الميزانية

إشراف/ الإدارة العامة للمناهج

يكتب هنا اسم المؤلف

فعالية التعارف

١٠ دقائق

الهدف العام للحقيبة

تهدف هذه الحقيبة إلى إكساب المتدرب المعارف والمهارات التأسيسية اللازمة لتشغيل واستخدام الأجهزة المساحية التقليدية والحديثة في الميزانية المساحية، ومبادئ العناية بهذه الأجهزة، كما تهدف إلى إكساب المتدرب مهارات تنفيذ مشاريع الميزانية المختلفة ورسم الخرائط الكنتورية، ورسم القطاعات الطولية والعرضية، وحساب كميات الحفر والردم.

وصف الحقيبة

تقدم هذه الحقيبة أساسيات أعمال الميزانية والتي تعنى بقياس الأبعاد الرأسية للنقاط في الطبيعة بدءاً باستخدام جهاز الميزان ومرورا بالعمليات الحسابية ورسم القطاعات الطولية والعرضية وأيضا رسم خطوط الكنتور وحساب كميات الحفر والردم، والعمل على جهاز الميزان الرقمي، وأعمال الميزانية الشبكية.

محتوى الحقيبة

الوحدة	عنوان الوحدة	زمن الوحدة (ساعة)
الأولى	الميزانية	٣٠
الثانية	القطاعات الطولية والعرضية	١٨
الثالثة	الميزانية الشبكية وخطوط الكنتور	١٧
الرابعة	تسوية الأرض على المنسوب المتوسط وحساب مكعبات الحفر والردم	١٥

الأهداف التفصيلية للحقيبة

- يرصد باستخدام جهاز الميزان والقامة بشكل صحيح.
- يحسب المناسيب باستخدام الطرق الحسابية.
- ينفذ ميزانية شبكية لموقع.
- يحسب كميات القطاعات الطولية والعرضية.
- يقوم بأعمال التسوية للأراضي.
- يرسم خطوط الكنتور.

الميزانية

الأهداف التفصيلية للوحدة

- يرصد بالميزان بشكل صحيح.
- يقرأ القامة بدقة.
- يحسب المناسيب وفقاً للجداول المصممة لذلك.

الوقت المتوقع للتدريب

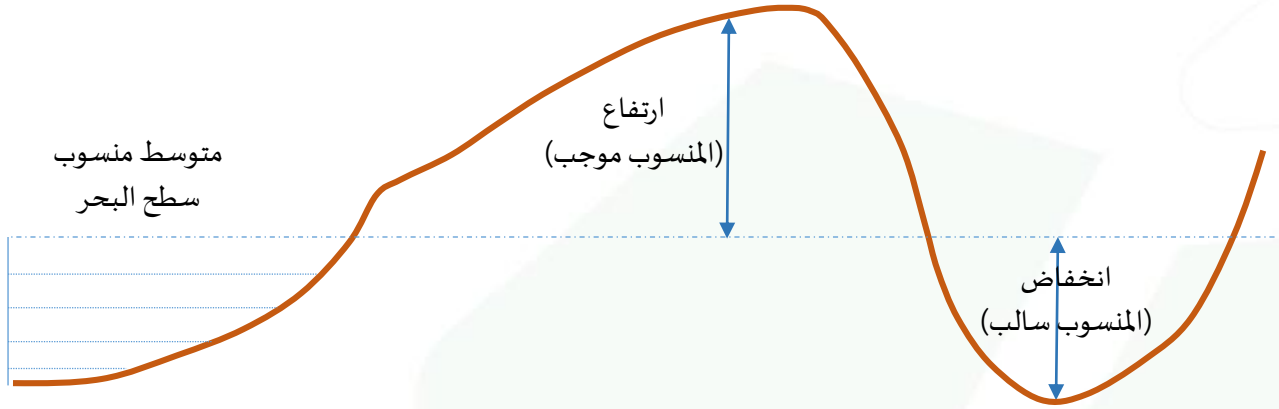
الوقت المتوقع للتدريب على هذه الوحدة: ٣٠ ساعة

الوسائل التدريبية المساعدة:

- جهاز الميزان مع الملحقات.
- قامة

أهمية علم التسوية

- تعرف التسوية بذلك العلم الذي يهدف إلى تعيين ارتفاعات وانخفاضات النقاط بالنسبة لمستوى مرجعي ثابت، وغالباً ما يكون ذلك المرجع هو متوسط سطح البحر وهذا يؤدي إلى معرفة فروق ارتفاعات النقاط بالنسبة إلى بعضها.



أهمية علم التسوية

إن أعمال التسوية ضرورية وحيوية للمشاريع الهندسية والزراعية المختلفة، لكافة المشاريع والأعمال التي لها صلة بتضاريس الأرض، وتتجلى أهمية التسوية بذكر شيء من مجالات استخداماتها، فمن ذلك:

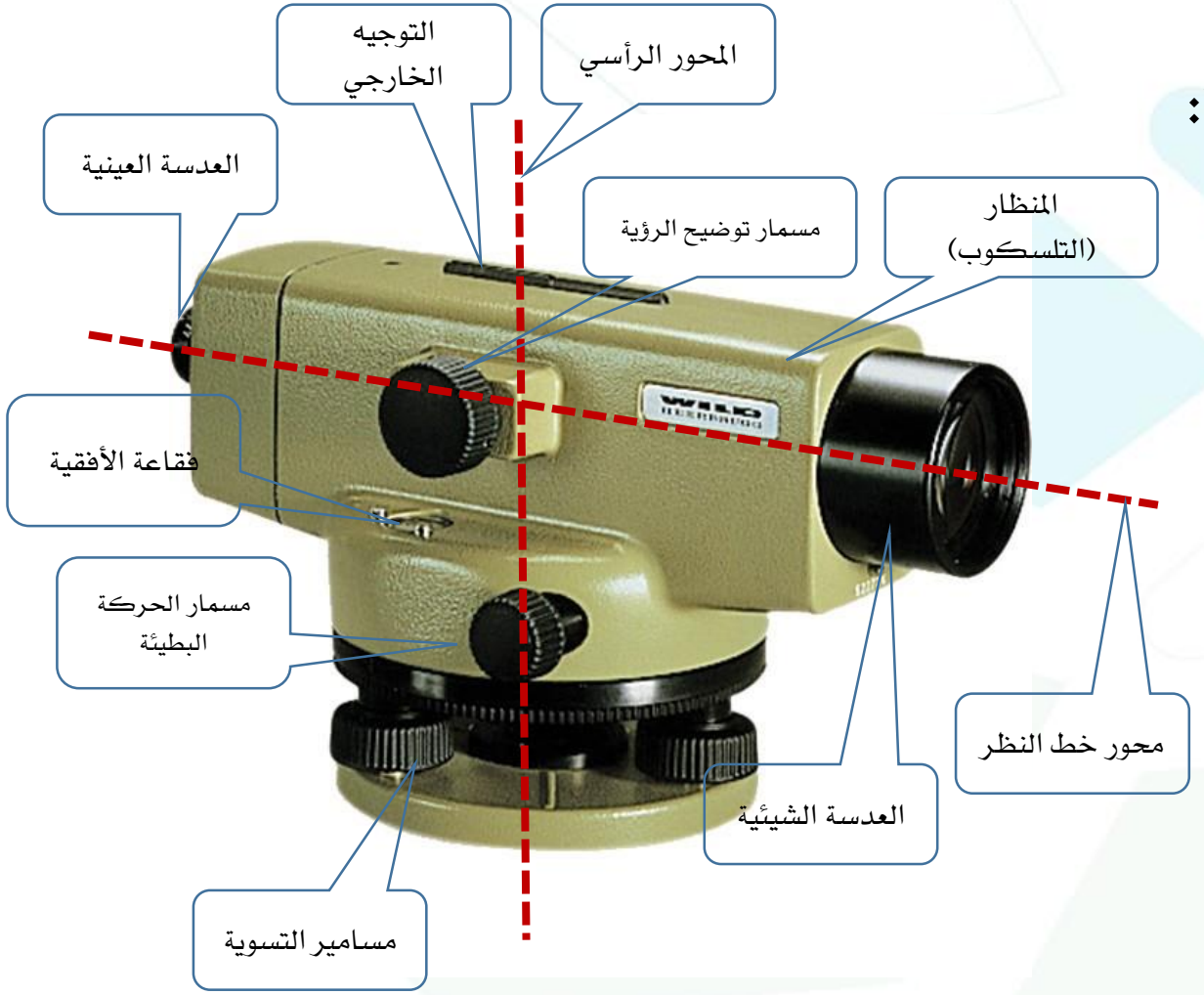
- تعتبر التسوية ضرورية جداً في أعمال الخرائط وحساب الكميات.
- تستخدم في مراحل التصميم والتنفيذ للمشاريع العمرانية.
- التسوية ذات أهمية قصوى في مشاريع المياه والمجاري وأقنية الري والسدود، ومشاريع إنشاء الطرق والمطارات وسكك الحديد.

جهاز الميزان

الأدوات المستخدمة لأعمال التسوية:

١. جهاز التسوية (الميزان).

ويوضح الشكل التالي أجزاء الميزان:



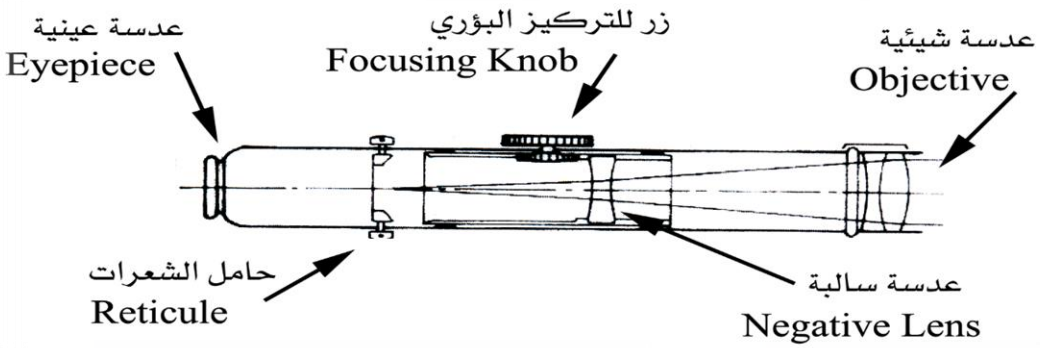
جهاز الميزان

- أجزاء جهاز الميزان:

يتكون جهاز التسوية (الميزان) من أجزاء رئيسة هي:

١. **المنظار المساحي (التلسكوب أو المنظار):**

وهو الجزء الأساسي للجهاز إذ من خلاله يمكن رؤية الأهداف البعيدة بوضوح.



جهاز الميزان

يحتوي هذا المنظار على الأجزاء الرئيسة التالية:

أ) عدسة شيئية: هي عبارة عن عدسة مركبة من عدسة محدبة وأخرى مقعرة ملتصقتان مع بعضهما، وفائدة هذه العدسة الحصول على صورة حقيقية للجسم المرصود ولكنها مقلوبة في غالب الأجهزة المساحية، وتزود العدسة الشيئية بغطاء واق تغطى به عند عدم الاستعمال.

ب) عدسة مقعرة سالبة: هي عبارة عن عدسة مثبتة وسط المنظار، وهذه

العدسة تتصل بمسمار خاص يتحكم في تغيير البعد البؤري، ووظيفة هذه

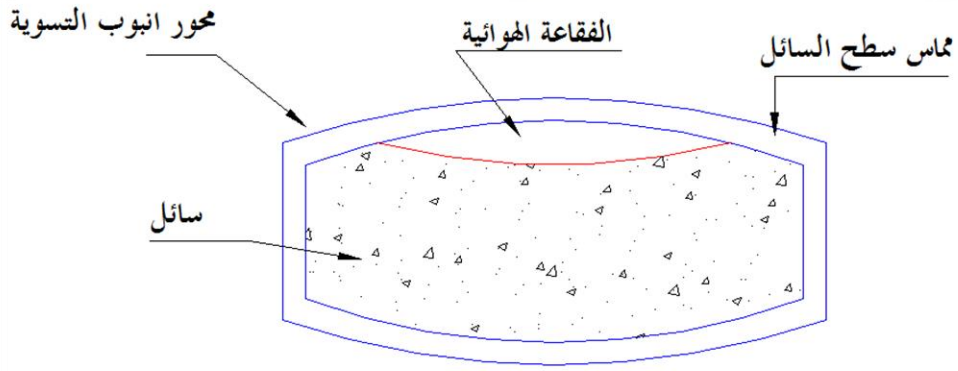
العدسة: جعل صورة الهدف المرصود تنطبق وبوضوح على حامل الشعيرات.

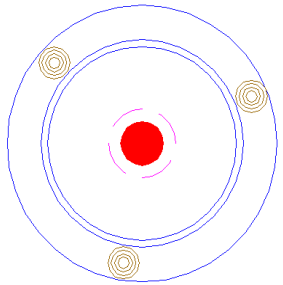
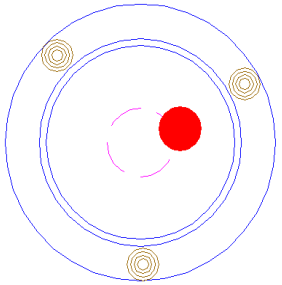
يحتوي هذا المنظار على الأجزاء الرئيسة التالية:

- **ج) حامل الشعيرات:** هو عبارة عن حلقة معدنية من النحاس مثبتة بطريقة خاصة بأنبوب المنظار بحيث يمكن معها لهذا الحامل الحركة أفقيا ورأسيا، أما الشعيرات نفسها المثبتة على الحامل فهي في الأصل دقيقة جداً ولكنها تبدو مكبرة من خلال العدسة العينية، وهذا الحامل يكون في مقربة من العدسة العينية.
- **د) عدسة عينية.**

٢. أنبوب التسوية (ميزان التسوية):

هو عبارة عن وعاء زجاجي مقفل، مصنوع بدقة حيث يكون المقطع الطولي له من الداخل على هيئة قوس دائري، يملأ معظم حيز أنبوب التسوية سائل حساس، ويملأ الجزء المتبقي منه بالهواء، فتشكل فقاعة هوائية صغيرة عند السطح العلوي للأنبوب.



٣. مسامير التسوية:

وهي مسامير تكون في الجزء السفلي من الجهاز، والغاية الأساسية منها هو تحريك الجهاز حركات أفقية ورأسية تؤدي إلى جعل الجهاز في وضع أفقي.

٤. القاعدة السفلى:

وهي القاعدة التي يرتكز عليها الميزان والمنظار والفقاعة الزئبقية وتركب جميع هذه الأجزاء على الحامل الخاص الذي يرتكز على ثلاثة أرجل.

٢. القامة:

القامة عبارة عن مسطرة خشبية أو معدنية و أحد وجهيها مدرج إلى أمتار وديسيمترات وسنتمترات، وهناك عدة أشكال من القامات أو مساطر التسوية قد تمر على المساح من حين إلى آخر، فمنها المسطرة ذات المفصل، وطولها أربعة أمتار، ويمكن طيها إلى قسمين، وعند استعمالها يجري فردها لتصبح على استقامة واحدة، ومن القامات ما يمكن ثنيه إلى أربعة أقسام طول كل قسم متر واحد،

متداخلة

القامة

ومنها ما يتكون من ثلاثة أجزاء تنزلق داخل بعضها وتسمى بالتلسكوبية، أما عن كيفية قراءة الرقم على القامة فيتم عن طريق رصد المتر ثم الديسيمتر الأقرب إلى الشعرة الأفقية الأساسية الوسطى ثم ملاحظة عدد السنتمترات بدءاً من رقم الديسيمتر المقروء وحتى الشعرة الوسطى.

