المحتويات

الباب الأول : حساب حجم الأشكال الهندسية المنتظمة

الباب الثانى : حساب مكعبات الحفر والردم للقطاعات العرضية والطولية
الفصل الأول : حساب مكعبات القطاعات العرضية
الفصل الثانى : حساب مكعبات القطاعات الطولية

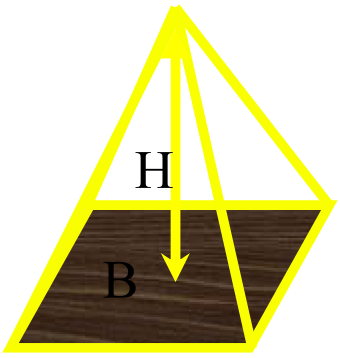
الباب الثالث : حساب مكعبات الحفر والردم من مناسيب النقط

الباب الرابع : حساب مكعبات الحفر والردم من خطوط الكنتور

الباب الأول

حساب حجم الأشكال الهندسية المنتظمة

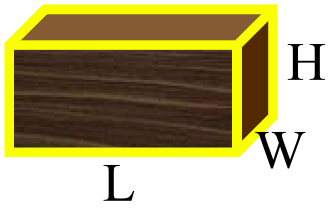
حجم الأشكال المنتظمة



حجم الهرم

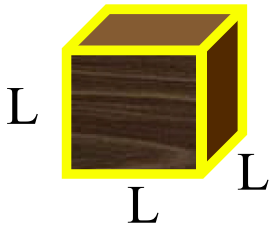
$(1/3)BH$

B= مساحة القاعدة



حجم متوازى المستطيلات

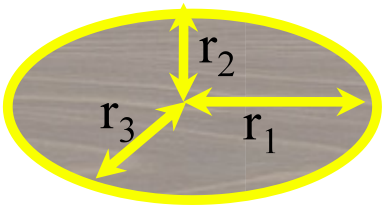
LWH



حجم المكعب

L^3

حجم الأشكال المنتظمة

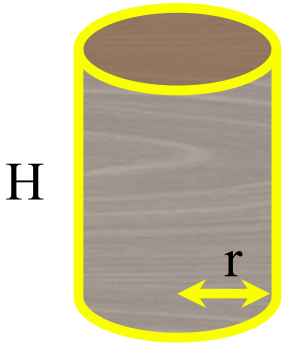


حجم القطع الناقص الدائرى

$= (4/3)\ r_1\ r_2\ r_3$

حجم الكرة

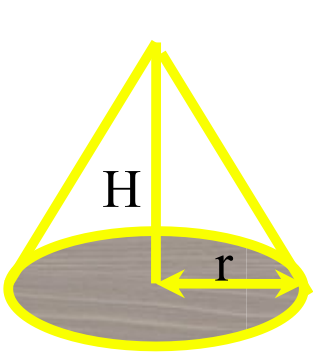
$= (4/3)\ \pi\ r^3$



حجم الاسطوانة

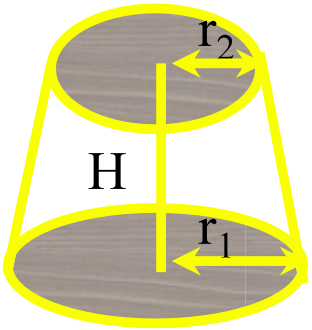
$= \pi\ r^2\ H$

حجم الأشكال المنتظمة



حجم المخروط

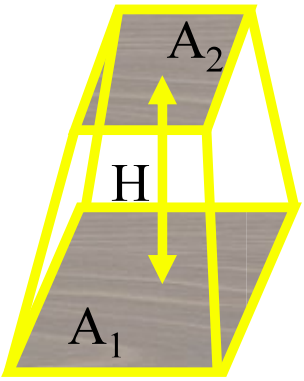
$= (1/3)\ \pi\ r^2\ H$



حجم المخروط الناقص

$= (1/3)\pi\ H$

$(r_1^2 + r_1 r_2 + r_2^2)$

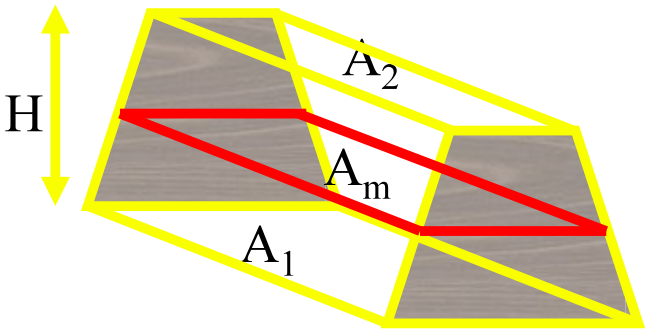


حجم الهرم الناقص

$= (H/3)(A_1 + A_2 +$

$(A_1 A_2)^{1/2})$

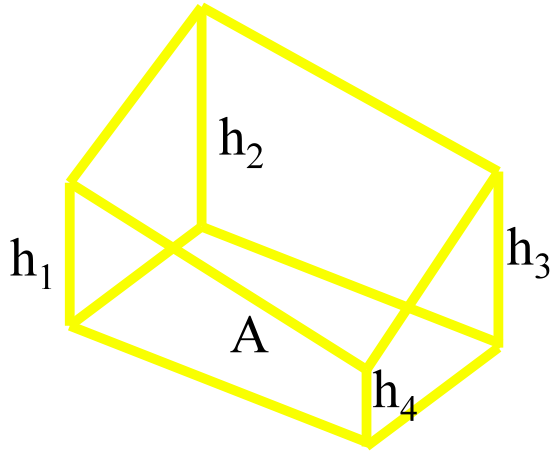
حجم الأشكال المنتظمة



حجم المنشور الناقص

$= (H/6)(A_1 + 4\ A_m + A_2)$

A_m= مساحة القاعدة المتوسطة



حجم متوازى المستطيلات الناقص

$= A\ (h_1 + h_2 + h_3 + h_4\ )/4$

A= مساحة القاعدة

الباب الثانى

حساب مكعبات الحفر والردم للقطاعات العرضية والطولية

الفكرة الأساسية لحساب مكعبات الحفر والردم باستخدام القطاعات الطولية والعرضية

يستعمل حساب مكعبات الحفر والردم للقطاعات فى المشاريع الهندسية الممتدة طوليا وعرضيا مثل مشاريع الطرق والأنفاق وحفر خطوط الأنابيب والترع والمصارف والكبارى وخلافه .

ولحساب مكعبات الحفر والردم :

١ـ تقسم المنطقة فى الاتجاه الطولى الى عدة أجزاء كل منها محصور بين قطاعين عرضيين وذلك باعتبار ان الأرض منتظمة بين هذين القطاعين.

٢ ـ يحسب مساحة كل قطاع عرضى.

٣ـ يحسب حجم كل جزء محصور بين قطاعين عرضيين على أساس أنه منشور مجسم.

