جامعة الانبار
كلية التربية للعلوم الإنسانية
القسم العلمي: الجغرافية
المرحلة الدراسية: الثانية
المادة: اشكال سطح الأرض الحقلي

اشكال سطح الأرض الحقلي (الجيومورفولوجي الحقلي)

ا.د احمد فليح فياض

محاضرات للمرحلة الثانية قسم الجغرافية للعام الدراسي (٢٠٢٢ – ٢٠٢٣)

TOSHIBA

الجيومورفولوجي الحقلي (Field Geomorphology)
احد الفروع الرئيسية لعلم اشكال سطح الارض

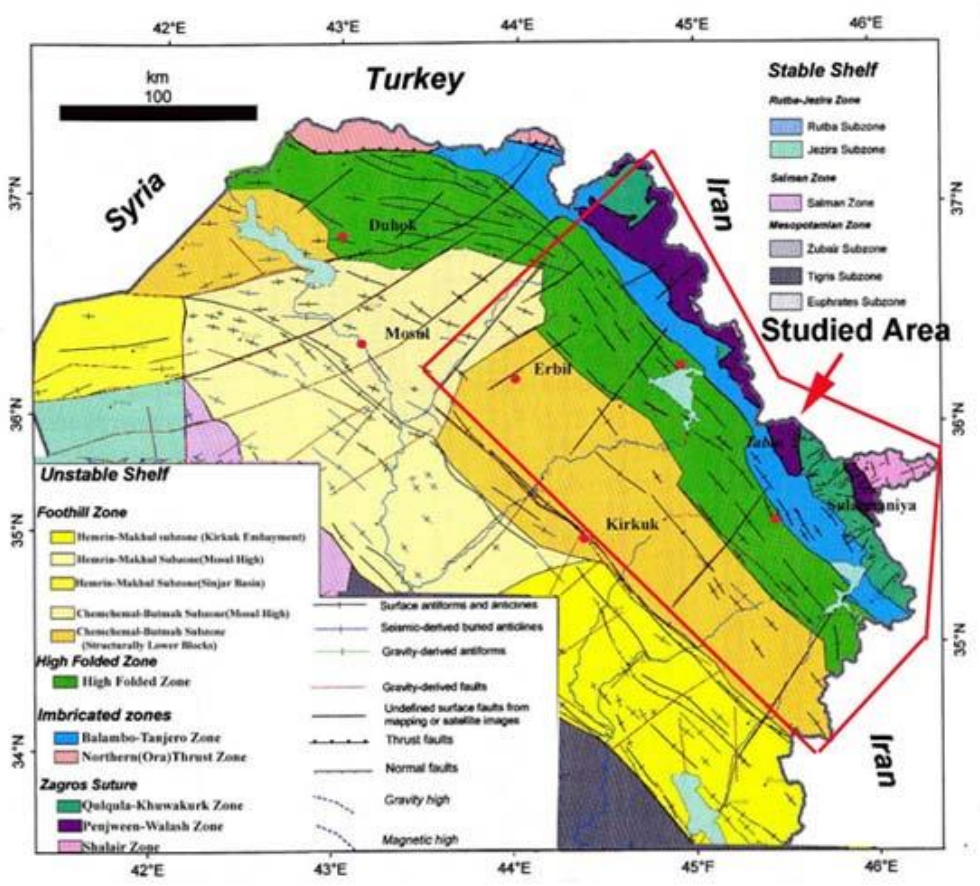
الدراسة الحقلية للجوانب الجيولوجية
الدراسة الحقلية للجوانب الجيولوجية

هناك ارتباط وثيق بين الدراسة الجيومورفولوجية والجيولوجية لاي اقليم ارضي، وذلك لما لتأثير البنية الجيولوجية في نشأة وتطور الاشكال الارضية، وتتناول الدراسة الحقلية الجيولجية في مجال الجيومورفولجي الجوانب التالية:

١- التكتونية:
وتتضمن معرفة التاريخ التكتوني للمنطقة المدروسة، وموقعها من الانطقة التكتونية الرئيسية والثانوية لاقليم منطقة الدراسة وفي الجانب الحقلي الوقوف على الشواهد التكتونية التي تدل على الحركات الارضية ، كالحافات التركيبية والصدعية والثنيات الرئيسية وتوزيعها و وملاحظة اشكالها ومورفولوجيتها ودورها في تشكيل الاشكال الجيومورفولوجية لمنطقة الدراسة.

٢- الجوانب التركيبية:
ويتضمن دراسة التراكيب الجيولوجية الاولية والثانية، وملاحظتها وتميزها وتوزيعها ، وتظم التراكيب الاولية مظاهر رافقة العمليات لجيولوجية الاولية لتكون الصخور في الطبيعة مثل (التطبق والمتحجرات علامات النيم ، طابع المطر)
اما التراكيب الثانوية فتضم (الالتواءات ، الكسور، الفواصل، سطوح الانفصال، الصدوع).

التكتونية:
وتتضمن معرفة التاريخ التكتوني للمنطقة المدروسة،



٣- الجوانب التركيبية:

ويتضمن دراسة التراكيب الجيولوجية الاولية والثانية، وملاحظتها وتميزها وتوزيعها ، وتظم التراكيب الاولية مظاهر رافقة العمليات لجيولوجية الاولية لتكون الصخور في الطبيعة مثل (التطبق والمتحجرات علامات النيم ، طابع المطر)

اما التراكيب الثانوية فتضم (الالتواءات ، الكسور، الفواصل، سطوح الانفصال، الصدوع).

٤- اللثولوجية والتكوينات الجيولوجية:

ويتناول هذا الجانب معرفة التكوينات الجيولوجية الخرية لمنطقة الدراسة، ومسمياتها وخصائصها العامة ، ويمكنالاستعانة بالخريطة الجيولوجية لمنطقة الدراسةوالتقارير والدراسات الجيولوجيةو لتسهيل بعض الجوانب للدراسة الحقلية واعداد المقاطع الجيولوجية.

اولا: مستلزمات الدراسة الحقلية الجيولوجية:

١- والخرائط الجيولوجية والطوبوغرافية والمرئيات الفضائية لمنطقة الدارسة.
٢- جهاز تحديد المواقع (GPS) لتحديد النقاط والمناسيب الارضية وتطبيقات اخرى.
٣- بوصلة برندون لقياس ميل الطبقات الصخرية واتجاهاتها واتجاهات الكسور الرئيسية والثانوية
٤- اداوات للقلع والتهشيم والحفر مثل المطرقة الجيولوجية والمعاول والمثاقب والمجرفة.
٥- اجهزة قياس ميل المنحدرات كجهاز(الكلانوميتر)
٦- شريط قياس المسافات (فيته)
٧- جهاز بيرنة لقياس حجوم الرواسب.

٨- وسيلة التنقل حسب طبية المنطة التضاريسية، وبعض الادوات للتخيم.

- **الدراسة الحقلية للجوانب التكتونية:**

تشتمل دراسة الجوانب التكتونية حقليا معرفة تشخيص الجوانب التالية:

١- تميز الصدوع الرئيسية والثانوية والتي عادة ما تاخذ اشكال جيومورفولوجية معينة كالحافات الصدعية وانظمة صرف خاصة مثل نظام الصرف المتوازي والمتعامد.وهناك عدة انواع من الصدوع :

- الصدوع الاعتيادية:
- الصدوع الزاحفة:
- الصدوع المعكوسة:
- الصدوع السلمية:

الصدع Fault:

حركات تكتونية يتولد عنها ضغوطات شديدة مفاجئة تتجاوز حد مرونة الصخور مما يعرضها للتفلق والانكسار أو التشقق (الفواصل).

الصدع (الانكسار) Fault:

كسر في صخور القشرة الأرضية الصلبة تحرك أحد جانبيه نسبة إلى الجانب الآخر موازية لمستوى التصدع وتختلف هذه الحركة من عدة سنتيمترات إلى عدة كيلومترات.

الفواصل Joint(الشقوق Fractures) :

هي شروخ في الكتلة الصخرية لم يحدث على جوانبها حركة ملحوظة للكتلة الأرضية وتتفاوت في أبعادها ما بين شروخ مجهرية صغيرة لا يتجاوز أبعادها بضع مليمترات إلى بضع سنتمترات.

الصدوع والفواصل هي مظاهر ضعف في التكوينات الصخرية ؛ لأن يرافقهما الكثير من المشكلات الجيومورفية والجيولوجية المعقدة.

عناصر الصدع:

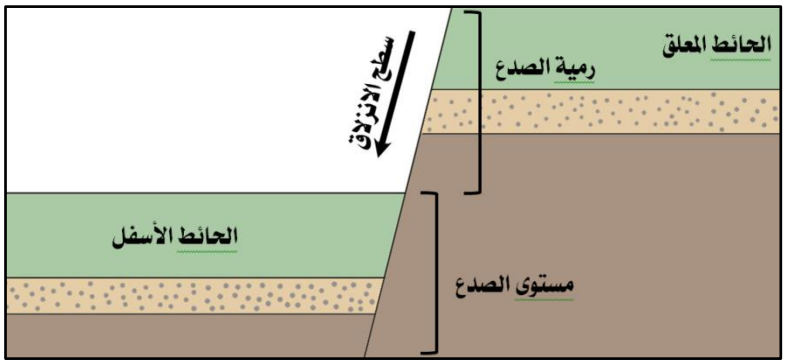
يتكون الصدع من:

١. مستوى الصدع Plane of Fault :السطح الذي تحصل الحركة على امتداده وتكون مستويات الصدع أفقية أو مائلة أو رأسية.

٢. الحائط المعلق Hanging Wall : الكتلة الصخرية أو الجهة تكون أعلى من مستوى الصدع، ويسمى بالجانب المرفوع Up throw.

٣. الحائط الأسفلFoot Wall : الكتلة التي تكون اسفل مستوى الصدع يسمى الجانب الهابط Down throw .

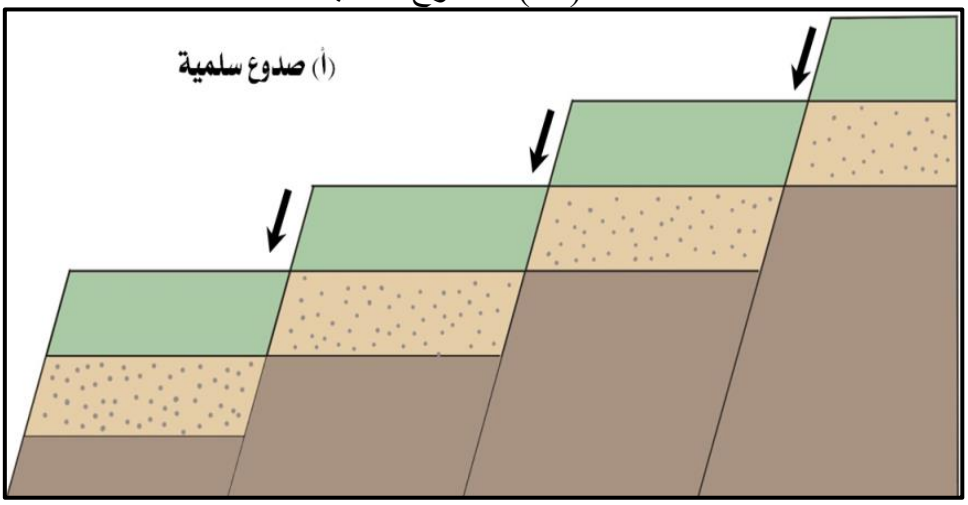
٤. رمية الصدع Throw of Fault : المسافة العمودية أو الفارق الرأسي في مستوى التكوينات الصخرية المتناظرة على جانب الانكسار ينظر (الشكل ٩).



شكل (٩) عناصر الصدع

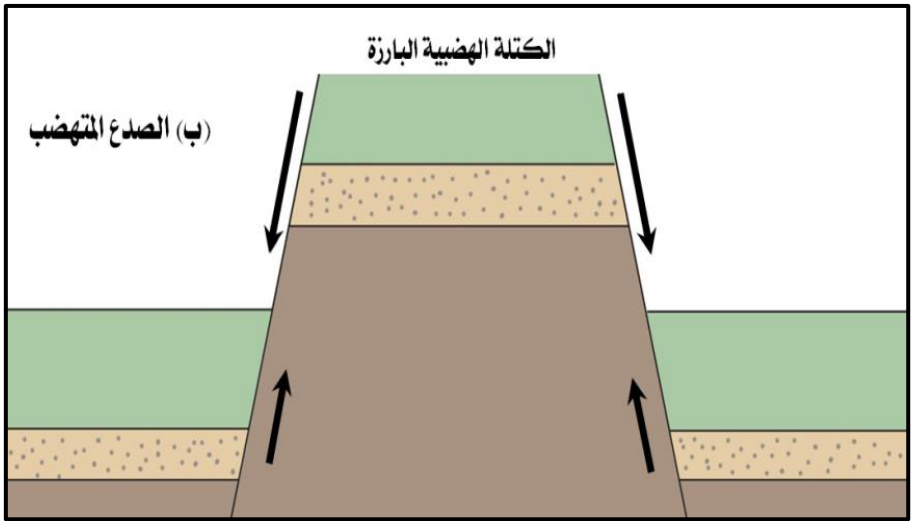
أنواع الصدوع :
تقسم الصدوع إلى أنواع تبعاً لتنوع القوى المساهمة في تشكلها وسنوضح الأكثر انتشاراً وهي:
١. الصدع العادي: هو أكثر أنواع الصدوع انتشاراً يتطور بسبب عمليات الشد العنيفة التي تصاحب حركات القشرة الأرضية. ويعرف أحياناً بصدع الشد (شرف، ١٩٨٥: ١٥٠)، وشكل (٩) يوضح ذلك.
٢. الصدع السلمي (المتدرجة Step Faults): عبارة عن مجموعة من الصدوع المتوازية التي ترمي كلها في اتجاه واحد تؤدي إلى ظهور سطح الأرض بشكل سلمي درجات،أمثلة ذلك أخدود الأردن.

شكل (١٠) الصدوع السلمية



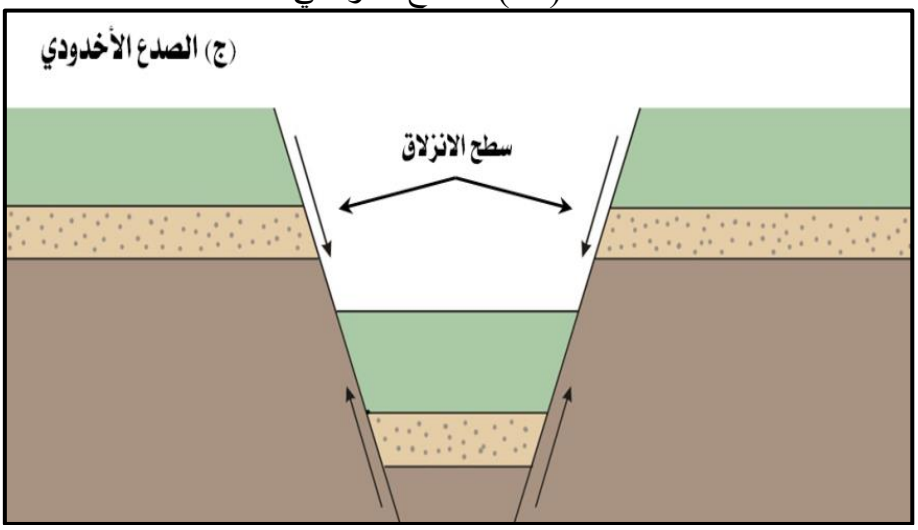
٣. الصدع المتهضب Horst :
تسمى كذلك بالصدوع البارزة هو تركيب بارز يتطور بفعل وجود صدعين متوازيين إذ تنزلق الكتل الجانبية على سطح الصدعين وتبقى الكتلة الوسطية محافظة على ارتفاعها فتبدو بشكل تراكيب أرضية بارزة وتسمى كذلك عش النسر (شكل ١٠)، مثل شبة جزيرة سيناء تعد كتلة هضبية انكسارية بين خليج السويس وخليج العقبة وشبه جزيرة كوريا بين البحر الاصفر وبحر اليابان.

شكل (١١) الصدع المتهضب



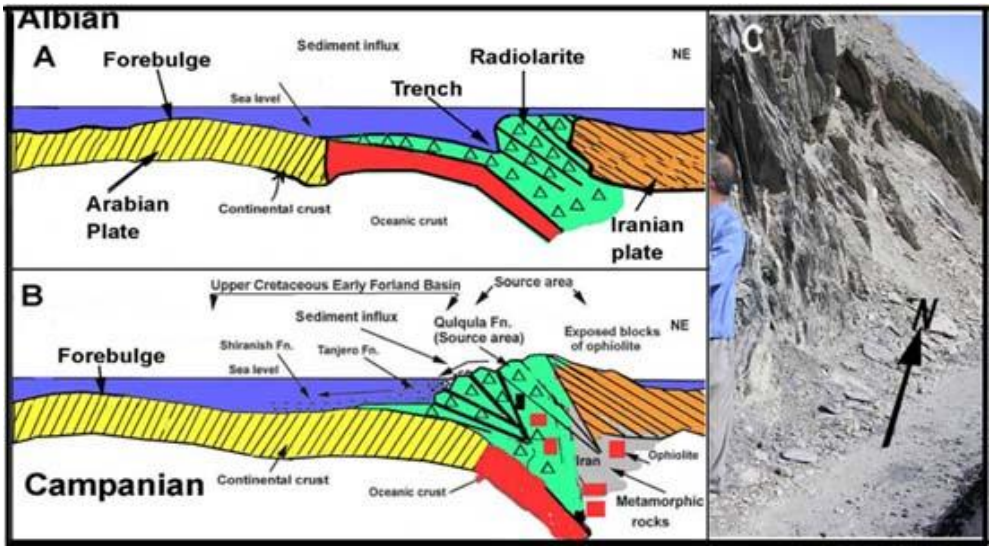
٤. الصدع الحوضي Graben:
يتطور نتيجة حدوث صدعين متوازين (أحياناً أكثر) فتنزلق الكتلة الأرضية الوسطية ويحدث في نفس الوقت ارتفاع في الكتل الأرضية الجانبية، وأبرزها صدع الأخدود الأفريقي الذي يبلغ طوله ٦ الاف كيلومتر. يبدأ من البحيرات وتحديداً بحيرة مالاوي (نياسا) في شرق القارة الافريقية ويتجه شمالاً ليضم خليج عدن والبحر الاحمر ويستمر حيث خليج العقبة والبحر الميت وغور الأردن وينتهي في سهل الغور جنوب سوريا.
كما وتتضمن معرفة اثر الحركات الارضية في مورفولوجية منطقة الدراسة وتكون مناطق الالتواءات المحدبة والمقعرة والحافات التركيبية الطولية، واثرذلك في نشاط العوامل لجيومورفولوجية، كالانزلاقات والانهيرات الارضية.

شكل (١٢) الصدع الحوضي



- **دراسة الجوانب التركيبية**

وتتضمن دراسة خصائص التراكيب الجيولوجيةالاولية والثانوية، وتضم الجوانب التالية:



١- **دراسة خصائص الطيات المحدبة والمقعرة :** الطيات تراكيب جيولوجية ثانوية تتكون نتيجة قوة الضغط مما يودي الى انحناء الطبقات الصخرية بدرجات متفاوته مكونة محدبات او مقعرات،وتتضمن

- قياس امتدادات واتجاهات الطيات.
- التميز بين الطيات المحدبة والمقعرة.
- تحديد اتجتهات ميل الطبقات الصخرية.
- قياس التناضر للطيات
- تحديد انواع الطيات (متناضرة، غير متناضرة، غاطسة، مضطجعة، مقلوبة.....الخ).
- تحديد اتجاه الغاطس للطيات.
- تحديد محاور الطيات
- تحديد مضرب الطية.
- معرفة نظم الصرف في الطيات.