منزلقة

- طريقة قراءة القامة:

تختلف القراءات على القامات نسبة إلى نوع القامة وجهاز التسوية المستخدم، فالقراءة على القامة حين استخدام جهاز التسوية العادي تتم من خلال قراءة الأمتار والدسيمترات والسنتيمترات وتقدير أجزاء السنتيمترات.

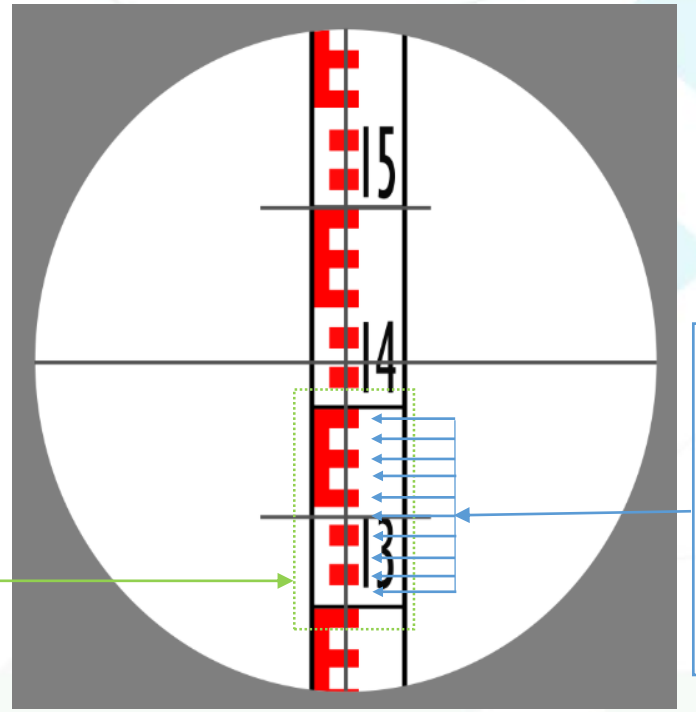
أما القراءة على القامة المخصصة للقياسات الدقيقة فتكون مزودة بميكرومتر، يساعد على إجراء القياسات الدقيقة حتى أجزاء المليمتر.

وأما القراءة بأجهزة التسوية الليزرية فالكاشف الموضوع على القامة يقوم بإعطاء قراءة الكترونية دقيقة، وبشكل عام يمكن توضيح قراءة القامة من جهاز الميزان العادي بالتالي:

١. المحصلة النهائي للقراءة تتكون من أربع خانات:

ملم	سم	ديسيمتر	متر

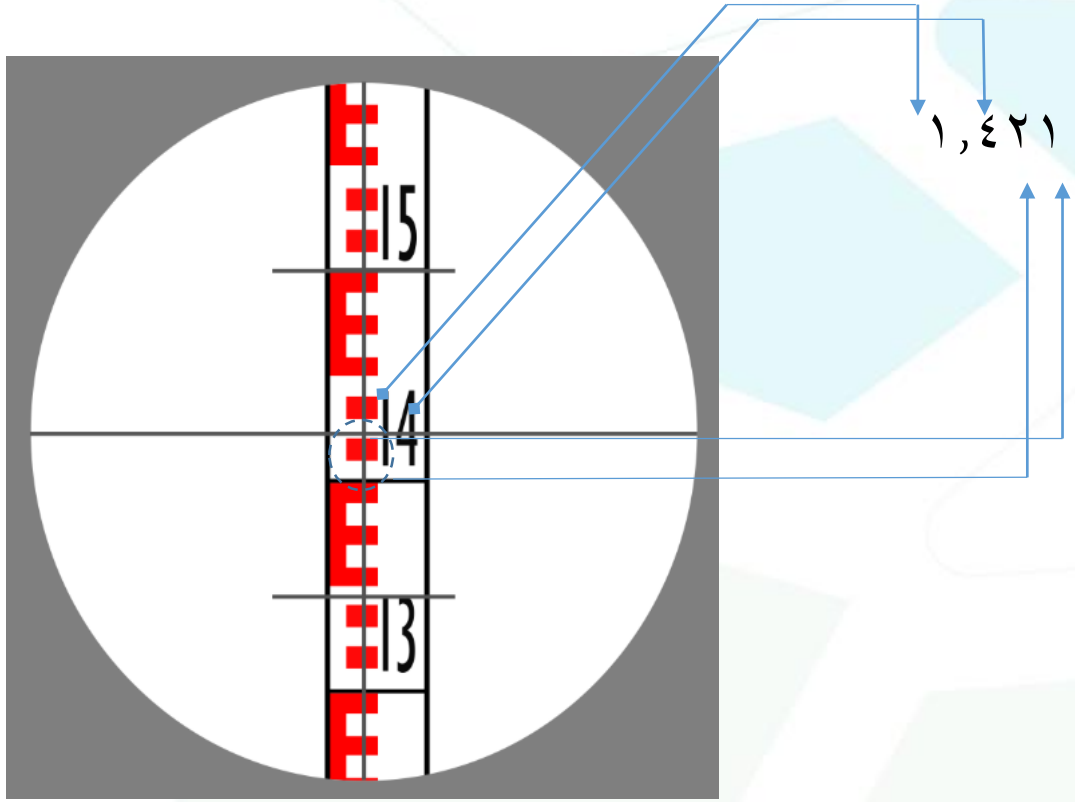
٢. طريقة تقسيم القامة:



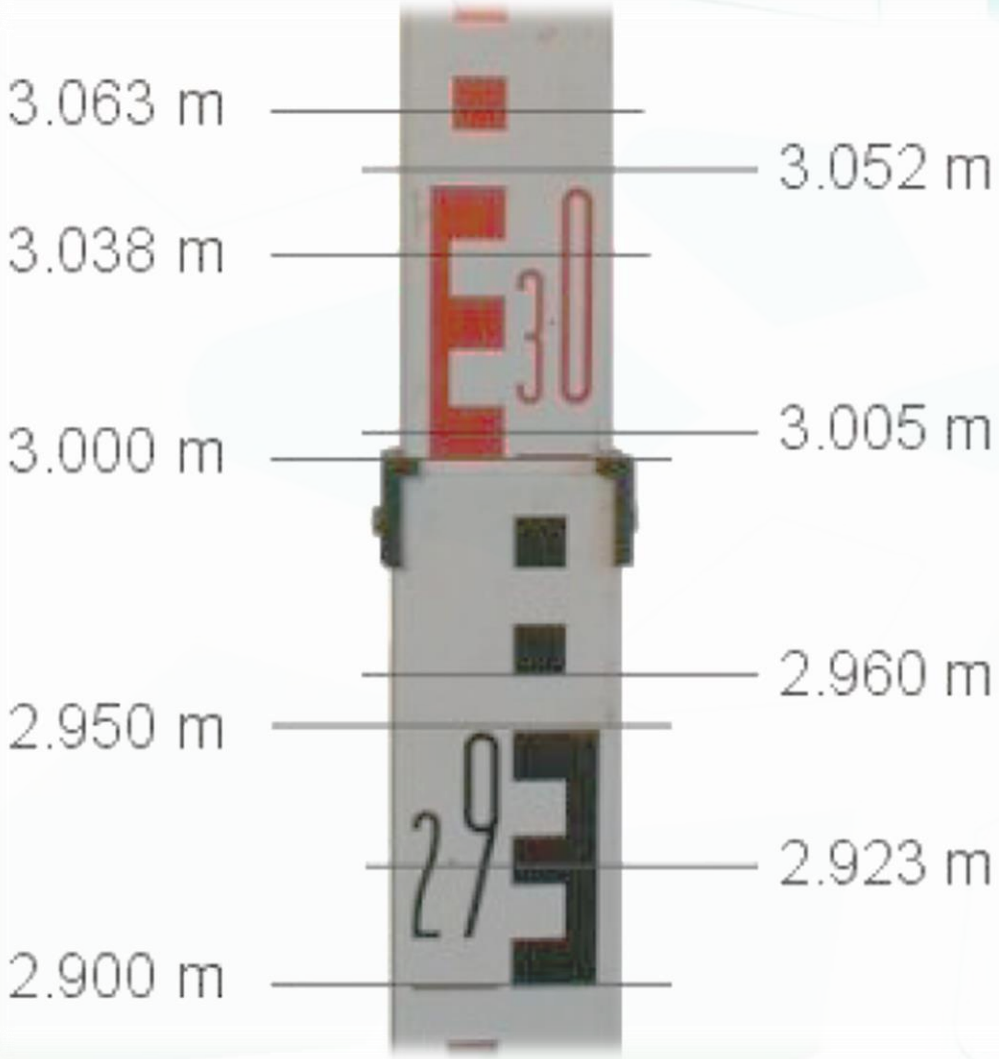
التقسيم الداخلي للجزء رقم ١٣ وعدد الأقسام ١٠ وتبدأ القراءة من الأسفل

جزء من القامة يمثل البداية والنهاية للخانة ١,٣م

٣. القراءة الصحيحة للقامة:



مثال لقراءة القامة



تعاريف أساسية

- **مستوى سطح المقارنة:**

هو سطح مرجعي مستمر، تنسب إليه جميع مناسيب النقاط على افتراض أن منسوبه يساوي الصفر، ودائما ما يكون سطح البحر.

- **منسوب نقطة:**

هو مقدار ارتفاع أو انخفاض النقطة عن سطح المقارنة أو سطح البحر.

- **فرق المنسوب بين نقطتين:**

هو مقدار فرق الارتفاع بينهما.

تعاريف أساسية

- **القراءة الخلفية (B.S):**

هي أول قراءة تؤخذ على القامة عند تثبيت الجهاز.

- **القراءة الأمامية (F.S):**

هي آخر قراءة تؤخذ على القامة بل نقل الجهاز.

- **القراءة المتوسطة (I.S):**

هي كل قراءة أخذت بعد قراءة المؤخرة وقبل قراءة المقدمة

- **نقطة التحول (الدوران):**

هي النقطة التي تؤخذ عندها على القامة قراءتان إحداهما أمامية والأخرى خلفية.

- **ارتفاع الجهاز:**

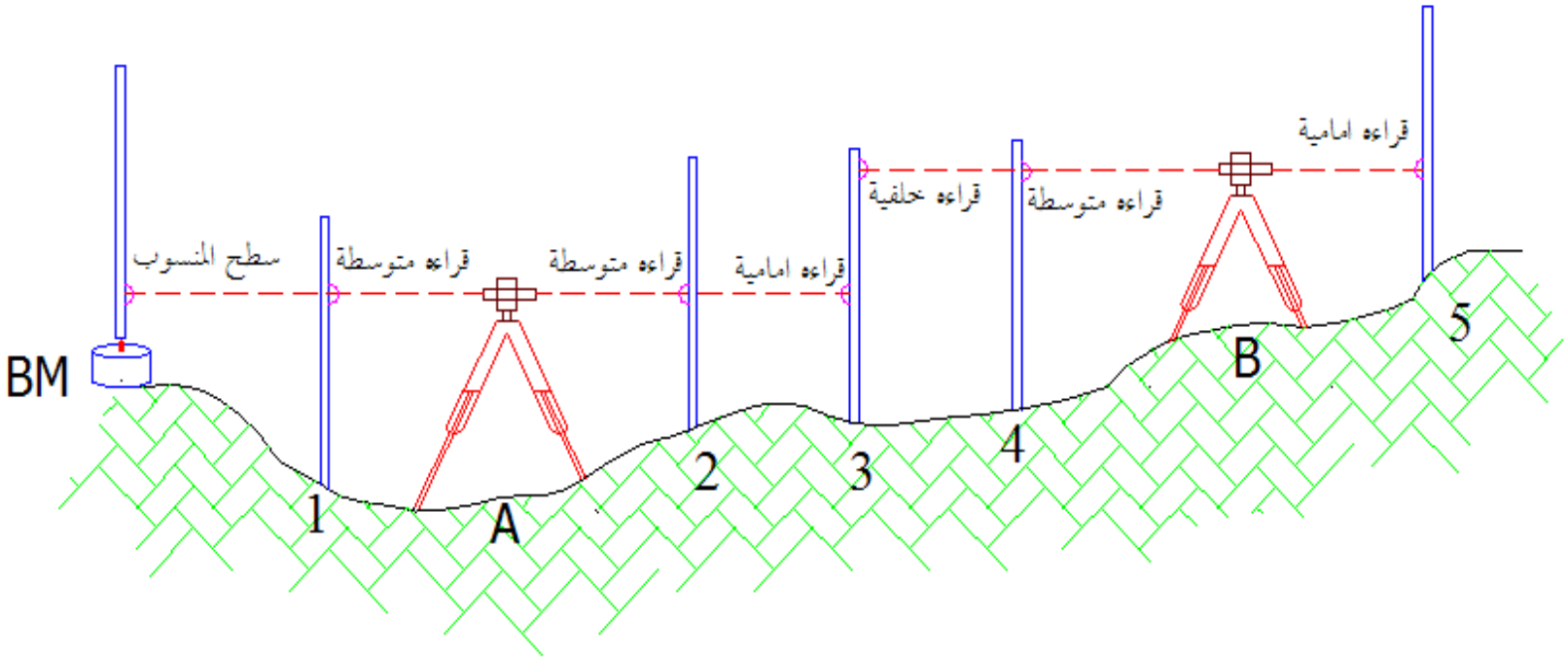
هو ارتفاع مستوى خط نظر جهاز الميزان عن سطح المقارنة، وأحياناً يعبر عنه بمنسوب سطح الميزان.

تعاريف أساسية

- **الروبير B.M:**

عبارة عن نقطة معلومة أو مفروضة المنسوب، تستخدم كمرجع لمعرفة مناسيب نقاط أخرى. ويجري عادة تثبيت هذه النقاط بدقة عالية، ويعد لكل واحدة منها بطاقة وصف دقيق يسهل العثور عليها في الطبيعة، وتختلف أشكال تثبيت هذه النقاط، فتكون تارة مثبتة بصفة دائمة، حيث يوضع على النقطة رأس حديدي بطول معين متصل بقاعدة **معدنية**، ويصب حول هذه القاعدة المعدنية خرسانة حتى يؤمن عدم زوالها أو العبث بها.