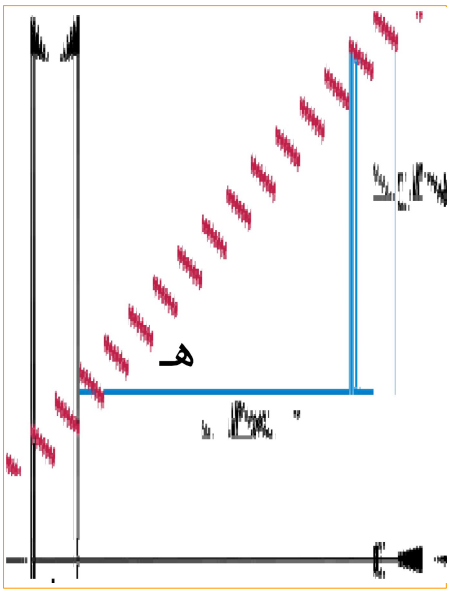
٤ ــ يتم تجميع حجم كل جزء لنحصل على الحجم الكلى لمكعبات الحفر والردم.

الباب الثانى – الفصل الأول

حساب مكعبات الحفر والردم للقطاعات العرضية

تعريف الميول الجانبية فى القطاعات العرض

الميل الجانبى : هو ظل زاوية الميل الجانبى للقطاع العر
لها بالنسبة ١ : ن (١ رأسى، ن أفقى) أى ما يذكر أو
القيمة الرأسية.



ظا هـ = Δ ص \Δس
حيث Δ ص = ١ ، Δس = ن

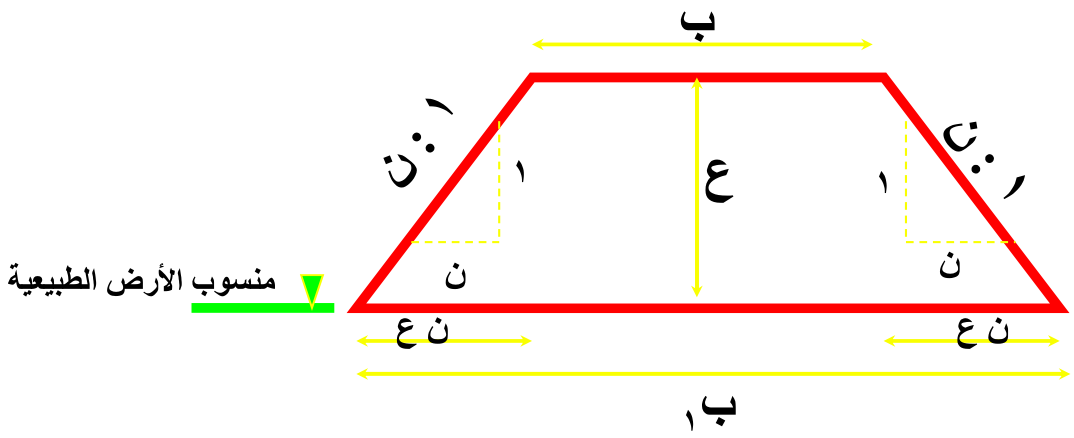
مساحة القطاعات العرضية

يتكون القطاع العرضى من:

١ - عرض ثابت ب يمثل عرض المنشأ الهندسى

٢ – ارتفاع الحفر أو الردم يرمز له بالرمز ع

٣ - وميول جانبية يرمز لها بالنسبة ١ : ن.



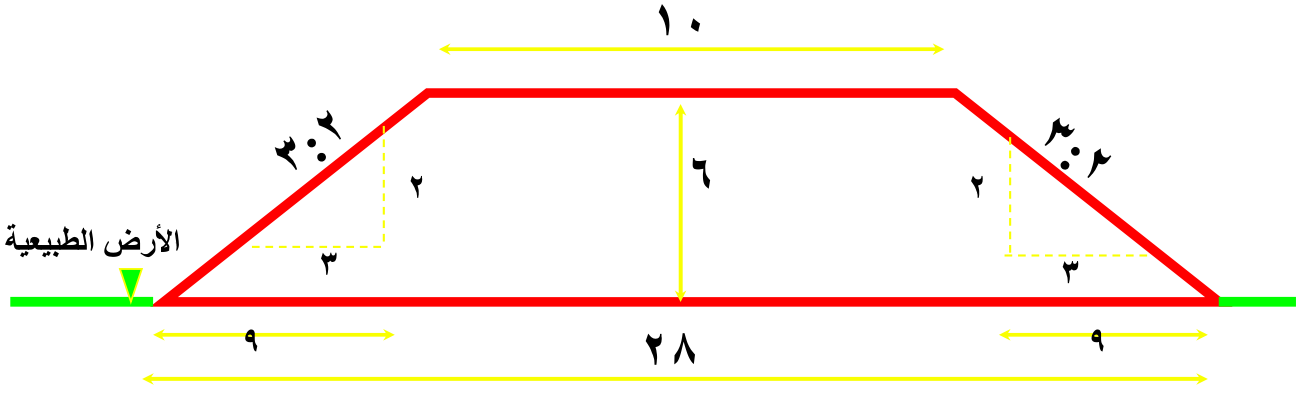
$$م = ع \cdot (ب + ب_{١}) \setminus ٢ = ع \cdot (ب + ب + ٢ ن \cdot ع) \setminus ٢ = ع \cdot (ب + ن \cdot ع)$$

أمثلة على حساب مساحة القطاعات العرضية

مثال ١ : احسب مساحة قطاع الردم لطريق عرضه ١٠ متر وارتفاع الردم ٦ متر وميوله الجانبية ٢ : ٣.

الحل : الميل ٢ : ٣ (٢ رأسى ، ٣ أفقى) أى أن ن = ٢\٣

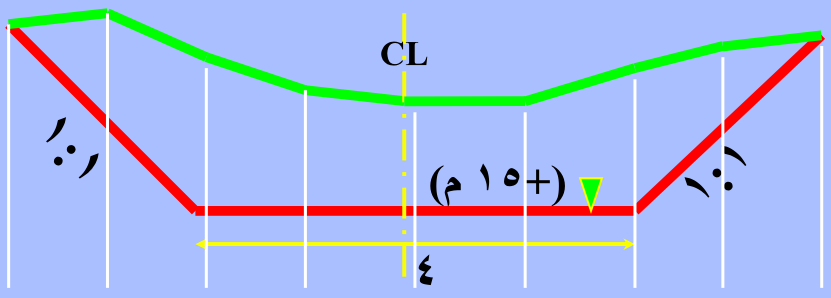
المساحة = ع . (ب + ن . ع) = ٦ (١٠ + ٦ x (٢\٣) = ١١٤ م٢



مثال لقطاع ردم

مثال على حساب حجم القطاعات العرضية

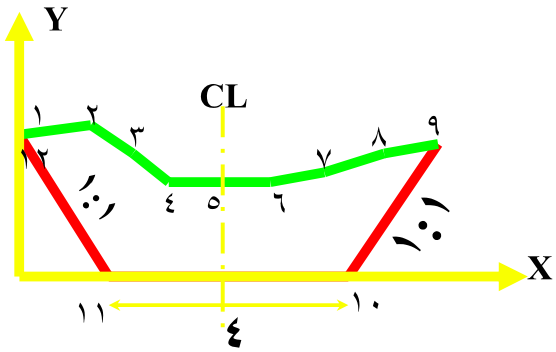
مثال ٣ : احسب الحجم اللازم للحفر بين قطاعين المسافة بينهما ٢٠٠ متر ، اذا كان عرض القطاع التصميمى = ٤ م ومنسوبه = ١٥ م والميول الجانبية ١:١ والمحور الرئيسى عند مسافة ٤ م، ومناسيب الأرض الطبيعية موضحة بالجدول.



