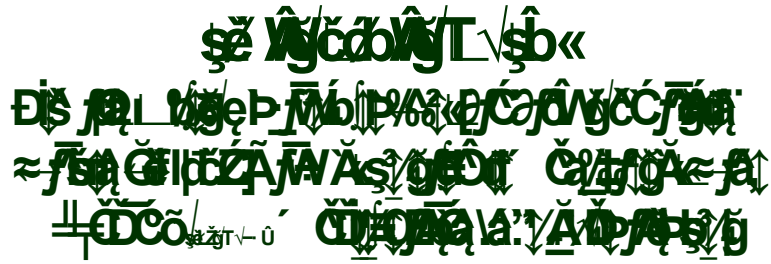
المحاضرة الأولى

علم المياه وإدارة أحواض الأنهر

الاستاذ الدكتور إبراهيم أنور إبراهيم



ألمقـــــدمة

يعد الماء من أهم الموارد الطبيعية على الإطلاق حيث يعتبر عاملاً أساسيا ترتكز إليه حياة الإنسان وكافة الأنشطة الاجتماعية والاقتصادية في مختلف المجالات وعلى الأخص في مجال الزراعة والصناعة . تعد الأمطار من أكثر عناصر المناخ تأثيراً في نباتات مراعي المناطق الجافة وشبه الجافة ، حيث تعتبر كمية الهطول إضافة إلى درجة انتظام توزعه هي المحدد الأول للتوزيع النباتات ونموها .

حوالي 70 % من معدل المياه المتساقطة من الأمطار تعود مباشرة إلى الهواء بفعل التبخر ، أو تستعملها النباتات في الأماكن التي تسقط عليها ، ويستعمل الناس حوالي 6 % فقط من ماء المطر .ونظراً لتعدد وسائل فقد مياه الأمطار والتي تتمثل أساساً في عوامل التبخر والتسرب بالإضافة إلى الجريان السطحي لجأ الإنسان إلى طرائق مختلفة في حصاد مياه الإمطار إذ أنه من الممكن مضاعفة كمية المياه المضافة إلى مخازن باطن الأودية (المخازن السطحية) بكميات كبيرة من مياه السيول وذلك بتوظيف الأساليب الحديثة من حصد مياه الأمطار التي تتجمع خلف السدود المقامة حالياً. وورد ذكر الماء في القرآن الكريم في حوالي 63 موضعاً ، وقال الله تعالى : (وجعلنا من الماء كل شيء حي أفلا يؤمنون) ، ولأهمية هذا الموضوع عقدت الندوات والمؤتمرات وأنشأت المراكز الخاصة بموضوع المياه وحسن إدارتها

وتعد المياه والغابات من أهم مصدرين من المصادر الطبيعية على الأرض وكلاهما يعدان مصدرا للغذاء والطاقة ويقدمان العديد من الخدمات البيولوجية والكيميائية والفيزيائية والاقتصادية الاجتماعية ، كما نسهم في تقديم الخدمات للبيئة والكائنات الحية ، فبدون المياه لا توجد غابات ، كما أن الغابات تعد أحد عناصر الموازنة المائية في أحواض الأنهر المغطاة بالغابات وهي بدورها تحسن من نوعية المياه ، وتغير من نمط الجريان وتحمي التربة من الانجراف لذا فإن الغابات والمياه يؤثران على بعضهما

وتلعب مصادر أحواض الأنهر دورا أساسيا في تطوير أي بلد في العالم ، فمصادر أحواض الأنهر يمكن أن تجهزنا بمتو خشبية متنوعة ، كما أنها يمكن أن تسهم في توفير علف للحيوانات ألأليفة والبرية على حد سواء وتوفير المياه للاستخدامات المختلفة فضلا عن الاستفادة من المناظر الطبيعية الجميلة لاغراض السياحة

مفهوم علم المياه

علم المياه Hydrology : هو العلم الذي يهتم بدراسة المياه في الطبيعة بأشكالها الثلاثة في الجو وعلى ألأرض وفي باطنها ، وكذلك تشمل وجودها وتوزيعها ودورتها في الطبيعة

وخواصها الكيميائية والفيزيائية وتفاعلاتها مع المحيط بما في ذلك ألأحياء الموجودة في ذلك المحيط ،

ولعلم المياه العديد من الفروع وهي :

علم مياه ألغابات Forest hydrology: هو عبارة عن فرع من فروع علم ألمياه الذي يختص ويبحث في تأثيرات ألغابات والغطاء النباتي في المناطق الوعرة ألملازمة للغابات على دورة المياه في الطبيعة ، ويشمل أيضا تأثيرها على التعرية وعلى كمية ونوعية المياه .

علم المياه العذبة Limnology : هو ذلك العلم الذي يبحث في البحيرات الداخلية للمياه العذبة من الناحية ألمورفولوجية والفيزيائية والكيميائية والبيولوجية والمياه العذبة بصورة عامة أينما وجدت

علم سياسة الجريان Potamology : وهو ذلك العلم ألذي يهتم بسياسة جريان المياه لنهر معين من المنبع الى المصب

علم المياه والأنواء الجوية Hydrometeorology : هو ذلك العلم الذي يبحث في عناصر المناخ التي تلعب دورا مهما في توفير المياه على سطح الكرة الأرضية كالهطول والتبخر بأنواعه

علم المحيطات Oceanography : وهو ذلك العلم الذي يبحث في الخواص الفيزيائية والكيميائية لمياه المحيطات وطبيعة قاع المحيط

علم المياه الأرضية Hydrogeology : هو ذلك العلم الذي يهتم بدراسة المياه المتكونة داخل وخلال الطبقات الجيولوجية أي المياه الجوفية من ناحية نشوئها وحركتها وخصائصها الفيزيائية والكيميائية وطرق استثمارها

علم الـ Hydrography : هو ذلك العلم الذي يصف الخواص والظروف الفيزيائية لكل حالات المياه على سطح الأرض

Hydrometry :هو العلم ألذي يهتم بدراسة كل ماله علاقة بالقياسات الخاصة بالمياه في حالاته المختلفة

كما يعتمد علم المياه على مجموعة من العلوم الأخرى منها

علم الأنواء الجوية Meteorology : هو العلم ألذي يهتم بدراسة خصائص الغلاف ألجوي وكافة ألظواهر والتغيرات ألتي تحدث فيه ودراسة أسبابها وتأثيراتها على فعاليا ت ونشاط الإنسان

علم المناخ Climatology : هو أحد فروع علم ألأنواء ألجوية ويبحث في معدلات العناصر المناخية المختلفة والتغيرات التي تحصل لها وتصنيف المناطق المناخية ويسمى أيضا علم الأنواء الإحصائي

ألجغرافية ألطبيعية Physical geography : يلاحظ أن علم المياه له علاقة بعلم الجغرافية الطبيعية وذلك لتأثر الهيدرولوجيا بطبيعة سطح ألأرض ، كما يمكن الحصول على المعلومات ألتي تخص الجبال التي سوف تؤثر على مقدار الأمطار الساقطة وطبيعتها وكذلك الحصول على المعلومات الخاصة بالانحدارات وطبيعة تأثيرها على المياه الجارية فضلا عن مواقع البحيرات والمناطق التي تخزن فيها المياه .

علم الزراعة والغابات Agronomy and forestry :يعتمد علم المياه على صفات وطبيعة الغطاء النباتي إذ أن الغطاء النباتي يؤثر على مقدار ألأمطار الواصلة الى ألأرض ومقدار ألمياه الجارية فضلا عن تأثيره في نوعية المياه وعلى درجة نفاذية ألتربه

علم ألأرض والتربة Geology and soil science : إن توزيع المياه وحركنها تعتمد على طبيعة القشرة الأرضية والتربة

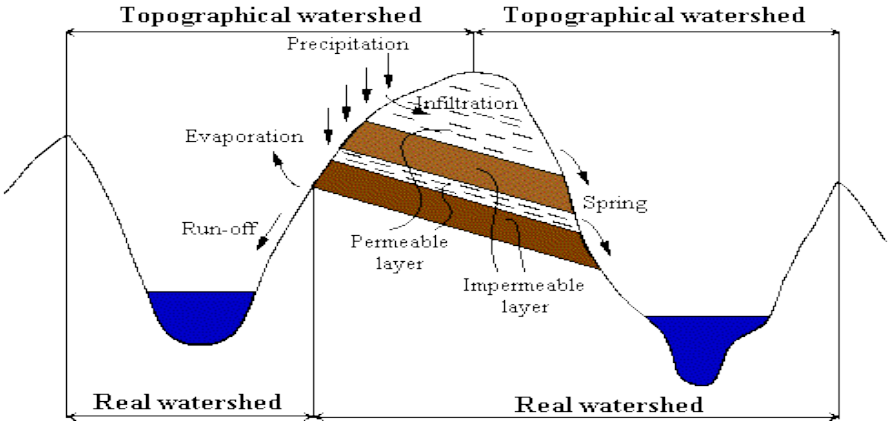
علم الهيدروليك Hydraulic : يهتم هذا العلم بحركة السوائل ومن خلاله يمكن تحديد موجات الفيضانات واتجاهها فضلا عن دراسة طبيعة حركة المياه وانتقالها في القنوات

الخصائص المساحية لأحواض الأنهر

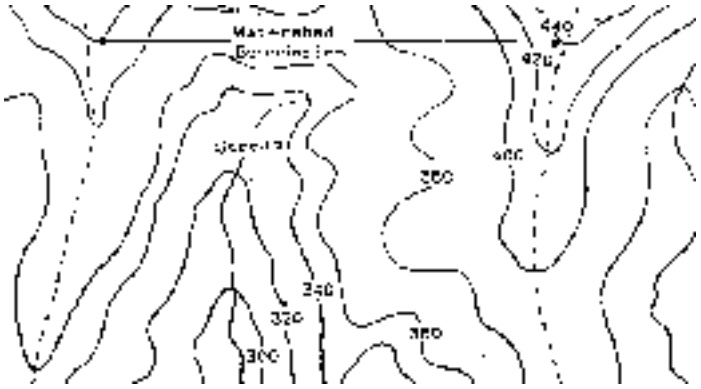
حوض النهر Watershed : هي تلك المساحة من الأرض التي تعمل على تصريف مياه ألهطول ألساقطة بجميع أشكاله وتعمل على تصريفها إما كمياه سطحية جارية كالأنهار والجداول أوفي باطن طبقات ألأرض ألمسامية كمياه جوفيه

وتحدد حدود حوض النهر عن طريق خط تقسيم المياه السطحي أو الطوبوغرافي Surface or topographic water divide ، فهذا الخط هو الذي يحدد ألمساحة السطحية لحوض النهر ويمر بأعلى الارتفاعات المحيطة بالنهر ويفصل هذا الخط حدود هذا الحوض عن الحوض المجاور له كما غي الشكل (1)

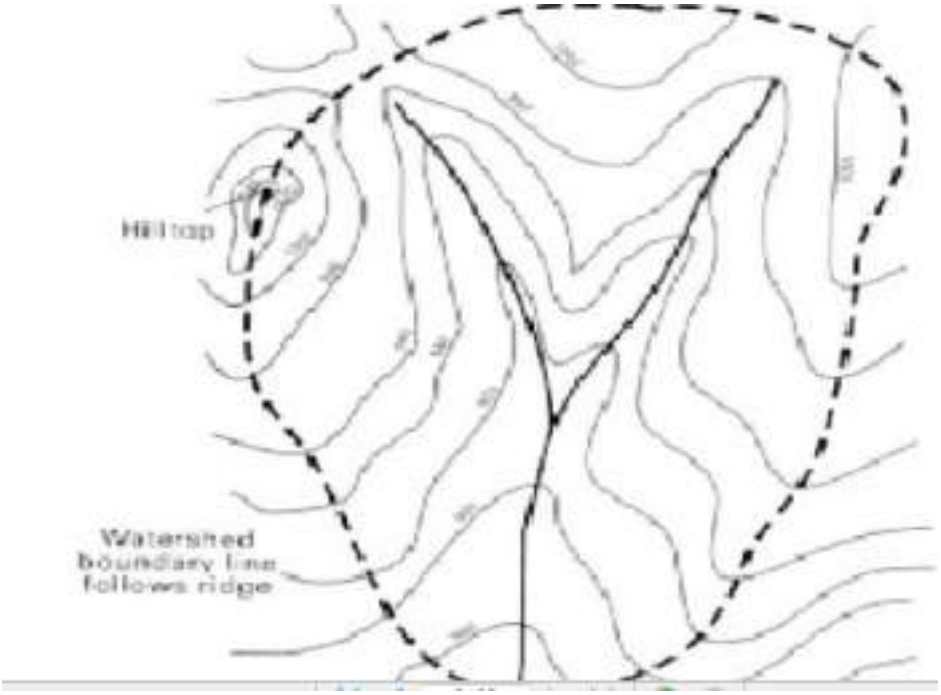
. ويمكن تحديد خط تقسيم المياه السطحي اعتمادا على الخطوط الكنتورية للخرائط الطوبوغرافية فبعد تحديد المجرى الرئيسي للنهر وروافده يتم تثبيت أعلى الرتفاعات التي تحيط بالنهر والخطوط التي تصل بين تلك المرتفعات تحدد مساحة الحوض وشكل حوض النهر(ألشكل 2) ، ومن الجدير بالذكر أن الخطوط الكنتورية الممثلة للوديان تظهر كما في الشكل ( ) ، أما الارتفاعات المحيطة بالمجرى فانها تظهر على شكل الخطوط الموضحة في الشكل ( )



الشكل (1) طوبوغرافية حوض النهر وخط الحدود السطحي والباطني

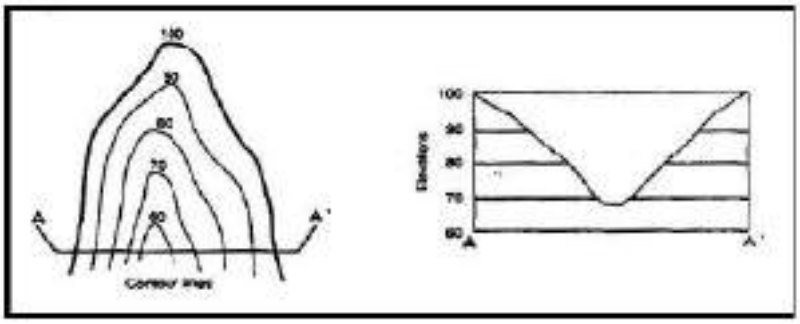


الشكل (2) تحديد خط تقسيم المياه السطحي لحوض النهر والوديان التي تجري فيها المياه من الخرائط الطوبوغرافية والدي يحدد الشكل النهائي لحوض النهر (الشكل 3)

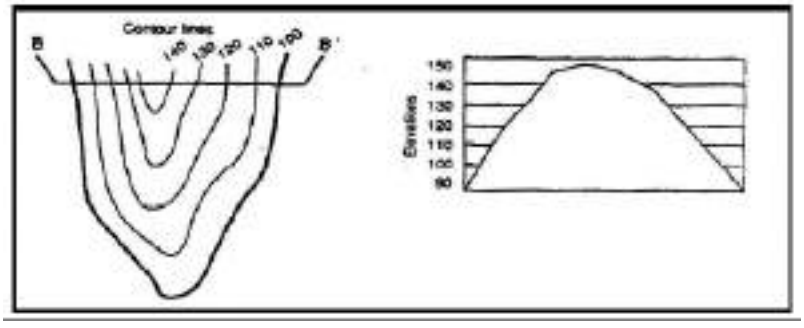


الشكل (3) حوض النهر بعد تحديده من الخارطة الطوبوغرافية

وتظهر المنخفضات والمرتفعات على الخرائط الكنتورية كما في الشكلين 4 و5

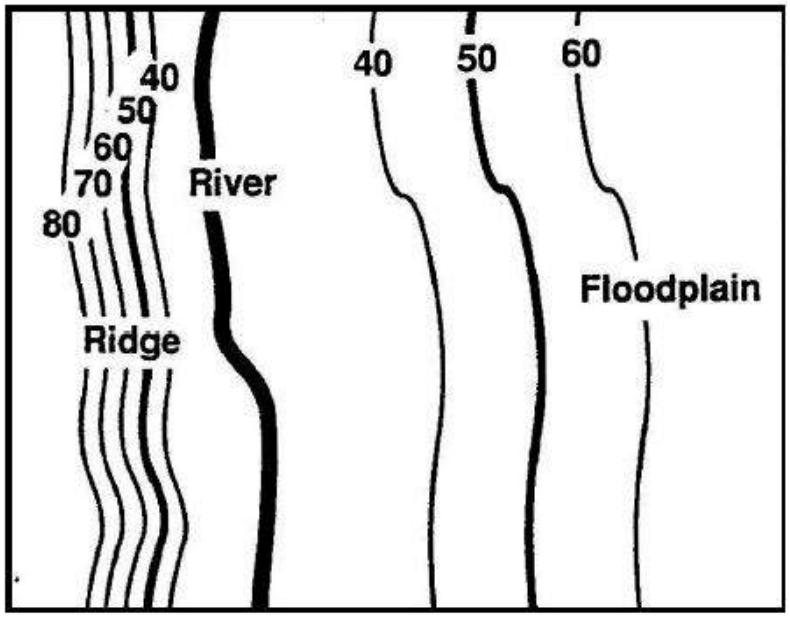


لشكل (4) المنخفضات كما تبدو في الخرائط الكنتورية والتي يعتمد عليها في تحديد قنوات المياه ومواقع تجمع المياه

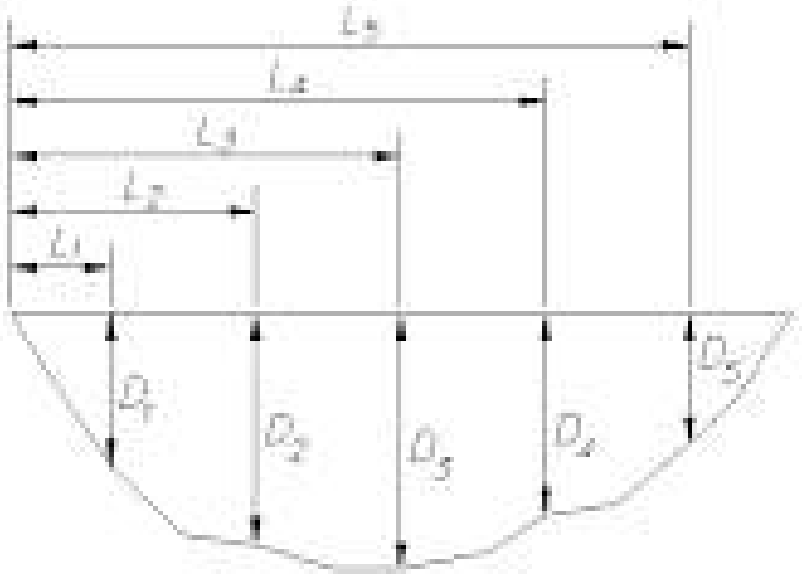


الشكل (**5**) المرتفعات كما تبدو في الخرائط الكنتورية والتي يعتمد عليها في تحديد خط تقسيم المياه

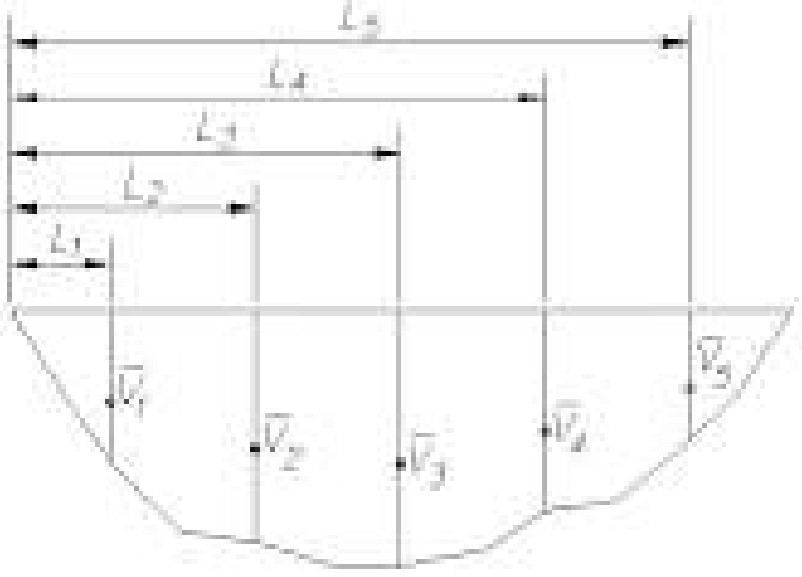
كلما اقتربت الخطوط الكنتورية من بعضها دل ذلك على شدة الانحدار بعكس مناطق السهل الفيضي إذ تتباعد الخطوط الكنتورية من بعضها البعض كما مبين في الشكل (6)



الشكل (6) تباعد الخطوط الكنتوريه عند السهل الفيضي



Typical Cross Section



Horizontal Velocity Profile

طريقة منتصف المقطع

Current Meter عداد التيار

جهاز بيكمي

Staff Gauge

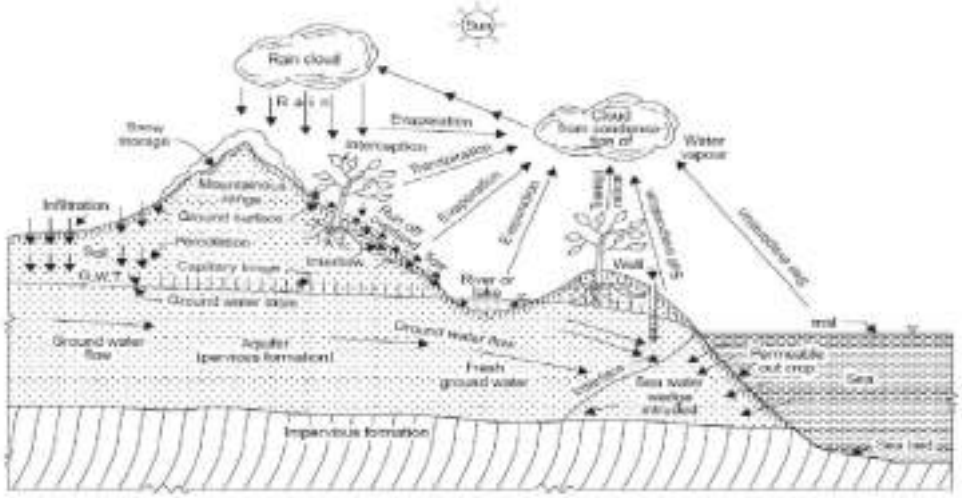
Staff Gauges

ألدورة الهيدرولوجية Hydrologic cycle :

إن كمية الماء ثابتة على سطح الأرض ، فمنذ ثلاثة آلاف مليون سنة وهذه الكمية لا تزيد ولا تنقص بفعل الدورة الطبيعية للماء .وتعرف بأنها العملية التي يتم بموجبها تبخير الماء بواسطة الطاقة المتولدة من الشمس من اليابسة والمحيطات إلى الغلاف الجوي وتكثف بخار الماء نتيجة التبريد بسبب صعوده أو تحركه فوق الأرض أو كليهما ومن ثم عودة الماء في صورة أمطار . وتعد المحيطات المصدر الرئيسي للرطوبة في الهواء . وقبل تناول الدورة الهيدرولوجية بتفاصيلها يجب التعرف على بعض المفاهيم المهمة والتي لها علاقة بالدورة الهيدرولوجية ومنها :

ألسقيط : وهو عبارة عن وصول عناصر التكاثف بجميع أشكاله الى الارض كالمطر والبرد والثلوج

السواقط المتأخرة Delayed precipitation : وهي تلك السواقط التي تكون بحالتها الصلبة كالثلوج والتي تبقى على سطح الأرض بدون حركة أو جريان لعدة أسابيع أو أشهر



الشكل (1) الدورة الهيدرولوجية

ألأمطار المحتجزة من قبل التاج Canopy interception : وهي تلك الأمطار ألتي تمسك من قبل الجزء العلوي من الأشجار والنباتات وتتعرض إلى التبخر دون أن تستفيد منها تلك الأشجار والنباتات

ألأمطار المحتجزة من فبل طبقة اللتر Litter interception : وهي تلك ألأمطار التي تمسك من فبل طبقة اللتر في أرض ألغابة وذلك بعد نفاذها من تيجان الأشجار والنباتات او جريانها على السيقان

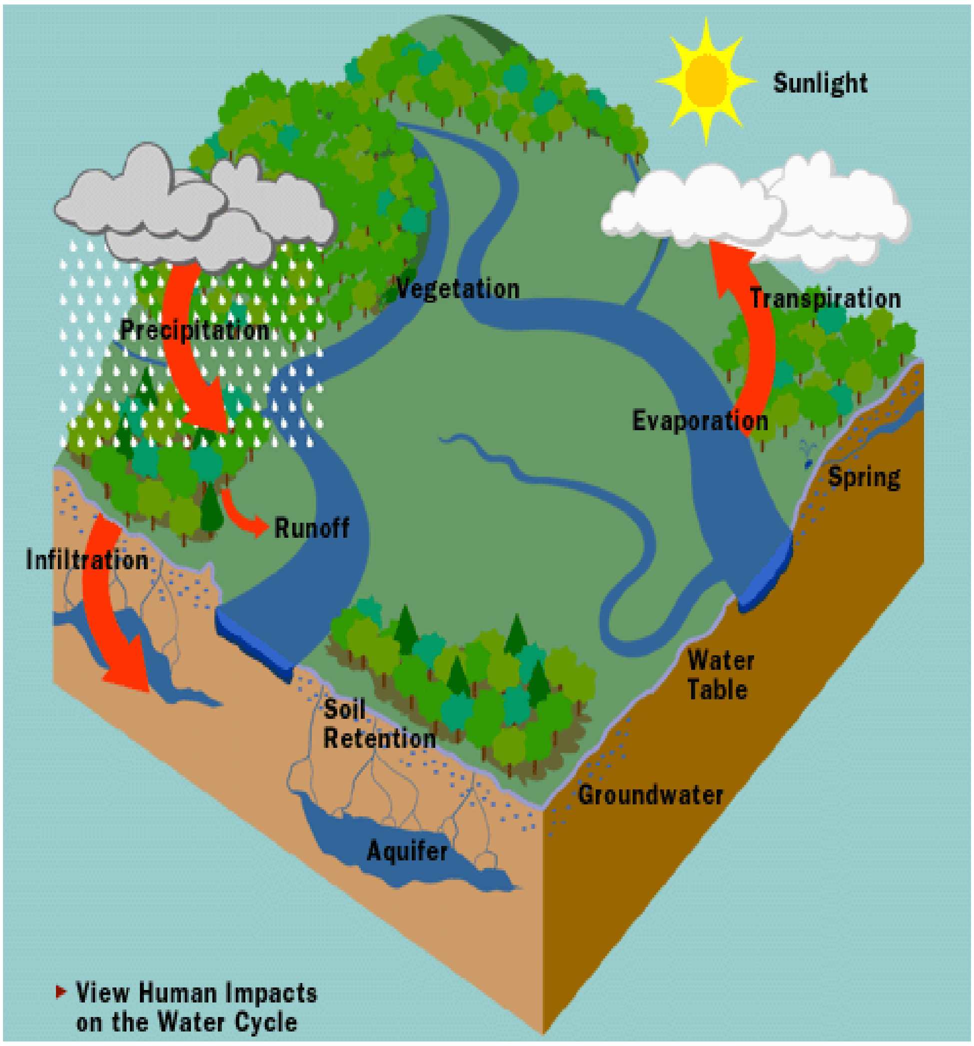
ألاحتجاز الكلي Total interception: وهو ذلك الجزء من السواقط التي لاتصل الى التربة المعدنية نتيجة لاحتجازها من قبل التيجان وطبقة اللتر

السواقط المؤثرة Effective precipitation : وهو ذلك ألجزء من السواقط التي تصل الى ألتربة المعدنية ، لذا فإنها تساوي الفرق بين ألسواقط الكلية (السواقط المقاسة فوق التيجان) والسواقط المحتجزة الكلية

الترشيح Infiltration : هو معدل دخول الماء من سطح التربة ، أما اذا استمرت حركة المياه الى أعماق التربة فان هذه العملية تسمى Percolation

مفهوم ألدوره الهيدرولوجية

وهي عملية صعود بخار الماء إلى الأعلى ثم تكاثفه وسقوطه إلى الأرض مرة ثانية بشكل دورة كاملة تسمى بالدورة المائية (ألشكل 1)، وان كمية الماء في جو الأرض تكون محدودة وتدور باستمرار من الهواء الى الأرض والبحار وتعود مرة أخرى إلى الهواء ويحصل التكاثف عند انخفاض درجة الحرارة عن درجة الندى Dew point التي عندها يتحول ضغط بخار الماء الفعلي إلى المشبع ، فعند سقوط الأمطار على منطقة ذات غطاء غابي فإن ألأمطار سوف تتجزأ الى عدة مكونات فالجزء الاول سوف يمسك من قبل تيجان الأشجار والنباتات الاخرى وتتعرض الى التبخر دون ان تستفيد منها الغطاء النباتي وهذا الجزء من الامطار هي الامطار المحتجزه Interception ، أما الجزء الاخر من ألأمطار فهو الأمطار النافذة من التاج (Throughfall) الذي يصل ارض الغابة إما من الفراغات الموجودة في التاج أو عن طريق التنقيط ، أما الجزء الثالث فهو يصل أرض الغابة بعد جريانها من على سيقان الأشجار وهو ما يسمى بجريان الساق (Stemflow) وبغد وصول مياه ألأمطار الى ألارض وفي حالة وجود طبقة اللتر Litter فانها تقوم باحتجاز جزء من تلك الأمطار أو جميعها معتمدة على عوامل عديدة منها الكثافة المطرية ومقدارها وسمك طبقة اللتر وغيرها من العوامل التى سوف يأتي ذكرها لاحقا وبعد وصول المياه الى الطبقة المعدنية فانها تبدا بالنفاذ من سطح التربة ، وبعد تشبع الطبقة السطحية من التربه فغن الاء يبدأ بالجريان فوق السطح ويستمر بجريانه في حالة استمرار هطول الأمطار الى ان يصل الى المجرى كما مبين في الشكل ، اما المياه التي سبقت وأن نفذت من سطح التربة فانها قد تستمر بالنزول نحو الطبقات السفلى وصولا الى الماء الأرضي والذي قد يساهم في تغذية مياه المجرى بعد توقف الهطول وهذا النوع من الجريان يسمى بالجريان القاعدي (base flow) ، وفي بعض الأحيان فان المياه النافذة قد لاتستمر بالحركة نحو الأسفل بسبب وجود طبقة غير نفاذة تحت السطح تمنع حركة المياه نحو الاسفل وتجبرها على الحركة الجانبية ويحل في هذه الحالة الجريان التحت سطحي Sub surface flow وقد تستمر الحركة الجانبية للمياه الى ان تظهر عند السطح كينابيع قد تصل مياهها الى المجرى ا والى الاجسام المائية الاخرى لتستمر عملية التبخر من هذه الاجسام المائية واستمرار دورة المياه في الطبيعة



ألشكل (2) ا لدورة الهيدرولوجية وبعض المفاهيم الموضحة لها

العوامل ألمؤثرة على الجريان :

تقسم العوامل المؤثرة على الجريان إلى قسمين رئيسيين هما :

أولا : عوامل الجغرافيا الطبيعية : وتشمل هذه العوامل

الخواص المتعلقة بحوض النهر : وتتضمن

شكل حوض النهر

حجم حوض النهر

طبيعة الوديان

الميل

الارتفاع عن مستوى سطح البحر

2- خصائص الترشيح : وتشمل

استعمالات الأرض وطبيعة الغطاء النباتي

نوع التربة والظروف الجيولوجية

البحيرات والمستنقعات ومواقع الخزن الأخرى

3- خواص القناة وتشمل

أ- مقطع القناة من حيث المساحة والشكل

ب – درجة خشونة القناة والسعة ألتخزينية لها

ثانيا : العوامل المناخية وتشمل :

أ- خصائص العاصفة المطرية من حيث الشدة المطرية واستدامتها

ب – الضائعات البدائية

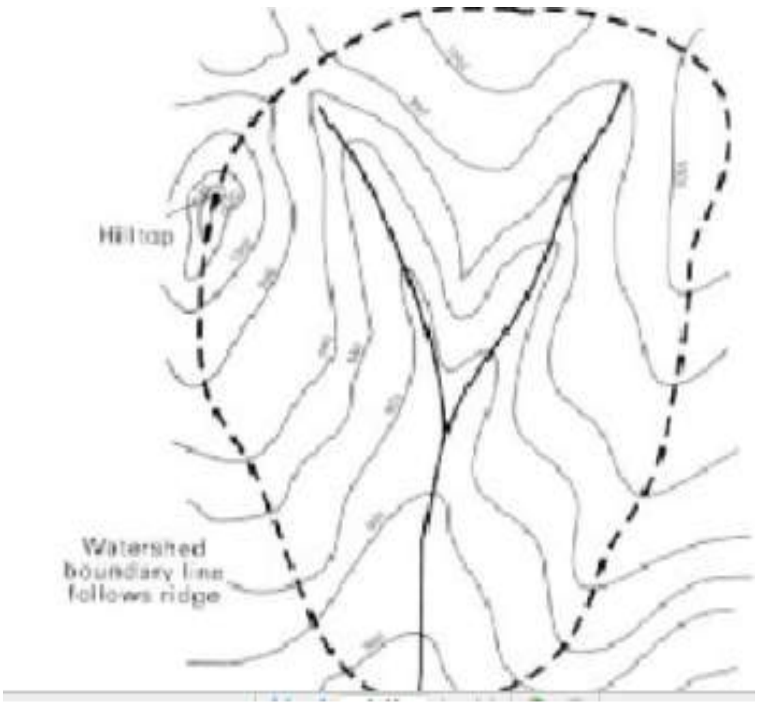
ج- التبخر الكلي

الخصائص المساحية والطبوغرافية لأحواض الأنهر

حوض النهر Watershed : هي تلك المساحة من الأرض التي تعمل على تصريف مياه ألهطول ألساقطة بجميع أشكاله وتعمل على تصريفها إما كمياه سطحية جارية كالأنهار والجداول أوفي باطن طبقات ألأرض ألمسامية كمياه جوفيه

مساحة حوض النهر: Drainage area (*A*)

تعرف بأنها المساحة الكلية المسقطة على مستوي أفقي بحيث أن الجريان السطحي على هذه المساحة يتجه كله باتجاه الجدول ذو الرتبة الأعلى والمسمى الحوض باسمه (Horton، 1945). ولمساحة حوض النهر تأثير على الجريان ، إذ يلاحظ أن أعلى قمة جريان Peak flow يقل بزيادة مساحة حوض النهر إذا كانت العوامل الأخرى المؤثرة على الجريان ثابتة ، كما أن مدة الجريان تزداد بزيادة مساحة حوض النهر لذلك يلاحظ أن حجم الفيضانات مقدرا بالأمتار المكعبة في الثانية للكيلومتر المربع الواحد يتناسب تناسبا عكسيا مع حجم الحوض ، وهذا السبب هو الذي يجعل احتمال حدوث الفيضانات في الأحواض الصغيرة أكثر مقارنة بالأحواض الكبيرة عند تشابه العوامل الأخرى المؤثرة على الجريان .



الشكل (3) تحديد حدود حوض النهر من الخرائط الطوبوغرافية

الميل Slope

إن ميل المجرى الرئيسي يعد احد الامور المهمة المؤثرة على سرعة الجريان للمياه في القناة ، وكلما كان الميل شديدا كلما زادت السرعة في نفاذ الخزين (Depletion of storage) ، وكنتيجة لذلك فان زمن قاعدة الهيدروكراف يكون قصيرا .

