Hydrology علم المياه

Hydrology هيدرولوجي

كلمة هيدرولوجي مكونة من مقطعين الأول (Hydro) ويعني ماء والثاني (Logy) ويعني علم وبذلك فإن كلمة هيدرولوجي تعني علم المياه. الذي يختص في مياه الكرة الأرضية سواء ظهورها وحركتها على الأرض وفي باطنها وفي الجو وكيفية وجودها وتوزيعها وخواصها الكيميائية والفيزيائية وتصنيفها وطرق استثمارها وعلاقتها بالكائنات الحية.

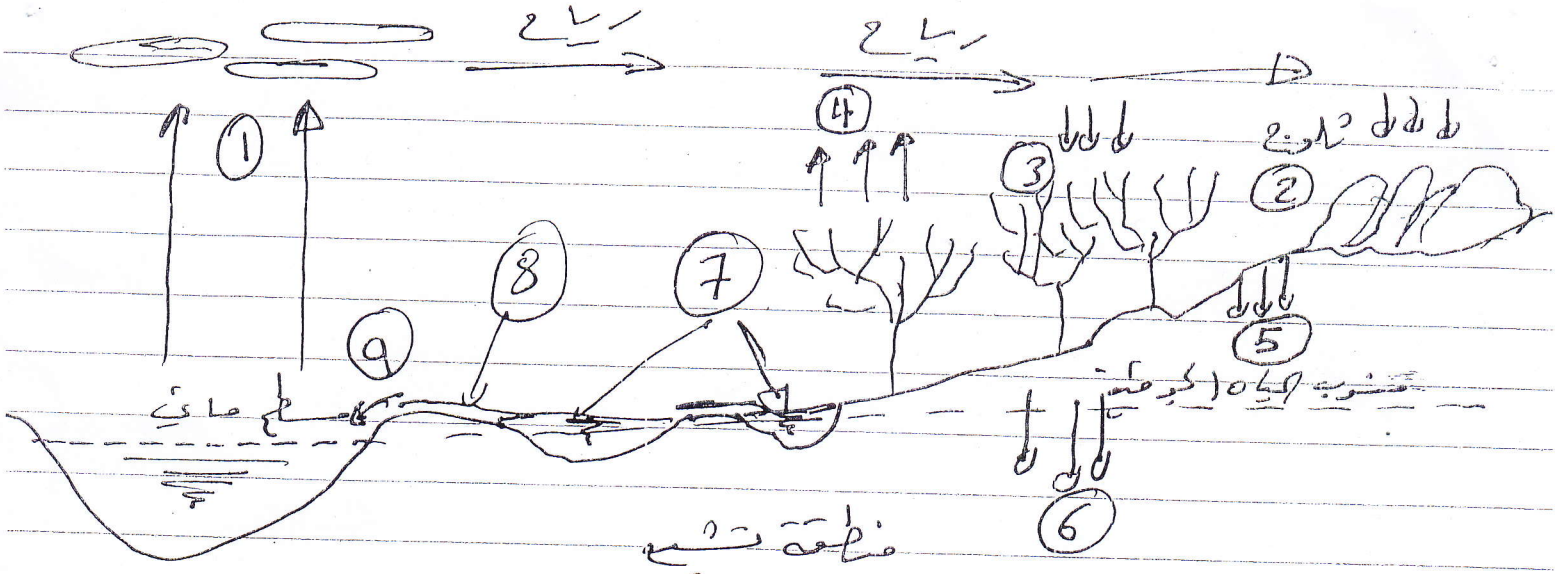
يهتم الهيدرولوجي بدراسة دورة الأعمال المتعلقة بالمياه من استعمال المياه وحمايتها وتنظيم الجداول وإدارتها وتكوينها الخزانات وقنوات الري، ومن ذلك يجب عليه أن يكون ملماً في جميع أنواع تطبيق علم الهيدرولوجي.

إن المعطيات الرئيسية للهيدرولوجية هي ملاحظة وقياس العمليات في نظام الغيث (precipitation) والمياه الباطنية (Percolation) والتغذية (Runoff) وجريان المياه (River Flow) والتبخر (Evaporation) وغيرها

تشمل معرفة هذه العمليات بسطح الهيدرولوجي الظاهر أنه يجب أن تعمل الحلول للمشاكل الهيدرولوجية التي تواجهه.

الدورة الهيدرولوجية (Hydrology cycle) أو الدورة المائية

تمثل دورة المياه الطبيعية أي تحول المياه من صورة إلى أخرى وانتقاله من موقع إلى آخر نتيجة للعوامل الجوية والطبيعية المختلفة ويمكن تمثيل الشكل التالي دورة المياه في الطبيعة وهي النقاط الرئيسية:



١- تبخر المياه (Evaporation) = تحولها من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية (بخار الماء) وانتقاله إلى الجو.

٢- عندما تتوافر الظروف المناسبة فإن بخار الماء يتكثف مسبباً السقوط على الأرض (Precepation) بصوره مياه الأمطار وتتوقع أن يتكثف الماء مع الوقع الباردة.

٣- عزم المتساقط للوصول الى سطح الأرض نتيجة الاعتراض وذلك بسبب (Intercepation) بواسطة الغطاء النباتي وأسطح المباني.

٤- يعود جزء المتساقط الى الجو مرة أخرى عن طريق التبخر والنتح من النباتات (Evapo-transpiration) من سطح الأرض.

٥- جزء آخر من المياه المتساقطة يتغلغل في التربة (Infilteration)

٦- عندما تصل التربة من الرطوبة الى حالة التشبع تبدأ المياه الزائدة بالتربة (Percolation) الى عمق التربة حيث تتواجد المياه الجوفية.

٧- اذا كانت كمية الأمطار أكبر من مجموع التغلل والتبخر والنتح تبدأ في التجمع على شكل برك تعرف بالمياه المنخفضة من السطح (depression storage)

٨- عند امتلاء هذه البرك بالمياه تفيض وتبدأ في الجريان على سطح الأرض وطبقة المياه الملامسة لسطح الأرض تكون ساكنة جيدة جداً والجريان فيها طفيف ويسمى ذلك الجزء من المياه بالخزين المحتبس (detention storage)

٩- بعد تكوين الطبقة السابقة تجري المياه الزائدة فوقها (Surface runoff) متجهة الى المجاري السطحية القريبة وهذه المياه تمثل المورد الرئيسي للتصريف في الجريان السطحي.

المعادلة الهيدرولوجية :

مجموع التصريف الوارد خلال فترة محددة من الزمن الى حاصة معينة يجب انه يساوي مجموع التصريف الخارج من تلك الحاصة زائداً ما تم خزنه من التصريف خلف الحاصة موضوعة البحث.

ويمكن بصيغة عامة التعبير عن الدورة الهيدرولوجية لفترة زمنية محددة لحوض مصرف بالمعادلة الهيدرولوجية كما يلي :

$$P = R + E + S$$

حيث

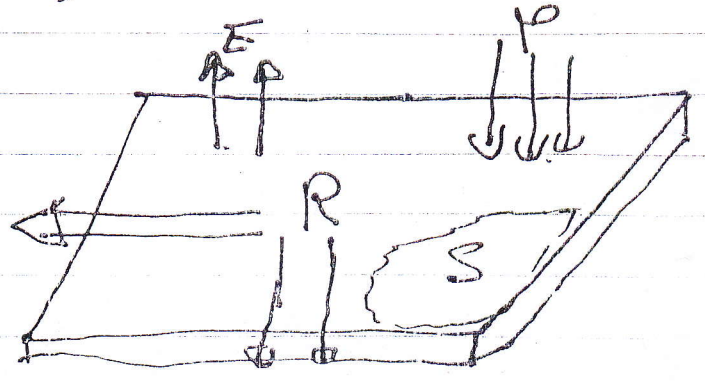
P = حجم الساقط على حاصة الحوض خلال تلك الفترة

R = الحجم الكلي للجريان على سطح الأرض او خلالها لكامل جريان (total Runoff) في حاصة الحوض خلال نفس الفترة.

E = حجم المياه المستنزفة من التربة والنباتات لنفس الفترة

S = الزيادة في حجم المياه التي تختزن في الخزانات السطحية

ان الكمية خلال هذه الفترة الزمنية وتشمل المياه المعترضة والمحتبسة والمخزونة في الطبقة العليا من التربة



محطات الانواء الجوية: تعتمد حسب درجة أي منطقة على العوامل الجوية السائدة في تلك المنطقة

وهي عوامل الطقس والمناخ (weather and climate) وكل تضاريس تلك المنطقة درجة رطوبتها. ويعتبر العنصر أهم العوامل المناخية بالنسبة للمسيرلوجيه وكذلك الحرارة والرطوبة والرياح لتأثيرها على المباشر على التبخر والتبخ.

أن تتلزم دراسة المسيرلوجيه بإنشاء محطات للانواء الجوية بجمع المعلومات والمتابعات حول الرطوبة والحرارة والسقيط والاضطراب الشمسي وسرعة الرياح والضغط الجوي.

العوامل المؤثرة على المسيرلوجيه أي منطقة:

الحرارة (Temperature):

تقيس درجة حرارة الهواء بواسطة مقاييس خشبية ذات قناة مزدوجة لعوارض مختلفة لتسهيل دخول الهواء مع حجب أشعة الشمس ومنع دخول المطر ومحمية بالدهان الأبيض لمنع امتصاص الحرارة وتتأثر بالرطوبة ويرتفع الصندوق بـ (٤ أقدام) عن سطح الأرض ١٠ أمتار على الأقل عن أي مبنى أو شجرة أو أي شيء يحجب الشمس عنه أثناء قياس درجة الحرارة في الظل خلال كل ساعة وتقاس بواسطة الأجهزة التالية:

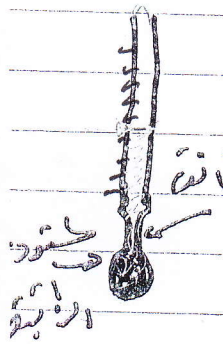
الثرمومتر الكافي (الثرمومتر الزئبقي):

وهو نفسه الثرمومتر الزئبقي الذي يأتلف من أنبوبة دقيقة زجاجية معلمة إلى الدرجات وأجزاء الدرجات وتنتهي الأنبوبة بمستودع زئبقي فعندما ترتفع درجات الحرارة يتمدد الزئبق ويرتفع في الأنبوب والعكس صحيح وتقرأ درجة الحرارة أمام أعلى نقطة وصل إليها الزئبق

الترمومتر الطبي : وهو عبارة عن ترمومتر جاز محفظ مستودعه الزئبق بقطعة قماش من (المرسلين) المبللة بالماء ونتيجة لتبخر المياه من قطعة القماش الرطبة وما يترتب على ذلك من تبريد فإن درجة الحرارة التي يسجلها هذا الترمومتر أقل من تلك التي يسجلها الترمومتر الجاف

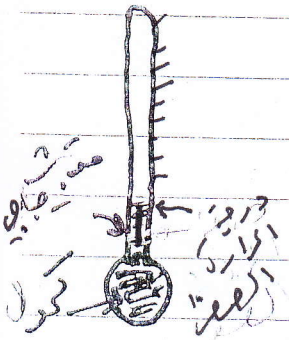
ترمومتر الحرارة العظمى

يستخدم لتسجيل أعلى درجة حرارة ولا يختلف عن الترمومتر الجاف الا بوجود تضيق (خانق) في الأنبوب قرب المستودع الزئبق فعندما ترتفع درجة الحرارة يتمدد الزئبق خلال المستودع ويصعد الخانق إلى الأنبوبة ولا يعود الزئبق إلى المستودع في حال انخفاض درجة الحرارة حتى يتمزق في وضعه مشيراً إلى أعلى درجة حرارة حدثت أي يحتفظ المرار بالسجل العظمى لذلك اليوم ويتم تحريكه في اليوم التالي لنزول الزئبق إلى المستودع.