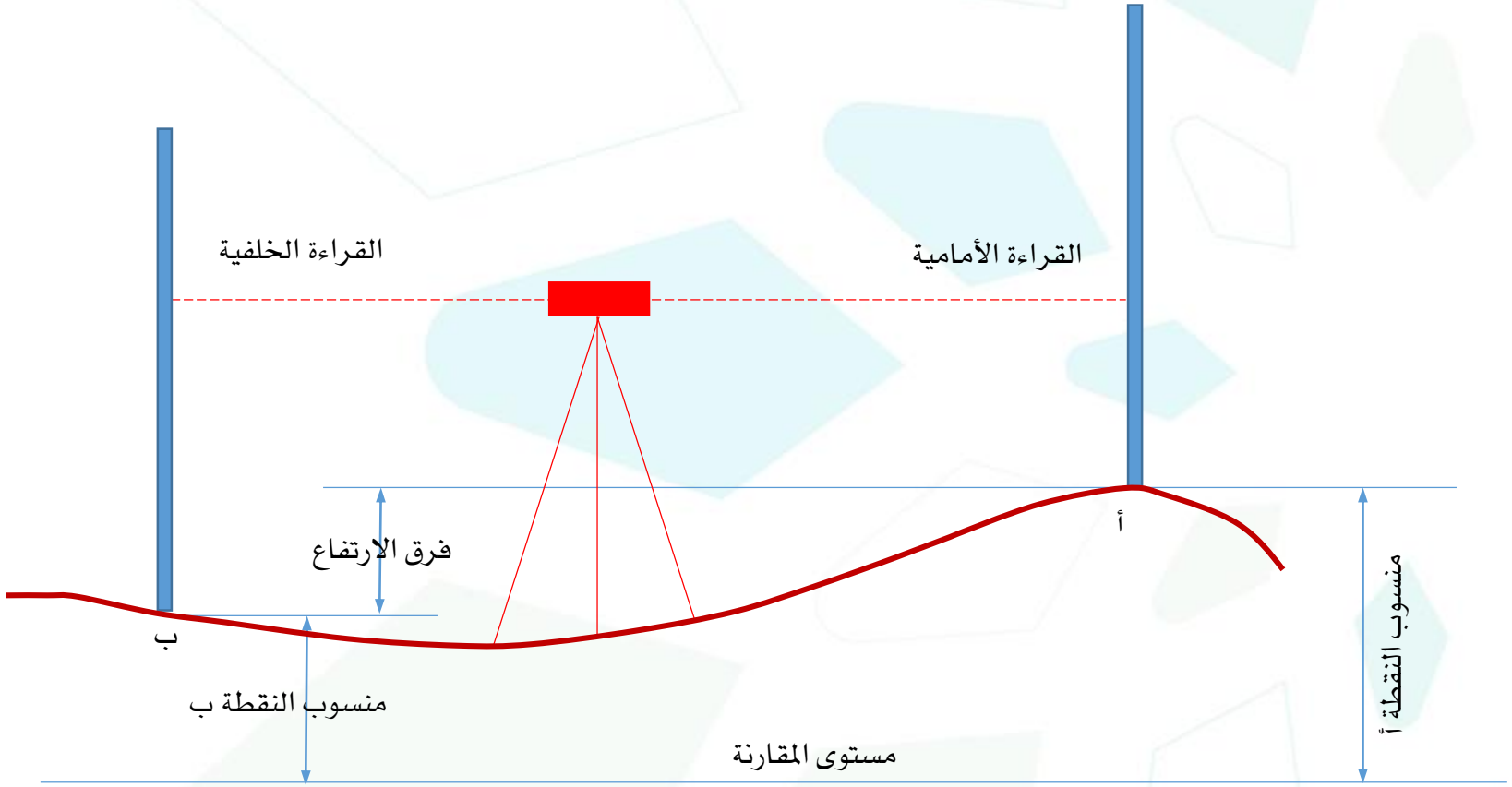
تعاريف أساسية



- **مبدأ قياس فرق الارتفاع بين نقطتين باستخدام جهاز الميزان:**

لقياس فرق الارتفاع بين نقطتين نقوم بتثبيت جهاز الميزان في موقع يكشف النقطتين ويُجرى له الضبط المؤقت، ونضع عند كل نقطة قامة، ثم يوجه بالميزان على هاتين القامتين لأخذ قراءتيهما، بعد ذلك يكون فرق الارتفاع بين النقطتين أو بمعنى آخر فرق منسوب النقطتين هو عبارة عن حاصل فرق قراءة القامة عند النقطتين (أ وب).

تعاريف أساسية



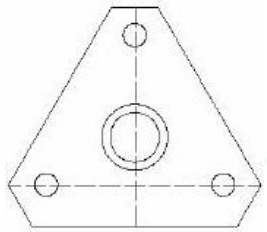
التدريب على الرصد بالميزان والقامة

خطوات البدء بالعمل:

١. البدء:

- أخذ احتياطات السلامة اللازمة والتي يتم العمل بها في أي عمل مساحي:
- اختيار الوقت المناسب لأعمال الرصد.
- لبس الوقاية الملائم.
- الابتعاد عن المواقع الخطرة.
- ارتفاع الجهاز يكون متلائم مع وقوف الراصد.

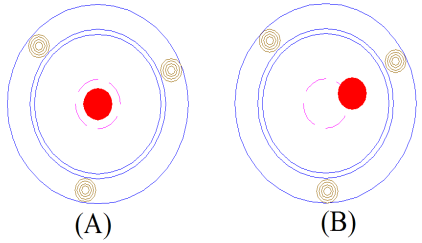
التدريب على الرصد بالميزان والقامة



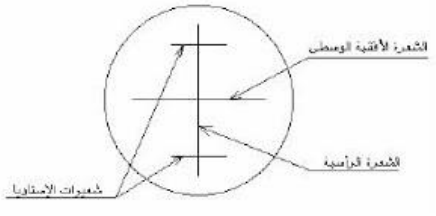
٢. تثبيت الجهاز على الحامل بشكل سليم.

٣. ضبط الأفقية:

- الضبط التقريبي.
- تحريك مسامير التسوية حتى تكون الفقاعة الهوائية في وسط أنبوب التسوية (A)

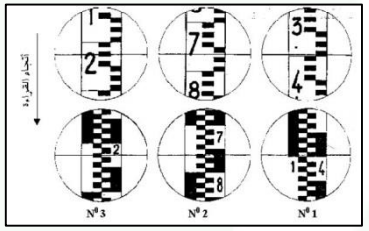


التدريب على الرصد بالميزان والقامة



٤. ضبط العدسة في المنظار لضمان ظهور الشعيرات بشكل واضح. (قد يختلف من مستخدم لآخر).

٥. تثبيت القامة رأسيا على النقطة المراد رصدها.



٦. الرصد وأخذ القراءات،

(لا بد من وجود نقطة معلومة BM)

لحساب مناسيب النقاط المرصودة يتم استخدام الجداول المصممة لذلك،

ويوجد طريقتان لحساب المناسيب:

- طريقة منسوب سطح الميزان.
- طريقة الارتفاع والانخفاض.

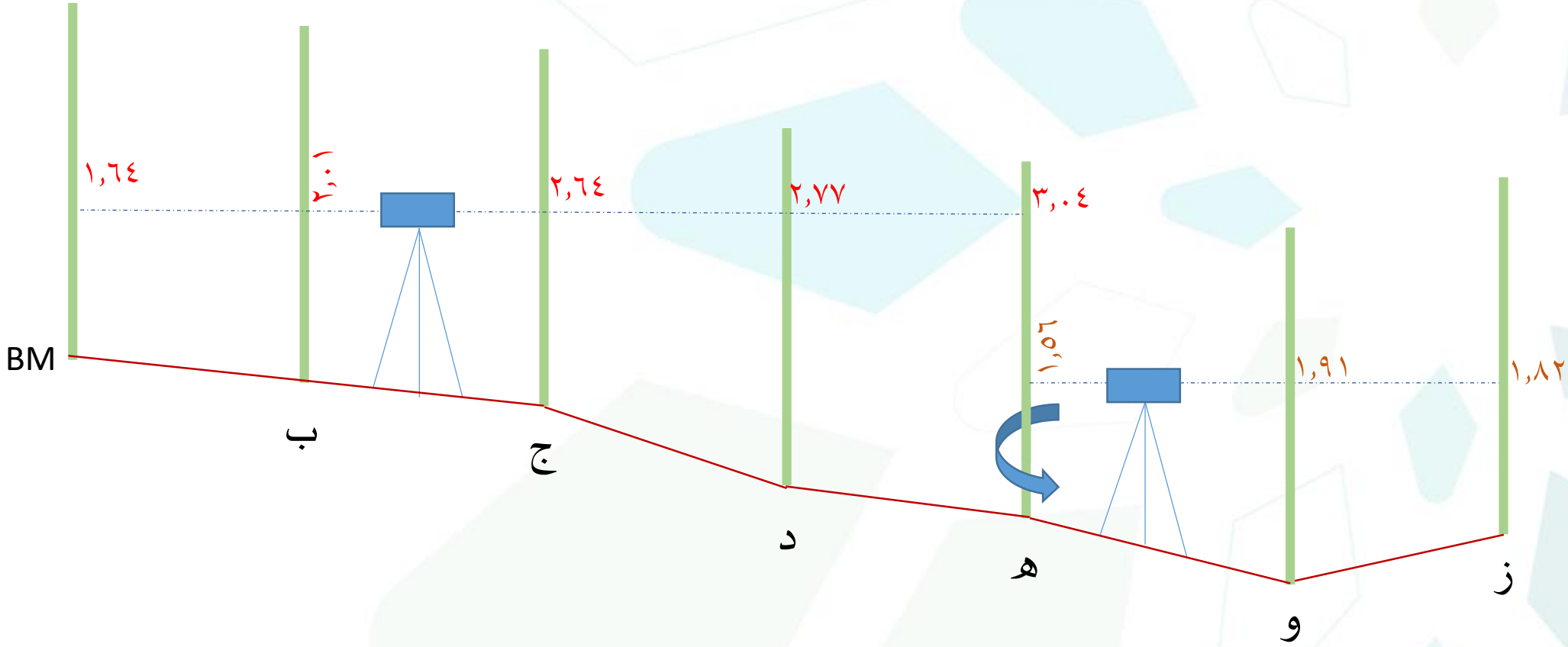
وفي كلا الطريقتين:

- تدوين أرصاد الميزانية في الجداول الخاصة بكل طريقة.
- تحسب مناسيب كل نقطة.

- اجراء التحقيق الحسابي كالتالي:

طريقة منسوب سطح الميزان	طريقة الارتفاع والانخفاض
مجموع القراءات الخلفية – مجموع القراءات الأمامية = منسوب آخر نقطة – منسوب أول نقطة	مجموع الارتفاعات – مجموع الانخفاضات = منسوب آخر نقطة – منسوب أول نقطة.

وفيما يلي مثال توضيحي لكلتا الطريقتين:


١,٦٤
ن
٢,٦٤
٢,٧٧
٣,٠٤
١,٥٦
١,٩١
١,٨٢
BM
ب
ج
د
هـ
و
ز

الحل بطريقة منسوب سطح الميزان

النقطة	القراءة الخلفية	القراءة المتوسطة	القراءة الأمامية	منسوب سطح الميزان	منسوب النقطة
أ (روبير)	١,٦٤			٢٣,٨٦	٢٢,٢٢
ب		٢,٠١			٢١,٨٥
ج		٢,٤٦			٢١,٤
د		٢,٧٧			٢١,٠٩
هـ (دوران)	١,٥٦		٣,٠٤	٢٢,٣٨	٢٠,٨٢
و		١,٩١			٢٠,٤٧
ز			١,٨٢		٢٠,٥٦
المجموع	٣,٢		٤,٨٦		
الفرق		١,٦٦ -			١,٦٦ -
التحقق				✓	

الحل بطريقة الارتفاع والانخفاض

النقطة	القراءات			ارتفاع	انخفاض	منسوب النقطة
	خلفية	متوسطة	أمامية			
أ (روبير)	١,٦٤					٢٢,٢٢
ب		٢,٠١			٠,٣٧	٢١,٨٥
ج		٢,٤٦			٠,٤٥	٢١,٤٠
د		٢,٧٧			٠,٣١	٢١,٠٩
هـ (دوران)	١,٥٦		٣,٠٤		٠,٢٧	٢٠,٨٢
و		١,٩١			٠,٣٥	٢٠,٤٧
ز			١,٨٢	٠,٠٩		٢٠,٥٦
المجموع	٣,٢		٤,٨٦			
الفرق		١,٦٦ -				١,٦٦ -
التحقق					✓	

الغرض من المشروع: تدريب المتدربين على:

- الاستخدام الصحيح لجهاز الميزان.
- رصد وقراءة القامة فوق كل نقطه.
- تسجيل القراءات في الجداول المصممة لذلك.

خطوات العمل الحقلي:

- اختيار نقطتين تمثلان بداية ونهاية المشروع.
- تقسيم المسافة بين نقطتي بداية ونهاية المشروع بمسافات متساوية.

- ضبط جهاز الميزان في مكان مناسب.
- وضع القامة فوق النقاط والتوجيه بالجهاز لأخذ الأرصاد وتسجيلها في الجدول.

خطوات العمل المكتبي:

- حساب مناسيب النقاط بكلتا الطريقتين: سطح الميزان والارتفاع والانخفاض.
- عمل التحقيق الحسابي اللازم.

القطاعات الطولية والعرضية

الأهداف التفصيلية للوحدة

- يحسب مناسيب خط الانشاء.
- يرسم القطاعات الطولية والعرضية.
- يحسب مكعبات الحفر والردم.
- ينفذ القطاعات الطولية والعرضية في الطبيعية.

الوقت المتوقع للتدريب

الوقت المتوقع للتدريب على هذه الوحدة: ١٨ ساعة

الوسائل التدريبية المساعدة:

- جهاز الميزان المساحي.
- قامة.
- جهاز المحطة الشاملة.
- أدوات رسم.

القطاعات الطولية

في مشاريع الطرق وتمديدات شبكات المياه والمجاري وخطوط سكك الحديد، يلزم بيان طبيعة أو تضاريس سطح الأرض في اتجاه معين، وذلك بهدف التصميم وحساب الكميات، ولذلك يتم تحديد مواقع النقاط على الاتجاه المطلوب، لغرض حساب مناسيبها، وتتفاوت المسافة بين نقطة وأخرى، وذلك حسب تغير الاتجاه وطبوغرافية الأرض، إذ إن تغيرهما يلزم في زيادة النقاط مع التقارب بينها.