٢- **دراسة الصدوع:** الصدع(Fault) كسر في صخور القشرة الارضيةتحرك احد جانبيه الى الجانب الاخرحركة موازية مستوى الكسر ، وقد تحدث الحركة في كلا الجانبين، وتتباين قيمة هذه الحكة من عدة سنتمترات الى عدة كيلومترات، ان المستوى الدي تحصل الحركة على امتداده ،يسمى بمستوى الصدعويكون له ميل ومضرب ويكون مستويات الصدوع مستوية او مائلة او افقية.

وتقسم الصدوع الى ثلاث انواع رئيسية

١-الاعتيادية ٢-الزاحفة ٣-الافقية

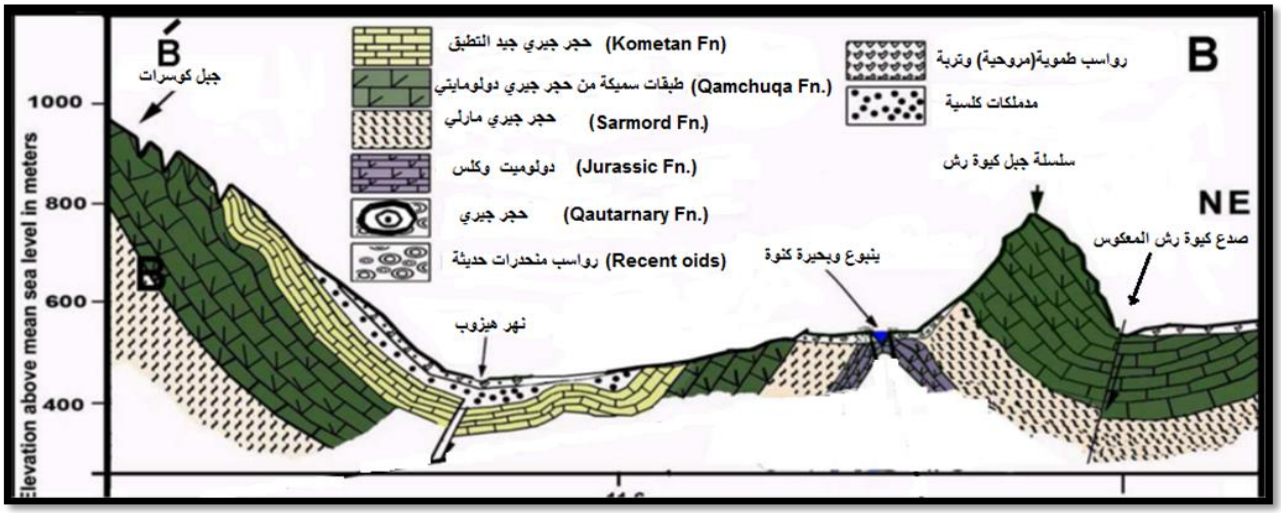
ومن الجوانب المهمه في دراسة الصدوع:

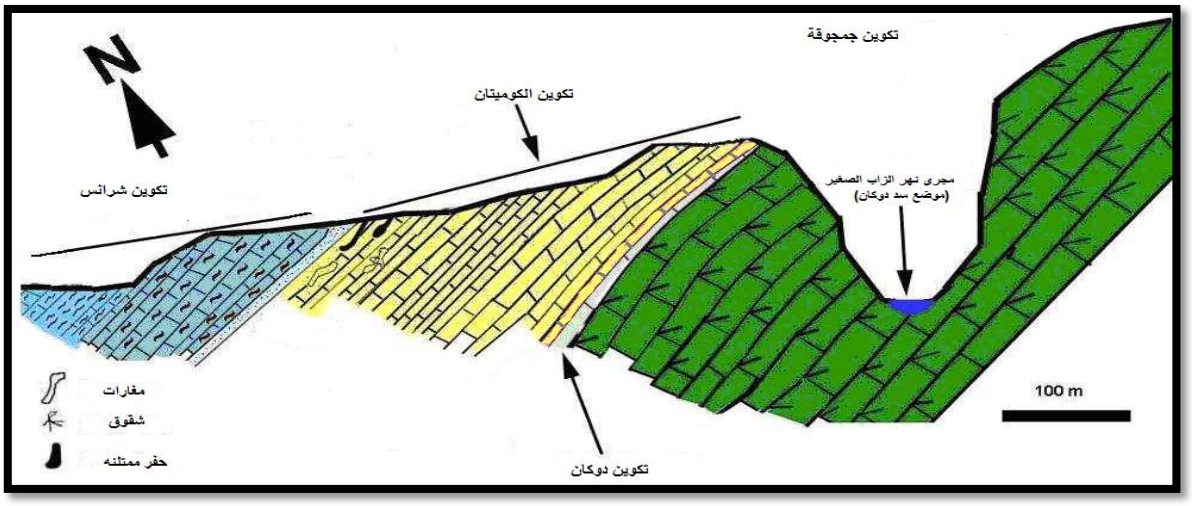
- امتداد الصدوع
- تحديد مستويات الصدوع
- تميز انواعهااثرها على تكون المظهر الارضي.
- تحديد رمية الصدع علوية سفلية يساري يمني

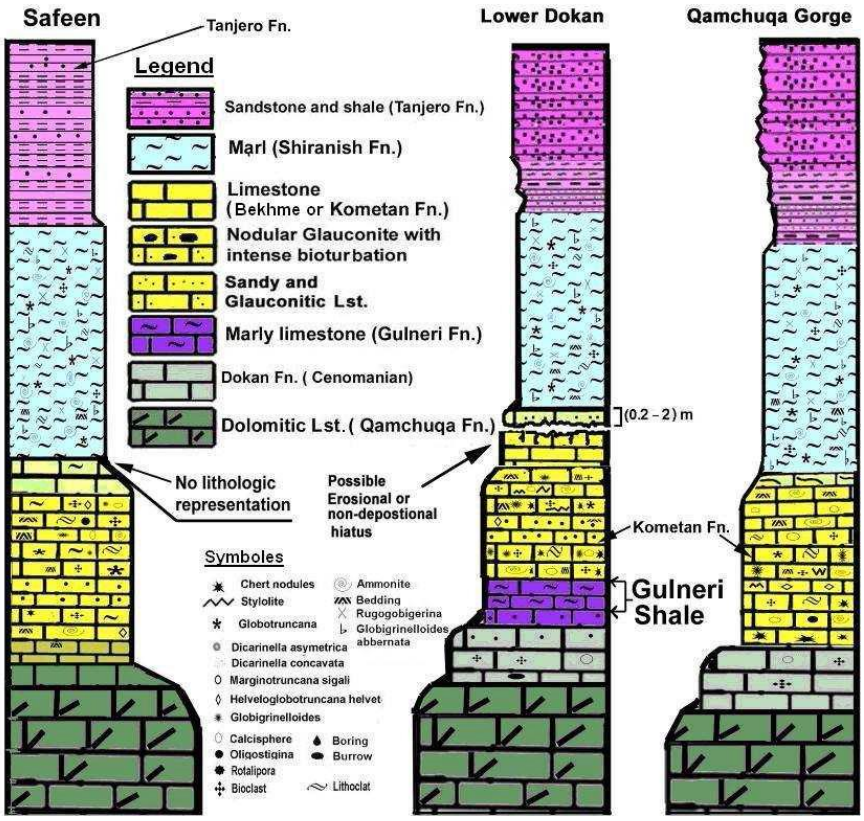
- **دراسة التكوينات الجيولوجية:**

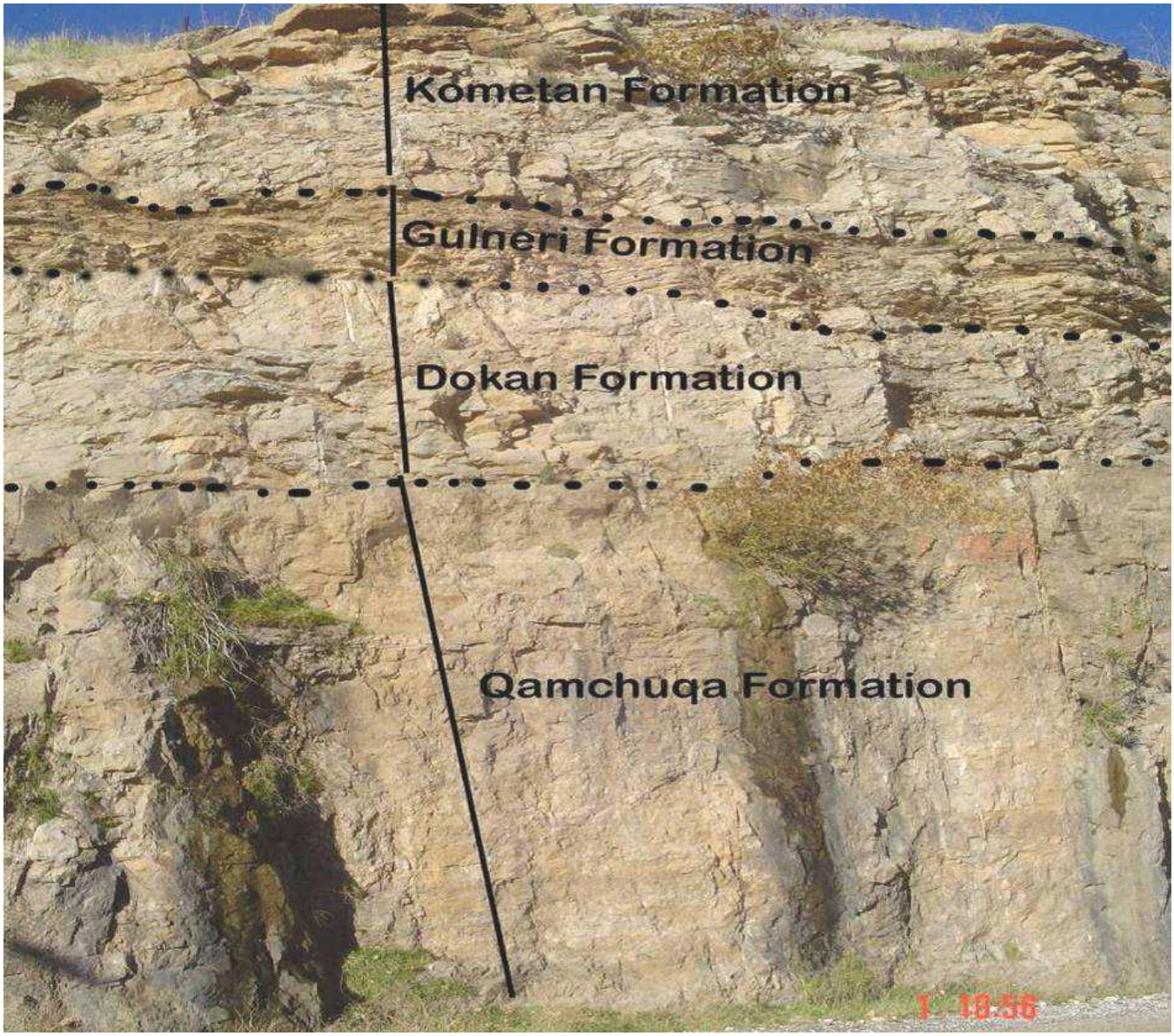
تتضمن الدراسة الحقلية للتكوينات الجيولوجية، تحليل الخصئص اللثولوجيةللوحداة الصخرية من خلال دراسة مكاشف هذه التكوينات ، بالاستعانة بالخريطة الجيولوجية لمنطقة الدراسة، ومن اهم الجوانب التي يمكن التركيز عليها في هذا المجال:

- توفير الخرائط الجيولوجية ذات المقياس المناسب من الهيئات الحكومية
- اختيار المكاشف المناسبة والتي تتميز بتمثل معظ التكوينات الجيولوجية لنطقة الدراسة، وعادة ما توجد هذه المكاشف في مناطق القطع العميقة للاودية الاخدودية والحافات الصدعية والحواجز الجبلية التركيبية في مناط الالتواءات.
- تحديد نوع التكوينات الصخرية هل هي(رسوبية نارية متحولة) بالاضافة الى الانواع الثانوية عل سبيل المثال الصخور الرسوبية والتي تضم انواع منها الجيرية والرملية والطينية والمارل والكلسية.
- تحديد سمك كل تكوين بالاضافة الى سمك كل طبقة صخرية.
- تعين الوحداة الصخارية
- اللوان التكوينات الصخرية
- الشوائب
- الصلابة
- الحدود بين التكوينات
- نوع المتحجرات
- التوثيق الفوتوغرافي
- انشاء مقطع جيولوجي



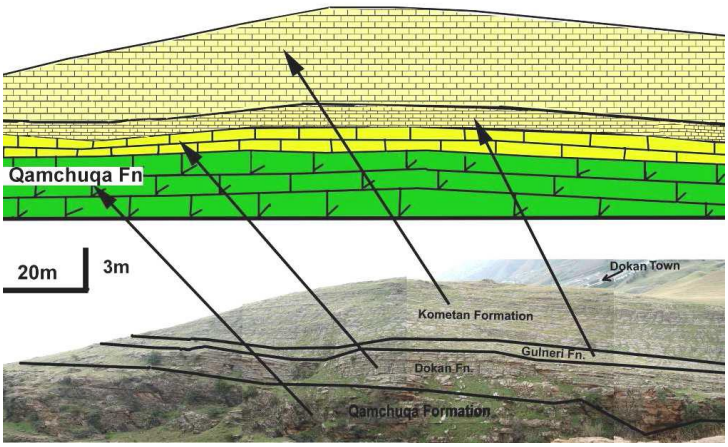

N
تكوين جمجوقة
تكوين الكوميتان
تكوين شرانس
مجرى نهر الزاب الصغير
(موضع سد دوكان)
مغارات
شقوق
حفر ممتلئه
100 m
تكوين دوكان


Safeen
Tanjero Fn.
Lower Dokan
Qamchuqa Gorge
Legend
Sandstone and shale (Tanjero Fn.)
Marl (Shiranish Fn.)
Limestone
(Bekhme or Kometan Fn.)
Nodular Glauconite with
intense bioturbation
Sandy and
Glauconitic Lst.
Marly limestone (Gulneri Fn.)
Dokan Fn. (Cenomanian)
Dolomitic Lst. (Qamchuqa Fn.)
(0.2 - 2) m
No lithologic
representation
Possible
Erosional or
non-depostional
hiatus
Kometan Fn.
Gulneri
Shale
Symboles
Chert nodules
Stylolite
Globotruncana
Dicarinella asymetrica
Dicarinella concavata
Marginotruncana sigali
Helveloglobotruncana helvet
Globigrinelloides
Calcisphere
Oligostiqina
Rotalipora
Bioclast
Ammonite
Bedding
Rugogobigerina
Globigrinelloides
abbernata
Boring
Burrow
Lithoclat


Kometan Formation
Gulneri Formation
Dokan Formation
Qamchuqa Formation

صورة رقم (11) تكوين جمجوقة الكلسي منطقة دوكان. صورة رقم (12)الجزء العلوي من تكوين جمجوقة من المدملكات

صورة(13)مكونات المدملكات



جدول (3)العمود الجيولوجي لمنطقة الدراسة منطقة دوكان قرب السد

الزمن	العصر	التكوين الجيولوجي	الصخارية
الثالث (سينوزويك)	**الايوسين** - باليوسين	الجركس	حجرطيني وغريني احمر،وعدسات من الجبس،وكميات قليلة من الانهيدرايت
		كولوش	حجر رملي وطفل
الثاني(ميزوزويك)	الكريتاسي	تانجيرو	حجر المارل الغريني والحجر الرملي
		شرانش	الحجرالجيري الكلسي والمارلي والحجر السجيلي.
		كوميتان	الحجر الجيري المارلي
		دوكان	حجر جيري،وحجر طيني ،وحصى رمادي
		قمجوقة	مدملكات،وحجر جيري دولومايتي ،والجبس
		سارمورد	الحجر المارلي ،والمارل الجيري،والحجر الكلسي
لرابع (كوارتزري)	البلايوستوسين-الهولوسين	المراوح الفيضية	رواسب طموية طينية وغرينية ،ورمال وحصى وجلاميد
		السهول الفيضية	رواسب طموية من الطين والغرين والحصى والرمال .
		المدرجات النهرية	خليط من الرواسب الطموية الطين والحصى والرمل ومواد لاحمة كلسية
		ركام السفوح	رواسب مختلفة الاحجام عديمة التطبق ركامية من الصخور الطينية والكلسية والرملية

دراسة المنحدرات الأرضية :

تعد من الجوانب المهمة في الدراسات الجيومورفولوجية . يعني الانحدار انحراف أو ميل الأرض عن المستوى الأفقي، حيث يكون الانحدار كبيرا كلما زاد الميل أو الانحراف.

وتعد الانحدارات ذات أهمية كبيرة في الدراسات الجغرافية عامة والجيومورفولوجية خاصة، حيث تمثل أحد عناصر مظاهر السطح التي يتم تحليلها باستخدام أساليب قياسية وتحليلية لأنها ذات علاقة وطيدة بالنشاط البشري بأشكاله المختلفة كالعمران والطرق والجسور ومشاريع الري والخزن وغير ذلك، حيث يعتمد إقامة أي مشروع على طبيعة الانحدار وشدته واستقراره والعمليات الجيومورفولوجية التي تتعرض لها تلك السفوح، وهذا ما دفع بالجيومورفولوجيين إلى دراسة السفوح من جوانب عديدة منها ما يأتي:

١- أجراء دراسات مورفو مترية لقياس أبعاد المنحدرات من ارتفاع وامتداد ودرجة انحدار، ويمكن الاستعانة بخرائط كتورية ذات مقياس كبير ١/ ٥٠٠٠ أو ١/ ١٠٠٠٠ بحيث تظهر عناصر المنحدر الأساسية في مثل تلك الخرائط بوضوح كالمسافة الرأسية والأفقية.

٢- تحديد نوع السفح وطبيعة تكويناته من تربة وصخور وما تتضمنه من تراكيب أولية وثانوية وعلاقة ذلك بالتغيرات التي تشهدها تلك السفوح، ويمكن الاستفادة من الصور الجوية إن توفرت في التعرف على تلك التغيرات ضمن فترة زمنية معينة حسب تاريخ توفر الصور.

