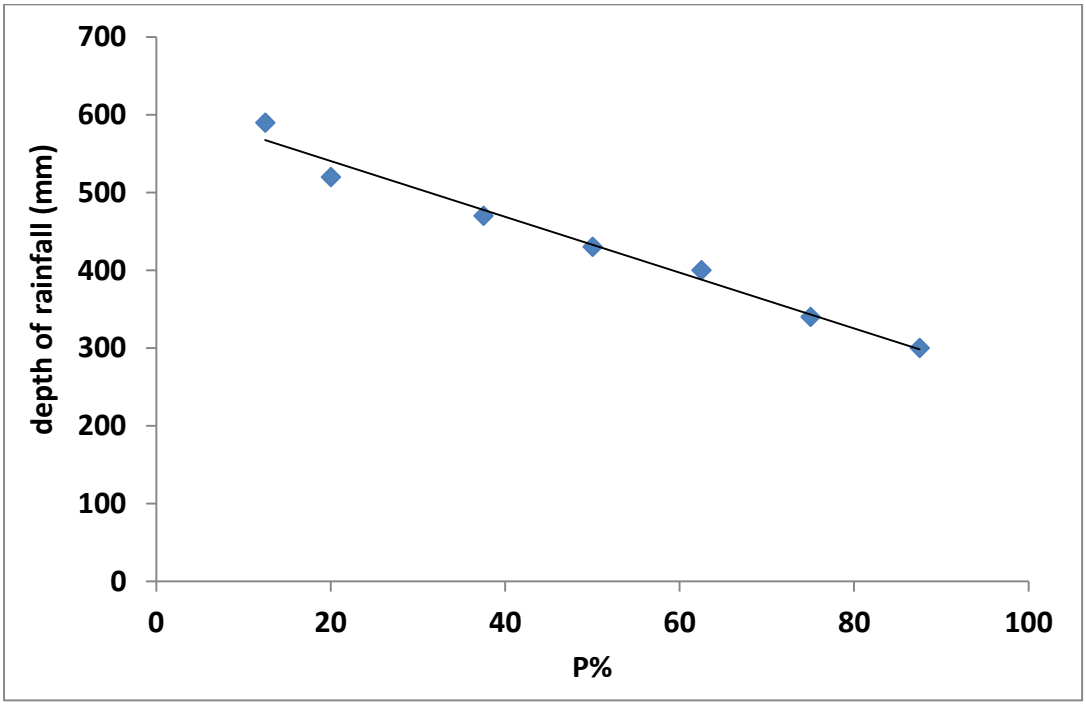
T= $\frac{1}{P}$ **or** **P=**$\frac{1}{T}$ **T= زمن العودة ; P= احتمالية الساقط المطري**

$$P=\frac{M}{N+1}\times 100$$

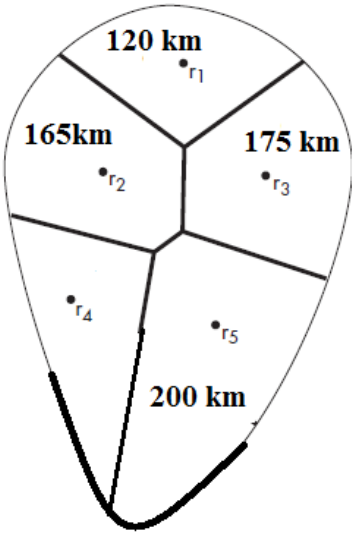
P= احتمالية الساقط المطري

M= تسلسل كمية الامطار بعد ترتيبها تنازليا (من الاكبر الى الاصغر)

N= عدد قراءات الساقط المطري



الحوض ادناه مساحتة الكلية 758 كم^2 احسب 1-مقدار الساقط المطري في المحطة المفقودة R3 لسنة 2010
2- اوجد معدل الساقط المطري فوق كل الحوض خلال فترة 25 عاما ، ماسم الطريقة المستخدمة ؟ 3- احسب حجم الساقط المطري بـ م^3 على الحوض ؟



Station	الساقط المطري لسنة 2010 (سم)	معدل الساقط المطري خلال 25 عام (سم)
R1	32	60
R2	30	56
R3	----	44
R4	18	29
R5	25	38

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

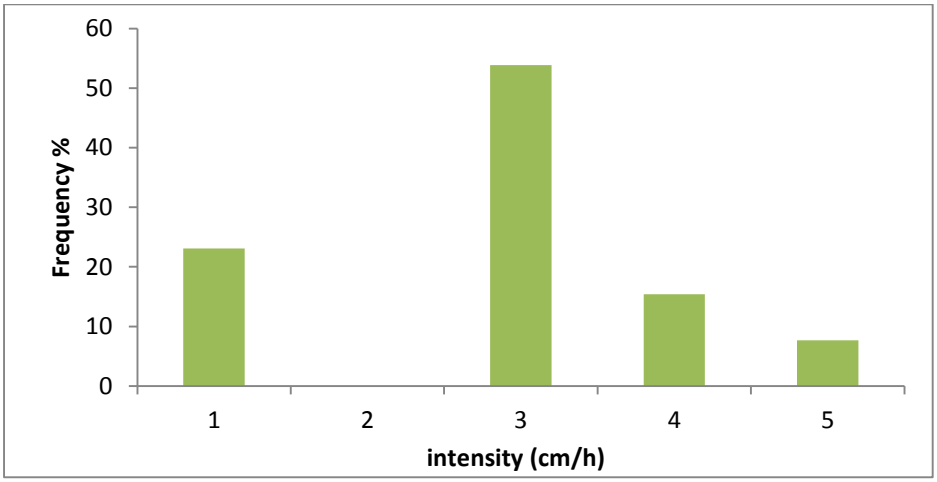
$$P_D = 92.01/3\ (91.11/80.97 + 72.23/67.59 + 79.89/76.28) = 99.41\ cm.$$

calculate the frequency percentage for **حساب النسبة المئوية لتردد شدة العاصفة المطرية وفترة استدامتها**

rainfall intensity and duration

س/ تم جمع المعلومات المطرية التالية لمنطقة ما ،احسب الشدة المطرية بـ(سم/ساعة)، احسب النسبة المئوية للتردد (التكرار) لاعلى شدة مطرية لتلك المعلومات باستخدام interval لشدة المطرية مقدراه 5 سم/ساعة لكل مرحلة مع الرسم ؟

No.	Rainfall depth (cm)	duration (Min)	duration (hr)	Intensity (cm/hr)
1	4	15		
2	7	24		
3	15	42		
4	7	96		
5	5.5	114		
6	6	93		
7	13	72		
8	21	87		
9	16	75		
10	22	126		
11	9	48		
12	8	36		
13	24	102		

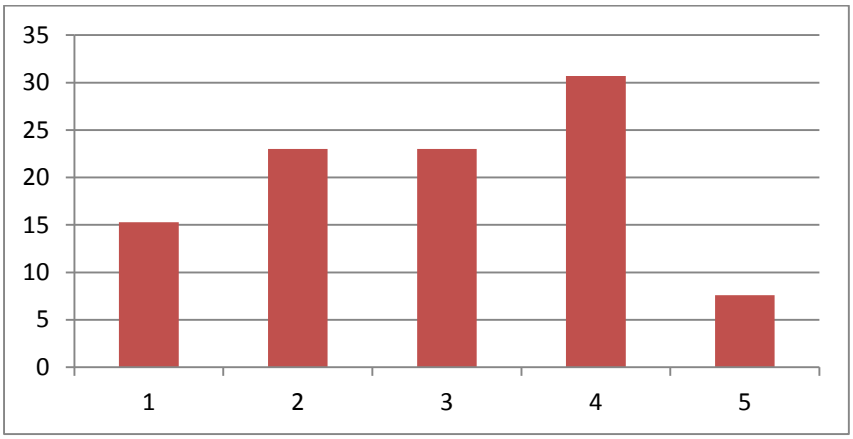


Intensity cm/h	Repeat	Frequency percentage
0-5	3	23%
5-10	0	0
10-15	7	53.8%
15-20	2	15.3%