ترمومتر الحرارة الصغرى :

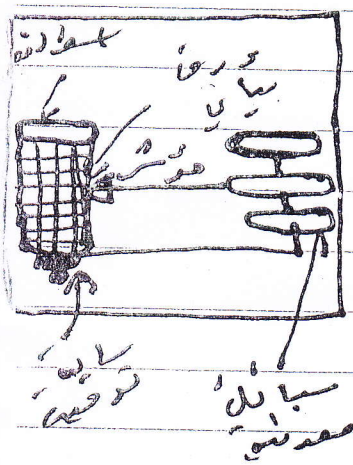
يستخدم لتسجيل درجة الحرارة الصغرى بدل الزئبق في هذا الترمومتر يوجد في الأنبوبة مؤشر زجاجي يستطيع الكحول تحريكه بحرية تجاه المستودع عندما لا يستطيع تحريكه بعيداً عن المستودع وعندما تنخفض درجة الحرارة ينكمش الكحول تجاه المستودع تاركاً معه المؤشر الزجاجي وفي حال عودة درجة الحرارة للارتفاع يتمدد الكحول متجاوزاً المؤشر الذي يبقى محدداً أدنى درجة حرارة وتوضح درجة الحرارة عندها نهاية المؤشر البعيدة عن المستودع



ملاحظة : أنه يتم تحديد درجات الحرارة يومياً في أوقات محددة من اليوم تراعى فيها (٣ أوقات) فيوضع الترمومتر الجاف والرطب على ارتفاع ١٢٥ سم من سطح الأرض وتقرأ درجات الحرارة بالدقائق أثناء الليل وحتى شروق الشمس تماماً.

جهاز قياس الحرارة (الثرموغراف)

يستعمل هذا الجهاز لقياس وتسجيل تغيرات درجة الحرارة بصورة مستمرة بشكل آلي، ويتألف من اسطوانة معدنية ملفوفة عليها ورقة بيانية مقسمة الى ساعات وأيام وتدور هذه الاسطوانة بواسطة ساعة توقيت وتقدم فكرة هذا الجهاز بأنه يحتوي على سبائل معدنية حساسة تتأثر بدرجات الحرارة ومرتبطة بمؤشر وبدوره يتأثر حركة المؤشر بتأثر السبائل المعدنية بدرجات الحرارة ويسجل سن المؤشر الحركات على الورقة الملفوفة على الاسطوانة.



قياس درجة حرارة التربة:

لقياس درجة حرارة التربة عند اعماق محددة مثل (5، 10، 20) سم (50، 100) سم تمت الطريقة بواسطة ثرمومترات توضع داخل التربة وأفضل انواع الثرمومترات المستعملة عند الاعماق (5، 10، 20 سم) هي التي فيها أنبوب زجاجي أما بالنسبة الى الاعماق الكبيرة (50، 100 سم) فالافضل استخدام ثرمومترات معلقة داخل انابيب معدنية.

المعدل اليومي للحرارة (Mean daily temperature)

وهي متوسط Avarage درجتي الحرارة العظمى والصغرى لذلك اليوم ويكتب عادة قريبة من المعدل الحقيقي اذا ما سجلت درجات الحرارة بصورة مستمرة بحدود درجة واحدة.

المعدل العمودي للحرارة (vertical temperature gradient)

ملاحظ أنه كلما ارتفعنا عن سطح الارض الى الاعلى تنخفض درجة الحرارة ويسمى معدل التغير في درجة حرارة الهواء بالنسبة للارتفاع بـ (معدل الهبوط) ويحسب كما يلي كلما ارتفعنا (100 م) الى الاعلى يكون معدل الهبوط في درجة الحرارة عموماً (5.6 م°) وهذا المعدل عرضة للتغير في أوقات معينة.

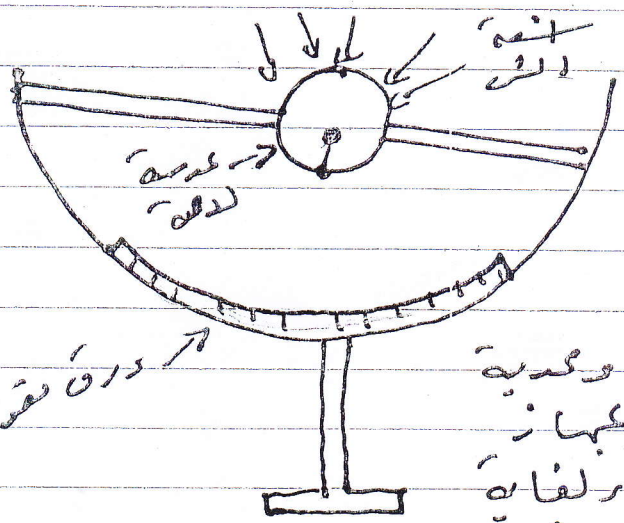
الاشعاع (الطرق) الشمسي : Radiation

يتم تخمين معظم عطاءات الاشعاع الجوي بعيارات الاشعاع لقياس كل من عدد ساعات السطوع الشمسي وشدة الاشعاع الشمسي والاشعة الكلية كبيرة في دراسات التجفيف ويتم قياس الاشعة بواسطة الاجهزة التالية :

١- جهاز كامبل ستوكس (الهليوغراف) لقياس عدد ساعات السطوع الشمسي :

يقدر هذا الجهاز بتسجيل فترة سطوع الشمس يوميا وتتكون من كرة زجاجية (عدسة لامة) نصف قطرها (10 cm) تسقط عليها الاشعة الشمسية فتتركز منها وتتجمع في بؤرة تكون ذات حرارة عالية مرتفعة بحيث تستطيع أن تحرق أي ورقة تسقط عليها

ويظهر خط سير هذه البؤرة على شرائط مسجلة من الورق المقوى معتمة الى اتجاه تبين ساعات اليوم من شروق الى غروب



تتغير أشكال انواع من شرائط الورق طبقا لفصول السنة المختلفة، الدولي منها تستخدم في فصل الصيف تكون طويلة وعديدة وتوضع في الاخدود العلوي من الجهاز من منتصف نيسان (٤/١٤) ولغاية بداية شهر ايلول (٩/٤) والثاني في فصل الشتاء وتكون قصيرة وعديدة وتوضع في الاخدود السفلي من الجهاز من منتصف تشرين الاول (١٠/١٥) ولغاية نهاية شباط (٢/٨) والثالثة في فصلي الربيع والخريف وتكون متوسطة وتوضع في الاخدود الوسطي من بداية آذار (٣/١) ولغاية منتصف نيسان (٤/١١) وكذلك من بداية ايلول (٩/٢) ولغاية منتصف تشرين الاول (١٠/١١) وتؤدي حركة البؤرة الى رسم خط متصل محروق على الورقة واذا انحجبت اشعة الشمس فان ذلك يظهر على شكل انقطاع في الخط المحروق وبهذا يمكن تقدير عدد ساعات السطوع الشمسي.

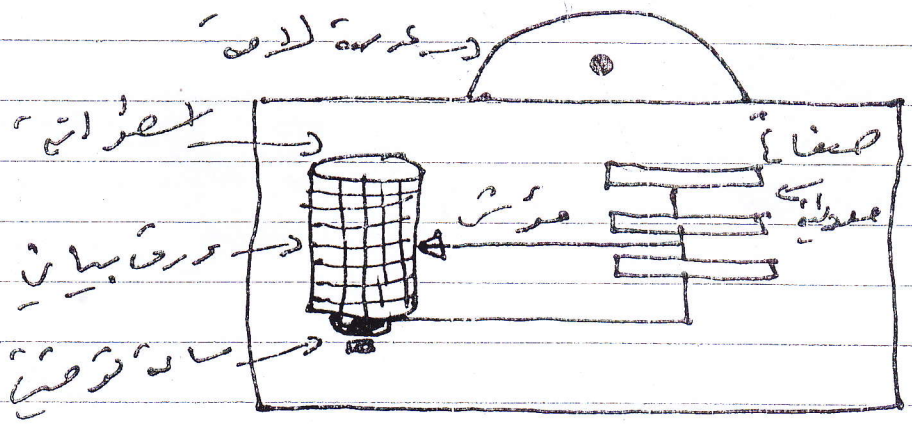
٤) جهاز قياس شدة الإشعاع الشمسي

يستخدم الجهاز على قياس الإشعاع وامتصاص الحرارة وتقييس الجهاز شكل الإشعة ويتكون من نصف كرة زجاجية (مدببة لأعلى) تقوم بجمع الإشعة وتسليطها على صفائح معدنية تتأثر بتلك الإشعة فتتمدد وتتقلص الصفائح حسب شدة الإشعة ومرتبطة بمؤشر وبدوره يتأثر حركة المؤشر بتأثر الصفائح المعدنية

يسجل من المؤشر الحركات على الدرجة الموجودة على الأسطوانة والتي بدورها تحتوي على ساعة لتوقيت قيم يتم تشكيل الإشعة على شكل منحنيات بيانية. ويتم توقيت الساعة كل شهر تبعاً لجهاز الشريط.

وحدة قياس الإشعة $Cal/cm^2/hr$ سعرة

السعرة Cal : هي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة غرام واحد من الماء درجة مئوية واحدة



الرطوبة (Humidity)

تعكس رطوبة الهواء كمية بخار الماء في الهواء حيث تمثل الهواء بخار الماء أو الرطوبة هو الهواء وتعتمد كمية بخار الماء الحقيقة بناءً على درجة حرارة الهواء وكلما زادت درجة الحرارة زاد مقدار استيعاب الهواء لبخار الماء.

ولبخار الماء ضغط جزئي يقاس أما بوحدة البار (Bar) أو بالملي بار (mmbar) الذي يساوي $\frac{1}{1000}$ من البار علماً أن البار الواحد يساوي (١٠٠ كيلو باسكال/م٢) أو يقاس بالملليمتر زئبق (mmHg) والذي يشير الى ارتفاع عمود من الزئبق بالملليمتر ما يعادل:

$$1 mmHg = 1.33 mmbar$$

أذا وضعنا كمية كافية من الماء في مكان مغلق فيه هواء ووضعنا المياه الى مصدر حراري بدرجة كافية عندها يتبخر الماء ويتطلق الى الهواء المحيط ويستمر التبخر حتى يصل الهواء الى حالة الاشباع وعندها يعرف ضغط بخار الماء بالضغط البار المشبع.