المسافة	صفر	1	2	3	4	5	6	7	8
منسوب الأرض الطبيعية	17.0	16.8	16.5	16.0	16.0	16.2	16.5	17.2	17.0
مسوب القطاع التصميمى	17.0	16.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	16.0	17.0
ارتفاع الحفر	0.0	0.8	1.5	1.0	1.0	1.2	1.5	1.2	0.0
المساحة	= ½ ((صفر +صفر) + ٢(٠,٨ + ١,٥ + ١ + ١ + ١,٢ + ١,٥ + ١,٢)								
الحجم	الحجم = المساحة * المسافة بين القطاعين = ٨,٢ * ٢٠٠ = ١٦٤٠ م٣								

حل آخر للمثال ٣ :

يمكن حساب مساحة القطاع باستخدام الإحداثيات الأفقية أو الرأسية ومنها يمكن حساب الحجم اللازم للحفر



النقطة	X	Y	فرق ال X	حاصل الضرب
1	0.0	2.0		
2	1.0	2.2	2.0	4.4
3	2.0	1.5	2.0	3.0
4	3.0	1.2	2.0	2.4
5	4.0	1.0	2.0	2.0
6	5.0	1.0	2.0	2.0
7	6.0	1.5	2.0	3.0
8	7.0	1.8	2.0	3.6
9	8.0	2.0	-1.0	-2.0
10	6.0	0.0	-6.0	0.0
11	2.0	0.0	-6.0	0.0
12	0.0	2.0	-2.0	-4.0
1	0.0	2.0	1.0	2.0
2	1.0	2.2		0.0
ضعف المساحة				16.4
المساحة				8.2
الحجم	8.2 *200			1640

ايجاد الحجوم من مساحات القطاعات العرضية

توجد ثلاثة طرق لحساب الحجم من لقطاعات العرضية:

١ـ طريقة متوسط القطاعات

Mean Area method

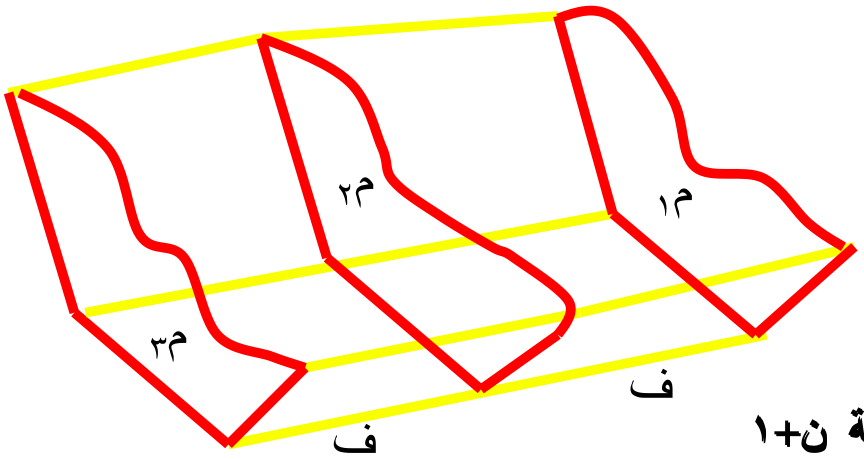
٢ـ طريقة متوسط القاعدتين

Average End Area method /Trapezoidal method

٣ـ طريقة المنشور المجسم

Prismoidal Rule

١ـ طريقة متوسط القطاعات
Mean Area method



ـ عدد الأقسام ن

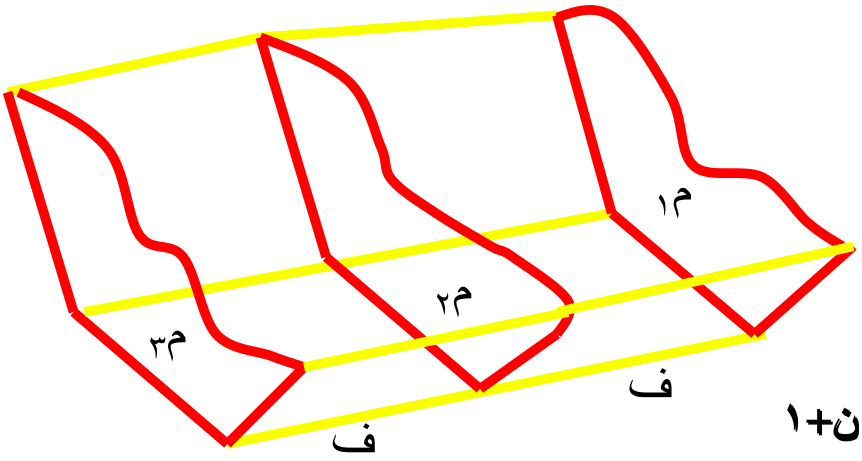
ـ عدد القطاعات العرضية ن+١

ـ المسافة بين كل قطاعين = ف

$$\text{الحجم} = (\text{ف} \times \text{ن}) \quad [(\text{م}_1 + \text{م}_2 + \text{م}_3 + \ldots\ldots + \text{م}_{\text{ن}+1}) \setminus (\text{ن} + 1)]$$

٢ـ طريقة متوسط القاعدتين (طريقة متوازى المستطيلات)

Average End Area method /Trapezoidal method



ـ عدد الأقسام ن

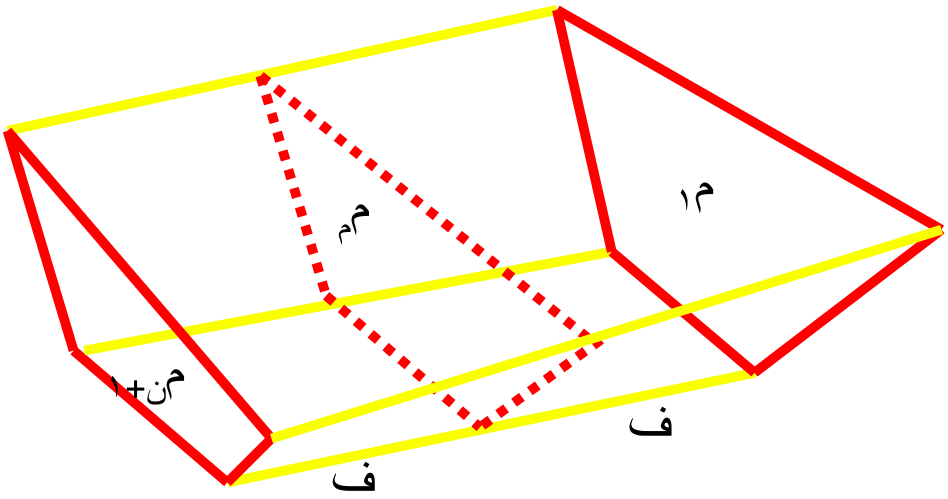
ـ عدد القطاعات العرضية ن+١

ـ المسافة بين قطاعين = ف

الحجم = (½ف)[(م١ + م ن+١) +٢مجموع (م٢ + م٣ + ...+ م ن)]