٣- تحديد المواضع المستقرة وغير المستقرة والأسباب التي أدت إلى ثباتها كليا أو جزئيا وهل يعود إلى صلابة التكوينات أو لوجود غطاء نباتي أو لتدخل الإنسان، وكذلك الحال بالنسبة لعدم ثبات السفوح هل يعود إلى عمليات التعرية أم التجوية أو الانهيارات أو طبيعة ميل الطبقات الصخرية وتركيبها المعدني.
٤- الوضع الهيدرولوجي في السفوح ومدى تـأثيرها عليها سواء كانت السطحية أم الجوفية.
٥- طبيعة المناخ السائد ومدى تأثير عناصره المختلفة على السفوح والتعرف على أكثر العناصر تأثيرا والجهة المتأثرة وقوة التأثير.
٦- قياس التغيرات التي تعرضت لها السفوح وتحليل الوضع والشكل الذي كانت عليه وما هي عليه ألان، حيث تتغير من منتظم إلى غير منتظم ومن محدب إلى مقعر ومن معتدل إلى شديد.
٧- تحديد المواضع التي يمكن استغلالها حسب النشاط الذي يحتاج إلى استغلال السفوح لعدم توفر إمكانات متاحة للتوسع كالزراعة والعمران والطرق وغيرها . وسيتم تناول ذلك في الفصول القادمة.
وفي هذا المجال سوف تتركز الدراسة على العناصر الأساسية للمنحدرات والتي تشمل أنواع الانحدارات وقياسها والمشاكل التي تتعرض والسبل الكفيلة لمعالجة بعضها ودراسة تطبيقية ميدانية.

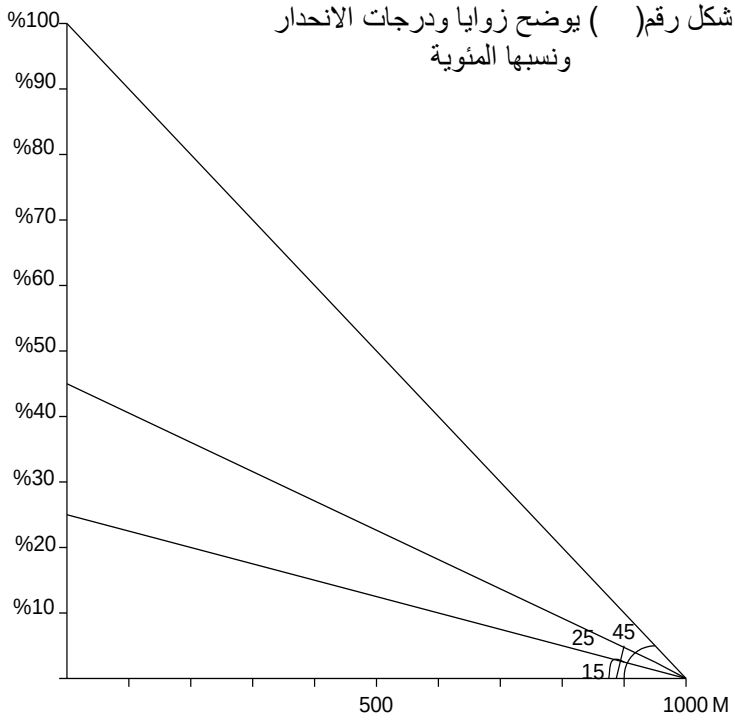
أولا: أنواع الانحدارات.

تصنف المنحدرات على أساسين هما درجة انحدارها وشكلها وكما يأتي:
ا-- أنواع الانحدارات حسب درجة الانحدار:
تصنف الانحدارات حسب درجة الانحدار إلى مايأتي:

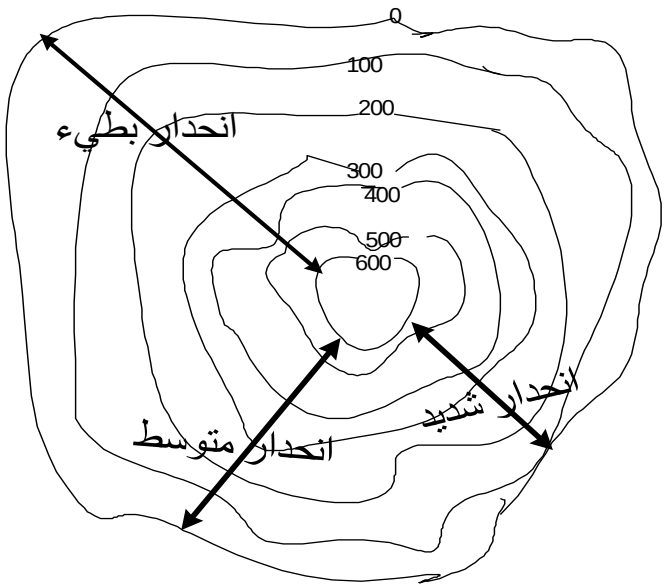
١- انحدار بسيط أو خفيف.
ويشمل المناطق ذات الميل البطيء التي تتباعد فيها الخطوط الكنتورية عن بعضها لسعة المسافة الأفقية بين خط وأخر، ويشمل الانحدارات التي تتراوح درجاتها مابين [١°--- ١٥°] ، إي ما بين [١% و ٢٧%] وتعد تلك المنحدرات من أصلح السفوح للأنشطة المختلفة.
٢- انحدار معتدل أو متوسط:
يكون هذا النوع من المنحدرات أكثر ميلا من النوع السابق، حيث تتقارب الخطوط الكنتورية من بعضها أكثر مما في النوع الأول، وتشمل الانحدارات التي تتراوح درجاتها مابين [١٥° ـــ ٢٥°] ، أي التي نسبها ما بين[٢٧% و ٤٧%] تقريبا، وتعد اقل أهمية من النوع السابق في مجال استغلالها للأغراض المختلفة.
٣- انحدار شديد:
يشمل المنحدرات الشديدة الميل التي تقترب فيها الخطوط الكنتورية من بعضها جدا لصغر المسافة الأفقية بينها، وتكون درجة انحدارها ما بين[٢٥° ـــ٤٥°] والتي نسبتها ما بين[٤٧% و١٠٠%]، ويواجه استغلال تلك السفوح مشاكل عديدة لشدة الانحدار وعدم استقرار بعض السفوح.[1] شكل رقم(٣-١) زوايا ودرجات الانحدار، والشكل رقم(٣-٢) الانحدارات حسب الخطوط الكنتورية.

شكل رقم(٣-١)

شكل رقم( ) يوضح زوايا ودرجات الانحدار ونسبها المئوية



شكل رقم(٣- ٢) الانحدارات حسب توزيع الخطوط الكنتورية



جدول رقم(٣-١) صفة الانحدار حسب مقدار الزاوية

نوع الانحدار	درجة الانحدار بالدرجات
جرف *Cliff*	أكثر من ٤٥
حاد جدا *Very steep*	٣٠-٤٠

٣٠-١٨	***Steep*** حاد
١٠-٥	***Moderately Steep*** حاد معتدل
٥-٢	***Moderately*** معتدل
اقل من ٢	***Horizontal*** مستوي

Process and Land form, conceptual frameworks in Geography, p38

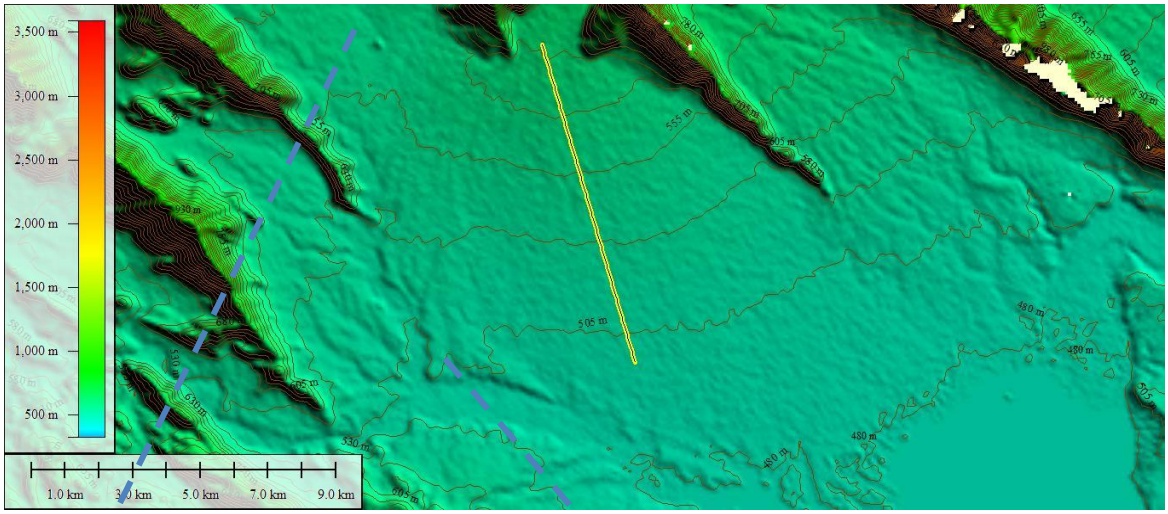
ب- أنواع الانحدارات حسب الشكل

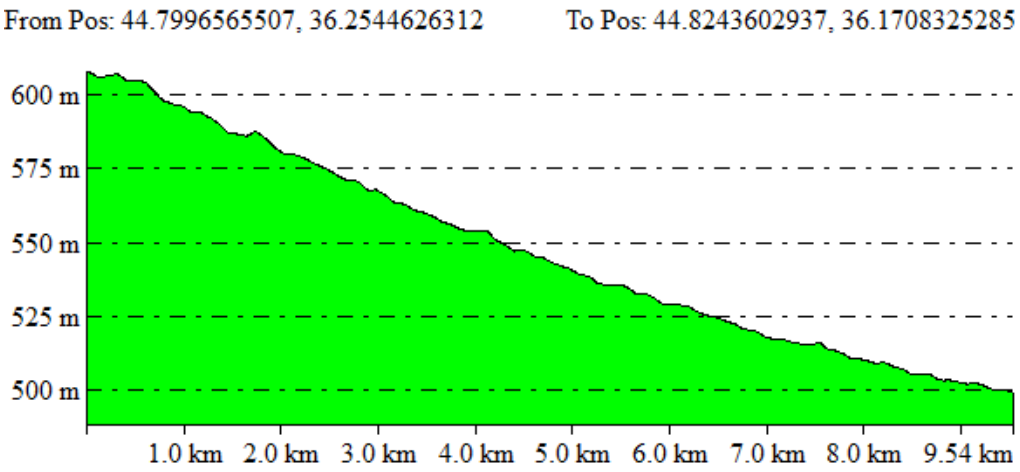
تتخذ الانحدارات أشكال مختلفة حسب العوامل التي أسهمت في تكوينها والعمليات التي تعرضت لها بعد التكوين، ومنها ما يأتي:

١- الانحدارات المنتظمة:

تعني الانحدارات المنتظمة الانحدارات ذات السفوح المستوية الخالية من التحد بات والتقعرات مهما كان ارتفاعها ودرجة انحدارها، لذا تظهر الخطوط الكنتورية التي تمثل تلك السفوح موزعة بشكل منتظم على طول امتدادها، شكل رقم(٣- ٣أ).

وقد يكون المرتفع منتظم الانحدار على امتداد مقطعه العرضي أي على الجهة الأخرى منه فيظهر السفح منتظم أيضا، شكل رقم(٣-٣ب).



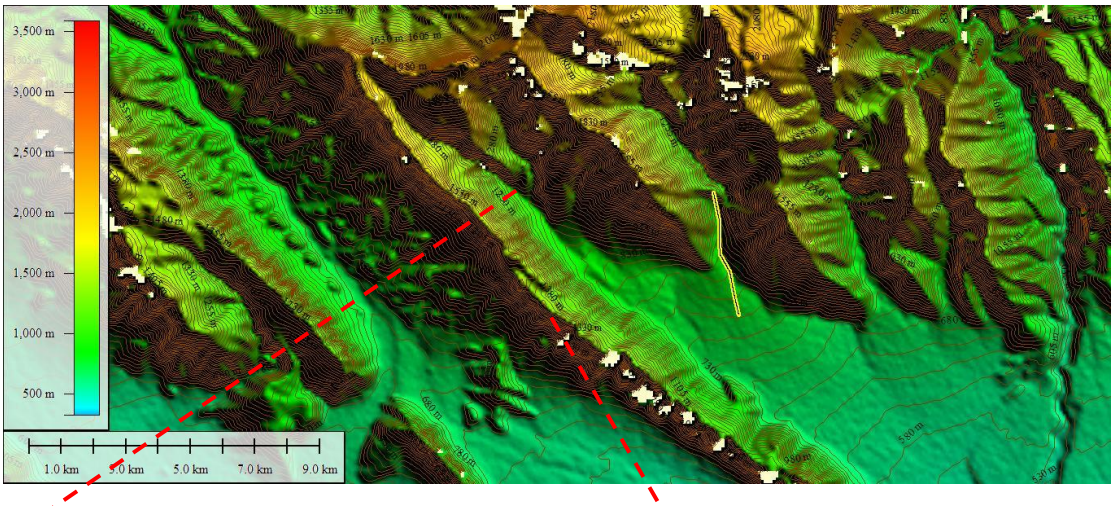


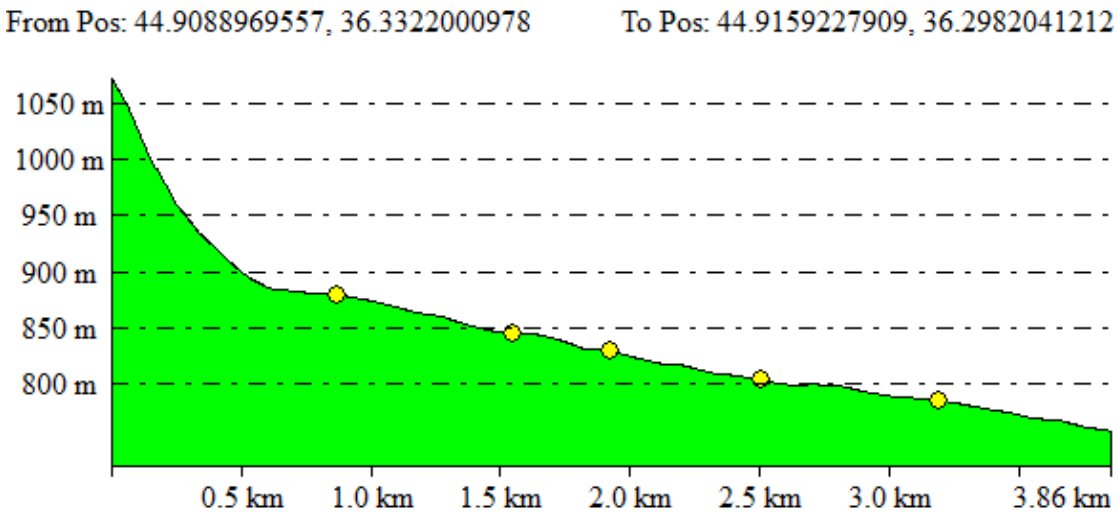
شكل رقم(٣-٣) الانحدار المنتظم

٢- الانحدارات المقعرة:

يظهر المنحدر المقعر شديد الانحدار في قمته ومعتدلا في وسطه ونهايته ويكون ذلك واضحا من توزيع الخطوط الكنتورية في الخرائط التي تمثلها حيث تكون متقاربة في القمة ومتباعدة في وسط وأسفل السفح وبشكل متدرج، شكل رقم(٣-٤أ).

وتظهر المرتفعات التي تكون مقعرة السفوح من جهتين متقابلتين مخروطية الشكل، وخاصة المرتفعات التي تتعرض للتعرية الجليدية، شكل رقم(٣-٤ب).





٣ـ الانحدارات المحدبة:

تكون بطيئة الانحدار في قمتها وتزداد شدة في الجزء الواقع تحت القمة لذا تظهر الخطوط الكنتورية متباعدة في القمة ومتقاربة بشكل تدريجي بالاتجاه نحو أسفل المنحدر وبدرجة كبيرة عند أسفل السفح، شكل رقم(٣- ٥أ).

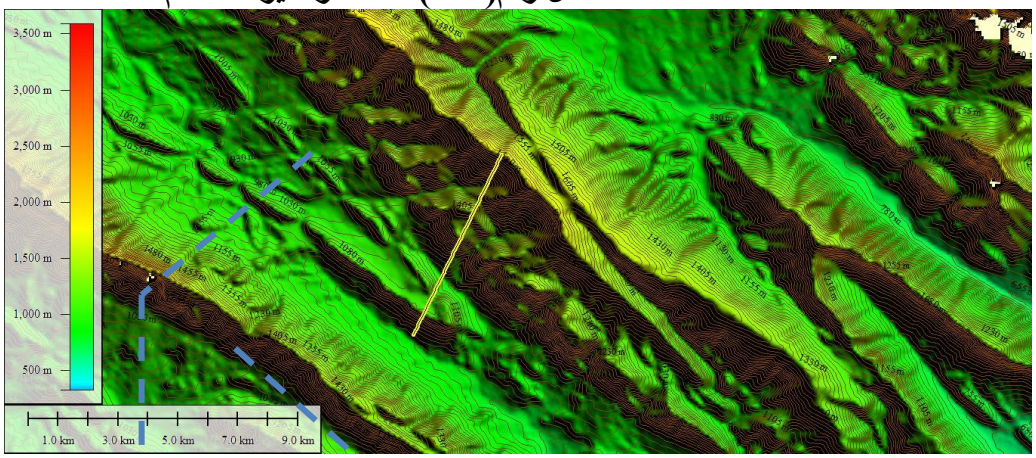
وقد يظهر المرتفع ذات الانحدارات المحدبة في مقطعه العرضي على شكل قبة لتشابه نوع الانحدار على جهتي المنحدر، شكل رقم (٣-٥ب).

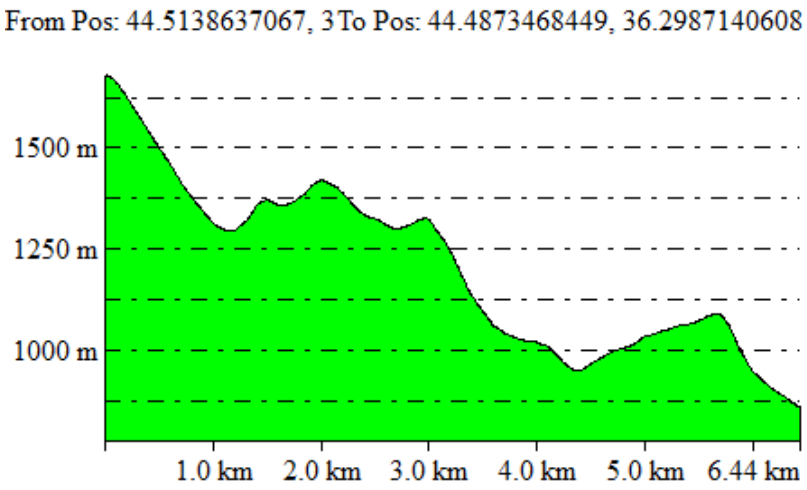
شكل رقم(٣-٥)

ـ الانحدارات غير المنتظمة:

تتخذ بعض الانحدارات شكلا غير منتظم في مقطعه الطولي حيث يتضمن مقاطع محدبة وأخرى مقعرة وأخرى مستوية، ويظهر البعض منها على سلمي أي تتكون من عدة مستويات متباينة الارتفاع، وعليه تظهر الخطوط الكنتورية في الخرائط التي تمثل تلك السفوح بشكل غير منتظم حيث تتقارب في مواقع وتتباعد في أخرى معبرة عن طبيعة تلك السفوح، شكل رقم(٣- ٦).