نلاحظ أن قيمة ضغط البار المشبع تتغير بتغير درجة الحرارة وإذا استمر التبخر حتى وصل الهواء الى ما فوق نقطة الاشباع أي بمعنى زاد ضغط بخار الماء عن ضغط البار المشبع حدث عملية التكاثف.

يستعمل مصطلح الرطوبة النسبية (Relative humidity) كمقياس استيعاب كمية الهواء لبخار الماء عند درجة حرارة الهواء في الجو

الرطوبة النسبية: هي النسبة بين ضغط البار الحقيقي (e) أي الضغط الجزيئي المسبب لوجود البار في الجو الى ضغط البار المشبع (e_s) كنسبة مئوية.

$$H = \frac{e}{e_s} \times 100\%$$

٣- أجهزة الرطوبة النسبية :-

١) السيكرومتر (Psychrometer)

يتكون من ترمومترين أحدهما جاف والآخر رطب وبواسطة المعادلة الآتية يمكننا الحصول على قيمة ضغط البخار الفعلي (e) لدرجة الحرارة المبللة (tw)

$$e_s - e = \gamma (t - t_w)$$

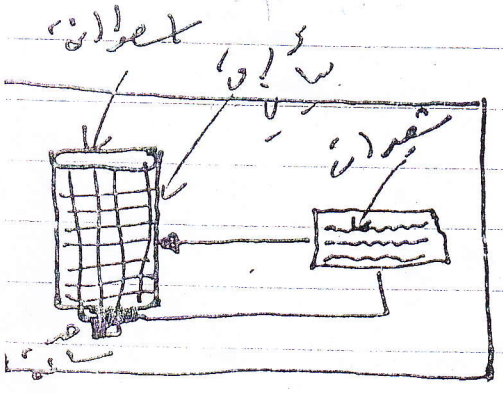
يستخدم الثابت ($\gamma = 0.66$) إذا كانت الرصدات (بالملليبار)
ويستخدم الثابت ($\gamma = 0.485$) إذا كانت الرصدات (بالملليمتر زئبق mmHg)

t_w = درجة الحرارة في الحرارة ذي البصلة الرطبة
t = درجة الحرارة في الحرارة الجاف
e_s = ضغط البخار المشبع عند درجة الحرارة الرطبة (t_w)
يستخرج من جدول خاص
γ = ثابت الجهاز وبارديل 0.66 في حالة قياس (e) بالملليبار
و(t) بالدرجة المئوية وبارديل (0.485) في حالة قياس (e) بالملليمتر زئبق

وليمكن معرفة قيمة (e) نستطيع إيجاد الرطوبة النسبية بواسطة المعادلة التالية

$$H = \frac{e}{e_s} \times 100\%$$

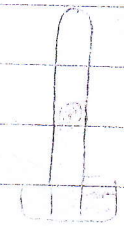
٢) مسجل الرطوبة (الهيجروغراف)



يتكون الجهاز من نفس فكرة جهاز مسجل الحرارة الذاتي الا انه يحتوي على الشعيرات الحساسة والتي تتأثر بالتغيرات الدقيقة والحساسة جداً للرطوبة وتصنع هذه الشعيرات من شعر الحصان ويتم تثبيتها وتقاطعها بعمل على تحريك المؤشر المرتبط بها والذي ينتهي بأسطوانة ملفوف عليها ورقة بيانية تتحرك في أسطوانة ساعة لتوقيت معين تسجل الرطوبة النسبية بواسطة سن المؤشر بشكل خط بياني على جميع الأيام والساعات وخلال ٤ أسابيع

ملاحظة : يمكن الحصول على الرطوبة النسبية ودرجة الندى وضغط البخار من الكتب بعد معرفة (t) و (tw) وعلى دراية مدربة متخصصة لهذا الغرض تقطع المعلومات مباشرة وبشكل سريع.

الضغط الجوي : وهو وزن عمود الهواء المسلط على (1 سم²) من سطح الأرض وهو يتأثر من مجموع ضغوط الغازات التي تتألف منها الغلاف الجوي.

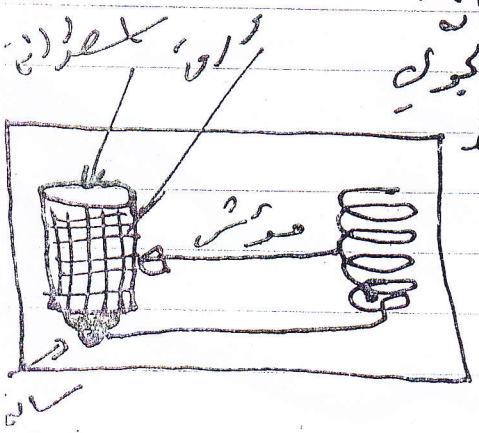


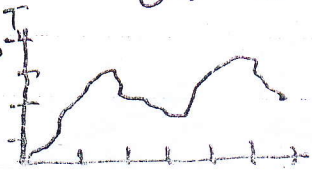
أجهزة قياس الضغط الجوي :

1- البارومتر الزئبقي (الجهاز الغير مسجل) :-
يتكون من أنبوبة زجاجية طولها (1م) قاعدتها (1 سم²) وتكون مفتوحة من أحد طرفيها ومملوءة بالزئبق ويغمس طرف الأنبوب المفتوح في إناء فيه زئبق ملامساً ~~لها~~ وارتفاع الزئبق الى هذا (76 سم) إذا كان البارومتر عند مستوى سطح البحر. الزئبق يتمدد بالحرارة فعند ارتفاع حرارة الجو يتمدد الزئبق ويرتفع وفي حالة انخفاض الحرارة يتقلص وينخفض الزئبق والقراءة تكون على مستوى قمة الزئبق.
ومن سلبيات البارومتر الزئبقي البسيط التي تجعل استخدامه قليل هو عدم امكانية نقله بسهولة من مكان الى آخر بسبب انسكاب الزئبق

2- البارومتر المعدني : (الجهاز المسجل للضغط الجوي) :-

يتكون من علبة معدنية غير سميكة أكبر ما يمكن مفرغة الضغط الجوي ويتصل بها عدد من النوابض التي تتصل بمؤشر طويل يسجل على ورقة بيانية ملفوفة حول اسطوانة دوارة تعمل بساعة توقيت لتسجيل الضغط الجوي والجزء الحساس في هذا الجهاز والذي يتأثر بالضغط الجوي هو الاقراص المعدنية الموجودة في الجهاز ويتم تبديل الورقة البيانية كل أسبوع





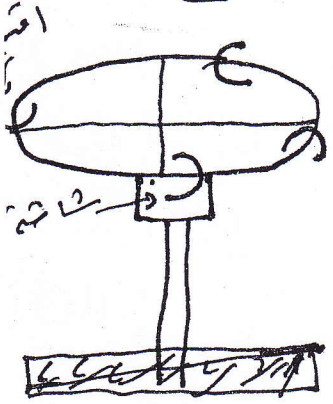
الرياح Wind :-

تعرف الرياح الهواء في حالة حركة والرياح كمية متجهة لها مقدار واتجاه أي قياس حركة واتجاه الرياح حسب الاتجاه الذي يهب منه.

هناك أجهزة كثيرة متنوعة تستخدم لقياس حركة واتجاه الرياح أهمها:

الرياح (الانيمومتر) Anemometer

الذي يتكون من ثلاثة أو ستة أجنحة معدنية أقداح مثبتة بشكل عمودي على محور رأسي ودورانها يكون بشكل أفقي ومعدل دوران الأقداح يساوي تقريباً سرعة الرياح حركة الأقداح هذه تسجل السرعة على عداد خاص بالجهاز يشكل الكتروني على شاشة خاصة بها بوحدات km/hr. والرياح عادة يوضع على عدة ارتفاعات منها (0.5m) و(1.25m) و(2.0m).

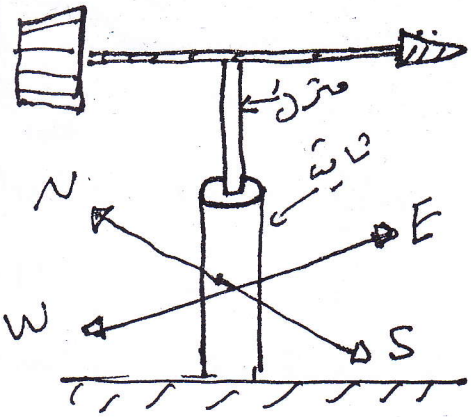


اتجاه الرياح

: هو ذلك الاتجاه الذي يهب منه الرياح ويعرف بالدرجات مقاس فيدوران عقارب الساعة ابتداءً من الشمال الجغرافي أو بواسطة السهم المركب على الجهاز والذي يشير إلى الاتجاهات الأربعة. ومن الأجهزة المستخدمة في قياس اتجاه الرياح:

دوارة الرياح Wind Vane :-

التي هي عبارة عن جهاز يتكون من ذراع من الحديد على شكل سهم مؤخرته عريضة يرتكز على عمود من الحديد يدور مع السهم بسهولة ويرتكز العمود والسهم معاً على عمود آخر غير متحرك مثبت

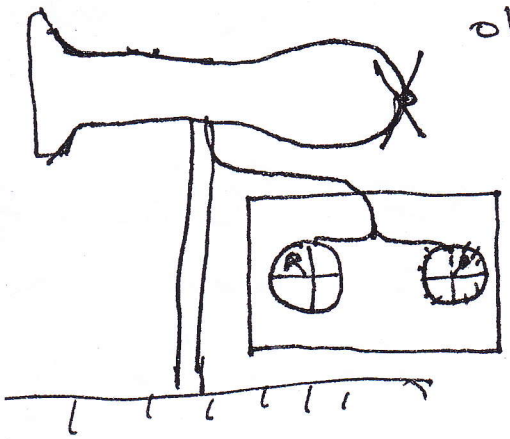


عليه ذراتاً أفقياً يشير الى الجهات الاربعة (شمال، جنوب، شرق، غرب) وتقوم الرياح بدفع مؤخرة السهم نحو الجهة التي تتجه نحوها الرياح بينما يشير السهم الى الجهة التي تأتي منها الرياح.

ملاحظة: هناك أجهزة أخرى حديثة تقيس سرعة واتجاه الرياح في آن واحد ويطلق عليها: ...

الجهاز الكهربائي (الطائرة) لقياس سرعة واتجاه الرياح:

الجهاز عبارة عن جسم حديدي مصمم بشكل طائرة مصغرة ترتفع بمقدار (10m) عن سطح الارض وترتكز على المحور وتدور حولة (360) درجة حول نفسها وتحتوي على مروحة من الامام تدور حسب سرعة حركة الرياح وحركتها تحدد سرعة الرياح واتجاه الطائرة تمثل اتجاه الذي يهب منه الرياح وتصل الطائرة بسلك كهربائي يؤدي الى غرفة المراقبة التي تحتوي على اجهزة لقياس سرعة واتجاه الرياح حيث انه الحركة الميكانيكية في الطائرة تتحول الى طاقة كهربائية.