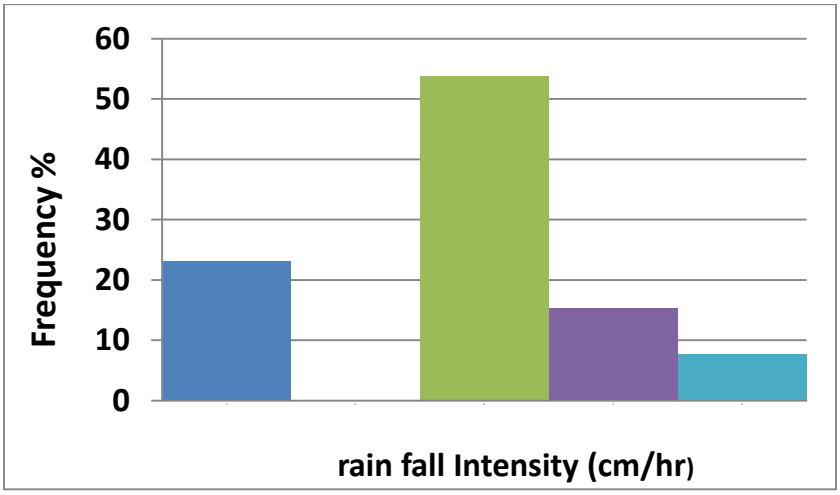
20-25	1	7%

Duration

Duration hr	repeat	F%
0-0.5	2	15.3
0.5-1	3	23
1-1.5	3	23
1.5-2	4	30.76
2-2.5	1	7.6



Intensity(cm/hr)	repeat	F %
0 to 5	3	23.07
5 to 10	0	0
10 to 15	7	53.84
15 to 20	2	15.38
20 to 25	1	7.69



Double mass curve method

س : معدل الساقط المطري لستة محطات مطرية للفترة من 1991 الى *1998* ، البيانات في المحطة *D* يوجد شك وعدم دقة في القراءات ، بسب نمو غابة حول المحطة ، تحقق فيما اذ كانت البيانات في المحطة *D* صحيحة ومتطابقة ام ، في حالة البيانات غير متطابقة صحح القراءات المطرية ، وفي اي سنة حصلت التغاير في القراءات ، وحسب طريقة *Double mass curve method*

Station	A	B	C	D	E	F
Year	Rainfall (mm)					
1991	608	704	378	768	576	544
1992	663	768	402	837	628	593
1993	611	707	388	722	519	548
1994	704	815	433	889	668	629
1995	606	702	374	766	575	543
1996	722	836	446	430	685	646
1997	647	748	402	330	612	578
1998	797	924	717	400	756	713

احتمالية سقوط المطر

1- احتمالية حصول عاصفة مطرية ذات احتمالية تتجاوز p خلال Nمن السنوات وبتكرار x من المرات يحسب من العادلة التالية .

$$\text{Prob}(x) = \frac{N!}{x!(N-x)!}(p)^x(1-p)^{N-x}$$

N= عدد السنوات ،

x= *التكرار*

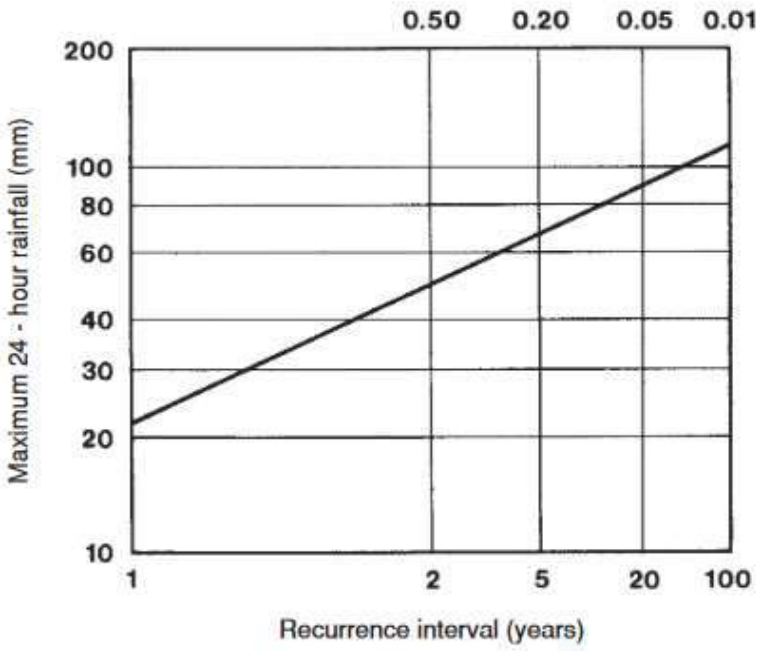
! المضروب *factorial* مثلا مضروب ($3! = 3\times2\times1 = 6$)

p= الاحتمالية

س : استخدم الشكل ادناه لحساب

أ- احسب احتمالية حصول عاصفة مطرية ذات استدامة 24 ساعة ، تصل الى عمق 70 ملم ، تحصل 3 مرات على الاقل خلال 15 سنة ؟

ب- احسب احتمالية احسب احتمالية حصول عاصفة مطرية ذات استدامة 24 ساعة ، تصل الى عمق 100 ملم ، تحصل 4 مرات على الاقل خلال 20 سنة ؟



حساب التبخر Measure of evaporation

عدد محطات قياس التبخر Evaporation measurement stations

توصي المنظمة الدولية للارصاد الجوية world meteorology organization WMO إن يكون الحد الادنى في توزيع محطات قياس التبخر كما ياتي :

1- المناطق الجافة : محطة واحدة لكل 3000 كم^2

2- المناطق المعتدلة - الرطبة : محطة واحدة لكل 50000 كم^2

3- المناطق الباردة محطة واحدة لكل 100000 كم^2

طريقة المباشرة طريقة حوض التبخر Evaporation Pan

$$E_{pan} = P \pm \Delta d$$

E_{pan}= التبخر من الوعاء (ملم/يوم)

P is the depth of precipitation during the period between the two measurements,

عمق الامطار خلال فترتي القياس

Δd is the depth of water added (+) to or removed (–) from the pan.

التغير في منسوب الماء في الوعاء خلال فترتي القياس .

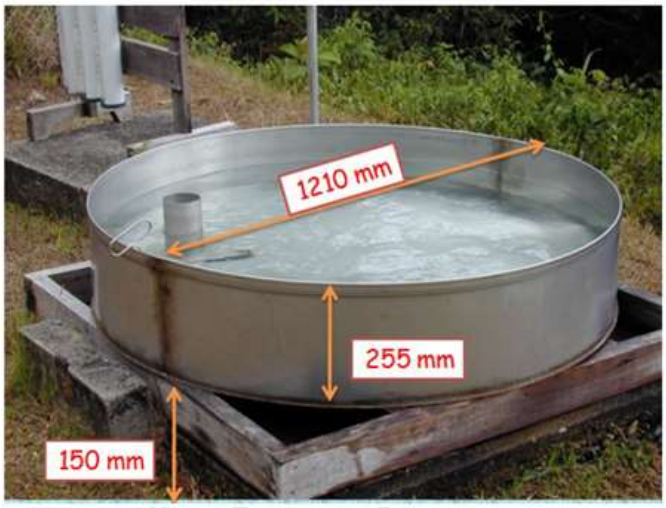
$$E = K_{pan} \times E_{pan}$$

E= التبخر الحقيقي

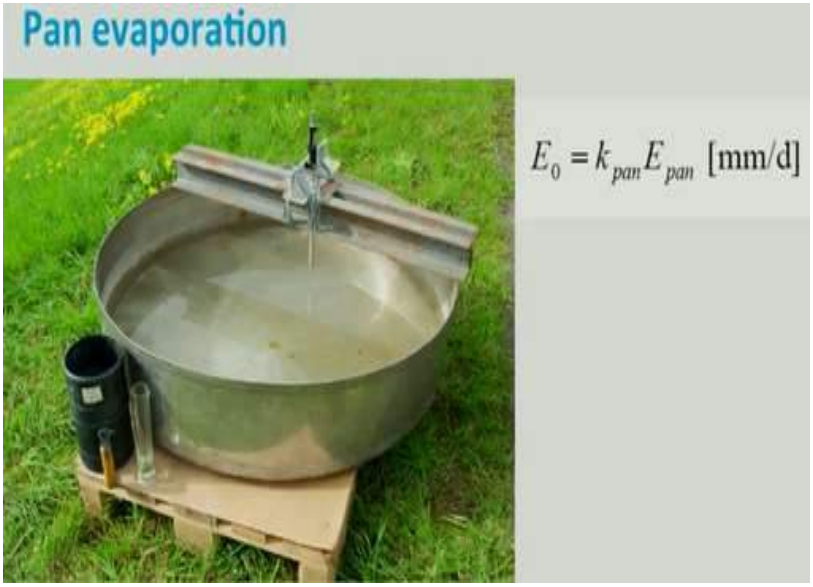
K_{pan} = معامل تصحيح الوعاء

E_{pan}= تبخر من الوعاء

Figure I.4.1. United States Class A pan



Class A Evaporation Pan



س 1/ حوض تبخر وضع قرب بحيرة ، عمق الماء في وعاء التبخر في بداية القياس كان 23.6 ملم وفي اليوم الثاني بلغ القياس 22.1 ملم ، ولم يحصل امطار خلال فترة القياس ، احسب التبخر اليومي ، اذ علمت ان معامل الوعاء = 0.9 ؟

س 2/ فلاح لديه خزان مائي مساحته السطحية 10117 م^2 بعد موسم الامطار تم مل الخزان الى عمق 3م ،خلال موسم الجفاف يفقد 6.35 سم /اسبوع بسب التبخر ، وكان يستخدم يوميا للري 283 م^3/ يوم ، لمدة كم اسبوع يستطيع الفلاح الاستفادة من هذا الخزان لإغراض الري ؟

التبخر -نتح الكامن

potential evapotranspiration ET_p من المسطحات المائية او من التربة المشبعة بالمياه بحيث يكون الماء عامل غير محدد للتبخر (رطوبة التربة كافية لحاجة الغطاء النباتي).