شكل رقم(٣-٦) الانحدار غير المنتظم



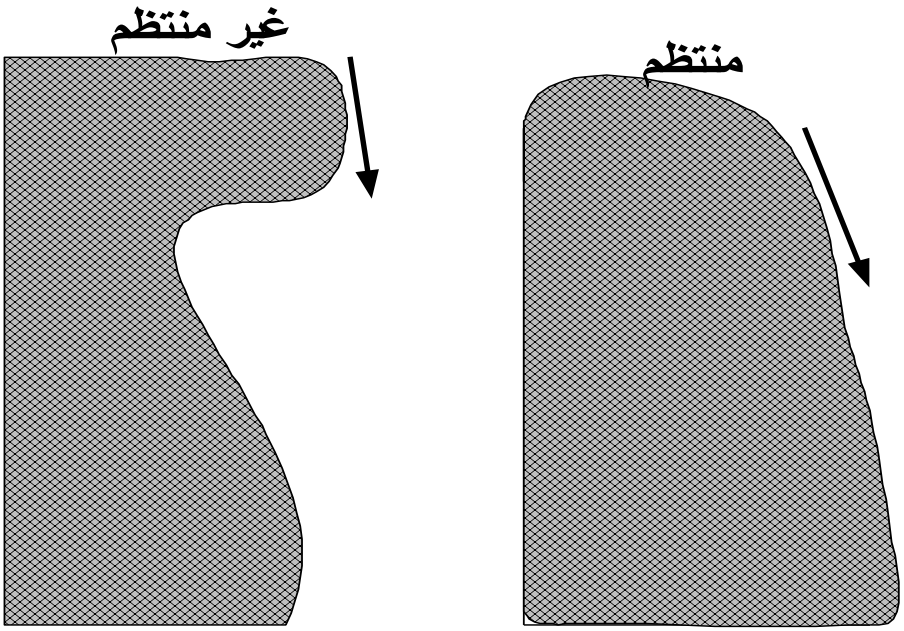


٥ ـ الانحدارات الجرفية:

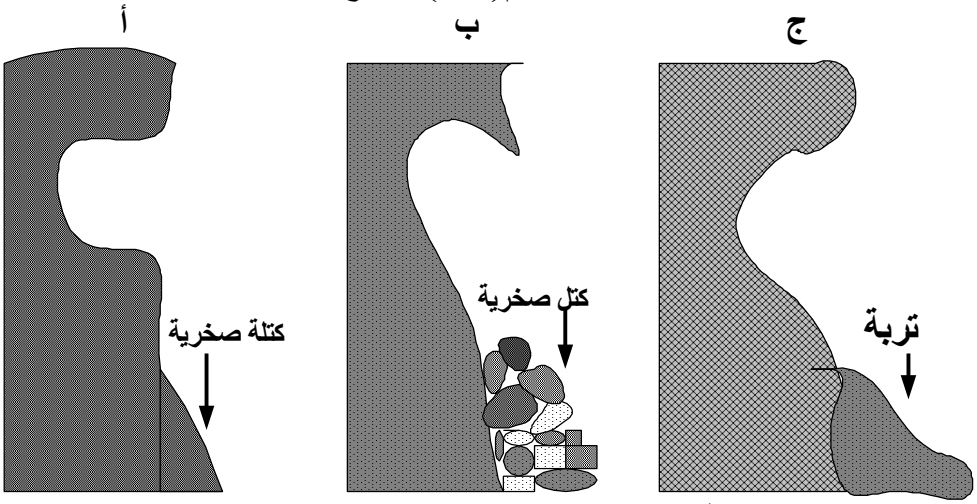
تشهد السفوح تطورات مختلفة تؤدي إلى تغيير شكلها من وقت لأخر حسب شدة تأثير العوامل المؤثرة، وقد يتحول البعض منها إلى سفوح جرفيه ويصل درجة بعضا إلى ٩٠° ، ويكون بعضها ذات سفوح منتظمة وأخرى غير منتظمة، شكل رقم(٣-٧) وتظهر تلك السفوح عند سواحل البحار والجبال التي تتعرض إلى عمليات تعرية وتجوية على نطاق واسع، أو نتيجة النشاط البشري لغرض تنفيذ مشروع ما يحتاج إلى قطع سفوح المرتفعات التي تعترض تنفيذه.

صورة منحدر جرفي

شكل رقم (٣-٧) الانحدارات الجرفية المنتظمة وغير المنتظمة



شكل رقم(٣-٨) سفوح جرفيه غير منتظمة



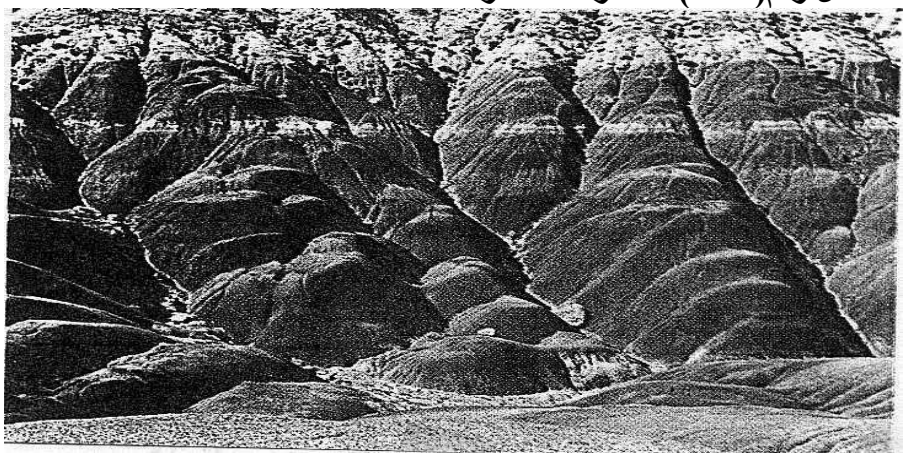
٦- الانحدارات المتضرسة

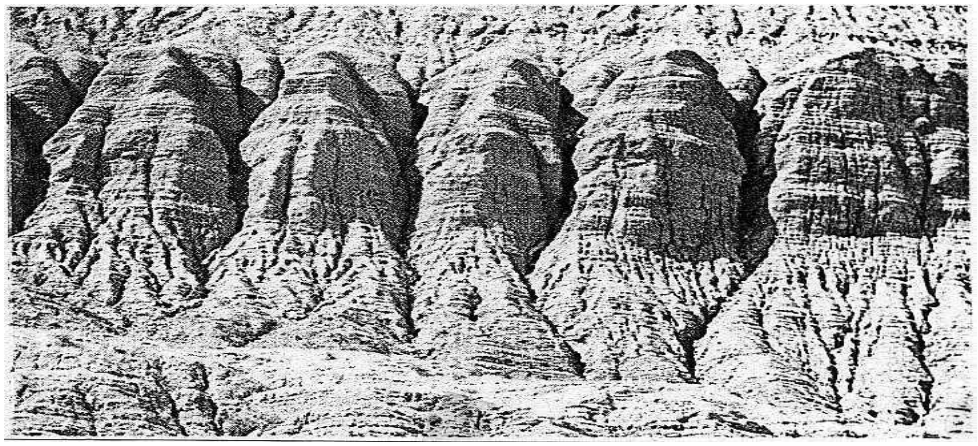
تتخذ بعض أنواع السفوح شكلا متضرسا يختلف عن الأنواع السابقة، إذ تكون شديدة التضرس أو الوعورة بتأثير المجاري المائية وطبيعة مكوناتها، حيث تعمل تلك المجاري على تقطيع بعض السفوح وتمزيقها إلى كتل صغيرة بعضها يشبه الميسا والبعض الآخر يشبه التلال المنفردة ا والسلسلة المتعددة القمم، وتكون صغيرة المساحة ومنخفضة الارتفاع وتفصل بينها المجاري المائية بمختلف مراتبها الرئيسية والثانوية،شكل رقم(٣-٩أ).

كما يسود نوع أخر في بعض السفوح التي تقطعها مجاري مائية قليلة الروافد بشكل طولي من الأعلى إلى الأسفل فتحولها إلى كتل طولية صغيرة المساحة وذات جوانب شديدة الانحدار نحو المجاري ومتوازية الامتداد من أعلى السفوح إلى أسفلها، شكل رقم(٣- ٩ب).

وقد يعترض استغلال تلك السفوح مشاكل كثيرة لعدم استقرارها وتعرضها إلى عمليات مختلفة وعدم توفر مساحات واسعة غير متضرسة لاستغلالها في أي نشاط اقتصادي أو عمراني.

شكل رقم(٣-٩) انحدارات متضرسة





المبحث الثاني - قياس الانحدارات:

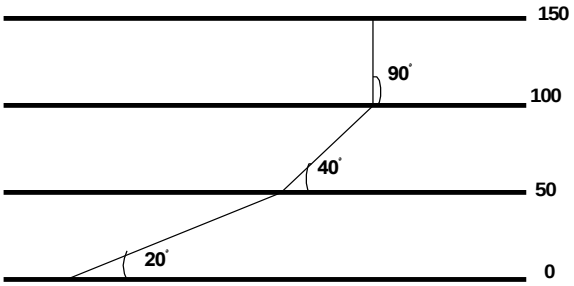
إن قياس العناصر المختلفة للانحدارات يحتاج إلى قياس كل من الفاصل الرأسي والمسافة الأفقية وفيما يلي توضيح لكل منهما:

أ- الفاصل الرأسي:
وهو الفرق في الارتفاع بين نقطتين تقعان على مستويين مختلفين، أو بين خط كنتور وأخر، ويكون مقداره ثابت في الخرائط الكنتورية حسب الوضع التضاريسي لكل منطقة مرتفعة أو منخفضة، شديدة الانحداراوبطيئة، ففي المناطق السهلية يكون الفاصل الرأسي مابين ١و٢م لعدم وجود تباين كبير بين أجزاءه ارتفاعا أو انخفاضا، بينما يكون الفاصل كبيرا في المناطق الجبلية والهضبية ويتراوح مابين٥ و٥٠م في التلال والمرتفعات التي تقل عن ١٠٠٠م، في حين تصل إلى أكثر من ١٠٠م في المرتفعات التي تزيد عن ذلك.

ب- المسافة الأفقية:

وهي المسافة التي تفصل بين نقطة وأخرى على الأرض وخط وأخر على الخريطة الكنتورية وتظهر بشكل أفقي على الخريطة بينما في الحقيقة تكون مائلة أو منحدرة على الطبيعة، وتتباين المسافة الأفقية من مكان لأخر حسب شدة الانحدار إذ تكون المسافة قصيرة في الانحدارات الشديدة وطويلة في الانحدارات البطيئة، ويترتب على تباين المسافات تباين الزوايا رغم تساوي المسافات الرأسية حيث تكون قائمة في المنحدرات الشديدة وحادة في المنحدرات البطيئة، شكل رقم(٣-١٠).
وقياس كل من الفاصل الرأسي أو المسافة الرأسية والمسافة الأفقية يتم بصورة مباشرة وغير مباشرة.

شكل رقم (٣-١٠) تغير الزوايا حسب تغير المسافة الأفقية



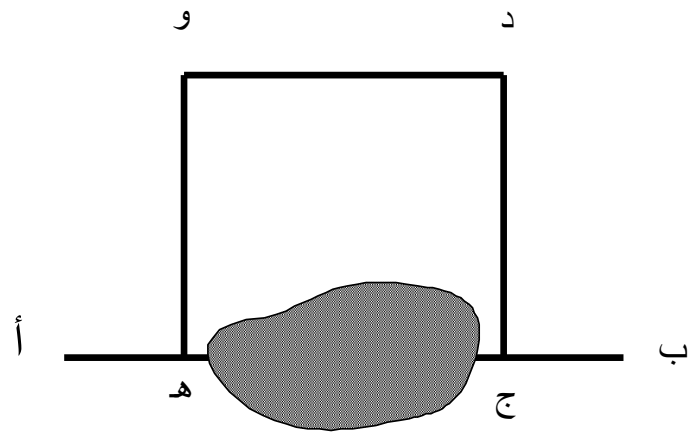
أولا- طريقة القياس المباشرة.
وتعد الطريقة العلمية والحقيقية في الدراسات الجيومورفولوجية وذلك لقيام الباحث بعملية القياس بنفسه أو الاستعانة بمن لديهم خبرة بذلك فتكون المعلومات على درجة عالية من الدقة وباستخدام المعدات والأجهزة الحديثة، وسيتم تناول قياس كل عنصر على حده وكما يأتي:

١- قياس المسافة الأفقية:
أ- قياس الانحدارات المنتظمة:
إن قياس تلك السفوح عملية بسيطة ولا تحتاج إلى جهد كبير وذلك باستخدام المعدات والأجهزة المتاحة التي تستخدم في قياس المساحات ومن ابسطها الجنزير والشريط المعدني أو القماش أو أجهزة المساحة الآلية والإلكترونية الحديثة.

ب- قياس الانحدارات غير المنتظمة.
يحتاج قياس السفوح غير المنتظمة إلى جهد اكبر مما في المنتظمة وذلك لعدم تجانسها بسبب ارتفاع أجزاء وانخفاض أو انبساط أجزاء أخرى لذا يجب قياس كل جزء على حدة ومن ثم تجمع النتائج التي تمثل طول المنحدر. وقد تتضمن بعض السفوح والمنحدرات معوقات تحول دون قياسه إلى نهايته لذا يجب معالجة ذلك من خلال استخدام بعض الأساليب المناسبة لكل نوع من تلك المعوقات ومنها ما يأتي:

١- عائق بسيط يعترض القياس فقط:
توجد بعض المعوقات البسيطة تحول دون استمرار قياس المسافة الأفقية لذا تقاس بطريقة مناسبة وتضاف إلى المسافة الكلية ومن خلال الأسلوب آلاتي:
أ- رسم خط يمثل طول المسافة المراد قياسها مثل أ ب في الشكل رقم(٣-١١).
ب- تحديد نقطتين على جانبي العائق مثل ج ، هـ.
ج- رسم عمودين من النقطتين السابقتين إلى الأعلى وهما ج د ، هـ و.
د- رسم خط من د إلى و موازي للمسافة التي يشغلها العائق، كما في الشكل (٣-١١).

شكل رقم(3-11)قياس المعوقات البسيطة



٢ـ عائق يعترض القياس والرؤيا:

و يشمل المنحدرات التي تتضمن تحدب كبير أو تل صغير، ولغرض تجاوز ذلك يتبع ما يأتي:

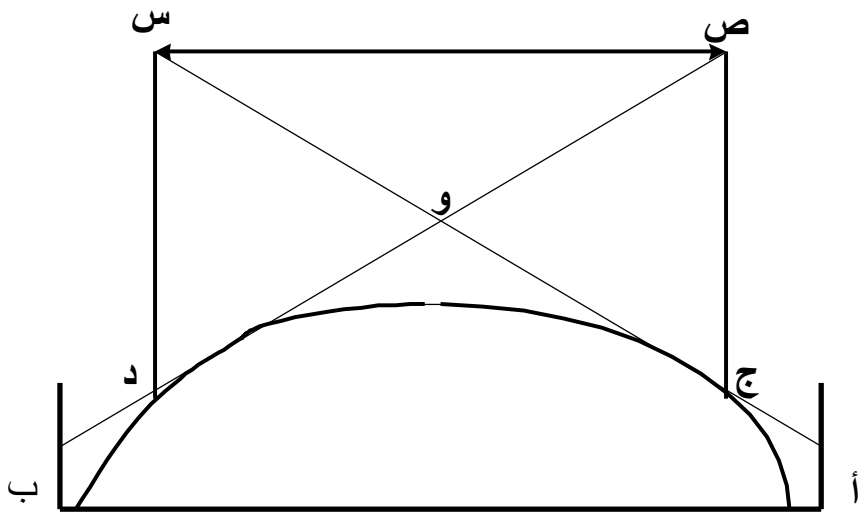
أ- رسم خط يمثل المسافة الأفقية المطلوب قياسها مثل أ ب في الشكل رقم (٣- ١٢).

ب- تحديد نقطتين على جانبي الظاهرة مثل ج ، د .

ج- مد خطين يمران من جانبي الظاهرة وبشكل مائل حتى يلامسان جانبيها تقريبا عند نقاط معينة مثل ج ، د ويتقاطعان عند و ويستمران في امتدادهما ج إلى س و د إلى ص بحيث تكون نقطة التقاطع منتصف امتداد الخطين.

د- رسم خط يصل بين س ، ص يساوي المسافة التي يشغلها العائق، كما في الشكل (٣-١٢).[٥]

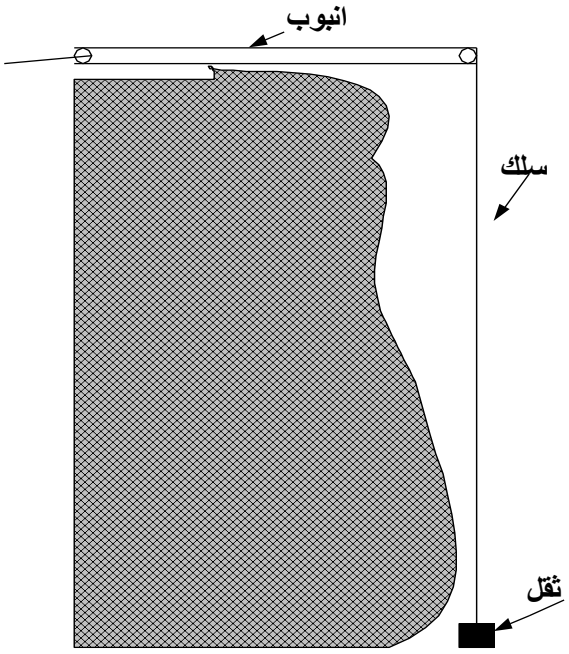
شكل رقم(3-21)قياس عائق كبير يحجب الرؤيا



٢ـ قياس المسافة الرأسية:

يعد قياس الفاصل الرأسي أو الارتفاع أكثر صعوبة من قياس المسافة الأفقية وحسب طبيعة الانحدار من حيث الشدة والارتفاع، ومن الطرق التي يمكن إتباعها ما يأتي:

أ- قياس الفواصل الرأسية الشديدة الانحدار:
تستخدم عدة طرق في قياس ارتفاع المنحدرات الشديدة من ابسطها استخدام حبل أو شريط قياس طويل أوسلك يوضع برأسه ثقل ليحافظ على استقامته ويسهل تحركه نحو الأسفل على امتداد المنحدر حيث يمثل طول الحبل أو السلك ارتفاع المنحدر، وفي حالة وجود تحدب بسيط في وسط المنحدر أو أسفله يمكن استخدام أنبوب طويل وخفيف الوزن ويمرر الحبل فيه ويدفع الأنبوب إلى الإمام حتى يكون بمستوى منطقة التحدب بحيث يأخذ الحبل وضعا مستقيما حتى أسفل المنحدر، شكل رقم(٣- ١٣).