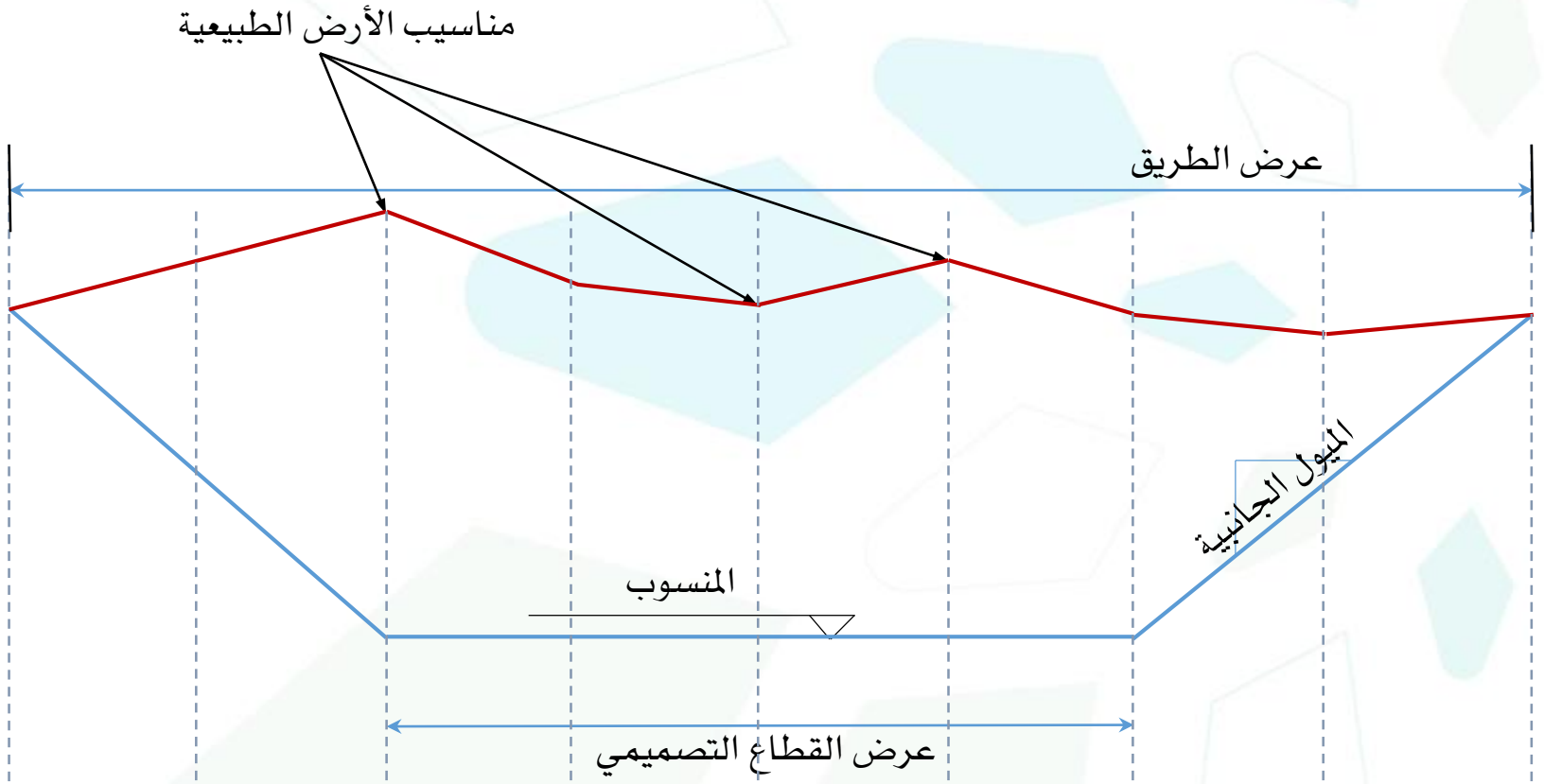
القطاعات العرضية

كثيراً ما يلزم معرفة تضاريس سطح الأرض ليس فقط عند نقاط محددة على محور المشروع، ولكن عند نقاط على يمين وشمال هذا المحور أيضاً، من أجل هذا يجري قياس مناسيب نقاط مختارة على اتجاهات متعامدة مع محور المشروع تسمى هذه الاتجاهات بالمقاطع العرضية، تتباعد هذه المقاطع عن بعضها حسب طبيعة الأرض ودرجة الدقة المطلوبة إلا أنها تتراوح بين ١٠م - ٥٠م. أما مسافة امتداد القطاع العرضي عن يمين وشمال المحور، فتتبع أيضاً طبيعة الأرض ونوع المشروع.

القطاعات العرضية

- يتم عمل القطاعات العرضية للمشاريع الممتدة طولياً، والتي تشغل شريطاً عرضياً مع الأرض، مثل مشاريع الطرق وسكك الحديد والقنوات الصناعية، والتي يلزم معرفة شكل الأرض لحساب مكعبات الحفر والردم بدقة عالية، وتوقع نقاط القطاعات العرضية باستخدام جهاز المحطة الشاملة، ثم يتم الرصد بأعمال الميزانيات لهذه النقاط لحساب مناسيبها.

القطاعات العرضية

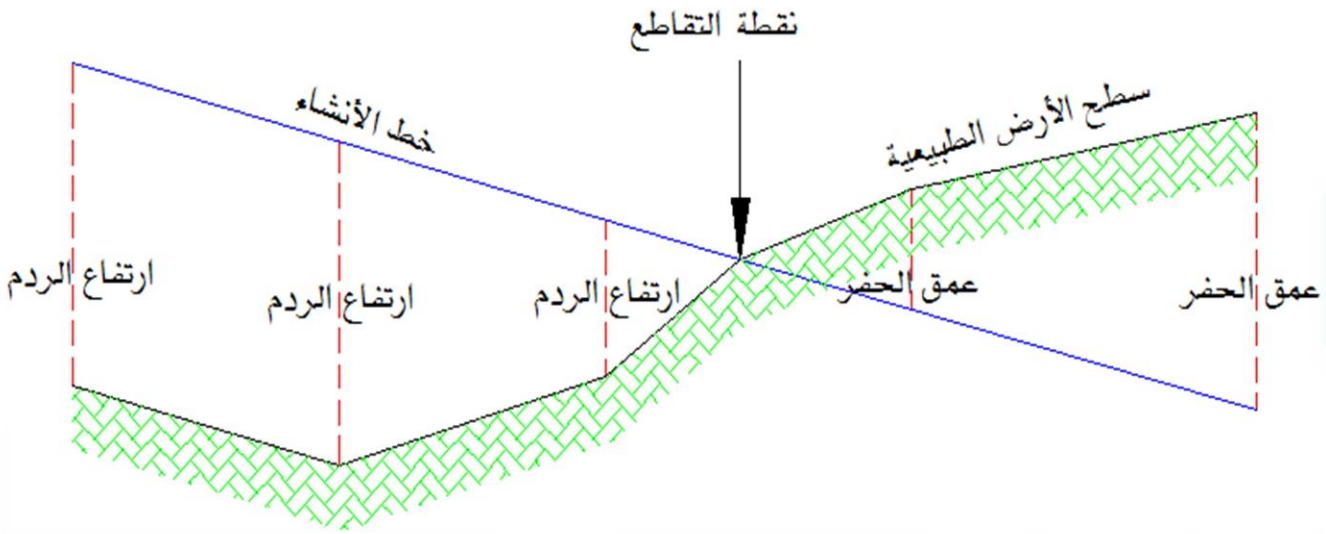


حساب مناسيب خط الانشاء

خط الإنشاء: هو خط تصميمي وهمي، ينتج بتغيير شكل تضاريس الأرض بحفر أو ردم حسب حاجة المشروع، حيث يقوم المهندس المصمم للمشروع بتحديد درجة الميل واتجاه خط المشروع ومنسوب النقطة الأولى، ومن ثم يصمم عدة خطوط، وعادة ما يتم اختيار خط الإنشاء الذي يحقق غرض المشروع بأقل تكلفة. ويكون اتجاه خط الإنشاء إما أفقياً أو يميل للأعلى أو للأسفل، المهم أنه ينتج عن توصيل نقاطه خط مستقيم،

حساب مناسيب خط الانشاء

فمثلاً إذا ذكر أن خط الإنشاء يميل إلى الأعلى بنسبة ١%، يعني هذا أن كل ١٠٠ متر أفقي يقابلها زيادة في المنسوب الرأسي متراً واحداً.



حساب مناسيب خط الانشاء

منسوب أية نقطة على خط الإنشاء = منسوب أول نقطة ±(ميل خط الإنشاء × المسافة التراكمية)

المسافة التراكمية: هي المسافة من النقطة الأولى في المشروع إلى النقطة المطلوب حساب منسوبها.

(+) إذا كان الميل للأعلى

(-) إذا كان الميل للأسفل

حساب مناسيب خط الانشاء

كما يأخذ الطريق دائماً شكل شبه منحرف، فيكون منسوب خط الإنشاء عند نقطة بداية القطاع ونقطة نهايته على حد سواء وتحسب كالتالي:

منسوب خط الإنشاء عند بداية ونهاية القطاع العرضي= منسوب خط الإنشاء عند المحور ± (المسافة × الميل الجانبي)

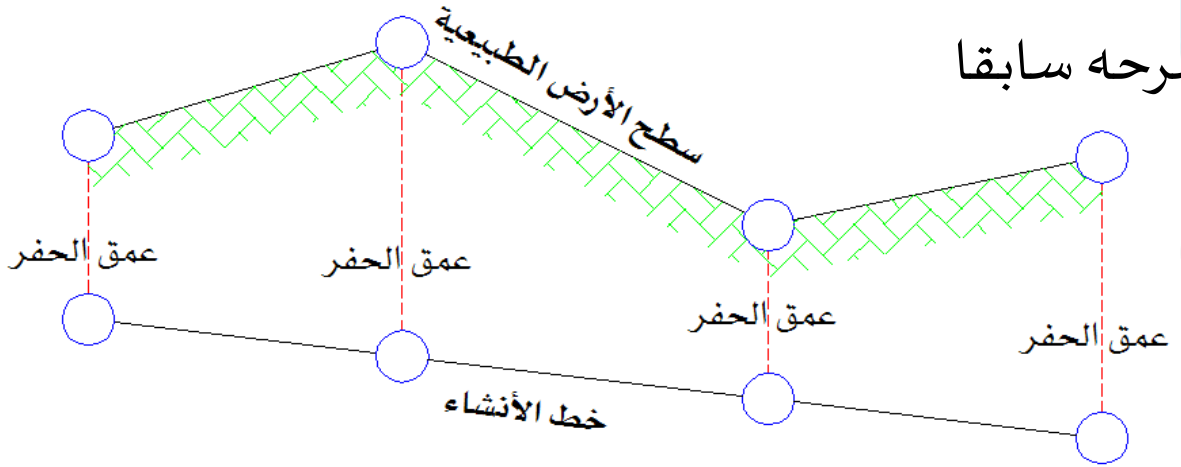
(+) إذا كان الميل للأعلى (-) إذا كان الميل للأسفل

أما مناسيب النقاط التي تكون عن يمين أو شمال المحور، فتأخذ منسوب خط الإنشاء عند نقطة المحور.

رسم القطاعات الطولية والعرضية

لرسم القطاع الطولي، يمكن اتباع الخطوات التالية:

- حساب مناسيب النقاط التي تم تحديدها في الطبيعة وعمل التحقيق الحسابي اللازم كما في الجدول السابق.
- حساب مناسيب خط الإنشاء: والذي تم شرحه سابقا



رسم القطاعات الطولية والعرضية

رسم القطاعات العرضية تتم بنفس الطريقة المتبعة في رسم القطاعات الطولية، وذلك باختيار محورين متعامدين، أحدهما أفقي للمسافات الأفقية، والآخر رأسي للمناسيب.

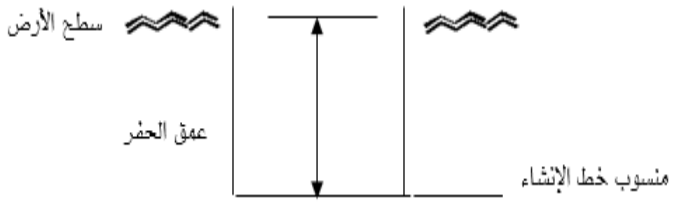
حساب مكعبات الحفر والردم

بعد رسم شكل الأرض الطبيعية وخط الإنشاء في ورقة الرسم، تنتج لنا مجموعة قطاعات كلها حفر، أو كلها ردم، أو بعضها حفر وبعضها ردم. حيث إن الفرق الرأسي بين منسوب خط الأرض ومنسوب خط الإنشاء، قد يكون عمق حفر أو ارتفاع ردم، ويمكن عند حساب ذلك أن يكون عمق الحفر وارتفاع الردم كما يلي:

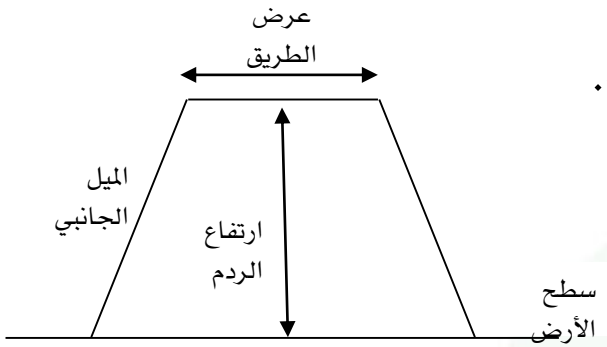
عمق الحفر = منسوب الأرض - منسوب خط الإنشاء.

ارتفاع الردم = منسوب خط الإنشاء - منسوب الأرض

حساب مساحة القطاعات

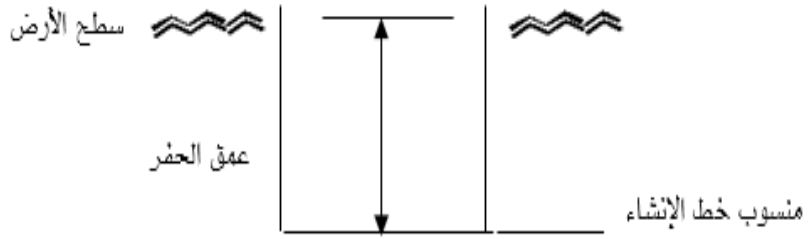


عادة ما يكون القطاع مستطيل الشكل أو شبه منحرف ويكون حفر أو ردم وكل حالة لها حسابات مختلفة عن الحالة الأخرى، ويرجع ذلك إلى نوع المشروع وطبيعة التربة صخرية أم رملية أم طينية، ففي حالة الحفر في تربة صخرية تكون جوانب الحفر رأسية لتماسك التربة، فيكون القطاع مستطيل، أما في حال التربة الضعيفة فتكون جوانب الحفر أو الردم مائلة.

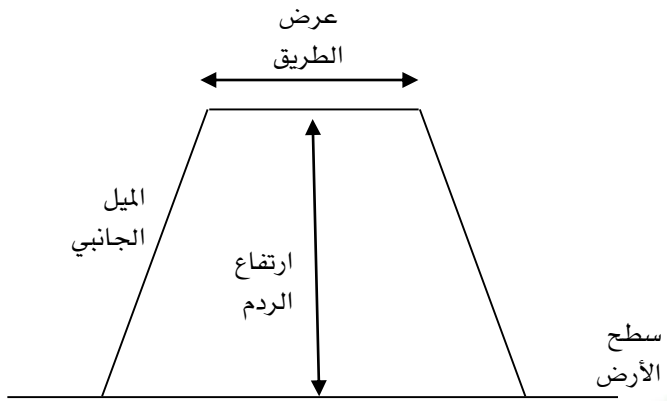


وعادة ما يكون مقدار الميل الجانبي ١/١ ، ١/٢ ، ٢/٣ فينتج في هذه الحالة قطاع تصميمي على شكل شبه منحرف.