وهناك اقراص داخل صندوق في الغرفة القرص الاول به مؤشر يؤشر على الاتجاه الذي يهب منه الرياح بالدرجات والقرص الآخر به مؤشر يؤشر على سرعة الرياح والتي تقاس بـ (Km/hr) وتظهر هذه البيانات ايضاً على اوراق بيانية ملفوفة على اسطوانة تدور بتوقيت معين لتسجيل سرعة واتجاه الرياح طوال الوقت.

في حالة كون السرعة صفر تعني لا توجد أي حركة للرياح اي لا يوجد اتجاه للرياح

ملاحظة: تجدر الإشارة الى وجوب تحديد الارتفاع فوق سطح الارض الذي اجريت فيه القياسات بسبب تأثير الاحتكاك بين الهواء وسطح الارض والحاجز. هناك علاقة تجريبية شائعة الاستعمال بين سرعة الرياح والارتفاع وكما يلي

$$u/u_0 = (z/z_0)^{0.15}$$

حيث ان:

u_0 = سرعة الرياح في المرياح على ارتفاع z_0

u = سرعة الرياح على ارتفاع مطلوب z

حيث انه السرعة تقاس بـ (km/hr)

فلو فرضنا كانت سرعة الرياح في المرياح على ارتفاع (2m) بسرعة (30km/hr) المطلوب ايجاد سرعة الرياح على ارتفاع (1000m) ؟

$z_0 = 2\ m$

$u_0 = 30\ km/hr$

$z = 1000\ m$

$u = ?$

$$\frac{u}{30} = \left(\frac{1000}{2}\right)^{0.15}$$

$u =$ km/hr

الموضوع الرابع والثلاثون

١ - الهطل Precipitation

يطلق مصطلح الهطل على كافة أشكال الماء الذي يسقط من الجو على سطح الأرض مثل المطر والثلج والبرد والندى والضباب. ويعتبر الهطل مصدراً رئيسياً للمياه الجوفية ويتكون من سقوط بخار الماء الموجود في الجو على سطح الأرض بشكل حلب أو سائل.

أسباب الهطل

١- وجود مقدار كاف من بخار الماء في الجو بحيث تبدأ الرياح المحركة فوق الماء والمحيطات.

٢- توافر ظروف جوية ملائمة تدرك عملية التكاثف لبخار الماء. فكلما زادت برودة الهواء قلت قدرته على حمل بخار الماء ويتحول البخار إلى سائل عندها يصل الهواء إلى نقطة الإشباع.

٣- توافر ذرات كافية لتساعد على التكاثف، ويساعد وجود الغبار ذي الحجم الدقيق الذي يحوي مواد عضوية ورمال ناعمة وأملاح ودقائق وفيه فإن تكثف الغيوم، وعند وصولها إلى درجة الإشباع تتكون قطرات من الماء تثقل عالقة في الجو تتدفق بعضها البعض نتيجة اضطرابها بسبب وجود تيارات هابطة في الجو تتكون منها قطرات كبيرة تسقط على الأرض.

أشكال الهطل

١- المطر: يمثل الشكل الرئيسي للهطل ويزيد قطر قطراته عن 0.5 ملم وتتراوح شدة هطوله من 2.5 ملم/ساعة إلى أكثر من 7.6 ملم/ساعة وتصنف الأمطار استناداً إلى شدة هطولها وكمية الأمطار السنوية الساقطة:

أ- المناطق غزيرة الأمطار: وهي المناطق التي يسقط فيها كمية الأمطار الساقطة سنوياً عن 1500 ملم وشدتها تزيد عن 7.5 ملم/ساعة.

ب- المناطق متوسطة الأمطار: وهي المناطق التي تتراوح كمية سقوط الأمطار السنوية فيها بين 400 - 700 ملم وتتراوح شدتها بين 2.5 - 7.5 ملم/ساعة.

ج- المناطق قليلة الأمطار: وهي المناطق التي تقل فيها كمية الأمطار السنوية عن 400 ملم وتتباين شدتها عن 2.5 ملم/ساعة.

١- الرذاذ : عبارة عن رش ناعم يعبر كبد من قطرات الماء الصغيرة بحجم أقل من ٥٠٥ ملم وتقل شدة هطولها عن ١ ملم/ساعة .

٢- الضباب : يمكن تقدير تكوين الرطوبة التي تقل الأرض من الضباب ببساطة حيث نجمع الضباب الذي يمكن تركيبه عن طريق الأنابيب ، وليس جامع الضباب عبارة عن أسلاك معدنية أطول من الحقل ، تتكاثف عليها قطرات الماء وتسقط في مقياس المطر ويمكن تكوين الشاطئ من الضباب حيث الذي يمر هذا الحقل ومقياس المطر آخذ في نفس الوقت في تقدير كمية الضباب .

٤- بخار الضباب :

التندى : تستقبل مجمعات الندى لتيار تكوين المياه المتجمعة عن طريق الندى وتضع هذه الأجهزة على شكل مع معدن مخروطي الشكل معلق من حافة بارد بالاستيكية والمادة الأخف لفتة التقع مرآتي متر مربع واحد ، وتشير الإشارة إلى أنه الضباب والندى يشتركان من عملية التكاثف التي تزيد نفس المطول كالذي يحدث عند مرور هواء رطب فوق سطح جليدي . وفي الشاطئ ذات المناخ المعتدل يحدث التكاثف على الحشائش الليلية من الذي يزيد هذا المطول على نطاق واسع للغاية يكون كافياً لإدامة حياة النبات

٥- الثلج : يسقط الثلج عند حصول انخفاض شديد في درجات حرارة الجو ويتساقط بشكل كتل بتراوح قطرها بين ٢٥ - ٣٨ ملم ويمثل بذلك من الكمية السنوية لتأثيرية الاحتفاظ بالماء وتتغير كثافته من ٠٠٠٥ إذا كان الثلج قد سقط حديثاً إلى ٠٥٠ إذا كان الثلج قديماً ومضغوطاً .

٦- الصقيع : عندما يلامس الهواء أو الرذاذ الأرض الباردة والتي تكون درجة حرارتها تحت درجة الصفر المئوي فإنها تتجمد لتكون غلافاً بلورياً يسمى الصقيع أو الصقيع الجليدي

٧- البَرَد : عبارة عن كتل من الثلج غير منتظمة الشكل يزيد قطرها عن ٥ ملم تتشكل في العواصف الرعدية العنيفة التي تكون فيها التيارات الصاعدة قوية جداً

انواع السقط

١- السقط الحملي (الانتقالي) Convective precipitation

في هذا النوع من السقط بسبب التسخين الموضعي تتطور كتلة من الهواء أدفأ من طبقة الهواء المحيط بها الأعلى بسبب كثافة أقل الهواء في المنطقة الباردة المحيطة فيتاح لكتل مكانة هبوطية حمل، تستمر الهواء الدافئ بالصعود وتتعرض إلى البرودة وتبرد الى حيث يسبب السقط. واستنادا إلى الدراسة الحرارية والظروف الحرارية الأفضل تكاثف من المحتمل حصول تساقط وهذا حقيقة إلى الدراسة حرارية خلال السقوط سقط الحمل. وتكون الحالة المقرضة لهذا الحرارة جيدة عادة وتبادر قطرها 5-10 .

٢- السقط الجبلي (التضاريسي) Orographic precip.

أنه السقط التضاريسي يتكون من مرور كتل الهواء البحرية الرطبة فوق سطح الأرض وأكراهها إلى الأعلى باتجاه الجبال الساحلية ومن ثم تبريدها وتكاثفها مما يؤدي عملية التشبع وحدوث السقط ويكون أكثر غزارة في مقدم الجبل أي باتجاه حركة الرياح في مواجهة الجبل

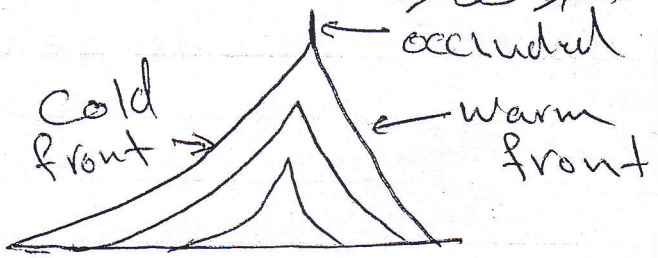
٣- الامطار المحثة أو الاصطناعية Artificially induced rain

في حالة عدم توافر الشروط لتساقط الامطار في منطقة ما يمكن الاستفادة بعض الطرق الاصطناعية لتأهيل سقوطها. حيث ترش الغيوم بواسطة الطائرات بأبرد المقطة أو ثاني أكسيد الكاربون الصلب وتنثر في المنطقة التي ترش فيها والتوسع في الانتشار، أي أنها تفقد فاصلة اشتعالها السريع عند نقلها لأجزاء السحب وتؤدي الى تكسير نواة تتجمع حولها وكذلك مواد أو حبيبات ثلجية وتتجمع مع بعضها وتنمو في الحجم وتسقط بفعل الجاذبية الأرضية. وقد اكتشف حديثا رش الغيوم بواسطة الطائرات بمحلول من كلوريد الكالسيوم وقليل من كلوريد الصوديوم في زيادة كمية تساقط بخار من الغيوم الحاوية على نسبة عالية من المياه وأكثر موثوق من سابقتها وأقل كلفة.

٤ - أمطار الإعصارية والجبهية Cyclonic and frontal precipi.

الإعصار: في حالة وجود منطقة ذات ضغط منخفض يحاول الهواء حولها من المناطق المحيطة الباردة لها يرفع الهواء ذات الضغط المنخفض إلى الأعلى يبرد ويتكاثف المطر.

أما الإعصار الجبهية frontal: تحدث عندما يصل احتكاك بين طبقتين من الهواء حيث تحاول الطبقة السفلى (طبقة الهواء البارد) أن تخترق الطبقة العليا (طبقة الهواء البارد) في طريق لقرب وتكبد الطبقة العليا تدريجياً بشكل مثلث ويزداد ويكبر المثلث تدريجياً ويصل درجة حرارية كافية لتكثف تبدأ الهواء البارد يحاول الارتفاع بين الكتلة أما الهواء البارد فيجبر عليه أن يرتفع الأعلى وميل الجبهة الباردة يختلف عن ميل الجبهة الباردة فهي أكثر انحدار من الجبهة الدافئة Warm تكون الإعصار خليلة ومتطلقة ولفترة زمنية طويلة، أما في الجبهة الباردة Cold تكون الإعصار كثيفة وعنيفة، أما بالنسبة إلى المنطقة المحاصرة بين الجبهتين Occluded تحدث عندما تصل الكتلة تؤدي إلى سقوط الأمطار.



الاسبوع السادس والسابع

حساب معدل الامطار على المحطات الموجودة في منطقة معينة

Estimation of average areal rainfall

١- طريقة المتوسط الحسابي (معدل القراءات) Simple mean

تعتبر أسهل طريقة في التطبيق، وتستعمل للمناطق التي تتراوح مساحاتها بين (0 - 500) كم٢، وتتم حساب معدل الهطول السنوي في منطقة ما، بأخذ المعدل الحسابي لكميات الهطول المقاسة من محطات الرصد الواقعة داخل حدود المنطقة وذلك حسب المعادلة التالية:

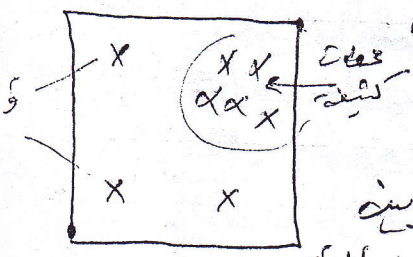
$$P_{av.} = \frac{(P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n)}{n}$$

$P_{av.}$ = معدل الهطول السنوي في المنطقة (بالملم).