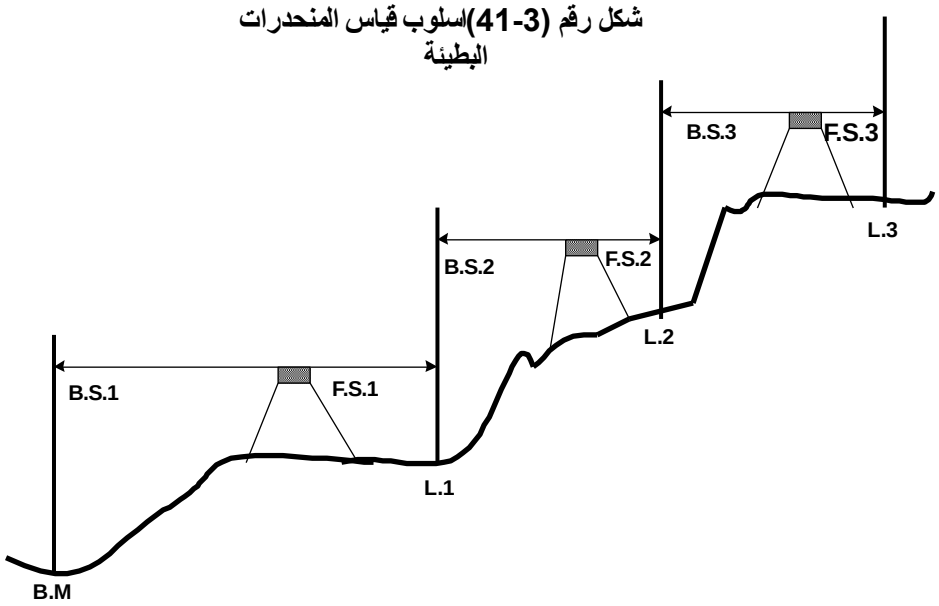


شكل رقم(٣-١٣) قياس انحدار شديد

ب- قياس الفاصل الرأسي في المنحدرات البطيئة:

إن قياس الفاصل الرأسي في السفوح البطيئة الانحدار يحتاج إلى جهد أكثر من النوع السابق، حيث تستخدم أجهزة التسوية المتنوعة الأوتوماتيكية والإلكترونية التي تستخدم في قياس الأبعاد والمناسيب، وخاصة الأوتوماتيكية التي أجريت عليها تحسينات لزيادة الدقة في المعلومات مثل إضافة المايكروميتر الذي زاد من كفاءة تلك الأجهزة في قراءة المسافات الرأسية والأفقية، حيث يمكن تحديد ارتفاع أية نقطة من خلال استخدام الجهاز الأوتوماتيكي، فعلى سبيل المثال قياس الفاصل الرأسي لمنحدر غير منتظم كما في الشكل رقم(٣-١٤) حيث تتم قراءة منسوبين أمامي F.s وخلفي B.s وتطرح الأمامية من الخلفية لأنها تمثل ارتفاع الجهاز ومن ثم يضاف الناتج إلى قيمة النقطة التي بدأ منها القياس والمتمثلة بالنقطة B.M والتي قد تكون قيمتها صفر إذا كانت من بداية السفح، وفي الشكل (٣-١٤) قيمتها ٤٠م، وبعد أجراء القياسات على طول المنحدر المطلوب قياسه وعلى شكل مراحل فالمرحلة الأولى بين B.M و L.1 والثانية بين L.1 و L.2والثالثة بينL.2 وL.3، وبعد ألانتها من عملية القياس تجمع القراءات الأمامية وتطرح من مجموع القراءات الخلفية ويضاف الناتج إلى قيمة B.M فيمثل الناتج مقدار ارتفاع النقطةL3، فعلى سبيل المثال كان مجموع القراءات الأماميةF.s يساوي ٦م ومجموع القراءات الخلفية B.s يساوي ١٤م تطرح الأولى من الثانية فيكون الناتج ٩م والتي تضاف إلى قيمة B.M (٤٠ +٩= ٤٩) م ارتفاع النقطة L.3.

شكل رقم (3-41)اسلوب قياس المنحدرات البطيئة

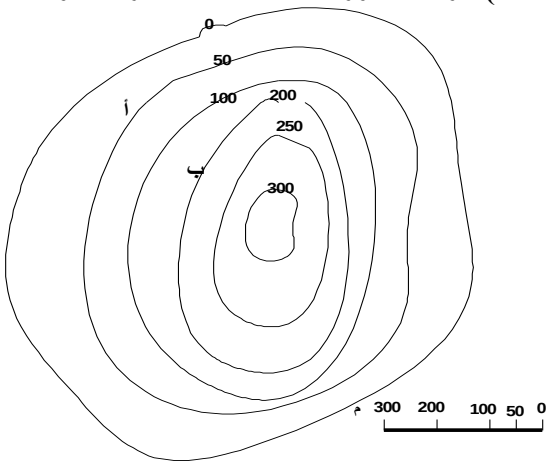


ثانيا- طريقة القياس غير المباشرة:

تعتمد طريقة القياس غير المباشرة على توفر خريطة كنتورية لمنطقة الدراسة حيث يمثل الخط الكنتوري مقدار ارتفاع النقطة التي يمر بها، وعليه يمثل عدد الخطوط بين نقطة وأخرى رأسيا مقدار الارتفاع، فعلى سبيل المثال في الشكل رقم(٣-١٥) النقطة أ تقع على خط ٥٠ وب على خط ٢٠٠ فالفاصل الرأسي ٢٠٠- ٥٠= ١٥٠م . كما يمكن استخدام طريقة أخرى وهي عدد الخطوط الكنتورية بين نقطة وأخرى X قيمها، ففي المثال السابق عدد الخطوط بين النقطتين ٣ تضرب في قيمتها ٥٠ فتساوي ١٥٠.

إما المسافة الأفقية بين نقطة وأخرى فيعتمد على مقياس رسم الخريطة الكنتورية الذي يوضح العلاقة بين المسافة على الخريطة والمسافة على الأرض،على سبيل المثال مقياس رسم الخريطة١\١٠٠٠٠، أي كل واحد سم على الخريطة يساوي ١٠٠ م على الأرض، فإذا كانت المسافة على الخريطة ٥سم فعلى الأرض تساوي X٥ ١٠٠=٥٠٠م.

شكل رقم(٣- ١٥) خريطة كنتورية لقياس المسافة الرأسية والأفقية



ثالثا – قياس خصائص الانحدار:

بعد أيجاد قيم كل من الفاصل الرأسي والمسافة الأفقية يمكن التعرف على عدة خصائص للمنحدرات منها ما يأتي:

١- قياس معدل الانحدار:

يقاس معدل الانحدار من خلال العلاقة بين الفاصل الرأسي والمسافة الأفقية وحسب القانون آلاتي:

$$\text{معدل الانحدار} = \frac{\text{الفاصل الرأسي}}{\text{المسافة الأفقية}}$$

فعلى سبيل المثال أيجاد معدل الانحدار لسفح جبل كما محدد في الشكل رقم(٣- ١٥) حيث كان الفاصل الرأسي ٢٥٠م والمسافة الأفقية ٣٠٠٠م فيكون المعدل

$$\frac{250}{3000} = \frac{1}{12}$$ **أي كل ١٢ م تنحدر ١م.**

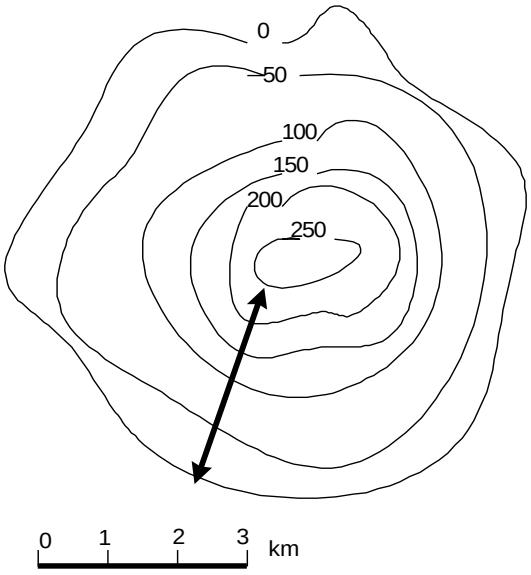
إن ما يجب الانتباه له إن معدل الانحدار يكون بسط ومقام.

٢- نسبة الانحدار:

يطبق القانون السابق ويضرب X ١٠٠

$$\text{نسبة الانحدار} = \frac{\text{الفاصل الرأسي}}{\text{المسافة الأفقية}} \times ١٠٠$$

شكل رقم(3-61)وقع منحدر على الخريطة الكنتورية



$$\%8.33 = 100x\frac{250}{3000}$$

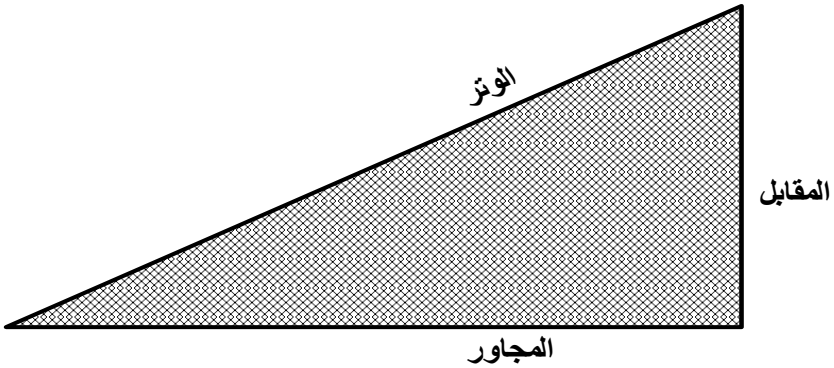
٣- درجة الانحدار:

تقاس درجة الانحدار بعدة طرق منها مايأتي:

أ- ظل الزاوية الناتج من العلاقة بين المقابل والمجاور، أي $\frac{\text{المقابل}}{\text{المجاور}}$

المقابل يعني الفاصل الرأسي والمجاور المسافة الأفقية، حيث يكون الشكل الناتج عن تلك العلاقة مثلث يتضمن وتر الانحدار والذي يعبر عن مقدار انحداره شكليا أيضا، شكل رقم(٣- ١٧).

شكل رقم(٣-١٧) مثلث يوضح المقابل والمجاور ووتر الانحدار



ومن المثال السابق ظل الزاوية $= \frac{250}{3000} =$ ٠و٠٨٣ ويقابلها درجة انحدار = ٥

ب- تطبيق القانون الأتي: درجة الانحدار = الفاصل الرأسي X ٥٧,٣ / المسافة الأفقية

إن الرقم ٥٧,٣ مقدار ثابت في القانون ويتم تقريبه في بعض الأحيان إلى ٦٠ لتسهيل العمليات الحسابية وقلة التغير في النتيجة.

وتطبيقا للمثال السابق درجة الانحدار $= \frac{57.3x250}{3000}$ ٥

ج- استخدام أجهزة القياس:

يمكن قياس درجة الانحدار باستخدام بعض الأجهزة المعدة لهذا الغرض والبسيطة الاستخدام والتي تحقق نتائج دقيقة ومنها ما يأتي:

١- الكلانوميتر Clinometers

ويعد من ابسط الأجهزة التي تستخدم لقياس درجة الانحدار وعلى درجة كبيرة من الدقة، فضلا عن انه صغير الحجم حيث يتكون من منظار صغير يتضمن فقاعة توازن بداخله ومثبت في أسفله قرص نصف دائري مقسم إلى نصفين كل منهما ٩٠ درجة ويتحرك فوقه مؤشر يتحرك مع حركة المنظار إلى الأعلى والأسفل حتى تستقر الفقاعة على الشاخص الذي يثبت فوق النقطة التي يراد قياس درجة الانحدار نحوها، شكل رقم(٣- ١٨أ).

كما يوجد نوع أخر يتكون من قرص نصف دائري أيضا فوقه منظار أنبوبي الشكل والذي بواسطته يحافظ على المسافة الأفقية حسب الشاخص المثبت لهذا الغرض، ويتضمن مؤشر يتحرك فوق القرص، ويعمل بنفس آلية النوع السابق، شكل رقم(٣- ١٨ب).

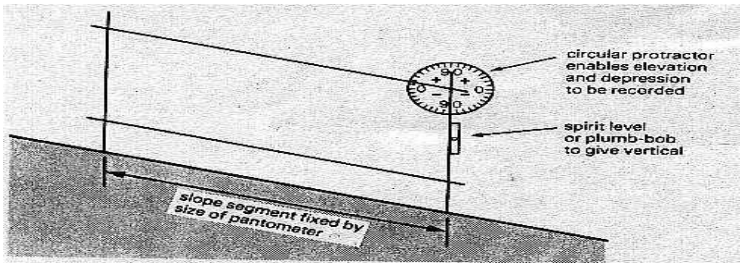
شكل رقم(٣- ١٨) أجهزة الكلانوميتر

ب

٢- البانتوميتر Pantometer

يستخدم هذا النوع لقياس درجة انحدار الحواجز المحدودة المسافة وتحول دون استخدام النوع السابق والتي تكون موازية في امتدادها للانحدار، ويتكون من قرص مقسم إلى قسمين كل منهما ١٨٠ درجة ومثبت على حامل يتضمن فقاعة توازن ومثبت على قاعدة مستطيلة الشكل، ويتضمن مؤشر يتحرك مع ميل القاعدة وبالتوازن مع الفقاعة توضح درجة ميل الحاجز، شكل رقم(٣- ١٩).

شكل رقم (٣-١٩) جهاز البانتوميتر



وتعد درجة الانحدار ذات أهمية كبيرة بالنسبة للانشطة التي تقام على السفوح حيث من خلالها تحدد صلاحيتها أم لا، كما يستفاد منها في معرفة قيمة الفاصل الرأسي والمسافة الأفقية إذا كان أحدهما معلوم والآخر مجهول ومن خلال تطبيق القوانين الآتية:

$$\text{١- الفاصل الرأسي} = \frac{\text{درجة الانحدار X المسافة الأفقية}}{٦٠}$$

$$\text{ومن المثال السابق} = \frac{3000x5}{60} = ٢٥٠\text{م}$$

$$\text{٢- المسافة الأفقية} = \frac{\text{الفاصل الرأسي X ٦٠}}{\text{درجة الانحدار}}$$

$$\text{ومن المثال السابق} = \frac{60x250}{5} = ٣٠٠٠\text{م}$$

رابعا- تمثيل الانحدارات كميا ونوعيا:

١- رسم مقطع طولي للمنحدر.

تستخدم المقاطع الطولية للتعبير عن طبيعة الانحدار من حيث الانتظام والشدة والتحدب والتقعر، ويعتمد رسمها على توفر خريطة كنتورية للمنحدر لمعرفة الفاصل الرأسي والمسافة الأفقية، على سبيل المثال رسم مقطع لسفح مرتفع وكما مؤشر على الخريطة في الشكل رقم(٣- ٢٠أ) حيث كان الفاصل الرأسي ٥٠م والمسافة الأفقية كل ١سم على الخريطة يقابله ٢٥٠م على الأرض، أي ١/ ٢٥٠٠٠ ، وبعد توفر تلك المعلومات تتبع الخطوات آلاتية:

أ- رسم خط أفقي يمثل الارتفاع ويتم ترقيمه بشكل متدرج من الأسفل إلى الأعلى حسب تدرج أرقام الخطوط الكنتورية.

ب- رسم خط أفقي يمثل المسافة الأفقية للمنحدر وبشكل متدرج أيضا من الأصغر إلى الأكبر.

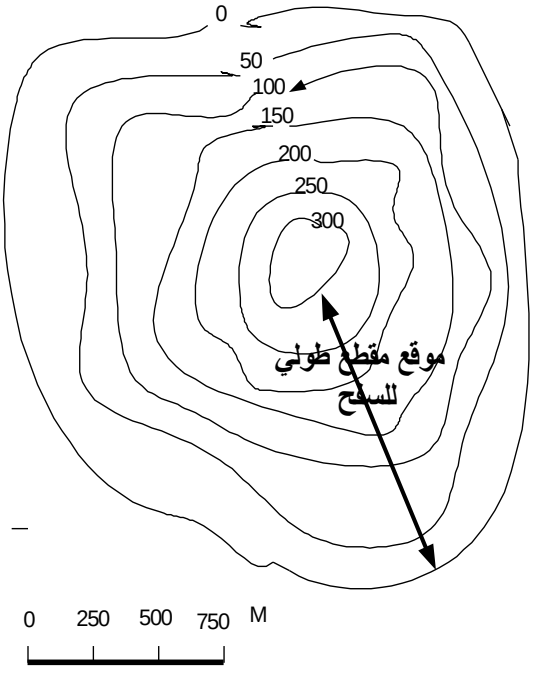
ج- معرفة المسافة الأفقية بين خط كنتوروأخر لتثبيتها مقابل الرقم الذي يمثلها ارتفاعا.

د – بعد تثبيت المسافات بين خط وأخر بنقاط والتي تبدأ بالعكس من الأعلى نحو الأسفل يتم توصيل تلك النقاط ببعضها فيظهر خط منحدر يعبر عن طبيعة السفح في ذلك الموضع ، وكما في الشكل رقم(٣- ١٨ب).

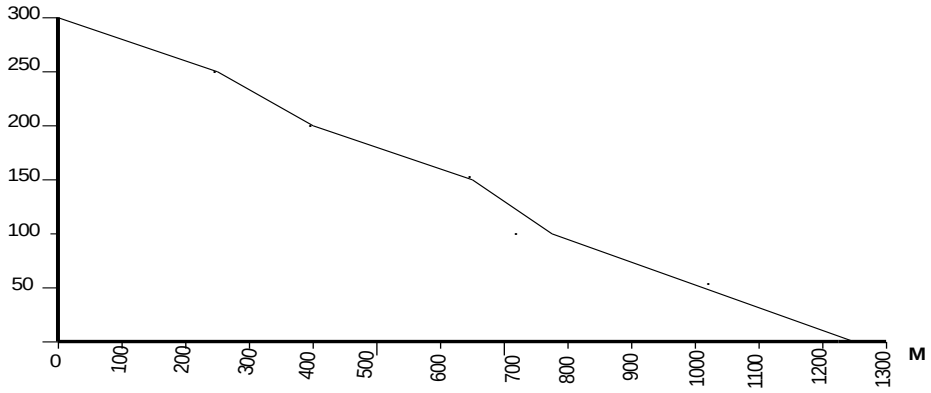
٢- رسم المقاطع التضاريسية من خلال البرامج الحديثة:

هناك برامج حديثة تقوم برسم المقاطع التضاريسية بدقة متناهية، اعتمادا على المرئيات الفضائية (DEM) والرادارية نماذج الاتفاعات الرقمية مثل برنامج (Surfar) وبرنامج (Global Mapper) وبرامج اخرى متخصصة بدراسة سطح الارض