٣ـ طريقة المنشور المجسم

Prismoidal Rule

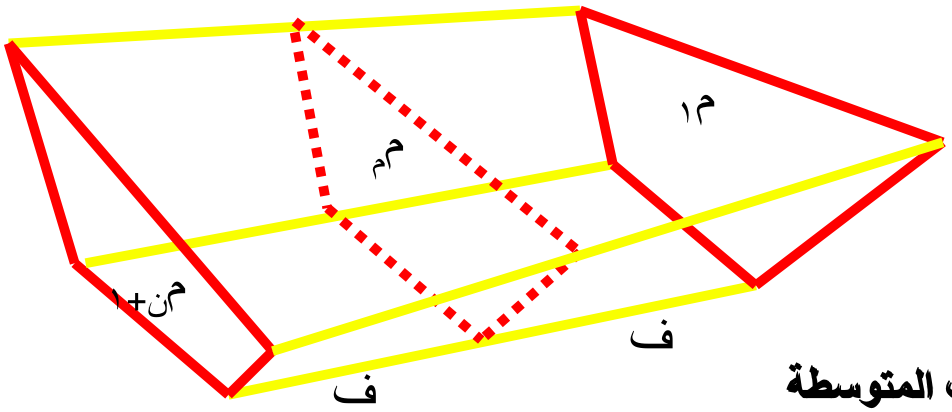


ـ م م مساحة القطاعات المتوسطة

الحجم = (ف \ ٦) [(م١ + ٤ م م + م ن+١)]

قاعدة سمبسون لحساب الحجم

هذه القاعدة مشتقة من طريقة المنشور المجسم



- م م مساحة القطاعات المتوسطة

- شرط تطبيقها عدد أقسام زوجية
(عدد القطاعات العرضية فرديا)

الحجم = (ف\٣)[(م١ + م ن+١) + ٢ م الفردية + ٤ م الزوجية]

الباب الثانى – الفصل الثانى

حساب مكعبات الحفر والردم للقطاعات الطولية

رسم القطاعات الطولية وحساب مكعبات الحفر والردم

خط منسوب الأرض الطبيعية Profile:
- **خط طولى يمثل مناسيب سطح الأرض الطبيعية**
- **يتم تحديده باستخدام الميزانية الطولية على مسافات متساوية على المحور.**

خط الإنشاء :
- **خط يمثل المحور الهندسى التصميمى ويوضح فى اللوحة باللون الأحمر**
- **ميل الخط اما ان يكون ميل منتظم أو أن يكون مقسم الى اجزاء كل منها له ميل منتظم.**
- **ميل الخط يتوقف على قواعد التصميم الهندسى (خط أنابيب – خط سكة حديد – طريق)**
- **مراعاة ان تتساوى به مكعبات الحفر مع مكعبات الردم إن أمكن.**
- **ويعبر عن الميل فى الاتجاه الطولى كنسبة مئوية س : ١٠٠ (س رأسى، ١٠٠ أفقى).**

"تايع" رسم القطاعات الطولية وحساب مكعبات الحفر والردم

مناطق الردم: هى المناطق التى يعلو فيها خط الإنشاء عن الأرض الطبيعية.

مناطق الحفر: هى المناطق التى ينخفض فيها خط الإنشاء عن الأرض الطبيعية.

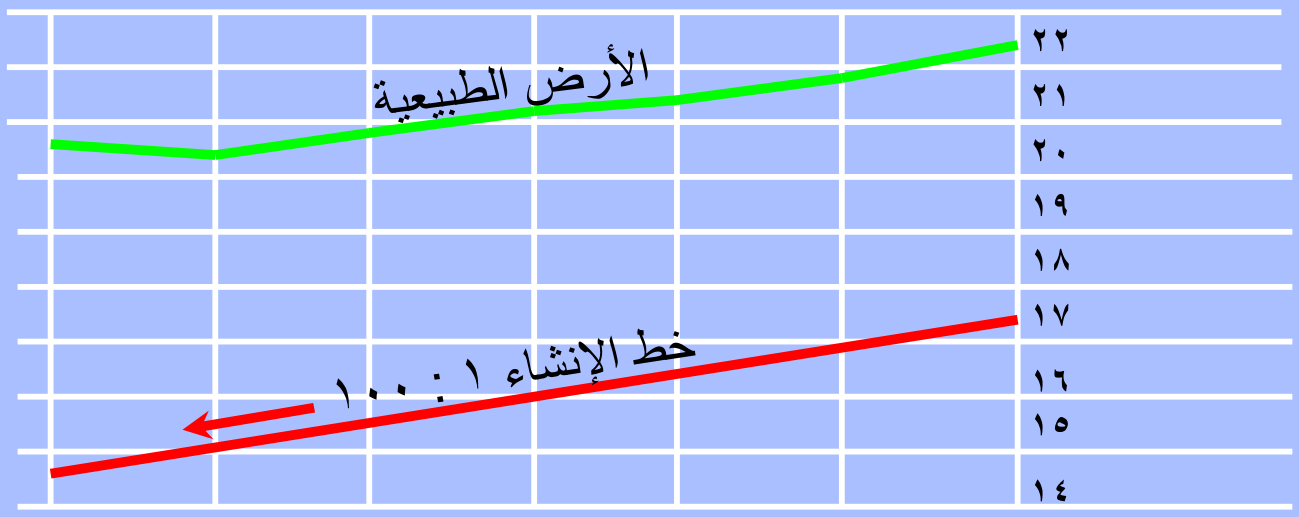
مقياس الرسم: ترسم القطاعات الطولية بمقياس رسم أفقى ورأسى يناسب كل منهما.

أمثلة على حساب مكعبات الحفر والردم من القطاعات الطولية

الحالة الأولى: القطاع بالكامل حفر او ردم

مثال ٤ : احسب مكعبات الحفر اللازمة لإنشاء نفق إذا كان عرضه = ٨,٠٠ متر وانحداره ١% لأسفل وعمق الحفر فى أول نقطة على المحور ٥,١٠ مترا وجوانب النفق رأسية.