أما بالنسبة لميل حوض النهر فهو الآخر له تأثيرات كبيرة على مقدار المياه الممتصة والجارية ورطوبة التربة ، كما تؤثر وضع المنحدرات واتجاهها في مقدار الطاقة الإشعاعية المستلمة والتي بدورها تؤثر في مقدار التبخر نتح وعلى سرعة ذوبان الثلوج وتراكمها ، وبدورها تؤثر في سرعة حدوث الفيضانات أو تأخيرها . ومن الممكن حساب معدل الانحار لحوض النهر من خلال حساب أطوال الخطوط الكنتورية باستخدام جهاز ألـ (Opisometer)، وقد ذكر Chow بأن معدل انحدار حوض النهر يمكن حسابه من خلال العلاقة التالية :

$$S = (MN / A) \times 100$$

حيث ان M = الطول الكلي للخطوط الكنتورية

N = الفترة الكنتورية (الفرق بين خط كنتوري وآخر)

A = مساحة الحوض بالقدم المربع

أبعاد الحوض:

طول الحوض: (L)Basin Length

يعد طول الحوض من المتغيرات المورفومترية المهمة التي ترتبط بالعديد من الخصائص الأخرى الخاصة بحوض التصريف٠ ويتم حساب طول الحوض الرئيسي وللأحواض الثانوية بالاعتماد على طريقةPotter، (1961) والذي اعتبر الخط الذي ينصف مساحة حوض النهر إلى قسمين متماثلين ممثلا لطول الحوض, مع تعديل بسيط بحيث يكون خط الطول موازي لمجرى النهر حسب Maxwell، (1960) ، أو يقاس من المصب الى ابعد نطة للحوض على شكل خط مستقيم وهو ما يسمى بالطول المحوري

عرض حوض التصريف Basin Width

يؤثر هذا المقياس على كمية استلام السواقط والجريان والتسرب وكذلك التبخر والنتح وكلما زاد عرض الحوض زاد ما يتلقاه من السواقط وبتالي زيادة الجريان السطحي ، وتوجد عدة طرق لحساب عرض الحوض منها النسبة بين مساحة حوض النهر وطول الحوض بالاعتماد على العلاقة التالية:

$$\text{عرض الحوض} = \frac{\text{مساحة الحوض}}{\text{طول الحوض}}$$

وكذلك الطريقة التي تعتمد على معدل طول مجموعة الخطوط المتعامدة على الخط المستقيم الذي يمثل طول الحوض

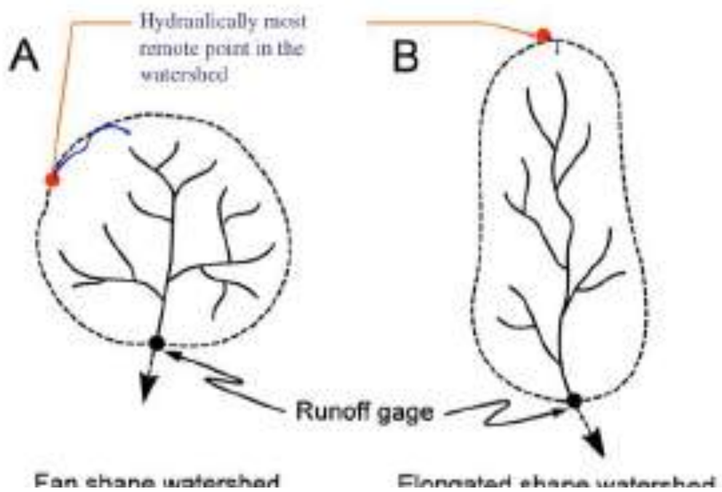
محيط الحوض: Basin Perimeter (*P*)

محيط الحوض هو الخط الذي يحدد حدود حوض النهر والذي تفصله عن الأحواض الأخرى ,وبتحديد محيط الحوض يتحدد شكله ومساحته إضافة إلى أن محيط الحوض هو متغير مستقل وأساسي في استخلاص الكثير من الخصائص المورفومترية

الخصائص الشكلية للأحواض

يعد شكل حوض النهر من الخصائص المورفومترية المهمة في دراسة أحواض الانهر لما لها من دلالات تتعلق بالعمليات الجيومورفولوجية السائدة. ولها أهمية كبيرة في الدراسات الهايدرولوجية في تحديد كمية التغذية المائية التي تجهز مجاري الشبكة المائية بالماء. وان شكل الحوض يمثل انعكاسا لمؤثرات الظروف الطبيعية المتحكمة في تشكيل الحوض النهري وظهوره بأنماط تصريفية متغايرة بعضها عن البعض، وذلك لاختلاف الوحدات الجيومورفية واتجاهات الأودية ، إن أشكال أحواض الأنهر تعتمد على التداخل ما بين المناخ وطبيعة الصخور والتركيب الجيولوجي ، كما أن شكل حوض النهر يؤثر ويحدد طبيعة جريان النهر والفترة الزمنية التي تستغرق المياه أثناء حركتها من ابعد نقطة لحوض النهر وصولا إلى المصب ، فقد يكون لحوض النهر شكل دائري Circularأو شبه دائري Semi circular ، وهذه ألأحواض تكون أكثر عرضة للفيضانات بسبب المسافات المتساوية نسبيا والتي تقطعها المياه السطحية الجارية وصولا إلى المجرى ، لذا فإن الشكل البياني المائي (Hydrograph) لهذه الأحواض يكون ضيقا وعاليا كما في الشكل (4). أما أحواض الأنهر الطويلة والتي لها

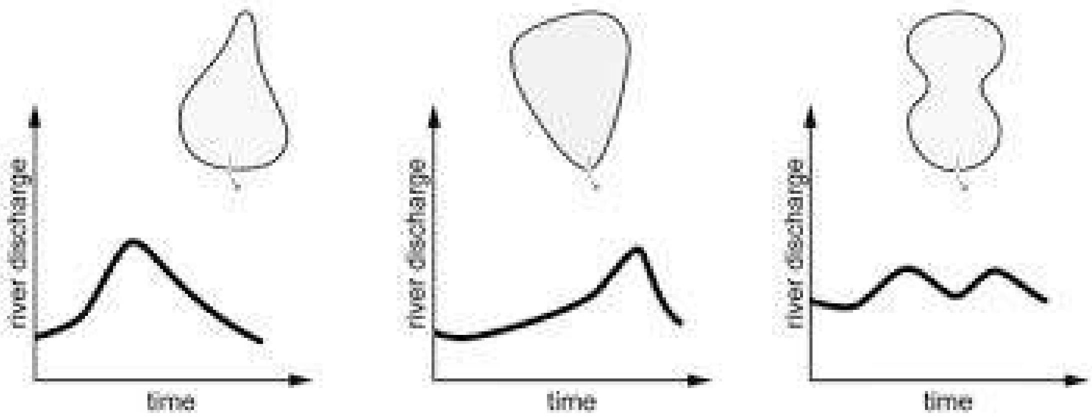
شكل قريب من الشكل المستطيل (Rectangular) فهي أقل عرضة للفيضانات مقارنة بالشكل الدائري عند تشابه العوامل الأخرى ألمؤثرة على الجريان ، ويكون شكل الهيدروكراف أقل ارتفاعا واعرض قاعدة مقارنة مع الأحواض الدائرية أو شبه الدائرية ، لذا يكون معدل جريان المياه في ألأحواض الطويلة الضيقة أقل مقارنة مع الأحواض ألدائرية عند تساوي المساحة وتشابه العوامل الأخرى ألمؤثرة على الجريان ، ويعود سبب ذلك إلى عاملين رئيسيين الأول هو إن المياه الجارية لاتصل نقطة التركيز (Concentration point) في وقت واحد ، أما العامل الثاني هو أنه نادرا ما تسقط أمطار بشدة مطرية متماثلة على ألأحواض المتطاولة مقارنة مع الدائرية. وقد يكون شكل حوض النهر يشبه شكل المروحة Fan shaped catchment) ، ومن المتوقع الحصول على مقدار عال من الجريان في هذه الأحواض (الشكل) ، ويعود سبب ذلك لكون إن ألأفرع النهرية في هذه الأحواض عادة تكون بنفس الطول تقريبا ، لذا فإن أعلى قمة تصريف Peak flow لروافد النهر يمكن أن يصل إلى النهر الرئيسي في وقت واحد تقريبا .



ألشكل (4) أحواض ألأنهر ذات الشكل المتطاول (اليمين) والمروحي الشكل (اليسار)

أما أحواض ألأنهر التي التي لها شكل ورقة الخنشاريات Fern shaped catchment ( ) فهي عادة تتعرض إلى الفيضانات بنسبة أقل ، لأن المياه التي تصل من الروافد إلى المجرى الرئيسي تصل في أوقات متفاوتة

وقد يكون لحوض النهر شكل بياني مائي معقد ، ويعود ذلك إلى شكل حوض النهر كما مبين في الشكل (أ) إذ يظهر في الشكل قمتين للتصريف . وقد يكون للشكل البياني المائي لحوض النهر إنحراف نحو اليمين (الشكل) أو نحو اليسار (ألشكل)



ألشكل (5) الشكل البياني المعقد الموجود على اليمين والالتواء نحو اليمين أو الى اليسار (ألشكلين الثاني والثالث

مقاييس شكل الحوض :

عامل الهيئة: From factor(R_f)

يصف هذا المعامل مدى انتظام عرض الحوض المائي على طول امتداده من منطقة المنبع وحتى المصب (سلامة، 2004), يتم الحصول على قيمة هذا المعامل من خلال العلاقة التالية: (Horton، 1932)

$$R_f = \frac{A}{L^2}$$

حيث ان:

R_f = عامل الهيئة

A= مساحه الحوض (كم^2)

L = طول الحوض (كم)

عامل الشكل: Shape Factor ratio(R_s)

هو مقلوب عامل الهيئة وإن عامل الشكل عادة يكون أكثر من الواحد أي يمثل النسبة ما بين مربع الطول المحوري للحوض إلى مساحة حوض النهر، ويتم حسابه وفق العلاقة التالية: (جبّوري، 1988).

$$R_s = \frac{L^2}{A}$$

حيث ان:

R_s = عامل الشكل

A= مساحه الحوض(كم^2)

L = طول الحوض (كم)

يعطي هذا العامل دلالة واضحة عن خصائص التصريف النهري، وقد استخدمت هذه العلاقة في تطبيقات وحدة الهيدروكراف(Hydrograph Unit). (Chow، 1957).

نسبة الاستطالة Elongation Ratio (Re)

نسبة الاستطالة هي النسبة بين قطر الدائرة التي لها نفس مساحة حوض النهر وأكبر طول لحوض النهر وقيمتها أقل أو تساوي واحد

. تميل الأحواض النهرية إلى اتخاذ الشكل المستطيل عندما يخترق تكوينات جيولوجية متنوعة و غير متجانسة أو مناطق تأثرت بعمليات التصدع و الالتواء (Smith،1950) وفي حالة انخفاض معدل الاستطالة تميل مجاري الرتب الدنيا إلى زيادة أطوالها وتقليل عددها, في حين تقل أطوال الرتب الدنيا وتزيد من أعدادها ومن طول المجرى الرئيسي مع ارتفاع معدل الاستطالة (سلامة، 1982).

ويتم الحصول على نسبة الاستطالة من المعادلة الآتية: (Schumn، 1956)

$$R_e = \frac{2 * \sqrt{\mathrm{A}/\pi}}{\mathrm{L}}$$

او من خلال المعادلة التالية (الجبوري، 1988)

$$R_e = \frac{1.128 * \sqrt{\mathrm{A}}}{\mathrm{L}}$$

حيث ان:

R_e = نسبة الاستطالة

A= مساحه ألحوض(كم^2)

L = طول الحوض(كم)

π = 3,14 تقريبا

نسبة الاستدارة Circularity Ratio (R_c)

أول من عرف نسبة الاستدارة هو ميلر وذكر بأنها النسبة بين مساحة حوض النهر الى مساحة الدائرة التي لها نفس محيط حوض النهر ولاحظ بأن نسبة الاستدارة السائدة تتراوح بين 0.6 و 0.7 ودلك لأحواض الأنهر ذات الرتب الأولى والثانية والتي تتكون من حجارة رخوة متجانسة

وهي أيضاً من المقاييس التي يعتمد عليها في دراسة شكل الحوض (Basin Shape) والذي يوضح مدى اقتراب أو ابتعاد الحوض عن الشكل الدائري، فالقيم المرتفعة التي تقترب

من الرقم الواحد الصحيح تعني قرب الحوض من الشكل الدائري لان الرقم واحد يمثل الاستدارة الكاملة ويشير ذلك إلى تقدم الأحواض في دورتها للتعرية، وزيادة فعالية الأنهار في تعميق مجاريها على حساب توسيعها , أما القيم المنخفضة التي تبتعد عن الرقم واحد فتعني ابتعاد الحوض عن الشكل الدائري ,وكذلك تعني قيم نسبة تماسك المساحة المنخفضة الى عدم انتظام شكل الحوض وعدم انتظام خطوط تقسيم المياه المحيطة بحوض التصريف وتعرجها بما يؤثر في أطوال الأودية لاسيما روافد الرتب الدنيا التي تقع بالقرب من مناطق خط تقسيم المياه وميلان الحوض الى الاستطالة وقد يؤدي ذلك الى الآسر النهري(River capture).ويتم الحصول على قيم نسبة الاستدارة أيضا من المعادلة التالية (Miller، 1953)

$$R_c = \frac{12.57 * A}{P^2}$$

حيث ان:

R_c = نسبة الاستدارة
A= مساحه الحوض (كم^2)
P = محيط الحوض (كم)

معامل التراص (نسبة تماسك المحيط): (R_p) Compactness Factor

هو النسبة بين محيط حوض النهر الى محيط الدائرة التي لها نفس مساحة حوض النهر وقيم المعامل تساوي واحد أو أكبر من واحد، ويشير هذا المعامل إلى مدى تجانس وتناسق شكل محيط حوض النهر مع مساحتها ومدى تعرج خطوط تقسيم المياه, ويدل أيضا على مدى تقدم أحواض التصريف في دوراتها التحاتية, وتدل القيم المرتفعة لهذا المعامل على ان الاحواض تتميز بكبر محيطها على حساب مساحتها الكلية. أي تزيد تعرجات المحيط وتقل درجة انتظام شكل الحوض, في حين تشير القيم المنخفضة لهذا المعامل الى تقدم الحوض في دورة التعرية النهرية(جوده، 1991).

ويحسب هذا المعامل كما في المعادلة الاتية:- Gardiner (1975) ،

$$R_p = \frac{P^2}{4 * \pi * A}$$

حيث ان:
R_p = معامل التراص
A= مساحه الحوض(كم^2)
P = محيط الحوض(كم)
π = 3,14 تقريبا

نسبة الطول للعرض Length/Width Ratio:

هي النسبة بين طول الحوض إلى عرضه وتعد من المقاييس البسيطة لقياس استطالة أحواض الأنهر حيث تميل الأحواض إلى الاستطالة بزيادة قيمة هذه النسبة،

نسبة الانبعاج(R_l) Lemniscate Ratio:

يعالج هذا المعامل بعض السلبيات التي تظهر في معدل الاستدارة، وذلك لعدم امكانية وجود احواض تتخذ الشكل الدائري تماماً، او تكون تامة الاستدارة ولكن معظم الاحواض تأخذ عادة القطع الناقص أو الشكل الكمثري أو الاهليجي، وتم حسابه باستخدام المعادلة الاتية: (Chorley، 1957)

$$R_l = \frac{L^2}{4 * A}$$

حيث ان:

R_l= معامل الانبعاج
A= مساحه الحوض(كم^2)
L = طول الحوض(كم)

الخصائص التضاريسية:

للخصائص التضاريسية أهمية كبيرة في الدراسات المورفومترية لأحواض الانهر لانها تبين دور و فعالية عمليات التعرية المائية والهوائية وعمليات التجوية ودورها في تشكيل سطح الأرض, كما تعد انعكاسا للطبيعة الصخرية وخصائصها البنيوية, ومعرفة تطور الحوض ودورته الحتية, واعطاء فكرة عن ملامح الاحواض النهرية ومدى التشابه ولاختلاف بينهم. ومن أهم المقاييس التي وضعت لمعرفة هذه الخصائص والتي تمت دراستها هي:-

تضاريس الحوض Basin Relief (H_r):

هو الفرق بين اعلى منسوب واقل منسوب في الحوض عن مستوى سطح البحر ويعطي فكرة على وجود الارتفاعات والانخفاضات في حوض النهر وكذلك الميل وتم حسابه وفق المعادلة التالية (Schumm، 1963).

$$H_r = H - h$$

حيث ان :

H_r = تضاريس الحوض

H = أعلى منسوب في الحوض(م)

h = أدنى منسوب في الحوض(م)

نسبة التضرس Relief Ratio (R_h) :

تعد نسبة التضرس مقياسا لمعرفة الطبيعة الطبوغرافية لأحواض الانهر وتأتي اهميتها لما لها علاقة بالعمليات الجيومورفولوجية السائدة في هذه الأحواض،وتعد مؤشرا جيدا في تخمين الرواسب المنقولة نوعا وكما, إذ تزداد نسبتها مع زيادة نسبة ألتضرس, وقد يمتد

لمسافات بعيدة عن الحوض, ويسهم ذلك في تكوين أشكال جيومورفولوجية مختلفة منها المراوح والمخاريط الغرينية والأراضي الرديئة ,وتنخفض نسبة التضرس في الأحواض ذات المساحة الكبيرة والعكس، وتدل القيمة المرتفعة لنسبة التضرس على شدة النحت والجريان في الحوض ويتم حساب هذه النسبة عن طريق العلاقة الرياضية التالية : (Gregory و Walling 1976):

$$R_h = \frac{H_r}{L}$$

حيث ان :

R_h = نسبة التضرس

H_r = تضاريس الحوض (الفرق بين أعلى وأدنى منسوب في الحوض (م)

L = طول الحوض(كم)

التضاريس النسبية: Relative Relief (R_{hp})

تمثل العلاقة بين قيمة التضرس النسبي ومقدار محيط الحوض. وتوجد علاقة ارتباط سالبة بين التضاريس النسبية ودرجة مقاومة الصخور لعمليات التعرية عند تشابه الأحوال المناخية (محسوب،1997)،وتساعد هذه النسبة على إدراك قيمة التضرس النسبي للحوض بغض النظر عن نسيجه الطبوغرافيوتستخرج قيمة التضاريس النسبية وفق المعادلة الآتية:(Melton، 1957):

$$R_{hp} = \frac{H_r * 100}{P}$$

حيث ان :

R_{hp} = التضاريس النسبية

H_r = تضاريس الحوض (م)

P = محيط الحوض

رقم الوعورة:Ruggedness Number (RN)

تقيس قيمة الوعورة العلاقة بين ألتضرس وكثافة التصريف وتوضح تقطع الحوض بفعل الأودية (أبوريه، 2007). وقد أوضح Strahler(1956)عند دراسته لقيم درجات الوعورة لمجموعة من أحواض الولايات المتحدة الأمريكية أنها تتفاوت مابين ٠,٠٦ للأحواض قليلة ألتضرس وأكثر من الواحد الصحيح للأحواض شديدة ألتضرس (الحربي، 2007) وتقاس على وفق الطريقة الآتية: (Strahler،1956)

$$RN = D_d * \left[\frac{H}{1000}\right]$$

حيث ان :

RN = قيمة الوعورة

H = تضاريس الحوض (الفرق بين أعلى وأدنى منسوب في الحوض/م)

D_d = كثافة التصريف (كلم/كلم^2)

المعامل الهيبسومتري:(H_f) Hypsometric Factor

هو إحدى الوسائل الكمية التي تصف مورفولوجية الحوض، إذ يمكن من خلال المعامل الهيبسومتري التعرف على المرحلة التي قطعها الحوض من الدورة التحاتية أو أي جزء من أجزاء الحوض. ومن خلال قيمة هذا المعامل يمكن معرفة شكل الحوض حيث يدل انخفاض قيمته على انخفاض نسبة ألتضرس وكبر المساحة الحوضية ،اذ تتناقص قيمتها لمعامل الهيبسومتري مع استمرار الدورة النحتية، وتشير الأجزاء المرتفعة الشديدة الانحدار بأنها مازالت في مرحلة الشباب, في حين تشير الأجزاء المنبسطة القليلة الانحدار بأنها قد وصلت الى مرحلة متقدمة من الدورة التحاتية (مكولا، 1986). ويرسم المعامل الهيبسومتري على وفق العلاقة الآتية (الوائلي، 1997):-

$$H_f = \frac{A_r}{H_r}$$

$$A_r = \frac{a}{A}$$

$$H_r = \frac{h}{H}$$

حيث ان :

H_f = المعامل الهبسومتري

A_r = المساحة النسبية (نسبة المساحة فوق أي خط كنتوري إلى المساحة الكلية للحوض)

H_r = الارتفاع النسبي (نسبة ارتفاع خط كنتور معين فوق مستوى القاعدة للحوض إلى أقصى ارتفاع في الحوض)

التكامل الهبسومتري: (H_I) Hypsometric Integral

يعد التكامل الهبسومتري من أفضل الطرق الكمية لتوضيح الاختلافات في مراحل التطور الجيومورفولوجي والبناء الجيولوجي للأحواض المائية ويستعمل التكامل الهبسومتري في تحديد المدة الزمنية التي قطعتها الأحواض النهرية من دورتها للتعرية ،

وتشير القيم المرتفعة إلى زيادة المساحة على حساب التضاريس ، وكذلك يعني ارتفاع المساحة الحوضية مقابل انخفاض في تضاريس الحوض إلى زيادة أعداد وأطوال الشبكة النهرية لاسيما في الرتب الدنيا مؤدية إلى زيادة الكثافة التصريفية، وزيادة نشاط التعرية المائية التي عملت على خفض وتسوية أجزاء الحوض. يمكن الحصول على هذا المعامل من خلال العلاقة التالية: (Wilson، 1971):

$$H_I = (H_{mean} - H_{min})/(H_{max} - H_{min})$$

حيث ان :

H_I = التكامل الهبسومتري

H_{max} = أعلى منسوب في الحوض(م)

H_{min} = اقل منسوب في الحوض(م)

H_{mean} = متوسط المنسوب في الحوض(م)

معدل النسيج الطبوغرافي : (T_t) Texture topography

يعد هذا المعامل مؤشرا لبيان طبيعة تضرس سطح الأرض ومدى تقطعها وكثافة التصريف فيها, إذ ان الأودية التي تتقارب مع بعضها وتزداد أعدادها تدل على شدة تقطع الحوض وارتفاع معدلات الحت فيها،ويستخرج معدل النسيج الطبوغرافي على وفق المعادلة التي أوردها (Horton ، 1945) وكما مبينة في ادناه:-

$$T_t = \frac{D_u}{P}$$

حيث ان :

T_t = النسيج الطبوغرافي

D_u= عدد المجارى النهرية

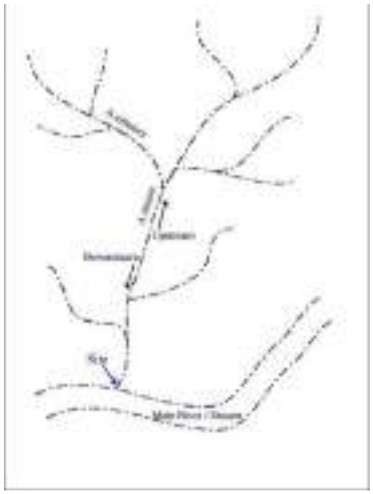
P = محيط الحوض (كم)

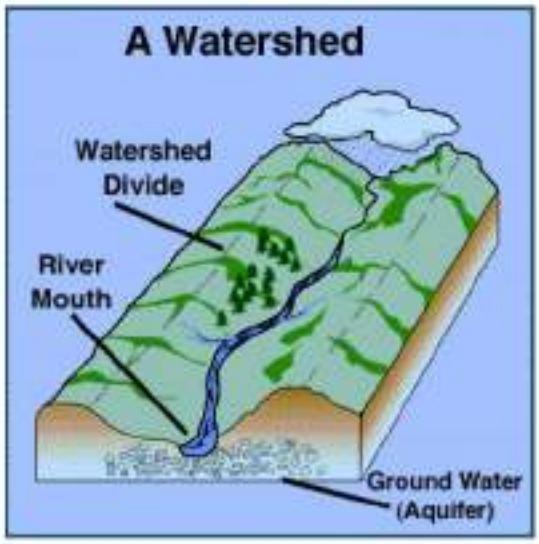
وتقسم الأحواض اعتمادا على معدل النسيج الطبوغرافي إلى ثلاث درجات حسب ما ذكره محسوب،(1986) وهي الخشن والمتوسط والناعم والذي يبلغ معدل النسيج الطبوغرافي لها (اقل من 4) و (4 - 10) و (اكثر من 10) على التوالي.

علم المياه وإدارة أحواض الأنهر ـــــــ

خصائص شبكة التصريف

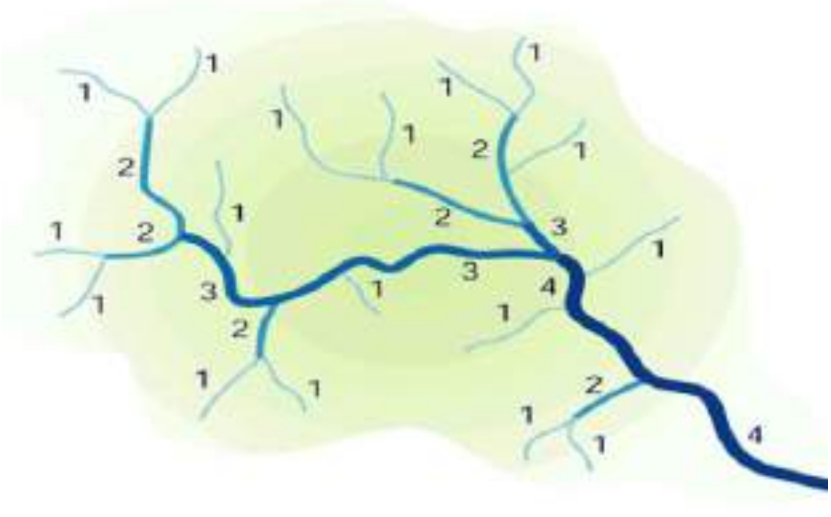
يمثل الشكل العام للأنهار داخل الحوض المحصلة النهائية التي تنتج من ارتباط نوع الصخور وإشكالها التركيبية من جانب، والظروف المناخية السائدة من جانب أخر، كما تعكس العلاقة بين خصائص الصخور من حيث درجة النفاذية والصلابة والانحدار العام لسطح الأرض وبين عوامل التعرية ومرحلة الجيومورفولوجية من ناحية أخرى . وينتج عن كل تلك الخصائص في تكوين المظهر العام لشكل شبكة التصريف النهري وتحديد نشاط أوديته



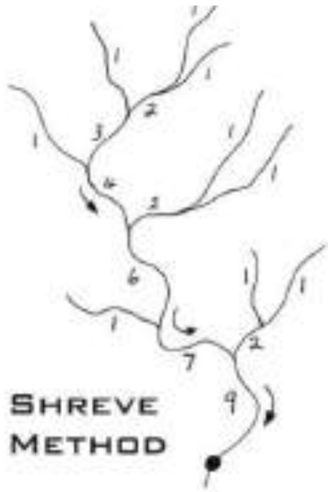


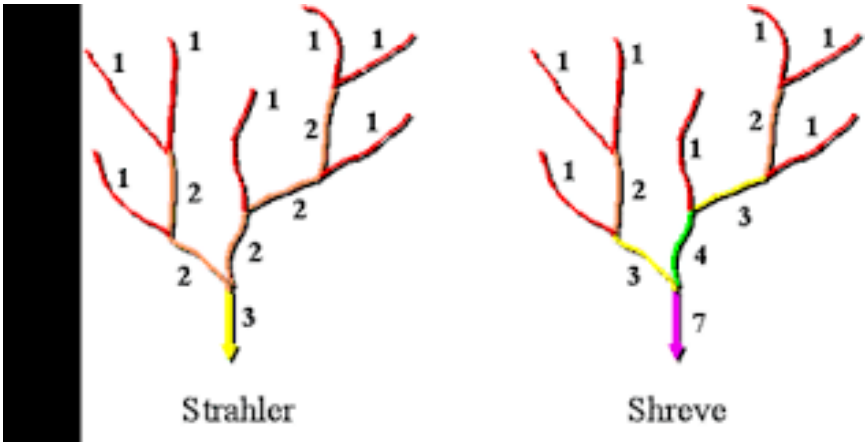
المراتب النهرية: (N_u) Stream Orders

تعطي دراسة وتحليل المجاري النهرية فكرة واضحة عن نظام شبكات التصريف وتكتسب عملية ترتيب المجاري أهمية كبيرة لأنها ترتبط ارتباطا وثيقا بحجم شبكة التصريف, كما يرتبط بزيادة الرتب كمية الجريان المائي يتم اختيار طريقة Strahler، (1964) في تحديد المراتب النهرية اذ تتميز بالسهولة والبساطة والشيوع في الاستخدام من قبل الباحثين، وتتلخص هذه الطريقة بإطلاق اسم مجاري الرتبة الأولى على المجاري التي لا يتصل بها أي مجرى سابق، وعندما يتصل مجريان من الرتبة الأولى يتكون مجرى الرتبة الثانية، وعند اتصال مجريين من الرتبة الثانية يتكون مجرى الرتبة الثالثة وهكذا، وإذا اتصل مجريان من رتبتين مختلفتين فان المجرى الجديد يحمل مستوى الرتبة الأعلى بينهما، أي انه لا تتكون رتبة جديدة إلا عندما يتصل مجريان من نفس الرتبة.

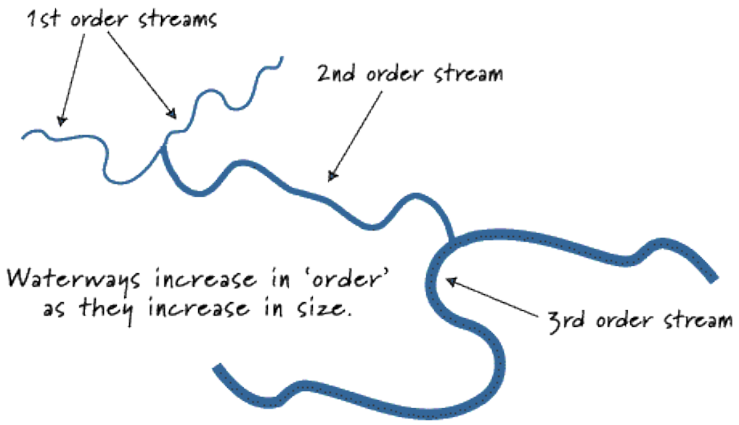


Strahler 1957





مقارنة بين طريقتي Shreveو Strahler في تحديد الرتب الجدولية



نسبة التشعب: (R_b) Bifurcation Ratio

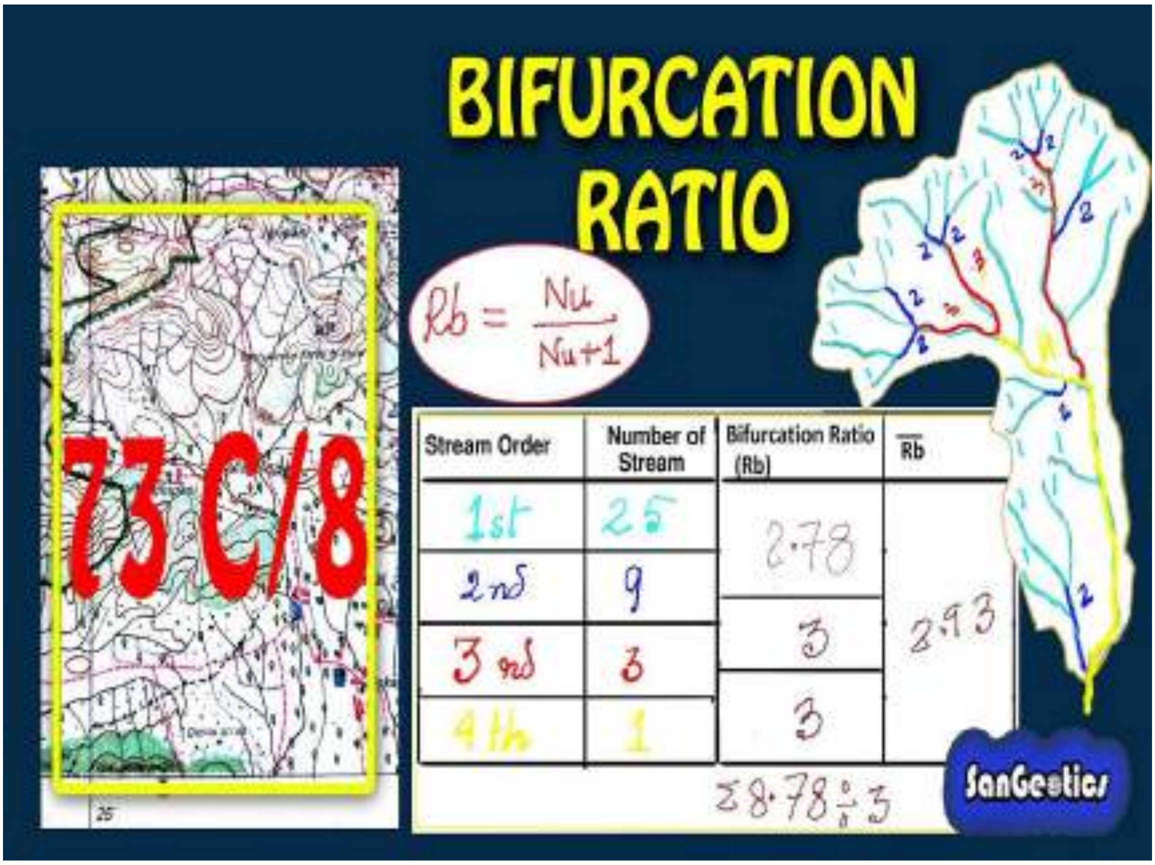
تعرف نسبة التشعب بأنها النسبة بين عدد المجاري لأي رتبة إلى عدد جداول الرتبة التي تليها(Schumn، 1956) ، وغالبا ما تتراوح تلك النسبة بين(3-5) في الأحواض العادية وهي انعكاس طبيعي للظروف المناخية والتضاريسية والجيولوجية لمنطقة الدراسةHorton ، (1945).وتعد هذه النسبة ذات أهمية كبيرة في إعطاء مؤشر مورفومتري للدلالة على تشابه الخصائص الطبيعية لحوض الصرف المائي،فالاختلافات في نسب التشعب تعطي انعكاساً لاختلاف عدد المجاري لكل مرتبة بحسب الظروف الجيولوجية والمناخية. وهي إحدى المقاييس المهمة في الدراسة الجيومورفولوجية والهيدرولوجية كونها احدى العوامل التي تتحكم في معدل التصريف, وتعد نسبة التشعب احد المؤشرات التي توضح تماثل الحوض من حيث الصفات الجيولوجية والظروف المناخية أو انعدام مثل هذا التماثل إذ ان اقتراب قيم نسب التشعب بين مجاري مراتب النهر من (3-5) دليل على تشابه الحوض جيولوجيا ومناخيا, وان ارتفاع أو انخفاض هذه النسب عن الحدود المذكورة آنفا دليل على عدم تماثل الحوض جيولوجيا ومناخيا. وتستخدم المعادلة التالية للحصول على نسب التشعب(Schumn، 1956):-

$$R_b = \frac{N_u}{N_{u+1}}$$

حيث ان :

R_b = نسبة التشعب

N_u= الرتبة النهرية



قانون عدد المجاري لهورتن:

$$Nu=Rb^{k-u}$$

k = الترتيب ألجدولي الرئيسي للحوض

Nu=أعداد الجداول للرتبة u

Rb= نسبة التشعب للحوض

u= الرتبة الجدولية

وقد لاحظ هورتن أن إجمالي عدد المجاري النهرية التابعة لحوض نهر معين يمكن إيجاده وفق المعادلة التالية :

$$\sum Nu = Rb^{k}-1 / Rb-1$$

لنفترض أن لدينا حوض نهر له نسبة تشعب تساوي 3 و يحوي على الرتب الجدولية من الرتبة الأولى إلى الخامسة والمراد حساب عدد الجداول الكلية لهدا الحوض وعدد الجداول لكل رتبة باستخدام معادلتي هورتن والتي وردت أعلاه

أولا : حساب الأعداد الكلية للجداول :

$$\sum Nu = Rb^{k}-1 / Rb-1$$

$$\sum Nu = 3^{5}-1 / 3-1$$

$$\sum Nu = 121 \text{ Stream}$$

أما لحساب عدد الجداول لكل رتبة فستخدم العلاقة التالية

$$Nu_1 = Rb^{k-u}$$

$$Nu = 3^{5-1} = 81$$

$$Nu = 3^{5-2} = 27$$

$$Nu = 3^{5-3} = 9$$

$$Nu = 3^{5-4} = 3$$

$$Nu=3^{5-5} = 1$$

النتائج أعلاه يمكن إدراجها في الجدول التالي

نسبة التشعب Rb	عدد المجرى Nu	رتبة المجرى U
3	81	1
3	27	2
3	9	3
3	3	4
3	1	5
Rb=3	Nu= 121	k = 5

كثافة التصريف: Drainage density (D_d)

يقصد بها درجة انتشار وتفرع الشبكة النهرية ضمن مساحة محددة (كورجي، 1979).
او هي عبارة عن النسبة ما بين مجموعة أطوال المجاري المائية في حوض النهر الى مساحتها (Horton، 1945). وتستخرج كثافة التصريف من علاقة Horton، (1932) الاتية :-

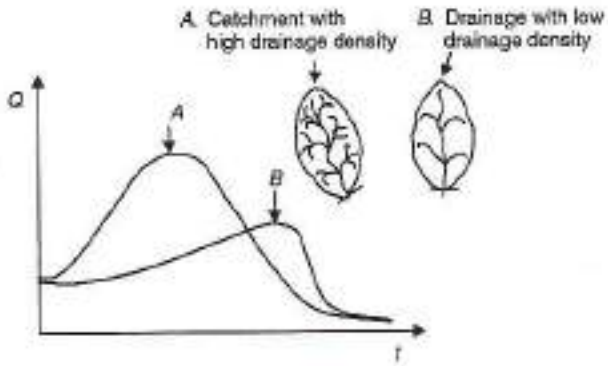
$$D_d = \frac{L_u}{A}$$

حيث ان :

D_d = كثافة التصريف

L_u= مجموع أطوال المجاري النهرية ولجميع الرتب (كم)

A= مساحة الحوض(كم^2)



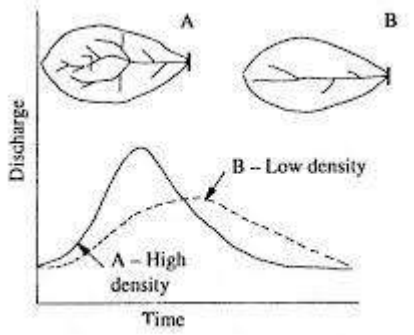


Fig. 6.3 Role of drainage density on the hydrograph

ثابت صيانة القناة:(C) Constant of Channel Maintenance

هو النسبة بين الوحدة المساحية اللازمة لتغذية الوحدة الطولية الواحدة من مجاري شبكة التصريف بالمياه أي هو مقلوب كثافة التصريف. ويستخرج وفق العلاقة الآتية (Schumm ، 1956):-

$$C = \frac{A}{L_u} = \frac{1}{D_d}$$

حيث ان :

C = ثابت صيانة القناة

D_d = كثافة التصريف (كم/كم^2)

L_u= مجموع أطوال المجاري النهرية (كم)

A= مساحة الحوض(كم^2)

تكرار المجرى: (F_s) Stream Frequency

يعبر عن النسبة بين مجموع أعداد المجاري النهرية ولجميع الرتب ومساحة الحوض ويعد من المقاييس المهمة التي توضح مقدار تكرار المجاري النهرية في حوض النهر. وتسمى كثافة التصريف العددية أيضا .وهي تدل بذلك على درجة تخدد الحوض بواسطة التعرية المائية. وعليه فان زيادة عدد المجاري بواسطة عملية التخدد عن طريق التعرية المائية يؤدي بالضرورة إلى زيادة أطوالها ومن ثم إلى ارتفاع كثافة التصريف. وتستخرج من العلاقة الآتية (Horton،1945):-

$$F_s = \frac{N_u}{A}$$

حيث ان :

F_s = تكرار المجاري (مجرى/ كم^2)

L_u= مجموع أعداد المجاري النهرية (كم)

A= مساحة الحوض (كم^2)

معامل الانعطاف: Sinuosity factor(S_f)

لمعامل الانعطاف أهمية كبيرة في الدراسات الجيومورفولوجية للأنهار والأودية على حد سواء وهو مؤشر لمعرفة المرحلة الجيومورفولوجية, فضلا عن معرفة مدى قدرة النهر على الإزاحة والحت الجانبي ومدى تأثيره في استعمالات الأرض المختلفة،فضلا عن تأثير ذلك على سرعة الجريان وانسيابية المجرى مما له تأثيرات على المجاري النهرية, كذلك تؤثر درجة الانعطاف في ازدياد كميات التبخر والتسرب المائي من النهر بازدياد شدة الانعطاف

ان معامل الانعطاف هو تعبير عن نسبة الطول الحقيقي للمجرى المائي الى الطول المثالي للمجرى ذاته، يعني الطول الحقيقي (طول المجرى من المنبع إلى المصب بما يتضمنه من التواءات وانحناءات)اما الطول المثالي (طول الخط المستقيم او المسافة المستقيمة الممتدة من المنبع حتى المصب دون تعرجات او انحناءات وان ارتفاع قيمة معامل لانعطاف يدل على زيادة تعرج المجرى ويحسب معامل الانعطاف وفق المعادلة الآتية (Schumm، 1963) :

$$S_f = \frac{L_r}{L_p}$$

حيث ان :

S_f = معامل الانعطاف

L_r= الطول ألحقيقي للمجري

L_p= الطول المثالي للمجرى

درجة الترشيح: Infiltration Number (I_f)

ويعبر عن مقدار ترشيح مياه وكمية الجريان السطحي لمياه الامطار حيث يكون علاقة درجة الترشيح عكسية مع سعة الترشيح (capacity infiltration) وطردية بالجريان السطحي حيث كلما زادت درجة الترشيح قلت قابلية الترشيح وزاد الجريان السطحي, ويمكن الحصول على هذه القيمة من خلال حاصل ضرب تكرار التصريف مع كثافة التصريف (Faniran، 1968)

$$I_f = D_d * F_s$$

حيث ان :

I_f = درجة الترشيح

F_s = تكرار المجاري (مجرى/ كم^2)

D_d= كثافة التصريف (كم/كم^2)

التصريف المائي : Discharge

متوسط التصريف السنوي والمعامل الهيدروليسي (CHY)

$$CHY = \frac{Q_{ian}}{\bar{Q}_{an}}$$

حيث ان:

CHY = المعامل المائي السنوي (المعامل الهيدروليسي)

Q_{ian}= معدل التصريف لسنه ما (م^3/ثا)

$\bar{Q}_{an}$= معدل التصريف العام للسلسلة السنوية (م^3/ثا)

اذا كانت قيمة CHY> 1 تكون السنة المائية رطبة

وعندما CHY< 1 تكون السنة المائية جافة

وعندما CHY≈1 تكون السنة المائية متوسطة

خصائص التصريف لشهري

المعامل المائي الشهري (CMD)

ويهدف إلى بيان الاختلاف والتفاوت في كمية التصريف بين اشهر السنة ومدى تاثيره على الرسوبيات وتركيز العناصر الغذائية. واعتمدت في ذلك على حساب المعامل المائي الشهري (CMD)

$$CMD = \frac{Q_{im}}{\bar{Q}_{m}}$$

حيث ان:

CMD = المعامل المائي الشهري

Q_{ian}= معدل التصريف لشهر ما (م^3/ثا)

$\bar{Q}_{an}$= معدل التصريف لأشهر السنة (م^3/ثا)

فإذا كانت قيم CMD اكثر من الواحد فان تلك الأشهر تصنف ضمن الأشهر عالية التصريف وإذا كانت أقل من (1) فان تلك الأشهر تصنف ضمن الأشهر منخفضة التصريف.