التبخر-نتح الحقيقي Actual Evapotanspiration ET_a التبخر-نتح من المسطحات المائية او من التربة المشبعة بالمياه بحيث يكون الماء عامل محدد للتبخر.

ملاحظة : يكون التبخر نتح الحقيقي يكون اقل من التبخر نتح الكامن

$ETp > ET_a$

س / احسب التبخر -نتح الكامن المصحح لمحطة انواء كركوك بطريقة Thornthwait ثنرويت بالاعتماد على المعدل الشهري لدرجات الحرارة الموضحة ادناه علما ان المحطة تقع على خط عرض 36 ؟

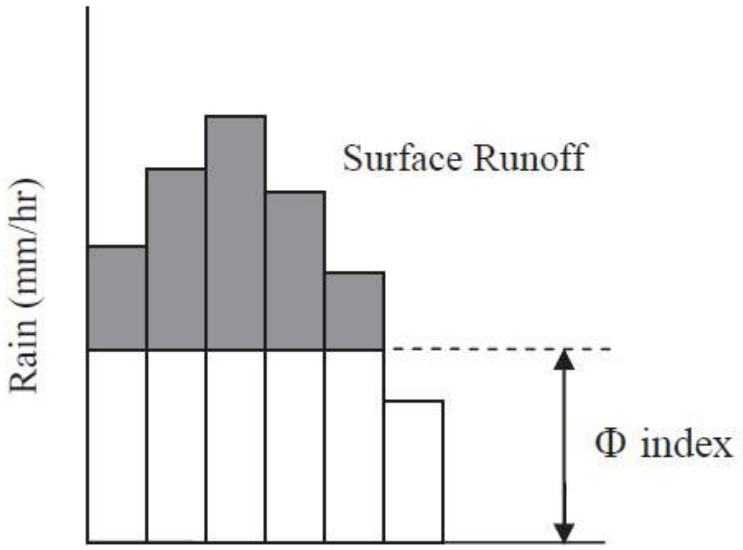
Months	**10**	**11**	**12**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
T(c^o)	**25**	**16.44**	**11.19**	**9.34**	**10.4**	**13.92**	**19.4**	**27.03**	**32.57**	**35.9**	**35.26**	**31.7**

الحل

months	**T(c^o)**				
10					
11					
12					
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					

دليل الغيض infiltration index :-

دليل الغيض Φ : عند افتراض عدم وجود تغاير في معدل الغيض مع الوقت (سعة غيض ثابتة) ذلك يسمى دليل الفيض والتي تكون قيمته اعلى من دليل الغيض تمثل حجم المطر الساقط الذي يساوي لحجم السيح ، لاحظ الشكل ادناه .



حساب دليل الغيض Calculate the infiltration index

يحسب من المعادلة التالية

$$(P_1-\phi)+(P_2-\phi)+(P_3-\phi)+\ldots.(P_n-\phi)=\text{depth of runoff}$$

P_1= عمق الساقط المطري خلال الزمن الاول

P_2= عمق الساقط المطري خلال الزمن الثاني

Depth of runoff=عمق السيح (الجريان السطحي)

Φ= دليل الغيض

س1/ حوض مساحتها 0.25 كم^2 تعرضت للعاصفة المطرية التالية فإذا كان حجم الجريان السطحي 8250 م^3 احسب دليل الغيض باستخدام البيانات أدناه ؟ (إهمال تأثير التبخر – نتح)؟

Time (hr)	1	2	3	4	5	6
Rainfall(mm)	7	18	25	12	10	3

س واجب/ عاصفة مطرية كان توزيعا موضح ادناه نتح عنها سيح مباشر عمقة 5.8 سم ، احسب دليل الفيض ؟

Time (hr)	1	2	3	4	5	6	7	8
Rainfall(mm)	0.4	1.1	1.5	2.3	1.4	1.6	1	0.5

واجب العملي التبخر Evaporation م/5

الجدول أدناه يوضح قياسات يومية للساقط المطري ومنسوب الماء في حوض التبخر ، احسب التبخر اليومي والتبخر المصحح خلال شهر نيسان للايام من 1 نسيان ولغاية 6 نيسان ، اذ علمت ان معامل تصحيح الوعاء = 0.8

ملاحظة : المطر المسجل يمثل العمق المطري لليوم السابق لان قراءة العمق المطري تم اخذها عند الساعة الثامنة وبذلك تمثل العمق المطري لليوم السابق .

نيسان April	تم اخذ القراءات الساعة الثامن صباحا		Daily records		
	Rainfall (mm)	evaporation tank water level منسوب الماء في حوض التبخر (mm)	Rainfall (mm)	pan evaporation (mm)	evaporation correction (mm)
1	1.2	23.6	.....	1.5	1.2
2	---	22.1	10.2	0.7	0.56
3	10.2	31.6	.....	1.8	1.44
4	---	29.8	8.1	2.3	1.84
5	8.1	35.6	.....	1.6	1.28
6	---	34	0.4	2	1.6
7	0.4	32.4		*	*

ملاحظة : عند إنشاء حوض التبخر يفضل عمل سياج او مشبك حوله لمنع شرب الطيور و الحيونات لكي لا يوثر على قياس التبخر.

Make sure that birds and animals do not use the tank as a watering hole .
Use wire netting to cover the tank and fence to keep animals away .