علما بأن مناسيب الأرض الطبيعية موضحة فى الجدول التالى:



المسافة	0		40		80		120		160		200		240
منسوب الأرض الطبيعية	22.22		21.85		21.40		21.09		20.82		20.47		20.56
منسوب خط الإنشاء	17.12		16.72		16.32		15.92		15.52		15.12		14.72
ارتفاع الحفر	5.10		5.13		5.08		5.17		5.30		5.35		5.84
مساحة الحفر	40.80		41.04		40.64		41.36		42.40		42.80		46.72
حجم الحفر		1636.8		1633.6		1640		1675.2		1704		1790.4	
الحجم الكلى	10080												

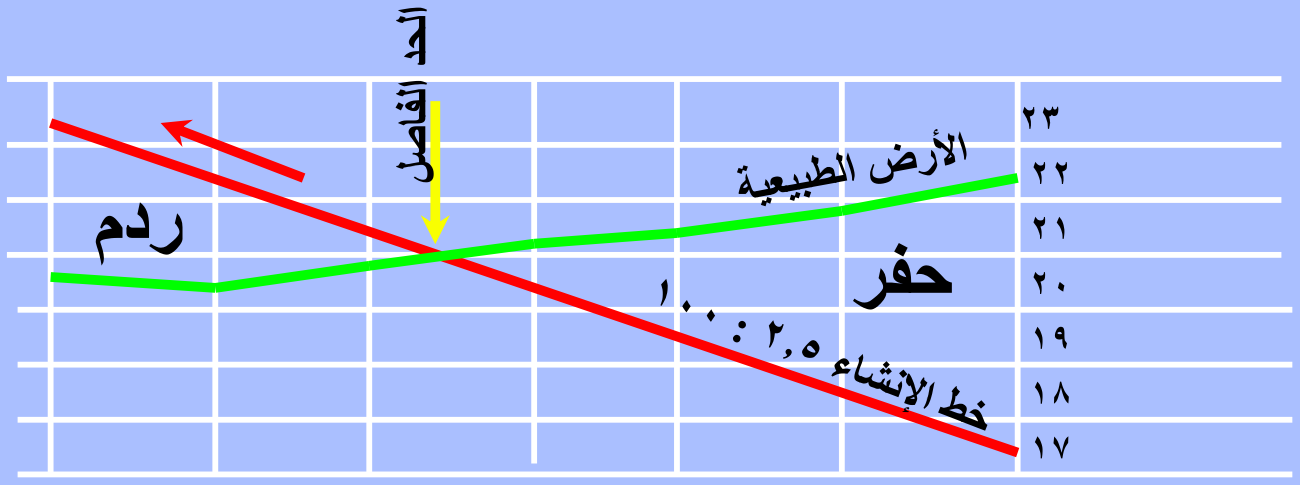
حجم الحفر الكلى = مجموع مكعبات الحفر لكل القطاعات

"تابع" أمثلة على حساب مكعبات الحفر والردم من القطاعات الطولية

الحالة الثانية: مجموعة من القطاعات حفر وأخرى ردم

مثال ٥ : احسب مكعبات الحفر اللازمة لإنشاء نفق إذا كان عرضه = ٨,٠٠ متر وانحداره ٢,٥% لأعلى وعمق الحفر فى أول نقطة على المحور ٥,١٠ مترا وجوانب النفق رأسية.

علما بأن مناسيب الأرض الطبيعية موضحة فى الجدول التالى: (انظر مثال رقم ٤)



يتم رسم خط الأرض الطبيعية وخط الإنشاء كما سبق

المسافة	0		40		80		120		160		200		240
منسوب الأرض الطبيعية	22.22		21.85		21.4		21.09		20.82		20.47		20.56
منسوب خط الإنشاء	17.12		18.12		19.12		20.12		21.12		22.12		23.12
ارتفاع الحفر	5.1		3.7		2.3		0.97	0					
ارتفاع الردم								0	0.3		1.7		2.6
مساحة الحفر	40.8		29.8		18.2		7.76	0					
مساحة الردم								0	2.4		13.2		20.5
حجم الحفر		1412.8		961.6		520		118.53					
حجم الردم										11.3		312		674
الحجم الكلى للحفر	3012.934												
الحجم الكلى للردم	996.94												

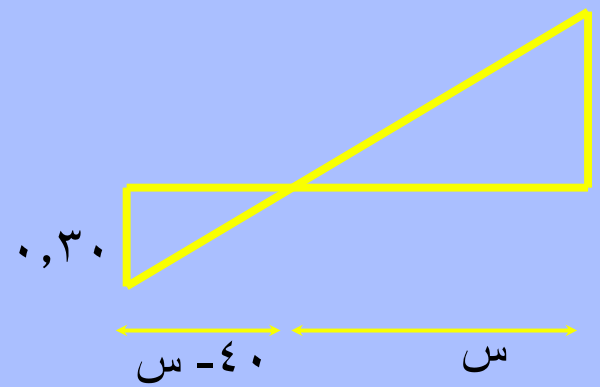
حساب مسافة الحد الفاصل بين الحفر والردم

نقطة الحد الفاصل س بين الحفر والردم تقع بين مسافة ١٢٠ ،١٦٠ م

ارتفاع الحفر عند القطاع العرضى ١٢٠ م = ٠,٩٧ م

ارتفاع الردم عند القطاع العرضى ١٦٠ م = ٠,٣٠ م

لحساب المسافة س للقطاع صفر (فيه الحفر = الردم)



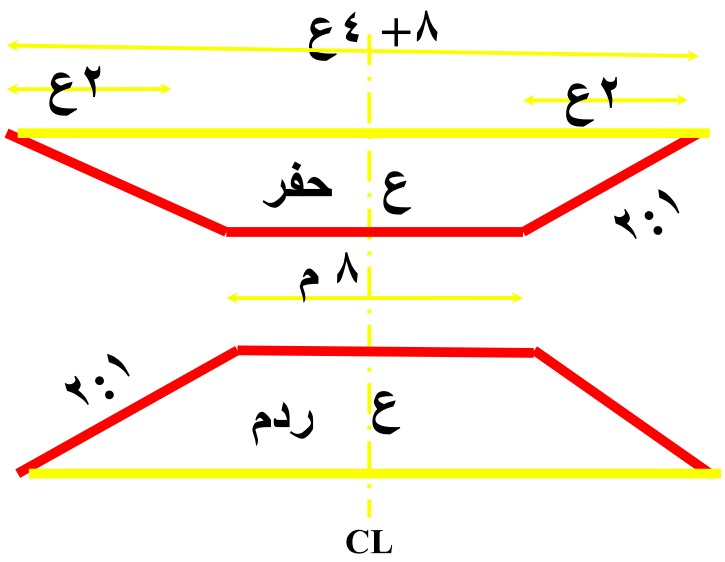
$$\frac{٠,٩٧}{٠,٣٠} = \frac{س}{٤٠ - س}$$

$$س = ٣٠,٥٥ م$$

حساب مكعبات الحفر والردم اذا كانت الجوانب غير رأسية

مثال ٦ـ ٧ : مطلوب حل المثالين أرقام ٤ ، ٥ فى حالة الميول الجانبية للنفق ١ : ٢ .

