جامعة حماه
كلية الزراعة

الجلسة العملية الثامنة

الهطول Precipitation

الهطول أو التساقط هو عبارة عن قطرات مائية سائلة أو قطرات مائية متجمدة، أو بلورات ثلجية ناتجة عن تحول بخار الماء في الجو في ظروف معينة وبشروط خاصة إلى حالته النهائية (سائلة أو صلبة) حيث تهطل من الغيوم وتصل إلى سطح الأرض، فالغيوم التي نراها تسبح في الجو هي مصدر أشكال الهطول كافة.

يعدّ الهطول بنوعيه السائل والصلب السبب الرئيس لتشكيل السيول والجريانات السطحية وكذلك المصدر الأساسي لتغذية المياه الجوفية. لذلك فهو من أهم عناصر الموازنة المائية والنظام الهيدرولوجي.

تدلّ كمية الهطول الكليَّة على مجموع كمية الهطول السائل التي تصل إلى سطح الأرض في فترة زمنية معينة معبّراً عنها بالارتفاع الذي تغطيه هذه الكمية فوق جزء أفقي من سطح الأرض بفرض عدم حصول أي فقد لأي جزء من الهطول عن طريق التبخر أو التسرب أو غيرها... وتقاس كمية الهطول بمقاييس خاصة حيث يقدَّر ارتفاع الهطول بواحدة الطول ومن أهمها الملمتر(mm) والإنش (inch) أو البوصة، حيث أنَّ: 1 inch = 25.4 mm . كما أنَّه يُعبّر عن كمية الثلج المتساقط بارتفاع طبقة الماء التي يتمّ الحصول عليها عند ذوبان الثلوج بوحدة (mm) أيضاً، حيث كل(1cm) من الثلج يعادل (1mm) من المطر الهاطل.

تعبّر كمية الهطول عن ارتفاع أو سماكة ماء المطر فيما لو تجمعت في المنطقة التي هطل عليها. ويعتمد تقدير الهطول في منطقة ما على إجراء قياسات مطرية في عدة نقاط، ومن ثمَّ إيجاد الهطول الوسطي في هذه المنطقة (المتوسط الموزون). ولإجراء دراسات ذات نتائج جيدة يجب أن يكون عدد المحطات المنتشرة في المنطقة المدروسة ومحيطها كافي للتعبير عن هطولها بشكل دقيق، وقد اختلف العلماء في عدد هذه المحطات فحسب توصيات (Bieasdale) يمكن إتباع الجدول (1) في تحديد عدد المحطات المناسب لكل منطقة.

أمَّا (Sharma , and Bari,1995) فقد أوصيا بالعدد التالي كحد أدنى في المنطقة المدروسة، الجدول(2).

الجدول (1) تحديد عدد المحطات المناسب لكل منطقة.

المساحة (km^2)	عدد محطات قياس الهطول اللازمة
26	2
260	6
1300	12
2600	15
5200	20
7800	24

الجدول (2) عدد المحطات الواجب توفرها بالمنطقة المدروسة حسب توصيات (Sharma, and Bari,1995)

العدد الأدنى للمحطات الواجب توفراها	مساحة الحوض المدروس
1	0 – 15 ha
2	15 – 20 ha
3	50 –100 ha
1 per 1 sq . km	1 – 5 sq . km
1 per 4 sq . km	5 – 25 sq . km
1 per 5 sq . km	25 – 50 sq . km
1 per 10 sq . km	>= 50 sq . km

بعد الحصول على قراءة كمية الأمطار الهاطلة يومياً يمكن حساب كل من:

– **كمية الأمطار اليومية:** تعبر عن كمية الأمطار الهاطلة خلال 24 ساعة.

– **كمية الأمطار الشهرية:** مجموع كميات الأمطار الهاطلة خلال أيام الشهر كاملةً.

– **الأمطار السنوية:** مجموع كمية الأمطار الهاطلة خلال أشهر السنة (12 شهر أو 365 يوم).

– **معدل الهطل السنوي (متوسط الهطل السنوي أو متوسط الأمطار السنوية):** هو عبارة عن المتوسط الحسابي لكمية الهطول السنوي خلال عدد من السنوات (مجموع كمية الهطول السنوي خلال عدة سنوات مقسوماً على عدد هذه السنوات). وكلما زاد عدد السنين كان المتوسط أدق وأفضل، ويفضل أن يكون عدد السنين أكثر من 25 عاماً. ويعتبر هذا المعدل هام من الناحية الزراعية وذلك لتحديد نوع المزروعات الممكن زراعتها والمناطق التي تكون فيها هذه الزراعة ذلت ريعية اقتصادية.