الصبيب النوعي (q):

يعبر عن كمية المياه المتدفقة لكل وحدة مساحة (كم^2) وتقاس (ل/ثا/كم^2) ويمكن ايجادها وفق المعادلة التالية: (عناب، 2006)

$$q = \frac{Q \times 1000}{A}$$

حيث ان:

q = الصبيب النوعي (ل/ثا/كم^2)

Q = معدل التصريف العام (م^3/ثا) A = مساحة حوض النهر (كم^2)

زمن التركيز

يقصد بزمن التركيز المدة الزمنية التي يستغرقها حركة الماء من ابعد نقطة لحوض النهر الى المصب ويعد من خواص الجريان السطحي المهمة والتي لها مدلولات كثيرة من اهمها التنبؤ بحدوث الفيضانات،ويعتمد زمن التركيز على مساحة الحوض و طول المجرى الرئيسي ودرجة انحدار الحوض فضلا عن شكل الحوض اذ يقل زمن التركيز في الاحواض المستديرة بينما يزداد في الاحواض المستطيلة بسبب زيادة طول المجرى فيها حيثتزداد الفترة الزمنية لوصول المياه من المنبع الى المصب وبالتالي يقليل من احتمال خطر الفيضانات فيها على عكس الاحواض المستديرة وتوجد العديد من المعادلات التي يمكن من خلالها حسب زمن التركيز منها.

معادلة Jaton 1968 التي الواردة ادناه:

$$TC = 76.3\sqrt{A} \times \sqrt{S}$$

حيث ان:

TC = زمن التركيز

76,3 = ثابت

A = مساحة الحوض

S = معدل انحدار الحوض (٪)

وكذلك استخدمت معادلة Giandotti, (1934) ،وهي كما مبينة في أدناه:

$$TC = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{\overline{H} - Hmin}}$$

حيث ان:

TC = زمن التركيز (ساعة)

A = مساحة الحوض (كم^2)

L = طول المجرى الرئيسي (كم)

$\overline{H}$ = متوسط ارتفاع الحوض (م)

$Hmin$ = اقل ارتفاع للحوض (م)

اما المعادلة الثالثة والتي استخدمت فهي معادلةWilliam، (1977) والتي اعتمدت على مساحة وانحدار الحوض وطول المجرى كما ياتي:

$$TC = 14.6 \times A^{-0.1} \times S^{-0.2} \times L$$

حيث ان:

TC = زمن التركيز (دقيقة)

A = مساحة الحوض (كم^2)

S = معدل انحدار الحوض (م/كم)

L = طول المجرى الرئيسي (كم)

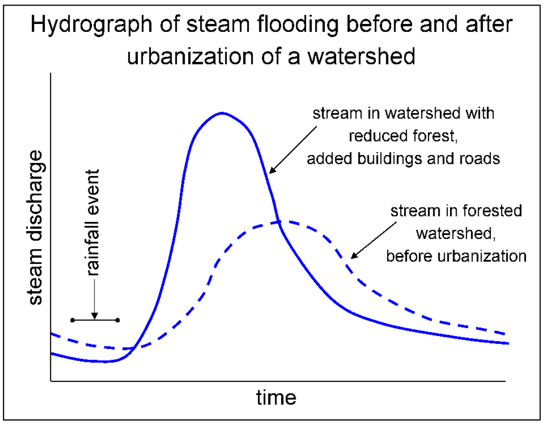
تأثير حجم حوض النهر على التصريف :

ان اعلى قمة جريان في حوض النهر **Peak flow (**سوف يقل بزيادة مساحة حوض النهر ، كما أن مدة الجريان تزيد بزيادة مساحة حوض النهر عندما تكون العوامل الاخرى المؤثرة على الجريان ثابتة ، لدا يلاحظ بأن حجم الفيضان مقدرا بالامتار المكعبة في الثانية في الكيلومتر المربع الواحد يتناسب تناسبا عكسيا مع حجم الحوض وهدا أحد الأسباب التي تؤدي الى حدوث فيضانات عالية في الأحواض الصغيرة مقارنة نع الأحواض الكبيرة عند ثبات العوامل الاخرى المؤثرة على الجريان والشكل ادناه يوضح تأثير مساحة حوض النهر على شكل الهايدروكراف

تأثير استعمالات الأرض على التصريف :

إن وجود الغطاء النباتي والغابات تيد من نفادية المياه ومن السعة ألتخزينية لها ، كما أنها تعمل على تأخير الجريان السطحي للمياه، لدا فان الغطاء النباتي يعمل على تقليل قمة الجريان وهدا يكون واضحا في الجوابي التي تقل مساحتها عن مئة وخمسون كيلومترا مربعا ، كما أن أية

زيادة في البناء العمراني على حساب اراضي الغابات سوف يؤدي الى زيادة الجريان السطحي وتعرض الخوض الى الفيضانات



ألشكل (   ) تاثير إزالة الغابات على حساب التوسع الحضري على الجريان

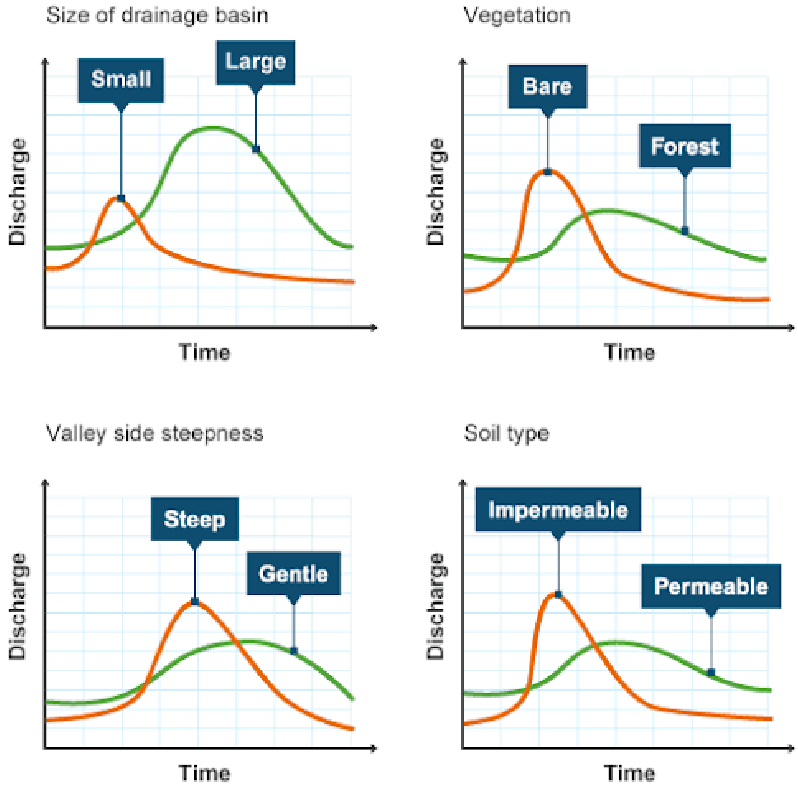
تأثير ميل واتجاه الحوض على التصريف :

من الضروري الاهتمام بتدرج الميل واتجاه المنحدرات خاصة في الأحواض الصغيرة وفي المساحات ذات الفارق الكبير من حيث التضاريس وان لدرجة الميل واتجاهه تأثير على مجموعة من الامور هي :

1 ـ إن اتجاه الميل له تأثير كبير على مقدار الطاقة الإشعاعية الواصلة

2- إن اتجاه الميل له تأثير كبير على المناخ الدقيق من حيث التأثير على توزيع الأمطار والتأثير على فترة دوبان الثلوج

3 ـ إن درجة الميل له تأثير كبير على مقدار وسرعة الجريان مما يؤثر سلبا في زيادة التعرية ، لدا فان الميل وخاصة في الوديان تعمل على رفع مستوى الهايدروكراف كما في الشكل ادناه



ألأشكال (1) أعلى اليمين يوضح تأثير الغطاء الغابي على التصريف مقارنة بالأرض العارية من الغطاء النباتي

لأشكال (1) أعلى اليسار يوضح تأثير حجم الحوض على التصريف

لأشكال (1) أسفل اليمين يوضح تأثير الأراضي غير النقادة على التصريف مقارنة بالأرض النفادة

لأشكال (1) أسفل اليسار يوضح تأثير الانحدار على التصريف مقارنة بالأرض قليل الانحدار

تأثير ارتفاع الحوض على التصريف :

إن ارتفاع حوض النهر عن مستوى سطح البحر له تأثيره على درجات الحرارة ومقدار الأمطار والثلوج وكذلك يؤثر على الضائعات المائية نتيجة التبخر الكلي ويمكن حساب معدل ارتفاع الحوض عن مستوى سطح البحر باستخدام المعادلة التالية :

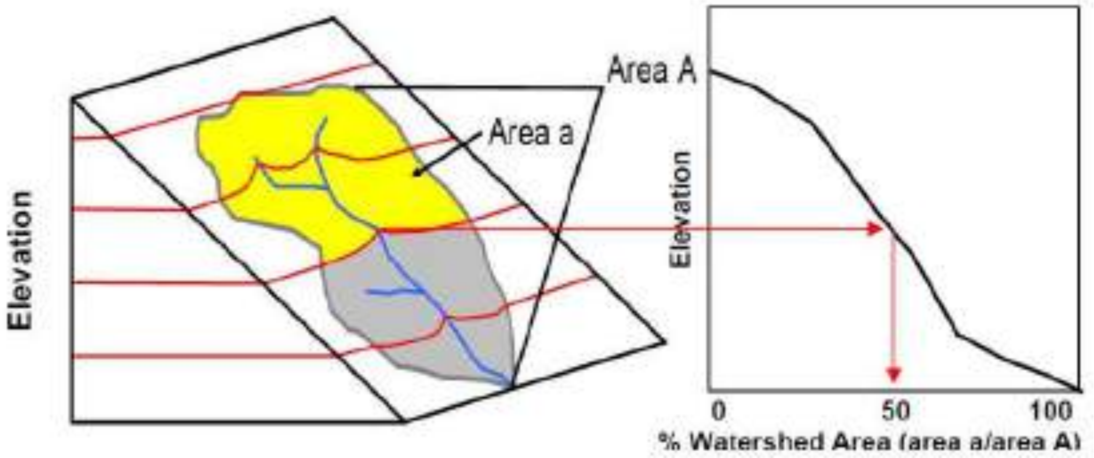
$$ea\sum = E/A$$

حيث أن :

A = المساحة الكلية لحوض النهر

a = المساحة الثانوية المحصورة بين كل خطين كنتوريين متتاليين (كلم ^{2})

e = معدل ارتفاع ألخطين الكنتوريين المحددين لكل مساحة ثانوية (م)



لنفترض أن قيم المساحات الثانوية للحوض أعلاه من الشمال الى الجنوب 120 ،140، 110 ، 70 كلم2 على التوالي ولليكن ارتفاعات الخطوط الكنتورية من الشمال إلى الجنوب 1100 ، 1000 ، 900 ، 800 ، 700 م عن مستوى سطح البحر على التوالي ، المراد حساب معدل ارتفاع الحوض عن مستوى سطح البحر

أولا : نجد معدل الارتفاع لكل خطين كنتوريين متجاورين

وهي e1= 1050 e2= 950 e3= 850 e4= 750

أما المساحات الثانوية فهي :

a1= 120 ، a2= 140 ، a3= 110، ، a4= 70

$$ea\sum = E/A$$

(x120 1050)+ (x140950) + (110 x 850)+ (70 x 750)

440

= 920,4 m

السواقط

السواقط Precipitation : يطلق على كل استطال بلماء التي تصل الارض من الجو ومنها سقوط المطر وسقوط الثلج والبرد الصقيع والندى ومن اشهرها المطر والثلج . ولكي تكون السقوط يجب ان تتوفر الظروف التالية

١- يجب احتواء الجو على رطوبة
٢- " " الجو على نويات التكاثف وهذه تلائم التكاثف نحو الماء
٣- يجب ان يصل ناتج التكاثف الى الارض

اشكال السقوط

١- **المطر** : Rain وهي السواقط التي تكون بشكل قطرات مائية قطرها أكبر من ٠,٥ ملم وقد تصل الى ٦ ملم والقطرات التي اكبر من هذا المقدار سوف تتجزأ الى قطرات اصغر وتصنف الامطار حسب شدتها كما يأتي

الصنف	الشدة المطرية
مطر خفيف	لا تتجاوز ٢,٥ ملم/ساعة
مطر متوسط	٢,٥ - ٧,٥ ملم/ساعة
مطر كثيف	اكبر من ٧,٥ ملم/ساعة

٢- **الرذاذ** Drizzle : وهو سقوط عدد كبير من قطرات الماء الصغيرة جدا اقل من ٠,٥ ملم وشدة اقل من ١ ملم/ساعة

٣- **الشفاف** Sleet وفي بريطانيا تطلق عندما يسقط المطر والثلج معاً

٤- **البرد** Hail وهي السواقط تشكل قطرات اكثر قل غير شفافة من الثلج تحجم اكبر من كمانية ملم وحدث البرد في العواصف الرعدية الصيفية التي تكون فيه التيارات الهوائية قوية (الصورة)

٥- **الصقيع** Glaze وهو تجمد المطر او الرذاذ الذي يصل الى الارض الباردة والتي درجة حرارتها اقل من الصفر المئوي ليتجمد ويكون غلافاً ثلجياً رقائقه

٦- **الثلج** Snow : وهي بلورات تتجمع بعضها بعض لتكون بلورات ثلجية Flakes لها كثافة اولية 0.05 - 0.15 غم/سم٣ وتزداد تدريجياً الى 0.1 غم/سم٣

انواع الامطار

١- امطار التضاريس (عوامل التضاريس) Orographic storms
٢- = التصاعدية Convectional
٣- امطار الجبهات Frontal storm

أ- الجبهة الباردة Cold front : تتكون نتيجة لتقدم كتلة هوائية باردة باتجاه كتلة هوائية دافئة يؤدي اختلافها في الضغط الجوي والاختلاف في درجات الحرارة وصوره تحايده وكثيفة وتتميز امطارها بأنها غزيرة إلا أنها لا تستمر لفترة طويلة

ب- الجبهة الدافئة Warm front : وهي تتكون نتيجة لتقدم كتلة هوائية دافئة باتجاه كتلة هوائية باردة ستصبح الكتلة الهوائية الدافئة مع الباردة وتتكون السفوح ومن ثم الامطار التي تكون خفيفة وقليلة إلا أنها تستمر لفترة طويلة وقد لا تسبب امطار تتطلب لأنها بسبب شدة انحدار الهواء وتكوينها غيوم عالية قليلة الرطوبة

شبكة قياس الامطار Raingauge Network

المنظمة العالمية للأرصاد الجوية (WMO) توصي بالكثافات التالية:

١- الأراضي المسطحة في المناطق المعتدلة وحوض البحر المتوسط والمناطق الاستوائية
العدد المثالي : محطة واحدة لكل 600 - 900 كم²
العدد المقبول : محطة واحدة لكل 900 - 3000 كم²

٢- الأراضي الجبلية في المناطق المعتدلة وحوض البحر المتوسط والمناطق الاستوائية
العدد المثالي : محطة واحدة لكل 100 - 250 كم²
العدد المقبول : محطة واحدة لكل 250 - 1000 كم²

- المساحة المطلوبة للقطعة : محطة واحدة لكل 1500 - 10,000 كم

اختيار كفاية محطات القياس المطرية :

اذا كان هذا [illegible] محطات القياس التي يظهر منها نسبة تتوفر لتعيين مدى العدد الأمثل للمحطات التي يظهر منها نسبة تتوفر لتعيين مدى العدد الأمثل للمحطات

وهو الحسابات التالية : $N = \left(\frac{Cv}{E}\right)^2$ حيث ان N = العدد الأمثل للمحطات

E = درجة الخطأ المسموح به في حساب معدل سقوط المطر

Cv = معامل التغاير او التباين في قيم سقوط المطر في المحطات الموجودة

حيث ان

$$Cv = \frac{S}{\bar{P}} \times 100$$

الانحراف القياسي لعينة ما هو الجذر التربيعي لتباين تلك العينة

$$S = \sqrt{\frac{\Sigma(x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

مثال : حوض نهر صغير يحوي ست محطات لقياس الامطار في احدى السنين كان معدل سقوط الامطار كالآتي (بالمئة سم)

المحطات	A	B	C	D	E	F
	82.6	102.9	180.3	110.3	98.8	136.7

وما تتراوض حصول ١٠٪ خطأ في تقدير متوسط المطر اجب العدد الأمثل للمحطات : $\bar{P} = 118.6$ ، $S = 35.04$ ، $E = 10$

$$S = \sqrt{\frac{6137.9}{6-1}} = 35.04 \qquad Cv = \frac{35.04 \times 100}{118.6} = 29.54$$

$$\frac{35.04}{118.6} \times 100 = 29.5 \qquad N = \left(\frac{29.54}{10}\right)^2 = 8.72$$

اي ان العدد الأمثل هو تقريباً تسع محطات اي بحاجة الى ثلاث محطات اضافية

طرق تقدير المعلومات الناقصة عن المطول

from the record of three stations

١- التقدير من السجلات لثلاث محطات

٢- طريقة الوسط الحسابي Arithmetic Mean method

تستخدم هذه الطريقة عندما يكون الاختلاف في أية محطة من المحطات المجاورة هو أقل من ١٠٪ عن المحطة المطلوب قياس قيمتها المفقودة وتستخدم العلاقة التالية

$$P_x = \frac{1}{3}\left(P_A + P_B + P_C\right)$$

ب- طريقة النسبة Ratio method: تستخدم هذه الطريقة عندما يكون الاختلاف في أية محطة من المحطات المجاورة هو أكثر من ١٠٪ عن المحطة المطلوب قياس قيمتها المفقودة وتستخدم العلاقة التالية

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

حيث: P_x = القيمة المقدرة للمحطة المفقودة القياس، N_x = متوسط المطول السنوي للمحطة المفقودة القياس (يفضل ان لا تقل عن ٣٠ سنة)

N_A، N_B، N_C = متوسط المطول السنوي للمحطات A B C

P_A، P_B، P_C = مقدار الامطار المسجل لفترة معينة للمحطات A B C

مثال: احسب مقدار السقوط للمحطة x من المعلومات ادناه

Station	x	A	B	C
Storm rainfall (cm)	—	12.5	14.5	16.9
Annual rainfall (cm)	115	125	145	130

$$P_x = \frac{1}{3}\left(\frac{115}{125}12.5 + \frac{115}{145}14.5 + \frac{115}{130}16.9\right)$$

$$= \frac{1}{3}(11.5 + 11.5 + 14.95)$$

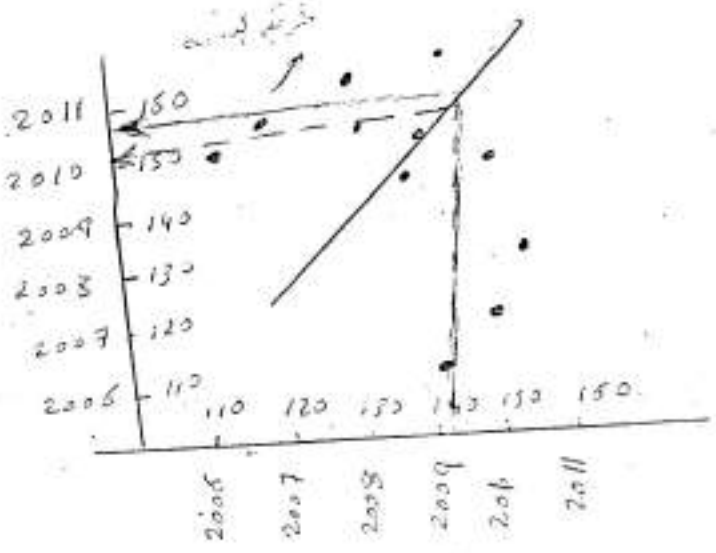
$$= \boxed{12.65}\ cm$$

ب- لسد العجز المتوفر من سجلات محطتين

١- الطريقة البيانية Graphical method

Annual Rainfall cm

Year	Station A	Station B
2006	138.9	152.5
2007	145.9	154.7
2008	146.9	159.0
2009	132.3	147.6
2010	125.2	145.0
2011	143.8	X 157.5



السنوات لمحطة A

السنوات لمحطة B

الجواب 151

ب- طريقة النسبة Ratio method

نسبة المطر بمحطة A في سنة 2011 / المعدل السنوي

$$\frac{\text{مجموع امطار المحطة A من 2006 الى 2010}}{\text{مجموع امطار المحطة B من 2006 الى 2010}} = \frac{\text{امطار المحطة A سنة 2011}}{\text{امطار المحطة B سنة 2011}}$$

$$\frac{690.2}{755.3} = \frac{143.8}{X} \quad (٢)$$

$$\therefore X = \frac{755.3 \times 143.8}{690.2} = 157.57$$

Snow gauge قياس الثلوج

يعتبر الثلوج مصدر هام من مصادر المياه في بعض المناطق في العالم ويعتبر قياس الثلوج ضروري لمعرفة كمية المياه الناتجة عن ذوبان الثلوج وكذلك لمعرفة كمية الأمطار التي تسقط على المنطقة. إذا كانت الثلوج خفيفة جداً فإنه يمكن استخدام أجهزة قياس الأمطار وبعد ذوبان الثلوج بالطريقة العادية أما إذا كانت الثلوج ثقيلة فيمكن أن يتم القياس باستخدام عمود مدرج من البلاستيك قطره (أو ضلعه) 5 سم وطوله 2 متر إلى السنتيمترات ونهايته مدببة وقاعدته مركبة بقرص خشبي والعمود مصنوع من الصاج Teak مع وجود تدريجه كل 2 سم يتم حساب معدل عمق الثلوج من قراءات لكل موقع ويقسم الناتج على 10 عشرة للحصول على متوسط العمق بالمتر.

إن القياس الأفضل يتم بتحديد مسار معين وأخذ القياسات وحيث لا توجد عدة مسارات أو مسافات للثلج وكل مسار يحدد بمقياسات تثبت بأوتاد على أن تكون شاملة للمنطقة من حيث الارتفاعات المختلفة وطبيعة الغطاء النباتي وتكون في المواقع المحمية من الرياح وبعد أخذ القياسات من كل القراءات لا نأخذ كثافة الثلج فالثلج الجديد يزداد سمكه ويصبح 0.2 - 0.3 جم/سم³ في حين أن الثلج القديم 0.4 - 0.6 جم/سم³ وزنة الثلوج.

مثال: عينة من الثلج حجمها 15000 سم³ وزنها 2 كجم احسب مقدار كثافة الثلج ومقدار الماء الناتج.

$$\text{كثافة الثلج} = \frac{\text{وزنة الثلج}}{\text{حجم الثلج}} = \frac{2000}{15000} = 0.133 \text{ جم/سم}^3$$

$$\text{مقدار الماء الناتج} = 0.133 \text{ جم/سم}^3 \times 60 \text{ سم}^2 \times 1 \text{ سم}^3/\text{جم}$$

$$= 798 \text{ سم}^3 \approx 800 \text{ ملتر}$$

المعدل السنوي للامطار Mean annual rainfall

يتم حساب معدل الامطار لمنطقة معينة من خلال البيانات المسجلة لفترة زمنية طويلة بسبب عدم انتظام في سقوط الامطار من سنة الى اخرى وتفضل ان لاتقل عدد السنوات المسجلة المدى عن ٣٠ سنة. ان النسبة بين الامطار السنوية المعينة الى الامطار المعتادة (المعدل) تسمى دليل الرطوبة (Index of wetness)، اذ انها توضح النقص في الامطار او الامطار غير الطبيعية والسنة التي تقل فيها الامطار عن المعدل السنوي يطلق عليها بسنة النقص او العجز deficient year والنقص يصنف كالآتي

النقص الكبير Large deficiency : اقل من المعدل ٣٠-٤٥ %

النقص الخطر Serious deficiency : اقل من المعدل ٤٥-٦٠ %

النقص الطارئ Disastrous deficiency : اكثر من ٦٠ % اقل من المعدل Now

السنة التي تزيد فيها الامطار عن المعدل تسمى (good year) وهذه لها اهمية في حساب مياه السقي

Average year : السنة التي امطارها تطابق المعدل

Wet Year : هي السنة التي تزيد فيها الامطار عن المعدل

Dry Year : هي السنة التي تقل فيها الامطار عن المعدل وتطلق عليها ايضاً bad year السنة الجافة حسب Blendford هي التي تكون بين 0.27 - 0.78 من المعدل السنوي اما Binnie حددها بـ 0.6 من المعدل السنوي

طبقاً لـ Alexander Binnie من المصدر الاعتماد على سجل مطر
لـ ٢٥ سنة عند حساب معدل الأمطار تكون نسبة الخطأ اقل من ١٥٪
حسب الجدول

Period (Years)	5	10	15	20	25	30	38
Error in mean rainfall (Percent)	14.9	8.2	4.8	3.3	2.8	2.3	1.8

P/ETP

استدا جرت منظمه الامم المتحده للتربيه والثقافه والعلوم (UNESCO)* في عام ١٩٧٩ خريطة لدرجات الجفاف Degrees of aridity اعتمدت اساساً على دليل العلاقه بين الهطول / التبخر نتح الطامن بالاضافه الى كافة المعلومات البيئيه الماخذه بما في ذلك النضاريس والنبات Vegetation وتعتبر هذه الدليل على مدى ملائمة هذه الاراضي للزراعه لانه يمثل عملياً العلاقه بين $\frac{ETR}{ETM}$ حيث ان ETR يمثل التبخر النتح الحقيقي (Real Evapotranspiration) ، ETM يمثل التبخر نتح الاعظم Maximum Evapotranspirat. والذي يقدر اساساً بالمادة الجافه في المحاصيل في غياب العوامل المحدده الاخرى.

وقد اعتبر الهطول في هذه المعادله تقديراً كافياً للتبخر النتح الحقيقي وعليه حساب التبخر نتح الطامن عن طريق معادله بيمان

اما درجات الجفاف التي اعتمدت من قبل اليونسكو اعتماداً على ماذكر في اعلاه

١- المنطقه جوف الجافه (شديده الجفاف) The hyper arid Zone

(P/ETP) سادية 0.03 أو اقل وهي تشمل مناطق الصحاري الحقيقيه حيث لايوجد نبات عمر عادة تج الوديان وتستطيع النباتات الحوليه ان تنمو في السنوات التي تزيد عن المعدل تسجيله وتصل الاختلافات السنويه للامطار الى ١٠٠٪

٢- المنطقه الجافه : The arid Zone

(P/ETP) 0.3 - 0.03 تعتبر منطقه رعي وليست زراعه مطر

٣- المنطقه شبه الجافه The semi arid Zone

(P/ETP) ⇐ 0.5 - 0.3 مناطق رعي وزراعه ممكنه

٤- المنطقه شبه الرطبه (شتا/رطبه)

0.75 - 0.5 منطقه غابات عن المناخ المتوسطي

---

* United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization

تضم ١٩٥ دوله مقرها في باريس

التحليل التكراري للمواصفات الهيدرولوجية

بسم الله الرحمن الرحيم

(قال الملك اني اريت سبع بقرات سمان يأكلهن سبع عجاف وسبع سنبلات خضر واخر يابسات يا ايها الملأ افتوني في رؤياي ان كنتم للرؤيا تعبرون)

يستعمل هذا التحليل للتنبؤ بالحوادث السابقة عند تكرار حدوث عاصفة هيدرولوجية معينة كأن مقدار معين او تزيد عنه

اذا توفرت البيانات الخاصة بالمعدلات الهيدرولوجية خلال ٤٠ سنة وللعديد من السنوات تنازلياً سوف نحصل على السلسلة السنوية ، وفي حالة تنظيم البيانات التي هي اكبر من (اسم) تنازلياً دون الاخذ بنظر الاعتبار العدد في كل سنة سيكون لدينا سلسلة جزئية

ومن اجل تقدير الاخطار المستقبلية يكون من الضروري ايجاد

١- العمر واقل الاخطار التي يمكن توقعها خلال فترة عودة من عمر المشروع

٢- تحديد تكرار الحدوث

٣- دراسة طبيعة سير الاخطار خلال فترة المشروع

علاقة هازن Hazen's relation : تستخدم هذه العلاقة لتحديد فترة العوده حسب العلاقة

$$T = \frac{N}{m - 0.5}$$

T = معدل الفاصل الزمني بالسنوات التي تتكرر فيها حادثة شاوي او تزيد عن مقدار معين . N = عدد سنوات السجل m = تسلسل الحدث تصاعدياً او تنازلياً

مثال : سجلت احدى محطات الانواء الجوية مقداراً للاخطار السنوية للفترة من 2000 - 2011 وكان مقدار الاخطار

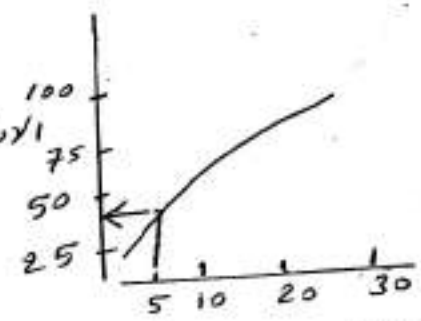
36.5 ، 29 ، 56.2 ، 82 ، 27.8 ، 23.4
71.2 ، 48.3 ، 31.4 ، 18.1 ، 29 ، 65.6

١ - تقدير فترة العوده لاعلى الزمات المطريه : تقوم بترتيب البيانات ترتيباً تنازلياً

Rainfall	m	T
82	1	24
71.2	2	8
65.6	3	4.8
56.2	4	3.43
48.3	5	2.67
36.5	6	2.18
31.4	7	1.85
29.0	8	1.6
27.8	9	1.41
23.4	10	1.26
18.1	11	1.14

تكتب مرة واحدة

$$T = \frac{N}{1-0.5} = 24$$

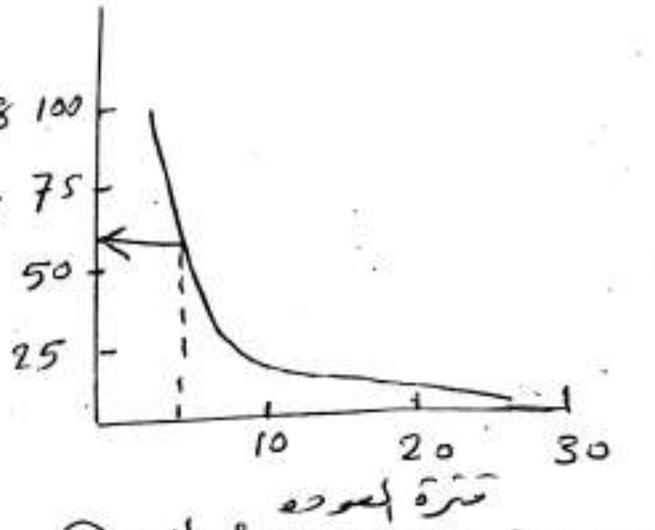


فترة العوده (السنوات)

Depth frequency curve
maximum rainfall

٢ - تقدير فترة العوده للامطار التي تساوي او تقل عن مقدار معين (لاقل زخات المطر)
ترتب البيانات ترتيباً تصاعدياً

Rainfall	m	T
18.1	1	24
23.4	2	8
27.8	3	4.8
29	4	
31	5	
36.5	6	
48.3	7	
56.2	8	
65.6	9	
71.2	10	
82	11	



فترة العوده

Depth frequency Curve
minimum rainfall

حساب فترة العوده Return Period

من الضروري معرفة احتمال حصول عاصفه مطريه شديده كأن يكون اقصى عاصفه مطريه استدامتها ٢٤ ساعه ان مثل هذه المعلومات يمكن الحصول عليها من تحليل فترة العوده للامطار الخاصه بالموقع

ان احتمال حصول حادثه ما (عاصفه مطريه مثلا) مقدارها يساوي او يتجاوز قيمة معينه يرمز لها بـ P لذا فان فترة العوده او ما يسمى فترة التكرار ايضا Recurrence interval (T) سوف تكون

$$T = 1/P$$

T = معدل الفتره بين حصول العاصفه المطريه التي مقدارها يساوي او يتجاوز قيمة معينه (X)

مثلا العاصفه المطريه التي تصل مقدارها ١٠٠ ملم خلال ٢٤ ساعه فترة عودتها هي ١٠ سنه في محطة معينه اي ان العاصفه المطريه التي تساوي او تزيد عن ١٠٠ ملم تتكرر لحصل مره واحده لفترة ٢٠ سنوات كمعدل ولكن ليس بالضروره ان تتكرر مرة كل ١٠ سنوات لذا فان احتمال حصول الحادثه هذه في اي سنه من السنوات

$$P = \frac{1}{T} = \frac{1}{10} = 0.1$$

اما احتمالية عدم حصول الحادثه (q) في سنه معينه هي $q = (1-P)$ $q+P=1$

$$q = 1 - P = 1 - \frac{1}{Tr} = \frac{Tr-1}{Tr}$$

Plotting position يعين الموقع

الهدف من تحليلات فترة العوده هو استخراج العلاقه ما بين مقدار الحادثه واحتمالية تجاوزه. لذا فان البيانات السنويه تنظم تنازليا

١- قانون ويبل $P = \left(\frac{m}{N+1}\right)$

m = التسلسل N = عدد سنوات السجل .. لذا فان T =

$$T = \frac{(N+1)}{m}$$

تنظم البيانات على ورق نصف لوغاريتمي او لوغاريتمي لوغاريتمي

الطريقه	P
فاليبوريا	m/N
هازن	(m-0.5)/N
رسول	m/(N+1)
[illegible]	(m-0.3)/(N+0.4)
بلوم	(m-0.44)/(N+0.12)
كرنكلورتن	(m-3/8)/(N+1/4)

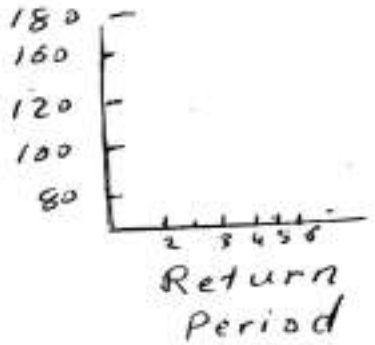
مثال اذا كانت احدى محطات الامطار اليومية (الحد اليومي الاعظم) عينة هي

السنه	الامطار بالم	السنه	الامطار
1980	130	1993	90
1981	120	1994	102
1982	76	1995	85
1983	143	1996	75
1984	160	1997	60
1985	96	1998	84
1986	80	1999	108
1987	125	2000	106
1988	112	2001	83
1990	89	2002	95
1991	89		
1992	78		

N = 22

m	Rainfall (mm)	$P = \frac{m}{N+1}$	$T = 1/P$
1	160	0.043	23.26
2	143	0.086	
3	130	0.130	
4	125	0.174	
5	120	0.217	
6	1128	0.26	
7	108	→ 0.304	
8	106	→ 0.347	
9	102	→ 0.391	
10	95	→ 0.434	
11	95	→ 0.478	
12	90	→ 0.521	
13	8.9	—	
14	8.9	0.609	
15	85	0.652	
16	84	0.695	
17	83	0.739	
18	80	0.782	
19	78	0.826	
20	76	0.869	
21	75	0.954	
22	60	0.957	1.05