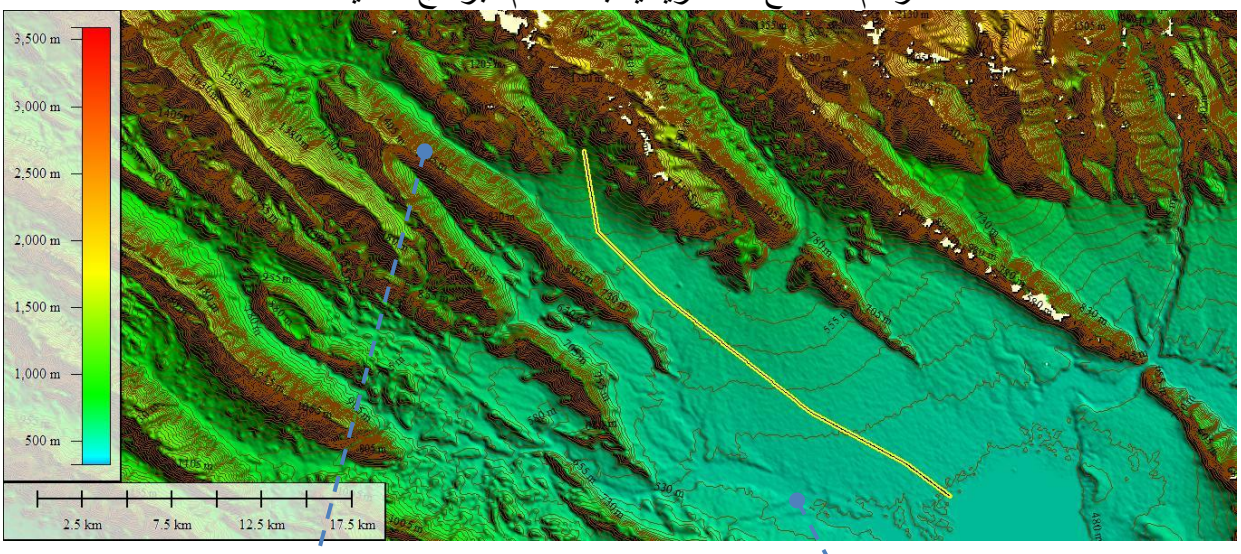
شكل رقم(3-02أ)خريطة كنتورية لمرتفع

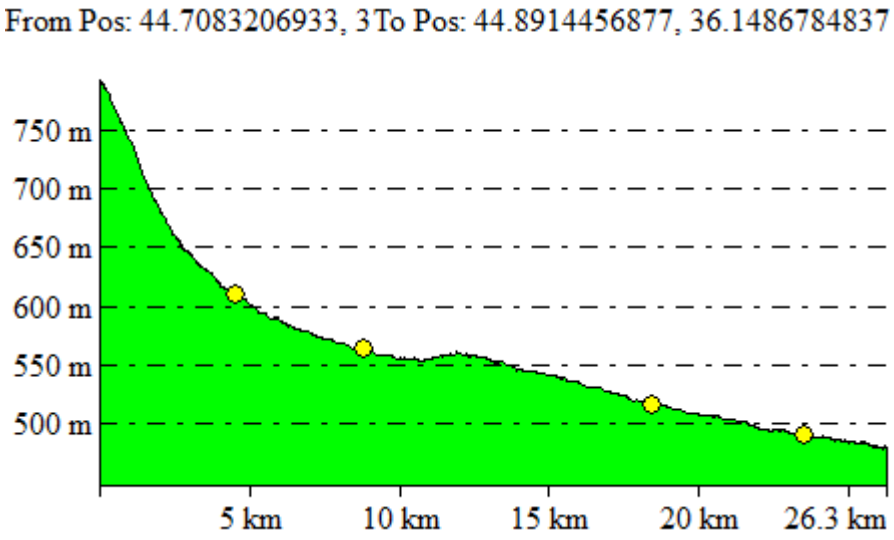


شكل رقم(3-02ب)مقطع طولي للسفح المؤشر
على الخريطة



رسم المقاطع التضاريسية باستخدام البرامج الحديثة





قياس المنحدرات حقلياً

تعتبر منحدرات سطح الأرض ، نمطا رئيسيا من إشكال سطح الأرض . يمكن تحديد اشكالها من الخارطة الطوبوغرافية ، أو من خلال برامجيات (GIS) و(SR) لكن الدراسة الحقلية تعطي نتائج اكثر دقة ،وكون المنحدرات دائمة التغير.

يمكن من خلال الدراسة الحقلية ،معرفة علاقة هذه المنحدرات بالتكوينات الجيولوجية وأنواع الصخور ، والنبات الطبيعي ، وا لعمليات الجيومورفولوجية السائدة في منطقة الدراسة .

طرقة العمل:

يستعمل لهذا الغرض جهاز الكلانوميتر لقياس زاوية الانحدار بالإضافة إلى شواخص ، وشريط قياس (فيتا).وبمشاركة شخصين لانجاز العمل بسرعة وتقليل مشقات العمل الميداني .

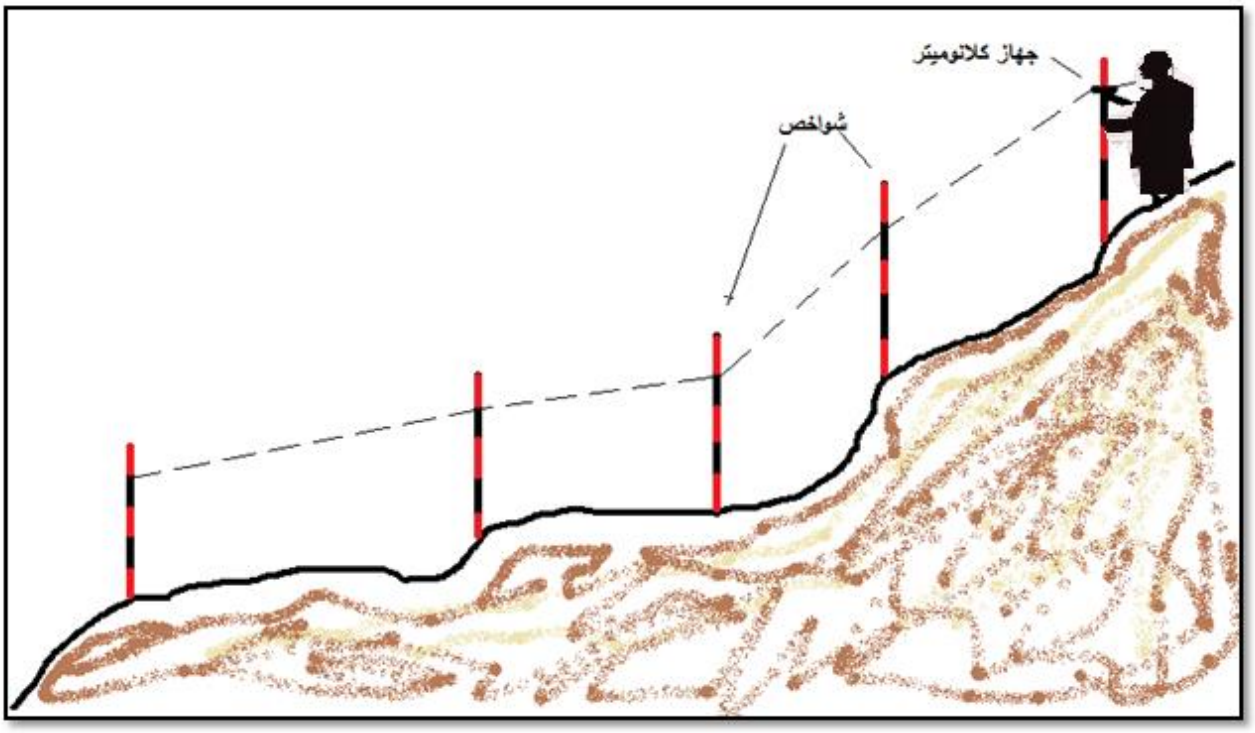
١. يعين المقطع الطولي على الخارطة الطوبوغرافية ابتداء ، من خلال تتبع اشد الجهات انحدارا ، وان يكون المقطع المرسوم يقطع خطوط الكنتور بشكل متعامد.
٢. تتضمن عملية المسح الحقلي للمنحدرات سلسلة قياسات متتابعة لزوايا الانحدار عند نقاط معينة تفصل بينها مسافات بينية على امتداد المقطع للمنحدر تسمى نقاط القياس (مراكز القطاع) ((Profile Station وتسمى المسافات الفاصلة بين مراكز القطاع بالمسافات البينية٣)م– ١٥م):
٣. تبدى عملية المسح بتثبيت الشواخص في الأرض بارتفاعات متساوية عن سطح الأرض ،ويثبت الشاخص الأول عند قمة المنحدر ،وتثبت الشواخص الأخرى على استقامته والى الأسفل منه وعلى امتداد خط القطاع . الذي تم تحديده في ألفقره ألأولى . ويكون عدد الشواخص من (٤-٣).
٤. يثبت جهاز الكلانوميتر أسفل الجزء الملون الأعلى من الشاخص الأول بحيث تتطابق فقاعة التسوية مع أسفل الجزء الملون للشاخص . وينضر باتجاه أسفل الجزء الملون الأعلى للشاخص الثاني ، وتدار عجلة الجهاز باتجاه أسفل الجزء الملون للشاخص الثاني وتقرا زاوية الانحدار.
٥. يعاد القياس وبنفس الطرقة بالنظر من الشاخص الثاني باتجاه الشاخص الأول وتثبت درجة الانحدار ثم يستخرج معدل القراتين على إن لا يزيد الفرق عن (١).

٦. ينتقل الباحث إلى الشاخص الثاني وينظر بنفس الطريقة إلى الشاخص الثالث ويقيس الانحدار بين الشاخصين . وتستمر عملية القياس على هذا المنوال إلى نهاية خط القطاع.
٧. وتسجل الملاحظات في جدول خاص يتضمن مجموعة من الحقول كما مبين أدناه.

جدول المعلومات

مواضع التغير	المسافة/م	الزاوية	الارتفاع/ م	درجة الانحدار
١ --- ٢	٣	٥٤	٢.٧	٥٤
٢ --- ٣	٦	٣٠	٣	٣٠
٣ --- ٤	٤	٥٤	٣،٦	٥٤
٤ --- ٥	١٥	١٠	٢,٥	١٠
٥ --- ٦	٨	٥٣	٧	٥٢،٥
٦ --- ٧	١٠	١٨	٣	١٨

طريقة قياس المنحدرات حقليا باستخدام جهز الكلانوميتر



معادلة زاوية الانحدار

و من تلك المعلومات يمكن معرفة درجة الانحدار بين نقاط التغير من خلال تطبيق القانون آلاتي:

$$\text{درجة الانحدار} = \frac{\text{الفاصل الرأسي} \quad 60}{\text{المسافة الأفقية}}$$

$$\text{معل الانحدار} = \frac{\text{الفاصل الراسي(م)}}{\text{المسافة الافقية (كم)}}$$

رسم مخطط للمنحدر:

رسم مخطط للمنحدر يتضمن المسافة الأفقية بين نقاط التغير وزاوية الانحدار والارتفاع.

رسم مقطع طولي للمنحدر اعتمادا على الارتفاع والمسافة الأفقية والذي يوضح شكل الانحدار محدب ، مقعر، منتظم، غير منتظم ،

تدون الملاحظات التالية من قبل القائم بالمسح الميداني اثناء الدراسة الميدانية :

ملاحظات عن موقع العمل . وتشمل

١. اسم القائم بالمسح وتاريخ المسح
٢. موقع المكان من الإحداثيات المثبتة على الخارطة

٣. البناء الجيولوجي العام . وصف تفصيلي للبناء الجيولوجي من المشاهدات الحقلية .
٤. الغطاء النباتي . نمط استعمال الأرض للمنطقة على امتداد المنحدر .
٥. خصائص التربة
٦. إشكال سطح الأرض الرئيسية وعلاقتها بالمنحدر.
٧. إشكال سطح الأرض الثانوية على امتداد المنحدر .
٨. ملاحظات عن شكل القطاع للمنحدر
٩. مظاهر سطح الأرض على اشد المنحدرات انحدارا .
١٠. شكل المنحدر عند قمة القطاع.
١١. شكل المنحدر عند قاعدة القطاع.
١٢. شكل المنحدرات عند كل مسافة بينية هل هي محدبة مقعرة منتظمة مختلفة .....الخ.

التعرية..... أسبابها ومشاكلها وطرق قياسها
EROISN

تعد التعرية من العمليات الجيومورفولوجية المتميزة التي تترك آثار واضحة على سطح الارض، حيث عملت بمرور الزمن على على تغيير معالمه وبشكل مستمر وبدون توقف، وبدرجات متفاوتة حسب القوى المسببة لذلك والبيئة التي تحدث فيها جافة آو رطبة، فتنعكس آثارها على النشاط البشري في المناطق التي تتعرض لها ويكمن ذلك في عدة جوانب منها ما يأتي:
١- أضعاف التربة بسبب ما تفقده من عناصر أساسية يعتمد عليها النبات في نموه لذا تنخفض طاقتها الإنتاجية.
٢- تقلص مساحة الارض الصالحة للزراعة والاستيطان والأنشطة الأخرى بسبب تعرضها الى التربة بصورة مباشرة من خلال تأكلها اوعن طريق طمرها بالترسبات الناتجة عن التعرية خاصة الرملية أو المالحة.
٣- تعرض بعض المنشآت والمشاريع الى التدمير، وخاصة التي تقع قرب ضفاف الانهار او سواحل البحار.(١)
ويتباين عمل التعرية من مكان لاخر متأثرا بما يأتي:
أ- نوع القوى المسببة للتعرية ، مياه، رياح، ثلوج.
ب- نوع التكوينات التي تتعرض الى عمليات التعرية صلبة أم هشة.
ج- طبيعة انحدار المنطقة.
د- الغطاء النباتي.
هـ - رطوبة التكوينات.

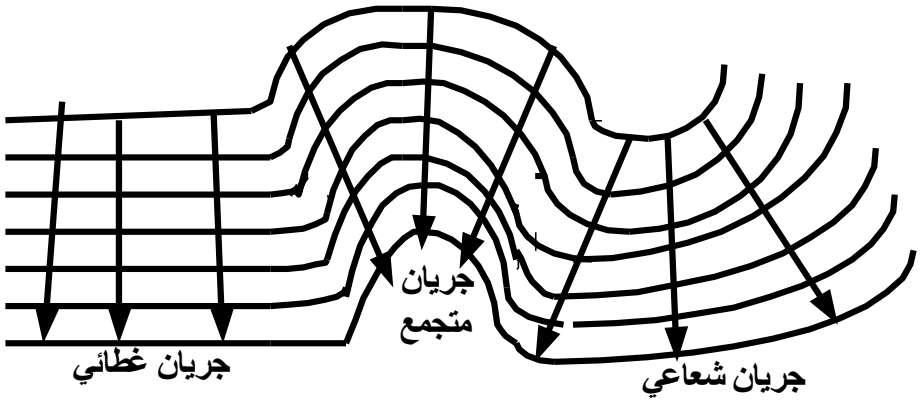
المبحث الاول- تعرية الأمطار والمياه الجارية:

تعمل الأمطار والمياه الجارية على تعرية سطح الارض وبشكل متباين من مكان لأخر اعتمادا على عدة عوامل منها ما يأتي:

١- كمية الأمطار الساقطة والمياه الجارية.
٢- نوع التكوينات السطحية صلبة أم هشة.

٣- حجم الرواسب والمفتتات التي تحملها المياه الجارية.
٤- معوقات الجريان من كتل صخرية واشجار وغيرها.
٥- نوع الانحدار الذي يتحكم بسرعة الجريان والتي يرتبط بها شدة التعرية، كما يؤثر في ذلك شكل الانحدار المار الذكر، ففي المناطق البطيئة الانحدار يكون الجريان غطائي، اما المناطق المحدبة الانحدار فيكون شعاعي، وفي المقعرة متجمع، شكل رقم(٤- ١)، ويترتب على هذا التنوع من الجريان التباين في التأثير حسب الوضع الذي تتخذه المياه في جريانها.

شكل رقم(4-1)العلاقة بين الانحدار والجريان



٦- تأثير النشاط البشري مثل قطع الأشجار ورعي الأعشاب وحفر القنوات وإنشاء السدود والخزانات التي تتحكم بكميات التصريف والتي تتوقف عليها شدة التعرية.
واعتمادا على تنوع العوامل المؤثرة في التعرية المائية تنوعت أشكال التعرية وكما يأتي:

أولا- تعرية الأمطار الحامضية:

تحدث ظاهرة الامطار الحامضية في المناطق التي تتركز فيها المنشآت الصناعية التي تفرز غازات مثل ثاني أو كسيد الكبريت وثاني أو كسيد النتروجين واو كسيد النتريك وثاني أو كسيد الكار بون، حيث ينتج عن اتحاد الماء مع تلك الاكاسيد حوامض مثل حامض النتريك والكبريتيك والكاربونيك ، أي تتعرض الى هذه الظاهرة المناطق التي تتركز فيها تلك الملوثات، وهذا لايعني البلدان المنتجة لها فقط بل يشمل جميع المناطق التي تصلها تلك الملوثات خارج حدود الدول المنتجة لها، على سبيل المثال النرويج تتعرض الى التلوث من الدول الصناعية القريبة وكندا تتعرض الى التلوث من الولايات المتحدة، وتعد الامطار الحامضية ذات آثار سيئة تؤدي الى تدمتر التربة الصالحة للزراعة وتدهور إنتاجيتها بسبب ارتفاع نسبة الحموضة فيها، ومن أثارها هو ما ينتج عنها من تعرية وتجوية بسبب تفاعل تلك الأحماض مع بعض المعادن والعناصر التي تتضمنها بعض الصخور فتترك حفر صغيرة فيها تمثل نقاط ضعف في تلك الصخور لتركز عمليات التعرية والتجوية اللاحقة في تلك المواضع، وتظهر آثار ذلك واضحة في واجهات الأبنية التي بنيت بالصخور، وفي طبقات الصخور السطحية وخاصة الصخور التي تتضمن فواصل وشقوق تسمح لتلك الامطار بالتسرب الى داخلها فتنشط عمليات التجوية والتعرية فيها فتقلل من صلابتها وتماسكها، كما تؤثر تلك الظاهرة على التماثيل والآثار في الميادين العامة والأبنية التاريخية ، ويظهر التأثير واضحا في الأجزاء أو الجهات المواجهة للرياح والتي تدفع الامطار بقوة نحوها فتظهر آثارها واضحة فيها اكثر مما في الجهات الأخرى الواقعة في الاتجاه المعاكس لهبوب الرياح، ولا يقتصر تأثير تلك الامطار على ذلك بل تؤثر على صحة الانسان وتسبب له العديد من الأمراض، وتزداد الحالة سوءا في

المناطق التي تتعرض الى الانقلاب الحراري الذي يعمل على تركز الملوثات في المكان الذي يحدث فيه فتكون النتائج وخيمة مادية وبشرية .[٣]

ثانيا- التعرية الناتجة عن تساقط المطر (تعرية تصادمية):

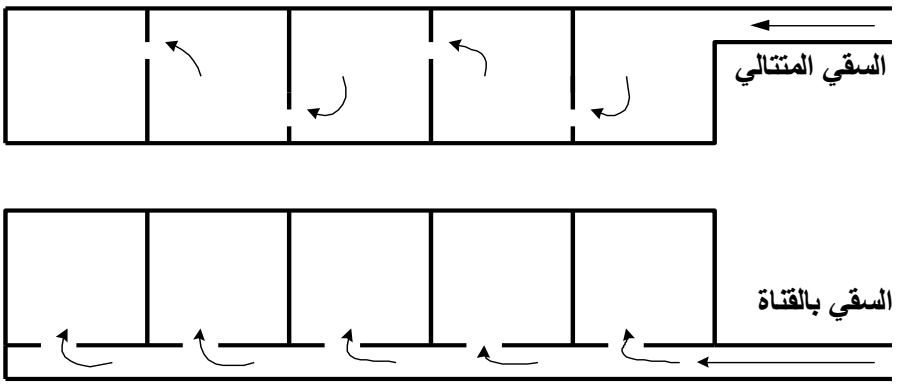
يحدث هذا النوع من التعرية في المناطق التي تسقط فيها الامطار على شكل زخات مطرية شديدة وقطرات كبيرة الحجم، فيحدث ما يشبه القنبلة عندما تصطدم بالأرض فينتج عنها تفتت حبيبات التربة المتماسكة فتحولها الى حبيبات منفردة تقفز مع أجزاء قطرة الماء المتناثرة نحو الجوانب، ويظهر ذلك بشكل واضح على المنحدرات حيث تنتقل الأجزاء المتناثرة نحو اسفل المنحدر اكثر من الانتقال الى الأعلى بفعل قوة الجاذبية والتي يترتب عليها جريان المياه نحو الأسفل فينتج عنها جرف تربة تلك السفوح.[٤]
وتتوقف قوة تأثير الامطار على نوع التربة حيث يزداد في الترب المفككة ويقل في المتماسكة، كما يزداد في المناطق الخالية من الغطاء النباتي ويقل في المناطق التي يتوفر فيها غطاء نباتي الذي يعمل على إضعاف قوة سقوط المطر ويزيد من قوة تماسك التربة والحد من سرعة الجريان بالتالي الحد من الآثار الناتجة عن الامطار في تلك المنطقة، كما يؤثر الانحدار حيث يزداد التأثير مع شدة الانحدار وبالعكس.