P_1, P_2, P_3 = معدل الهطول السنوي في كل محطة رصد مائي (بالملم).

n = عدد محطات الرصد المائي

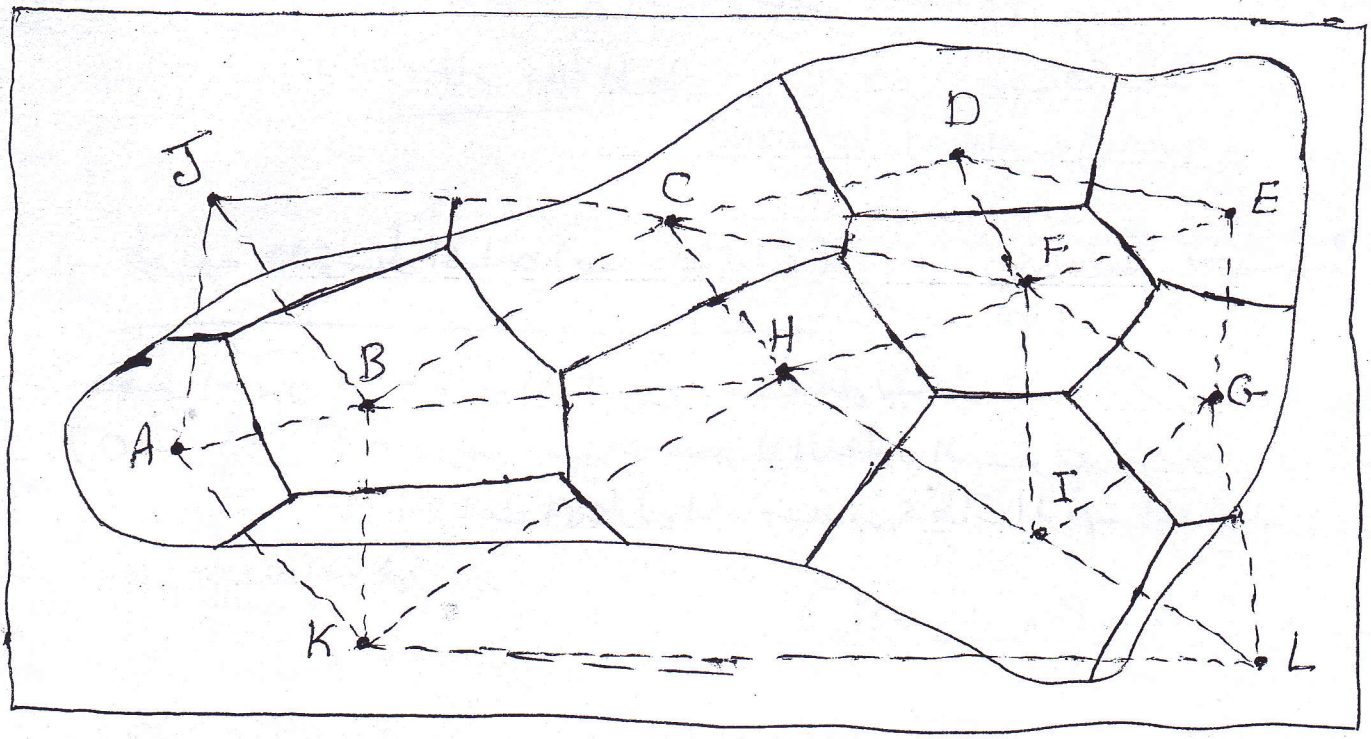
وإذا كانت محطات القياس متباعدة وتتصف بأنتظام فأن هذه الطريقة تعطي نتائج غير صحيحة ويفضل استخدام طرق أخرى كالمعدل الموزون.



٢- طريقة شبكة ثيسن Thiessen Network Method

تعطي هذه الطريقة نتائج جيدة في المناطق التي تتراوح مساحاتها بين (500 - 5000) كم٢، وتتلخص بأسقاط مواقع محطات الرصد المائي على خريطة تمثل المنطقة، ثم توصل أقرب كل محطة مع الأخرى لتكون شبكة من المثلثات وتقام أعمدة منصفة أضلاع هذه المثلثات وترتبط مع بعضها بحيث تشكل كل مضلع حول كل محطة، فإذا كانت مساحة كل من هذه المضلعات هي $a_1, a_2, a_3, \dots a_n$ على التوالي ومعدل الهطول السنوي في كل محطة داخل كل مضلع هو $P_1, P_2, P_3, \dots P_n$ على التوالي ومساحة المنطقة الكلية تساوي A فأن معدل الهطول السنوي في المنطقة يحسب حسابياً من المعادلة الآتية:

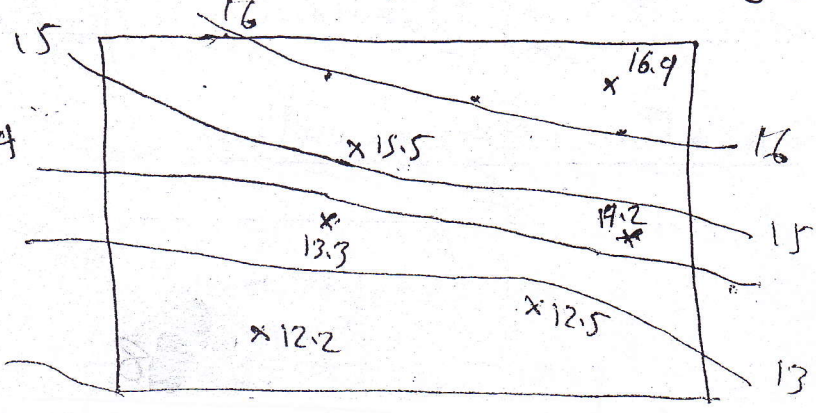
$$P_{av.} = \frac{P_1 a_1 + P_2 a_2 + P_3 a_3 + \dots + P_n a_n}{A}$$



٢- طريقة خطوط تساوي المطر Isohytal method

يتابع تطبيق هذه الطريقة الى وقت أطول، إلا اننا نحصل نتيجة أفضل مقارنة مع غيرها من الطرق، وتتلخص بإسقاط محطات الرصد الحالية الموجودة في المنطقة على خريطة، وتكتب بجوار كل محطة معدل المطول السنوي فيها. ثم ترسم خارطة لتساوي المطر تحكم خطوط كنتورية تشبه الخطوط الكنتورية في الخارطة الطبوغرافية ذات المنسوب المتساوي، أي يفضل انه كل خط كنتوري لتساوي المطر يمثل أو يمر بقيم المطول المتساوية، ثم تحسب المساحة بين كل خطين كنتوريين متتاليين بواسطة البلانيميتر (جهاز لقياس المساحات) أو بواسطة مربعات الخطوط **البيانية**، ثم تضرب كل مساحة من هذه المساحات في المعدل المتوسط للخطين والذي يساوي المتوسط الحسابي للخطين الذين يحدانها. ويجمع حاصل ضرب المساحات كلها ثم يقسم المجموع على المساحة الكلية للمنطقة فنحصل على معدل المطول السنوي في المنطقة

$$P_{av.} = \frac{\Sigma P.A}{\Sigma A}$$



تخمين المعلومات المطرية الناقصة للمحطات :

Estimating Missing Precipitation Data.

في بعض الأحيان يحدث تلفيات في بعض محطات القياس، أو لا يتمكن القارئ من قراءة القياسات في موعدها المحدد، مما يؤدي إلى انقطاع بعض البيانات في كمية الساقط عند محطة معينة، يمكن التنبؤ بهذه البيانات الناقصة كما يلي :

١- طريقة المتوسط الحسابي

إذا اعتبرنا أن معدلات السقوط هي P_A ، P_B ، P_C ، ---- P_n لمحطات مجاورة A ، B ، C ، ---- n على التوالي فالمطلوب إيجاد معدل السقوط المفقود P_X في محطة X عند الحاجة منها n محطات أخرى فإذا كان معدل السقوط لإحدى المحطات المختلفة يزيد ١٠ % من معدل السقوط لإحدى المحطة X عليه فإن طريقة المعدل الحسابي البسيط تقدر كما يلي P_X حيث لذلك فإن

$$P_X = \frac{P_A + P_B + P_C + \cdots + P_n}{n}$$

٢- طريقة النسبة العكسية :

إذا زاد اختلاف معدل السقوط السنوي لإحدى هذه المحطات المجاورة عن المحطة المفقودة قد ترتيبا في هذه النسبة ١٠ % فتستخدم المعادلة التالية

$$P_X = \frac{1}{3}\left(\frac{N_X}{N_A} P_A + \frac{N_X}{N_B} P_B + \frac{N_X}{N_C} P_C\right)$$

A, B, C - هي المحطات المعلوم كمية الساقط عندها.

X - هي المحطة المراد تقدير كمية الساقط عندها.

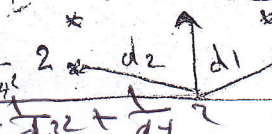
N - معدل الساقط السنوي للمحطة

P - كمية الساقط للمحطة خلال زمن معين.

٣- طريقة المسافات

في هذه الطريقة يتم تحديد أماكن المحطات المجاورة للمحطة المفقودة X ويتم اختيار أربعة محطات موزعة من الجهات الأربعة لنقطة الموقع X ويتم قياس المسافات بينها وبين المحطة X ويطبق المعادلة التالية يتم الحصول على قيمة الكمية المفقودة

$$P_X = \frac{\sum P_i / d_i^2}{\sum \frac{1}{d_i^2}} = \frac{\frac{P_1}{d_1^2} + \frac{P_2}{d_2^2} + \frac{P_3}{d_3^2} + \frac{P_4}{d_4^2}}{\frac{1}{d_1^2} + \frac{1}{d_2^2} + \frac{1}{d_3^2} + \frac{1}{d_4^2}}$$