حساب مساحة القطاعات



- مساحة الحفر = عمق الحفر × عرض القطاع
- مساحة الردم = ارتفاع الردم × عرض القطاع



- مساحة الحفر = عمق الحفر × [عرض الطريق + (الميل الجانبي × عمق الحفر)]
- مساحة الردم = ارتفاع الردم × [عرض الطريق + (الميل الجانبي × ارتفاع الردم)]

حساب الحجوم

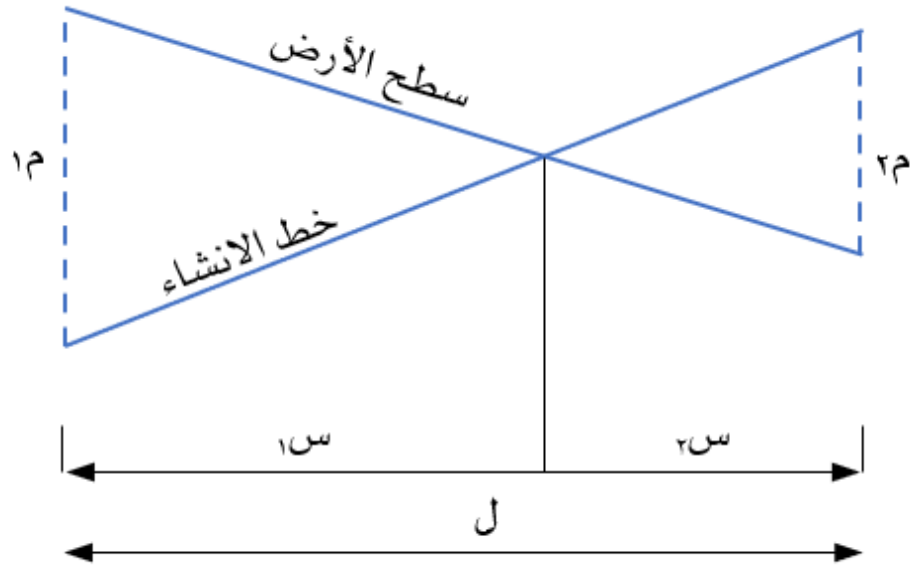
حساب الأحجام أو حساب الكميات من أهم الخطوات التنفيذية في المشاريع الهندسية، إذ يترتب عليها حساب التكاليف المادية لأحجام الحفر والردم، وتختلف التكاليف باختلاف الأراضي وعوامل أخرى. فبعد حساب مساحة كل قطاع من قطاعات المشروع، ينتج لنا شكل غير منتظم، حيث يتكون منشور قائم بين كل قطاعين، حجمه يكافئ حجم متوازي المستطيلات، ومساحة قاعدته هي مساحة القطاع الأوسط، وارتفاعه هو المسافة الجزئية بين القطاعين،

$$\text{الحجم بين كل قطاعين متتاليين} = \frac{\text{مجموع مساحتي قطاعين}}{٢} \times \text{المسافة الجزئية}$$

حساب الحجوم

ويكون الحجم الكلي هو ناتج جمع الحجوم بين تلك القطاعات، إلا أن استخدام القانون السابق لا يمكن إلا أن يكون ما بين القطاعين كله حفر أو كله ردم. أما إذا اجتمع بين قطاعين حفر وردم وذلك بتقاطع سطح الأرض مع خط الإنشاء، فلابد من حساب مسافتي التقاطع، وبالتالي حساب حجم جزء الحفر وحجم جزء الردم.

حساب الحجوم



ل: المسافة الجزئية　　م١: مساحة الحفر.

س١: مسافة الحفر　　م٢: مساحة الردم.

س٢: مسافة الردم.

$$\text{مسافة الحفر، س}_{١} = \frac{\text{م}_{١} \times \text{ل}}{\text{م}_{١} + \text{م}_{٢}} \text{ ، مسافة الردم، س}_{٢} = \frac{\text{م}_{٢} \times \text{ل}}{\text{م}_{١} + \text{م}_{٢}}$$

$$\text{يجب التحقق من ل} = \text{س}_{١} + \text{س}_{٢}$$

$$\text{حجم جزء الحفر} = \frac{\text{م}_{١} \times \text{س}_{١}}{٢} \text{ ، حجم جزء الردم} = \frac{\text{م}_{٢} \times \text{س}_{٢}}{٢}$$

وهذه هي الحالات التي تكون عليها كل القطاعات الطولية في الطبيعة من حفر أو ردم أو (حفر وردم في نفس الوقت).

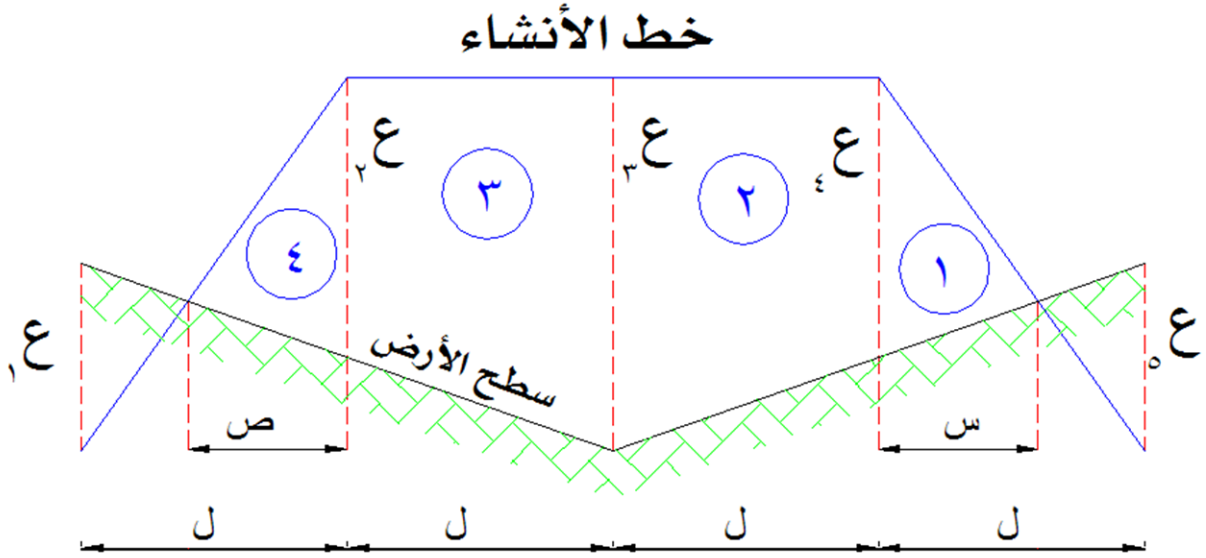
حساب مساحة القطاعات العرضية

- هناك طريقتان لحساب مساحات القطاعات العرضية، طريقة الإحداثيات، وطريقة الأشكال التي سيتناولها المتدرب في هذه الوحدة، وفكرتها أن تقسم القطاعات العرضية إلى أشكال: أشباه منحرفات، ومثلثات، تحسب مساحة كل شكل، ومن ثم تكون مساحة القطاع العرضي هي حاصل جمع هذه المساحات.

$$\text{مساحة المثلث} = \frac{\text{القاعدة} \times \text{الارتفاع}}{٢}$$

$$\text{مساحة شبه المنحرف} = \frac{\text{مجموع القاعدتين}}{٢} \times \text{الارتفاع}$$

حساب مساحة القطاعات العرضية



مساحة الشكل (٢) = $\frac{(ع_{٣} + ع_{٢}) \times ل}{٢}$

مساحة الشكل (٣) = $\frac{(ع_{٣} + ع_{٢}) \times ل}{٢}$

مساحة الشكل (١) = $\frac{١}{٢} \times ع_{٤} \times س$

مساحة الشكل (٤) = $\frac{١}{٢} \times ع_{٢} \times ص$، حيث:

$$س = \frac{ع_{٤} \times ل}{(ع_{٤} + ع_{٥})} \quad ، \quad ص = \frac{ع_{٢} \times ل}{(ع_{١} + ع_{٢})}$$

إجمالي مساحة القطاع = مجموع مساحة الأشكال.

خطوات تنفيذ القطاع الطولي في الطبيعة:

- يتلخص عمل تنفيذ القطاع الطولي في النقاط التالية:
- تحديد بداية المشروع ونهايته.
- تقسيم محور المشروع إلى عدة أقسام تبعاً لتغير الميل أو الاتجاه، وتغير طبوغرافية الأرض.
- تعيين مناسيب نقاط المحور باستخدام أعمال الميزانية على أن تكون البداية فوق روبير والنهاية فوق روبير.

- **تقسيم المحور الطولي:**

يقسم المحور الطولي إلى عدة نقاط، ممثلة بأوتاد على سطح الأرض، تقع جميعاً على استقامة واحدة، لتكوّن محوراً طولياً لمشروع معين، كطريق أو سكة حديد أو قناة ري، والمسافة بين هذه النقاط تختلف على حسب تغير الاتجاه وطبوغرافية الأرض، وتتراوح هذه المسافة من ١٠م - ٥٠م، والمقدار السائد من ٢٠ م - ٣٠م، إلا أننا سنتناول العمل بجعل المسافة الجزئية بين النقاط متساوية، وعليه يكون التدريب العملي. إما عن طريقة تثبيت النقاط

تنفيذ القطاعات الطولية والعرضية في الطبيعة

في الطبيعة على استقامة واحدة، فيتم بوضع جهاز المحطة الشاملة عند نقطة البداية ويضبط الضبط المؤقت، ثم يتم التوجيه على نقطة النهاية ثم يربط مسمار الحركة السريعة، فيكون خط النظر هو الاتجاه المطلوب، فعن طريق مسك المتر على المسافة المطلوبة، وتحرك حامل الأوتاد يميناً وشمالاً حسب توجيه الراصد، يتم تثبيت النقطة حيث ينطبق الوتد أو الشاخص على الشعرة الرأسية جهاز المحطة الشاملة، ويكون التوجيه لأسفل الوتد وذلك لتحري الدقة.

- **تعيين مناسيب نقاط المحور:**

- قبل البدء في قياس مناسيب النقاط، من الضروري أن نبحث عن نقطة معلومة المنسوب " روبير "، تكون قريبة من بداية المشروع حتى يستند إليها في حساب المناسيب، كذلك من المفيد جداً أن نبحث عن نقاط " روبير " أخرى على مقربة من محور المشروع، وذلك للتدقيق على صحة المناسيب المحسوبة، وإذا لم يحصل ذلك، فيكتفى بالبحث عن نقطة قريبة من نهاية المشروع.

تنفيذ القطاعات الطولية والعرضية في الطبيعة

- اختيار موقع مناسب لجهاز التسوية.
- وضع القامة عند النقاط التي تم تحديدها، وتؤخذ قراءة القامة عندها.
- يعبأ الجدول بهذه القراءات، كل قراءة في المكان المخصص لها من الجدول، فتكون القراءة الأولى مؤخرة، والقراءة الأخيرة مقدمة وبقية القراءات في عمود القراءة المتوسطة، هذا إذا لم يتغير موقع الجهاز من بداية الرصد إلى نهايته، أما إن تغير لوجود ما يحول بين الجهاز والقامة.

تنفيذ القطاعات الطولية والعرضية في الطبيعة

- **تنفيذ القطاعات العرضية في الطبيعية:**

يتم تنفيذ القطاعات العرضية أثناء تنفيذ القطاع الطولي للمشروع، حيث يتم استخدام جهاز المحطة الشاملة في إنشاء اتجاه عمودي على المحور الطولي ثم توقع نقاط القطاع العرضي على مسافة تغير سطح الأرض، أو مسافة ثابتة بين كل نقطة والتي تليها عن يمين وشمال المحور. ويراعى أن تغطي النقاط عرض المشروع، وبعد ذلك ترقم هذه القطاعات وترقم نقاطها وبعد توقيع القطاعات العرضية، يتم وضع جهاز الميزان في أماكن قريبة من

تنفيذ القطاعات الطولية والعرضية في الطبيعة

القطاعات العرضية بحيث يكون كل قطاع واضحاً للميزان، وفي نفس الوقت لابد من إمكانية رصد نقاط القطاع الطولي، وتظهر فائدة هذه الطريقة عندما تزيد المسافات بين القطاعات العرضية، فلا يسمح للميزان رؤية جميع النقاط فيلزم عمل نقاط دوران، وقد يبدأ بالرصد للقطاع العرضي من محوره وقد يبدأ من أحد جانبيه، وتدوَّن قراءات القامة لنقاط القطاعات العرضية في الجدول كالطريقة المتبعة في القطاع الطولي، غير أنه تختلف هنا طريقة تدوين المسافة، فلابد من التسجيل بعد كل نقطة من المقطع العرضي

عن محور المشروع، وبيان موقعها إذا كانت على نفس المحور أو على يمينه أو شماله.

الميزانية الشبكية وخطوط الكنتور

الأهداف التفصيلية للوحدة

من المتوقع في نهاية هذه الوحدة التدريبية أن يكون المتدرب قادراً وبكفاءة على أن:

- يحسب خطوط الكنتور.
- ينفذ الميزانية الشبكية.
- يرسم خطوط الكنتور.
- يرصد باستخدام الميزان الرقمي.

الوقت المتوقع للتدريب

الوقت المتوقع للتدريب على هذه الوحدة: ١٧ ساعة تدريبية.

الوسائل التدريبية المساعدة:

- ميزان رقمي مع الملحقات.
- أدوات رسم.

خطوط الكنتور

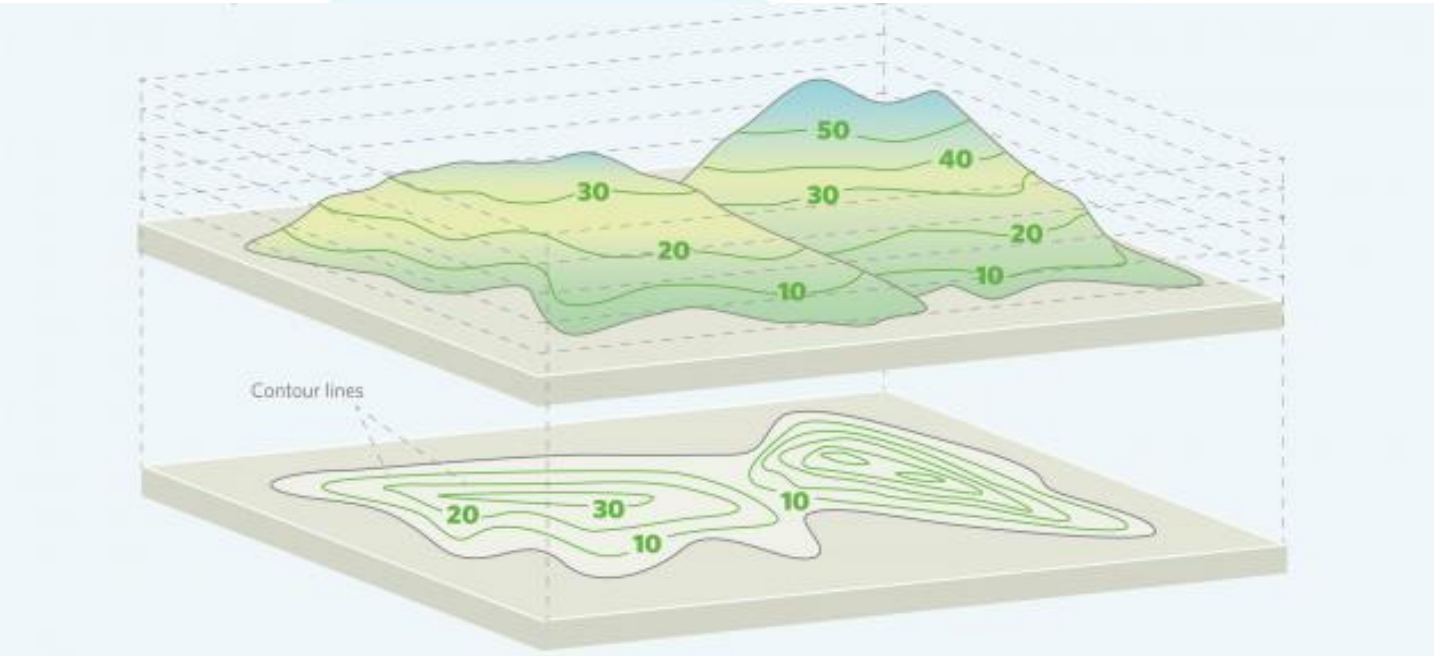
توجد طرق عديدة لتمثيل الظواهر الطبيعية وتضاريس سطح الأرض، من أودية وحروف ومنحدرات وسهول وهضاب، ويعتبر الإلمام بهذه الطرق أمراً حيوياً، حيث يسهل على قارئ الخريطة أخذ صورة صادقة عن طبيعة المنطقة التي تمثلها الخارطة، وهذا بدوره يساعد في التخطيط الجيد والسليم لكافة المشاريع الهندسية من طرق وسكك حديدية وإسكان وري.. إلخ، التي يمكن أن تنشأ في تلك المنطقة، ومع أن طرق التمثيل تتفاوت من حيث الدقة والجهد والوقت، إلا أنها تلتقي من حيث إبراز معالم الطبيعة

خطوط الكنتور

بشكل واضح، ومن هذه الطرق: طريقة الألوان، وطريقة التهشير، وطريقة التجسيم، وطريقة خطوط الكنتور، التي نحن بصدد دراستها في هذه الوحدة إن شاء الله.