يبدو وجود تغيس
واكبر تغيس بمقدار
كما في m=13 ، 14
بان P حسب لاكبر تغيه
لـ m من المجموعة



الفصل الثالث

ألغابات والسواقط forests and Precipitation

تعد السواقط التي تكون على شكل أمطار وثلوج من أهم المكونات الأساسية للنظام ألهيدرولوجي في أحواض الأنهر . وإن تكرار حدوث تلك ألمتساقطات ومقاديرها وطبيعة توزيعها وكثافتها ومدة هطولها تؤثر في جريان ألأنهر ورطوبة التربة وتعريتها فضلا عن غسل ألعناصر الغذائية منها كما تؤثر في توزيع النباتات . أما الأشكال ألأخرى من ألمتساقطات مثل المطر الممزوج مع الثلج (Sleet) والندى والبرد (Hail) والجليد Frost فيكون دورها في النظام الهيدرولوجي محدودا نظرا لقلة تكرار تكونها وقلة كمية المياه الناتجة عنها ، لذا فالدراسات الهيدرولوجية وتلك المتعلقة بأحواض الأنهر تهتم بالأمطار والثلوج بالدرجة ألأساسية

المقدار Magnitude

ألماء يتواجد بشكل دائمي في الغلاف الجوي وحتى فوق الصحاري أو في ظل الجفاف الشديد، وإن مقدار الرطوبة الجوية ألموجود في الغلاف الجوي في أي وقت يعادل 1,233× 10000 كيلومتر مكعب، وهذا يشكل ما مقداره 0,035% من المياه النقية لكوكب الأرض ، وإذا تصورنا تحول جميع تلك الرطوبة إلى أمطار وسقوطها على الأرض فإنها تكون بعمق 25 ملم ، أما المعدل السنوي للأمطار على الأرض فهو بحدود 1000 ملم وهذا يعني أن مدة بقاء ألرطوبة في الجو (Resident Period) حوالي عشرة أيام ، إن مصدر ألماء المتجدد في الجو هو من التبخر ألحاصل من ألمحيطات وكذلك من ألأرض متمثلة بالبحيرات والترب والغطاء النباتي ، وعادة تكون عملية ألنتح أكثر أهمية من ألتبخر الحاصل من التربة ، أما ألتبخر من ألمحيطات فيعد ألمصدر ألرئيسي للبخار في ألجو بسبب ألمساحة السطحية ألواسعة وزيادة سرعة التبخر منها

يبلغ مقدار ألمياه ألمفقودة نتيجة ألتبخر من وحدة ألمساحة من ألأرض بحدود 40% من قيمتها للمحيطات إلا أنها تشكل 17% من ألحجم ألكليي ، وبالرغم من ان المحيطات هي ألمصدر ألرئيس للأمطار إلا أن ألاقتراب منها ليست بالضرورة تكون المزيد من الأمطار وهذا يتضح جليا في ألجزر تحت ألاستوائية والصحاري التي تقع حافتاها عند ألمحيطات إلا أن أمطارها قليلة

2-8 احتجاز الغابات Forest interception

إن للغابات تأثيرا لا يمكن تجاهله على مقدار ألأمطار وطبيعتها التي تصل إلى أرض ألغابة، فالغابات تحتجز جزءا من السواقط وتمنع وصولها إلى الأرض وتتعرض إلى ألتبخر

دون أن تستفيد منها ألأشجار وهذا ما يطلق عليها بالاحتجاز (interception) ومن جهة اخرى فقد وجد أن ألفراغات ألموجودة داخل ألغابة قد تستلم مقدارا من ألأمطار هو اكثر أو أقل مقارنة مع ألمنطقة ألمفتوحة ألقريبة من ألغابة , وعند سقوط الأمطار على غابة معينة فإن ألقطرات ألأولى تعمل على ترطيب الأوراق وسطح الأغصان ومن ثم تتجمع ألقطرات مع بعضها لتكون قطرات أكبر وتنزل من ألأوراق العليا إلى ألسفلى أو تجري على الأفرع أو ألسيقان لتصل إلى أرض ألغابة ، أي أن ألسطوح العليا للأوراق تتشبع تدريجيا ، وبعد وصولها إلى درجة ألتشبع أو ما تسمى بالسعة ألتخزينية (Saturation Capacity) فإن ما يسقط بعد ذلك من أمطار سوف يصل ألجزء ألأكبر منه إلى ارض ألغابة والقسم ألأخر سوف يتبخر ، لذا نلاحظ عدم وصول ألأمطار الخفيفة إلى ارض ألغابة خاصة عندما تكون ألغابة مؤلفة من الأنواع المتحملة للظل وذلك لأن هذه الأمطار ألخفيفة تعمل على ترطيب ألتاج فقط وليس هناك ألمزيد من مياه الأمطار لكي تصل أرض ألغابة ، ومن ألجدير بالذكر فإن الأمطار التي تصل ارض ألغابة عن طريق الفتحات ألموجودة في ألتاج او من جراء ألتنقيط من الأوراق والأغصان تسمى بالأمطار النافذة (Throughfall) ، أما ألأمطار التي تصل ألأرض عن طريق جريانها على ألساق فتسمى ألأمطار الجارية على الساق Stemflow)) ، ولدراسة ألأمطار ألمحتجزة لها أهميتها للأسباب ألتالية :

1 – يعد ألماء ألمحتجز أحد عناصر ألموازنة ألمائية في مناطق ألغابات ، لذا فإن أية دراسة علمية دقيقة للموازنة المائية لا تتم إذا أهملت الأمطار ألمحتجزه

2 – تزيد من ألضائعات ألناتجة عن طريق ألتبخر

3 – يسبب جفافا لتربة ألغابة بصورة غير متماثلة

4 – يثبط عملية ألنتح ويقلل من رطوبة التربة

5 – يؤدي إلى ألتقليل من ألجريان ألسطحي

قياس السواقط ألمحتجزة

لقياس السواقط ألمحتجزة إن كانت على شكل أمطار أو ثلوج فلا بد من قياس ثلاثة مكونات رئيسية هي ألأمطار ألساقطة فوق المنطقة ألتاجية والتي يمكن أن تقاس بواسطة أجهزة قياس ألأمطار والتي تثبت فوق المنطقة ألتاجية ، أو يمكن اختيار منطقة مفتوحة بالقرب من ألغابة ، أما ألأمطار التي تصل أرض الغابة عن طريق الأمطار النافذة من ألتاج Throughfall)) فيتم قياسها باستخدام أجهزة قياس الأمطار شبيهة بتلك ألتي استخدمت لقياس أمطار المنطقة ألمفتوحة إذ يتم توزيع مجموعة من هذه الاجهزة تحت ألمظلة التاجية وبصورة عشوائية ، وعموما فإن هناك تباينا كبيرا للأمطار ألنافذة باختلاف عمر المشاجر وكثافاتها وفيما إذا كانت متساقطة ألأوراق أو دائمة ألخضرة ، فقد لوحظ على سبيل المثال ان

مقدار الانحراف القياسي للأمطار ألنافذة من التاج للمشاجر متساقطة الأوراق يتراوح بين 10 -20 % عندما تكون تلك ألأشجار قد أسقطت أوراقها ، أما في حالة وجود الأوراق فإن

ألانحراف ألقياسي سوف يزيد ليصل إلى 20-30% ، كما أن مقدار ألتباين في ألأمطار ألنافذة يعتمد على مقار ألأمطار ألساقطة وكثافتها ، إذ يكون التباين قليلا في حالة ألأمطار القوية والعكس هو ألصحيح ، وعموما فإن عدد ألأجهزة التي تستخدم لقياس ألأمطار ألنافذة هو دالة للانحراف القياسي كما في ألعلاقة ألرياضية ألتالية :

$$N = S^2 / (0.05\ T)^2$$

إذ أن N= عدد ألأجهزة التي تستخدم لقياس ألأمطار ألنافذة ، S = ألانحراف ألقياسي ، T = معدل ألأمطار ألنافذة . وقد وجدا ألباحثين رينولت وليتون أنه في حالة وجود (20) جهازا لقياس ألأمطار ألنافذة في مساحة مقدارها 0.2)) هكتار (جهاز واحد في مساحة 100 م²) لمشجر ألتنوب ألنرويجي Norway spruce فإن مقار ألخطأ بلغ 11% ، وذلك خلال أربعة أشهر متتالية ، أما ألباحث Rogerson فقد استخدم ثلاثة أجهزة لكل 100م² ضمن مشجر ألصنوبر(Loblolly pine) وذلك لتقليل مقدار ألخطأ ليصل إلى أقل من 5% ، أما لحساب ألأمطار ألنافذة فيمكن استخدام ألمعادلة ألتالية :

$$T = (1 - \alpha) P - C - S$$

أما لحساب ألأمطار ألنافذة كنسبة مئوية من أمطار ألمنطقة ألمفتوحة فتستخدم ألمعادلة ألتالية

$$(\%)\ T\ (\%) = 100 - Ic\ (\%) - S$$

،

حيث أن T = ألأمطار ألنافذة من ألتاج ، α = ذلك ألجزء من ألأمطار ألذي يتبخر أثناء ألعاصفة ألمطرية ، P = مقدار السواقط للمنطقة ألمفتوحة ، C = ألأمطار ألمحتجزة ،S = ألأمطار ألجارية على ألساق أو يمكن ألتعبير عنها بالمعادلة

$$T\ (\%) = 100 - Ic$$

أذ أن Ic = ألسعة ألتخزينية للتاج، ويلاحظ بصورة عامة أن ألأمطار ألنافذة من ألتاج تزداد في ألأنواع ألطلائعية غير ألمتحملةIntolerant pioneer))وكذلك في ظروف تحت ألاوج Subclimax)) ضمن سلسلة ألتعاقب ألنباتي وكذلك في ألأشجار ذات ألأخشاب ألصلدة Hard wood) خاصة في فصل ألسبات
أما ألمكون ألثالث ألذي يجب قياسه أثناء قياس ألأمطار ألمحتجزة فهو جريان ألساق Stemflow)) والذي يعرف بكونه مقدار ألأمطار ألتي تصل أرض ألغابة بعد جريان جزء من مياه ألأمطار من على سيقان ألأشجار نزولا إلى أرض ألغابة ، وهو يعد أصغر جزء من مياه ألسواقط ألذي يشترك في ألموازنة ألمائية للغابة ، وقد يكون له أهميته من ألناحية ألبيئية وذلك لأن هذه ألمياه تمتص من قبل ألتربة في منطقة ألجذور الأولية للاشجار ، ويتم قياس ألأمطار ألجارية على ألساق بواسطة طوق معدني (Metal collars) يثبت حول ألساق وعند ارتفاع ألصدر وتجمع ألمياه ألنازلة من على ساق ألشجرة بواسطة أوعية تثبت في أرض ألغابة عند ساق ألشجرة ، ويعبر عن ألأمطار ألجارية على ألساق كنسبة مئوية من

الأمطار ألفصلية أو ألسنوية ألساقطة للمنطقة ألمفتوحة ، وهناك تباين في هذا المقدار ضمن ألمشجر ألواحد إذ وجد أن ألامطار ألجارية على ألساق تزداد في ألأشجار ذات ألقلف ألأملس Smooth مقارنة مع ألأشجار ذات ألقلف ألخشن Rough)) ، كما يزداد هذا ألمقدار في فصل ألسبات للأشجار ألصلبة ، وعموما فإن هناك عوامل اخرى تؤثر في ألأمطار ألجارية على ألساق منها شكل ألشجرة ولارتفاع ألنسبي للأشجار وكذلك طبيعة ألأشجار ألتي تحيط بالشجرة ألمراد قياس الأمطار ألجارية على ساقها فضلا عن وضع ألشجرة (Attitude) فيما إذا كانت مستفيمة أو مائلة

تباين الأمطار ألمحتجزة ضمن ألمشجر ألواحد

stand Variation of interception within

يتباين مقدار ألأمطار ألمحتجزة ضمن ألمشجر ألواحد طبقا إلى ألفراغات الموجودة داخل ألغابة وبتباين الموقع من حيث بعده عن ألساق ، وبصورة عامة يزداد ألاحتجاز بالقرب من جذع ألشجرة ويقل في مركز ألتاج وعند ألطرف ألنهائي للتاج ، أما في ألفتحات ألكبيرة والتي أقطارها بقدر طول ألأشجار أو أكبر فإن مقدار الاحتجاز فيها يكون صفرا ، والجدول ألتالي يوضح ألتباين في نسبة الأمطار ألمحتجزة ضمن مشجر ناضج من ألصنوبر نوع Jeffery pine في كاليفورنيا

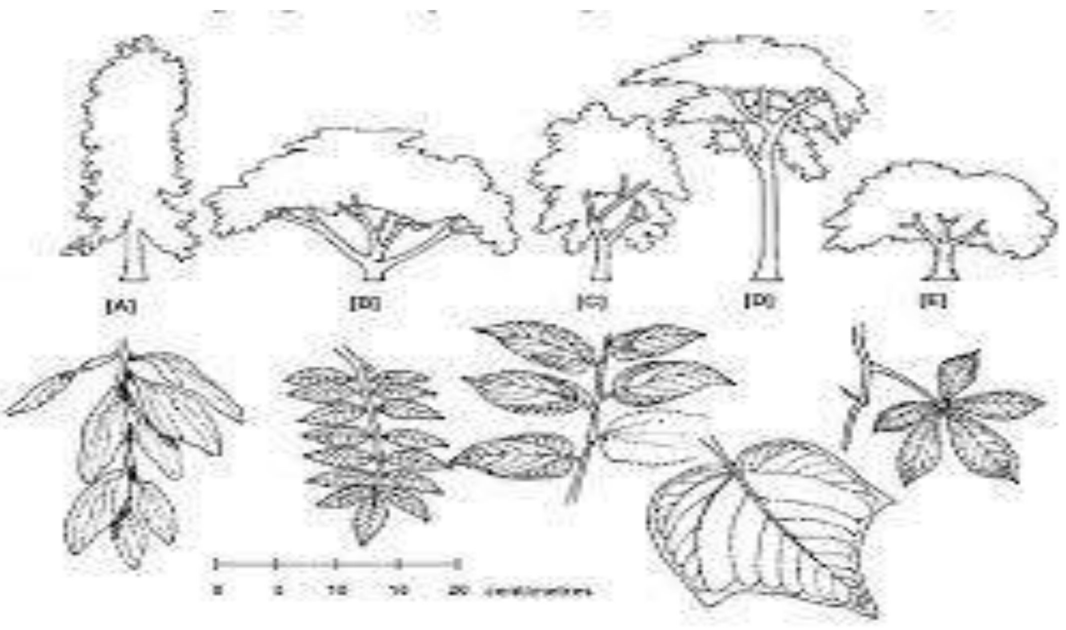
ان مقدار ألاحتجاز الكلي للأشجار هو حاصل جمع خزن الاحتجاز (Interception Storage) ومقدار ألتبخر ألمستمر ويعبر عنها بالمعادلة التالية :

$$I = S + KET$$

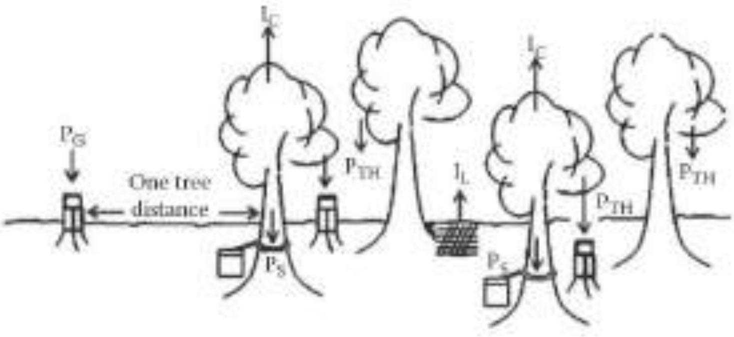
إذ أن I = عمق ألماء ألمحتجز ، S = مقدار خزن الاحتجاز معبرا عنه كعمق للماء ، K = نسبة ألسطح ألمعرض للتبخر للأوراق إلى مساحة مسقط ألتاج ، E = مقدار ألتبخر مقدرا كعمق لكل ساعة أثناء سقوط ألأمطار ، T = مدة ألعاصفة ألمطرية مقدرا بالساعات . وذكر الباحث Zarnochوآخرين(2002)كما أن لحجم الزخة المطرية تأثير على مقدار معامل التباين

(Coefficient of Variation) للأمطار النافذة والجارية على الساق، حيث وجدوا زيادة مقدار معامل التباين في الزخات المطرية الخفيفة وانخفاض مقدارها في الزخات المطرية الشديدة في مشاجر الصنوبر (Pinus taeda) في كرولاينا الشمالي كما يتباين مقدار الأمطار ألمحتجزة خلال فصول ألسنة طبقا غلى ألتغير في مقدار ألتبخر وتكون ألضباب وكذلك باختلاف ألمرحلة ألعمرية ,الكثافة فضلا عن مرحلة ألتعاقب ألنباتي ، ويكون ألتباين واضحا بالنسبة للمتساقطة ألأوراق خلال فصل ألشتاء بسبب فقدان الأشجار لأوراقها وإنخفاض مقدار ألتبخر والنتح ، كما يلاحظ انه عند زيادة ألرطوبة ألنسية وانخفاض قوة ألتبخر ينخفض مقدار ألأمطار ألمحتجزة ، وعندما قام هورتن Horton)) بدراسة تحليلية للأمطار ألمحتجزة وجد أن كل ورقة من أوراق البلوط والحور لها ألقدرة على ارتداد 100 ((Retain قطرة مطرية ، واستنتج أن ألشجرة الحاوية على 500000 ورقة وإذا كانت باستطاعت كل ورقة أن تمسك 20 قطرة ذات قطر ثمن انج فإن مقدار خزن ألاحتجازInterception storage)) يبلغ

5.92 قدم مكعب ، وإذا كان قطر ألتاج 40 قدم ومساحة مسقطه 1256 قدم مربع فإن مقدارخزن ألاحتجاز يبلغ 0,06 انج ، اما الدراسات ألتي اجريت في ألعراق في هذا ألمجال فقد اجريت في غابات نينوى تحت ألمشاجر ألمختلفة ومشاجر أليوكالبتوس في ألنمرود فضلا عن ألدراسة ألتي اجريت في شمالي ألعراق إذ تمت هذه الدراسة في قضاء عقرة (36.75 شمالا و 43.88 شرقا) وبارتفاع (766) متر فوق سطح البحر ويبلغ معدل سقوط الأمطار السنوي فيه 720.46 ملم. وتم اختيار مشجرين أحدهما للصنوبر ألبروتي Pinus brutia Ten. بعمر ثمانٍ وعشرين سنة وبمعدل 800 شجرة/هكتار. أما المشجر الآخر فهو للحبة الخضراء Pistacia khinjuk Stock.. حيث أن أشجارها بعمر 18 سنة وبمعدل 950 شجرة في الهكتار الواحد. تم قياس الأمطار(Pr) في منطقة مفتوحة قريبة من المشجرين وذلك باستخدام خمسة أجهزة بقطر(12.5سم) وكذلك جهاز مسجل المطر الذاتي (rain gauge Recorder)، حيث بلغ مقدار الأمطار الساقطة 780.22 ملم للسنة المائية (2006- 2007). وتم حساب الأمطار النافذة (Tr) باستخدام ثمانية عشرة جهازا كالتي استخدمت في المنطقة المفتوحة والتي تم توزيعها بصورة عشوائية في كل مشجر، وبلغت نسبتها63.31٪ و83.55٪ من أمطار المنطقة المفتوحة لمشجري الصنوبر البروتي والحبة الخضراء على التوالي. كما تم اختيار ثماني أشجار بصورة عشوائية لكل مشجر لحساب الأمطار الجارية على الساق فبلغت نسبتها لمشجري الصنوبر البروتي والحبة الخضراء 0.34٪ و2.36٪ من أمطار المنطقة المفتوحة على التوالي. كما بلغت نسبة الأمطار المحتجزة في مشجري الصنوبر البروتي والحبة الخضراء 36.35٪ و 14.09٪ على التوالي. كما تم التوصل إلى معادلات الانحدار لإيجاد القيمة المتوقعة للأمطار النافذة والجارية على الساق والمحتجزة بدلالة أمطار المنطقة المفتوحة.

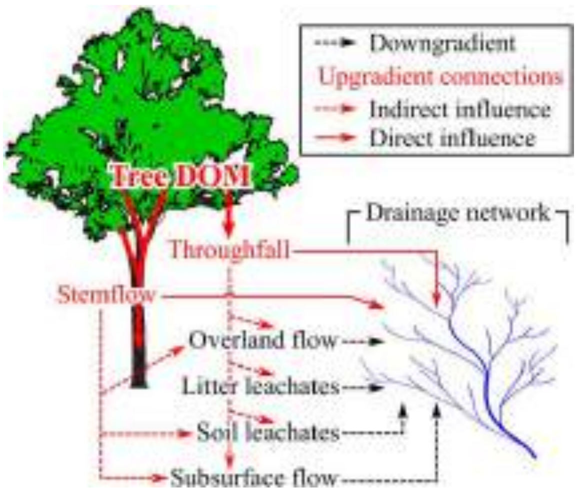


الشكل ( ) تأثير أشكال الأوراق والتيجان في مقدار الأمطار المحتجزة



ألشكل (2) مكونات ألأمطار المحتجزة من قبل ألغابات

طريقة قياس الأمطار الجارية على الساق



ألأمطار ألمحتجزة من قبل طبقة اللتر litter Interception

إن الأمطار ألنافذة من ألتاج وكذلك الجارية على ألساق قد لا تصل إلى ألتربة بسبب وجود طبقة اللتر التي تقوم هي الأخرى باحتجاز جزء من الأمطار وإن كان يسيرا مقارنة مع ما تحتجزه التيجان ، وتطلق على الأمطار التي تصل أرض الغابة من قبل الأمطار النافذة من التيجان (T) وكذلك عن طريق ألأمطار ألجارية على ألساق بصافي السواقط Net precipitation (Pn) اما مياه الأمطار التي تصل إلى الطبقة ألمعدنية من ألتربة فتسمى بالواقط ألمؤثرة Effective precipitation (Pe) ، لذا فإن الاحتجاز من قبل طبقة اللتر هو الفرق بين صافي ألسواقط والسواقط ألمؤثرة كما مبين في أدناه

$$LI = Pn - Pe$$

لقد لوحظ أن مقدار ألأحتجاز من قبل طبقة اللتر يتراوح ما بين 1 -5 % من ألامطار السنوية ففي مشاجر الأخشاب ألصلدة في شرق ألولايات ألمتحدة ألأمريكية بلغ مقدار ألاحتجاز من فبل طبقة اللتر 2.5 % من الامطار الكلية خلال ألصيف و 3.5%خلال الأمطار ألشتوية ، إن ألتباين في ألمقدار يعتمد على مجموعة من ألعوامل هي :

– السعة ألتخزينية لطبقة اللتر Litter Storage Capacity

– تكرار عملية الترطيب Frequency of wetting

– معدل التجفيف Rate of drying

الشكل ( ) طريقة أخد عينات اللتر من أرض الغابة لحساب الأمطار المحتجزة من قبل طبقة اللتر

تقطر ألضباب Fog drip

يلاحظ في ألشتاء الذي يسود فيه الضباب خاصة عند ألأحزمة الساحلية أوفي ألجبال ألعالية ألتي تخترق ألغيوم ظاهرة تفطر قطرات ألماء من أوراق اشجار ألغابات والتي يطلق

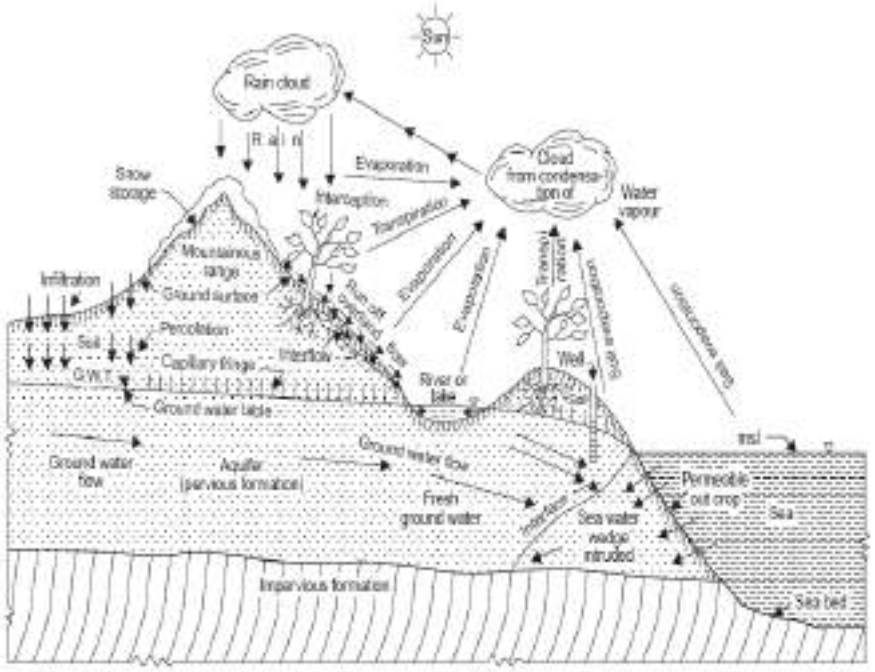
عليها بتقطير ألضباب Fog drip)) ن وهي تتضمن أيضا ما يسمى بتقطير ألغيوم ، ويمكن أن تعبر عنها بالسواقط الافقية Horizontal precipitation))، وهذه تتكون نتيجة لسقوط قطيرات صغيرة تكونت من تكاثف ألرطوبة ألجوية ومن ثم تتحرك افقيا وعند اصطدامها باوراق ألاشجار فغنها تتحد مع بعضها لتكون قطرات اكبر حجما ومن ثم جريانها على الاوراق والأغصان وسقوطها على ألارض ، وقد لاحظ الباحثون في سويسرا وفرنسا أن مقدار ألتصريف في بعض المجاري ألمائية في أحواض ألأنهر هو أكبر من مقدار ألسواقط هذه ألاحواض واعزي ألسبب إلى مساهمة تقطير ألضباب أو ما يسمى بعملية ألتكاثف ألمخفي Occult condensation)) ن إن مقدار ألتقطر ألناتج عن ألضباب يزداد بازدياد ارتفاع تيجان ألأشجار عن ألأرض وكذلك بازدياد المساحة ألسطحية المواجهة بصورة عمودية للاوراق ، وكذلك بزيادة نسبة ألمساحة ألسطحية إلى ألمساحة ألمشغولة من قبل ألأشجار ، كما يزداد عند أطراف ألغابة ألمواجهة للرياحWind ward edge)) ويقل داخل ألغابة .
انأ لتقطر من الضباب يكون مصدرا هاما لرطوبة ألتربة وبالأخص في الواجهات التي تكون باتجاه ألرياح ن فقد وجد في مشاجر الصنوبر Monterey pine واليوكالبتوس ذات ارتفاع للاشجار ما بين 15 -20 قدم وعند ارتفاع عن مستوى سطح ألبحر مقداره 1600 قدم ان هناك زيادة في رطوبة التربة داخل هذه ألمشاجر بما يعادل 2 - 3 انج من ألماء مقارنة مع المنطقة المفتوحة الخالية من ألاشجار

ألشكل (   ) تقطر الضباب بواسطة أوراق الأشجار

إدارة أحواض ألأنهر ـــــــ

الدورة الهيدرولوجية Hydrologic Cycle

السواقط Precipitation هي عبارة عن نزول عناصر التكاثف من مطر أو ثلوج أو برد وغيرها باتجاه ألأرض ، إلا أن قسما من هذه الأمطار تتعرض إلى ألتبخر أثناء السقوط ويطلق مصطلح Virga علبها وهي غاليا ما تحدث تحت ظروف من درجات الحرارة العالية والرطوبة الجوية المنخفضة كما هو الحال في الصحاري ، أما السواقط التي تسقط علىٰ أية غابة فإنها تتجزأ إلى عدة مكونات هي ألأمطار ألنافذة من تيجان ألأشجار والأمطار ألجارية على ألساق والأمطار ألمحتجزة من قبل تيجان الأشجار والتي تعدُّ من العناصر الرئيسة لحساب الموازنة ألمائية لأحواض الأنهر ألمغطاة بالغابات , وفي مثل هذه ألدراسات فان الأمطار التي تصل إلى الغابة تقاس إما فوق المظلة التاجية أو في المناطق المفتوحة الخالية من الأشجار والشجيرات القريبة من الغابة (Hewlett، 1982). في حين أن الأمطار النافذة هي تلك الأمطار التي تصل إلى أرض الغابة إما من خلال الفراغات الموجودة في التاج أو التنقيط من ألأوراق, أما الأمطار الجارية علىٰ الساق فهي تلك الأمطار التي تصل إلى أرض الغابة بوساطة الساق ن أما في حالة عدم وجود غطاء نباتي فإن ألأمطار تصل مباشرة إلى ألارض ، لتبدأ بعدها عملية دخول ماء ألمطر إلى ألطبقة ألمعدنية من ألتربة والتي تسمى بالترشيح (infiltration) ، أما إذا استمر دخول الماء خلال مسامات ألتربة والطبقات ألجيولوجية فيطلق على هذه ألحركة من ألمياه Percolation كما موضح ذلك في ألشكل (1) أما ألجزء الاخر من مياه ألسواقط فيبدأ



شكل (1) يوضح دورة ألمياه في ألطبيعة

والمنخفضات ويطلق على هذا ألجريان بالجريان السطحي (surface flow) أو Over land (flow) ، اما بالنسبة للمياه ألتي سبقت وأن نفذت إلى داخل التربة فإنها قد تلاقي طبقة غير نفاذة فتجبرها على ألحركة تحت سطح ألتربة باتجاه ألمسطح ألمائي أو تخرج على شكل ينابيع ويطلق على هذا ألنوع من ألجريان بالجريان ألداخلي (Interflow) أو ألجريان تحت ألسطحي (Subsurface flow) ، اما بالنسبة للمياه ألنافذة إلى ألأعماق فإنها قد تصل إلى ألماء الأرضي لتتحرك ببطيء ويسمى هذا النوع من ألجريان بالجريان ألقاعدي (Base flow) والذي يكون ألمصدر ألرئيسي لجريان الانهر خلال الفصول الجافة ، أما إذا كانت السواقط على شكل ثلوج فإن هذا الثلج او ألجليد قد يبقى على الارض لعدة أسابيع او أشهر قبل ان تذوب وتدخل في ألدورة الهيدرولوجية ويطلق على هذا النوع من السواقط بالسواقط ألمتأخرة (delayed precipitation) ، وعموما فإن ألمياه ألساقطة تفقد فيما بعد إما نتيجة للتبخر من ألبحار والأنهر والتربه وغيرها من ألمواقع أو عن طريق ألنتح من الأوراق ألنباتية ، لذا فإن عملية ألتبخر نتح (Evapotranspiration) يمثل ألاستهلاك ألمائي للغطاء ألنباتي وهي تشمل ألماء ألمتبخر من ألنبات عن طريق ألنتح والإمطار المحتجزة فضلا عن ألتبخر من سطح ألتربة ، والمياه ألمتبخرة تتكاثف فيما بعد لتتكون السواقط مرة أخرى ولتستمر حركة ألمياه ودورتها في ألطبيعة (الشكل 1)

ألماء ألجوي والغابات

يشكل ألماء 40% من وزن ألخشب ألجاف ، وقد تصل 50 – 60 %في ألأخشاب ألطرية لأشجار ألحور، فالأشجار ألمتساقطة الاوراق مثل ألقوغ *Populus alba* ، *Platanus orientalis* ، *Quercus poedocerris* ، *Quercus cerris* تفقد كميات كبيرة من ألمياه عن طريق ألنتح بعكس الأشجار ألابرية . إن هكتار واحد من ألغابات في ألبلاد ألمعتدلة يحتاج إلى كمية من ألماء تتراوح مابين 1000 – 4500 م^3 / سنة حسب ألأصناف والظروف البيئية ألمحيطة ، وحسبت هذه ألكمية على إعتبار ان تكوين 100 غم من ألمادة ألجافة في ألأوراق يحتاج الى كمية من ألماء تتراوح بين 80 – 100 كلغم عند ألأشجار عريضة ألأوراق ألمحبة للرطوبة و 7 – 15 كغم من ألماء عند ألمخروطيات ، إن ازدياد ألرطوبة داخل ألغابة يساعد على خفض ألتبخر بحيث تصبح قيمته داخل ألغابة تعادل 20 – 50 % أو أقل من قيمته خارج ألغابة ، إن ألرطوبة ألجوية داخل ألغابة تختلف حسب ألبعد عن سطح ألأرض فتكون أشد ارتفاعا قرب سطح ألأرض وتنقص كلما ابتعدنا عنه ، والجدول ألتالي يبين مقدار ألرطوبة ألنسبية داخل غابة ألتنوب *Picea abies*

ألارتفاع عن سطح ألأرض م	ألرطوبة ألنسبية %
0.06	84
0.03	66
I	59
أكثر من 1 م	59

ألسواقط في مناطق ألغابات

يشير Petterssen إلى أن ألحد ألفاصل بين ألمناطق ألجغرافية للسهوب والمناطق التي تسود فيها مناخ ألغابات (Forest climate) طبقا للأمطار ألساقطة يمكن أن يعبر عنه بالمعادلة ألتالية :

$$Pm = 20\ Ta + 140$$

إذ أن Pm = أقل مقدار من ألأمطار ألسنوية التي تحتاجه ألأشجار للنمو (ملم /سنه)Ta = ألمعدل ألسنوي لدرجة حرارة ألهواء (م°)

وبصورة عامة فإن مناطق ألغابات تستلم مقدارا من ألأمطار أكثر مقارنة مع ألمناطق ألأخرى وذلك لوقوع معظم ألغابات في ألمناطق ألمرتفعة ذات ألأمطار ألكثيرة فضلا عن دور ألغابات في تشجيع عملية ألتكاثف ، فالباحثان Anderson و Hoover (1976) أشارا إلى أن مناطق ألغابات تستلم أمطارا ضعف ما تستلمها ألمناطق ألأخرى أي ما يعادل 1140 ملم /سنة في مناطق ألغابات مقارنة مع 570 ملم /سنة للمناطق الأخرى، كما أظهرت ألدراسات أن قطع ألغابات تقلل من مقدار ألأمطار ألساقطة على ألمنطقة بعكس عملية إعادة تشجير ألغابات (Afforestation) ، وهذا يلعب دورا كبيرا في مجال سياسة ألغابات في ألولايات ألمتحدة ألأمريكية , ولكون أن ألغابات تستهلك مقاديرا كبيرة من المياه عن طريق ألتبخر والنتح (Evapotranspiration) مقارنة مع ألنباتات ألأخرى ، لذا فإن الأمطار يجب أن تزيد في مناطق ألغابات مقارنة مع ألمناطق ألأخرى وذلك لكي يتساوى مقدار السواقط بجميع أشكالها (P) مع ألتبخر ألكلي (E) أي (P = E) ، ومن ألملاحظ أن مقدار ألتبخر من أليابسة يشكل 14.3 % من ألتبخر ألكلي ، وهذا يعني انه في حالة افتراض توقف ألتبخر من أليابسة فإن ألأمطار سوف تقل بنسبة 14 % على افتراض أن ألتبخر من ألمحيطات ثابت ، وبما أن ألغابات تشكل ربع مساحة أليابسة لذا فإن قطع ألغابات سوف يقلل من كمية ألأمطار 1 -2 % . أن مقدار ألأمطار يتأثر أيضا بالطبوغرافية ، فهو يزيد على ألمنحدرات ألمواجهة لهبوب ألرياح ويقل في ألجهات ألمعاكسة ، كما أن بزيادة سرعة ألرياح سوف تزيد زاوية ألميل ألتي تشكلها ألقطرات ألمطرية أثناء سقوطها حسب ألعلاقة ألتالية : $\tan I = u / v$ إذ أن v = ألسرعة ألنهائية للقطرات ألمطرية (Terminal (fall) velocity of drops) أما u = سرعة ألرياح (Wind velocity)

حساب معدل السواقط لمساحة معينة

1 – طريقة ألوسط ألحسابي : تستخدم هذه ألطريقة عندما تتواجد أعداد كبيرة من ألأجهزة أو ألمحطات ألمطرية ، ويكون مقدار ألتباين في كمية ألأمطار ألساقطة قليلا بين ألمحطات ألمختلفة وتستخدم ألمعادلة ألتالية لحساب معدل ألأمطار : $Pa = 1/n \sum Ps$ إذ أن Pa =

معدل ألأمطار لمنطقة معينة ، Ps = مقدار ألأمطار للمحطات ، n = عدد ألمحطات ، أما في

حالة كون عدد ألمحطات قليلا ، أو أن هذه ألمحطات غير موزعة بحيث تشمل ألمساحة ألكلية ففي هذه ألحالة يمكن ألحصول على نتائج أكثر دقة عن طريق موازنة كل محطة حسب ألمساحة وتستخدم ألمعادلة ألتالية لحساب معدل ألأمطار :

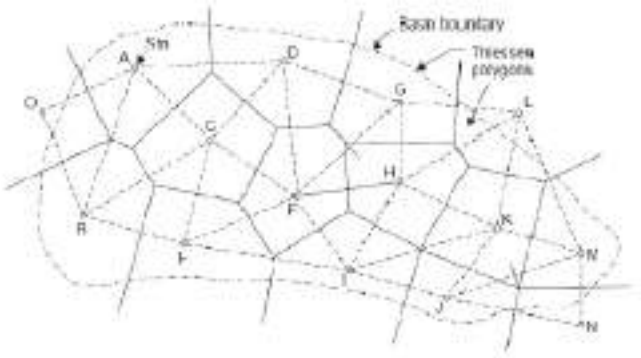
$$Pt = 1/A \sum Ps\ As$$

حيث أن A = ألمساحة ألكلية للحوض، As = المساحة الممثلة للمحطة

2 – طريقة مضلعات ثيسن : Thiessen polygon method: في هذه ألطريقة ترسم خارطة للمنطقة أو لحوض ألنهر وتثبت عليها مواقع ألمحطات ألمطرية ثم يتم توصيل ألمحطات ألمتجاورة مع بعضها بخطوط مستقيمة ومن ثم تقام أعمدة على منتصف ألمستقيمات ألموصولة ما بين ألمحطات ، فيلاحظ بأن ألخارطة قد قسمت إلى مضلعات بعدد ألمحطات ألموجودة كما في ألشكل أدناه ، يتم حساب مساحة كل مضلع ومقدار ألأمطار ألمسجلة لكل محطة من هذه ألمحطات ومن ثم تطبق ألعلاقة ألتالية :

$$P = (a1p1 + a2p2 + a3p3 + \text{------} an\ pn) / A$$

P = معدل ألأمطار للمنطقة أو لحوض ألنهر ، --- a1 a2 = مساحة ألمضلعات 1 و 2 و الخ ، p1 , p2 الخ = مقدار ألأمطار للمحطات 1 ، 2 ، 3 الخ والشكل أدناه يوضح ألطريقة