– **معدل الهطل الشهري:** هو عبارة عن المتوسط الحسابي لكمية الهطول لهذا الشهر خلال عدد من سنوات. فمثلاً معدل الهطل الشهري لشهر شباط يساوي مجموع الهطل الشهري لشهر شباط لعدد من السنوات (n year) مقسَّماً على عدد هذه السنوات أي على (n).

– **مجموع الهطل الفصلي:** يساوي مجموع الهطول خلال أشهر هذا الفصل.

– **متوسط (معدل) الأمطار الفصلية:** يحسب متوسط الأمطار الفصلية بأخذ متوسط الأمطار الهاطلة خلال أشهر كل فصل على حده، فعلى سبيل المثال يحسب متوسط أمطار فصل الشتاء بأخذ متوسط الأمطار الهاطلة خلال أشهر كانون الأول وكانون الثاني وشباط. أي:

$\overline{P}$ الأمطار للشتاء = $\overline{P}$ ك$_1$ + $\overline{P}$ ك$_2$ + $\overline{P}$ شباط

$\overline{P}$ الأمطار للربيع = $\overline{P}$ آذار + $\overline{P}$ نيسان + $\overline{P}$ أيار

$\overline{P}$ الأمطار للصيف = $\overline{P}$ حزيران + $\overline{P}$ تموز + $\overline{P}$ آب

ويفيد هذا المتوسط في تصنيف المناخات حسب نظمها المطرية وتحديد فصول الزراعة والدورات الزراعية.

– **معدل الهطل الشهري لشهر من أشهر فصل ما:** يساوي إلى أمطار هذا الفصل مقسوماً على 3 (عدد أشهر هذا الفصل). فمعدَّل الهطل الشهري لشهر من شهور الشتاء تساوي إلى أمطار مقسومةً على 3.

– غزارة الأمطار(الشدة المطرية أو كثافة الهطول): هناك أجهزة لقياس غزارة الأمطار(شدتها) ولكن من الممكن معرفة غزارة الأمطار حسابياً. فالغزارة (الشدّة) المطرية (i) هي نسبة كمية الأمطار الهاطلة خلال فترة (P) إلى طول هذه الفترة (t) أي:

$$i = \frac{P}{t}$$

فمعرفة كمية الأمطار الهاطلة خلال فترة زمنية تمكننا من تحديد شدة الأمطار. وتقدر الشدة المطرية بواحدات الارتفاع (الطول) إلى واحدة الزمن مثل (mm/hour) أو (mm/min) أو (inch/hour) ... الخ.

<u>مثال:</u>

إذا كانت كمية الأمطار الهاطلة في شهر كانون الثاني في محطة ما هي 200 mm و عدد الأيام الماطرة التي هطلت فيها هذه الكمية هي 10 day فتكون غزارة الأمطار(الشدة المطرية):

$$i = \frac{P}{t} = \frac{200}{10} = 20mm/day$$

<u>مثال:</u>

إذا هطلت كمية من الأمطار مقدارها 80mm خلال 10 hour متواصلة، فتكون الشدّة المطرية:

$$i = \frac{P}{t} = \frac{80}{10} = 8mm/hour$$

1- المتوسط الموزون للهطل (تقدير كمية الأمطار الهاطلة على منطقة ما):

يمكن حساب المتوسط الموزون للأمطار الهاطلة على منطقة ما (أو على حوض ساكب ما) **بإحدى الطرق الثلاثة التالية:**

A-طريقة المتوسط الحسابي Arithmetic average (mean) method:

يُحسب المتوسط الحسابي لقراءات المقاييس المختلفة الموجودة داخل والمنطقة وفي محيطها، حيث يعتبر ممثلاً للارتفاع المتوسط للمياه المتساقطة على هذه المنطقة. وباستخدام هذه الطريقة يمكن حساب المتوسط الحسابي للمياه المتساقطة $\overline{P}$ من العلاقة:

$$\overline{P} = \frac{\sum_{i=1}^{n} P_i}{n}$$

P_i: السمك المتوسط للمياه المتساقطة عند المحطة i .

n: هو عدد المحطات الكلي.