ثالثا- التعرية الغطائية(الانجراف الصفيحي):

تتجمع مياه الامطار فوق الأراضي المنبسطة البطيئة الانحدار وعلى شكل طبقة متماثلة السمك خاصة فوق الارض المنتظمة الانحدار وكمية الامطار الساقطة تفوق ما يتسرب في التربة، فتتحرك تلك المياه المتجمعة نحو جهة الانحدار وبسرعة بطيئة جارفة معها المواد المفككة على شكل مادة عالقة أو ذائبة.
يسود هذا النوع من التعرية في المناطق الصحراوية الخالية من الغطاء النباتي او لقلته، حيث تتعرض الى الجفاف لفترة طويلة فتنشط فيها عمليات التجوية على نطاق واسع مما يزيد في نسبة المواد المفككة التي تجرفها المياه بسهولة فتنقلها الى المكان الذي تتجمع فيه، وعادة يكون منطقة منخفضة عن ما يجاورها فتبقى الرواسب في مكانها بعد جفاف المياه، وقد نتج عن هذه العملية تكون الفيضات في المناطق الصحراوية على مساحات واسعة والتي تعد من افضل المناطق لنمو النباتات والأعشاب، كما أنها من المناطق الصالحة للزراعة الديمية أو البعلية لخصوبة تربتها ولاحتفاظها بالرطوبة فترة طويلة خاصة وأنها موضع لتجمع المياه، أي أن المياه نقلت ما تحتويه التربة التي مرت فوقها من عناصر ومعادن الى مكان تجمعها فحسنت خصائص التربة فيه ولكن عملت على أضعاف التربة التي نقلتها منها.
ومن الجدير بالذكر ربما يترتب على هذه العملية نتائج سيئة إذا كانت موضع تجمع المياه عميقا وتنصرف أليها مياه سطحية وجوفية، بحيث يبقى منسوب المياه الجوفية مرتفعا فتتحول ارض تلك المناطق الى سبخات ترتفع فيها نسبة الملوحة ولا تصلح لأي نشاط بشري.
وتعد تلك الأماكن في الغالب من مكامن المياه الجوفية في المناطق الصحراوية إذا كانت تكويناتها تحت السطحية تساعد على الاحتفاظ بالمياه المتسربة إليها، أي قليلة المسامية.
ومن الجدير بالذكران عملية التعرية الغطائية لاتقتصرعلى المناطق الصحراوية فقط بل تحدث في الأراضي الزراعية التي تروى بالواسطة، بعد أن تقسم الارض الى مساحات صغيرة مابين ٢٠و٥٠م^{٢} في المناطق المنحدرة وكبيرة مابين ١٠٠و ٢٥٠م^{٢} في المناطق المنبسطة، وتسمى هذه المساحات الصغيرة الألواح والتي يتم سقيها اما على التوالي في حالة عدم توفر قناة أو ساقية تصل الى جميع الألواح من البداية الى النهاية، بل تصل الى أول لوح فيتم سقيه ومن ثم تفتح المياه الى المجاور له وعلى التوالي حتى تسقى جميع ألا لواح، أن انتقال المياه من لوح الى أخر تنقل معها المواد العالقة والذائبة الى الذي يليه وبالنتيجة تتركز تلك المواد في الألواح الأخيرة لذا تقل خصوبة الاولية وترتفع في الأخيرة، شكل رقم(٤-٢ أ) ويظهر ذلك واضحا في كمية الإنتاج إذ تكون في ألا خيرة اكبر من الاولية، والتي ربما تتحول الى ارض غير منتجة إذا استمرت العملية طويلا.

وعليه يجب الابتعاد عن هذا الأسلوب واستخدام أسلوب الري بواسطة القنوات التي تصل الى كل لوح لسقيه والاحتفاظ بمياهه والمواد العالقة والذائبة وعدم انتقالها الى مكان أخر، شكل رقم(٤- ٢ب).
ويمكن معالجة انجراف التربة في المناطق الصحراوية من خلال عمل سداد ترابية صغيرة تعرقل انتقال المياه من مكان لاخر والتي تعمل على حجز المياه في مساحات محددة ولاتسمح له بالانتقال وبذلك تقل عملية انجراف التربة، وتكون المسافة بين سد واخر متباعدة في المناطق المنبسطة ومتقاربة في المناطق المنحدرة.

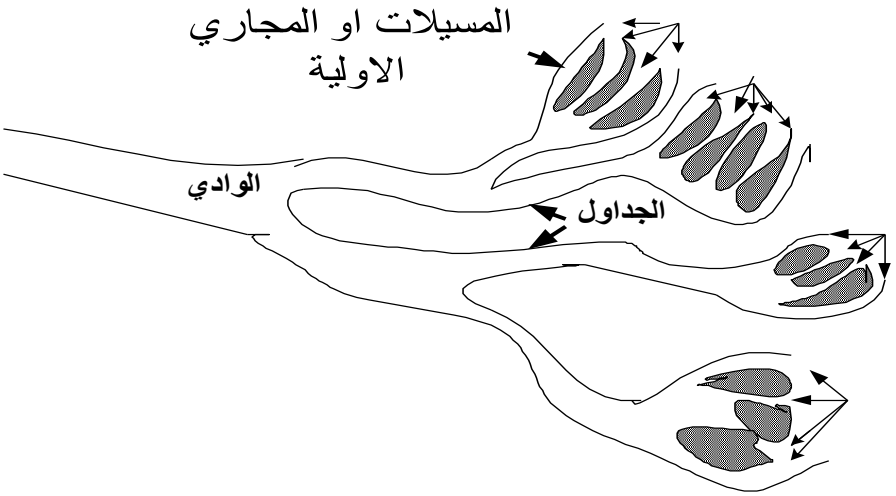
شكل رقم(4- 2)السقي على التوالي وبواسطة قناة



رابعا- تعرية المسيلات المائية (Rills Erosion)

تنتهي بعض المناطق المنبسطة التي يحدث فيها جريان غطائي بانحدار اكثرميلاً من انحدار الارض الاعتيادي، فيترتب على ذلك زيادة سرعة الجريان فينتج عن ذلك تكون مجار بدائية صغيرة وضيقة وقصيرة ومتوازية تزيد من قدرة المياه على التعرية، وتكون اكثر وضوحا في المناطق التي توجد فيها أخاديد صغيرة وفجوات فتعمل التعرية على توسيعها وتوصيلها ببعضها لتشكل مجرى واحد تجري فيه المياه فتزداد عمليات التعرية فيتوسع المجرى بمرور الزمن وتزداد طاقته الاستيعابية، شكل رقم(٤- ٣).

شكل رقم(4-3)المسيلات والجداول



خامسا- التعرية الأخدودية(الجداول) (Gullies Erosion)

تتكون الجداول من التقاء المسيلات القصيرة والصغيرة فتكون اكثر سعة وطولا منها لذا تزداد كمية المياه الجارية فيها ومن ثم قدرتها على التعرية فتعمل على تعميق وتوسيع تلك الجداول فتكون ذات أبعاد واضحة، وكما موضح في الشكل السابق، وهذا ما يجعل المياه الجارية فيها لها القدرة على جرف الجلاميد وقطع الصخور الصغيرة، وتعد تعرية المسيلات ذات أثار سلبية على الزراعة الديمية أو البعلية المعتمدة على الامطار، حيث تعمل على تأكل مساحات واسعة من الأراضي المزروعة او الصالحة للزراعة، والتي تكون هشة بسبب حراثتها المستمرة وتركز الجريان فوقها وهذا ما يزيد من تعرية تربة تلك المناطق وخاصة عند حدوث زخات مطرية شديدة، وعليه يجب اتخاذ بعض التدابير لحماية تلك الأراضي ومنها ما يأتي:

١- حراثة الارض بشكل يتعامد على اتجاه الجريان لتقليل سرعة جريان الماء وقدرته على التعرية.

٢- عمل سدود ترابية صغيرة تتعامد على اتجاه الجريان وعلى مسافات تتناسب مع انحدار الارض تؤدي الى تقليل سرعة الجريان وعدم تركيزه في موضع محدد، كما تعمل على انتشار المياه الجارية على مساحة اكبر من الارض.

٣- حراثة التربة في بداية فصل الامطار للاستفادة منها منذ بداية تساقطها في زيادة تماسك التربة وقلة تعريتها في فترات التساقط اللاحقة.

٤- عمل سدود صغيرة على الأخاديد للحد من سرعة الجريان والتعرية.

٥- الحفاظ على الغطاء النباتي من خلال الحد من الرعي الجائر.(٥)

ساد سا- تعرية الأودية (Ravine Erosion) :

تتكون الأودية الكبيرة من التقاء عدد من الجداول والمسيلات مع بعضها فينتج عنها واد واسع وعميق فتزداد طاقته الاستيعابية من المياه والتي تكون قدرتها على التعرية كبيرة، شكل رقم(٤-٣) وقد يكون لتعرض الأودية الى الجفاف فترة طويلة دور كبير في تعميقها وتوسعها بسبب نشاط عمليات التجوية التي تؤدي الى تفكك مكوناته السطحية في القاع والضفاف فتسهل عملية تعريتها عند تعرضها الى السيول، لذا يتغير لون مياه الانهار التي تصب فيها الأودية الصحراوية عند حدوث السيول حسب لون الرواسب التي تجلبها، ففي نهري دجلة والفرات على سبيل المثال ذات لون رمادي او احمر، وتنعكس أثار عمليات التعرية والارساب على النشاط البشري لما تسببه من تدمير للجسور والطرق على الأودية الصحراوية، في حين تعمل الرواسب على دفن قنوات الري ومنشأته، وتدمير المحاصيل الزراعية التي تتعرض الى الفيضان فتغطيها الرواسب.

وهذا لايعني أن الرواسب غير مفيدة بل تعد ذات أهمية كبيرة في إضافة طبقة الى التربة تزيد من خصوبتها لماتضيفه من معادن وعناصر تزيد من قدرتها الإنتاجية.

سابعا- التعرية المائية في مجاري الأنهار وأوديتها وكيفية الحد منها:

يعد وادي النهر مسرحا لعملياته المختلفة من تعرية وار ساب والتي يترتب عليها تكون العديد من الإشكال الأرضية، ويعتمد ذلك على كمية التصريف وطبيعة تكوينات المجرى وانحداره، لذا تتباين العمليات النهرية من فترة لأخرى ومن مكان لاخرضمن المجرى من منبعه الى مصبه، وقد تطرق وليم موريس ديفز الى ذلك وقال أن النهر يمر في مراحل ولكل مرحلة خصائص معينة، وقد يمر النهر في تلك المراحل في أن واحد وكما يأتي:

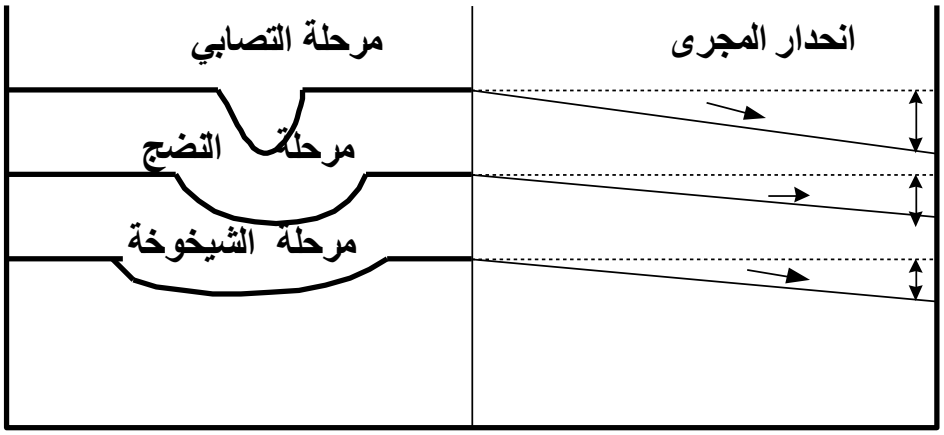
١- مرحلة الشباب او التصابي في أعلى مجرى النهر إذ يكون المجرى ضيقا وشديد الانحدار وسريع الجريان لذا تتركز التعرية في قاع المجرى، أي تكون التعرية رأسية فيتعمق المجرى، وقد ترتب على ذلك ظهور مجاري الانهار على شكل خوانق وتتضمن بعضها مساقط مائية ومسارع، وتعد مثل تلك المجاري غير صالحة للملاحة.

٢- مرحلة النضج ويمر بها وسط المجرى حيث يقل انحدار المجرى ويتسع لذا تنخفض سرعة الجريان فتحدث تعرية في القاع والضفاف فتتكون أشكال مختلفة ناتجة عن التعرية والارساب والتي تختلف عما في المرحلة السابقة، وربما يغير النهر مجراه لمرات عدة ضمن واديه تاركا وراءه البحيرات الهلالية(ox-bow) والمدرجات

النهرية(Terraces)، ويتضمن هذا الجزء من المجرى المنعطفات وتشهد الضفاف ترجع بعضها نحو اليابس بسبب التعرية وتقدم بعضها بسبب عمليات والارساب، وتنعكس أثار ذلك على النشاط البشري كالاستيطان والطرق والزراعة والري وغيرها من مشاريع تقع قرب الضفاف.

٣- مرحلة الشيخوخة أدنى مجرى النهر حيث يقل انحداره ويتسع مجراه فتقل سرعة الجريان والتعرية ويزداد الترسيب فتكثر الجزر والد لتوات، ولذلك يكون مجرى النهر في وضع مختلف عن ما عليه في وعلاه وسطه من حيث الشكل العام والانحدار والمظاهر، شكل رقم(٤-٤).

شكل رقم(4-4) المراحل التي يمربها النهر وطبيعة انحدارها



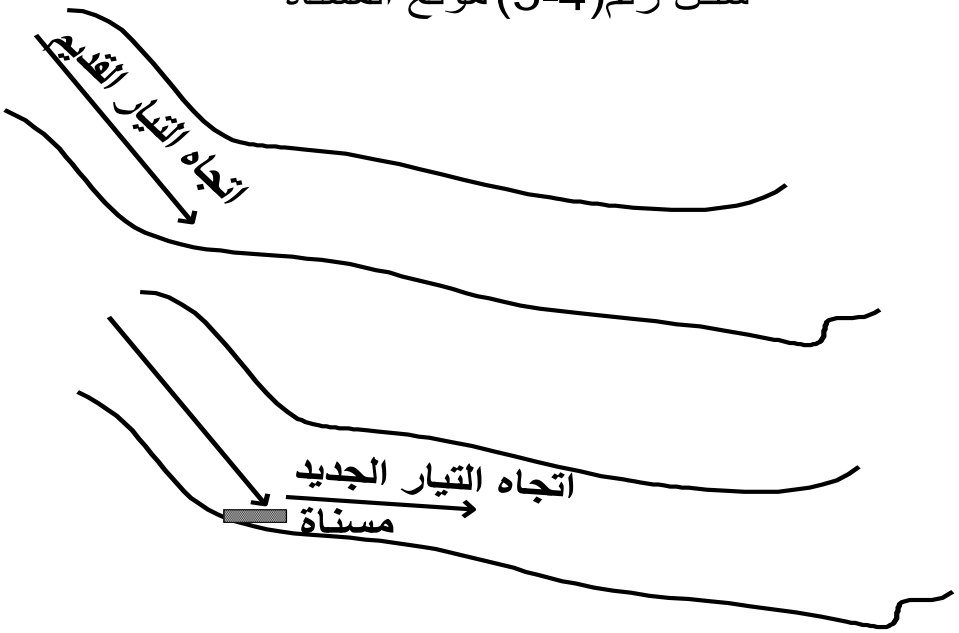
ولغرض الحد من آثار التعرية النهرية ومخاطرها يمكن اتخاذ بعض الإجراءات منها ما يأتي:

١- رصف ضفاف الانهار عند المناطق الحضرية بالصخور او الكتل الكونكريتية لمنع حدوث التعرية في تلك المناطق وبالتالي حماية الأبنية والمنشآت المقامة على ضفاف الانهار من مخاطر التعرية.

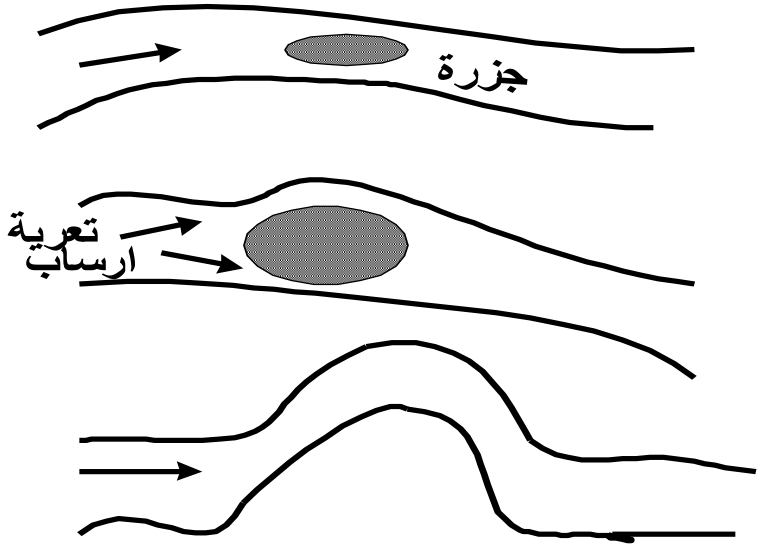
٢- عمل مسنات صخرية او كونكريتية أمام المناطق التي تتعرض للتعرية لابعاد التيار عنها، ويجب ان يكون وفق قياسات دقيقة من حيث امتداد المسنة في المجرى والزاوية التي تتخذها بالنسبة للضفة التي تمتد منها لتجنب تحول التيار الى الضفة الثانية فيعمل على تعريتها في حالة عدم دقة عمل تلك المسنات والتي تكون مهمتها الأساسية تحويل مسار التيار عن المناطق المعرضة الى التعرية نحو وسط المجرى، شكل رقم(٤- ٥).

٣- عدم السماح للجزر بالتوسع والثبات في مجاري الانهار لفترة طويلة لأنها تعمل على تقسيم المجرى الى فرعين يمران من جانبيها أحدهما قوي الجريان والأخر ضعيف فتتركز في الجانب القوي التعرية وفي الجانب الضعيف الترسيب، وبمرور الزمن يتسع جانب التعرية ويضعف جانب الترسيب حتى يتوقف عن الجريان فتلتحم الجزرة بالضفة فتكون جزء من اليابس ويحدث انعطاف في المجرى، شكل رقم(٤-٦)، وربما تتكرر هذه الحالة في عدة أماكن ضمن المجرى وتكون لها اثار سلبية على النشاط البشري على جانبي المجرى، اذ تتعرض المنشآت الواقعة على الضفة التي تتعرض الى التعرية الى مخاطر كبيرة ربما تعمل على تدميرها وأزالتها من موضعها إذا كانت قريبة من المجرى والتعرية قوية، اما في جهة الإرسال فقد يؤدي ذلك الى ابتعاد المجرى عن المناطق العمرانية او الزراعية ويحتاج إيصال الماء أليها شق قنوات واقامة محطات ضخ جديدة وهذه عملية مكلفة.