خطوط الكنتور

خط الكنتور: هو خط وهمي متعرج مغلق، يصل بين نقاط من الأرض لها نفس المنسوب.



الفترة الكنتورية

هي الفرق بين منسوبين لخطي كنتور متتاليتين، وهي ثابتة للخريطة الواحدة.

تتراوح الفترة الكنتورية غالباً بين ٥-١٠م، وقد تقل لتصبح متراً واحداً، وقد تزيد لتصل إلى ٢٠م. ويتحكم في اختيارها أمور منها:

- الغرض من الخريطة، وهنا تصغر الفترة الكنتورية، فيحصل زيادة في المعلومات والتفصيلات.
- الوقت وتكاليف الأعمال. فمن الطبيعي أنه كلما صغرت الفترة الكنتورية ازداد عدد خطوط الكنتور. وبالتالي يزداد عدد النقاط في الطبيعة،

الفترة الكنتورية

ازداد عدد خطوط الكنتور. وبالتالي يزداد عدد النقاط في الطبيعة، فإيجاد مناسيبها يترتب عليه زيادة في الوقت والجهد والتكلفة.

- طبيعة الأرض، فكلما كانت الأرض سهلة منبسطة، تطلب ذلك صغر الفترة الكنتورية، لأن التغيرات تكون بسيطة جداً، والمسافات بين خطوط الكنتور كبيرة، وبالعكس في المناطق الجبلية.

الفترة الكنتورية

ويمكن تحديد الفترة الكنتورية تبعاً للغرض من المخطط أو الخريطة، فعلى سبيل المثال ما يلي:

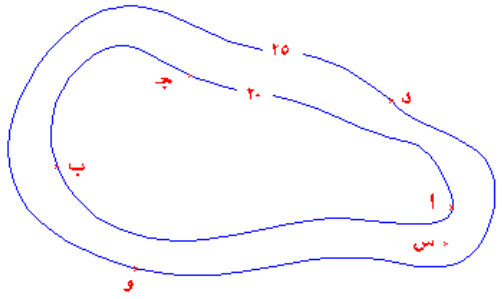
في المراحل الأولى لتخطيط الطرق والسدود والمشاريع الهندسية تكون الفترة الكنتورية ١٠-٢٥م.

في أعمال تخطيط المدن بشكل عام ٠,٥ - ٥ م.

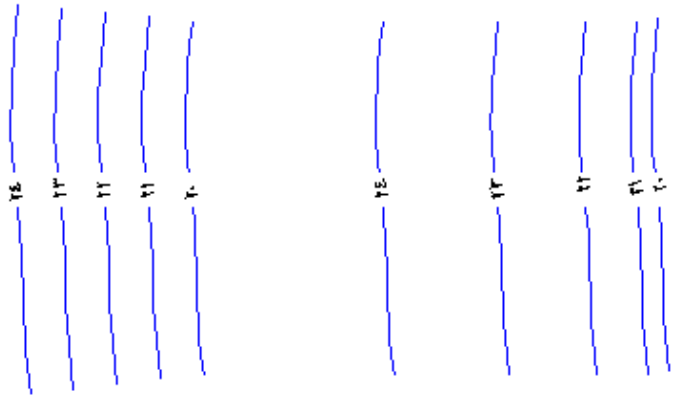
لأغراض العمران تكون الفترة الكنتورية من ٠,١ - ١ م.

المراحل النهائية للمشاريع الهندسية تكون الفترة الكنتورية ٠,٢٥ - ١م.

خواص خطوط الكنتور

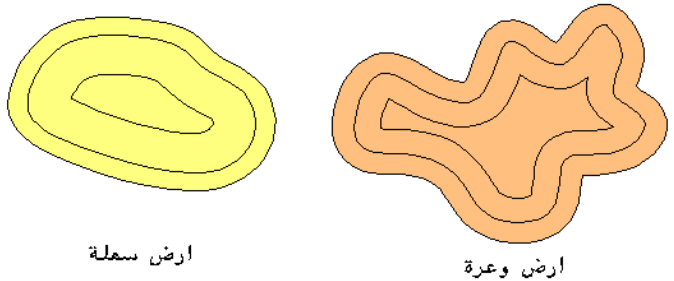


- جميع النقاط الواقعة على خط كنتور واحد لها نفس المنسوب هو منسوب خط الكنتور.

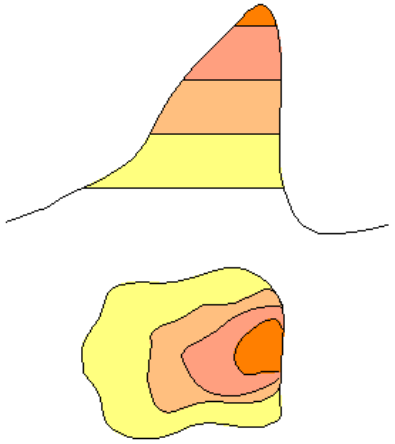


- تتساوى المسافات بين خطوط الكنتور في الانحدارات منتظمة الميل.

خواص خطوط الكنتور

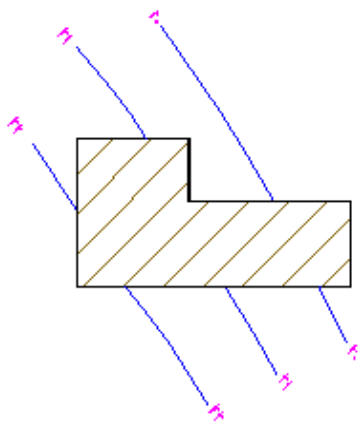


- كلما كانت خطوط الكنتور شديدة التعاريج دل ذلك على وعورة الأرض.

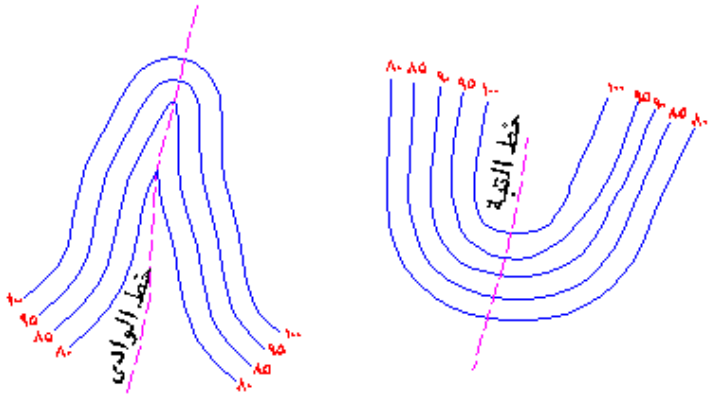


- تتماس خطوط الكنتور في حالة الجرف (القطع الرأسي فى الأرض)

خواص خطوط الكنتور



- خطوط الكنتور لا تقطع حدود المباني.



- في حالة الأودية تكون خطوط الكنتور على شكل حرف (v)، ويكون التقعر للأسفل وفى حالة الجبال تكون على شكل حرف (U) والتقعر لأعلى.

خواص خطوط الكنتور

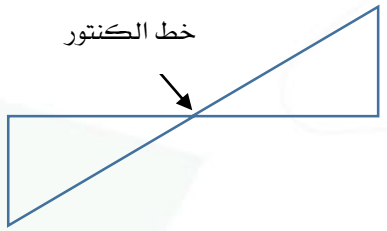
- يجب أن تقفل خطوط الكنتور على نفسها أو على حافة اللوحة.
- لا تتقاطع خطوط الكنتور إلا في حالات نادرة مثل الكهوف.
- تتقارب خطوط الكنتور في الانحدارات الشديدة و تتباعد كلما قل الانحدار.

رسم خطوط الكنتور

تعتمد فكرة عمل الخرائط الكنتورية على أخذ نقاط من الطبيعة ثم قياس أو حساب مناسيبها وبافتراض أن الأرض تكون منتظمة الميل بين أية نقطتين من هذه النقاط، والمقصود بتعيين خطوط الكنتور هو إيجاد الأماكن الصحيحة التي تمر بها خطوط بين هذه النقاط معلومة المنسوب.

رسم خطوط الكنتور

طرق رسم خطوط الكنتور

الطريقة الحسابية	الطريقة البيانية	برامج الحاسب الآلي
الشكل (٣-٨) يوضح النقطة أ والنقطة ب، طرفي وحدة من شبكة المربعات، ويمكن تعيين تقاطع خطوط الكنتور مع هاتين النقطتين بالقانون التالي: $س_{١} \times = س_{٢}$ $س_{١}$: طول الوحدة. $ل_{١}$: فرق المنسوب بين النقطتين. $س_{٢}$: بعد نقطة تقاطع الكنتور مع الخط. $ل_{٢}$: فرق المنسوب بين أ وخط الكنتور.	باستخدام النسبة والتناسب، انظر الشكل التالي:  	يمكن رسم خطوط الكنتور بشكل سريع وأكثر دقة باستخدام البرامج المتخصصة بهذا المجال، ومنها: - SURFER - AoutoCAD Civil

رسم خطوط الكنتور

الفترات الكنتورية المقترحة لمقاييس الرسم المختلفة وكذلك أشكال الأرض المختلفة:

مقياس رسم الخريطة	طبيعة الأرض	الفترة الكنتورية المقترحة (م)
كبير(١/١٠٠٠ أو أقل)	منبسطة متوسطة مرتفعة	٠,٢ - ٠,٥ ٠,٥ - ١,٠ ١ - ٢
متوسط (١/١٠٠٠ - ١/١٠٠٠٠)	منبسطة متوسطة مرتفعة	٠,٥ -١,٥ ١,٥ -٢,٠ ٢,٠ -٣,٠
صغير(أكبر من ١/١٠٠٠٠)	منبسطة متوسطة مرتفعة سلاسل جبلية	١ - ٣ ٣ - ٥ ٥ - ١٠ ١٠ - ٢٥-٥٠

الطريقة الحسابية لتعيين أماكن خطوط الكنتورعلى اللوحة:

تعتمد هذه الطريقة على النسبة و التناسب بين المسافات و المناسيب، و

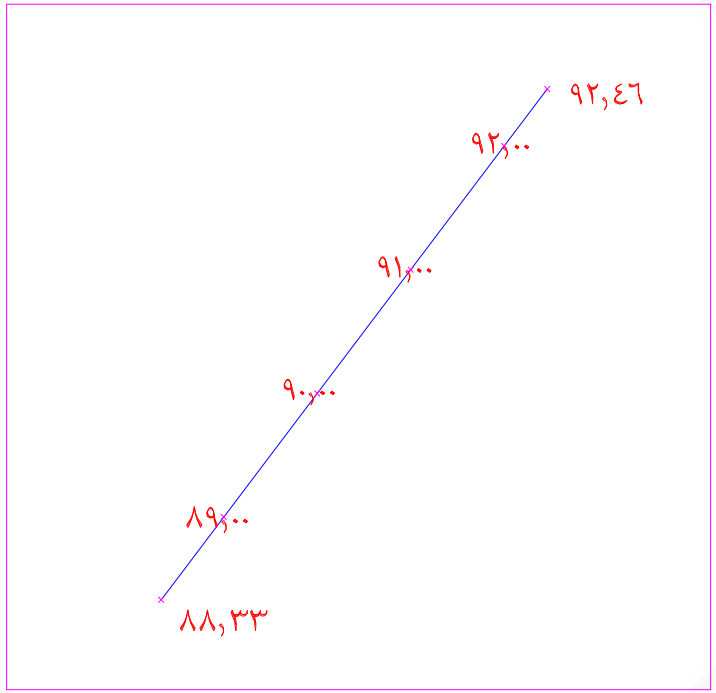
لتنفيذ هذه الطريقة هناك مرحلتان أساسيتان نقوم بهما حتى نتمكن من

تعيين أماكن خطوط الكنتور وهما:

١. التنبؤ بخطوط الكنتور المارة بين نقطتين معلومتي المنسوب.

٢. حساب بعد خط الكنتور المتوقع عن أي من النقطتين.

الطريقة الحسابية لتعيين أماكن خطوط الكنتورعلى اللوحة:



١. التنبؤ بخطوط الكنتور المارة بين نقطتين معلومتي المنسوب:

في الشكل المقابل مطلوب التنبؤ بخطوط الكنتور لفترة كنتورية ١م:

- غالبا ما نبدأ من النقطة ذات المنسوب الأقل إلى النقطة ذات المنسوب الأعلى.

بالنظر إلى المنسوب الأقل (٨٨,٣٣م) نجد أن أول خط كنتور يلي هذا المنسوب هو ٨٩,٠٠ ونزيد ١م لكل خط حتى الوصول للخط الذي يسبق النقطة المعلومة المنسوب الأخرى.

الطريقة الحسابية لتعيين أماكن خطوط الكنتورعلى اللوحة:

٢. حساب بعد خط الكنتور المتوقع عن أي من النقطتين:

يتم حساب البعد عن النقطة ذات المنسوب الأقل ويستخدم القانون التالي

فى عملية الحساب :

$$\text{المسافة الجزئية} = \frac{\text{المسافة الكلية}}{\text{الفرق الكلي}} \times \text{الفرق الجزئي}$$

- المسافة الجزئية : هي بعد خط الكنتور عن النقطة ذات المنسوب الأقل.
- المسافة الكلية : هي المسافة بين النقطتين المعلومتين.
- الفرق الكلي : هو فرق المنسوب بين النقطتين المعلومتين.

الطريقة الحسابية لتعيين أماكن خطوط الكنتورعلى اللوحة:

- الفرق الجزئي : هو فرق المنسوب بين خط الكنتور المطلوب والنقطة ذات المنسوب الأقل.