شكل (2) طريقة مضلعات ثيسن لحساب معدل الأمطار الساقطة

3- طريقة خطوط ألهطول ألمتساوية Isohyets method: تستخدم هذه ألطريقة في ألمناطق ذات ألتضاريس ألمعقدة وتعد من أفضل ألطرق لحساب معدل ألأمطار لأنها تأخذ ارتفاع ألمحطات عن مستوى سطح ألبحر بنظر ألاعتبار ، وفي هذه ألطريقة يتم رسم خارطة طوبوغرافية للمنطقة وتثبت عليها مواقع ألمحطات ألمطرية ومقدار ألأمطار ألساقطة لكل محطة من ألمحطات ، ومن ثم يتم توصيل ألمحطات ألتي تتساوى فيها كميات ألأمطار مع بعضها بخطوط على أن نراعي ارتفاع ألمحطات عن مستوى سطح ألبحر ، فيلاحظ أن

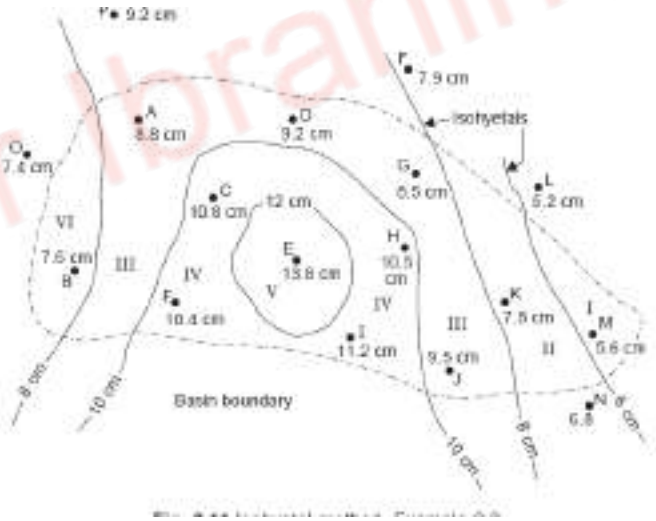
ألمساحة ألكلية قد قسمت إلى مساحات ثانوية محصورة بين ألخطوط ألمطرية ، يتم بعد ذلك حساب مقدار ألمساحات ألثانوية ألمحصورة بين كل خطين مطريين وكذلك معدل ألأمطار لكل مساحة ثانوية ومن ثم حساب معدل ألأمطار حسب ألعلاقة ألتالية :

$$Pi = 1/A \sum Pc\ Ac$$

Pi = معدل السواقط ، Pc = معدل ألأمطار للخطين ألمطريين ألمحددة للمساحة ألثانوية Ac

= المساحة الثانوية بين خطين كنتوريين

، والشكل أدناه يوضح طريقة خطوط ألهطول ألمتساوية



شكل (3) طريقة خطوط الهطول المتساوية لحساب معدل الأمطار الساقطة

تحديد العدد المثالي لأجهزة أو محطات قياس الأمطار

لتحديد عدد ألأجهزة التي يجب أن تستخدم لحساب معدل ألأمطار وضمن خطأ قياسي محدد تستخدم ألعلاقة ألتالية :

$$N = (SD / SE)^2$$

حيث أن : N - عدد الأجهزة التي يجب استخدامها لقياس معدل ألأمطار ضمن خطأ قياسي محدد ، SD = ألانحراف ألقياسي ، SE = مقدار ألخطأ ألقياسي للمعدل

تأثير ألغابات على مقدار ألأمطار ألواصلة إلى أرض ألغابة

إن للغابات تأثيرا لا يمكن ة تجاهله على مقدار ألأمطار وطبيعتها التي تصل إلى أرض ألغابة، فالغابات تحتجز جزءا من ألسواقط وتمنع وصولها إلى ألأرض وتتعرض إلى ألتبخر دون أن

تستفيد منها ألأشجار وهذا ما يطلق عليها بالاحتجاز (interception) ومن جهة أخرى فقد وجد أن ألفراغات ألموجودة داخل ألغابة قد تستلم مقدارا من ألأمطار هو اكثر أوأقل مقارنة مع ألمنطقة ألمفتوحة ألقريبة من ألغابة , وعند سقوط الأمطار على غابة معينة فإن ألقطرات ألأولى تعمل على ترطيب الأوراق وسطح الأغصان ومن ثم تتجمع ألقطرات مع بعضها لتكون قطرات أكبر وتنزل من ألأوراق العليا إلى ألسفلى أو تجري على الأفرع أو ألسيقان لتصل إلى أرض ألغابة ، أي أن ألسطوح العليا للأوراق تتشبع تدريجيا ، وبعد وصولها إلى درجة ألتشبع أو ما تسمى بالسعة ألتخزينية (Saturation Capacity) فإن ما يسقط بعد ذلك من أمطار سوف يصل ألجزء ألأكبر منه إلى ارض ألغابة والقسم ألأخر سوف يتبخر ، لذا نلاحظ عدم وصول ألأمطار الخفيفة إلى ارض ألغابة خاصة عندما تكون ألغابة مؤلفة من الأنواع المتحملة للظل وذلك لأن هذه الأمطار ألخفيفة تعمل على ترطيب ألتاج فقط وليس هناك ألمزيد من مياه ألأمطار لكي تصل أرض ألغابة ، ومن ألجدير بالذكر فإن الأمطار التي تصل ارض ألغابة عن طريق الفتحات ألموجودة في ألتاج او من جراء ألتنقيط من الأوراق والأغصان تسمى بالأمطار النافذة (Throughfall)، أما ألأمطار التي تصل ألأرض عن طريق جريانها على ألساق فتسمى ألأمطار الجارية على الساق (Stemflow) ، ولدراسة ألأمطار ألمحتجزة لها أهميتها للأسباب ألتالية :

1 – يعد ألماء ألمحتجز أحد عناصر ألموازنة ألمائية في مناطق ألغابات ، لذا فإن أية دراسة علمية دقيقة للموازنة المائية لا تتم إذا اهملت الأمطار ألمحتجزه

2 – تزيد من ألضائعات ألناتجة عن طريق ألتبخر

3 – يسبب جفافا لتربة ألغابة بصورة غير متماثلة

4 – يثبط عملية ألنتح ويقلل من رطوبة التربة

5 – يؤدي إلى ألتقليل من ألجريان ألسطحي

ولقياس السواقط ألمحتجزة إن كانت على شكل أمطار أو ثلوج فلا بد من قياس ثلاثة مكونات رئيسية هي ألأمطار ألساقطة فوق المنطقة ألتاجية والتي يمكن أن تقاس بواسطة أجهزة قياس ألأمطار والتي تثبت فوق المنطقة ألتاجية ، أو يمكن اختيار منطقة مفتوحة بالقرب من ألغابة ، أما ألأمطار التي تصل أرض الغابة عن طريق ألأمطار النافذة من ألناج (Throughfall) فيتم قياسها باستخدام أجهزة قياس ألأمطار شبيهة بتلك التي استخدمت لقياس أمطار ألمنطقة ألمفتوحة إذ يتم توزيع مجموعة من هذه الأجهزة تحت ألمظلة التاجية وبصورة عشوائية (الشكل4)، وعموما فإن هناك تباينا كبيرا للأمطار ألنافذة باختلاف عمر ألمشاجر وكثافاتها وفيما إذا كانت متساقطة ألأوراق أو دائمة ألخضرة ، فقد لوحظ على سبيل المثال ان

شكل (4) توزيع أجهزة قياس الأمطار تحت المظلة التاجية للغابة لقياس الأمطار النافذة

Dr Ibrahim

شكل (5) طريقة قياس الأمطار الجارية على الساق

مقدار الانحراف القياسي للأمطار ألنافذة من التاج للمشاجر متساقطة الأوراق يتراوح بين 10 -20 % عندما تكون تلك ألأشجار قد أسقطت أوراقها ، أما في حالة وجود الأوراق فإن ألانحراف ألقياسي سوف يزيد ليصل إلى 20-30% ، كما أن مقدار ألتباين في ألأمطار ألنافذة يعتمد على مقار ألأمطار ألساقطة وكثافتها ، إذ يكون التباين قليلا في حالة ألأمطار القوية والعكس هو ألصحيح ، وعموما فإن عدد ألأجهزة التي تستخدم لقياس ألأمطار ألنافذة هو دالة للانحراف القياسي كما في ألعلاقة ألرياضية ألتالية :

$$N = S^2 / (0.05\, T)^2$$

إذ أن N = عدد ألأجهزة التي تستخدم لقياس ألأمطار ألنافذة ، S = ألانحراف ألقياسي ، T = معدل ألأمطار ألنافذة . وقد وجدا ألباحثين رينولت وليتون أنه في حالة وجود (20) جهازا لقياس ألأمطار ألنافذة في مساحة مقدارها (0.2) هكتار (جهاز واحد في مساحة 100 م²) لمشجر ألتنوب ألنرويجي Norway spruce فإن مقدار ألخطأ بلغ 11% ، وذلك خلال أربعة أشهر متتالية ، أما ألباحث Rogerson فقد استخدم ثلاثة أجهزة لكل 100م² ضمن مشجر ألصنوبر (Loblolly pine) وذلك لتقليل مقدار ألخطأ ليصل إلى أقل من 5% ، أما لحساب ألأمطار ألنافذة فيمكن استخدام ألمعادلة ألتالية :

$$T = (1 - \alpha)\, P - C - S$$

أما لحساب ألأمطار ألنافذة كنسبة مئوية من أمطار ألمنطقة ألمفتوحة فتستخدم ألمعادلة ألتالية: $T\,(\%) = 100 - Ic\,(\%) - S\,(\%)$ ،

حيث أن T = ألأمطار ألنافذة من ألتاج ،α = ذلك ألجزء من ألأمطار ألذي يتبخر أثناء ألعاصفة ألمطرية ، P = مقدار السواقط للمنطقة ألمفتوحة ، C = ألأمطار ألمحتجزة ،S = ألأمطار ألجارية على ألساق أو يمكن ألتعبير عنها بالمعادلة: $T\,(\%) = 100 - Ic(1\%)$
أذ أن Ic = ألسعة ألتخزينية للتاج، ويلاحظ بصورة عامة أن ألأمطار ألنافذة من ألتاج تزداد في ألأنواع ألطلائعية غير ألمتحملة (Intolerant pioneer)وكذلك في ظروف تحت ألأوج (Subclimax) ضمن سلسلة ألتعاقب ألنباتي وكذلك في ألأشجار ذات ألأخشاب ألصلدة (Hard wood) خاصة في فصل ألسبات
أما ألمكون ألثالث ألذي يجب قياسه أثناء قياس ألأمطار ألمحتجزة فهو جريان ألساق (Stemflow) (الشكل 5) والذي يعرف بكونه مقدار ألأمطار التي تصل أرض ألغابة بعد جريان جزء من مياه ألأمطار من على سيقان ألأشجار نزولا إلى أرض ألغابة ، وهو يعد أصغر جزء من مياه السواقط ألذي يشترك في ألموازنة ألمائية للغابة ، وقد يكون له أهميته من ألناحية ألبيئية وذلك لأن هذه ألمياه تمتص من قبل ألتربة في منطقة ألجذور الأولية للأشجار ، ويتم قياس ألأمطار ألجارية على ألساق بواسطة طوق معدني Metal collarsأو مطاطي يثبت حول ألساق وعند ارتفاع ألصدر وتجمع ألمياه ألنازلة من على ساق ألشجرة بواسطة أوعية تثبت في أرض ألغابة عند ساق ألشجرة ، ويعبر عن ألأمطار ألجارية على ---

ألساق كنسبة مئوية من الأمطار الفصلية أو ألسنوية ألساقطة للمنطقة ألمفتوحة، وهناك تباين في هذا المقدار ضمن ألمشجر ألواحد إذ وجد أن ألأمطار ألجارية على ألساق تزداد في ألأشجار ذات القلف ألأملس Smooth مقارنة مع ألأشجار ذات القلف ألخشن (Rough) ، كما يزداد هذا ألمقدار في فصل ألسبات للأشجار ألصلبة ، وعموما فإن هناك عوامل أخرى تؤثر في ألأمطار ألجارية على ألساق منها شكل ألشجرة ولارتفاع ألنسبي للأشجار وكذلك طبيعة ألأشجار التي تحيط بالشجرة ألمراد قياس الأمطار ألجارية على ساقها فضلا عن وضع ألشجرة (Attitude) فيما إذا كانت مستقيمة أو مائلة

تباين الأمطار ألمحتجزة ضمن ألمشجر ألواحد

Variation of interception within stand

يتباين مقدار ألأمطار ألمحتجزة ضمن ألمشجر ألواحد طبقا إلى ألفراغات الموجودة داخل ألغابة ويتباين الموقع من حيث بعده عن ألساق ، وبصورة عامة يزداد ألاحتجاز بالقرب من جذع ألشجرة ويقل في مركز ألتاج وعند ألطرف ألنهائي للتاج ، أما في ألفتحات ألكبيرة والتي أقطارها بقدر طول ألأشجار أو أكبر فإن مقدار الاحتجاز فيها يكون صفرا ، والجدول ألتالي يوضح ألتباين في نسبة الأمطار ألمحتجزة ضمن مشجر ناضج من ألصنوبر نوع Jeffery pine في كاليفورنيا

الأمطار لكل عاصفة مطرية انج	نسبة ألأمطار ألمحتجزة % عند قاعدة ألشجرة	تحت تاج كثيف	تاج خفيف	حافة التاج
0.01	100	100	100	81
0.06 -0.10	94	84	68	48
0.11 – 0.3	74	48	27	5
0.51-1	53	33	16	4

ان مقدار ألاحتجاز الكلي للأشجار هو حاصل جمع خزن الاحتجاز (Interception Storage) ومقدار ألتبخر ألمستمر ويعبر عنها بالمعادلة التالية :

$$I = S + KET$$

إذ أن I = عمق ألماء ألمحتجز ، S = مقدار خزن الاحتجاز معبرا عنه كعمق للماء ، K = نسبة ألسطح ألمعرض للتبخر للاوراق إلى مساحة مسقط ألتاج ، E = مقدار ألتبخر مقدرا كعمق لكل ساعة أثناء سقوط ألأمطار ، T = مدة ألعاصفة ألمطرية مقدرا بالساعات). وذكر الباحث Zarnoch وآخرين (2002) أن لحجم العاصفة المطرية تأثير على مقدار معامل التباين

(Coefficient of Variation) للأمطار النافذة والجارية على الساق، حيث وجدوا زيادة مقدار معامل التباين في الزخات المطرية الخفيفة وانخفاض مقدارها في الزخات المطرية الشديدة في مشاجر الصنوبر (*Pinus taeda*) في كرولاينا الشمالي ، كما يتباين مقدار الأمطار ألمحتجزة خلال فصول ألسنة طبقا للتغير في مقدار ألتبخر وتكون ألضباب وكذلك باختلاف ألمرحلة ألعمرية والكثافة فضلا عن مرحلة ألتعاقب ألنباتي ، ويكون ألتباين واضحا بالنسبة للمتساقطة ألأوراق خلال فصل ألشتاء بسبب فقدان الأشجار لأوراقها وانخفاض مقدار ألتبخر والنتح ، كما يلاحظ انه عند زيادة ألرطوبة ألنسبية وانخفاض قوة ألتبخر ينخفض مقدار ألأمطار ألمحتجزة ، وعندما قام هورتن (Horton) بدراسة تحليلية للأمطار ألمحتجزة وجد أن كل ورقة من أوراق البلوط والحور لها ألقدرة على ارتداد (Retain) 100 قطرة مطرية ، واستنتج أن ألشجرة الحاوية على 500000 ورقة وإذا كانت باستطاعة كل ورقة أن تمسك 20 قطرة ذات قطر(8/1 ثمن انج) فإن مقدار خزن ألاحتجاز Interception (storage) يبلغ 5.92 قدم مكعب ، وإذا كان قطر ألتاج 40 قدم ومساحة مسقطه 1256 قدم مربع فإن مقدار خزن ألاحتجاز يبلغ 0,06 انج ، أما الدراسات التي أجريت في ألعراق في هذا ألمجال فقد أجريت في غابات نينوى تحت ألمشاجر ألمختلفة ومشاجر أليوكالبتوس في ألنمرود فضلا عن ألدراسة ألتي اجريت في شمالي ألعراق من قبل سليم (2009)إذ تمت هذه الدراسة في قضاء عقرة (36.75 شمالا و 43.88 شرقا) وبارتفاع (766) متر فوق سطح البحر ويبلغ معدل سقوط الأمطار السنوي فيه 720.46 ملم. وتم اختيار مشجرين أحدهما للصنوبر ألبروتي .Ten *Pinus brutia* بعمر ثمانٍ وعشرين سنة وبمعدل 800 شجرة/هكتار. أما المشجر الآخر فهو للحبة الخضراء .Stock *Pistacia khinjuk*. حيث أن أشجارها بعمر 18 سنة وبمعدل 950 شجرة في الهكتار الواحد. تم قياس الأمطار(P_r) في منطقة مفتوحة قريبة من المشجرين وذلك باستخدام خمسة أجهزة بقطر(12.5سم) وكذلك جهاز مسجل المطر الذاتي (rain gauge Recorder)، حيث بلغ مقدار الأمطار الساقطة 780.22 ملم للسنة المائية (2006- 2007). وتم حساب الأمطار النافذة (T_r) باستخدام ثمانية عشرة جهازا كالتي استخدمت في المنطقة المفتوحة والتي تم توزيعها بصورة عشوائية في كل مشجر، وبلغت نسبتها63.31٪ و83.55٪ من أمطار المنطقة المفتوحة لمشجري الصنوبر البروتي والحبة الخضراء على التوالي. كما تم اختيار

ثماني أشجار بصورة عشوائية لكل مشجر لحساب الأمطار الجارية على الساق فبلغت نسبتها لمشجري الصنوبر البروتي والحبة الخضراء 0.34٪ و2.36٪ من أمطار المنطقة المفتوحة على التوالي. كما بلغت نسبة الأمطار المحتجزة في مشجري الصنوبر البروتي والحبة الخضراء 36.35٪ و 14.09٪ على التوالي. كما تم التوصل إلى معادلات الانحدار لإيجاد القيمة المتوقعة للأمطار النافذة والجارية على الساق والمحتجزة بدلالة أمطار المنطقة المفتوحة.

ألأمطار ألمحتجزة من قبل طبقة اللتر litter Interception

إن الأمطار ألنافذة من ألتاج وكذلك الجارية على ألساق قد لا تصل إلى ألتربة بسبب وجود طبقة اللتر التي تقوم هي الأخرى باحتجاز جزء من الأمطار وإن كان يسيرا مقارنة مع ما تحتجزه التيجان ، وتطلق على الأمطار التي تصل أرض الغابة من قبل الأمطار النافذة من التيجان (T) وكذلك عن طريق ألأمطار ألجارية على ألساق بصافي السواقط Net precipitation (Pn) أما مياه الأمطار التي تصل إلى الطبقة ألمعدنية من ألتربة فتسمى بالسواقط ألمؤثرة Effective precipitation (Pe) ، لذا فإن الاحتجاز من قبل طبقة اللتر هو الفرق بين صافي السواقط والسواقط ألمؤثرة كما مبين في أدناه

$$LI = Pn - Pe$$

لقد لوحظ أن مقدار ألاحتجاز من قبل طبقة اللتر يتراوح ما بين 1 -5 % من ألامطار السنوية ففي مشاجر الأخشاب ألصلدة في شرق ألولايات ألمتحدة ألأمريكية بلغ مقدار ألاحتجاز من قبل طبقة اللتر 2.5 % من الأمطار الكلية خلال ألصيف و 3.5%خلال الأمطار ألشتوية ، إن ألتباين في ألمقدار يعتمد على مجموعة من ألعوامل هي :

1 – السعة ألتخزينية لطبقة اللتر Litter Storage Capacity
2 – تكرار عملية الترطيب Frequency of wetting
3 – معدل التجفيف Rate of drying

تقطر ألضباب Fog drip

يلاحظ في ألشتاء الذي يسود فيه الضباب خاصة عند ألأحزمة الساحلية أوفي ألجبال ألعالية التي تخترق ألغيوم ظاهرة تفطر قطرات ألماء من أوراق أشجار ألغابات والتي يطلق عليها بتقطير ألضباب (Fog drip) أو ما يسمى بتقطير ألغيوم ، ويمكن أن تعبر عنها بالسواقط الأفقية (Horizontal precipitation)، وهذه تتكون نتيجة لسقوط

فطيرات صغيرة تكونت من تكاثف ألرطوبة ألجوية ومن ثم تتحرك أفقيا وعند اصطدامها بأوراق ألأشجار تتحد مع بعضها لتكون قطرات اكبر حجما ومن ثم جريانها على الأوراق والأغصان وسقوطها على ألأرض ، وقد لاحظ الباحثون في سويسرا وفرنسا أن مقدار ألتصريف في بعض المجاري ألمائية في أحواض ألأنهر هو أكبر من مقدار ألسواقط هذه ألاحواض واعزي ألسبب إلى مساهمة تقطير ألضباب أو ما يسمى بعملية ألتكاثف ألمخفي (Occult condensation) ، إن مقدار ألتفطر ألناتج عن ألضباب يزداد بازدياد ارتفاع تيجان ألأشجار عن ألأرض وكذلك بازدياد المساحة ألسطحية المواجهة بصورة عمودية للأوراق ، وكذلك بزيادة نسبة ألمساحة ألسطحية إلى ألمساحة ألمشغولة من قبل ألأشجار ، كما يزداد عند أطراف ألغابة ألمواجهة للرياح (Wind ward edge) ويقل داخل ألغابة . إن لتقطر من الضباب يكون مصدرا هاما لرطوبة ألتربة وبالأخص في الواجهات التي تكون باتجاه ألرياح ،فقد وجد في مشاجر الصنوبر Monterey pine واليوكالبتوس ذات ارتفاع للأشجار ما بين 15 -20 قدم وعند ارتفاع عن مستوى سطح ألبحر مقداره 1600 قدم ان هناك زيادة في رطوبة التربة داخل هذه ألمشاجر بما يعادل 2 - 3 انج من ألماء مقارنة مع المنطقة المفتوحة الخالية من ألأشجار

الشكل 6 تقطير الضباب في الغابات

ألتوزيع ألمناطقي للارتفاعات وخطوط الأشجار

Altitudinal Zonation and Timberlines

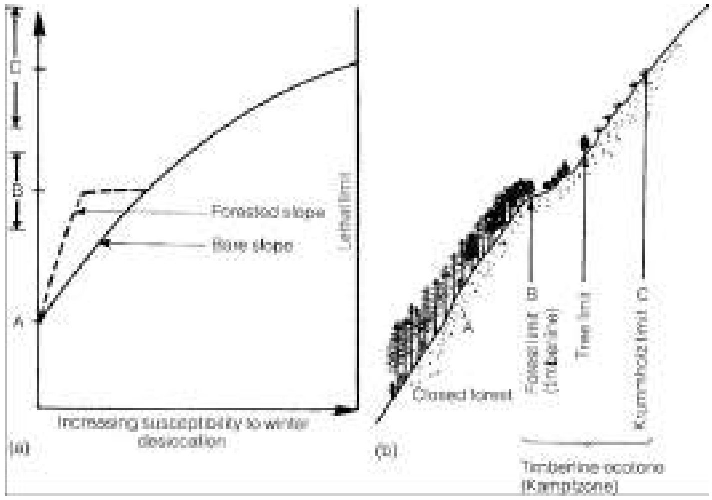
خطوط الأشجار ألألبية Alpine timberline

إن الحدود ألهامشية للغابات القطبية وتحت ألقطبية (غابات ألسفوح تحت خط ألأشجار ،منطقة الألب) لها خطوط أشجار تتميز بانخفاض درجات ألحرارة عندها ، وفي ألحقيقة هناك عدة سطوح صغيرة تتميز بنفس ألظروف ألبيئية ، إن خط ألأشجار ألألبي يصبح أقل ارتفاعا وذلك بالابتعاد عن خط ألاستواء إلى أن يصل إلى نفس ألمستوى من سطح ألبحر عند ألأقطاب ، والعامل ألجوهري ألذي يحدد خط الشجار هو ألانخفاض في درجات ألحرارة مع الارتفاع وزيادة خطوط ألعرض ، وفي ألنصف ألشمالي من ألكرة ألأرضية يلاحظ أن نمو ألأشجار يتوقف وذلك عند انخفاض درجة ألحرارة لأحر شهر عن 10° م ، كما أن خط الأشجار للغابات تحت القطبية يمكن أن يحدده سرعة ألرياح ألعالية ألمرتبطة بزيادة ألارتفاع وتجمع ألثلوج ، إن ألحدود ألهامشية لكل غابة تحدد بما يسمى بـالايكوتون (Ecotone) وهي عبارة عن ألمنطقة ألانتقالية ألواقعة بين نظامين بيئيين ، مثال على ذلك ألغابات ألالبية والمناطق ألمفتوحة من سفوح ألجبال ، هذا ألخط ألخشبي ألايكوتوني فوق حدود الغابة يطلق عليه الغاباتي ألبيئي مصطلح (Kampfzone) والتي تعني منطقة ألصراع والمنافسة Struggle Zone) كما موضح ذلك في ألشكل (1) ، وفي شمال أمريكا فإن خط الأشجار يطلق على ألمناطق ألبعيدة والتي يصل فيها ارتفاعات ألشجار إلى 3 م على ألأقل عند ألنضج وتكون نهايات ألتيجان حادة والأشجار متفرقة وهي توفر ملاذا للشتلات , يظهر من الشكل (1) أدناه a و b إن حساسية الأشجار تجاه التجفيف الناتج بفعل برودة الشتاء على منحدرات الجبال يعتمد على درجة الارتفاع ففي هدا الشكل يوضح بأن المخاطر التي تتعرض لها هده الأشجار تبدأ عند الارتفاع A و فوق هدا الارتفاع تصبح الظروف اكثر تطرفا ويقصر طول موسم النمو ، لدلك ليس هنالك الوقت الكافي للإبر لكي تكون وتطور ألكيوتكل المناسب لمقاومة البرد ، كما يظهر الشكل (a) أن شتاء الغابة هو اقل قسوة مقارنة مع المنحدرات العارية ، كما يلاحظ أن فوق الخط Bتصبح الظروف اكثر قساوة والتي تمثل الموقع C اذ يلاحظ بان الأشجار في هدا الموقع قد فقدت أشكالها الطبيعية كما في الشكل (2)

تأثير الميل في أشجار الغابات

يؤثر الميل في مقدار المياه الجارية على سطح الأرض وعلى المحتوى المائي للتربة كما يؤثر في قوام التربة وعمقها وتركيبها الكيميائي نتيجة لانجراف عناصر التربة وبدلك فهو يؤثر على نمو الأشجار من حيث كثافة نموها ، فالترب أسفل المنحدرات تكون اكثر عمقا ورطوبة وأغنى من حيث المحتوى من العناصر الغذائية مقارنة مع الترب في أعلى المنحدرات ، ويمكن القول بأن نمو الغابة يكون أفضل على الترب التي لها ميل معتدل مقارنة مع الترب المستوية لأن درجة الميل المعتدلة تسهم في تصريف المياه بشكل جيد

Dr.Ibrahim



الشكل (1) خط الأشجار ومنطقة التنافس والصراع عند الارتفاع

Dr. Ibrahim

لاحظ شكل العلم لأشجار الشوح عند الارتفاعات العالية في كندا الشكل (2)

تصنيف أراضي الغابات طبقا لدرجة الميل حسب Grebe 1886

1 - أراضي ذات الميل البسيط من خمس إلى عشر درجات

2 - أراضي ذات الميل المتوسط من 11° إلى 20°

3 - الأراضي المنحدرة من 21° إلى 30°

4 - الأراضي شديدة الانحدار من 31° - 45°

5 - الأراضي شديدة الانحدار وهي اكثر من 45°

ان الميل المفضل للغابات هو مابين خمسة إلى ثلاثين درجة أما عند 45° فيصبح نمو الأشجار صعبا

تأثير اتجاه المنحدر في نمو الغابات

يؤثر اتجاه السفح في نمو الغابات من حيث توزيعها ونموها عن طريق تأثيره في درجة الحرارة ورطوبة التربة بصورة رئيسية ، لدا فإن طبيعة النبت الغابي يختلف عند السفوح الحارة المعرضة للإشعاع الشمسي والرياح مقارنة مع السفوح الأقل عرضة لها

في النصف الكرة الشمالي وعند خطوط العرض الخاصة بمنطقتنا فإن السفوح الشمالية تحصل على كمية من الحرارة اقل من الواجهات الجنوبية والتي يكون نصيبها من الأشعة العمودية اكثر والتي تعمل على رفع درجة الحرارة لهده الواجهات

يلاحظ أن أشجار الغابات تصل إلى ارتفاعات اكبر عن مستوى سطح البحر عند السفوح الجنوبية مقارنة مع السفوح الشمالية ضمن منطقة التوزيع الطبيعي

ان السفوح الشمالية في النصف الكرة الشمالية تكون محمية من الشمس المباشرة خلال فترة زمنية طويلة من اليوم مما يجعلها باردة وذات رطوبة عالية في الجو والتربة ، مما يؤدي إلى نمو جيد للغابات وخاصة تحت ظروف بلدنا لأن عامل الرطوبة هو العامل الأساسي بالنسبة للنمو في بلدنا أما في البلدان الباردة فإن السفوح الشمالية تكون اقل ملائمة لنمو الغابات مقارنة مع السفوح الجنوبية الحارة

يلاحظ على السفوح الجنوبية الجافة والحارة إن النبت ألغابي يبدأ نموه مبكرا ويتعرض أحيانا إلى خطر الصقيع للصقيع المتأخر ، وتكون أكثر عرضة للحرائق مقارنة مع الشمالية كما أن المواد العضوية تتحلل بسرعة إلا اذا كان اسفح جافا جدا

إما السفوح الشرقية فان الإشعاع الشمسي يصلها في وقت مبكر وتكون محمية من الرياح الغربية والجنوبية الغربية وتكون محمية من الشمس خلال الفترات الأشد حرارة خلال النهار لدا فإن هده السفوح تكون مناسبة لنمو الأشجار وتتميز عادة بمجموعات غاباتية كثيفة مع زيادة في النمو وتكون أخشابها بنوعية جيدة أيضا

أما السفوح الغربية فهي تكون حارة وجافة ولكن بدرجة اقل من السفوح الجنوبية ، إن تأثر اتجاه السفوح يتعلق أيضا بخطوط العرض حيث يزداد بالابتعاد عن خط الاستواء ، كما يتغير هدا التأثير حسب ميل الأرض على هده السفوح وحسب التيارات الهوائية السائدة على السفح ، لدا يجب ذالأ خ بنظر الاعتبار اتجاه السفوح عند عمليات التشجير سواء كانت بالبدور أو الشتلات في المناطق الجافة ، إذ تكون السفوح الشمالية هي الأكثر ملائمة للتشجير مقارنة مع الجنوبية ، كما يجب إتباع طرق تربوية خاصة بالنسبة للغابات على السفوح الجنوبية الحارة والجافة ودلك بالمحافظة على الغطاء النباتي ومنع القطع الكلي حفاظا على التربة من التدهور وعلى رطوبة الموقع ، كما يفضل في البلدان قليلة الأمطار أو ذات الأمطار المتوسطة إنشاء مشاتلها على السفوح الشمالية ويمكن بهده الحالة حمايتها من خطر الصقيع الربيعي كما إن الرطوبة العالية تشجعها على النمو وتحميها من الجفاف نسبيا.

Dr. Ibrahim

• 3- الخواص البيوكيميائية والكيميائية للتربة والنبت الحراجي

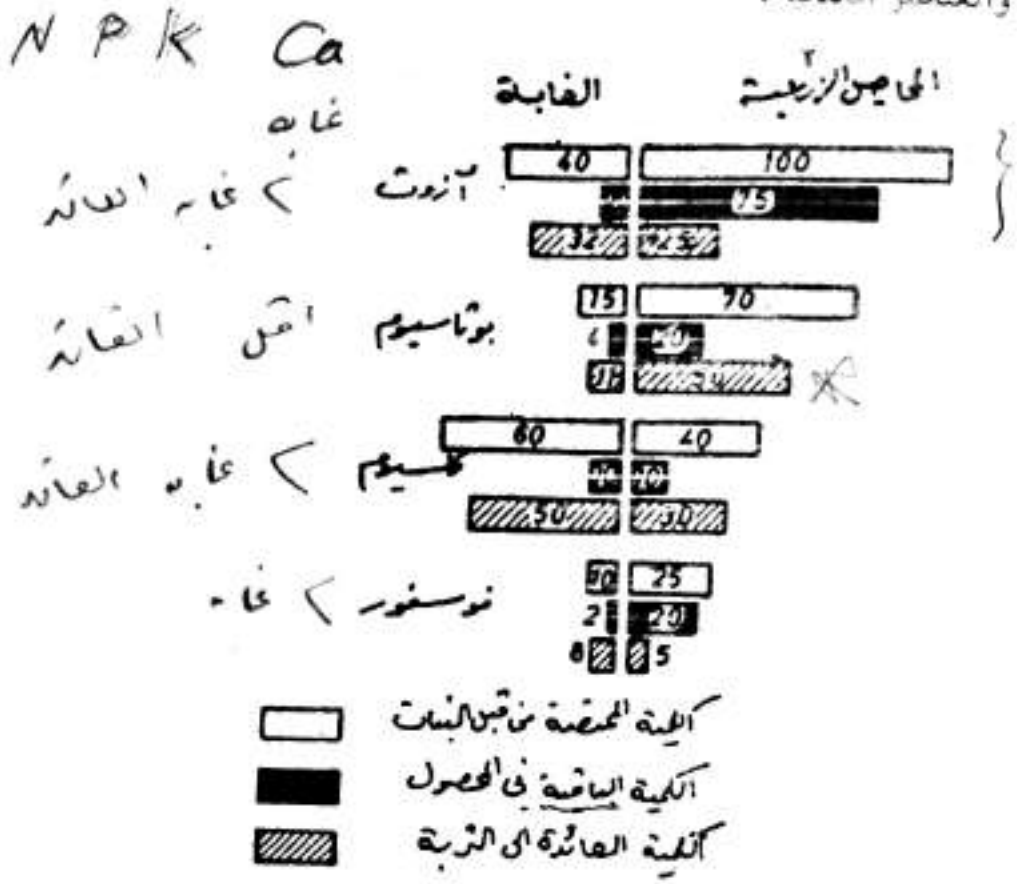
تمهيد

إن النبت الحراجي يستهلك في تغذيته المعدنية كمية من الأزوت والعناصر المعدنية المختلفة أقل مما تستهلكه المزروعات . إن الشكل التالي يبين نسبة العناصر الممتصة من التربة والمستعملة في جسم النبات وذلك بالنسبة للنبت الحراجي والمحاصيل الزراعية.

نختصر فيما يلي أهم العوامل البيولوجية التي تحدد هذه النسب :

- إن الاحتياجات الكلية من الأزوت والعناصر المعدنية بالنسبة لوحدة الإنتاج في الغابة هي أقل منها بالنسبة للمحاصيل الزراعية . وهذا يعود إلى أن الخشب ، وهو المادة الرئيسة المستثمرة في الغابات ، مؤلف بصورة أساسية من مواد كربوهيدراتية وفقير بالبروتينات وبالعناصر المعدنية. أما المحاصيل الزراعية التي

تستمر لبذورها أو لثمارها أو لجذورها ... الخ فإنها تستهلك كميات كبيرة من الأزوت والعناصر المعدنية.



مقارنة بين الكميات التقريبية للعناصر الممتصة والباقية في النبات والعائدة إلى التربة بالنسبة للمحاصيل الزراعية وللغابات

(عن Baker, 1952)

- إن جزءاً بسيطاً جداً من المواد الغذائية الممتصة من التربة الحراجية يبقى في جذع الشجرة الذي هو مصدر الخشب، أما الجزء الأكبر من هذه المواد فيبقى في الأوراق وفي الفروع الرفيعة والتي تسقط إلى أرض الغابة فتتحلل وتعيد بذلك إلى التربة المواد الغذائية الداخلة في تركيبها.

- تتميز الأشجار الحراجية بجذورها العميقة التي تشغل حجماً كبيراً من التربة مما يساعدها على امتصاص العناصر المعدنية من أعماق كبيرة. كما أنها تعمر مدة طويلة من الزمن، وبذلك فإنه ليس من الضروري أن يكون تركيز العناصر الغذائية عالياً في وحدة الحجم في التربة الحراجية كما هو ضروري بالنسبة

للمحاصيل الزراعية ذات الجذور السطحية والتي لاتبقى في التربة إلاّ لفترة قصيرة من الزمن .

إضافة إلى ذلك فإن نواح مختلفة من التغذية الآزوتية تظهر لها أهمية كبرى في الغابات للأسباب التالية :

- إنه من الصعب جداً إعادة الآزوت المستهلك إلى تربة الغابة بالطرق الطبيعية، كما أنه من المستحيل اقتصادياً إعادته بالطرق الاصطناعية في الغابات الطبيعية ماعدا في بعض حالات التشجير الحراجي بالأصناف الاقتصادية ذات النمو السريع مثل الحور وبصورة خاصة بالنسبة لظروف بلادنا .
- إن الآزوت قابل للضياع بسهولة من تربة الغابة عن طريق الحرائق والانجراف .
- إن سرعة تحلل البقايا العضوية تتعلق بالشروط البيئية للموقع من جهة وبنوعية النبت الحراجي السائد في الموقع والتي تحدد النسبة C/N لهذه البقايا، من جهة أخرى. ومن المعروف أن الرطوبة ودرجة الحرارة و C/N توجه إلى حد كبير عملية التحول إلى دبال وبالتالي كمية الآزوت المعدني الميسور للتغذية . وبناءً على ذلك فإن المحافظة على المدخرات الآزوتية في تربة الغابة من النواحي الكمية والنوعية تتطلب طرقاً تربوية خاصة ونوعاً خاصاً من استثمار الأراضي غير معروف في الزراعة .
- إن المخروطيات عامة والصنوبر خاصة، إضافة إلى بعض الأشجار ذات الأوراق العريضة المستديمة الخضرة ، لاتحتاج إلاّ لكمية قليلة جداً من العناصر المعدنية لنموها، وهذا ما يفسر وجودها على الترب قليلة الخصوبة .