وتستخدم هذه الطريقة عندما تكون المنطقة المدروسة متجانسة تماماً. بمعنى أنَّه لا توجد فروقات كبيرة بين الهطولات لمحطاتها المختلفة (كل المنطقة سهلية مثلاً).

B- طريقة شبكة ثيسين (or Representative area method) Thie-ssen's mean :

تتلخص طريقة شبكة ثيسين في أن ارتفاع المياه المتساقطة والمسجلة عند كل محطة قياس، يعبر عن الارتفاع المتوسط للمياه المتساقطة على المساحة التي تمثلها هذه المحطة، لذا تقسم المنطقة بواسطة شبكة إلى أجزاء يمثل كل جزء منها محطة قياس معينة، ويمكن إيجاد حجم المياه المتساقطة على كل جزء من هذه الأجزاء، ومن ثم يمكن حساب حجم المياه المتساقطة على المنطقة بالكامل، بعد ذلك يقسم الناتج على المساحة الكلية للمنطقة فنحصل على الارتفاع المتوسط للمياه المتساقطة على المنطقة (المسقط) p(mm). وتبعاً لفرضية ثيسين يتم تقسيم المنطقة إلى أجزاء ممثلة لمحطات القياس بالطريقة التالية: توصل المحطات المتجاورة على خارطة المنطقة (المسقط المائي) بخطوط مستقيمة، ثم ترسم محاور هذه الخطوط فتتلاقى هذه المحاور مع بعضها مكونةً مساحات مقفلة أو مضلعات حول كل محطة، ويفترض (ثيسين) أن المحطة الموجودة داخل كل مساحة من هذه المساحات تمثل هذه المساحة بدقة ؛ فمن الرسم تحدد مساحة كل جزء ممثل لمحطة قياس معينة إما باستخدام البلانيمتر أو بالرسم على ورقة ملمترية، ثم يحسب الارتفاع المتوسط للمياه المتساقطة على المنطقة (mm) خلال الفترة الزمنية بالعلاقة التالية:

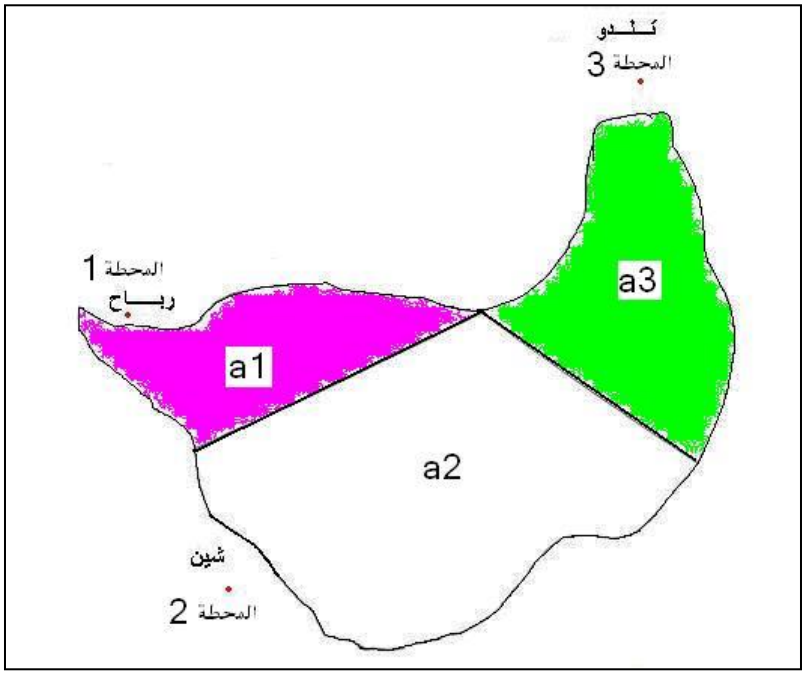
$$\overline{P} = \frac{\sum_{i=1}^{n} a_i \cdot p_i}{A}$$

a_i: مساحة المضلع المحيط بالمحطة i(Km^2).

p_i: الارتفاع المتوسط للهطل عند المحطة i(mm).

A: المساحة الكلية للمنطقة أي للمسقط المائي (Km^2).

وتستخدم هذه الطريقة عندما تكون المنطقة المدروسة قليلة التجانس أي أن هناك فروقات كبيرة بين الهطولات لمحطاتها بشكل عام (جبال، سهول، وديان). والشكل(1) يبين شبكة ثيسين لحوض مائي في محافظة حمص (منطقة الحولة).