الحل: فى هذه الحالة يتم حساب ارتفاع الحفر والردم كما سبق. أما بالنسبة للمساحة فنوجد معادلة رياضية للقطاع سواء كان حفر او ردم. (١ رأسى، ٢ أفقى)



فى حالتى الحفر والردم:

مساحة القطاع

= ع ((٨ + ٨ + ٤ع) \ ٢)

= ٢ ع^{٢} + ٨ ع

ثم نعوض بقيمة ع المتغيرة عند كل قطاع عرضى

الباب الثالث

حساب مكعبات الحفر والردم من مناسيب النقط

حساب مكعبات الحفر والردم من مناسيب النقط \ المزانية الشبكية / Grid leveling / Borrow pit method Spot heights

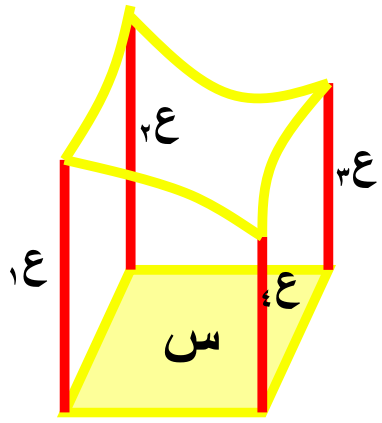
تستعمل فى حالات التسوية على منسوب معين. وتتلخص اجراءات تنفيذها فى:

- نقسم الأرض الى أشكال مربعات أو مستطيلات أو مثلثات متساوية المساحة حيث أبعادها وأشكالها يتوقف على الدقة المطلوبة وطبيعة الأرض.
- نجرى أعمال الميزانية لتحديد مناسيب أركان الأشكال
- نحدد منسوب التسوية (أفقى أو مائل)
- نحسب الفرق بين منسوب التسوية ومنسوب الأرض الطبيعية عند كل ركن ثم نضع هذه الفروق على شبكة جديدة.
- ندون فى جدول فرق المنسوب وعدد مرات وجوده فى الأشكال المجاورة (عدد مرات التداخل)
- نحسب مكعبات الأتربة داخل كل شكل ثم نوجد الحجم الكلى.

النظرية المستخدمة فى حساب مكعبات الحفر والردم من المزانية الشبكية

تعتمد على قانون حجم المنشور الناقص

س : مساحة وحدة الشكل (المربع أو المستطيل)



الحجم = (س \ ٤) (ع١ + ع٢ + ع٣ + ع٤)

وفى حالة القاعدة المثلثة

الحجم = (س \ ٣) (ع١ + ع٢ + ع٣)

القانون العام المستخدم فى هذه الطريقة

القانون العام: فى حالة القاعدة الرباعية

الحجم = (س \ ٤) (ع١ + ٢ع٢ + ٣ع٣ + ٤ع٤)

وفى حالة القاعدة المثلثة

الحجم = (س \ ٣) (ع١ + ٢ع٢ + ٣ع٣ + ... + ٨ع٨)

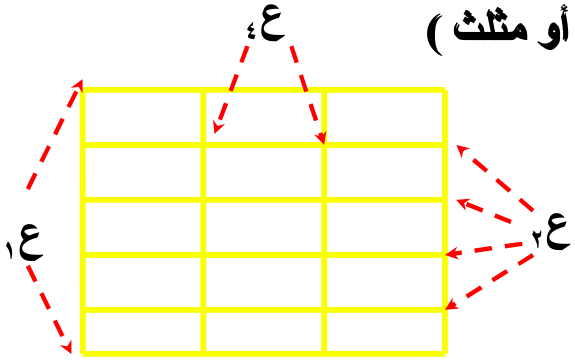
حيث

س: مساحة وحدة الشكل (مربع أو مستطيل أو مثلث)

ع١ : الارتفاعات المكررة مرة واحدة

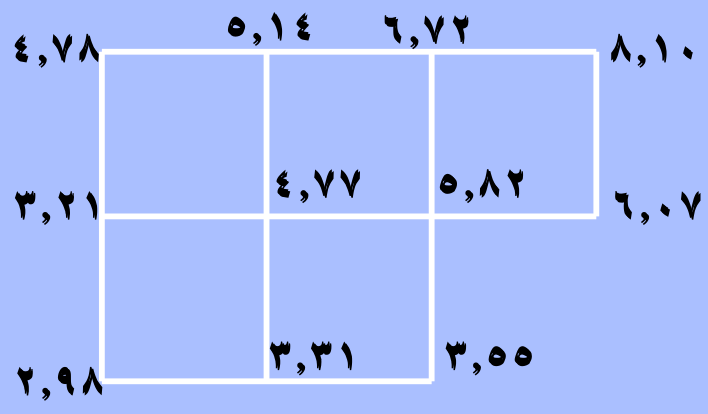
ع٢ : الارتفاعات المكررة مرتين

عن : الارتفاعات المكررة ن مرة



مثال رقم ٨على حساب مكعبات الحفر والردم من الميزانية الشبكية

مطلوب تسوية الأرض الموضحة بالشكل على منسوب + ٢,٠٠ متر علما بأن الوحدة مربعة الشكل وطولها ١٠ متر.



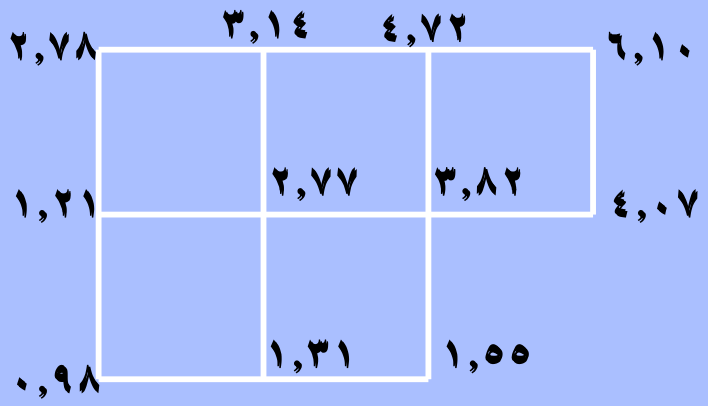
الحل :

١- نرسم شبكة جديدة ونضع عليها قيمة الحفر عند كل ركن

٢- نفرغ قيم الحفر فى جدول تبعا لعدد مرات التكرار

(التأكد من مطابقة عدد القيم الموجودة فى الجدول مع الشكل)