يوضح الجدول التالي استهلاك الأشجار الحراجية للعناصر المعدنية من التربة مقارنة مع المحاصيل الزراعية استناداً إلى قياسات اخذت خلال مئة عام في محطات تجارب في أوروبا الغربية (*In* RENNIE, 1955) :

نوع المحصول	الاستهلاك من التربة خلال مئة عام كغ/هكتار		
	Ca	K	P
صنوبر	502	235	52
مخروطيات أخرى (شوح، تنوب ...)	1052	578	101
أشجار متساقطه الأوراق (سنديان)	2172	556	124
محاصيل زراعيه في دورة زراعية (شوفان، بطاطا...الخ)	2422	7413	1063

يوضح الجدول أن الصنوبر هو قليل الاستهلاك جداً للكالسيوم والبوتاسيوم والفوسفور وتأتي بعده مخروطيات أخرى مثل الشوح والتنوب ، ثم الأشجار ذات الأوراق العريضة متساقطة الأوراق كأنواع السنديان، ثم المحاصيل الزراعية التي هي عالية الاستهلاك للعناصر المعدنية مقارنة مع الأشجار الحراجية ، لاسيما الصنوبر إذ أنها استهلكت خلال مئة عام خمسة اضعاف تقريباً من Ca و (30) ضعفاً من K و (20) ضعفاً من P مما استهلكه الصنوبر . ومن بين الأشجار الحراجية فإن الأشجار العريضة الأوراق المتساقطة هي أكثر استهلاكاً بكثير لهذه العناصر من الصنوبر .

ويمكن تصنيف الأشجار الحراجية تبعاً لاستهلاكها للعناصر المعدنية تصاعدياً على النحو التالي :

- الصنوبر : وهو قليل الاستهلاك جداً .
- الشوح والتنوب ، عريضات الأوراق المستديمة وهي متوسطة الاستهلاك .
- الأشجار ذات الأوراق العريضة المتساقطة وهي الأكثر استهلاكاً .

3-1- التغذية الآزوتية للنبت الحراجي

3-1-1- دورة الآزوت في الغابة

إن دورة الآزوت في الغابة، كما هي ظاهرة في الشكل ( )، هي عملية معقدة مرتبطة ارتباطاً وثيقاً بخواص المادة العضوية وبالخواص الميكروبيولوجية لتربة الغابة. ولسهولة عرض الموضوع يمكن أن نبين في هذه الدورة الطرق الأربع التالية :

أ – الطريق الأولى أو الأساسية Main cycle; Cycle principal

وفيها يعود الأزوت الموجود في الأوراق والبقايا النباتية المختلفة المتساقطة إلى أرض الغابة. كما تشكل هذه الأوراق والبقايا النباتية طبقة فوق التربة تسمى الغطاء الميت أو العرشة او الأفق A_0 وهي تتحول تحت تأثير الشروط البيئية للموقع . وينتج عن هذا التحول تشكل مادة غروية هي الدبال وتحرر الازوت من المركبات المعقدة تحت تأثير الكائنات الحية الدقيقة في التربة .

إن طبقة الغطاء الميت أو الأفق A_0 غير متجانسة وتتألف من طبقات في حالات مختلفة من التحول وتقسم إلى ما يلي :

الأفق A_{01} (ويُرمز له أيضاً بالأحرف A_{00} او L) وهو يتألف من الأوراق والبقايا النباتيه غير المتحللة بعد .

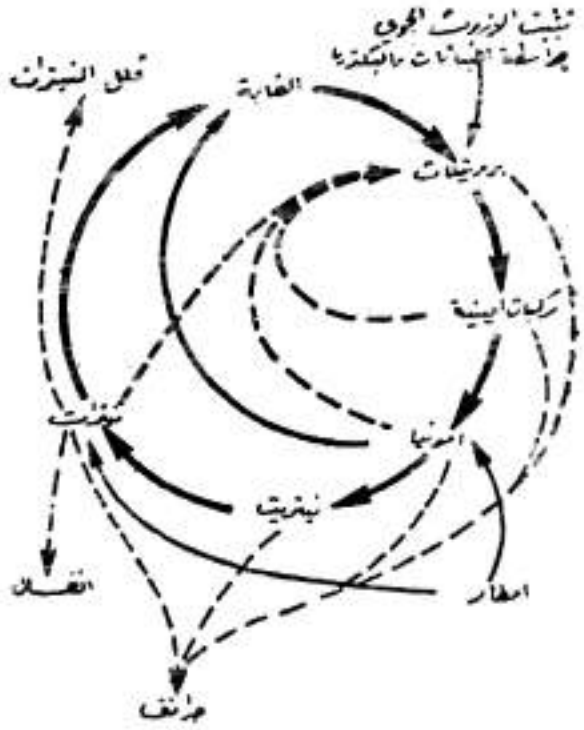
الأفق A_{02} (ويُرمز له أيضاً بالحرف A_0 فقط) وهو يوجد تحت الأفق A_0 وينقسم بدوره إلى :

- أفق F ، وهو طبقة تكون فيها التحولات نشطة جداً ولكن الطبيعه الفيزيائية للمواد التي هي في طور التحلل لاتزال مرئية ، كما أن المواد البطيئة التحلل لاتزال تظهر في شكلها الأصلي .
- أفق H ، وهو طبقة مؤلفة من مادة عضوية بصورة صافية وقد تغير شكلها الفيزيائي. وهي تظهر بشكل كتلة غير متبلورة، بنية غامقة، وغير مختلطة مع التربة المعدنيـــــة .

إن هذه الطبقة H هي التي تشكل فعلياً الأفق الدبالي في تربة الغابة . تحت الأفق A_0 ، نجد الأفق A_1 ، وهو طبقة تتألف من عناصر التربة المعدنية مختلطة مع الدبال. تختلف سماكة هذه الأفاق كما تختلف كمية الدبال ونوعيته فيه حسب أنواع التربة.

١ ـ ١ـ مراحل تحول البقايا العضوية في التربة

إن البقايا النباتية والحيوانية المتنوعة تتحول تحت تأثير الكائنات الحية الدقيقة الموجودة في التربة وينتج عن هذا التحول عناصر معدنية وآزوتية قابلة للذوبان في الماء أو غازية مثل NH_3 و NO_3H و CO_2 ومركبات عضوية أخرى يطلق عليها اسم المركبات الدبالية . وسنبين فيما يلي تحولات العناصر الأساسية التي تدخل في تركيب الخلايا النباتية مثل السيللوز والهيميسللوز والليغنين والبروتين . تستفيد الأشجار من المركبات الآزوتية البسيطة الناتجة عن هذا التحول في تغذيتها الآزوتية، أما الدبال فيبقى في التربة ويلعب دوراً هاماً في خواصها الفيزيائية من جهة وفي التغذية الآزوتية للأشجار من جهة أخرى .



دورة الآزوت في الغابة

الخط السميك الكامل يبين الطريق الآزوتي من دورة الآزوت في الغابة .

الخط السميك المتقطع يبين الطريق الثانوية في هذه الدورة .

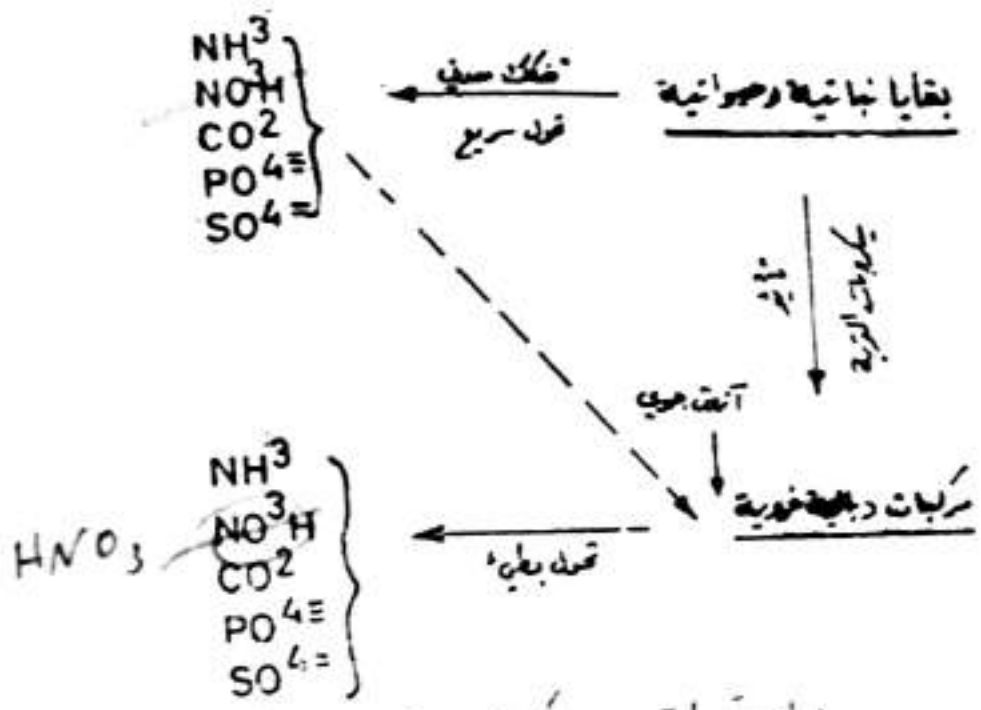
الخط الرفيع الكامل يبين الآزوت الخارجي المضاف الى التربة .

الخط الرفيع المتقطع يبين ضياع الآزوت

(عن Bakuzis, 1950)

آ -1-1- تحولات البروتين

يحدث هذا التحول عادة على ثلاث مراحل رئيسة عند توفر الشروط اللازمة وهي التالية :



التفسخ Putréfaction

تتفسخ البقايا العضوية النباتية والحيوانية تحت تأثير العنفات Moisissures مثل الفوزاريوم *Fusarium* والبكتريا ، فتتحول البروتيدات إلى أحماض أمينية ومواد أخرى مثل الجولة وغاز كبريت الهيدروجين وغاز CO_2 والسكاتول، ويؤدي التفسخ أيضاً إلى تشكل الدبال . تزداد سرعة التفسخ مع ازدياد درجة الحرارة .

النشدرة Ammonification

وينتج عنها تشكل أملاح الأمونياك (النشادر) اعتباراً من الأحماض الأمينية والجولة .

إن نسبة NH_3 الناتج عن هذه العملية تتناسب عكساً مع النسبة C/N للبقايا النباتية لأنه، في هذه الحالة، يُعاد استعمال NH_3 لتركيب المواد الدبالية والتي تتميز بنسبة C/N منخفضة .

- النشدرة في الأوساط المعتدلة أو الحامضية قليلاً وتتم في ثلاث مراحل :

- المرحلة الأولى وهي تنتج عن نشاط بعض أنواع البكتريا التي تعمل بشكل جماعي مثل *Bacillus mycoides* و *Bacillus proteus* و *Bacillus mesentericus* و *Pseudomonas fluoreseens* . وينتج عن هذا النشاط كمية متزايدة من NH_3 .
- المرحلة الثانية وتنتج عن نشاط فطريات الأكتينوميسيت *Actinomycetes* وتصبح النشدرة هنا في حدها الأعظمي ويناسب ذلك انتشار أكبر كمية من NH_3 .
- المرحلة الثانية : وعندها يُعاد استعمال جزء من NH_3 من قبل الفطريات .

- النشدرة في الوسط الحامضي $pH < 5$.

في هذه الحالة يكون نشاط البكتريا ضعيفاً وكذلك يكون إنتاج NH_3 ضعيفاً لأن النسبة C/N تكون مرتفعة في هذه الأوساط حيث يكون الدبال من نوع المور . أما إنتاج NH_3 فينتج بصورة رئيسة في هذه الحالة عن نشاط الميكوريزا الخارجية *Ectotrophic mycorrhiza; Mycorrhizes ectotrophes* الناتجة عن تعايش بعض الفطريات من نوع البازيديوميسيت الحامضية *Acidiphilus basidiomycetes; Basidiomycètes acidiphiles* مع جذور الأصناف النباتية التي يمكنها أن تعيش في الترب ذات الدبال الحامضي مثل أنواع الصنوبر *Pinus* .

النترجة Nitrification

وفيها يتأكسد NH_3 أولاً إلى حمض النيتريت NO_2H ومن ثم إلى حمض النيتريك NO_3H في مرحلتين :

التنشدة Nitrosation

وفيها يتحول الأمونياك إلى حمض النيتريت ، وهذا الأخير يتحول بدوره إلى نيتريت بإتحاده مع القواعد الموجودة في التربة . يجري هذا التحول بوساطة بكتريا نيتريزية مثل *Nitrosomonas* .

النترتة أو التحول إلى نيترات Nitratation

وفيها يتأكسد حمض النيتريت والنيتريت ويتحولان إلى حمض النتريك NO_3H (مثلاً NO_3Na) وذلك بوساطة بكتريا نيترية مثل *Nitrobacter* .

$$2NO_2H + O_2 \longrightarrow 2NO_3H$$

$$2NO_2Na + O_2 \longrightarrow 2NO_3Na$$

تتأثر عملية النترجة في الغابة بالعوامل التالية :

تنشط عملية النترجة في شروط من الرطوبة ودرجة الحرارة المثالية بالنسبة للنبت الحراجي كما تنشط في شروط جيدة من التهوية .

تتأثر عملية النترجة بكمية الكالسيوم الموجودة في التربة والتي تتصل عادة بقيمة pH التربة . إن الترب الحامضية غير المناسبة لنشاط النيتروبكتيريا وخصوصاً في حال غياب الكالسيوم، أي في الترب الحامضية جداً الشديدة الانغسال أو البودزولية . وفي مثل هذه الترب الحامضية يمكن تنشيط عملية النترجة عن طريق تحسين نوع الدبال بالطرق التربوية (اختلاط الأصناف) .

إن النترجة تكون في حدها الأعظمي في الترب التي تتميز بدبال من نوع المول وبصورة خاصة المول الكلسي .

تتأثر عملية النترجة كثيراً بالنسبة C/N في التربة حيث تنخفض مع ارتفاع هذه النسبة وبالعكس .

تحدث عملية النترجة بصورة طبيعية في كل أنواع الترب ماعدا في الترب البودزولية (وهي لاتوجد في بلدنا) ، إلاّ أن كمية الآوزت النيتراتي في الترب الحراجية تبدو أقل بكثير من مثيلاتها في الترب الزراعية، بينما تكون نسبة الآزوت الأمونياكي أعلى من نسبتها في الترب الزراعية (Lunt,1935) ، غير أن الأشجار الحراجية تستطيع امتصاص الآزوت النيتراتي والأمونياكي على حد سواء .

في حالة الترب المغمورة بالماء يقف تحول المواد العضوية عند النشدرة . من الناحية الزراعية يجب دوماً التمييز بين المادة العضوية الطازجة (بقايا المزروعات، الأسمدة الخضراء، السماد البلدي) والمادة العضوية المتحولة إلى دبال . فعندما نضيف إلى أرض ما مادة عضوية طازجة ، نلاحظ أن 60% إلى 70% منها يزول في مدة سنتين و ثلاثة (مرحلة التحول السريع) ويبقى في هذه التربة مادة دبالية لاتتفكك إلاّ ببطء شديد وبنسبة تقارب 1.5– 2 ٪ بالسنة (Henin & Dupuis, 1945) . في الأراضي الحراجية وتحت غطاء نباتي دائم فإنه يوجد بين التربة والأشجار دورة للعناصر المعدنية. ففي الغابات العزراء يمكننا أن نؤكد بأنه توجد " دورة مغلقة " وذلك لأن الغابة تعيد إلى التربة بواسطة الأوراق المتساقطة القسم الأكبر من العناصر المغذية التي أخذتها من التربة. تكون هذه الدورة سريعة عندما تكون الشروط الطبيعية ملائمة للنشاط البيولوجي وتتحول المواد العضوية إلى دبال من نوع المول Mull يختلط مع عناصر التربة ويحسن من بنيتها . أما في حالة وجود شروط غير ملائمة للنشاط البيولوجي (مناطق باردة جداً) فإن المواد العضوية تتحول ببطء شديد وتعطي نوعاً من الدبال يدعى المودر Moder أو المور Mor فيتراكم فوق سطح التربة، وفي هذه الحالة لاتستفيد الأشجار إلاّ قليلاً من العناصر المغذية الناتجة عن هذا التحول كما لاتتحسن بنية التربـــة.

أ-1-2 - تحولات السيللوز

يحدث هذا التحول تحت تأثير كائنات حية دقيقة ، ولكن حسب درجة تهوية التربة يمكن أن يحدث بواسطة كائنات هوائية Aeorobic; aérobiques أو لاهوائية Anaeorobic; anaérobiques :

- التحول الهوائي : في الترب المعتدلة أو الحامضة قليلاً تتحول الألياف السيللوزية المعقدة بوساطة بكتريا هادمة للسيللوز Cellulolytic; Cellulolytiques مثل فئة *Cytophaga* و *Cellvibrio* إلى جزئيات أقل تعقيداً ، وبعد ذلك تؤثر عليها أنواع مختلفة من البكتريا مثل *Cellulomonas* و *Pseudomonas* . إن هذه البكتريا تؤثر أيضاً في النشا والهيميسللوز . أثناء هذه التحولات الهوائية لايزول السيللوز وإنما يتحول إلى مركبات متعددة السكريات ومركبات أورونية . ويعتقد أن هذه المركبات تساعد بصورة غير مباشرة على تركيب الأحماض الدبالية وذلك لأن كثيراً من الفطور مثل *Actinomycetes* التي تقوم بتركيب الأحماض الدبالية لاتستطيع أن تمثل بصورة مباشرة الجزيئات المعقدة للسيللوز ولكنها تستطيع أن تحول المركبات البكتية Pectic compounds; Composés pectiques الناتجة عن البكتريا إلى نوى كينونية Noyaux quinoniques التي تميز الأحماض الدبالية. في الترب الحامضية ينخفض كثيراً نشاط البكتريا الهادمة للسيللوز ويحل محلها فطريات من أنواع مختلفة .

- التحول اللاهوائي : في الترب أو في الآفاق المغمورة بالماء وغير المهواة يجري هدم السيللوز بواسطة البكتريا اللاهوائية فقط . ويمكن التمييز بين فئتين من البكتريا الهادمة للسيللوز اللاهوائية :

- البكتريا اللاهوائية غير أليفة الحرارة Non thermophilous; Non thérmophiles : وهي تابعة للأنواع *Caduceus* و *Clostridium* و *Plectridium* . إن هذه

البكتريا تحول السللوز إلى أحماض دسمة (حمض الخل وحمض البوتيريك) مع تصاعد CO_2 و H_2 . ولكن في معظم الأحيان تتحول هذه الأحماض من جديد بواسطة عمليات تخمر تسمى التخمر الميثاني Methanic fermentation; Fermentation méthaniques وذلك بواسطة *Methanobacterium* و *Methanosarcina* .

فمثلاً بالنسبة لحمض الخل :

$$CH_3CO_2H \longrightarrow CO_2 + CH_4$$

وهكذا نستنتج مما تقدم أن السللوز يزول بصورة تامة في التحولات اللاهوائية ويتحول إلى مواد غازية مثل CO_2 و H_2 و CH_4 ، أي على عكس ما يحدث في التحولات الهوائية .

- البكتريا اللاهوائية أليفة الحرارة Thermophilous; Thérmophiles : إن درجة الحرارة المثالية لهذه البكتريا هي 50 مْ وهي تابعة للنوع *Therminosporus* وتلعب دوراً هاماً في عمليات تخمر الذبل البلدي .

آ-1-3- تحولات الليغنين

إن الليغنين مادة مقاومة جداً لتأثير الميكروبات، فعندما تدخل بنسبة كبيرة في تركيب الخلايا النباتية فإنها تؤخر بصورة كبيرة عمليات هدم السيللوز. وبصورة عامة فإن الأنسجة الغنية بالليغنين تكون عادة فقيرة بالبروتين، أي تكون نسبة C/N فيها مرتفعة جداً، وهذا ما يفسر لماذا يكون تحول هذه الأنسجة بطيئاً جداً، كما هو الحال في الأغصان والأخشاب .

لايجري تحول الليغنين بصورة تامة إلاّ في الأوساط الشديدة التهوية والقليلة الحموضة وذلك بواسطة بعض الفطريات مثل *Basidiomycètes* وبعض البكتريا من نوع *Pseudomonas* .

أ – 2 – العوامل التي تؤثر في تطور المواد العضوية

يمكن تقسيم هذه العوامل إلى قسمين : العوامل الخارجية والعوامل المتعلقة بالبقايا العضوية .

* العوامل الخارجية

وهي العوامل المناخية والعوامل الأرضية وبصورة خاصة الصخرة الأم .

* العوامل المناخية

تلعب هذه العوامل دوراً هاماً في تطور المواد العضوية . يتطلب التطور السريع للمواد العضوية درجة حرارة مرتفعة ورطوبة كافية (ولكن غير زائدة)، وذلك لأن نشاط بكتريا التربة يكون كبيراً في مثل هذه الشروط .

ففي البلاد القطبية وفي المناطق الجبلية المرتفعة الباردة تتحول المواد العضوية ببطء شديد بسبب انخفاض درجة الحرارة فتتراكم فوق سطح التربة وتعطي دبالاً حامضياً يدعى المور Mor لايختلط مع التربة ولايحسن من بنيتها . أما في البلاد الاستوائية وفي المناطق الرطبة من البحر الأبيض المتوسط فتتحول المواد العضوية بشكل سريع وينتج عنها تشكل نوع من الدبال يسمى المول Mull .

إن هذا النوع من الدبال يختلط مع عناصر التربة المعدنية ويعطي للتربة بنية جيدة .

إن المناخ الموضعي Microclimate; microclimat يقوي تأثير المناخ العام في اتجاه معين أو في اتجاه آخر . فعلى السفوح الجنوبية الحارة مثلاً في الجبال الساحلية حيث يكون الجو جافاً نسبياً وعلى السفوح الشمالية الباردة يبطؤ تحول المواد العضوية. أما على السفوح الغربية التي تكون رطبة وحارة نسبياً فإن تحول المواد العضوية يكون أسرع.

إن قطع الأشجار داخل غابة ما وتعريض الدبال إلى الأشعة الشمسية المباشرة يساعد على سرعة تحول المواد العضوية، وكذلك الحرائق فإنها تزيد من سرعة تحول

المواد العضوية. فإذا توالت الحرائق على منطقة معينة فإنها تسبب زوال المواد العضوية بكاملها داخل التربة فتقل خصوبتها ويسهل انجرافها تحت تأثير الأمطار والرياح .

* الصخرة الأم

تلعب الصخرة الأم دوراً هاماً في تطور المواد العضوية بواسطة مدخراتها بالكاتيونات القلوية والقلوية الترابية. إن ارتفاع نسبة هذه الكاتيونات في الصخرة الأم يزيد من النشاط البيولوجي داخل التربة .

إن الصخور الكلسية والصخور البلورية القاعدية تزيد النشاط البيولوجي داخل التربة نظراً لغناها بالقواعد وتؤدي إلى تشكل المول ماعدا في المناطق الجبلية المرتفعة حيث يضعف البرد نشاط بكتريا التربة . هذا وإن غنى الصخور بالقواعد ينشط أيضاً عملية التحول إلى دبال Humification ، أما على الصخور الرملية والفقيرة بالقواعد فإن النشاط البيولوجي يكون ضعيفاً وينتج عن تحول المواد العضوية دبال حامضي من نوع المور والمودر .

*العوامل المتعلقة بالبقايا العضوية

تؤثر البقايا النباتية التي تعود إلى التربة في نوع الدبال المتشكل بواسطة ثلاث خواص أساسية :

- نسبة الآزوت فيها .
- كمية الكاتيونات القلوية والقلوية الترابية (الرماد) .
- كمية المواد العضوية القابلة للذوبان .

وبصورة عامة فإن الأنسجة الفتية القليلة التخشب تكون غنية بالآزوت وبالمواد العضوية القابلة للذوبان وبالكاتيونات فتتحول بسرعة ، بينما تكون الأنسجة المسنة متخشبة وفقيرة بكل هذه المواد فتتحول ببطء .

ومن الجدير أن يذكر أن أوراق الأشجار ذات الأوراق العريضة تتحول بسرعة أكثر من ابر الصنوبريات ، كما أن اختلاط أوراق ناتجة عن أشجار متنوعة يزيد من سرعة تحولها . ولذلك فإنه من المفيد الحصول على غابات مختلطة مؤلفة من صنوبريات وأشجار ذات أوراق عريضة بدلاً من غابات صنوبرية النقية. إن الأشجار ذات الأوراق العريضة لاتعوض عن فقر الصخرة الأم بالكاتيونات وإنما ينحصر عملها بتنشيط دورة العناصر المغذية ومنع تراكم المواد العضوية فوق التربة ومنع ظهور أفق A_0 سميك . في الأراضي الفقيرة بالكاتيونات فإن الأشجار ذات الأوراق العريضة لاتحل محل الأسمدة وإنما تحسن من استعمال الأسمدة من قبل النبات .

أ –3 – أنواع الدبال

يمكن أن يوجد الدبال في الغابة، حسب الشروط السائدة في الموقع، في الحالات التالية :

- المول الكلسي Mull calcique : يتشكل هذا الدبال في الأراضي الكلسية مثل التشرنوزيم والرندزين الغنية بالكلس الفعال أو على الأقل بالكالسيوم القابل للتبادل Ca^{++} . إن هذا الدبال قلوي حيث تتراوح قيمته الـ pH بين 7,5 و 8,5 ، كما أنه غني بالأحماض الدبالية الناتجة عن التركيب الميكروبي، وتكون هذه الأحماض في حالة تجمعية أي بشكل دبال كلسي، Ca (دبال) ، الذي يبقى ثابتاً داخل التربة فلاتؤثر فيه البكتريا ويعطي للتربة بنية ممتازة . في الأراضي التي تحتوي على مثل هذا الدبال يكون الأفق A_0 قليل السماكة نظراً لسرعة تحول البقايا العضوية، أما في الأفق A_1 فيكون سميكاً وذي لون مائل إلى السوداء كما تكون النسبة C/N في A_1 تقارب العشرة .
- المول الحامضي Mull acid : وهو يتشكل في الغابات المؤلفة من أشجار ذات أوراق عريضة وفي أراض غير كلسية، وهو حامضي حيث تتراوح قيمة الـ pH

بين 5 و 6,5 ، أما النسبة C/N فتتراوح بين 15 و 20 ، وهو يعطي بنية جيدة للتربة كما يكون الأفق A_0 ظاهراً تماماً .

- المودر Moder : وهو حامضي (pH أقل من خمسة) والنسبة C/N وتتراوح بين 15 و 25 ، وهو فقير بالكاتيونات ولايعطي للتربة بنية جيدة بسبب عدم امتزاجه مع الغضار . إن وجوده في التربة يسهل من انغسال الحديد والكاتيونات المختلفة .

- المور Mor : ويطلق عليه أيضاً اسم الدبال الخام Humus brut ويصادف في المناطق الباردة وغالباً في الغابات الصنوبرية وفي الأراضي الفقيرة جداً بالقواعد، وهو حامضي جداً حيث تتراوح قيمة الـ pH بين 3,5 و 4,5 ، أما النسبة C/N فتزيد عن العشرين وقد تصل إلى 45 . يكون النشاط الميكروبي ضعيفاً وبالتالي تكون تغذية النباتات صعبة، هذا وإن الأفق A_0 يكون سميكاً جداً فيمتص الماء ولايعطيها إلاّ بصعوبة للنباتات . يسهل هذا الدبال انغسال الكاتيونات المختلفة . لم يعثر على هذا النوع من الدبال في سورية .

- الطورب Tourbe : تنشأ الطورب في الأراضي المغمورة دوماً بالمياه حيث تكون التهوية سيئة . ففي هذه الشروط يكون تفكك المواد العضوية وتحولها إلى دبال بطيئين جداً نظراً لقلة الكائنات الحية التي يمكن أن تعيش في هذه الشروط، فتتراكم المواد العضوية بشكل طبقات سميكة متشربة جداً بالماء ومؤلفة من بقايا عضوية متحولة جزئياً ، وبصورة خاصة من مادة الخشبين المتبقية بعد زوال السيللوز . لاتختلط الطورب مطلقاً مع عناصر التربة فتبقى بشكل طبقات فوق التربة المعدنية . يوجد نوعان من الطورب :

- الطورب الكلسية : وهي تنشأ على الأراضي الكلسية المغمورة بالمياه وحيث تعيش أنواع خاصة من النباتات مثل القصب *Phragmites communis*

وبعض الأنواع من فصيلة *Cyperaceae* . إن هذه الطورب غنية بالآزوت . فالنسبة C/N أقل من ثلاثين كما أن الـ pH يكون معتدلاً أو قلوياً .

- الطورب الحامضية : وهي تنشأ داخل المياه الفقيرة بالكالسيوم وفي المناطق الجبلية المرتفعة والباردة . أما النباتات التي تعيش في هذا الوسط فهي من أنواع الطحالب Mousses إن هذه الطورب حامضية حيث تتراوح قيمة الـ pH بين 4 و 5 . كما أن نسبة الآزوت فيها ضعيفة والنسبة C/N تقارب الأربعين .

إن هذه الطور الحامضية نادرة جداً في مناطقنا ولم يعثر عليها في سورية .

- الأنمور Anmor : ينشأ هذا الدبال عندما تكون التربة مغمورة بالمياه فترة من الزمن فقط أو عندما تحتوي على ماء أرضي متحرك يتجه نحو الأعلى في موسم الأمطار فيغمر التربة لمدة من الزمن ونحو الأسفل في موسم الجفاف فتتهوى الأقسام العلوية منها .

وبعكس الطورب فإن الأنمور يختلط مع عناصر التربة .

يوجد نوعان من الأنمور :

- الانمور الكلسي : وهو ينشأ في الأراضي الكلسية .
- الانمور الحامضي : وهو ينشأ في الأراضي السيليسية الفقيرة بالكالسيوم .

يتبين لنا مما تقدم أنه يوجد في التربة الحراجية كمية كبيرة من المدخرات الآزوتية في حالة معقدة وغير ميسورة حالياً بالنسبة للنبت الحراجي وهي في تحول مستمر . هذا وإن خصوبة الترب الحراجية تتعلق بالسهولة التي يتحول فيها الآزوت من الشكل المعقد إلى الشكل الميسور (النيتراتي والأمونياكي) وهي بدورها تتعلق بطبيعة ونشاط عمليات التحول إلى دبال والتي تحول الغطاء الميت (الفرشة) إلى منبع هام من الآزوت الميسور .

ب – الطريق الثانية Secondary cycle ; Cycle secondaire

يمكن أن تحدث الطريق الثانية في التربة نفسها، وبصورة خاصة في الطبقة F حيث تقوم الكائنات الحية الصغيرة النباتية والحيوانية المتنوعة باستعمال الآزوت الموجود

في هذه الطبقة من أجل عمليات الاستقلاب Metabolism; Métabolisme الخاصة بها، وذلك عن طريق تحليل أو إعادة تركيب أو إعادة اتحاد المركبات الأزوتية بطريقة تجعلها أقل أو أكثر يسراً بالنسبة للنبت الحراجي .

وقد يحدث أن تقوم هذه الكائنات الدقيقة بمنافسة أشجار الغابة منافسة شديدة حول الأزوت ، وقد تنجح في هذه المنافسة كما يمكن أيضاً أن تهيء للأشجار مواد أزوتية ميسورة كما هو الحال بالنسبة للميكوريزا التي سنبحث عنها فيما يلي :

ب ـ 1- الميكوريزا (الفطور الجذرية) [1] Mycorrhiza; Mycorrhizes

وهي شراكة تعايشية Symbiotism; Symbiotisme بين فطر ونبات تصادف بشكل خاص في المناطق المعتدلة والشمالية الباردة وتشمل غالبية النباتات ماعدا نباتات الفصيلتين : الخردلية *Brassicaceae* والأسلية *Juncaceae* . تمثل الميكوريزا نمطاً من التكيف مع بيئات فقيرة بالعناصر المغذية المعدنية والأزوتية والمائية اللازمة لحياة النبات.

أنواع الميكوريزا

يوجد ثلاثة أنواع من الميكوريزا : ميكوريزا خارجية وميكوريزا داخلية وميكوريزا داخلية خارجية .

-الميكوريزا الخارجية Ectotrophic mycorrhiza; Mycorhizes ectotrophes

وهي توجد بشكل خاص عند النباتات الخشبية من أشجار وجنبات وجنيبات حيث يبقى الفطر خارج الخلايا الجذرية ويصادف داخل المسافات البينية لخلايا القشرة في الجذور مشكلاً شبكة فطرية حول الجذيرات يطلق عليها اسم شبكة هارتيغ Hartig وتنتشر في التربة حتى مسافة عشرين سنتيمتراً من الجذور .

تشكل الميكوريزا الخارجية النمط الغالب للميكوريزا ، وقد ظهر في الحقب الثالث وساعد النباتات على الاستفادة من الترب الغنية بالمادة العضوية التي كانت سائدة في تلك الأزمنة .

---

[1] من اليونانية - جذر rhiz ، فطر mukes

تسبب الفطور تشكل انتفاخات متنوعة على الجذيريات فيأخذ الجذير شكلاً لحمياً ومتشعباً ناتجاً، على الأرجح، عن تركيب هرموني يقوم به الفطر محرضاً بذلك الخلايا الجذرية ومؤدياً إلى انتفاخها .

إن النباتات المتعايشة مع الفطور الخارجية هي غالباً ماتكون نباتات خشبية من معرات البذور *Gymnospermae* ومن مغطاة البذور *Angiospermae* وتمثل الغالبية العظمى للنباتات الخشبية المنتشرة في المناطق المعتدلة مناخياً والمناطق الشمالية الباردة وبعض النباتات المدارية القديمة (Paleotropic, Paléotropiques) والنباتات المدارية الحديثة (Neotropic, Néotropiques) .

في المناطق المعتدلة مناخياً ومنها المنطقة المتوسطية تصادف الميكوريزا الخارجية عند الأنواع الحراجية التابعة للفصائل الصنوبرية *Pinaceae* والزانية *Fagaceae* والصفصافية *Salicaceae* ، ولاسيما عند الأنواع التابعة لأجناس ا لصنوبر *Pinus* والشوح *Abies* والتنوب *Picea* والسنديان *Quercus* والصفصاف *Salix* والحور *Populus* والزان *Fagus* . يصل عدد الأنواع الفطرية المكونة للميكوريزا في العالم إلى ما يقارب 5000 نوع . إلاّ أن عدداً قليلاً منها معروف تماماً من النواحي التصنيفية والوظيفية ونوع النبات الذي يتشارك معه . وهي تابعة للفطريات الدعامية *Basidiomycètes* والفطريات الزقية *Ascomycètes* . إن الفطر الخارجي عند جنس الصنوبر هو *Tuber brumale*. إن هذا الفطر يوجد أيضاً عند القريضة *Citus* sp.

- الميكوريزا الداخلية

Endotrophic mycorrihza; Mycorrhizes endotrophes

وهي تمثل النمط القديم للتعايش بين جذور الأشجار والفطور في الوسط الأرضي حيث يأخذ الفطر في داخل الخلية القشرية في الجذور شكلاً شجرياً أو حويصلياً.

تنتمي هذه الفطور الداخلية إلى الفطريات الزيجية *Zygomycetes* وهي تساهم في امتصاص العناصر المعدنية من التربة لصالح النبات وتصادف عند الأنواع الحراجية التابعة لأجناس القيقب *Acer* والبوقيصة *Ulmus* والدردار *Fraxinus* والدلب *Platanus* على سبيل المثال لا الحصر.

-الميكوريزا الداخلية والخارجية Ectoendomycorrhiza; Ectoendomycorrhizes

في هذا النوع من الميكوريزا يوجد الفطر في المسافات البينية لخلايا قشرة الجذور وفي داخل خلايا قشرة الجذر نفسها، وهو حديث الاكتشاف والدراسات حوله قليلة كما هو الحال عند القطلب *Arbutus* sp.

إن الأشجار التي تحتوي جذورها على ميكوريزا هي غالباً التالية :

- المخروطيات *Coniferae*: الصنوبر *Pinus* sp. ، الشوح *Abies* sp ، الأرز *Cedrus* sp. ، التنوب *Picea* sp. ، اللاريكس *Larix* sp. .
- الفصيلة الزانية *Fagaceae* : الزان *Fagus* sp. ، السنديان *Quercus* sp. ، الكستناء *Castanea* sp. .
- الفصيلة البقولية *Betula ceae* : الشرد *Carpinus* sp. ، البتولا *Betula* sp. ،
- الفصيلة الصفصافية *Salicaceae* : الصفصاف *Salix* sp. ، الحور *Populus* sp. .

اتضح في المجال الزراعي أن عمليات استخدام المبيدات وتبخير التربة والإفراط في استخدام الأسمدة الفسفاتية والآزوتية تؤدي إلى إضعاف نشاط الفطور ويمكن أن تؤدي في النهاية إلى اختفائها .

ب - 2- طبيعة العلاقة بين الفطر وجذور النباتات في الميكوريزا الخارجية

إن طبيعة العلاقة بين الفطور وجذور الأشجار لاتزال غير معروفة تماماً، ولكن من الثابت الآن أنه يوجد تعايش Symbiosis; Symbiose بين الفطور والجذور. فقد

لوحظ أن المخروطيات التي تحتوي جذورها على ميكوريزا خارجية تكون أنسجتها خالية من النيترات ، كما أن التربة التي تعيش عليها هذه الأشجار تكون فقيرة جداً بالنيترات، ومع ذلك فإن تغذيتها الازوتية تكون مؤمنة . إضافة إلى ذلك ، فإن البادرات الخالية من الميكوريزا والنامية على ترب عضوية خالية من النيترات الحرة يكون نموها ضعيفاً جداً، أما إذا جرى تلقيحها بفطور ميكوريزية فإنها تنمو نمواً جيداً . إن هذه الملاحظات تدل أن الفطور لها القدرة على تحليل المركبات العضوية المعقدة واستعمالها في عمليات التحول الغذائي الخاص بها . تمر المركبات المتحللة عبر شبكة من الميكوريزا التي تمتد داخل خلايا الجذور وتستفيد منها هذه الجذور في تغذيتها الازوتية والمعدنية ، وبالمقابل فإن الفطور تؤمن ماتحتاجه من فوسفات وسكريات من الجذور ، وهذا ما يعطيها ميزة للتمكن من التنافس مع الكائنات الحية الدقيقة في التربة .