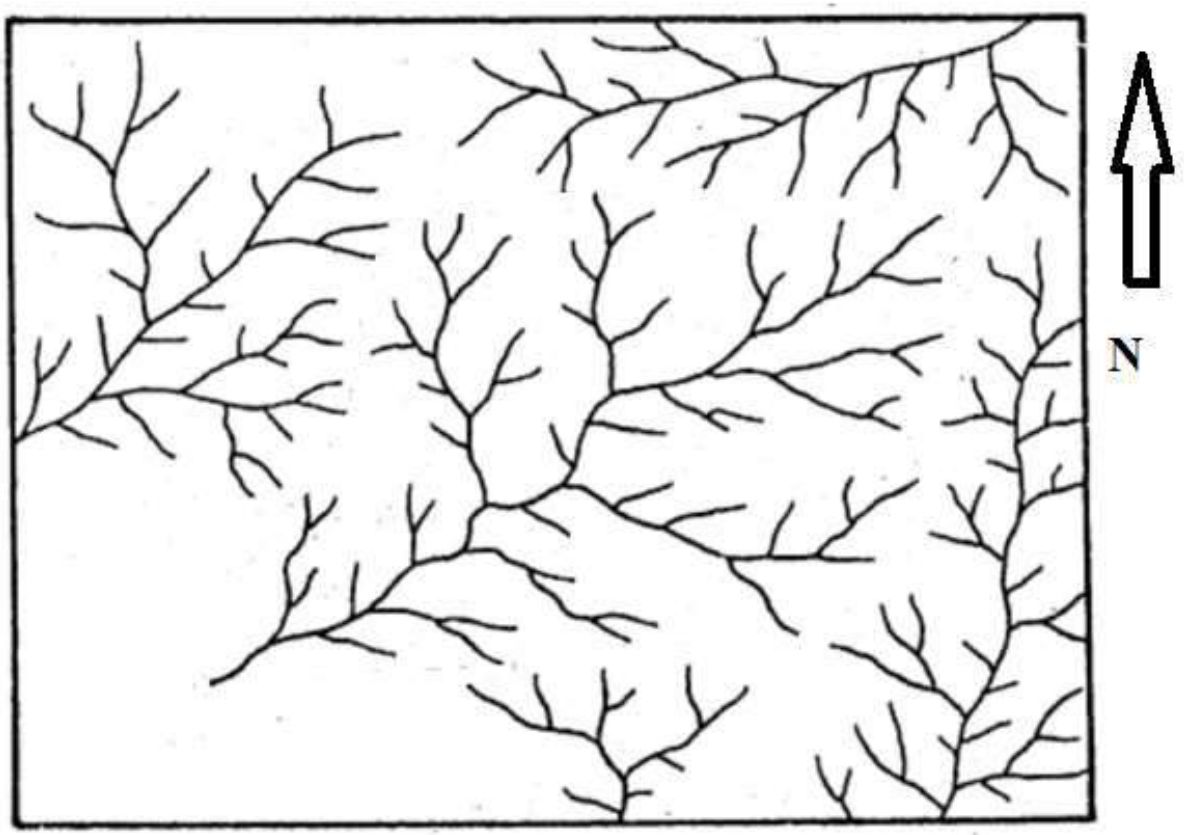
التحليل المورفومتري لاحواض التصريف

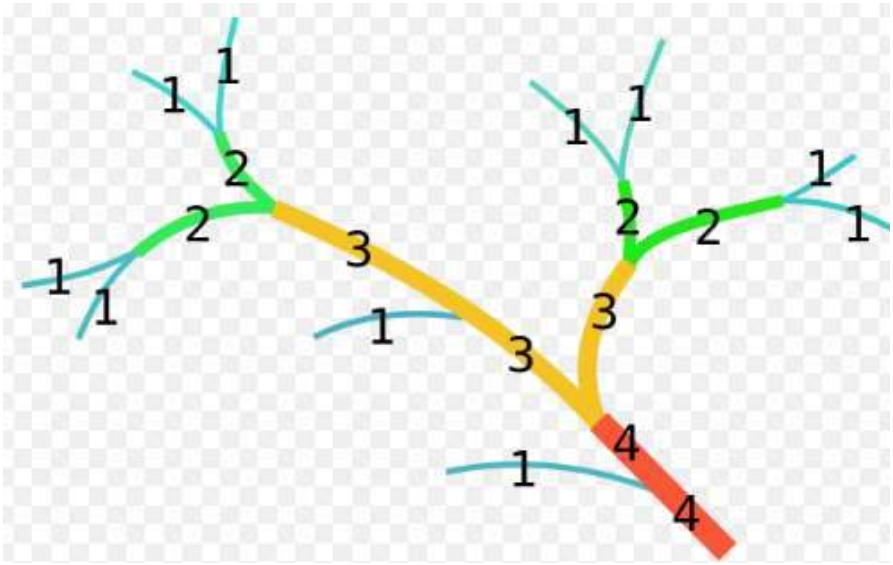
ان التحليل الموفومتيري يتضمن دراسة وتحليل شبكة التصريف للجابية المطرية ،والغرض من اجراء التحليل لشبكة الجريان Network of runoff فان ذلك يتطلب تحديد العديد من الخصائص الهيدرولوجية للحوض ومن اهما

1- المراتب النهرية 2- نسبة التشعب 3- مساحة الحوض 4- كثافة التصريف

5- معامل شكل الحوض 6- نسبة تماسك المحيط

س 1 /حدد حدود تقسم المياه water divideواتجاه الجريان في الحوض للخارطة ادناه وكم عدد الاحواض المائية في الخارطة ادناه ؟



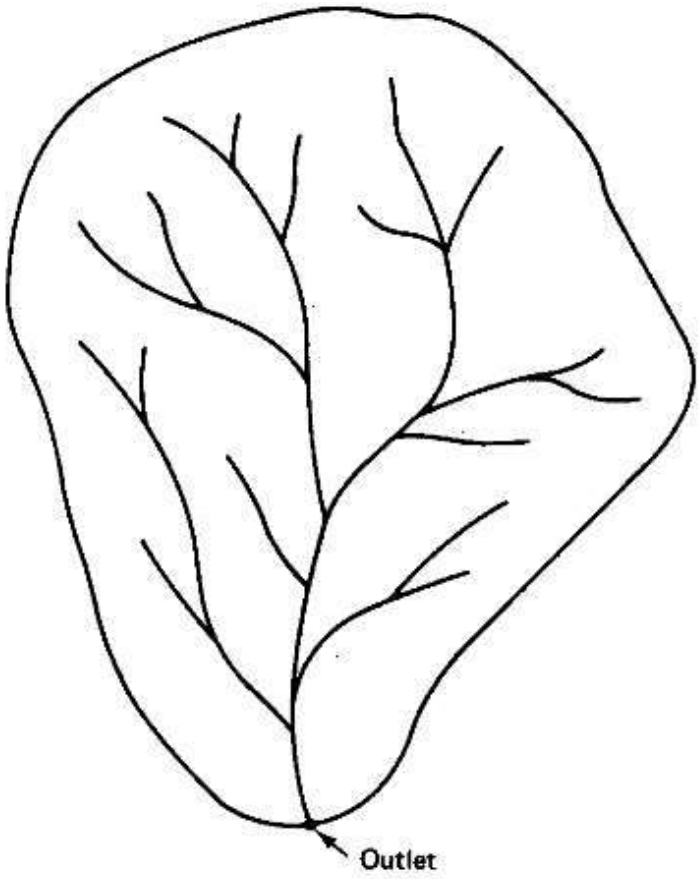


س2 / من الخارطة ادناه حدد عدد ورتب كل جدول نهري stream order للحوض النهري ادناه حسب تصنيف ستراهلير strahler؟

1- اوجد و ارسم العلاقة بين عدد الجدوال الى رتبها وماهي نوع العلاقة بينهما ؟

2- جد كثافة التصريف للحوض Drainage density اذ علمت ان مساحة الحوض الكلية 182 كم^2.

وبلغ مجموع طوال الجدوال 28 و19 و 12و 3 كم من الرتبة الاولى الى الرابعة على التوالي؟



الجريان السطحي

ان جريان المياه في المجاري المائية يعد جريان حقيقي في الظروف الطبيعية وبدون تدخل الانسان ، وان الجدوال والمجاري المائية التي لاتتاثر باعمال الانسان مثل منشاة الخزن او التحويل المقامة على المجاري المائية فان هذا النوع من الجريان يسمى الجريان البكر virgin flow وعليه دائما يتم تصحيح التصريف بالنسبة لتاثيرات الانسان اثناء عملية الخزن والتحويل للماء اثناء جريانه في الجدوال او المجرى المحدد ،وعليه يمكن ايجاد الجريان البكر من تطبيق المعادلة الرياضية التالية

$$R_v = V_s + V_d - V_r$$

حيث ان

Rv= *حجم الجريان البكر*

Vs = *حجم الجريان المقاس*

Vd= *حجم الجريان الماخوذ من الجدول او المحول من الجدول*

Vr= *حجم الجريان العائد الى الجدول*

مثال : البيانات التالية توضح تصاريف لجدول مقاسة خلال سنة معينة وكما ياتي، تم نصب سد غاطس عبر الجدول لكي يحول 3 مليون م^3 من الماء كل شهر لغرض استخدامها في الري و 0.5 مليون م^3 لغرض استخدامها لاغراض صناعية على التوالي . اما الماء العائد الى الجدول فبلغ 0.8 و 0.3 مليون م^3 بعد استخدامه للزراعة والصناعية على التوالي . فماهو حجم الجريان البكر اذ علمت ان مساحة الجابية (الحوض) تبلغ 120 كم^2 ومعدل الساقط المطري السنوي 185 سم ، اوجد نسبة السيح الى الامطار ؟

Months	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
حجم الجريان المقاس (مليون/م^3)	**2**	**1.5**	***0.8***	***0.6***	***2.1***	**8**	**18**	**22**	**14**	**9**	**7**	**3**

تحليل المنحي المائي للانهار

River Hydrograph Analysis

يمكن رسم المنحني المائي (الهيدروكراف للانهار) اذ توفرت معلومات التصريف فترة زمينة طويلة ، ممكن ان يكون هيدروكراف سنوي ، او شهري ، او لعدة ساعات .عادة التصريف يقاس بوحدة م^3/يوم، او م^3/ثا او قدم^3/ ثا وتسمى cubic feet per second (cfs) وحدة انكليزية ،ويستخدم هذا المنحني بصورة رئيسية في معرفة تاثير المياه الجوفية بما تضيفه للنهر او تاخذ منه ، وفصل الجريان القاعدي عن الجريان المباشر . اواستخدام النهر في مشاريع الري .كذلك يستخدم لمقارنة التصاريف في مناطق مختلفة والبحث عن اسباب التغير في حجم التصريف النهري وادارة الموارد المائية .