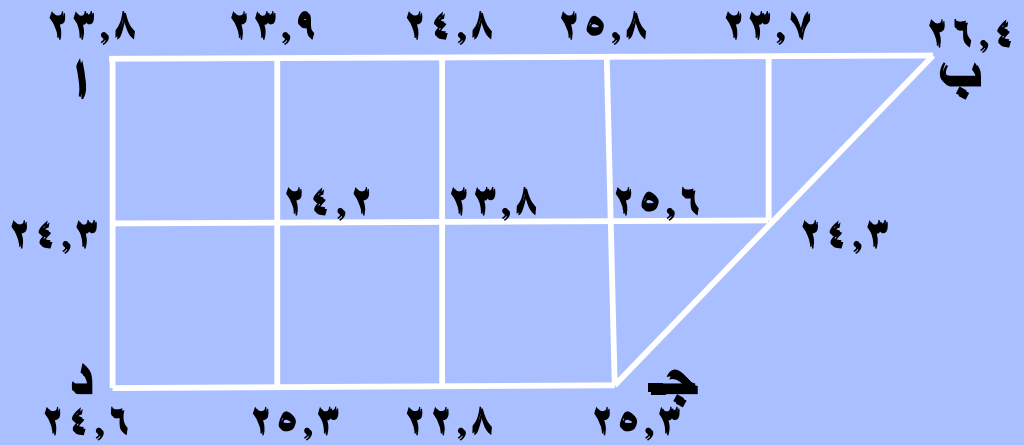
الحجم = ((١٠ x ١٠) \ ٤) x (١ x ١٥,٤٨ + ٢ x ١٠,٣٨ + ٣ x
٣,٨٢ + ٤ x ٢,٧٧) = ١٤٦٩,٥ م^{٣}



ع٤	ع٣	ع٢	ع١
2.77	3.82	3.14	6.1
		4.72	4.07
		1.31	1.55
		1.21	0.98
			2.78
2.77	3.82	10.38	15.48

مثال رقم ٩ على حساب مكعبات الحفر والردم من الميزانية الشبكية

مطلوب تسوية الأرض الموضحة بالشكل على منسوب + ٢٠,٠٠ متر علما بأن الخط ا ب = ٥ x ٢٠ م ، والخط ا د = ٢ x ٢٠ م



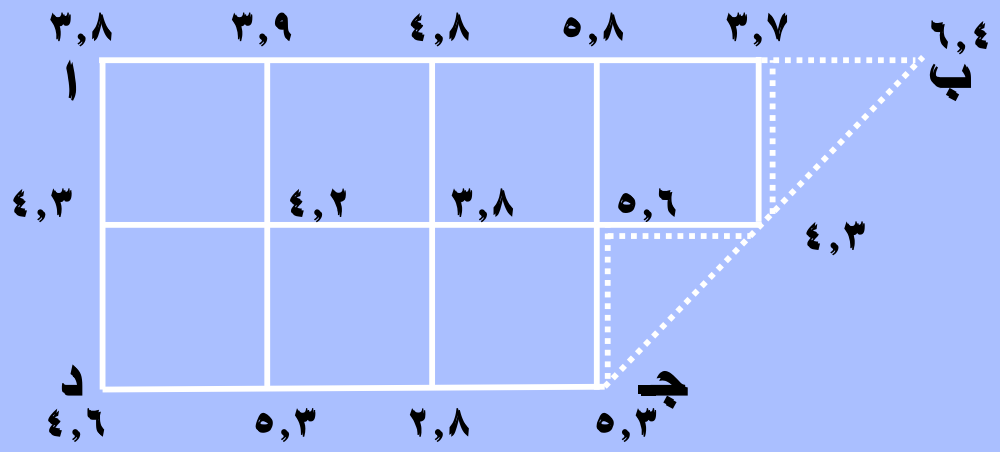
الحل :

١- نرسم شبكة جديدة ونضع عليها قيمة الحفر عند كل ركن

٢- نفرغ قيم الحفر بالمربعات الصحيحة (٧ مربعات) فى جدول تبعا لعدد مرات التكرار ، ثم نحسب مكعبات الحفر الخاصة بالمربعات.

٣- نحسب مكعبات الحفر الخاصة بالمثلثين على حده.

٤- الحجم الكلى = مكعبات الحفر من المربعات + مكعبات الحفر من المثلثين



ع٤	ع٣	ع٢	ع١
3.8	5.6	3.9	3.7
4.2		4.8	4.3
		5.8	5.3
		2.8	4.6
		5.3	3.8
		4.3	
8.0	5.6	26.9	21.7

مكعبات حفر المربعات = ((٢٠ x ٢٠) \ ٤) x (١ x ٢١,٧ + ٢ x ٢٦,٩

+ ٣ x ٥,٦ + ٤ x ٨,٠) = ١٢٤٣٠ م٣

مكعبات حفر المثلثين = ((٢٠x٢٠) \ ٢) [((٦,٤ + ٤,٣ + ٣,٧) \ ٣)