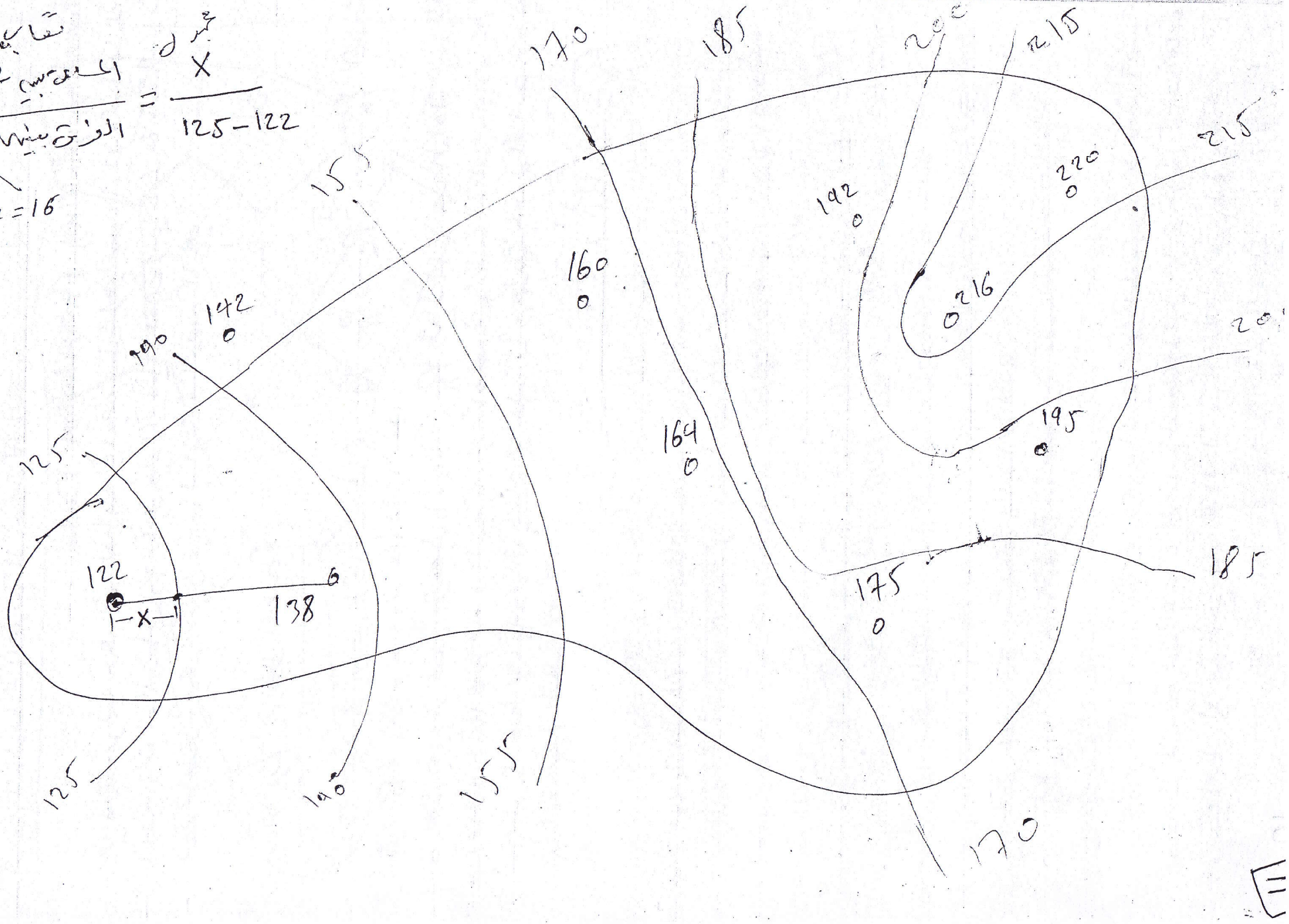


(7000km²) الى 5

نقاط خطوة

$$\frac{\text{الفرق بينها} = 16}{\text{الفرق بين 138 , 122}} = \frac{\text{X}}{125-122}$$

138 - 122 = 16



التبخر :

هي عملية تحول الماء السائل الى بخار مباشرة نتيجة لزيادة الطاقة الكامنة لجزيئات الماء عما يؤدي إلى أفلاتها من السطح الى الجو. ويعتبر التبخر عاملاً مهماً في جميع دراسات مصادر المياه حيث يؤثر على مدخولات أحواض الانهار والسعة الازنة للخزانات وحجم فقدات الضخ والاستهلاك المائي للمحاصيل ومدخولات المياه الجوفية. وتعتبر الحرارة المصدر الاساسي للتبخر. ويتبخر الماء من على الارض في حالاتها الجرداء أو المغطاة بالنبات ومن السطوح الغير النفاذة وسطح الماء المكشوف والانهار الجارية.

يصل معدل فقدان الماء بواسطة التبخر في الاقاليم الرطبة الدافئة الى 600 ملم في السنة من السطوح المائية المكشوفة وربما 450 ملم في السنة من سطح الارض. أما في الاقاليم المناطق القارية كالعراق مثلاً تصل الادقار الماء اليها الى 2000 ملم و1000 ملم في السنة وهذا التفاوت الكبير في الحالة الأخيرة يعزى الى حقبة الجفاف خلال السنة.

العوامل الجوية التي تؤثر على التبخر :

١- الاشعاع الشمسي Solar radition

بما أن تغيير حالة جزيئات الماء من السائلة الى الغازية يحتاج الى طاقة مدخولة فأن نشاط هذه العملية يزداد كمية اشعاع الشمس المباشر. الغيوم تقلل من عملية التبخر لأن الغيوم تحجب الطيف الشمسي.

٢- الرياح wind

عندما يتبخر الماء الى الجو تشبع الطبقة الهوائية الملاصقة لسطح الارض ولاستمرار عملية التبخر يجب ان تزاح هذه الطبقة ويحل محلها باستمرار طبقة هواء جافة. ان حركة الهواء هذه في الطبقات الملاصقة لسطح الارض تعتمد على الرياح وبهذا فأن سرعة الرياح هي عامل مهم في عملية التبخر.

٣- الرطوبة النسبية Relative humidity

في حالة ارتفاع رطوبة الهواء تقل قابلية الهواء لامتصاص بخار الماء وينخفض بذلك معدل التبخر.

٤- الحرارة Temperature

أذا كانت درجة الحرارة المحيطة بالهواء وعلى الارض عالية فأن التبخر سيتواصل بسرعة أكبر لو كانت باردتين. بما أن قابلية الهواء لامتصاص بخار الماء تزداد بأرتفاع درجة الحرارة لذلك فأنه درجة حرارة الهواء لها تأثير مضاعف على كمية وكيفية حدوث عملية التبخر.

قياس التبخر

نظراً لأهمية التبخر الكبيرة كعنصر من عناصر الدورة الهيدرولوجية. فقد تمت محاولات كثيرة لتعيين التبخر وقياسه بشكل مباشر.

ويعرف معدل التبخر من أي سطح على أنه حجم الماء (السائل) الذي يتبخر من وحدة المساحة في وحدة زمن أو بعبارة أخرى عمق أو أرتفاع الماء مقاساً بالعمق الذي يفقده السائل بالتبخر في يوم كامل من المساحة الكلية.

ونظراً لأهمية توفير المعلومات الخاصة بقياس التبخر لأغراض المشاريع الزراعية أو الدراسات المائية المختلفة والسدود والأبار في الجبال والبحيرات فأن أنواع من الطرق يمكن استخدامها لقياس التبخر أهمها:

طريقة الموازنة المائية

تستخدم لتخمين التبخر من البحيرات والخزانات حيث يتم موازنة كميات المياه الداخلة والخارجة من وإلى الحوض وعلى الصورة التالية:

$$E = (S_1 - S_2) + I + P - O - O_g$$

حيث أن :

E = كمية التبخر من الخزان في زمن محدد

$S_1 - S_2$ = التغير في حجم الماء المخزونة في الخزان خلال هذا الزمن .

I = الحجم الكلي للمياه الواردة إلى الخزان خلال هذا الزمن .

P = الحجم الكلي للمياه المتساقطة على الخزان كأمطار وثلوج خلال هذا الزمن .

O = حجم الكلي للمياه الخارجة من الخزان خلال هذا الزمن

O_g = حجم المياه المتسربة من الخزان الى باطن الارض كمياه جوفية خلال هذا الزمن

هذه المعادلة عادة ما تكون غير دقيقة وذلك نظراً لصعوبة القياس الدقيق لكميات المياه الداخلة الى الخزان والخارجة منه والتغيرات في حجم الخزين وقياس كمّ المياه داخل التربة .

طريقة حوض التبخر

يستخدم لقياس التبخر من خزان مصنع مقاييس التبخر والتي تأخذ شكل أحواض تسمى أحواض التبخر (Evaporation Pans) يمكن بواسطتها قياس كمية المياه التي تتبخر خلال زمن معين . والمقياس عبارة عن حوض من الحديد المكلفن غير قابل للتآكل قطره الداخلي 121 سم (أربعة أقدام) وعمقه 25.4 سم (10 إنش) . يوضع الحوض على الأرض خشبية بارتفاع 15 سم (6 إنش) على أرض قوية غير وعرة ، ويعزل سبب وضعه على الأرض خشبية ليكون معرض للهواء أو بالكامل من جميع نواحيه . ويملأ الحوض بالماء لعمق (20 سم) ويعاد ملئه إذا انخفض عمق الماء منه الى 18 سم . ويقاس مستوى الماء فيه بواسطة مقياس على شكل خطاف مثبت بمثبت في منتصف الحوض به فتحات وقطره 15 سم لتسهيل تسرب الماء بداخله . ويحسب التبخر من فرق المناسيب بعد أخذ كمية المطر المتساقطة بنظر الاعتبار .

ملاحظة : التبخر من حوض تبخر قياسي يكون دائماً أكبر من نظيره في خزان طبيعي بحدة نفس الظروف بسبب اختلاف درجات الحرارة في الكاليتين . أي أنه السلبية بينهما تساوي 0.7

$$CP = \frac{Er}{Ep} = 0.7$$

الترشح Infiltration :

هو مرور الماء خلال سطح التربة الى الطبقات الكائنة تحت سطحها. فعندما يسقط المطر على سطح ترية مسامية يمتص بعض أو كله من قبل التربة بواسطة الترشح، ولا يتجمع المطر على سطح التربة إلا في حالة زيادة معدل سقوط المطر عن معدل الترشح الى داخل التربة. ويمثل الفرق بين معدل سقوط المطر ومعدل الترشح عادة الزيادة المطرية (Rain-fall Excess). تلعب عملية الترشح دوراً مهماً جداً في عملية السيح من خلال تأثيرها على الترطيب والتوزيع لمقدار الجريان السطحي (السيح). وتعتبر عملية الارتشاح هي مرحلة أولية لشحن (تغذية) المياه الجوفية الطبيعية.

سعة الترشح

هو المعدل الأقصى الذي يمكن فيه لسطح التربة أن تمتص الماء في فترة زمنية معينة. وتبدأ سعة الترشح بمعدل عالٍ نسبياً في الأحوال الاعتيادية فتكون مثلاً بمعدل (20) الى (25) سم في الساعة للترب الرملية المغطاة بالحشائش ثم تنخفض بعد مدة الى معدل ثابت نوعاً ما يدعى بسعة الترشح النهائية وربما يصل الى 1.25 سم بالساعة. وبعد ذلك تستمر سعة الترشح بالتناقص ببطء في حالة سقوط المطر المتقطع ولكن يمكن أن ترتفع ثانية الى ذروة جديدة إذا استمر الأرض مغموراً بالماء.

تعتمد سرعة الترشح الأولية وسعة الترشح بعد مرور وقت طويل على بدء المطر أو الري بمعدل ثابت على نوع التربة والغطاء النباتي فتكون قيمتها أكبر للترب الحصوية والرملية من قيمتها للترب الطينية.