إن أهم وظيفة للفطور هي إذن جعل المركبات المعقدة الأزوتية والفوسفورية وغيرها الموجودة في التربة ميسورة بالنسبة لجذور الأشجار بعد تحويلها إلى مركبات بسيطة سهلة الامتصاص . وقد تبين أن الميكوريزا تؤمن انتقال الكالسيوم والآزوت والفوسفور والزنك والنحاس ... الخ من وسط التربة إلى داخل النبات .

إضافة إلى ما تقدم فإن الميكوريزا تحسن من التغذية الآزوتية والمعدنية عند الأشجار بشكل ملحوظ بسبب المساحة الامتصاصية الكبيرة التي تشكلها شبكة الفطور حول الجذور، مما يسمح بامتصاص كمية أكبر من العناصر المغذية ومن الماء . وقد لوحظ أن الجذور الميكوريزية هي أكثر مقاومة لجفاف الصيف من الجذور الخالية منها .

بينت الأبحاث Bowen, 1973 أن قدرة جذور الأشجار الحاوية على الميكوريزا على امتصاص الآزوت والفوسفور والبوتاسيوم تفوق بكثير قدرة الجذور غير الميكوريزية، وهي على التوالي 1.8 و 3.2 و 2.1 مرة عما هو عليه في الجذور غير الميكوريزية ، هذا وتستطيع الميكوريزا امتصاص الآزوت والفوسفور بشكلهما العضوي.

يستنتج مما تقدم أن شبكة الفطور الخارجية تلعب دوراً هاماً في التغذية الآزوتية والمعدنية للأشجار في الترب القليلة الخصوبة والغنية بالبقايا العضوية غير المتحللة، ويتم ذلك عن طريق إفراز الفطور لأنزيمات البروتياز Protéases والفوسفاتاز Phosphatases التي تقوم بتحليل المادة العضوية المعقدة في التربة، مما يجعل الآزوت والمعادن المغذية، لاسيما الفوسفور والعناصر النادرة، ميسورة بالنسبة لنباتات الغابة .

إضافة إلى ذلك يستطيع الفطر الاستفادة من المواد المعدنية غير المنحلة في التربة عن طريق إفراز بروتونات Protons ومواد كيلاتية (كُلابية) Chélates مثل الأوكسالات تقوم بتهديم البنية البلورية للسيليكات وللفوسفات غير الذائبة مسببة تآكل المعادن المكونة للصخور، مما يساعد على تحرير العناصر المعدنية المكونة لها. وهذا ما يفسر الدور الهام الذي تلعبه الميكوريزا الخارجية في البلاد المعتدلة المناخ كبلادنا والتي تصادف فيها درجات حرارة منخفضة تبطئ من تآكل الصخور الأم وتفكك البقايا العضوية. ويعتقد بأن ظهور الميكوريزا الخارجية (منحدرة من الفطور الرمية Saprophytes الموجودة في التربة) ساهم في نمو وانتشار الأفلورا الحالية على الكرة الأرضية على حساب الأفلورا أليفة الحرارة التي كانت سائدة في بداية الحقب الثالث .

لوحظ أن وجود الميكوريزا ينشط تشكل العقد البكتيرية التعايشية عند جذور البقوليات وبالتالي يحسن من التغذية الآزوتية والفوسفورية لهذه الأشجار . والواقع أن بيولوجيا الشجرة لاتتعلق بمورثاتها فقط بل بالمجموعة النباتية التي هي في تفاعل معها في النظام البيئي الحراجي الذي يتأثر كله من حيث بنيته وتطوره وطريقة عمله بالفطور الميكوريزية المتوفرة في البيئة . وبالتالي فإن الميكوريزا تساهم في حسن عمل النظام البيئي الحراجي وفي توازنه ، لاسيما فيما يتعلق بالدورة الحيوية التي ترتبط بها التغذية الآزوتية والمعدنية لنباتات الغابة .

تأثيرات ادارة الغابات على المحصول المائي

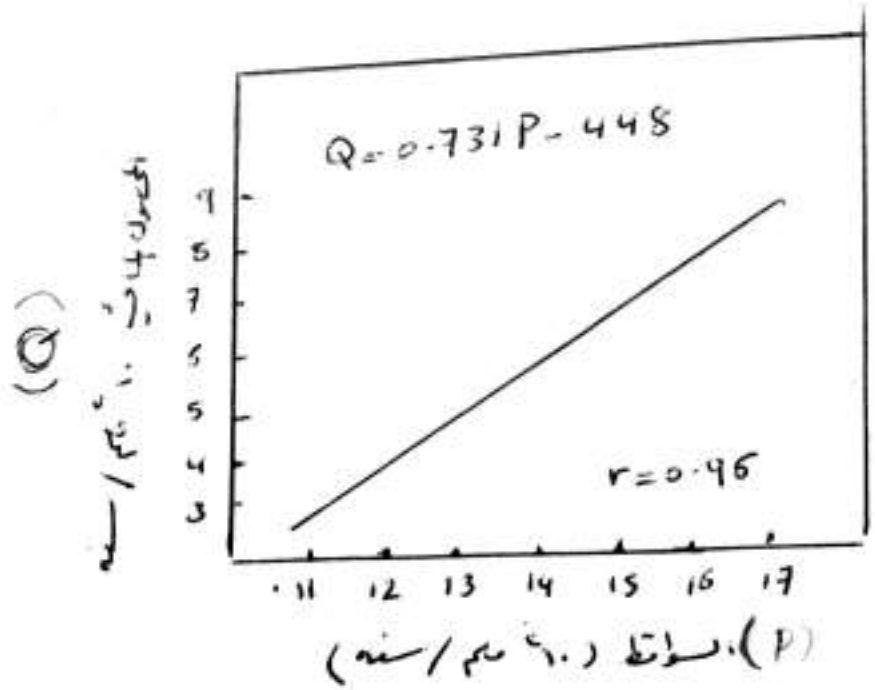
Effect of forest management on water yield

ان ازالة الغطاء الغابي لحوض النهر تعمل على زيادة حجم الجريان السريع الذي يشمل الجريان السطحي وجزء من الجريان تحت السطح فضلاً عن جريان القاعدة (base flow) وتعتبر دراسة تأثير الغطاء الغابي في المحصول المائي لحوض النهر بالطرق التالية:

١- دراسة العلاقة بين السواقط (P) والمحصول المائي (Q)

تجرى مثل هذه الدراسات على الاحواض ذات المساحة الصغيرة لفترتين الفترة الاولى تسمى فترة المعايرة والتي من خلالها يتم دراسة العلاقة بين السواقط لحوض النهر (P) مقدراً بالملم/السنة ومقدار الجريان (Q) ملم/سنة وتستمر لعدة سنوات بهدف الحصول على معادلة الانحدار تربط العلاقة بين P و Q وقد اشار Lee 1980 الى معادلة الانحدار ادناه والتي تم التوصل اليها في حوض نهر صغير

$$Q = 0.731P - 448$$



أما المقترد الثانية من الدراسة والتي تسمى فترة المعالجة فيتم خلالها حقن الشاة بالهرمون لمعرفة تأثيره ومن ثم على الحصول الحليب الذي سيحدث خلال المعالجة مقارنة مع ما كان في فترة المعايرة (ΔQ) يساوي الفرق في الحصول الحليبي الحالي في فترة التجربة والسابق في فترة المعايرة اي

$$\Delta Q = Q_i - Q$$

اذ أن Q_i هو الحصول الحليبي خلال فترة المعالجة

Q = الحصول الحليبي خلال فترة المعايرة

وبالتعويض عن قيمة Q بالمعادلة التي تم التوصل اليها سابقاً من التجارب في الحصول الحليبي يكون:

$$\Delta Q = Q_i - 0.731\, P_i + 4.48$$

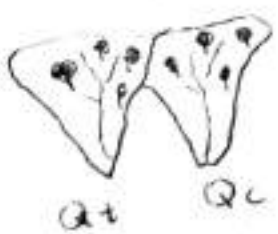
Q_i = الحصول الحليبي الكلي خلال السبوعين بعد فترة المعايرة (المعالجة)

P_i = مقدار السقوط خلال السبوعين بعد فترة المعايرة (اي في فترة المعالجة)

الطريقة الثانية:

2- معايرة حوض الشاة مع حوض شاة آخر سيطر عليه وغير خاضع للمعالجة والحوض الاول

تعد هذه الطريقة من أكثر الطرق استخداماً اذ تتم الدراسة على فترتين تعد الفترة الاولى هي فترة المعايرة اذ يتم دراسة العلاقة بين الحصول الحليبي للحوض الاول الذي يسمى بالمعالجة والحوض الثاني (حوض السيطرة Control) وكمثال على مثل هذه الدراسات هي الدراسة التي اجراها اليها (Lee, 1980) اذ كانت المعادلة التي تمت للتوصل اليها في فترة المعايرة هي



$$Q_t = 1.124\, Q_c - 7.7$$

Q_t = التصريف للحوض التجريبي (المعالجة)

Q_c = التصريف لحوض السيطرة

في فترة المعاملة والتي تأتي بعد فترة الحصاد تم فلاحة قطع الاشجار من الحوض التجريبي وتم دراسة تأثير ذلك على المحصول الحالي للحوض مقارنة مع الحوض المسيطر عليه على افتراض أن الاختلافات المسموح في الشروط والعناصر المناخية الاخرى تؤثر في كلا حوضي التجربة بشكل متساوي، وهنا نرجع الى المعادلة السابقة التي توصلنا اليها في فترة الحصاد للاعتماد عليها في حساب التغاير في مقدار المحصول الحالي الناتج عن جراء قطع الغابات إذا أن

$$Qt = 1.124\ Qc - 7.7$$

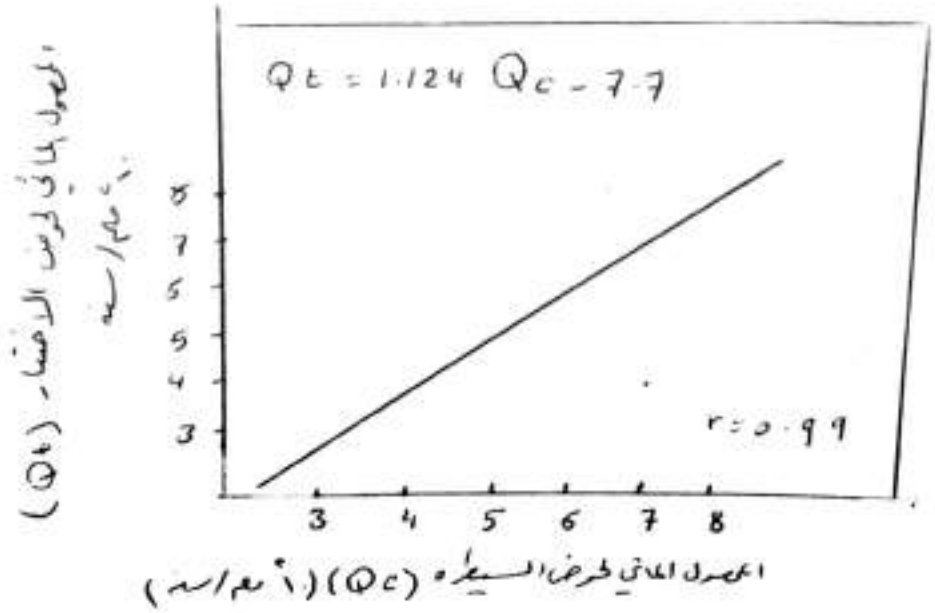
$$\Delta Q = Qt_i - Qt$$

$$\therefore \Delta Q = Qt_i - 1.124\ Qc_i + 7.7$$

ΔQ = التغاير في المحصول الحالي بعد قطع الاشجار من الحوض التجريبي

Qt_i = مقدار التصريف في الحوض التجريبي في فترة المعاملة

Qc_i = مقدار التصريف في الحوض (Control) في فترة المعاملة



القواعد العامة في زيادة المحصول المائي

١- ازالة الغطاء الغابي من حوض النهر يزيد من المحصول المائي الكلي السنوي بمقدار ٠,٠٤٠ من المتوسط الطبيعي

٢- مقدار الزيادة في المحصول المائي يعتمد على مقدار ما يقطع من اشجار الغابات من حوض النهر فيزداد المحصول المائي بزيادة القطع

٣- تحدث الزيادة المطلوبة في المحصول المائي بعد السنة الاولى من القطع

٤- تأثير القطع يقل تدريجياً مع الوقت ، وعندما يكون القطع كليا فان تأثيره يبقى لفترة اطول

ان المحصول المائي لحوض النهر يعتمد ايضاً على نوعية الغابات فيما اذا كانت غابات صنوبرية او عريضة الاوراق فالمحصول المائي في الاحواض التي تغطيها غابات الصنوبر هي اقل مقارنة مع عريضة الاوراق تحت نفس الظروف المناخية فالفرق قد يصل مابين ٥٠٠ - ١٠٠٠ ملم/سنة في حين تقديرات اخرى اعطت مدى مابين (صفر - ٣٠٠ ملم/سنة) الباحث الدنيس ، صور دراسات اجروا تجارب دقيقة في كارولينا الشمالية بالولايات المتحدة الامريكية ووجدوا ان ازالة اشجار الصنوبر الابيض من العريضة الاوراق ادى الى نقصان المحصول المائي السنوي بمعدل ١٥ سنة اصبح المحصول المائي وبوجود اشجار الصنوبر الابيض اقل بمقدار ٥٠٠ ملم/سنة مقارنة مع الاشجار عريضة الاوراق المتغطية ان ذلك يعود الى الاسباب التالية

١- بسبب زيادة السعة التخزينية لتيجان الصنوبر والماء المحتجز

٢- زيادة المساحة السطحية للاوراق والتي تؤدي الى زيادة التبخر

٣- عملية التبخ في الصنوبريات تستمر لفترة اطول مقارنة مع عريضة الاوراق المتساقطة

Runoff process

Principles of Increase water yield مبادئ زيادة الحصول المائي

١- تثبيت التربة المعرضة للتعرية والتي من شأنها ان تحدث جريانات والتي تؤثر سلباً على نوعية المياه

٢- المحافظة على اقل ما يمكن من الغطاء النباتي الضروري للمحافظة على ارض الغابة

٣- تفضيل الانواع النباتية ذات الجذور الضحلة التي استهلاكها المائي اقل ما يمكن

٤- تشجيع الانواع التي لها اقصر فترة استهلاك للمياه

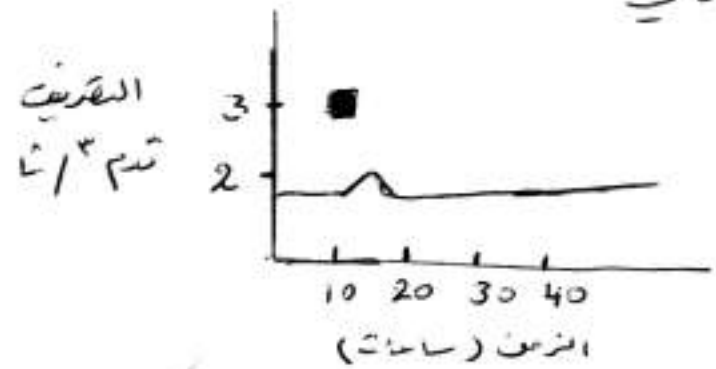
٥- التركيز على الوسائل التي من خلالها يتم توفير المياه في المناطق التي يستهلك منها المياه من قبل الغطاء النباتي

الجريان : Runoff : هو ما يصل مجرى النهر من ماء المطر او الماء الناتج من ذوبان الثلوج

مصادر الجريان Sources of Runoff

١- سوائط القناة Channel precipitation

وهي تلك السوائط التي تسقط مباشرة على مياه القناة ولها تأثير قليل في الشكل البياني المائي لان مساحة سطح الماء هي قليله مقارنه مع المساحة الكليه لحوض النهر اما اذا كانت نسبة المساحه السطحيه للمجرى الى مساحة حوض النهر اكثر من ١/ فان لسوائط القناة اهميتها في تأثيرها على المجرى . ويظهر تاثير سوائط القناة في الشكل البياني المائي بوقت مبكر لان هذه السوائط تسقط مباشرة على مجرى النهر كما ان التبخر يكون قليلا تحت ظروف وجود الغيوم ولايوجد مجال لحركة المياه خارج الحوض والشكل ادناه يوضح تأثير سوائط القناة في الشكل البياني المائي



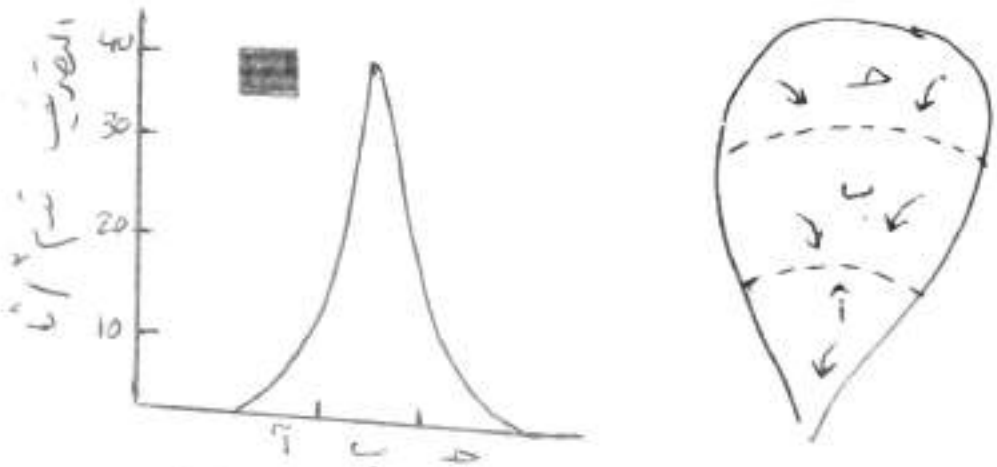
٢- السيح السطحي Surface runoff or Overland flow

هو ذلك الجزء من السوائط الذي يجري فوق السطح اي لاتنفذ داخل التربه وانما يستمر بالجريان حتى الوصول الى المجرى ويحدث هذا النوع من الجريان بعد ان يتم خزن بعض السوائط من قبل سطح التربه ويحصل الخزن حتى اذا كان السطح غير نفاذ ، كما ويطلق على السوائط التي تجري على سطح الارض بعد ان يكتفي الخزن والترشيح مصطلح السوائط الزائده كما في المعادله

$$Pc = Pg - S - In = SRO$$

حيث ان Pg = السواقط الكلية ، Pg = السواقط الزائدة
S = مقدار الخزن ، In = الترشيح ، SRO = الجريان السطحي

ان مقدار الجريان السطحي يختلف من حوض نهر الى آخر ومن عاصفه مطرية الى اخرى ، اما في احواض الانهار التي تتطرف لعاصفه والتي تكون بحالة جيدة فان حدوث الجريان السطحي يعد ظاهره غير اعتيادية ، اما اذا تعرضت الغابات الى عمليات التصنيع الكلي او الى الرعي او الحرائق فان الجريان السطحي يكون مؤثراً ومحدثاً للانجرافات ويظهر تاثير الجريان السطحي بوضوح مبكر على الشكل البياني المائي (Hydrograph) كما في الشكل

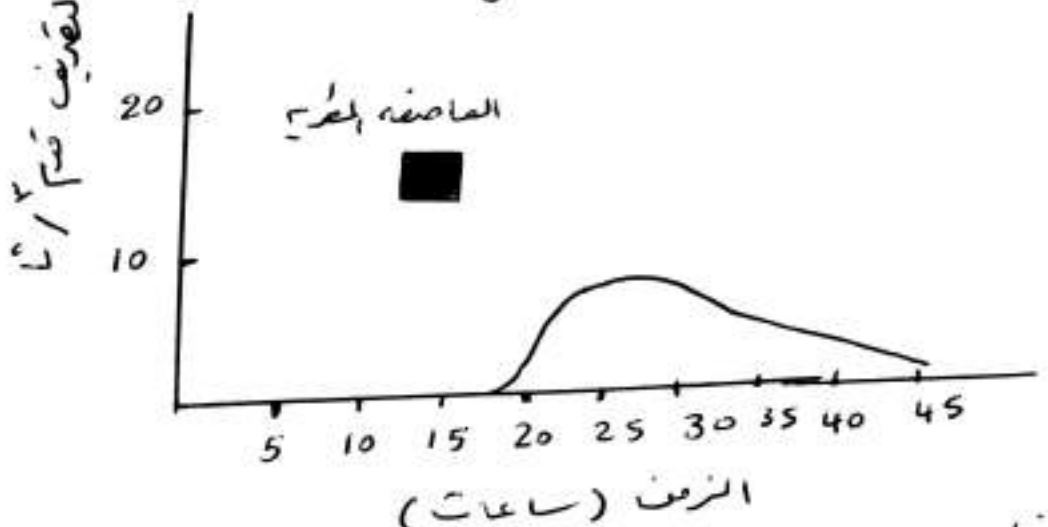


تاثير السيح السطحي على الشكل البياني المائي للحوض

وفي احواض الانهار ذات الغطاءات الجيدة والتي لها تضرعت جيد فان الجريان السطحي يظهر بشكل اسرع مقارنة مع الاحواض التي غطاءاتها قليله وتتعرض بشكل واسع في الحوض

٣- جريان تحت السطح او الجريان الداخلي Subsurface flow (interflow)
يحدث هذا النوع من الجريان عند طريق السواقط النازلة والمترشحه الى التربه بكميات اكبر من قابلية التربه على خزنها فالماء الزائد سيترشح الى داخل التربه فاذا صادفت هذه المياه اي عارض

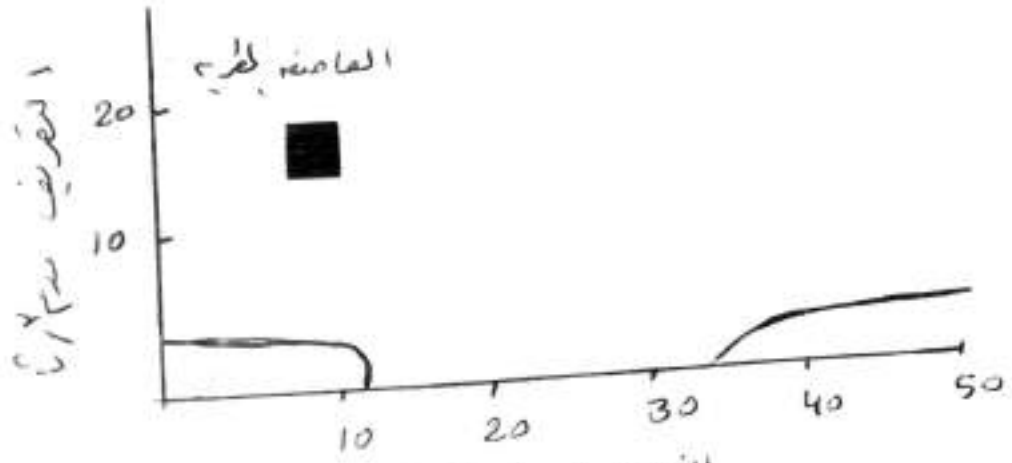
- وجود طبقة صخرية غير نفاذه ستعمل على تغيير اتجاه حركة هذه المياه هابطاً الى ان تصل الى المجرى . وتظهر الجريان تحت السطحي تبطء في الشكل البياني المائي وذلك بسبب تدرج المقاومه التي تواجهها المياه اثناء حركتها



تعظم الاحواض الجغيفه لاتؤدي الى جريان تحت سطحي ، ويلاحظ أن الجريان تحت السطحي لاتظهر في الشكل البياني المائي الا بعد ازدياد او استمرار الجريان السطحي واذا كان سوف يملاء في المجرى ارتفاعاً فان الجريان تحت السطحي من الممكن ان يخزن في الصفه

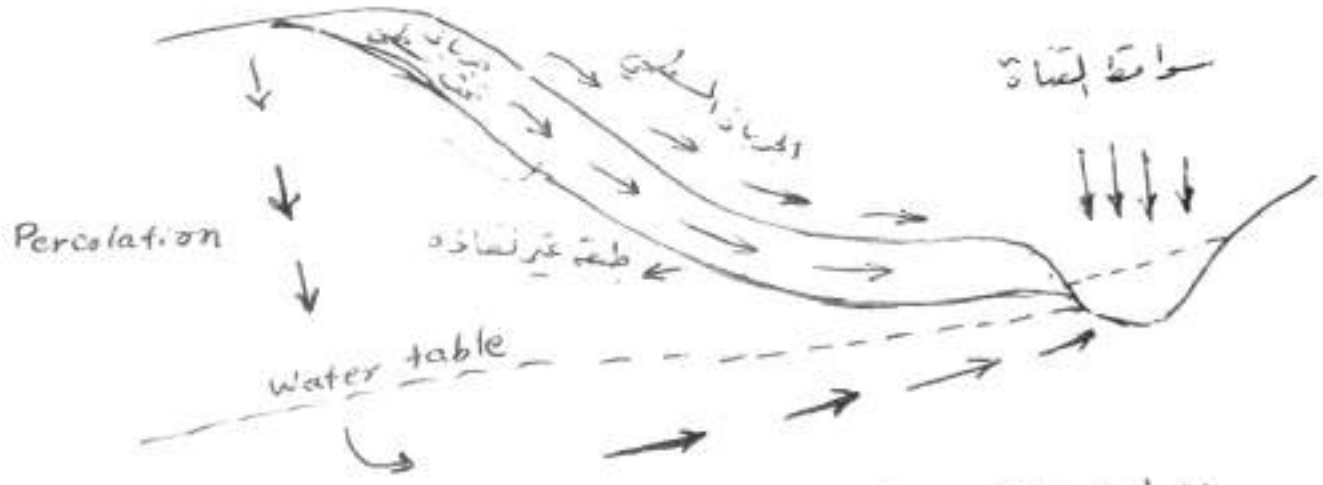
٤- الجريان القاعدي Base flow :

وهي تلك السوائط التي ترشحت الى اعماق التربه (Percolation) وتتحرر الماء ببطء ليغذي جريان النهر خلال فترة طويله وجافه وفي بعض الاحيان يطلق عليه جريان الماء الارضي (groundwater flow) لانها تأتي من خزان الماء الجوفي ، ان كلاً من الجريان السطحي والتحت سطحي يصل القناة بشكل اسرع بكثير من الجريان القاعدي . وفي بعض الاحيان يستحيل القول متى ينتهي الجريان التحت سطحي ومتى يبدأ جريان القاعده ويطلق على سوائط القناة والجريان التحت سطحي وحده اسم الجريان تحت السطحي ويسمى الجريان المباشر Direct runoff او يسمى بالجريان السريع quick flow في حين جريان القاعده Baseflow يشمل بشكل اساسي جريان الماء الارضي



الجريان القاعدي وهو الجزء الاخير من الجريان الذي يظهر في الشكل السابق

والشكل ادناه يوضح المصادر المختلفة للجريانات



الطرق المختلفة لحركة المياه اسفل السطحية

تقدير الجريان Runoff Estimation

هناك عدة معادلات وعلاقات رياضية تستخدم لتقدير الجريان سنوياً

١- طبقاً للامطار الساقطه Due to rainfall

أ : طريقة معامل الجريان Runoff coefficient

ان معامل الجريان هو النسبه بين حجم المياه الجاريه للمرفق فوق الجريان القاعدي وحجم الامطار الساقطه ، وهذه الطريقه هي السائدة للتطبيق عندما يكون الهدف تصميم قنوات لتصريف مياه العواصف الجاريه والمساقات الصغيره في الحجم ، إلا ان هذه الطريقه/التحليل العواصف الكبيره ويعبر عن هذه الطريقه بالعلاقه التاليه :

$$R = KP$$

R = مقدار الجريان مقدراً بـ (سم) ، P = مقدار الامطار (سم)

k = معامل الجريان والذي تبنيه على جميع العوامل التي تؤثر على الجريان كما في الجدول

طبيعة المساحه	قيمة k
المناطق السكنيه والبيوت المنفرده	0.3
الشقق Garden apartments	0.5
المناطق التجاريه والصناعيه	0.9
مناطق الغابات تعتمد على نوع التربه	0.05 - 0.2
البساتين واراضي الحقول والمراعي	0.05 - 0.3
المناطق المبلطه بالاسفلت والكونكريت	0.85

أما بالنسبه لـ (Richards) فانه اعطى قيم مختلفه لمعامل الجريان k بالاعتماد على عوامل موصوفه بالتعريف كما في الجدول

نوع الحوض	Type of catchment	نسبة الجريان
حوض صخري غير نفاذ		1 - 0.8
تلال او متوسط النفاذية وعارية عن النبات		0.8 - 0.6
قليل النفاذية او اراضي محروثة او مغطاة محروثة ولها قابلية امتصاصية		0.6 - 0.4
تربة رملية لها قابلية امتصاصية		0.4 - 0.3
غابات كثيفة		0.3 - 0.2
		0.2 - 0.1

حساب مقدار الجريان حسب علاقة ويلسن (W.Isons relation)
تستخدم هذه العلاقة الرياضية لحساب مقدار المياه الناتجة عن ذوبان الثلوج كما في ادناه

$$M = KVT$$

M = عمق الماء مقدراً بالسم الناتج عن ذوبان الثلوج خلال فترة ساعات

K = ثابت يتراوح في قيمته مابين 0.006 - 0.004 معتمد على كثافة الهواء والحرارة الكامنة للجليد

V = سرعة الهواء مقدراً د كلم/ساعة

T = حرارة الحرارة الجاف مقدراً (°م)

طريقة باين (Binnie) لحساب نسبة الجريان

اعتمدت حساب نسبة الجريان وذلك بالاعتماد على الامطار السنوية حسب القيم التالية

الامطار السنوية سم	نسبة الجريان %
50	15
60	21
70	25
80	29
90	34
100	38
110	40

معادلات الجريان Flow equations

استخدمت عدة طرق تجريبية في هذا المجال وأكثر المعادلات استخداماً هي

١- معادلة Manning :

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

إذاً : V = معدل السرعة في المقطع المدروس م/ث

R = نصف القطر الهيدروليكي (م) (hydraulic radius)

وهو يساوي النسبة بين مساحة المقطع (م٢) والجزء المبتل من القناع والجوانب (م) أي ($R = \frac{A}{P}$)

S = الانحدار سطح الماء (امتار/م)

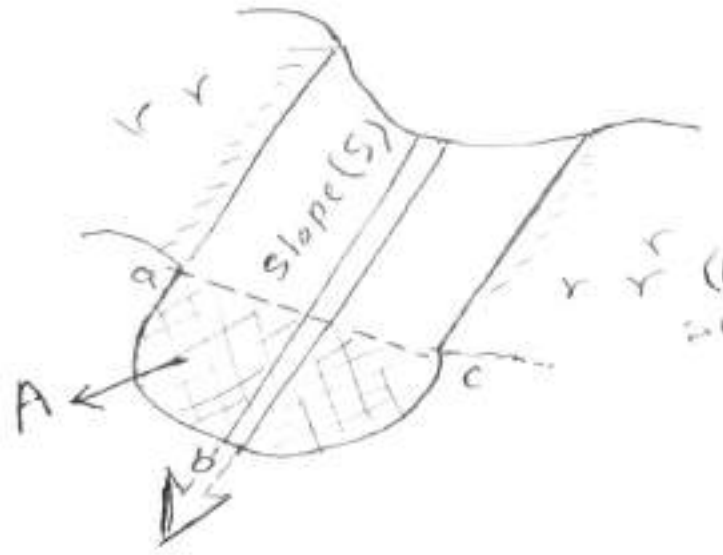
n = معامل خشونة القناة ويتراوح ما بين 0.02 للقناة الناعمة و 0.15 للقناة الخشنة

ولحساب السرعة يتم ضربها في مساحة المقطع للحصول على التصريف

٢- معادلة (Chezy) : والصيغة الرياضية لها

$$V = C\sqrt{RS}$$

حيث أن C = معامل خشونة لجيزي



مقطع لمجرى مائي يوضح سطل نائدة المجرى (S)
ونصف القطر الهيدروليكي (R)
P: المحيط المبتل (abc) ومساحة المقطع (A)

٢- طريقة جامعة كولورادو The Colorado state Univ. method

تم استخدام طريقة الانحدار المتدرج المتعدد Stepwise multiple regression لتقدير الجريان ثم التوصل الى المعادلة التالية

$$Q = 0.3340 - 0.5792\,F + 0.4831\,Tc + 0.4261\,P$$

Q = مقدار الجريان مقدراً بالسم

F = سعة الترشيح وتستخرج من الجدول ادناه

P = مقدار الامطار الكلية (سم)

L = طول حوض النهر على امتداد النهر الرئيسي من المنفذ الى البعد نقطة للحوض (كم)

H = الفرق العمودي بين منفذ حوض النهر وابعد نقطة للحوض (كم)

Tc = زمن التركيز Time of concentration المستخرجة من المعادلة ادناه:

$$Tc = \frac{L^{1.15}}{15H^{0.38}}$$

جدول (١) سعة الترشيح (سم/ساعة) لمختلف الترب العامة

مجاميع الترب Soil group	مدى سعة الترشيح سم/ساعة Range of infiltration
الترب الرملية	1.25 - 2.5
الترب المزيجية	0.25 - 1.25
الترب الطينية	0.02 - 0.25

س احسب سرعة الجريان ومقدار التصريف لمجرى نهر من المعلومات التاليه

مساحة مقطع المجرى = ١٫٥ م٢

مقدار ميل سطح الماء ١ : ١٠ م لكل ١٠ م

مقدار الانحراف لرطبة للقناة = ٢٤ م

علماً بان القناة كانت تقويمه وذات شاع هيدروليكي ٥ وجود عطاء سفلي تميل على الضفه وعمق انتفاع علماً بان مقدار معامل الخشونه تحت هذه الظروف = ٠٫٠٥

الحل : نستخدم معادلة مانننك لحساب السرعة التصريف

حساب نصف القطر الهيدروليكي (R)

$$R = \frac{A}{P} = \frac{1.5\ m^2}{2\ m} = 0.75\ m$$

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

$$V = \frac{1}{0.05} (0.75m)^{2/3} (0.1/10\ m)^{1/2}$$

$$V = \frac{1}{0.05} (0.8255)(0.1) \doteq 1.645$$

$$Q = AV$$

$$= 1.5\ m^2 \times 1.645\ m/sec$$

$$= 2.47\ m^3/sec$$

المعادلة المنطقية او العقلانية Rational formula

اشار الى هذه المعادله Kulchling سنه 1889 في بيتسبرغ وهي من المعادلات التي تتصف على نطاق واسع لسهولة تطبيقها والصيغه الرياضيه لهذا القانون هو :

$$Q = CIA$$

حيث ان :

Q = قمة التصريف (Peak flow) قدم^3/ثا

C = معامل الجريان ويتراوح قيمته من (صفر - ١) ويقدر قيمة المعامل على حوض النهر ويستخرج من الجداول

I = شدة المطر (انج/ساعه)

A = مساحة حوض النهر مقدراً بالايكر

وباستعمال الوحدات العالمية فانها تأخذ الصيغة التالية

$$Q = \frac{CIA}{360}$$

Q = قمة التصريف مقدرة بـ م^3/ثا

C = معامل الجريان (اقل من الواحد واكبر من الصفر)

I = الشدة المطرية سم/ساعه

A = المساحة بالهكتار

من الفرضيات التي نحتاجها في تطبيق المعادلة اعلاه هي افتراض ان سقوط الامطار تكون لشدة ثابتة ولفترة مساوية لزمن التركيز على الاقل

قياس الجريان

يعد قياس الجريان عند منتصف حوض المنحدر من الأمور الأساسية خاصة بالنسبة للأحواض ذات جريان (Peak flow) والسبب للفيضان والذي يمثل مدى استجابة الحوض للأمطار الساقطة، ومن الممكن أخذ عينات من المياه لقياس الترسبات العالقة في نفس الوقت. ومن أبسط الطرق المستخدمة لقياس التصريف هي تلك التي تعتمد على استخدام الطوافات (floats)، إذ توضع الطوافة في وسط المجرى ويتم حساب الزمن والمسافة التي تقطعها الطوافة أثناء الجريان، إلا أن هذه الطريقة تعطينا سرعة المياه السطحية لذلك المجرى فضلاً عن احتمال تأثر الطوافة بالرياح أثناء حركتها. يتم حساب سرعة المجرى عن طريق العلاقة التالية:

$$V = \frac{L}{t}$$

إذاً أن L = المسافة التي تقطعها الطوافة (طول المجرى) t = الزمن

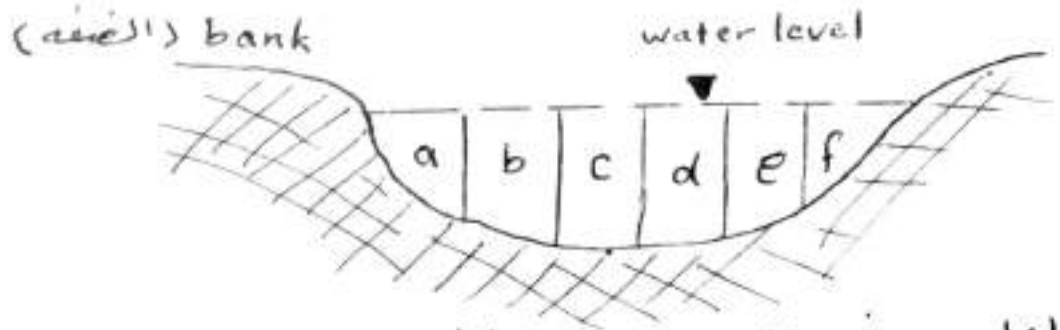
أما قياس التصريف فيعتمد في قياسه على العلاقة التالية

$$Q = A V$$

Q = مقدار التصريف مقدراً بوحدة الحجم / الزمن،

A = مساحة مقطع المجرى

ومن الأفضل تقسيم مقطع المجرى الى عدة مقاطع ثانوية اذا كانت مساحة المقطع كبيرة كما في الرسم ادناه