+ ((٤,٣ + ٥,٦ + ٥,٣) \ ٣)] = ١٩٧٣,٣ م٣

اجمالى مكعبات الحفر = ١٢٤٣٠ + ١٩٧٣,٣ = ١٤٤٠٣,٣ م٣

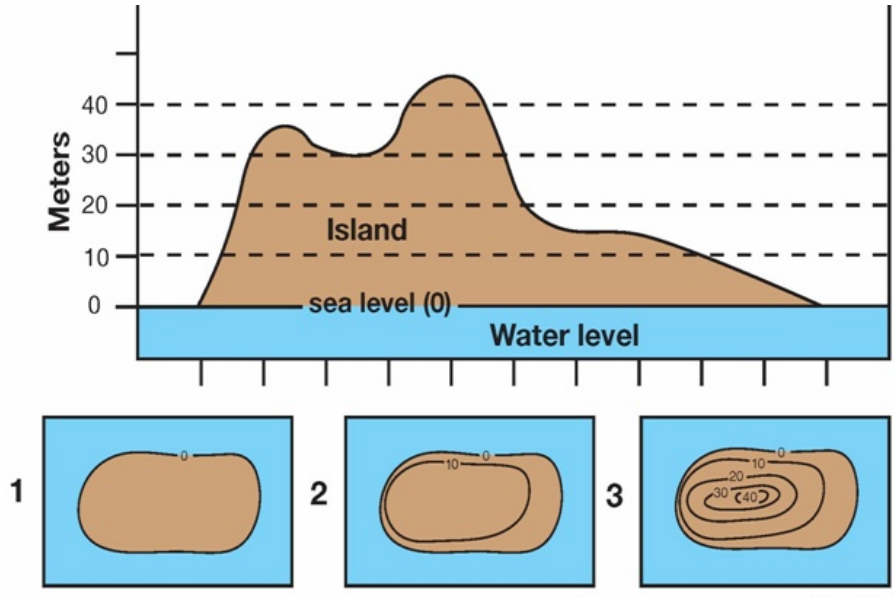
الباب الرابع

حساب مكعبات الحفر والردم من خطوط الكنتور

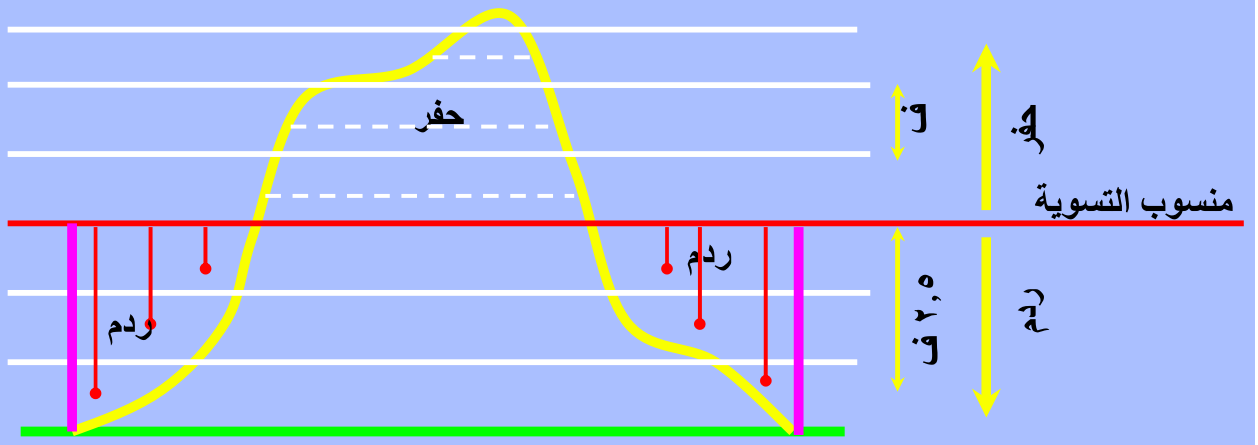
خط الكنتور

يعرف خط الكنتور بأنه الخط الوهمى الذى يمر بالنقاط ذات المنسوب الواحد.
والمسافة بين كل خطى كنتور تسمى الفترة الكنتورية.

ولمزيد من المعلومات ارجع الى محاضرة الخرائط الكنتورية.



قانون حساب مكعبات الحفر والردم من خطوط الكنتور

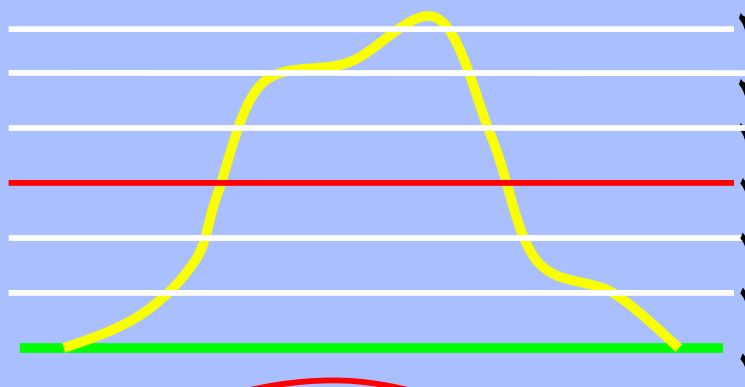


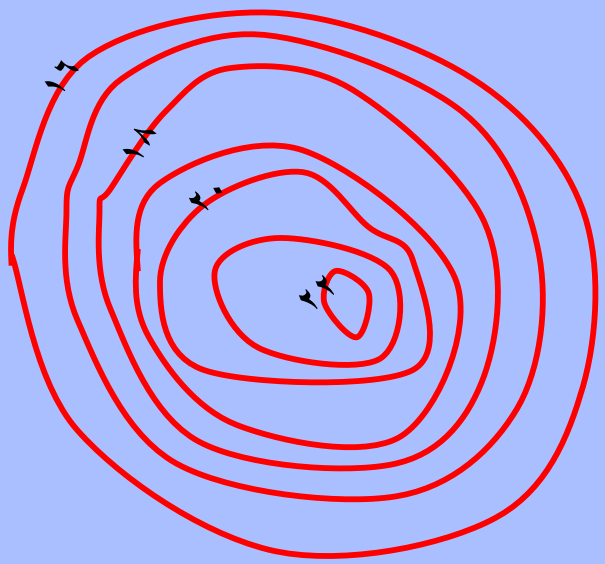
مكعبات الحفر = ½ الفترة الكنتورية x

(مجموع مساحتى خطى الكونتور المتتاليين)

مكعبات الردم = (الفرق بين مساحتى خطى الكونتور المتتاليين) x
(بعد مركز المستويين عن منسوب مستوى التسوية)

مثال : أوجد مكعبات الحفر والردم اللازمة للتسوية على منسوب + ١٩,٠٠ متر، علما بأن مساحات خطوط الكنتور موضحة فى الجدول التالى:





رقم خط الكنتور	المساحة
22	15
21	57
20	90
19	134
18	178
17	211
16	243

مكعبات الحفر			
رقم خط الكنتور	المساحة	معادلة الحجم	الكمية
22	15		
		ح =٠,٥ * ١(١٥+٥٧)	36.00
21	57		
		ح =٠,٥ * ١(٥٧+٩٠)	73.50
20	90		
		ح = ٠,٥ * ١(٩٠+١٣٤)	112.00
19	134		
اجمالى الحفر			221.50
مكعبات الردم			
19	134		
		ح = ٠,٥ (١٧٨ - ١٣٤)	22.00
18	178		
		ح = ١,٥ (٢١١ - ١٧٨)	49.50
17	211		
		ح = ٢,٥ (٢٤٣ - ٢١١)	80.00
16	243		
اجمالى الردم			151.50

طريقة أخرى لحساب مكعبات الردم

١ـ تحسب المكعبات الواقعة فى منطقة الردم تجاوزا على أساس انها مكعبات حفر من القانون

= ½ الفترة الكنتورية x (مجموع مساحتى الكونتريين المتتاليين)

٢ـ يحسب حجم اسطوانة المكعبات بمنطقة الردم

= مساحة أكبر كنتور x (المسافة الرأسية بين كنتور التسوية وكنتور الأرض الطبيعية)

٣ـ حساب مكعبات الردم

= حجم الاسطوانة ــ حجم المكعبات الواقعة فى منطقة الردم المحسوبة تجاوزا على أساس انها مكعبات حفر

مكعبات الحفر			
رقم خط الكنتور	المساحة	معادلة الحجم	الكمية
22	15		
		ح =٠,٥ * ١(١٥+٥٧)	36.00
21	57		
		ح =٠,٥ * ١(٥٧+٩٠)	73.50
20	90		
		ح = ٠,٥ * ١(٩٠+١٣٤)	112.00
19	134		
اجمالى الحفر			221.50
مكعبات الردم			
19	134		
		ح =٠,٥ * ١(١٣٤+١٧٨)	156.00
18	178		
		ح =٠,٥ * ١(١٧٨+٢١١)	194.50
17	211		
		ح =٠,٥ * ١(٢١١+٢٤٣)	227.00
16	243		
اجمالى الحفر			577.50
حجم الإسطوانة		حجم الاسطوانة= ٣*٣*٢٤	729.00
اجمالى الردم			151.50