قياس الترشح

انه مقياس الارتشاح (Infiltrometers) وشائع الاستعمال يتكون من اسطوانتين متحدتي المركز، ويبلغ قطر الاسطوانة الداخلية حوالي 40 سم

الترشح Infiltration :

هو مرور الماء خلال سطح التربة الى الطبقات الكائنة تحت سطحها. فعندما يسقط المطر على سطح ترية مسامية يمتص بعضه أو كله من قبل التربة بواسطة الترشح، ولا يتجمع المطر على سطح التربة إلا في حالة زيادة معدل سقوط المطر عن معدل الترشح الى داخل التربة. ويمثل الفرق بين معدل سقوط المطر ومعدل الترشح عادة الزيادة المطرية (Rain-fall Excess). تلعب عملية الترشح دوراً مهماً جداً في عملية السيح من خلال تأثيرها على الترطيب والتوزيع لمقدار الجريان السطحي (السيح). وتعتبر عملية الارتشاح هي مرحلة أولية لشحن (تغذية) المياه الجوفية الطبيعية.

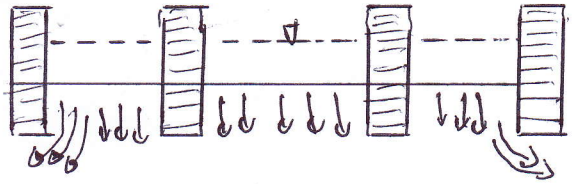
سعة الترشح

هو المعدل الأقصى الذي يمكن فيه لسطح التربة أن تمتص الماء في فترة زمنية معينة. وتبدأ سعة الترشح بمعدل عالٍ نسبياً في الأحوال الاعتيادية فتكون مثلاً بمعدل (20) الى (25) سم في الساعة للترب الرملية المغطاة بالحشائش ثم تنخفض بعد مدة الى معدل ثابت نوعاً ما يدعى بسعة الترشح النهائية وربما يصل الى 1.25 سم بالساعة. وبعد ذلك تستمر سعة الترشح بالتناقص ببطء في حالة سقوط المطر المتقطع ولكن يمكن أن ترتفع ثانية الى ذروة جديدة إذا استمر الأرض مغموراً بالماء.

تعتمد سرعة الترشح الأولية وسعة الترشح بعد مرور وقت طويل على بدء المطر أو الري بمعدل ثابت على نوع التربة والغطاء النباتي فتكون قيمتها أكبر للترب الحصوية والرملية من قيمتها للترب الطينية.

قياس الترشح

انه مقياس الارتشاح (Infiltrometers) وشائع الاستعمال يتكون من اسطوانتين متحدتي المركز، ويبلغ قطر الاسطوانة الداخلية حوالي 40 سم



والخارجية 50 سم ويتم ضخ الماء بداخلها بنفس المستوى وبخفة وشدة ملحوظة فوق سطح التربة أو أعلى من ذلك أحيانا.

هنالك احتمال ارتفاع مستوى الماء في أثناء الري، والماء المتسرب من الحلقة الخارجية يمنع الشرب الجانبي للماء الموجود بالاسطوانة المركزية ويضيف معدل الماء المضاف للاسطوانة المركزية نستطيع تخمين معدل الارتشاح.

معادلات الرشح

لقد تمت دراسة ظاهرة الرشح من قبل كثيرين من العلماء، وهنالك آراء ومعادلات كثيرة تصف هذه الظاهرة، وعرف بعضهم معامل الرشح بالنسبة المئوية لكميات المياه التي تصل الى المياه الجوفية كالاتي:

$$I_c = \frac{I}{P} * 100$$

حيث أن:

I_c = معامل الرشح

I = الرشح بالملم

P = الهطول بالملم

واقترح البعض المعادلة التالية لحساب الرشح السنوي:

$$I = Q_a \frac{t}{A} * 100$$

حيث أن:

I = مقدار الرشح السنوي بالملم (mm)

Q_a = معدل التصريف السطحي م٣/ثا (m^3/sec)

A = مساحة الحوض بالمتر المربع (m^2)

t = الزمن (360 يوم = 31536×10^3 ثانية)

تختلف سرعات الرشح لعاصفة مطرية معينة مع مرور الزمن، وتسمى سرعة الرشح في بداية تأثير العاصفة بالسرعة الابتدائية وهي سرعة الهطول إذ تبدأ سرعة الرشح بعدها بالتناقص مع مرور الزمن حتى تصل الى قيمة ثابتة بعد مرور مدة زمنية طويلة وتسمى حينئذٍ بسرعة الرشح النهائية أو المعادلة.

وضع العالم هورتن المعادلة التالية لوصف تغير سرعة الرشح مع الزمن:

$$f = f_c + (f_o - f_c) e^{-Kt}$$

حيث f = سرعة الرشح اللحظية

f_o = سرعة الرشح الابتدائية

f_c = سرعة الرشح النهائية

t = الزمن بالساعات

K = ثابت يعتمد على نوع التربة وحدته = $\frac{1}{\text{ساعة}} = \frac{1}{hr}$

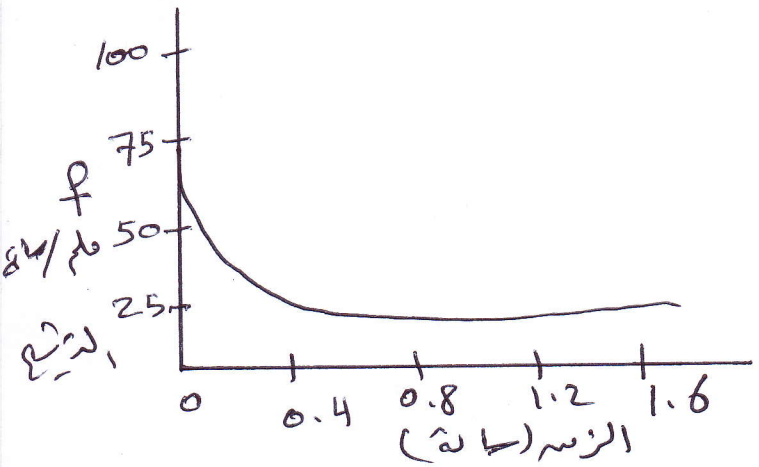
والمعادلة هي معادلة المنحنى الذي يبين العلاقة بين سرعة الرشح والزمن والموضحة في الشكل التالي عندما يكون الزمن $t=0$ يكون $f=f_o$

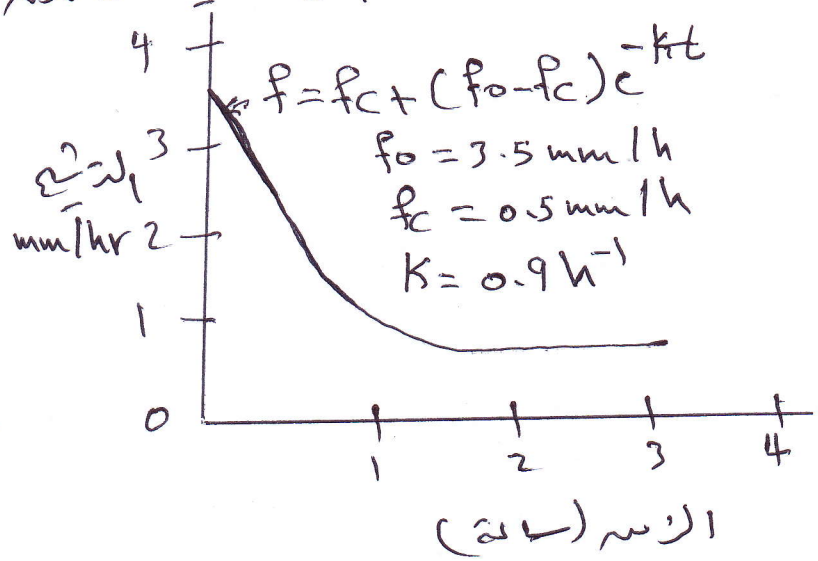
وعندما يكون $t=\infty$ يكون $f=f_c$

وبتكامل طرفي المعادلة ما بين $t=0$ و $t=\infty$ نحصل على المعادلة التالية:

$$F = \frac{f_o - f_c}{K} + f_c t$$

حيث أن F = عمق الرشح الكلي عندما يكون $f=f_c$





مثال: أوجد كمية سرعة الرشح الابتدائية لتربة طينية أخذت 6 ساعات شاردي 10 ملم/ساعة وسرعة الرشح النهائية 5 ملم/ساعة وكان الثابت K يساوي 0.95 لكل ساعة. أحسب عمق الرشح الكلي؟

$f_o = 10$ mm/hr

$f_c = 5$ mm/hr

$K = 0.95$ / hr

$$F = \frac{f_o - f_c}{K} + f_c t$$

$$= \frac{10\ \text{mm/hr} - 5\ \text{mm/hr}}{0.95\ h^{-1}} + 5\ \text{mm/hr} \times 6\ \text{hr}$$

$$F = 35.26\ \text{mm}$$

أجهزة قياس المطر

لقد تم تطوير أجهزة مختلفة لقياس كميات الأمطار الساقطة على منطقة ما وتحتوي بعضها على أجهزة خاصة لقياس وتوزيع حجم حبيبات المطر وعلى سجل زمن بدء وانتهاء هطوله. ويراعى عند اختيار موقع أجهزة قياس الأمطار ما يلي:

١- يجب أن تكون الأرض مستوية وخالية من الحواجز لمسافة 30 م تقريباً ويوضع الجهاز بشكل أفقي فوق سطح الأرض.

٢- يراعى أن يكون الجهاز قريباً من سطح الأرض قدر الإمكان لتقليل تأثير الرياح بما لا يسبب أخطاء بقياس الأمطار.

٣- أن تكون مساحة الجهاز بسيطة أبعاده 5.5 × 5.5 م على الأقل.

كثافة محطات الرصد

- في السهول والمناطق المنخفضة جهاز لكل 500 كم².
- في المناطق المرتفعة جهاز لكل 390 - 260 كم².
- في المناطق الجبلية الوعرة جهاز لكل 130 كم².

٣- المقاييس غير المسجلة Nonrecording gauges

١- جهاز قياس المطر العادي اليومي

يتكون من اسطوانة خارجية نصف قطرها حوالي 8 سم توضع اسطوانة داخلية متصلة من الأعلى بقمع بقطر الاسطوانة الخارجية وعند سقوط الأمطار تتجمع المياه في الاسطوانة الداخلية، ويتم أخذ القراءات عادة مرة واحدة كل يوم بواسطة مسطرة مدرجة تنزل داخل الاسطوانة الداخلية، أو بواسطة اسطوانة مدرجة أي يمكن قياس كمية المطر بالحجم أو الوزن. في حال امتلاء الاسطوانة الداخلية يطفح الفائض الى الاسطوانة الخارجية.

ج - جهاز قياس المطر العادي السنوي

يتكون هذا الجهاز أيضاً من اسطوانتين داخلية وخارجية ونصف قطر الخارجية (4) سم ويتجمع فيها مياه الامطار الساقطة على مدار السنة ويفرغ في اسطوانة مدرجة لمعرفة كمية الامطار الساقطة خلال السنة.