س1/ تم قياس التصريف لاحد الانهار مع الزمن بالساعات حسب الجدول ادناه ،علما ان زيادة في تصريف حصل بسب العاصفة المطرية عند الساعة 3 وانتهت العاصفة المطرية عند الساعة 11 :-

Time (hrs)	***Discharge (cfs)***	***Time (hrs)***	***Discharge (cfs)***
1	***160***	***8***	***325***
2	***150***	***9***	***250***
3	***140***	***10***	***175***
4	***220***	***11***	***105***
5	***350***	***12***	***100***
6	***375***	***13***	***95***
7	***350***		

المطلوب :

1-ا رسم المنحني المائي الهيدروكراف واشر على اجزائه ؟

2-احسب اعلى قيمة للتصريف Peak ؟

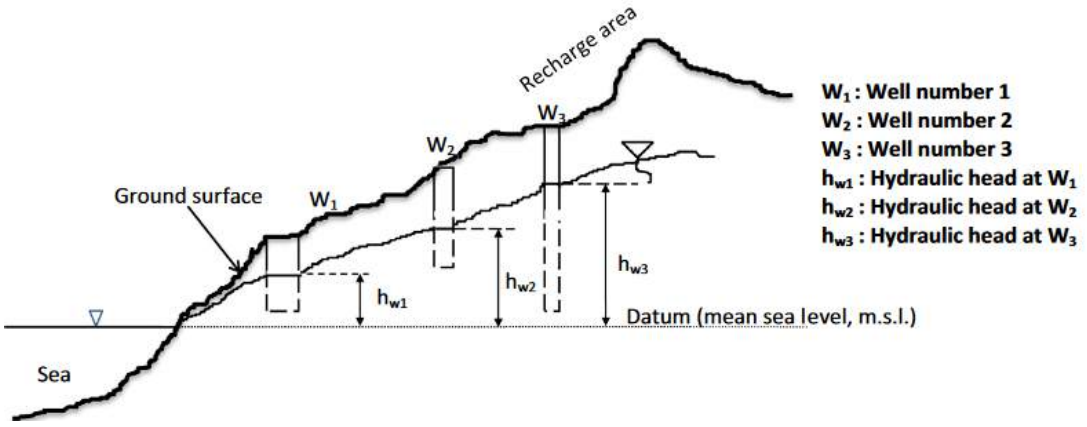
3-افصل الجريان القاعدي عن الجريان السطحي (المباشر) ؟

4- احسب الجريان القاعدي والجريان المباشر عند الازمنة التالية ، 3 ساعات ، 5 ساعات ، ،9 ساعات و 11 ساعة .

4- جد النسبة المئوية % لحجم المياه الجوفية الى %حجم المياه السطحية لمعرفة مساهمة المياه الجوفية في تغذية النهر ؟

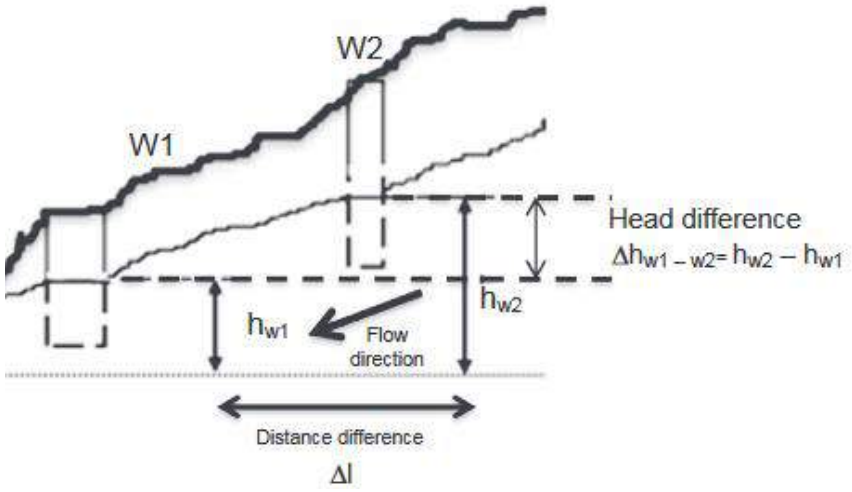
مناسيب المياه الجوفية في الآبار المائية

المياه الجوفية *Ground water* هي المياه الموجودة في فراغات ومسامات الصخور والرواسب. أن الحد الفاصل بين النطاق المشبع للتربة والنطاق غير المشبع للتربة يسمى بمنسوب الماء الجوفي او *Water table* . الشكل أدناه يوضح ارتفاع منسوب الماء الجوفي في 3 ابار، بالنسبة لمستوى سطح البحر *m.s.l* وهي اختصار meter above sea level



مناسيب المياه في الآبار Hydraulic head *عادة تقاس في الابار او البيزميترات (الابار صغيرة القطر) باستخدام جهاز يسمى* Sounder *او جهاز قياس المناسيب ، وتقاس بالنسبة لمرجع ثابت او مستوى ثابت، وهو مستوى سطح البحر ، ويتم قياس ارتفاعات موقع البئر عن مستوى سطح البحر باستخدام جهاز* GPS(Global position system).

الميل الهيدروليكي *Hydraulic gradient i*: عبارة عن الفرق في منسوب الماء بين بئرين مقسوم على المسافة الأفقية بينهما وتكون بدون وحدة . كما موضح في القانون التالي :



الميل الهيدروليكي *Hydraulic gradient*

$$i = \frac{h_{w2} - h_{w1}}{\Delta l} = \frac{\Delta h}{\Delta l} \approx \frac{dh}{dl}$$

ان القيمة العالية (المرتفعة) للميل الهيدرولكي *(i)* يدل على سرعة عالية في حركة المياه الجوفية *ground water velocity* والعكس صحيح .

ولحساب سرعة المياه الجوفية نطبق المعادلة التالية :-

$$V = \frac{K\, i}{ne}$$

v = *سرعة حركة المياه الجوفية (م/يوم)* ground water velocity

k= *الايصالية المائية* (م /يوم) Hydraulic conductivity

i = *الميل الهيدروليكي* Hydraulic gradient

ne = *المسامية الفعالة* effective porosity

الجدول قيم الايصالية المائية K *لمجموعة من الرواسب والصخور ، تكون القيم منخفضة في الطين في حين تكون القيم عالية في الحصى والرمل الخشن والصخور الحاوية على شقوق وتكسرات بسب الاذابة.*

Medium	K (m/day)
UNCONSOLIDATED DEPOSITS	
Clay	1–5
Fine sand	5–20
Medium sand	$20–10^2$
Coarse sand	$10^2–10^3$
Gravel	$5–10^2$
Gravel and gravel mixes	$10^3–10^{-1}$
HARD ROCKS	
Chalk (very variable according to fissures if not soft)	30.0
Sandstone	3.1
Granite, weathered	1.4
Limestone	0.94
Dolomite	0.001

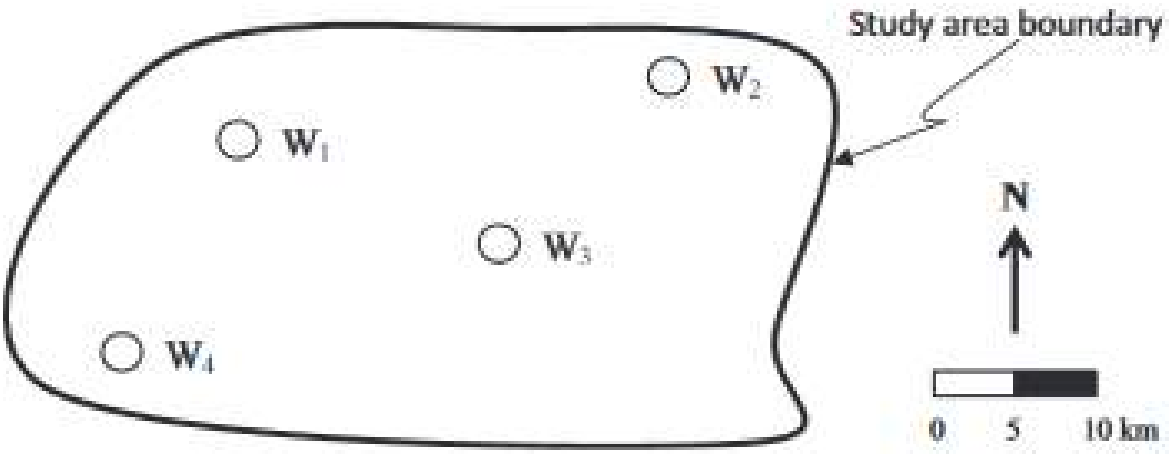
التمرين :

في الشكل ادناه مجموعة هي w_1,w_2,w_3,w_4 *محفورة في خزان جوفي* Aquifer *من الحجر الرملي* sandstone aquifer ، *ارتفاعات الابار عن مستوى سطح البحر* (m.s.l) *كانت 235.5و 225 و 243.3, و 218.7 م على التوالي* .وارتفاع منسوب الماء الجوفي *head* عن سطح البئر كانت 15.2 و 5.4 و 8.3 و 3.2 م على التوالي ، اذ افترضنا ان الايصالية المائية كانت متجانسة في منطقة الدراسة وبلغت $K=$ 5.1 م/يوم ،والمسامية الفعالة $n_e=$ 19% .