الشكل (1): شبكة ثيسين لحوض مائي في محافظة حمص (منطقة الحولة)

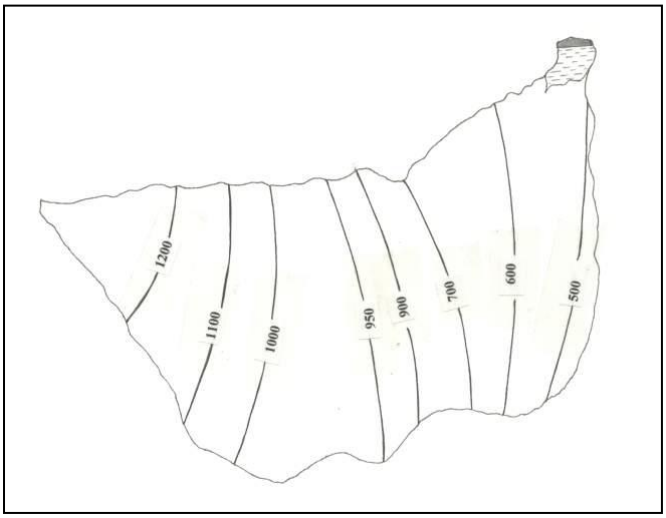
C- طريقة خطوط التساوي المطري Isohyetal method:

تتلخص هذه الطريقة برسم خطوط التساوي المطري على خريطة المنطقة (المسقط المائي) الموقع عليها محطات القياس وارتفاع المياه المتساقطة عند كل محطة، وهذه الخطوط تمثل توزيعاً ذا دقة كبيرة للمياه المتساقطة على المنطقة. ولحساب الارتفاع المتوسط للمياه المتساقطة على المنطقة تقاس مساحة الجزء المحصور بين كل خطين متتاليين من خطوط تساوي المطر ai (Km^2) ثم تضرب بالسمك المتوسط للتساقط p_i (mm) والذي يساوي المتوسط الحسابي للخطين اللذين يحددانها وبجمع حاصل ضرب p_i. a_i كلها (الحجم)

وتقسيم المجموع على المساحة الكلية A (Km^2) يتم الحصول على الارتفاع المتوسط للتساقط المطري حسب العلاقة التالية:

$$\overline{P} = \frac{\sum_{i=1}^{n} a_i \cdot p_i}{A}$$

والشكل (2) يبين خطوط التساوي المطري لحوض مائي في محافظة حمص (منطقة الحولة).



الشكل (2): خطوط التساوي المطري لحوض مائي في محافظة حمص (منطقة الحولة).

بعد الحصول على معطيات الهطول المذكورة تتم معالجة هذه المعطيات، تشمل هذه المعالجة نقطتين هما تصحيح قياسات الهطول، وإكمال قياسات الهطول الناقصة.

عندما توجد قياسات هطول ناقصة يمكن إكمال هذه القياسات بمساعدة المحطات وأجهزة القياس المجاورة.

ولإكمال المعطيات الناقصة لمحطة ما نقوم الخطوات التالية:

-إذا اختلفت قيم الهطول السنوية الوسطية لعدد من السنين بأقل من (10%) عن قيم الهطول السنوية الوسطية لعدد من السنين للمحطة المدروسة فإنه يتم تقدير القياسات الناقصة بحساب وسطي قياسات الهطول للمحطات المجاورة.

-أما إذا لم يتحقق الشرط أعلاه فنحسب القيمة الناقصة باستخدام المعادلة التالية:

$$Px = \frac{(\frac{N_X}{N_a} \times PA + \frac{N_X}{N_B} \times PB + \frac{N_X}{N_C} \times PC)}{n-1}$$

A, B, C: المحطات المعلوم كمية التساقط عند كل منها.

X: هي المحطة المراد تحديد كمية التساقط عندها.

N_x: معدل الهطل السنوي للمحطة. وكذلك المر بالنسبة للمحطات (B ,C, X).

PA: كمية التساقط للمحطة A خلال زمن معين. وكذلك المر بالنسبة للمحطات (B ,C, X).