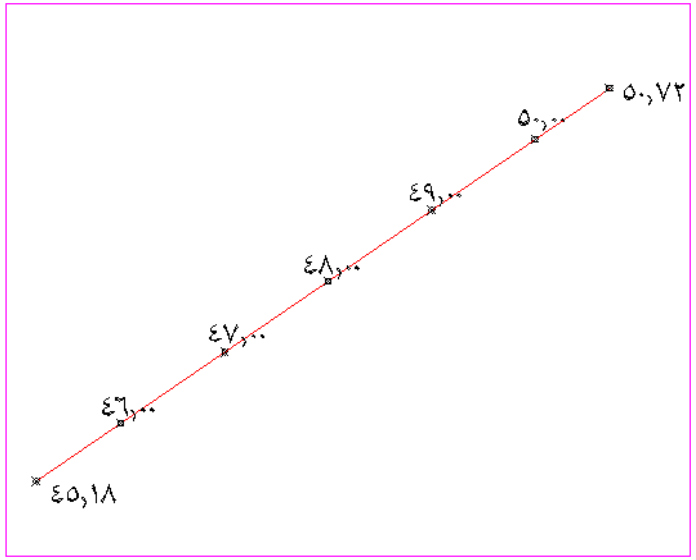
ملاحظات:

- تقاس المسافات وتوقع مباشرة بالمسطرة دون النظر إلى مقياس الرسم.
- تقرب قيمة المسافة الجزئية الناتجة إلى رقم عشري واحد لأن دقة المسطرة لاتزيد عن ١ ملم.
- المسافات الجزئية كلها تقاس من النقطة ذات المنسوب الأقل.

الطريقة الحسابية لتعيين أماكن خطوط الكنتورعلى اللوحة:

مثال:

فى الشكل التالي المطلوب توقع خطوط الكنتور المارة بين النقطتين على أساس فترة كنتورية ١ م وكذلك حساب بعد كل خط عن النقطة ذات المنسوب الأقل. علما أن طول الخط = ٨سم



الطريقة الحسابية لتعيين أماكن خطوط الكنتورعلى اللوحة:

الحل:

فرق المنسوب بين طرفي الخط (الفرق الكلي) = ٥٠,٧٢ - ٤٥,١٨ = ٥,٥٤ متر.

حساب المسافة الجزئية لخط كنتور (٤٦,٠٠م):

الفرق الجزئي = ٤٦,٠٠ - ٤٥,١٨ =٠,٨٢م.

$$\text{المسافة الجزئية لخط كنتور (٤٦)} = \frac{٨}{٤٥,٥} \times ٠,٨٢ = ١,١٨ \text{ سم}$$

نقيس من النقطة ذات المنسوب الأقل بالمسطرة مسافة = ١,٢سم فنحصل

على نقطة مرور الخط ٤٦,٠٠ (وهكذا لبقية النقاط)

الطريقة الحسابية لتعيين أماكن خطوط الكنتورعلى اللوحة:

- بعد الانتهاء من حساب جميع النقاط الكنتورية و توقيعها على اللوحة نبدأ في توصيل النقاط ذات المنسوب المتساوي فنحصل على خريطة كنتورية مع الاحتفاظ بخواص خطوط الكنتور ، مع الأخذ فى الاعتبار أن خط الكنتور لايقطع أي خط من خطوط الأشعة إلا من خلال نقطة مرور لها نفس منسوب خط الكنتور.

الطريقة الحسابية لتعيين أماكن خطوط الكنتورعلى اللوحة:

- يتم ترقيم خط الكنتور يقصد به كتابة المنسوب الذي يحمله هذا الخط على الخريطة، و ترقم خطوط الكنتور بشكل منظم وذلك إما بترك مسافة صغيرة من خط الكنتور بحجم كتابة الرقم أو كتابة الرقم فوق الخط ، و في حالة خطوط الكنتور الطويلة يكتب رقم الخط أكثر من مرة لتسهيل قراءة رقم الخط و في حالة تقارب خطوط الكنتور يمكن الكتابة على خط و ترك خط أو أكثر بدون كتابة.

الميزان الرقمي:

الميزان الرقمي عبارة عن جهاز مزود بتكنولوجيا متطورة لمعالجة صور القامات لتعيين قراءة القامة وفروق المناسيب والمسافات الأفقية وعرض المعلومات على شاشة الجهاز وتسجيل المعلومات والبيانات في وحدة تخزين البيانات، وتبلغ دقة الجهاز في تعيين المناسيب ١ مم/١كم ودقة تعيين المسافات ١-٥ سم ويستخدم الجهاز في العديد من التطبيقات مثل شبكات الميزانية الدقيقة والعادية ومراقبة تشوهات سطح الأرض والأعمال الصناعية والمساحة الطبوغرافية وغيرها من الأعمال المساحية.

مميزات الميزان الرقمي:

- قراءة الرصد بشكل آلي (الغاء الخطأ المستخدم في قراءة القامة).
- تخزين بيانات الرصد بشكل آلي في وحدة التخزين.
- مناسب للمشاريع الكبيرة.
- سهولة الاستخدام.
- اجراء العمليات الحسابية مباشرة.

مكونات الميزان الرقمي:

- منظار للتوجيه والرؤية.

- مسمار متحرك لتوضيح الرؤية.

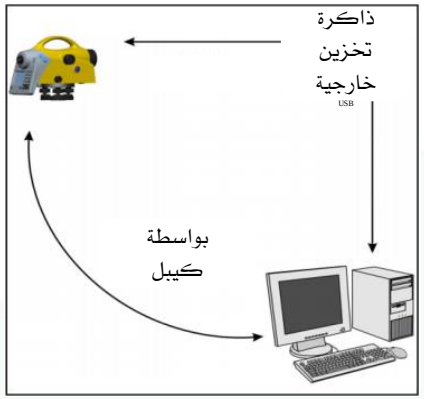
- لوحة مفاتيح للتحكم وإدخال البيانات.

مكونات الميزان الرقمي:

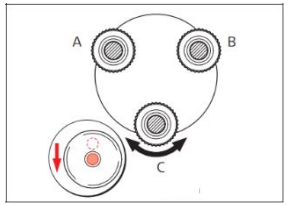
- وحدة تخزين بيانات.

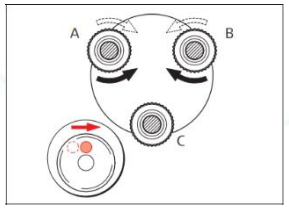
يمكن نقل البيانات بتخزينها على ذاكرة تخزين خارجية، أو بواسطة الكيبل.

(تختلف باختلاف الطراز والشركة المصنّعة)



مكونات الميزان الرقمي:



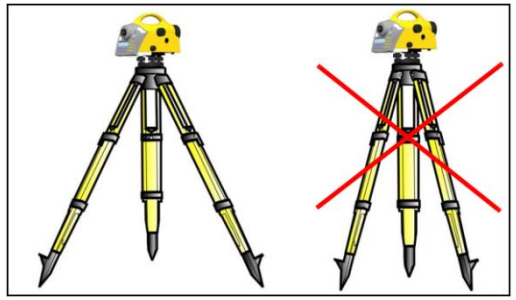


- مسامير ضبط الأفقية.

- شاشة لعرض البيانات.

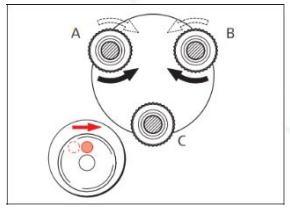
الرصد باستخدام الميزان الرقمي:

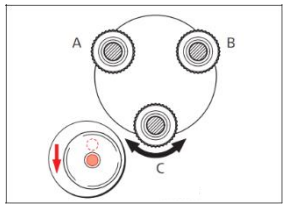
- أخذ احتياطات السلامة اللازمة والتي يتم العمل بها في أي عمل مساحي.



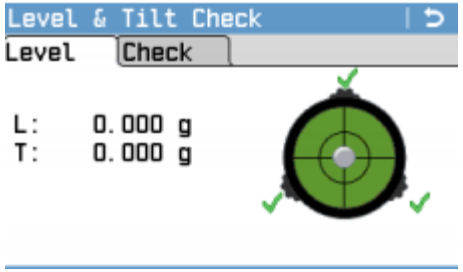
- تثبيت الجهاز على الحامل بشكل سليم، مع أهمية تبيت أرجل الحامل بالشكل الصحيح.

الرصد باستخدام الميزان الرقمي:





- ضبط الأفقية:
  - الضبط التقريبي.
  - تحريك مسامير التسوية حتى تكون الفقاعة الهوائية في وسط أنبوب التسوية.

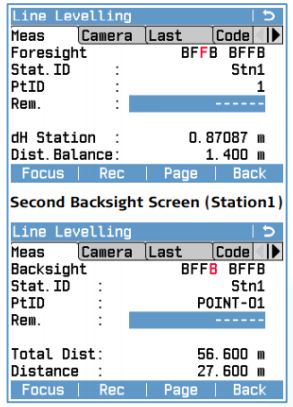


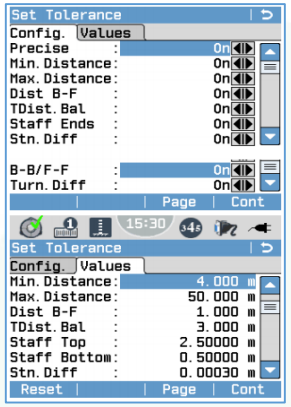
- بعد تشغيل الجهاز يمكن ومن خلال شاشة العرض ضبط الأفقية بالفقاعة الالكترونية (يعتمد على طراز الجهاز)

الرصد باستخدام الميزان الرقمي:

- التوجيه إلى النقطة المراد رصدها.

- يوفر الجهاز، وحسب الطراز، العديد من خيارات الرصد، ويمكن اختيار العمل المطلوب ونوع النقطة المرصودة وادخال المعطيات ثم الضغط على مفتاح الرصد. (القراءة وتسجيل البيانات يتم آليا)

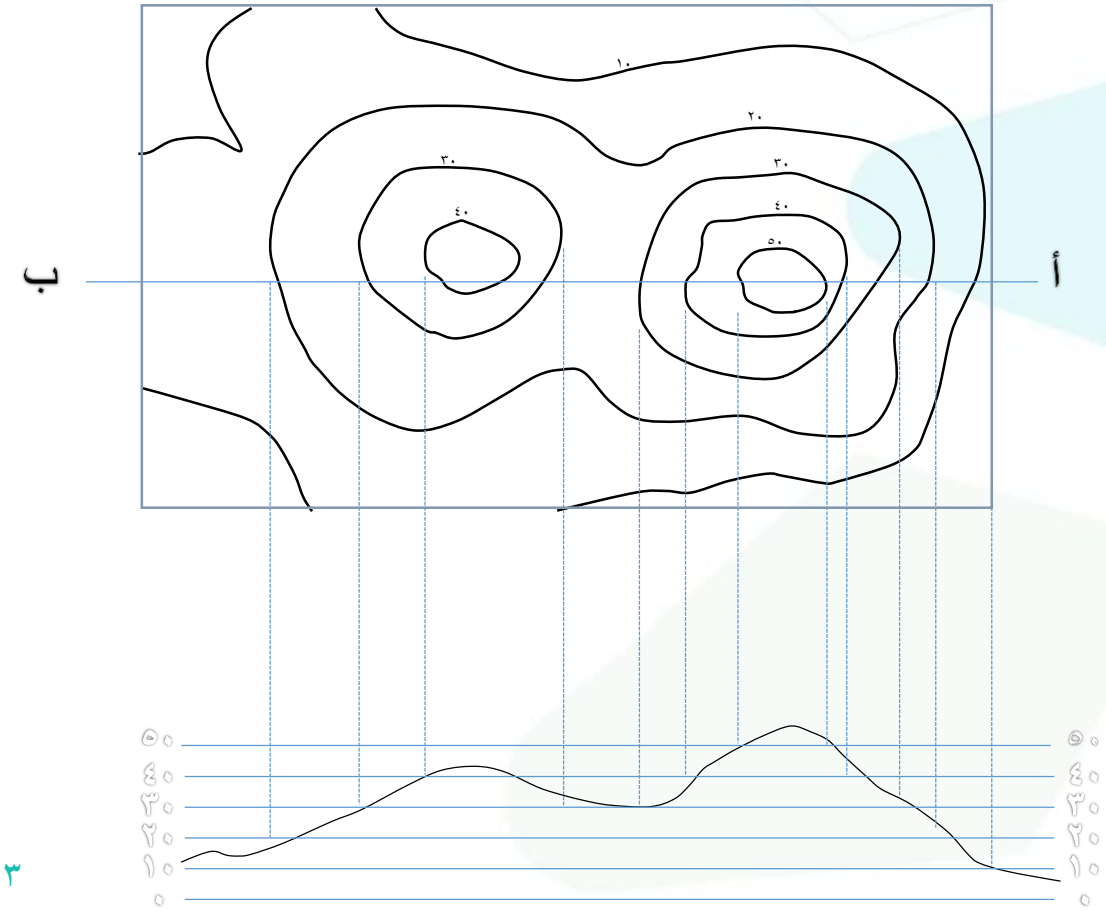




حساب حجم الحفروالردم من خطوط الكنتور:

يمكن ومن خلال خطوط الكنتورية حساب مقدار الحفر والردم، والشكل

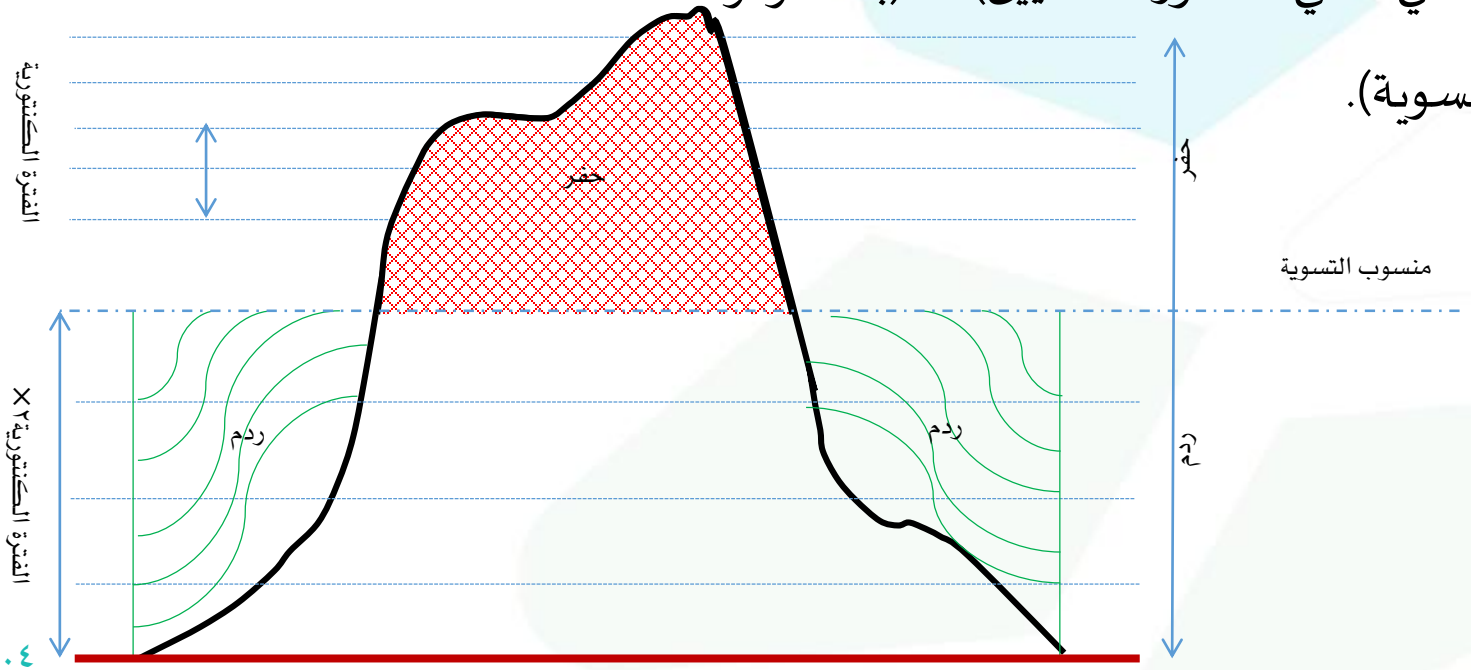
التالي يبسط هذا المفهوم:



حساب حجم الحفر والردم من خطوط الكنتور:

قانون حساب مكعبات الحفر والردم من خطوط الكنتور:

- مكعبات الحفر = ½ الفترة الكنتورية × (مجموع مساحتي خطي الكنتور المتتاليين).
- مكعبات الردم = (الفرق بين مساحتي خطي الكنتور المتتاليين) × (بعد مركز المستويين عن منسوب مستوى التسوية).