1- احسب ارتفاع منسوب الماء في كل بئر *hydraulic head elevation* ؟

2- احسب الميل الهيدروليكي *Hydraulic gradients* بين الابار ؟

3- سرعة حركة المياه الجوفية بين البئر رقم w_1 و w_2 ؟



شكل يوضح مواقع الابار

الحل: لحساب ارتفاع المياه في الابار عن مستوى سطح البحر ، يتم طرح ارتفاع البئر من سطح الارض عن العمق لمنسوب الماء الجوفي في البئر، لحساب *Hydraulic head* لكل بئر .

well No.	*ارتفاع البئر على سطح الارض عن مستوى سطح البحر (م)*	*العمق للماء الجوفي في البئر(م)*	Head (m)
1	*235.5*	*15.2*	*220.3*
2	*225*	*5.4*	*219.6*
3	*243.3*	*8.3*	*235*
4	*218.7*	*3.2*	*215.5*

لحساب الميل الهيدروليكي بين الابار *Hydraulic gradients* بين الابار من الضروري معرف المسافة بين الابار وذلك حسب مقياس الرسم في الخريطة ، المسافة بين الآبار تم حسابها حسب المصفوفة التالية :
المسافة بـ كم

	W_2	W_3	W_4
W_1	25	18.2	14.3
W_2		14.7	33.4
W_3			11.2

بعد معرفة المسافة يتم حساب الميل الهيدروليكي i بالاعتماد على القانون السابق ولكل بئرين

$$i_{W_1-W_2} = \frac{h_{W_1} - h_{W_2}}{d_{W_1-W_2}} = \frac{220.3 - 219.6}{25.0 \times 1000}$$
$$= +0.028 \times 10^{-3}$$
$$i_{W_1-W_3} = \frac{h_{W_1} - h_{W_3}}{d_{W_1-W_3}} = \frac{220.3 - 235.0}{18.2 \times 1000}$$
$$= -0.81 \times 10^{-3}$$
$$i_{W_1-W_4} = \frac{h_{W_1} - h_{W_4}}{d_{W_1-W_4}} = \frac{220.3 - 215.5}{14.3 \times 1000}$$
$$= +0.34 \times 10^{-3}$$
$$i_{W_2-W_3} = \frac{h_{W_2} - h_{W_3}}{d_{W_2-W_3}} = \frac{219.6 - 235.0}{14.7 \times 1000}$$
$$= -1.05 \times 10^{-3}$$
$$i_{W_2-W_4} = \frac{h_{W_2} - h_{W_4}}{d_{W_2-W_4}} = \frac{219.6 - 215.5}{33.4 \times 1000}$$
$$= +0.123 \times 10^{-3}$$
$$i_{W_3-W_4} = \frac{h_{W_3} - h_{W_4}}{d_{W_3-W_4}} = \frac{235.0 - 215.5}{11.2 \times 1000}$$
$$= +1.74 \times 10^{-3}$$

بعض قيم الميل الهيدروليكي تكون سالبة الإشارة *Negative sign* وليست قيم موجبة، على سبيل المثال الميل الهيدروليكي بين الابار W_1 و W_3 تكون سالبة تشير الى ان المياه تتحرك من البئر رقم 3 الى البئر رقم 1 بدلا من حركة الماء البئر 1 الى البئر رقم 3 . ونفس التفسير لباقي الابار . لان المياه تتحرك من *Head* العالي بتجاه *Head* المنخفض.

$$V = \frac{K\,i}{ne} = (5.1 \times 0.028 \times 0.001)/0.19 =$$

$$V = 0.00075\ m/day$$

الجريان السطحي*RUNOFF*

مياه الامطار الواصلة الى الارض ، جزء منها سوف يحصل لها جريان سطحي *runoff* في القنوات والجدول والوديان في مناطق الجافة والانهار، والتي تعتبر من العناصر الأساسية في الدورة الهيدرولوجية، والتي تستخدم للبشر ليس فقط في توفير المياه وانما ايضا في النقل (الملاحة المائية) خلال الانهار ، وتوليد الطاقة الكهربائية من السدود ، وتعلب دور مهم في الفيضانات *Flood* والجفاف *drought* وعمليات الترسيب *sedimentation* وتغذية المياه الجوفية *ground water recharge* للانهار في مناطق الجافة . التي تعتمد بشكل مباشر عن المطر الفعال *effective rainfall* يوجد عوامل اخرى موثرة على الجريان السطحي مثل العامل الجيولوجي الذي يمثل نوعية الصخور *lithology* ، نسجة التربة *soil texture* ، الغطاء النباتي *vegetation* ، المظاهر السطحية مثل الميل *slope* والاتجاه *aspect* وأنماط قنوات التصريف *drainage pattern* و المنخفضات *depression*. وأيضا نشاطات الإنسان *human activities* مثل استخدامات الاراضي *Land use*.

حاليا يتم استخدام البرامجيات والموديلات مثل نظام المعلومات الجغرافية (*geographical information system (GIS* الذي يتطلب بيانات عن الجريان السطحي و الغيض ومتغيرات اخرى ، لرسم وتحديد هذه المتغيرات لمواقع واماكن مختلفة ضمن خرائط معينة .

الجريان السطحي هو جزء من الساقط المطري ، ابسط معادلة لربط الامطار بالجريان السطحي تكون عبر العلاقة التالية

$$C = \frac{Runoff}{rainfall}$$

C= معامل الجريان *Runoff coefficient* (بدون وحدات) وتتروح قيمته بين 0 الى 1، القيمة العالية لـ *C* تعني كمية جريان سطحي اكبر والعكس بالعكس .

ان معامل الجريان يعكس ايضا مقدار الفقدان الكلي *Total loss factor* ويرمز له بالرمز *L*

$$L = \frac{Rainfall - runoff}{rainfall}$$

$$L = 1 - C$$

L= الفقدان الكلي ويشمل (الغيض ،التبخر- النتح ، المنخفضات) ، وايضا قيمته تتروح بين 0 الى 1 .

$$\textbf{Runoff} = C \times \textbf{Rainfall intensity} \times A$$

Runoff discharge *ويرمز له بالرمز* Q *وتمثل اعلى تصريف* peak flow *(*m^3/sec *)*

Rainfall intensity *الشدة المطرية ويرمز لها* I (m/sec)

A= المساحة بـ $م^2$

$$Q = C \times I \times A$$

وتسمى هذه الطريقة العقلانية *Rational method* وتستخدم لتقدير او التنبو (حجم اعلى تصريف للجريان لحوض معين) بشكل رياضي افتراضي وليس كقياس عملي حقلي ، والتي تفترض شدة مطرية ثابتة .

جدول يوضح قيمة *C*

تربة عالية النفاذية ، الاراضي مستوية ، وغطاء نباتي كثيف تكون قيمة *C* منخفضة (اي جزء قليل من الامطار يحصل له سيح) .

table(1) runoff coefficient (C)for Rational equation

Description of Area	C
Park حدائق عامة	0.1-0.25
playgrounds مناطق العاب الاطفال	0.2-0.35
pavement (Asphalt and concrete) تبليط	0.7-0.95
Apartment (شقق) مناطق سكنية	0.5-0.7
lawn ,sand soil flat up to 2% grade	0.05-0.1
average 2% to 7% grade	0.1-0.15
steep ,over 7%	0.15- 0.2
lawn ,heavy soil flat up to 2% grade	0.13-0.17
average 2% to 7% grade	0.18-0.22
steep ,over 7%	0.25-0.35

ان تسيقط العلاقة بين عمق السيح او الجريان كمتغير معتمد على المحور *y* مع عمق الساقط المطري كمتغير مستقل على المحور *x* (اين ان الجريان يعتمد على السيح السطحي) ميل المنحني *slope* يمثل معامل الجريان *C* ، في حين ان القاطع *a* ، قسمة *a/b* تمثل عتبة السيح .