قد يتعرَّض الباحث أحياناً لمشكلة شائعة، تتمثل هذه المشكلة بانقطاع سلسلة البيانات خلال فترة معين و(نقص بالبيانات). ليكن المتحول X (محطة قياس مطرية مثلاً) الذي يعاني نقص (انقطاع) في سلسلة بياناته، فلاستكمال البيانات له نقوم بربط سلسلة البيانات المتوفرة له مع سلسلة البيانات المقابلة لها لمتحول آخر Y (أقرب محطة مطرية للمحطة X المذكور)، ثم نوجد العلاقة التي تربط بين هذين المتحولين: $Y = f(x)$

وبالنهاية نستكمل المعطيات الناقصة للمتحول X (للمحطة X) عبر العلاقة المستنتجة وعبر قيم المتحول Y والتي ليس لها مقابل للمتحول X.

2- أجهزة قياس الهطل المطري:

إن مبدأ عمل هذه الأجهزة هو جمع الهطل المطري ثم تحديد حجمها وتحويله إلى ارتفاع. و بشكل عام تعتمد هذه الأجهزة أو المقاييس على القاعدة التالية:" ارتفاع 1mm من الماء يتوافق مع حجم قدره $1dm^3$ (1لدسم^3) أو (1 L) (1 ليتر) يتوزع بشكل متجانس على مساحة قدرها متر مربع ($1\ m^2$) .

ومن أهم هذه الأجهزة:

1- مقياس المطر العادي:

عبارة عن جهز بسيط، وظيفته تجميع الأمطار الهاطلة ليصار إلى قياسها بواسطة أنبوب مدرج (سلندر). ويتكوَّن هذا الجهاز من وعاء معدني او بلاستيكي أسطواني فوهته حوالي 16 cm وطوله حوالي 58 cm وقد تزيد أو تقل هذه الأبعاد في بعض الأجهزة (حسب التصميم) ويوجد بداخل الوعاء قمع مهمته تجميع مياه الأمطار الهاطلة في علبة تقع أسفله ينتهي إليها القمع تعرف بالعلبة الجامعة (أنظر الشكل). ولقياس كمية المطار الهاطلة يتم تفريغ المياه المتجمعة في العلبة الجامعة في الأنبوب المدرج (السلندر) حيث يكون هذا الأنبوب مدرج بالمليمترات وأعشارها. ويجب أخذ قراءة مقياس المطر اليومي لأقرب 0.2 mm أو 0.1 mm .

2- مسجّلات الهطل المطري:

هي عبارة عن أجهزة تقوم بقياس وتسجيل كميات المطر الهاطلة بشكل متواصل وآلي **وهناك عدة نماذج من أهمّها:**

أ- مسجّل المطر ذو الفواشة (العوامة):

يتجه المطر في هذا النموذج من المسجلات إلى وعاء أسطواني يحتوي على فواشة خفيفة ومجوفة، فعندما يرتفع مستوى الماء في الوعاء ترتفع الفواشة ويرتفع معها مجموعة ذراع الريشة المثبتة على حاملها، فيخط

سن الريشة على المخطط الموجود على الأسطوانة الدائرة بواسطة ساعة زمنية نسبة هذا الارتفاع الذي يدل على كمية الأمطار الهاطلة.

ب- مسجل المطر ذو الجيب المائل:

يتكوّن هذا الجهاز من جيبين صغيرين سعة الواحد منهما (0.25mm) من الماء، يقعان أسفل قمع تجميع مياه الأمطار، ويكون الجيبان في حالة اتزان غي مستقر حول محور أفقي و عند هطول المطر يمر الماء إلى القمع العلوي، وبعد وصول كمية معينة من المطر (0.1 mm) يصبح هذا الجيب في حالة عدم استقرار مما يجعله يميل باتجاه الجيب الأخر ساكباً ما به من الماء، ليعود بعدها إلى وضعه الأول لتجميع ماء المطر.

والجيبان مصممان بحيث يمكن للماء أن ينسكب من الجيب السفلي ويبقى فارغاً، وفي نفس الوقت يظل المطر يسقط في الجيب العلوي مرة أخرى، وتؤدّي حركة الجيب عند التفريغ إلى تشغيل مفتاح توصيل كهربائي ينجم عنه تحريك ذراع في طرفه سن ريشة تبين له كل مرة من مرات التفريغ على مخطط خاص متحرك وعن طريق ذلك يمكن معرفة كمية الأمطار الهاطلة.