حساب حجم الحفروالردم من خطوط الكنتور:

- مثال: احسب مكعبات الحفر والردم اللازمة للتسوية على منسوب ٢٢,٠٠م، ومساحات خطوط الكنتور كما هو موضح بالجدول التالي:

رقم خط الكنتور	المساحة (م٢)
٢٥	١٤
٢٤	٤٠
٢٣	٤٨
٢٢	٥٥
٢١	٦٤
٢٠	٧١
١٩	٩٢

حساب حجم الحفروالردم من خطوط الكنتور:

- الحل:

مكعبات الحفر			
رقم خط الكنتور	المساحة (م٢)	تطبيق القانون	الكمية (م٣)
٢٥	١٤		
		١ = (١٤+٤٠) / ٢	٢٧,٠٠
٢٤	٤٠		
		١ = (٤٠+٤٨) / ٢	٤٤,٠٠
٢٣	٤٨		
		١ = (٤٨+٥٥) / ٢	٥١,٥٠
٢٢	٥٥		
اجمالي الحفر			١٢٢,٥٠

حساب حجم الحفروالردم من خطوط الكنتور:

مكعبات الردم			
رقم خط الكنتور	المساحة (م٢)	تطبيق القانون	الكمية (م٣)
٢٢	٥٥		
		٥ .٠ (٦٤-٥٥) =	٤,٥٠
٢١	٦٤		
		٥ .١ (٧١-٦٤) =	١٠,٥٠
٢٠	٧١		
		٥ .٢ (٩٢-٧١) =	٥٢,٥٠
١٩	٩٢		
اجمالي الردم			٦٧,٥٠

تسوية الأرض على المنسوب المتوسط وحساب مكعبات الحفر والردم

الأهداف التفصيلية للوحدة

من المتوقع في نهاية هذه الوحدة التدريبية أن يكون المتدرب قادراً وبكفاءة على أن:

- ينفذ الأعمال اللازمة لتسوية قطعة أرض.
- يحسب كميات الحفر والردم لتسوية قطعة الأرض.

الوقت المتوقع للتدريب

الوقت المتوقع للتدريب على هذه الوحدة: ١٥ ساعة تدريبية

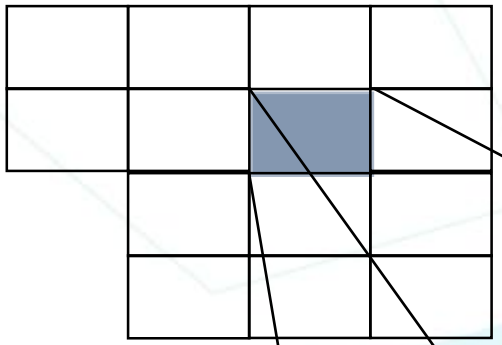
الوسائل التدريبية المساعدة:

- جهاز الميزان مع ملحقاته.
- قامة.

تسوية الأرض على منسوب معين

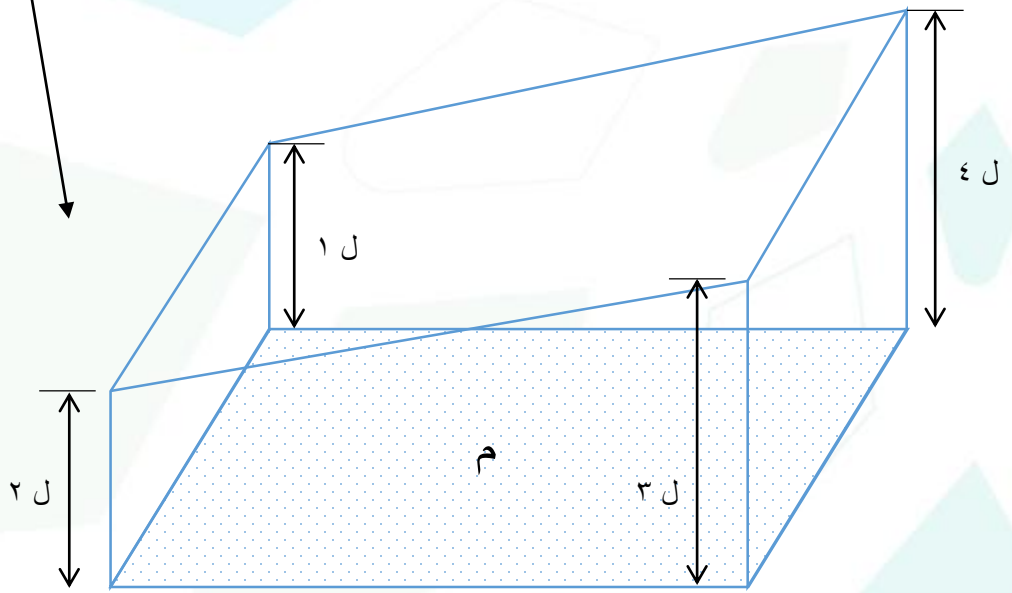
بعد تقسيم قطعة الأرض إلى شبكة من المربعات أو المستطيلات، ورصد قامة رأسية عند كل نقطة وحساب منسوبها، وبغرض تسوية قطعة الأرض على منسوب تصميمي معين، المطلوب هو إيجاد حجم الحفر أو حجم الردم كما هو موضح بالشكل التالي:

تسوية الأرض على منسوب معين



تقسيم المنطقة

توضيح الشكل



تسوية الأرض على منسوب معين

- الشكل هو تمثيل لأحد أقسام المنطقة التي تم عمل شبكية لها.
- الحجم = مساحة القاعدة × متوسط فرق الارتفاع عند الاركان.
- م: مساحة القاعدة.
- ل ١، ل ٢، ل ٣، ل ٤: فروق الارتفاعات عند الأركان الأربعة عن المنسوب التصميمي.

$$\text{الحجم} = \text{م} \times \frac{\text{ل}_1 + \text{ل}_2 + \text{ل}_3 + \text{ل}_4}{4}$$

- الحجم الكلي = مجموع الحجوم المحسوبة.

تسوية الأرض على منسوب معين

- يمكن تعميم الطريقة السابقة، حيث يتم تقسيم قطعة الأرض إلى عدد من المربعات أو المستطيلات وتكون هناك ارتفاعات مشتركة ونحسب الحجم عبر القانون التالي:

- الحجم $= \frac{م}{4}$ (١ل$_{١}$ + ٢ ل$_{٢}$ + ٣ ل$_{٣}$ + ٤ ل$_{٤}$)
- وبشكل عام يمكن كتابة القانون كالتالي:
- في حالة القاعدة الرباعية:

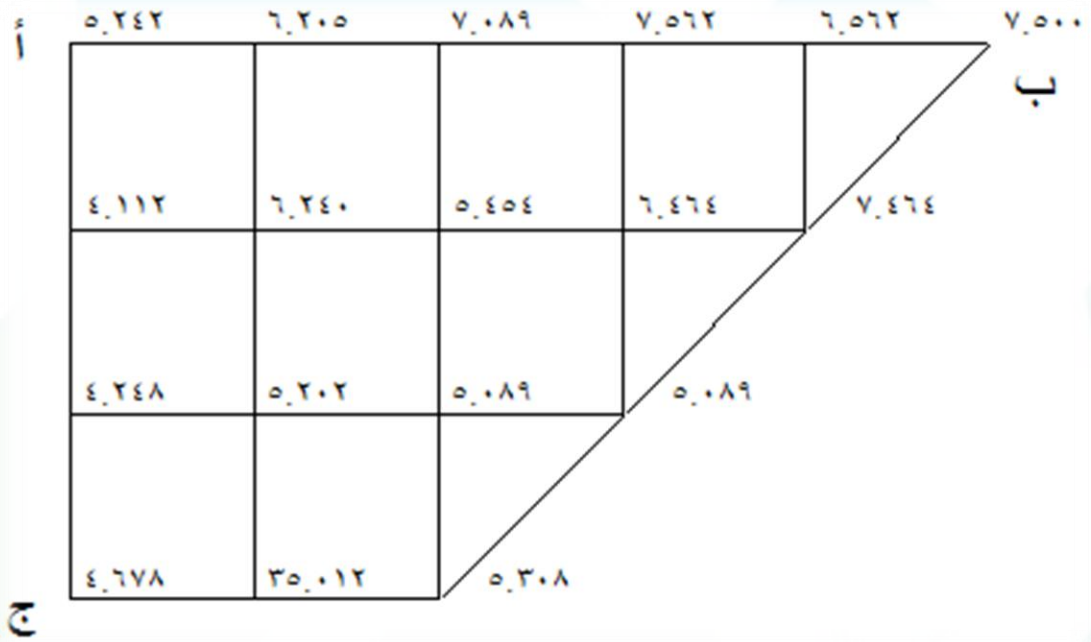
تسوية الأرض على منسوب معين

- الحجم $= \frac{م}{4} (ل_{1} + 2 ل_{2} + 3 ل_{3} + ... + ن ل_{ن})$

في حالة القاعدة المثلثية:

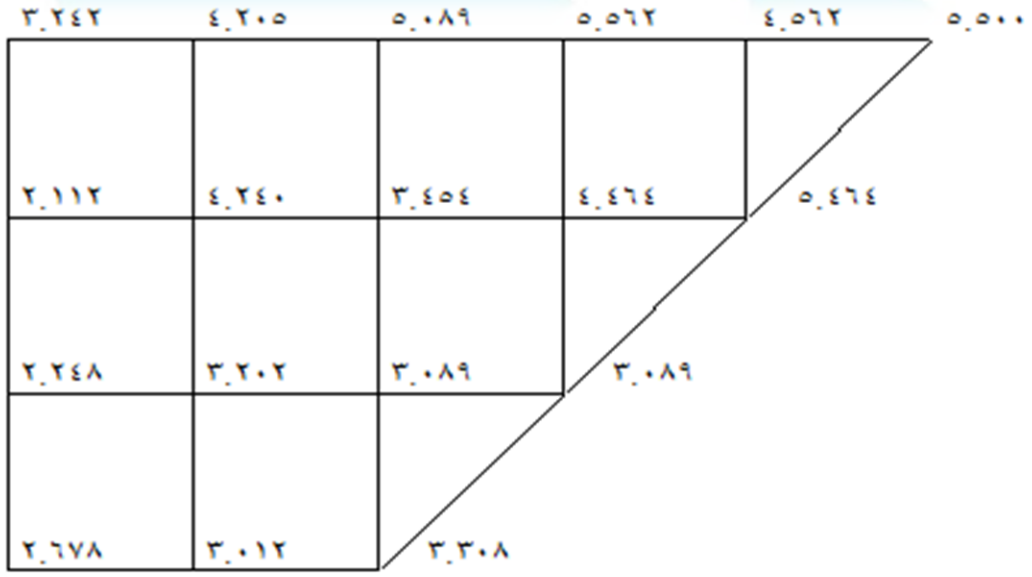
- الحجم $= \frac{م}{3} (ل_{1} + 2 ل_{2} + 3 ل_{3} + ... + ن ل_{ن})$
- $ل_{1}$: الارتفاعات المكررة مرة واحدة.
- $ل_{2}$: الارتفاعات المكررة مرتين.
- $ل_{ن}$: الارتفاعات المكررة "ن" مرة.

مثال: المخطط التالي لقطعة أرض مساحتها ١٠ × ١٠ م، والخطان: أ ب = ١٠ × ٥، أ ج = ١٠ × ٣، والمطلوب تسوية الأرض على منسوب ٢ م.



الحل:

١. رسم المخطط من جديد مع تحديد قيمة الحفر عند كل ركن.



٢. إنشاء جدول يتضمن قيم الحفر وفقاً لعدد مرات التكرار.

	ل١	ل٢	ل٣	ل٤
	٤,٥٦٢	٢,١١٢	٤,٤٦٤	٤,٢٠٤
	٥,٤٦٤	٢,٢٤٨	٣,٠٨٩	٣,٤٥٤
	٣,٠٨٩	٣,٠١٢		٣,٢٠٢
	٣,٣٠٨	٥,٥٦٢		
	٢,٦٧٨	٥,٠٨٩		
	٣,٢٤٢	٤,٢٠٥		
المجموع	٢٢,٣٤٣	٢٢,٢٢٨	٧,٥٥٣	١٠,٨٦

٣. حساب مكعبات الحفر للأشكال المربعة:

$$\text{الحجم} = \frac{١٠ \times ١٠}{٤} (٢٢,٣٤٣ + ٢ \times ٢٢,٢٢٨ + ٣ \times ٧,٥٥٣ + ٤ \times ١٠,٨٦) =$$

$$٣٣٢٢,٤٥ \text{ م}^٣$$

٤. حساب مكعبات الحفر للأشكال المثلثة:

$$\text{الحجم} = \frac{١٠ \text{ x } ١٠ \text{ x } ٥,٠}{٣} \times ((٥,٥٠٠+٤,٥٦٢+٥,٤٦٤)$$

$$+(٥,٤٦٤+٤,٤٦٤+٣,٠٨٩)+(٣,٠٨٩+٣,٠٨٩+٣,٠٨٩)) = ٦٣٠,١٦٦ \text{ م}^٣$$

$$\text{الحجم الكلي} = ٣٣٢٢,٤٥ + ٦٣٠,١٦٦ = ٣٩٥٢,٦١٧ \text{ م}^٣$$

المراجع

م	المرجع
١	حقيبة "الميزانية"، الإدارة العامة للمناهج، المؤسسة العامة للتدريب التقني والمهني ٢٠١١
٢	geo.libretexts.org, professor Deline, Harris & Tefend – 2019
٣	leica-geosystems.com - 2020
٤	Surveying with Construction Applications, Barry Kavanagh - 2015
٥	أصول في المساحة، أ.د. يوسف صيام، ٢٠٠٠

تم بحمد الله