من معادلة الخط المستقيم $y=a+-bx$

من البيانات التالية التي تمثل عمق الجريان السطحي مقابل المطر ، احسب معامل الجريان *C* ، ومقدار عتبة السيح *Runoff threshold value* (الذي يمثل العمق المطري الذي يبدا عنده الجريان).

Runoff (mm)	**rainfall(mm)**
8	**10**
14	**20**
21	**30**
24	**40**
32	**50**
44	**70**

واجب

من البيانات التالية احسب معامل الجريان و عتبة السيح (السطحي) وما اهمية ذلك الرقم ؟

Rainfall (mm)	*Runoff (mm)*
9	**5**
22	**15**
31	**22**
44	**27**
51	**33**
75	**46**

س 4 : حوض مائي watershed كان استخدام الارض land use كان حسب الجدول التالي ، بلغت الشدة المطرية بلغت 16 ملم/ساعة ، احسب قيمة اعلى تصريف تصميمي peak discharge بطريقة العقلانية Rational method ؟

Land Use	*Area (km^2)*
playground	*2.5*
parks	**3**
downtown	**4.5**
woodland	**7**

الجدول 2 قيم معامل الجريان لاستخدامات اراضي مختلفة

Land Use/Type of Surface	Range of "C" Values*
Downtown business	0.70 to 0.95
Heavy Industrial	0.60 to 0.90
Multi-residential units, attached	0.60 to 0.75
Light industrial	0.50 to 0.80
Neighborhood businesses	0.50 to 0.70
Cultivated lands with loamy soils	0.40 to 0.45
Suburban residential	0.25 to 0.40
Playgrounds	0.20 to 0.35
General unimproved lands	0.10 to 0.40
Parks and cemeteries	0.10 to 0.25
Woodlands with sandy soils	0.10 to 0.15

مثال :- منطقة مساحتها الكلية 5.9 كم^2 ، 18.6 % من هذه المساحة كانت عبارة عن طريق اسفلت ، 16.7% عبارة عن منطقة مدينة العاب ، 6.8% مناطق حدائق عامة ، 57.6% مناطق سكنية ، بلغت الشدة المطرية خلال شهر نيسان 3.2 ملم/ ثانية ، ، ماهو مقدار اعلى تصريف *Peak discharge (Q)* خلال شهر نيسان باستخدام الطريقة العقلانية ؟

الجريان البكر

ان جريان المياه في المجاري المائية يعد جريان حقيقي في الظروف الطبيعية وبدون تدخل الانسان ، وان الجدوال والمجاري المائية التي لاتتاثر باعمال الانسان مثل منشاة الخزن او التحويل المقامة على المجاري المائية فان هذا الجريان يسمى الجريان البكر *virgin flow* وعليه دائما يتم تصحيح التصريف بالنسبة لتاثيرات الانسان اثناء عملية الخزن والتحويل للماء اثناء جريانه في الجدوال او المجرى المحدد ،وعليه يمكن ايجاد الجريان البكر من تطبيق المعادلة الرياضية التالية .

$$R_v = V_s + V_d - V_r$$

حيث ان

Rv= *حجم الجريان البكر*

Vs = *حجم الجريان المقاس*

Vd= *حجم الجريان الماخوذ من الجدول او المحول من الجدول*

Vr= *حجم الجريان العائد الى الجدول*

مثال : البيانات التالية توضح تصاريف لجدول مقاسة خلال سنة معينة وكما ياتي، تم نصب سد غاطس عبر الجدول لكي يحول 3 مليون م3 من الماء كل شهر لغرض استخدامها في ري الاراضي الزراعية و 0.5 مليون م3 لغرض استخدامها لاغراض صناعية على التوالي . اما الماء العائد الى الجدول فبلغ 0.8 و 0.3 مليون م3 بعد استخدامه للزراعة والصناعية على التوالي . فماهو الجريان البكر اذ علمت ان مساحة الجابية (الحوض) تبلغ 120 كم2 ومعدل الساقط المطري السنوي 185 سم ، اوجد نسبة السيح الى الامطار ؟

Months	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
حجم الجريان المقاس (مليون/م^3)	**2**	**1.5**	***0.8***	***0.6***	***2.1***	**8**	**18**	**22**	**14**	**9**	**7**	**3**

تحليل بيانات الجريان في الانهار Stream flow Analysis

احد اهم واجبات الهيدرولوجي هو تحليل بيانات الجريان Analyze stream flow data وان هذه البيانات تشمل التسجيل المستمر لتصاريف الانهار باستخدام منشات هندسية معينة مثل الهدرات Flumesو Weir ، ان اهمية تحليل بيانات الجريان تكمن في الامور التالية المهمة

- وصف الجريان في الانهار description of a flow regime •
- مقارنة التصاريف بين الانهار potential for comparison between rivers,
- . التنبو بمقدار جريان الانهار في المستقبل prediction of possible future river flows

يشمل تحليل بيانات الجريان للالنهار analyse stream flow data 3 فقرات رئيسية هي :

1- تحليل الهيدروكراف hydrograph analysis

2 - تحليل منحي الجريان flow duration curves

3- تحليل التردد frequency analysis

منحي الجريان Flow duration curve FDC

منحي الجريان عبارة عن منحني لرسم العلاقة بيم الجريان السطحي على المحور الصادي والاحتمالية probability % الزمنية على المحور السيني .

ان منحني الجريان يتغير من سنة الى اخرى .

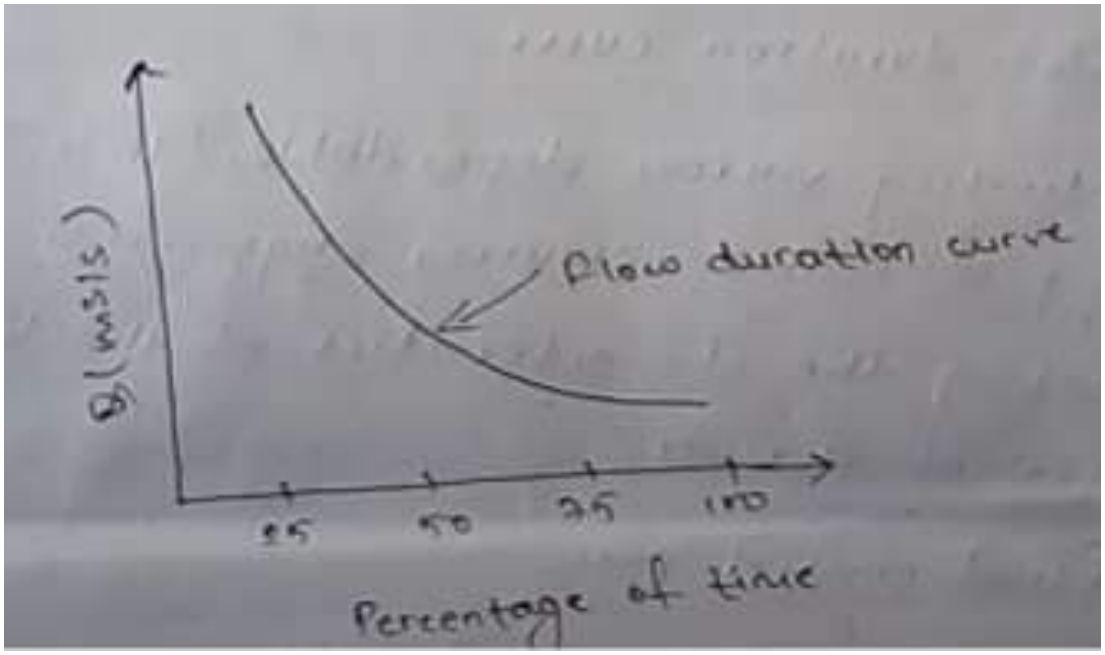
منحي استدامة الجريان Flow Duration Curve