إن معدل السرعة في المجاري غير المنتظمة عادة تعادل السرعة المقاسة عند السطح مضروباً في (0.85) والذي يمثل معامل التصحيح وذلك لكي نتمكن من الحصول على القيمة الممثلة لسرعة المجرى ولتفادي تأثير الرياح على

الطوافات من الممكن استخدام طوافه من نوع (rod float) (طوافه مزودة بقضيب) يمكن ان تطفو تحت السطح ، ومن الممكن استخدام مجموعه من الطوافات عبر المجرى ، وحساب الزمن لكل طوافه بحيث كل طوافه تمثل احد المقاطع وفي ثم حساب التصريف وهو العلاقه التاليه

$$Q = k \sum v_i a_i$$

k = معامل التصحيح الذي يستخدم لتحويل السرعة السطحيه الى معدل سرعة المجرى (0.85)

v_i = معدل السرعة السطحيه للمقاطع الثانويه

a_i = مساحة المقطع الجزء من المجرى

قياس سرعة الجريان بواسطة عداد التيار Current meter

يستخدم عداد التيار لقياس سرعة الجريان عند نقطة ما في المجرى وتوجد انواع كثيره من هذا العداد رغم ان مبدأ العمل لجميعها واحده ومن هذه الاجهزه عداد التيار نوع برايس (Price meter) : وهو أكثر الانواع انتشارا ويتكون من اقماع مزدوجه مثبته على محلة تدور حول محور أفقي والجزء السفلي منه ثقيل وذيل خفيف يحتفظ ما يواجهه في مواجهة الجريان ويزود بثقل وزنه حوالي ١٠٠ باوند حتى يبقى الجزء بوضع عمودي ، وعند استخدام الجهاز في الانهر يعلق ما به بواسطة كبل او حبل يسلك بين الضفتين تلف عليه عربه وتدار عليها العداس كما في محطة قياس التصريف عند الجسر القديم لمدينة الموصل في هذه الحالة يستخدم الكبل كوصل للاشارات الكهربائيه التي تعطي لنا عدد دورات الاقماع خلال زمن معين ، اما الجهاز المستخدم في المجرى قليل العمق فهو جهاز بيكمي برايس (Pygmy Price meter) . ان العلاقه بين عدد الدورات الاقماع في وحدة الزمن (N) وسرعة الماء (Vw) تأخذ العلاقه التاليه

$$Vw = a + bN$$

a = السرعة الابتدائيه او السرعة اللازمه للتغلب على مقاومة الاحتكاك على محور الدوران

b = ثابت يعتمد على نوع العداس وظروف تصنيع وتشغيل الجهاز

حساب التصريف بطريقة منتصف المقطع Mid section method

مثال: من الجدول ادناه احسب تصاريف المقاطع باستخدام طريقة منتصف المقطع باستخدام المعادلة

$$Q = \frac{V_1 + V_2}{2} \left[\frac{(L_2 - L_1) + (L_3 - L_2)}{2} \right] \times d$$

المسافة م	العمق م	سرعة التيار عند العمق		السرعة م/ث	مساحة المقطع العرضي م²	التصريف م³/ث
2	0	—		—	—	—
2.4	0.5	0.6		0.3	0.5	0.15
4	1	0.2	0.8	(1+0.2)/2	1.8	1.08
6	1.4	0.2	0.8	(1.3+0.4)/2	2.1	1.79
7	0.4	0.6		0.2	0.34	0.07
7.7	0	—		—	—	

ملاحظة: في حالة كون عمق الماء في المجرى أكثر من (0.5 م) ففي هذه الحالة يتم حساب معدل السرعة عند العمقين 0.2 و 0.8 من العمق الكلي (20 و 80 %)، وفي حالة كون العمق اقل من 0.5 م فيتم حساب السرعة عند العمق 0.6 من العمق الكلي

Q = تصريف المجرى (m^3/sec)

V_1 ، V_2 = سرعة المجرى عند المقطعين 1 و 2

d = العمق (3)

L_1 ، L_2 ، L_3 = المسافات

(Q_1 ، Q_2 ، Q_3 ، Q_4) الحل: يتم حساب التصريف لكل قطاع من قطاعات المجرى

$$Q = \frac{V_1 + V_2}{2}\left[\frac{(L_2 - L_1) + (L_3 - L_2)}{2}\right] \times d$$

$$Q = 0.3\left[\frac{(2.4 - 2) + (4 - 2.4)}{2}\right] \times 0.5$$

$$Q = 0.3 \times \left(\frac{0.4 + 1.6}{2}\right) \times 0.5$$

$$= 0.3 \times \boxed{0.5} = 0.15 \ m^3/sec$$

$$Q_2 = \frac{0.2 + 1}{2}\left[\frac{(4 - 2.4) + (6 - 4)}{2}\right] \times 1$$

$$= 0.6 \times 1.8 = 1.08 \ m^3/sec$$

$$Q_3 = \frac{1.3 + 0.4}{2}\left[\frac{(6 - 4) + (7 - 6)}{2}\right] \times 1.4$$

$$= 0.85 \times 2.1 = 1.79 \ m^3/sec$$

$$Q_4 = 0.2 \times \left[\frac{(7.6) + (7.7 - 7)}{2}\right] \times 0.4$$

$$= 0.2 \times \boxed{0.34} = 0.068 \simeq 0.07 \ m^3/sec$$

∴ مقدار التصريف الكلي للمجرى

$$= 0.15 + 1.08 + 1.79 + 0.07 = 3.094 \ m^3/sec$$

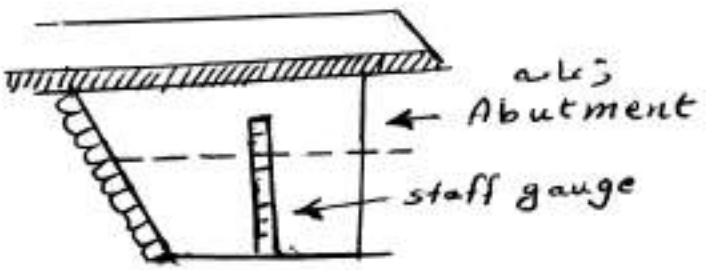
قياس منسوب النهر Measurement of stage

يمكن تعريف منسوب النهر على أنه ارتفاع سطح الماء والذي يقاس فوق مستوى مقارنة (Datum) يؤخذ منسوبه صفراً للصفر وهذا المنسوب يمكنه ان يكون طبقاً الى منسوب البحر (MSL) او اي مستوى لمقارنة اختياري يربط بشكل غير مباشر الى متوسط منسوب سطح البحر

منسوب الفيضان Flood stage : وهو عادة يشير الى اعلى منسوب للمياه والذي يؤدي الى تدمير المنشآت البشرية ، او المياه التي تجري فوق الجوانب الطبيعية للنهر

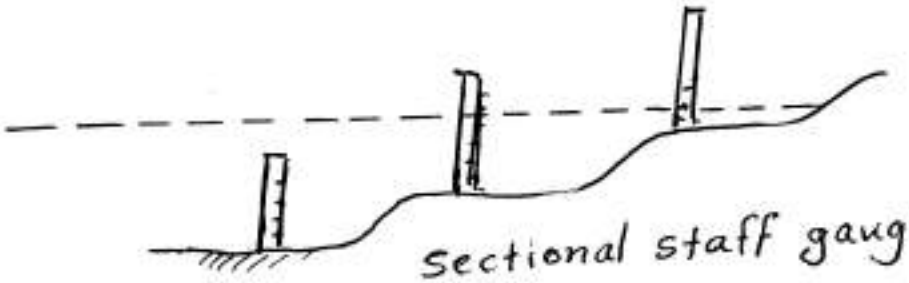
اهم طرق قياس منسوب المجرى

١- مقياس المسطرة Staff gauge : يعد من ابسط الطرق المستخدمة في قياس منسوب النهر ، ويتم القياس بملاحظة ارتفاع سطح الماء الذي يلامس المسطرة المدرجة المخصصة لهذا الغرض ، ويجب ان يكون جزء من المقياس مغموراً داخل الماء طول الوقت ، وهذه المساطر تصنع من مادة مقاومة ولها معامل تمدد قليل بالنسبة لدرجة الحرارة والرطوبة وتثبت هذه المساطر الى بعض المنشآت مثل الدعامات والجدران ومن الممكن يكون المقياس راسياً او مائلاً مع تدريجات واضحة ودقيقة وثابتة



Vertical staff gauge
مقياس المسطرة العمودي

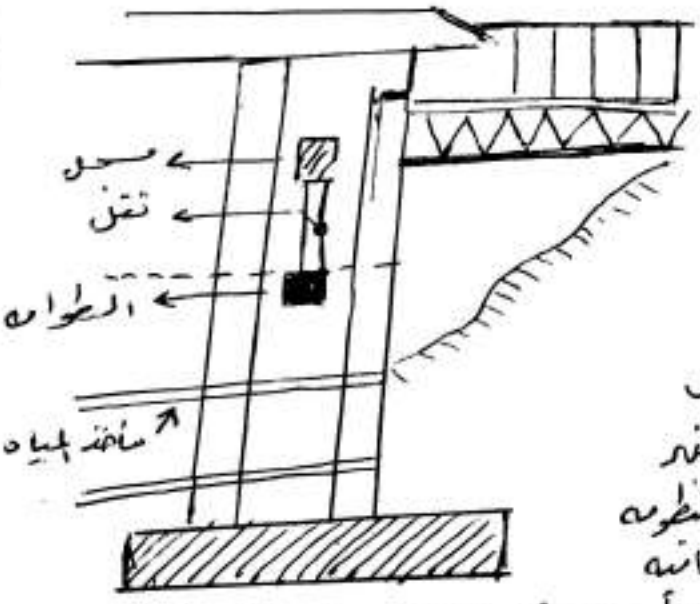
في بعض الاحيان قد لايكون من الممكن ان تقرأ المدى الكلي لارتفاع سطح الماء في هذه الحالات فإن المقياس يتم تثبيته خلال مقياس إلى مفرد مثل هذه الحالات فإن المقياس يتم تثبيته خلال متطوع البئر وفي مواقع مختلفه ويعرف هذا النوع من المقياس بالمقياس المتعدد المقاطع Sectional staff gauge وهنا يجب الانتباه الى التداخل مابين المقاييس المختلفه .



Sectional staff gauge

ج- المقياس ذو السلك والثقل Wire weight gauge

وهو المقياس الذي يستعمل لقياس ارتفاع سطح الماء من فوق سطح مثل الجسر او بعض المنشآت المقامه ، إذ يتم انزال ثقل بواسطه سلك حتى يلامس سطح الماء وهذا السلك يكون ملفوف على اسطوانه ويكون كل دوره من محيطها متناسبه مع طول الحبل النازل كما يركب على هذه الاسطوانه عداد لتسجيل عدد دوراتها . ان عمل هذا النوع من المقاييس يكون محدود (٥٠م)



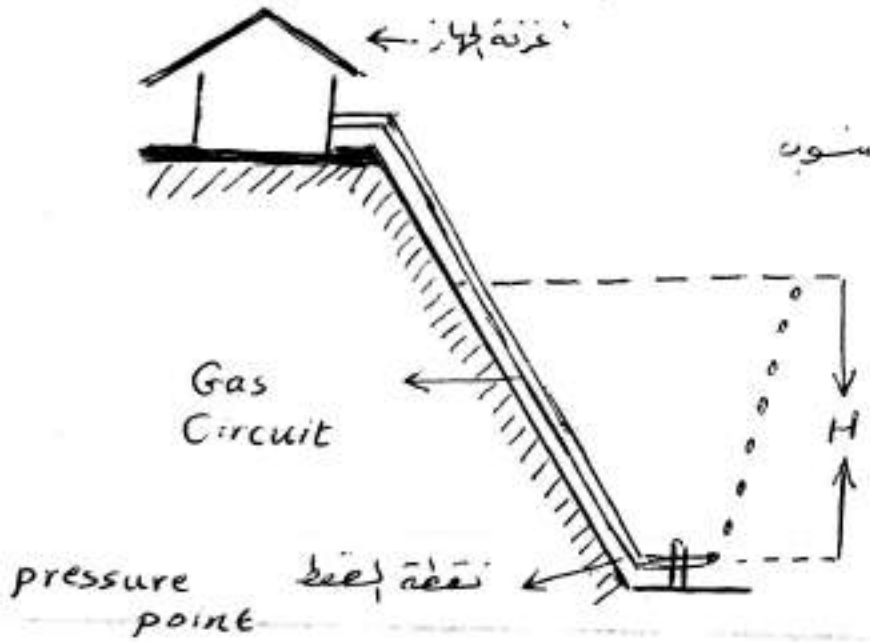
د- المقاييس المسجله للمنسوب : وهناك عدة انواع منها

آ : المقياس المسجل من النوع العوّام : Float gauge recorder

يوضع هذا الجهاز في داخل بئر للتسكين والبئر يحتوي على انبوبين او أكثر يستخدمان كمأخذ للمياه يمتدان من بئر التسكين الى البئر بحيث يسمح احدهما بادخال الماء الى البئر مع تنظيمه لغسل هذه الأنابيب من الترسبات والمواد العالقه بشكل متناوب ويحتوي الجهاز على اسطوانه وعلى سلك ثقل الانزال حيث يتزن بواسطه الثقل عن طريق الحبل الذي يمر فوق بكرة المسجل (كما في الشكل اعلاه)

٤. المقياس ذو الفقاعات Bubble gauge

في هذا النوع من المقاييس فان الهواء المضغوط او الغاز يخرج من فتحة صغيرة موضوعة في قعر البئر إذ يتم تسجيل ضغط الغاز بواسطة مقياس الضغط . وإن ضغط الغاز هذا يساوي ضغط عمود الماء فوق فتحة الخروج وإن التغير في سطح الماء مهما كان صغيراً نشعر به وكأنه تغير بالضغط عند قيمته الحالية وهذه الدورها يتم تعديلها وذلك بإسماح للغاز بالخروج بصورة ميكانيكية وبنفس معدل الجريان الداخلي تحت الارتفاع الجديد . إن مقياس الضغط يقرأ الارتفاع الجديد للماء والتي ينتقل الى الجسم لكي يتم تأشيرها ومن ميزات وفوائد هذا الجهاز هي :



١- الاحتياج الى بئر تسكين

٢- يمكنه قياس التغيرات الكبيرة بالمستوى لحد ٣٠ م

٣- إن جهاز القياس يمكن ان يكون بعيداً عن نقطة القياس بعداً كافياً

٤- احتمال انسداد الانبوب قليل بسبب قلة كمية الغاز

عمليات التعرية والسيطرة عليها
Erosion Process and Control

التعرية : هي العملية التي بواسطتها تنفصل حبيبات التربة وتنتقل إما بالماء او الرياح او الجاذبية او الجليد او عن طريق نشاطات الإنسان والذي يهمنا في هذا الفصل هو موضوع التعرية المائية

وتطلق على عملية استقرار وتماسك التربة الى موقع جديد بالترسيب (Deposition) وترتبط التعرية إرتباطاً وثيقاً مع الفيضانات إذ ان كل عامل يزيد من شدة الاخر . وهناك ثلاث عمليات للتعرية في الاراضي المعرضة للانجراف وهي :

التعرية السطحية Surface erosion او الصفائحية Sheet Erosion وهي عبارة عن إزالة المتساوية لطبقة رقيقة او (صفيحة) من التربة من مساحة معينة من الارض ومن المحتمل ان تكون الاكثر ضرراً مقارنة مع الاشكال الاخرى للتعرية . وتنفصل حبيبات التربة بواسطة قطرات المطر الساقطة

التعرية الداخلية Internal erosion :

وهي عملية غسل حبيبات التربة الى داخل مستوى مسامات التربة بهذه الطريقة تصبح التربة أقل نفاذية "للماء والهواء" وهذا النوع من التعرية قد لا تلاحظ اي ضرر واضح طالما ان التربة لا تزال من الممكن ، ولكن بمرور الزمن قد ترجع مرونة التربة الى ما كانت عليه في البداية

التعرية القناتية Channel erosion

يحصل هذا النوع من التعرية عندما يتركز الماء السطحي حيث تكون لها طاقة كافية لعملية نقل وفصل التربة وتنقسم التعرية القناتية الاشكال التالية

التعرية الاخدودية Gully erosion : وهي تعرية قناتية تقل تحت داخل التربة الحقلية حيث لا يمكن تسوية الارض بسهولة بواسطة ادوات المكننة العادية .

تتاح التعرية الاخدودية عن طريق السيح المؤقت خلال
الامطار مباشرة" او بعدها وليست بوساطة الجداول الدائمة
او المتقطعة

التعرية الجدولية Rill Erosion : وهي بداية التعرية الاخدودية
وهي تكون عادة "نتيجة" للماء العائد الى الاسفل بين خطوط الحاصيل
والمزروعة بصورة سواية للمنحدر او في آثار عجلات الماشية الزراعية
او في الاختلافات البسيطة لانحراف سطح التربة

تعرية الجداول Stream Erosion : وهي عملية نقل سواد التربة من
جوانب وقاع الجداول الدائمة او المتقطعة وتكون اعمق من الجداول
الاخدودية الجداول تكون معرضة للانجراف بصورة خاصة بسبب ان
طاقة الماء الجاري تتجه نحوها ، وهي طبيعية ليس هناك حدود
واضحة بين التعرية الجدولية والاخدودية وتعرية الجداول والتي تشترك
بينها هو أن الحاصل ينتج بسبب طاقة الماء الجاري وليس بسبب قطرات
المطر

حركة كتلة التربة Mass Movement of soil

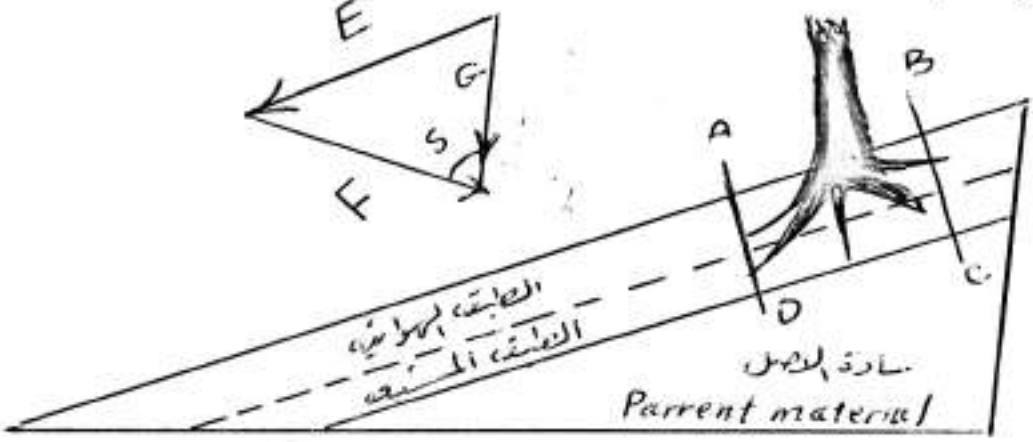
تحدث هذه الظاهرة بسبب العمل Lubricating action الماء الراشح
ببطء بل الماء الزائد ايضاً وليس بسبب الطاقة الحركية للماء ، وتحدث
هذه الظاهرة عندما تتشبع طبقة طينية بالماء وتسمح لكتلة التربة بالانزلاق
الى الاسفل وتحدث هذه الحركة يجب ان تتوفر العوامل التالية:

١- وجود الجدار كاف يسمح لكتلة التربة بالانزلاق
٢- وجود طبقة بطيئة النفاذية تسمح بمرور الماء عبر سطح الارض
٣- وجود مقدار كاف من الماء لاشباع التربة الواقعة فوق الطبقة
الصماء (او شبه النفاذية) الى درجة التشبع

هذه الطبقة عادة تكون طينية او قد تتركب عادة من الطين تكون أن
الصخر

في اجواض الانهر ذات الانحدارات الشديده فان معظم صفائحات التربه تحدث من خلال زحف التربه (Land slide) وقد يفقد الكيلومتر المربع بمقداره الف طن متري من التربه كما هو الحال في Oregon إن درجة استقرار المنحدرات تعتمد على مقدار زاوية الانحدار وهيدرولوجية المنطقه فضلاً عن المحتوى الرطوبي للتربه

ان زاوية الانحدار هي التي تحدد قوة الجاذبية (G) الى مكونين احدهما هو باتجاه المنحدر (E) والذي يشجع الانزلاق والمكون الآخر (F) الذي يشجع على استقرارية التربه ، لذا فزيادة درجة الانحدار تعمل على زيادة القوه المشجعه على انزلاق وزحف التربه (E) كما موضح في الرسم



وكلما زادت قوة تلاصق الحبيبات مع بعضها كلما زادت مقاومة التربه على الانجراف وان التلاصق بين الحبيبات يزيد كلما كانت حبيبات التربه أنعم بينما تقل قوة التلاصق بزيادة رطوبة التربه بسبب الضغط الذي يسببه الماء الموجود في مسامات التربه .

اما تأثير نمو شجرة على المنحدر عند المقطع (ABCD) كما موضح في الشكل اعلاه فان ذلك يشجع على استقرارية التربه بوسيلتين هما :

١- إن الشجره تقلل من رطوبة التربه عن طريق عملية النتح
٢- إن جذور الاشجار والنباتات تقل على تماسك حبيبات التربه مع بعضها ميكانيكياً

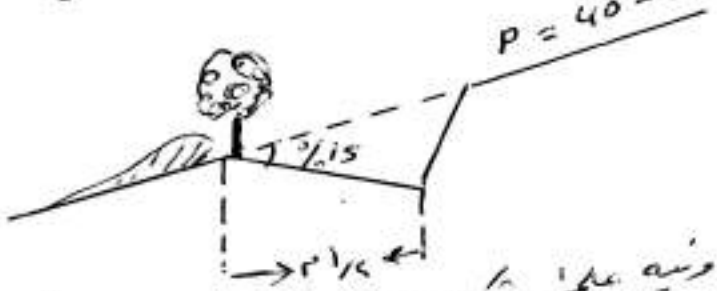
الانحدار الحرج Critical Slope : وهو ذلك الانحدار الذي لو زاد عنه حدث منظم الانزلاقات الارضيه
ان الدراسة التحليليه في الاراضي الكرانيتيه (Granitic terrane) اظهرت ان الانحدارات المسببه للانزلاقات الارضيه هي التي يتراوح درجة ميلها مابين (٤٤- ٧٧٪) ، كما لوحظ الجريان السطحي عند الانحدارات البسيطه (٣ درجه) ، اما الانحدارات الاكثر عرضه للانزلاقات فهي التي يبلغ انحدارها (٣٠°- ٤٠°)
ويلاحظ ان منظم الارتياحات الارضيه تحدث في الاراضي التي لها تأريخ قديم في هذا المجال فعلى سبيل المثال فان ٨١٪ من الاراضي التي تحصل فيها الانجرافات هي تلك الاراضي التي سبق وان تعرضت الى ارتياحات ارضيه متكرره عبر الازمنه

انشاء الطرق وأثرها في انزلاقات التربه :
تعد الطرق من اكثر مسببات حدوث انزلاقات التربه وانجرافها مقارنة مع حصاد الغابات لانه يتم ازالة التربه تحت السطحيه وصخور الام اثناء انشاء الطرق في حين أن عملية استثمار الغابات تؤثر على التربه السطحيه . فحلل مينفانات ولايه اوريكن (Oregon) سنة ١٩٦٤ - ١٩٦٥ وجد أن ٧٢٪ من الانزلاقات الارضيه التي حدثت في الغابه التجريبيه لهذه الولايه هي مرتبطه بانشاء الطرق عليه يجب تقليل طول الطرق الى اقل حد ممكن واختيار المنحدرات الثابته لاقامة الطرق عليها .

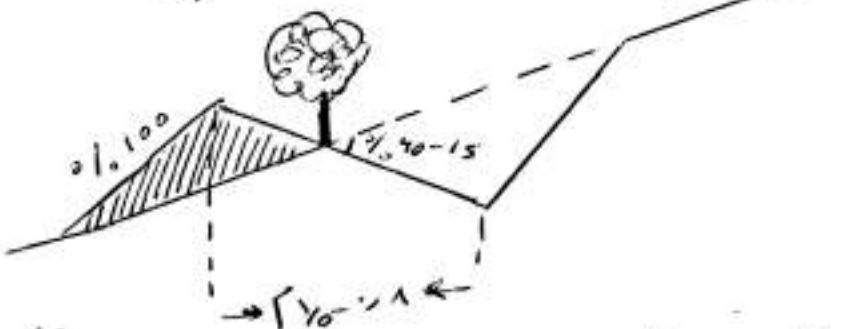
السيطرة على التعرية

مصاطب تاكلويت الفرنسيه : يستخدم هذا النوع من المصاطب على المنحدرات التي لا يميل اقل من ٤٠٪ وتصمم هذه المصاطب بحيث تكون لها ميل نحو الداخل باتجاه قبل مقداره ٥٪ ويمكن ان تزرع على الحافه اشجار لتماسكه كما في الرسم ( )

٢- مصاطب الكرادونيه الايطاليه : يعد هذا النوع من المصاطب جيداً للمنحدرات التي تتراوح ما بين ٤٠-٥٠٪ إذا كانت التربه ثابته ومتماسكه وتكون لهذه المصطبه ميل نحو الداخل مقداره ١٥٪ لتسهيل نقل المياه نحو الداخل



٣- المصطبه الكرادونيه على شكل حرف (V) : يعد هذا النوع من المصاطب الاختيار الصحيح للمنحدرات التي تزيد درجة ميلها عن ٥٠٪ ، ويكون مقدار انحدار القناة نحو الداخل بمقدار ١٥-٤٠٪



الفاصل بين المصاطب

كلما يزيد انحدار الارض كلما قلت المسافه بين المصاطب وفي الولايات المتحده يتم تحديد الفرق العمودي بين المصاطب اعتماداً على مقدار الاخطار السنويه حساسة بالانجات وكما يلي :

(م559)

١- اذا كان معدل الارتفاع السنوي اقل من ٢٠ سم فان المسافه العموديه تحدد عن طريق العلاقه التاليه

$$Vi = \frac{S + 4}{2}$$

Vi = الفرق العمودي (Vertical interval) مقدرة بالقدم

S = معدل الميل مقدراً قدم / ١٠٠ قدم

٢- اذا كان معدل الارتفاع السنوي ما بين ٢٠ - ٣٠ سم فان الفرق العمودي Vi سيتخرج وفق العلاقه

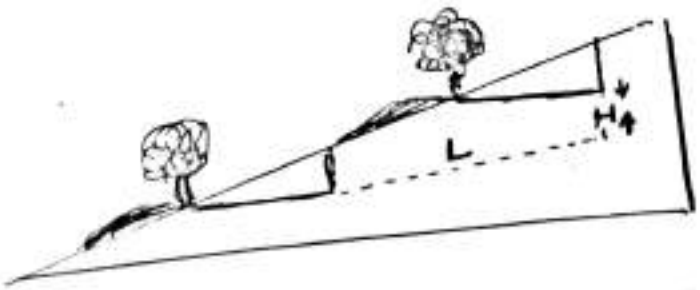
(م 762 - 559)

$$Vi = \frac{S + 3}{2}$$

٣- اذا كان معدل الارتفاع السنوي اكثر من ٣٠ سم فان

$$Vi = \frac{S + 2}{2}$$

والشكل ادناه يوضح المسافه العموديه والافقيه بين الخطوط



ملاحظه : يمكنه تحويل المسافه العموديه بين الخطوط الى مسافه افقيه وذلك بضرب المسافه العموديه × $\frac{١٠٠}{S \text{ (الميل)}}$ لان

$$\frac{\text{الميل}}{١٠٠} = \frac{\text{الفرق العمودي } H}{\text{المسافه الافقيه } L}$$

∴ المسافه الافقيه = $\frac{١٠٠}{S} \times H$

(٢)

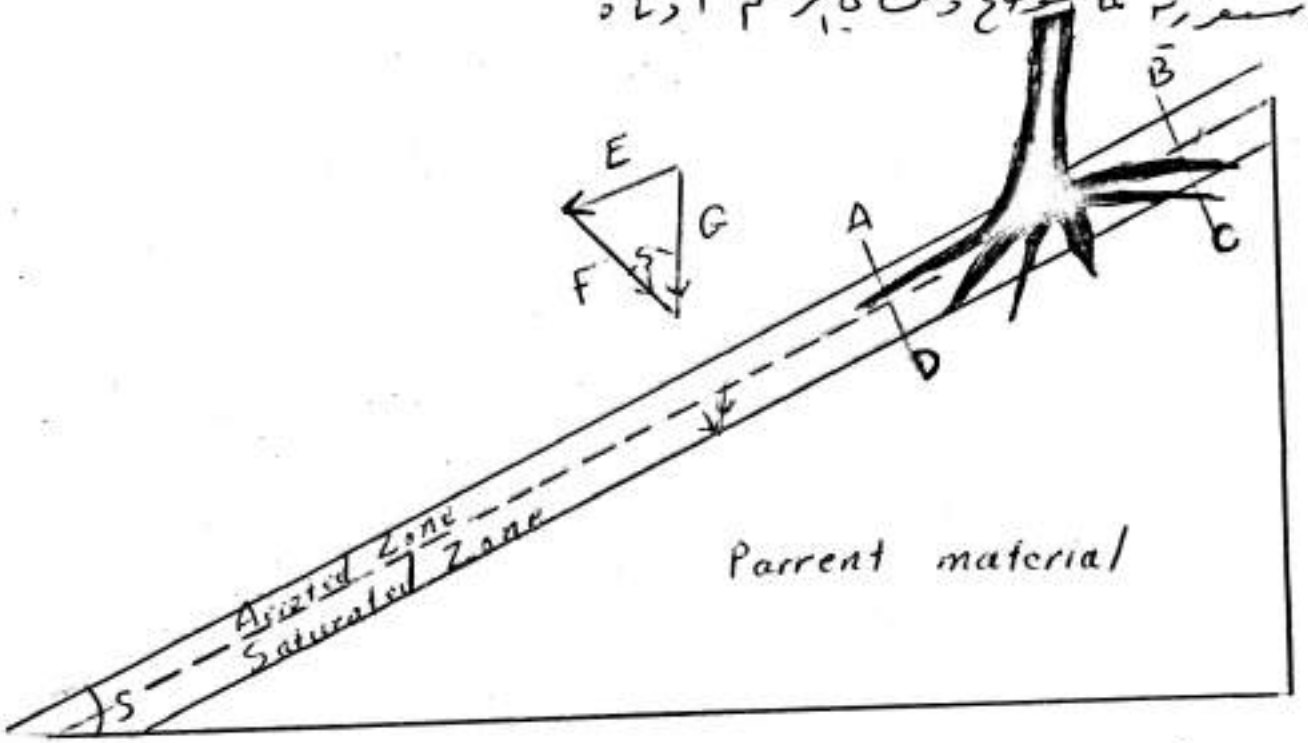
(١)

Forest Management to Minimize Landslide Risk

تدمير التربة الناتج عن جرف التربة

من الصفات للتربة هي تلك التي تحدث في أحواض الأنهر ذات الانحدارات الشديدة والفقدان عادة يكون عن طريق زحف التربة (Landslide) وتتصل معدلات التربة المزالة بهذه الطريقة الى الف طن متري لكل كيلومتر مربع في Oregon

ان مدى استقرار المنحدر يتحدد بالاعتماد على زاوية الميل وجيولوجية الطبقة الصخرية الى تشبع الرطوبة . ان زاوية الانزلاق تحدد بمحصلة قوة الجاذبية (G) التي تكون مثلث احدهما باتجاه المنحدر (E) والذي يشجع الانهيار وتكون اخر (F) الذي يشجع الاستقرار كما موضح ذلك في الرسم ادناه



ان عملية زحف كتل الترابية عادة تحدث عند قمة منحدر التضرف وهذا حدث في القطع التي تم ازالة الاشجار منها كما هو الحال في حوادث كلاسات في كليفورنيا

ان تلاصق حبيبات التربة هي التي تقاوم حركة التربة وان التلاصق يزيد كلما كانت حبيبات التربة انعم كما ان درجة التلاصق لحبيبات التربة تقل بزيادة الرطوبة بسبب زيادة ضغط الماء الموجود في المسامات

ان نمو الشجرة في القطع (ABCD) كما موضح في الشكل السابق سوف

تشجع استثمارية التربة بوسيلتين اولهما ان الشجرة تقلل من رطوبة التربة عن طريق النتح كما ان جذورها تقوم بتماسك حبيبات التربة مع بعضها ميكانيكياً

تقدير وتشخيص مخاطر الانزلاقات Appraisal of landslide risks

١- المناطق الغرانيتية

الدراسة التحليلية في الاراضي الغرانيتية (Granitic terrane) اظهرت ان الانحدارات البسيطة للانزلاقات الارضية تتراوح ما بين ٤٤-٧٧٪ من حيث الميل كما ان الجرمان الموجود (الطيني) لوحظ في الانحدارات البسيطة يحدود (٣٠°) والانهيارات الطينية تحدث عند انحدارات عند ميل (٦٠°) اما الانحدارات التي اقل عرضة للانزلاقات هي التي تتراوح من حيث الانحدار (٣٠° - ٤٠°)

ان الانحدار الحرج (Critical slope) (وهو ذلك الانحدار الذي لو زاد عنه لحدث معظم الانزلاقات الارضية) يكون اكثر انحداراً في الاراضي الغرانيتية اذ ان لها تربة ذات نسجة خشنة متماثلة مع المواد الام Parent material المكونة من الصازلت التي تتطور منها تربة ذات نسجة ناعمة

الموقع وعلاقته بالتصريف Position in Relation to drainage

ان الزيادة في الرطوبة هي مرتبطة او ملازمة لعمليات الانزلاقات الارضية اذا فان الانهيارات والانجرافات تحصل في مواقع المنحدرات او المناطق القريبة منها وأكثر المناطق تكراراً من حيث تعرضها للانجرافات هي تلك التي تقع مباشرة اسفل المنطقة المجدبة

الاراضي غير المستقرة Unstable areas

معظم الانهيارات تحدث في الاراضي التي لها تاريخ قديم في هذا المجال فعلى سبيل المثال ٨١٪ من الاراضي التي تحتمل فيها الانجرافات هي حيث الاراضي التي لها تكرار تاريخي في هذا المجال

التربة وجيولوجية المنطقة Soil and Geology

نوعية الصخور Rock type

نوع الصخور له تاثير كبير على معدل التجوية ونوعية التربة التي تتطور من هذه الصخور وعما ان هناك تداخل بين جيولوجية المنطقة ونوعية تربتها مع الغطاء النباتي والمناخ لذا فهناك صعوبة في فصل تاثير نوعية الصخور من حيث تاثيرها على الانجراف. اكثر المقاييس سمكا التربة التي انتجت هي الاراضي التي نشأ على الطمي والخاصة بالمنخفضات وكذلك من صخور الام الكرانيتية

الطرق المنشأة على صخور كرانيتية وبالذات عندك سوف تنتج مقادير قليلة من المواد المنجرفة لكن كميات كبيرة منها تحصل على الصخور الرملية (Sandstone)

التجوية Weathering

بزيادة التجوية تزداد سمك الارتفاعات الانزلاقات في التربة

المناخ Climate

١. نوع ليس واضح المظهر بسبب الانزلاقات
٢. كيف كيفية الرطوبة المناخية لتجعل التربة ان تتطور

الغطاء النباتي Vegetation

وجد Bailey ان النوع Populus tremuloides من الادلة التي تشير الى عدم استقرارية التربة
الجذور الخشبية قد تشير الى الانجراف

Effect of Cutting Trees تاثير قطع الاشجار

Change of transpiration التغير في التبخر-نتح

الغابة الناضجة تستنزف رطوبة التربة لذا بعد استمرار الغابة فان رطوبة التربة تتغير، خلال سبعة السنوات فان رطوبة التربة في الاراضي التي قطعت الى قطع الاشجار تزداد اذا كان الرطوبة كمية كبيرة في المناطق الجافة للقطع، مناطق الغابات فان تاثير الاشجار قطع الانجراف كمية الـ ١٠ سم

الطرق Roads

تعتبر الطرق أكثر تسبباً في انزلاق التربة مقارنة مع عمليات القطع لان انشاء الطرق يتم خلاله ازالة التربة تحت السطحية وصخور الام التي تحتوي عليه Logging اي الاستثمار تؤثر على التربة السطحية . ان قطع الطرق تقوم بحجز الماء تحت السطحي وقد تم توجيهه الى مساحات قد لا تستطيع ان تقاوم المزيد من المياه فيحصل الانجراف خلال سنوات ١٩٦٤ - ١٩٦٥ وجد ان ٧٤٪ من الانزلاقات في الغابة التجريبية في (Oregon) هي مرتبطة بالطرق بالرغم ان مساحة هذه الطرق تشكل ١٫٨٪ من المساحة الكلية حيث وجد ان الانزلاقات الرئيسية (Landsliding) كانت اكثر بعدد (٢١٥) مرة مقارنة مع المناطق الغير متضررة (undisturbed) في نفس الغابة التجريبية

كما وجدت ان الطرق سببت من الانزلاقات سنة ٦٪ في الغابات الوطنية في واشنطن واوريكون وفي آيدهو (Idaho) وجد ان ٩٠٪ من الانهيارات هي مرتبطة ايضا بالطرق

من اجل تجنب والتقليل بادارة الغابات للتقليل من خطورة الانزلاقات هو تقليل طول الطرق الى اقل ما يمكن وكذلك اتخاذ التحذيرات اللازمة والعناية بالطرق عليها .

Preparing Management Prescription

التحذيرات الخاصة : Critical slopes

من اجل تقليل مشاكل التحذيرات المتعلقة بالانزلاقات والمرتبطة بالاستثمار للغابة هناك عليها اتباع التالي

١- تحضير خرائط التحذير الخاصة بالمساحة المستثمرة للغابة

٢- تحديد اقل التحذير قد حصل عليها الانزلاق خلال الفترة الماضية

٣- وضع جميع التحذيرات الاقل من التحذير بحسب الانزلاق في صف واحد لم يسبب عنه الانزلاق

٤- ان ٢٪ من الانزلاقات الانزلاقات تحدث في الاراضي التي لها ميل اقل من ٨٠°