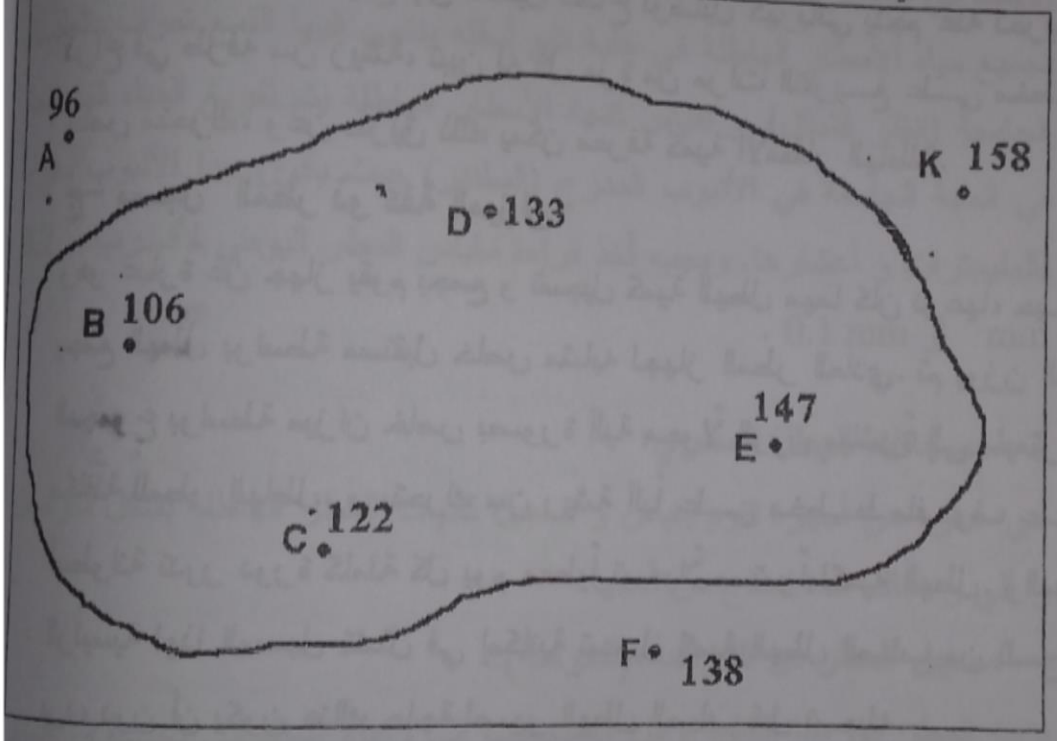
ج- مسجّل المطر ذو الميزان:

وهو عبارة عن جهاز يقوم بجمع وتسجيل كمية الهطول مهما كان نوعها، حيث يجمع الهطول بواسطة مستقبل خاص مشابه لجهاز المطر العادي. ثم يوزن الماء المجموع بواسطة ميزان خاص بصورة آلية محولاً الوزن مباشرةً إلى مليمترات مكافئة للمطر الهاطل. ويتحرك سن ريشة آلياً على مخطط ملفوف على أسطوانة تدور دورة كاملة كل يوم معطياً تسجيلاً مستمراً لكمية الهطول. والميزة الرئيسية لهذا المسجل تتمثل في إمكانية تسجيل كمية الهطول الصلب من ثلج وبرد دون ان يكون هناك حاجة لصهر الهطول الصلب قبل تسجيله.

مسائل وتدريبات

1-إذا علمت أن الأمطار استمرات 3 ساعات في أحد الأيام وكانت كمية المياه الهاطلة 180 مم. فما هي الكثافة المطرية في اليوم و الساعة والـ 30 دقيقة والـ 15 دقيقة؟

2- أحسب متوسط سقوط المطار لمنطة الموضحة بالشكل التالي. وذلك بالطرق المختلفة التي تعلمتها إذا علمت ن مساحة هذه المنطقة تبلغ $82\ Km^2$.



3- وضح الفرق بين:

- الحرارة الشهرية والأمطار الشهرية.
- الحراة السنوية والأمطار السنوية
- اتجاه الرياح السنوية والأمطار السنوية
- اتجاه الرياح السنوية والحرارة السنوية.

4- لديك البيانات التالية لأربع محطات متجاورة:

المحطة	A	B	C	D
متوسط الأمطار السنوية (mm)	800	750	780	790
متوسط الأمطار في شهر شباط (mm)	60	50	55	؟

وكما هو واضح من غير المعلوم كمية الهطل المطري في المحطـــة D خـــلال شهر شباط بسبب عطل ما . فهل بإمكانك تحديد هذه الكمية؟

5- أحسب كمية الأمطار السنوية لمنطقة زراعية بالمم إذا علمت أن كمية المطر المقاسة كانت 80 إنش.