شكل رقم(4-5) موقع المسناة



شكل رقم (4-6)تطور الجزر في مجاري الانهار



المبحث السابع- قياس التعرية:

أن قياس التعرية عملية معقدة تكتنفها الكثير من الصعاب ومع ذلك جرت عدة محاولات لقياسها في أماكن مختلفة من العالم، وكان التركيز على التعرية المائية وخاصة الجارية والناتجة عن سيول الزخات المطرية او مياه الانهار، ومن خلال تجارب حقلية ومختبريه وكما يأتي:

اولا-القياسات الحقلية:

يعتمد قياس التعرية حقليا على طرق بسيطة ولكن غير دقيقة، كما لايمكن تعميم النتائج على جميع المناطق في العالم لتباين العوامل التي تتحكم في التعرية من مكان لاخر.

وعلى أية حال لا يوجد بديل عن ذلك ويمكن الاستفادة من النتائج في المناطق المتشابهة الظروف والعوامل المؤثرة على التعرية، ومن الطرق المتبعة في التجارب الحقلية ما يأتي:

١- استخدام أوتاد حديدية او خشبية متساوية الطول تثبت في المناطق التي يراد قياس التعرية فيها وتوزع على تلك المساحة بأبعاد متساوية وتكون الأجزاء البارزة منها فوق الارض متساوية الارتفاع، وبعد فترة زمنية محددة يراد قياس التعرية المطرية او المائية خلالها، طويلة أم قصيرة أي قد تكون خلال فصل مطير او لمدة سنة او عدة سنوات، إذ تعمل المياه الجارية على تعرية الطبقة السطحية من تكوينات تلك المنطقة فينخفض منسوبها فينتج عن ذلك زيادة طول الوتد الظاهر فوق الارض وبدرجات متفاوتة حسب قوة التعرية وطبيعة صلابة التكوينات، حيث تتركز التعرية في المناطق الأقل صلابة.

ومن خلال حساب الفرق في ارتفاع الأوتاد قبل وبعد التعرية ومن ثم جمع تلك الفرو قات وتقسيمها على عدد الأوتاد يمكن معرفة معدل التعرية في تلك المنطقة خلال الفترة الزمنية المحددة للقياس.

فعلى سبيل المثال كان عدد الأوتاد ٥٠ وكان الفرق في ارتفاعها قبل وبعد التعرية كلأتي:

١٨ وتد الفرق في القياس ٢سم مجموع الفرق ٣٦سم .

١٦ وتد الفرق في القياس ١,٥سم مجموع الفرق ٢٤سم.

١٦ وتد الفرق في القياس ٢,٥ سم مجموع الفرق ٤٠سم.

.: مجموع الفرو قات ١٠٠سم وعليه معدل التعرية = $\frac{100}{50}$ = ٢سم

وتعد هذه الطريقة سهلة التطبيق وتعطي مؤشرات واضحة عن التعرية في المناطق التي تتعرض لها على نطاق واسع.

٢- مقارنة التعرية بين منطقتين إحداهما مغطاة بالنبات وأخرى خالية منه، او بين منطقتين مختلفتين في الانحدار ومتشابهتي التكوين وذات مساحات متساوية، ويتم توجيه المياه الجارية فوق تلك المناطق نحو خزانات تتجمع فيها تلك المياه وما تحمله من رواسب جرفتها من المناطق التي مرت عليها. وبعد توقف الجريان يتم جمع الرواسب في كل حوض وقياس كميتها بوحدة قياس الحجوم مثل سم^{٣} اوم^{٣} ، ومن المقارنة بين كمية الرواسب المتجمعة في حوض كل منطقة يتضح أي المناطق اكثر تعرضا للتعرية وهي الأكثر رواسب، فعلى سبيل المثال كان مقدار الرواسب المتجمعة من المنطقة الأولى التي مساحتها ٥٠ م^{٢} $\frac{1}{2}$ م^{٣} أي معدل التعرية ١سم، أما المنطقة الثانية وهي نفس المساحة ألا أن كمية الرواسب المتجمعة $\frac{1}{4}$ م٣ أي معدل التعرية ٥,. سم وعليه يكون الفرق في التعرية بين الاثنين ٥,. سم.

ثانيا – المحطات التجريبية:

أجريت تجارب متنوعة على التعرية في محطات تجريبية ثابتة ومتغيرة، ففي الثابتة او الدائمة يكون الاعتماد على وحدات تجريبية محددة بحواجز وذات مساحات معلومة، ودرجة انحدار وطول منحدر ونوع تربة متشابهة أو

مختلفة حسب الغرض من التجربة، ويتم استخدام عدد من الوحدات التجريبية حسب الهدف من تلك التجربة، وعلى العموم يكون على الأقل وحدتين لكي تجري المقارنة بينهما.
ولغرض التعرف على طبيعة التعرية في ظل نوعين من المحاصيل الزراعية على الأقل وفي كل حالة يستخدم نوعين من الأراضي وفي كل مرة تكون الحاجة الى أربع وحدات، وبتكرار التجربة مرتين تكون الحاجة الى ثماني وحدات تجريبية أبعاد كل وحدة بين ٢٢X ١,٨ م و٥٠X ٢,٥ م، وتصنع حواف تلك الوحدات التجريبية من المعدن أو الخشب وتكون غير نفيذة وغير قابلة للتآكل وارتفاعها ما بين ١٥و٢٠ سم فوق سطح التربة، ويوجد في نهاية كل وحدة تجريبية أحواض لتجميع المياه الحاملة للرواسب، ومن ثم تجميع تلك الرواسب ومعرفة حجمها في كل وحدة، ومن ثم المقارنة بين تلك الوحدات التي يقع كل واحد منها تحت تأثير عامل معين من العوامل المؤثرة في التعرية، فيتضح أيهما اكثر تأثيرا.(١٤)

ثالثا- قياس عام للتعرية مثل كمية الرواسب التي تحملها مياه الانهار وتتجمع أمام السدود وخاصة أوقات الفيضان والتي تعبر عما تفقده أحواض الانهار من رواسب بواسطة التعرية خلال فترة زمنية محددة والتي على ضوئها يمكن تقدير ما يفقده الحوض من رواسب، ومقدار انخفاض سطح الارض بصورة عامة والمشاكل المترتبة على ذلك.
وكان من نتائج الدراسات عن الانهار أن انهار جنوب شرق أسيا تتميز بمعدلات تعرية عالية ومن المتوقع انخفاض أحواضها بمعد ٢,٧ملم سنويا، كما في حوض النهر الأصفر.اما في الولايات المتحدة الأمريكية فيقدر بحوالي ٠,٢٤. ملم سنويا.
كما يمكن قياس الترسبات المتجمعة أمام السدود المقامة على الانهار ومن خلال مقارنة الخرائط الكنتورية للخزانات عند إنشائه وبعد فترة من الزمن فيظهر الفرق بينهما في ارتفاع قاع الخزان وهذا يعني أن الرواسب ناتجة عن تعرية الحوض، وقد طبقت تلك الطريقة على خزان بحيرة ميد على نهر كلورادو التي حجزت فيها المياه من عام ١٩٣٥لغاية ١٩٤٨فتبين أن الرواسب التي تجمعت عند رأس البحيرة وصل سمكها الى ٧٣م وعند السد ٣٠م ، حيث بلغت كمية الرواسب التي وصلت البحيرة خلال تلك الفترة ١٧٧٥مليون طن، أي بمعدل ١٢٧ مليون طن سنويا.
كما اعتمد الباحثون طرق أخرى لمعرفة معدل التعرية وهي ألد لتوات الناتجة عن الارساب النهري مثل دلتا نهر نيفي أمام ساحل كاليفورنيا كان حجم الترسبات ٥٦كم^{٣} ناتجة عن تعرية تعرض لها حوض النهر الذي تصل مساحته الى٦٥٠٠كم^{٢} ، وتم تقدير الفترة الزمنية التي تكونت خلالها الدلتا فقدرت بحوالي ١٥ ألف سنة، ويكون معدل التعرية حوالي ٠,٦. ملم سنويا.

الدراسة الحقلية الهيدرولوجية:
تعد الدراسة الحقلية الهيدرولوجية ذات اهمية لتوفير البيانات عن الموارد المائية السطحية منها والجوفية، ولهذه الدراسة مستلزمات وضوابط للحصول على البيانات الدقيقة<

اولاً: الدراسة الهيدرولوجية للأنهار:
تعد الانهار من اهم مصادر المياه ولدراستها اهمية كبيرة من حيث خصائص التصريف وسلوك الفيضانات، فضلاً عن امكانية استغلال مياهها في مختلف المجالات الزراعية والصناعية والنقل ، كما ان لخصائص فيضاناتها تأثيرات على نشاطات الانسان المختلفة:

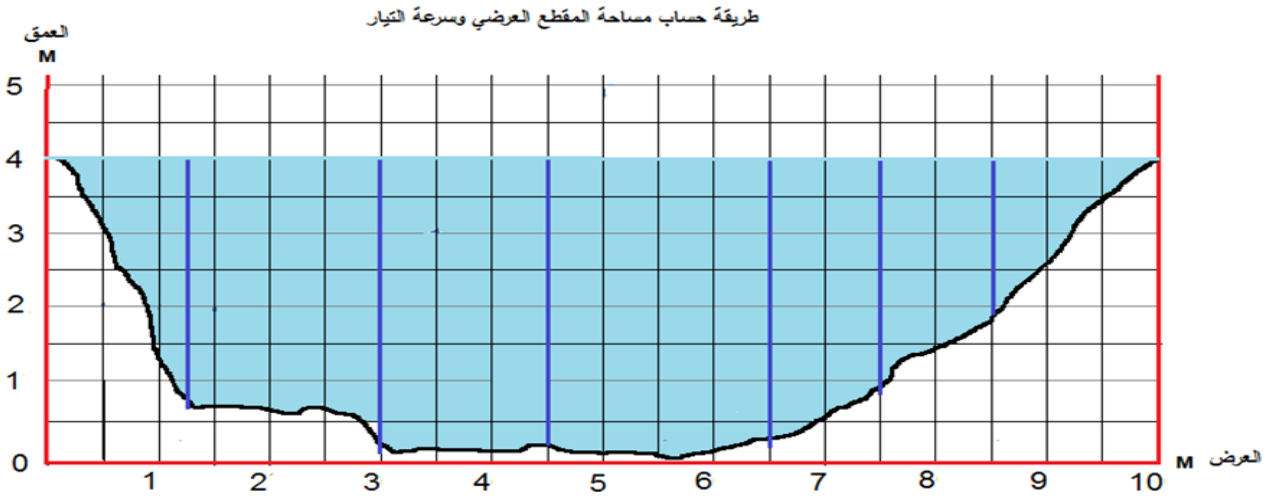
قياس تصاريف الانهار حقلياً- ١- طريقة المقطع العرضي:

هناك عدة طرق يمكن من خلالها قياس تصاريف الانهار بشكل مباشر ومن اشهر هذه الطرق طريقة المقطع العرضي، وهي عادة ما تستخدم في الوطن العربي ومنطقة الشرق الاوسط، وحسب المعادلة التالية:

Q= V X W
اذ ان:
Q = التصريف المائي.
V = مساحة المقطع العرضي الرطب.(م٢)
W = سرعة التيار النهري.(م٣/ثا)

وتحسب مساحة المقطع العرضي للنهر من خلال الطرقة التالية:

- **قياس عرض القناة النهرية الرطبة (اي الحاوية للجسم المائي فقط).**
- **-تقسيم القناة النهرية الى مقاطع متجانسة على طول المقطع العرضي.**
- **قياس اعماق كل مقطع ثانوي باستخدام قامة او اي اداة قياس للعمق.**
- **رسم المقطع على ورقة بيانية. ورسم كل المقاطع الثانوية مع تضمين اعماقها.**
- **استخراج مساحة المقطع الرطب من خلال جمع مساحة كل المقاطع الثانوية.**
- **قياس سرعة التيار المائي لكل مقطع باستخدام توربينات القياس (Current meter)او اي طريقة متوفرة (على سبيل المثال الطوافات التقليدية). ويفضل ان تقاس سعة المقطع على ثلاث مستويات من العمق ثم تجمع ويستخرج معدل السرعة<**



- **جمع مجموع السرع لكل القطاعات واستخراج معدل السرعة من خلال (مجموع السرع لكل المقاطع/ عدد المقاطع).**
- **بعد معرفة مساحة المقطع العرضي للقناة ومعدل سرعتها يمكن استخدام المعادلة اعلاه ومعرفة تصريف القناة النهرية.**
- **ويجب ان تثبت بعض المعلومات المهمة بعد عملية القياس لهذا المقطع للنهر منها (الإحداثيات للمقطع، تاريخ القياس، مواصفات القناه النهرية، والوقت، الفصل من السنة، اتجاه الرياح)**
- **يجب ان يعاد القياس لنفس المقطع عدة مرات على اختلاف الاشهر والفصول الجافة والرطبة.**

مواصفات المواقع الملائمة لأنشاء المحطات الهيدرولوجية:
ويجب عند اختيار محطة لقياس التصريف المائي ان تتمتع بالمواصفات التالية:

- يفضل ان يكون موقع المحطة قريب من محل اقامة الراصد، لسهولة الوصول وضمانها.

- ❖ يفضل ان يكون عمق القناة متناسقا قدر الامكان.
- ❖ يفضل ان يكون عرض القناة قليل وصندوقي غير عريض ومجزئ.
- ❖ ان تكون القناة خالية من النباتات الطبيعية.
- ❖ يفضل ان يكون قاع المجرى خاليا من الصخور الكبيرة والبثور.
- ❖ يفضل ان يكون اتجاه جريان التيار مع الاتجاه السائد للرياح المحلية.

٣- الطريقة الاحصائية ومنحنى المعايرة:

يتم تقدير التصريف المائي وفق هذه الطريقة من العلاقة بين عاملين :

١- منسوب الماء (ارتفاع الماء)

٢- التصريف المائي

بتنضم منحنى المعايرة يمثل معدل العلاقة بينهما بصيغة معادلة خطية، واستخراج معامل الارتباط بمقياس لوغارتمي لاشتقاق وتقدير التصريف المائي عند قراءة منسوب الماء.

خطوات اشتقاق المعادلة الخطية وتنظيم منحنى المعايرة:

١- يقاس التصريف المائي للنهر في الحقل لمرات عديدة لا تقل عن (١٠ – ١٥) ويثبت منسوي الماء لكل قياس كما يبدو عند قراءة الشاخصة المائية، او من العدادات الاوتوماتيكية، على ان يتضمن العمل الحقلي قياس التصريف المائي عند ادنى منسوب للماء، ويترك الباحث تقدير قياس التصريف المائيللمناسيب العليا.بما يتناسب مع قدراته وحالتة النهر.

٢- يفترض عموما عدم قدرة الماء على الحركة داخل القناة النهرية عند انخفاض منسوب الماء عن ارتفاع معينويطرح هذا المنسوب من ارتفاع الماء المثبت عند قياس التصريفالمائي.

٣- تشتق الصيغة الاحصائية للمعادلة الخطية لمعدل العلاقة بين منسوب الماء بعد لتصحيح والتصريف المائي وفق المعادلة الاتية:

$$Q = aLog(H-h)b$$

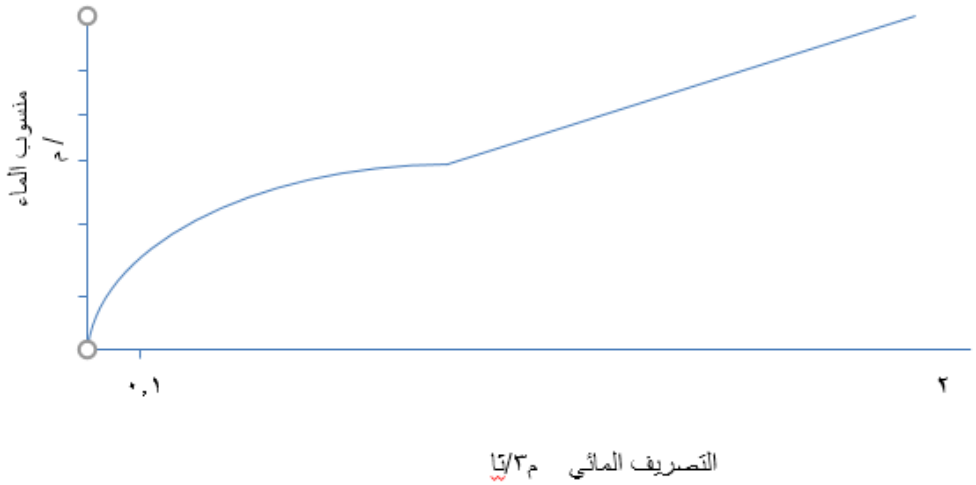
Q= التصريف المائي

H= منسوب الماء المثبت على الشاخصة المائية عند قياس التصريف المائي.

h = مسوب الماء المفترض عدم قدرته على الجريان داخل القناه النهرية

a, b= معاملان ثابتان

ينظم شكل بياني لمنحنى المعايرة الممثل لمعدل العلاقة بين منسوب الماء والتصريف المائي



قياس حمولة الانهار من الرواسب:

تعمل الانهار على نقل كميات كبيرة من الحمولة الصلبة معلقة بالماء او متحركة على قاع النهر، كما تنقل مواد مذابة

ويتم تحديد مواضع جمع العيناتفي الحقل وفق المعايرالاتية:

١- تكون المياه ممتزجة مع بعضها جيدا.

٢- ان تمثل العينات تباين تصريف النهر من فترة لاخرى ، تبعا لتاثرة بكميات التساقط المتباينة بين فترة واخرى

٣- ان لا يكون الماء ملوثاً وخاصة عند جمع عينات الماءلقياس التعرية الكيميائية،

٤- ان تكون الاواني المستعملة لجمع العينات نضيفةتغسل بالماء المقطرقبل استعمالهاومصنوعة من مواد لا تتاثر بتفاعلات المواد الكيمياوية

٤- ان تحفظ العينات في مكان بارد، ويتم تحليل الماء بعد مدة قصيرة من انتهاء الدراسة الحقلية>

٥- يتم جمع العينات عند محطة قياس التصريف المائي وعلى امتداد المقطع العرضي للقناه النهرية

٦- تستعمل اجهرة مختلفة لجمع المياه من الانهار، الا ان الوسيلة البسيطة والممكن تصنيفها في المختبر ومن مواد رخيصة تتالف من قنينة زجاجية قطر فوهتها (٥سم) تغلق باحكام بسداد من المطاطتثقب فيها فتحتان بقطر (٦ملم) يولج فيها انبان من النحاس، بنفس القطر، وبطول (١٠سم) احدها مستقيم يسم بدخول الماء والاخر معقوف يسمح لهواء القنينة بالخروج، تربط القنيمة بقضيب معدني، متين وتغمر وترفع من الماء بسرع ثابتة وتعاد العملية عدة مرات حتى تمتلئ و ثم ينقل الماء الى قنينة اخربالمخصصة لجمع العينات.