يعطينا معلومات عن تغاير التصريف والجريان مع الزمن

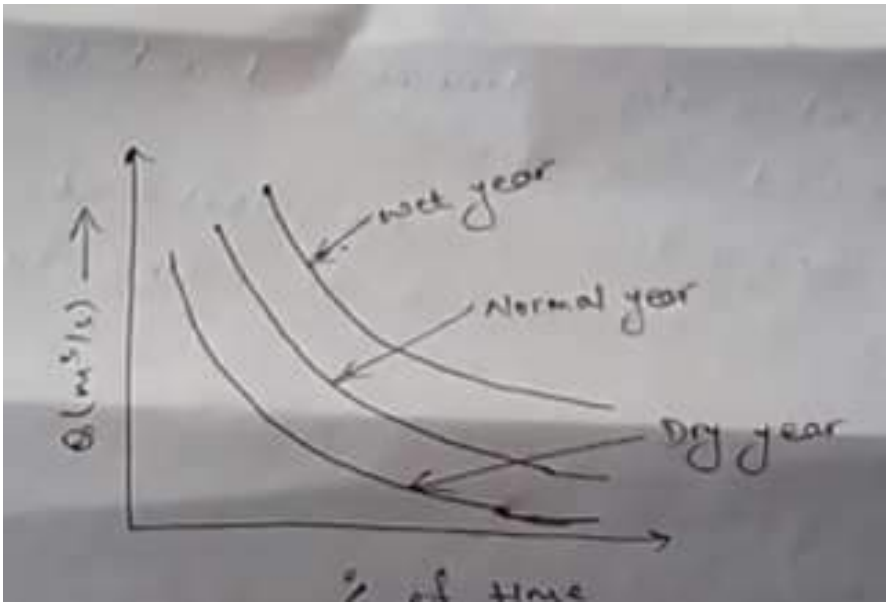
Gives the variability of stream flow in a year

* ترتيب بيانات معدل الجريان من القيمة العالية الى القيم المنخفضة

Arrange stream flow data in descending order



Flow duration curve منحي الجريان



الارقام الاحصائية التي نحصل عليها من المنحني تمثل 3 ارقام مهمة هي :

1- قيمة الجريان التي تتجاوز 95% من الزمن (Q_{95}) 95% of time ، تمثل تحليل فترة الجريان المنخفض (فترات الجفاف).

2- قيمة الجريان التي تتجاوز 50% من الزمن (Q_{50}) 50% of time ، تمثل معدل الجريان النهري

3- – قيمة الجريان التي تتجاوز 10% من الزمن (Q_{10}) 10% of time تمثل فترة الجريان العالية (الفيضانات).

خصائص منحي الجريان Characteristics of flow duration curve

–Steep slope –highly variable ميل عالي للمنحي يدل على تغاير كبير في التصريف الجريان flow

اما الميل القليل للمنحي او منحي المستوي يدل على يدل على تغاير قليل في التصريف والجريان

–Flat slope –little variation in the flow –

Flat portion at top of curve –stream has large flood plain –

Flat portion at lower end –considerable base flow

استعمالات منحي الجريان Uses of flow duration curve

1- في تقيم تصاريف الانهار والجدوال في التخطيط والتصميم لمشاريع الهندسية للموارد المائية

1- In evaluating various dependable flow in the planning of water resources engineering projects.
2- Evaluating the characteristics of hydropower design in a river

2- تقيم خصائص المحطات المائية لتوليد الطاقة الكهربائية في تصميم الانهار .

3- Discharge for any probability can be known معرفة التصريف النهر عند اي احتمالية
4- –Variation of flow within a year can be known
5- Plan water resources project في التخطيط لمشاريع الموارد المائية
6- In flood control studies في السيطرة على الفيضانات
7- Computing the sediment load and dissolved load of a stream حساب كمية الرواسب
8- Comparing the adjacent catchments with a مقارنة مع الاحواض المائيةالمجاروة
9- Designing if drainage system تصميم قنوات التصريف الصناعية

Note : Different weather conditions lead to different flow duration curve DFC for the same catchment. The differences can often be significant

Example

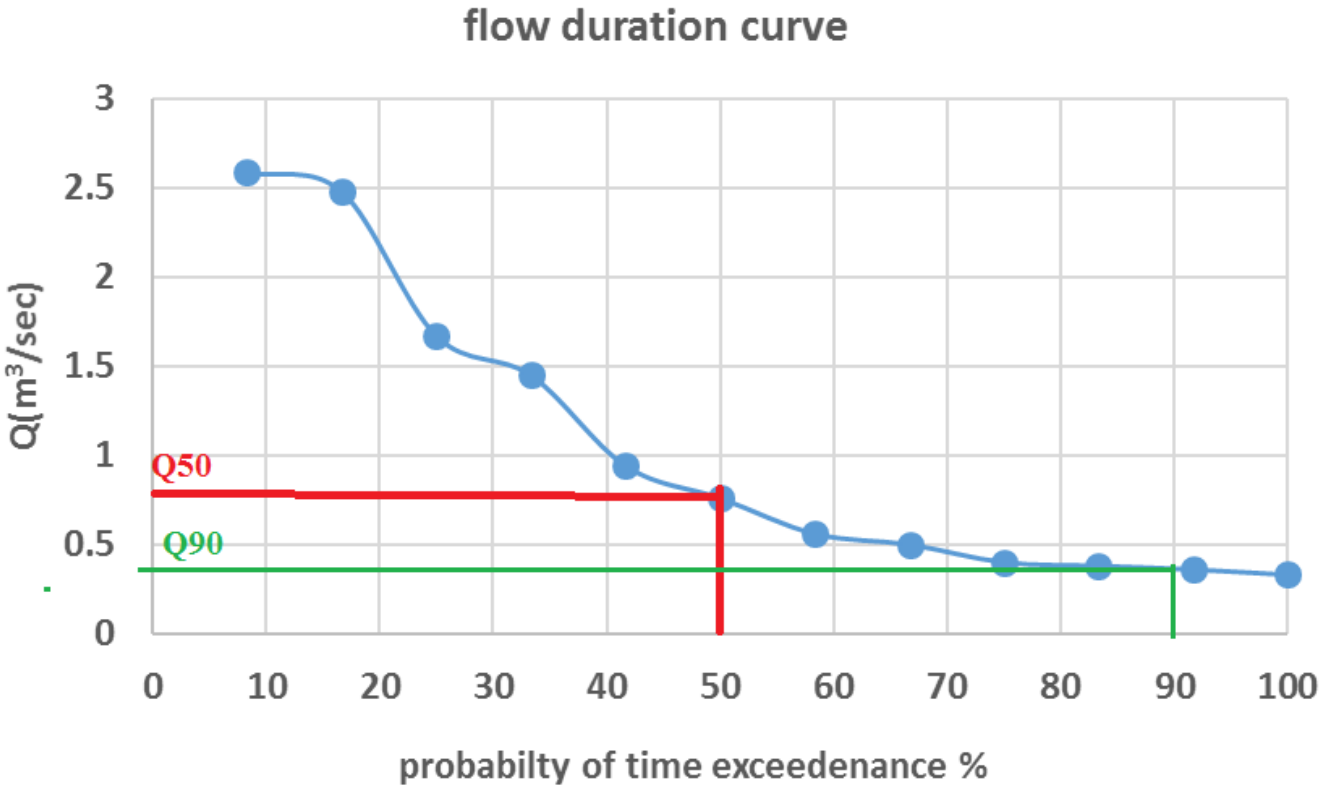
Long term monthly flow of a small stream is shown in below table, find the Q_{90} , Q_{10} and Q_{50} ?

مثال الجدول التالي يوضح التصاريف الشهرية لاحد الجدوال احسب التصريف عن Q_{90} , Q_{10} and Q_{50} ؟

Month	Jan	Feb	Mar	April	May	June	July	August	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
Q(m^3/sec)	0.36	0.38	0.4	0.5	0.76	1.67	2.59	2.48	1.45	0.94	0.56	0.33

Answer

Month	Q(m^3/sec)	Discharge descending order	Rank	Duration curve frequency F =N/n	Probability of exceedance (1/F)×100
January	0.36	2.59	1	12	8.33
Feb.	0.38	2.48	2	6	16.6
March	0.4	1.67	3	4	25
April	0.5	1.45	4	3	33.3
May	0.76	0.94	5	2.4	41.6
June	1.67	0.76	6	2	50
July	2.59	0.56	7	1.71	58.3
August	2.48	0.5	8	1.5	66.6
Sept.	1.45	0.4	9	1.33	75
October	0.94	0.38	10	1.2	83.3
Nov.	0.56	0.36	11	1.09	91.6
Dec.	0.33	0.33	12	1	8.33



Q_{50} = 0.8 m^3/sec

Q90= 0.4 m^3/sec