ب - المقاييس المسجلة Recording gauges

يرسم هذا النوع من المقاييس على نحو مستمر علاقة المطر بالوقت فوق شريط ورقي دوار وهي بهذا توفر بيانات مفيدة لمدة المطر وأستمراريته أو تستخدم في تعليلات السيول والوجهة لزمان المطر. ومن أنواعها الشائعة:

١- المقياس ذو الدلو القلاب Tipping-bucket rain gauge

تجمع الامطار الساقطة من مدخل الاناء الذي يبلغ قطره 30.5 سم في دلوين صغيرين بحيث أذا سقطت الامطار بمعدل 0.25 ملم على أحد الدلوين فأنه ينقلب ويأخذ الدلو الثاني موضعه. يتم جمع الماء من الدلو المقلوب في وعاء خزن. وانقلاب الدلو يحرك قلماً ليسجل البيانات على خط يدور باتجاه عقرب الساعة. وهكذا تحصل على خط تدريجي فوق الشريط الورقي الدوار.

٢- مقياس الدلو الوزني The weighing-Bucket type

تجمع الامطار الساقطة في مجمع يفرغ محتواه في دلو مركب على مقياس وزني متصل مع مؤشر به قلم يسجل وزن الدلو ومحتوياته على مخطط يدور باتجاه عقارب الساعة. وعند سقوط المطر يتحرك المؤشر فوق شريط ورقي دوار ويركم القلم حبر يبين العلاقة بين ارتفاع الامطار مع الزمن وعندما يصل المؤشر الى حافة الورقة يعود تلقائياً ليغير أتجاه مساره.

٢- المقياس ذو العوامة Syphon type

تقوم فكرة هذا الجهاز على أن بأستمرار سقوط المطر يرتفع مستوى الماء في الجهاز والذي على سطحه توجد عوامة ترتفع هي الأخرى بدورها تنقل العوامة بقلم يسجل ارتفاع منسوب الماء في الجهاز أوتوماتيكياً على هيئة رسم بياني ملفوف على اسطوانة دوارة. ويقيس الجهاز لحد ١٥ ملم سم أمطار وعند أمطار الاسطوانة بأكثر من ١٥ ملم تفرغ الاسطوانة من الماء ويعود الحوض الى الصفر من جديد ويتسرب الماء الى سطح الارض.

٤- مقاييس الامطار عن بعد

تستخدم هذه المقاييس على نطاق واسع لجمع البيانات المطرية في المناطق الجبلية والمناطق التي يتعذر الوصول اليها وهي من المقاييس المسجلة وتحتوي على وحدات الكترونية تنقل بيانات الامطار الى محطة مركزية بقرارات منتظمة وعند الحاجة:

١- قياس المطر بالرادار Radar

يعد الرادار الجوي جهازاً فعالاً لقياس الزخات المطرية وحركتها ومراقبتها على مديات واسعة. وفضلاً عن ذلك يمكن تحديد مقادير الامطار الساقطة على المساحات الواسعة بواسطة الرادار وعلى درجة جيدة من الدقة.

يرسل الرادار أشارات منتظمة ومتشابهة على شكل حزمة ضيقة من الاشعاعات الكهرومغناطيسية وعند تقاطع قطرات المطر مع هذه الحزمة يمكن اثبات مايأتي:

$$P_r = \frac{CZ}{r^2}$$

حيث أن:

P_r = معدل قدرة الصوت

Z = معامل عكس الصوت الراداري

r = المسافة لحجم الهدف

C = ثابت الجهاز

وبشكل عام فإن العامل Z يعتمد على شدة المطر وكما يأتي
حيث a, b عاملين و I = شدة المطر ملم/ساعة

$$Z = a I^b$$

ويعبر عن المعادلة النظامية لقيمة Z كما يلي

$$Z = 200 I^{1.6}$$

يبلغ مدى السيرولوجي للرادار حدود 200كم

٦- الأقمار الصناعية Sattelites

لا تعتبر عملية قياس ولكنها تعتبر عملية تنبؤ حيث تلتقط عدد من الصور للغيوم في الجو يستطيع السيرولوجي أن يتعرف من خلالها على حركة الغيوم وسماكتها وكثافتها وارتفاعها وفترة اضطرابها مع بعضها لتكوين الظروف موالية لتساقط الأمطار. أي تتوقع سقوط الأمطار في فترة معينة

المعلومات المطلوبة في قياسات المطر:

الشدة Intensity :- أو ما تسمى بكثافة سقوط المطر وهي مقياس لكمية المطر المتساقط في زمن معين مثل ملم/ساعة أو سم/ساعة أو انج/ساعة.

الاستدامة Duration : وهي جزء من الزمن والتي خلالها سقط المطر وتقاس بالساعة.

عمق المطر Depth : حسب كمياته التي تجمع على سطح الأرض نتيجة سقوط الأمطار وتقاس بالملم أو سم أو انج.

التردد Frequency : وهذا يعزى إلى التوقعات بأن عمقاً معيناً من المطر سيسقط في زمن معين. أنه مثل هذه الكميات قد تكرر مساوية أو متجاوزة في عدد معين من الأيام أو السنوات

أمتداد المساحة Areal extent :- وهذا يتعلق بالمساحة التي يسقط فوقها المطر ليتساقط.

* وكذلك يدرس أحياناً مقدار المطر وهذه تؤثر على نوعية التربة فكلما زاد وتيرة المطر زادت سرعة سقوطها وهذه تؤثر على نوعية التربة.

الثلوج Snow

للثلوج أهمية كبرى عند دراسة هيدرولوجية المناطق التي يكثر تساقط الثلوج بها. تتساقط الثلوج خلال فترة محدودة من العام لتبقى في صورة مياه مخزونة في أماكن سقوطها. عند ارتفاع درجات الحرارة مع بداية الربيع فإن الثلوج تبدأ في الذوبان حيث يتم ذوبانها خلال فترة زمنية قصيرة مسببة الفيضانات الربيعية.

في مناطق الثلوج المتساقطة يجب عمل مسح شامل لمعرفة شكل الثلوج المتساقطة وبالتالي حجمها وكثافتها على أعماق متفرقة حيث تزداد كثافتها بزيادة العمق، وذلك لحساب كميات المياه المخزونة فيها والتي ستنتج بعد ذوبانها ما يفيد في التنبؤ بحجم الفيضان الناتج.

سبل مسح الثلوج وحساب المسح:

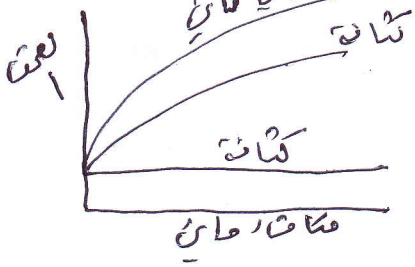
يتكون السبل الثلجي من عشرة الى خمسة عشرة نقطة ملاحظة على الجبل تبعد الواحدة منها عن الأخرى بمقدار 15 إلى 20 متر. تحدد النقاط مرقميا بتثبيت عمود مدرج مطبوع بالألوان كالأسود والأبيض وتقسم إلى أمتار وسنتمترات. ويتم عند إجراء المسح الثلجي قياس عمق الثلج ومقدار الماء الذي يحتويه في كل نقطة ملاحظة، وذلك بأخذ نموذج ثلجي بواسطة أنبوب من الألمنيوم خفيف الوزن طوله من المتر ونصف وتحدد نهاية الأنبوب بحافة مشارية دائرية قاطعة ليتسنى إدخالها في الطبقات الثلجية العليا التي تغطي سطح الأرض وتتم زيادة الأنبوب بأضافة مقاطع طول كل منها (1) متر عند الحاجة إلى ذلك.

ويدخل الأنبوب بحرية في الطبقة الثلجية الى كامل عمقها باستخدام عتلة دوارة مناسبة تشكل في النهاية العليا للأنبوب ويسحب الأنبوب بعد ذلك ويداخله النموذج الثلجي وتكون في نهاية الأنبوب آثار الطبقة للتأكد من الوصول الى نهاية عمق الطبقة الجليدية.

ويوزن الانبوب والنموذج في هذا الملائم وهناك مواد بديلة عديدة تقيس المكافئ الحائي للنموذج الثابي مباشرة. ولإيجاد الكثافة يتم الرجوع الى معنيات العلاقة بين الحجم والمكافئ الحائي والكثافة. وتستخرج بعد ذلك علاقة متبادلة بين المعلومات المجهولة وواحد أو أكثر من المتغيرات التالية: للتنبؤ بالتصريف الكلي أي حجم الجار الكلي الناجم عن ذوبان الكتلة الجليدية والمتغيرات تشمل تصريف الذوبان بتاريخ التنبؤ والتصريف السابق لتاريخ التنبؤ وكمية الأمطار التي يتوقعها خلال الذروة ودرجات الحرارة والأمطار.

بعد أن يوزن الانبوب مع الثلج يجد أن مدرج بالملم أو كم من الجار المكافئ حيث أن ١ سم٢ من الجار يزن ١ غم لذلك فإن الجار المكافئ:

الجار المكافئ = كثافة الثلج × عمق الثلج × ١ سم٢/غم



مثال: عينة من الثلج عمقها (60 cm) وحجمها ($15000\ cm^3$) ووزنها (2) كغم جد كثافة الثلج والجار المكافئ.

$$\text{كثافة الثلج} = \frac{\text{وزن الثلج}}{\text{حجم الثلج}} = \frac{2000\ gm}{15000\ cm^3} = 0.133\ \frac{gm}{cm^3}$$

الجار المكافئ = كثافة الثلج × عمق الثلج × ١ سم٢/غم

$$= 1 \times 60 \times 0.133$$

$$= 8\ cm$$

قياس الثلوج

ان الاجهزة المستعملة في قياس الثلوج هي نفسها المستعملة في قياس الامطار. الا أننا نضع في داخل الاجهزة بعض المواد لدوبان الثلوج قبل تجمعها مثل كلوريد الكالسيوم. وهذا لا يمنع البخار ويقطر الجهاز يرفع الجهاز عاليا عن سطح الارض.

نوعية الثلج:

هي عبارة عن النسبة المئوية للجليد في التراكم الثلجي. فالثلج الجديد الرطب له نوعية ٩٥٪ او اكثر اي ٥٪ من الثلج هو ماء في حين نوعية تصريف التراكم الثلجي يمكن ان يصل الى ٦٠٪ (اي ٤٠٪ ماء). أضافة نسبة قليلة من الطاقة بالهواء الحار او المطر سيؤدي الى ذوبان كبير ومن المحتمل الى فيضانات في الربيع ولتوقع مثل هذه الحوادث فان نوعية الثلج تقاس بالقياس الحراري وتقطع الى مراكز تنبؤ الفيضانات لتسييلها والاستفادة منها لتقدير كمية المياه في الثلج.

ذوبان الثلج:

يعرف معدل ذوبان الثلج بمعدل تحول الجليد الى ماء من الكتلة الثلجية. انه معدل ذوبان الثلج يختلف كثيراً مسبباً تغيرات في معدل ادخال السائل الحاصل من الكتلة الثلجية. ومن مصادر الحرارة لذوبان الثلوج هي تيارات الحمل وتكثف البخار والاشعاع وحمل الامطار والتوصيل من الهواء والتربة.