المحاضرة السادسة

حساب الكميات الترابية

هي خلاصة العمل في الاعمال الترابية والغاية التي يسعى الي تحقيقها العاملون في هذا المجال وهي اساس التفاوض والتعاقد وفي الفترة الاخيرة تتطورت عملية حساب الكميات اصبحت تخصص قائم بذاته يمنح الطلاب من خلاله الدرجات العليا في هذا التخصص .

التطور في عمليات حساب الكميات كان نتاج طبيعي للتطور الذي حدث في المشاريع الانشائية مما ادي للاهتمام بحساب الكميات (والتي هي اساس العمل الانشائي) وصاحب هذا التطور تتطور في الادوات والبرامج التي تستخدم في عملية حساب الكميات وظهرت في الفترات الاخيرة كثير من هذا البرامج غالية الثمن .

الخلاصة:
الكميات هي الغاية التي يسعي لتحقيقها المقاول وهي اساس التفاوض والتعاقد.

العوامل الموثرة في حساب الكميات الترابية

هناك ثلاثة عوامل رئسية توثر في عملية حساب الكميات

1. المقطع العرضي
2. قراءات الارض الطبيعة
3. خط التصميم او الخط الانشائي للتصميم

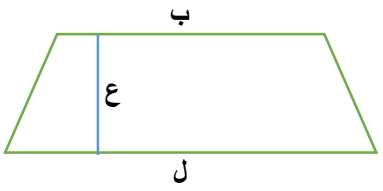
المقطع العرضي للطريق Cross-Section

هو الجزء المحصور بين الارض الطبيعية للمسار الطريق والخط التصميم للطريق وهو يتكون من الاجزاء التالية :

- خط الارض الطبيعية
- الخط التصميم الانشائي
- الميول الجانبي side slop

نفترض ان المقطع العرضي هو الشكل الاتي

حيث يوضح الشكل NGL مستوي الارض الطبيعية و DL المستوي التصميمي و side slop 1:2

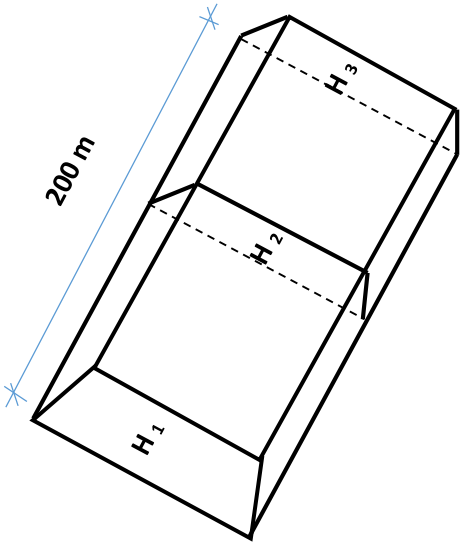


الارض مستوية والطريق مستوي بالنتيجة سيكون الميل متساوي

$= ع (ب + ن * ع)$ المساحة $= ع * (\frac{ب+ل}{2})$

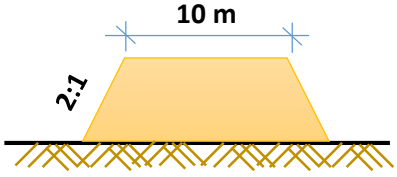
$ن = \frac{1}{الميل}$

مثال / احسب كمية الاعمال الترابية لسدة بطول ((200 م)) ارتفاع احدى جهاتها ((1 م)) والجهة الاخرى ((1.5 م)) والميلان منتظم ، عرض السدة ((10 م)) والميلان من الجانبين ((1 : 2)) وكما مبين في الشكل .



$1.5 m = H_1$

$1.0 m = H_3$



الحل

كمية الاعمال الترابية : الطول × معدل مساحة المقطع عند المسافة الوسطية

مساحة المقطع عند منتصف المسافة = معدل القاعدتين في الارتفاع

الارتفاع عند منتصف المسافة = ½ (1.5 + 1.0) = 1.25 م

عرض القاعدة العليا = 10 م

عرض القاعدة السفلى (1.0 + 2.5 + 2.5) = 15.0 م

مساحة المقطع = ½ (10.0 + 15.0) × 1.25 = 15.625 $م^2$

حجم الاعمال الترابية = 200 × 15.625 = 3125 $م^3$

طريقة ثانية

الحجم = ل/6 (($م_1$ + 4 $م_2$ + $م_3$)

$م_1$ =

القاعدة العليا = 10 م

القاعدة السفلى = (10+ 3.0 + 3.0) = 16 م

$م_1$ = ½ × (10 + 16) × 1.5 = **19.5 $م^2$**

$م_2$ = 15.625 $م^2$

$م_3$ =

القاعدة العليا = 10 م

القاعدة السفلى = (10+ 2.0 + 2.0) = 14 م

$م_3$ = ½ × (10 + 14) × 1.0 = **12.0 $م^2$**

الحجم = 6/200 (19.5 + 4× 15.625 + 12.0) = 3133 $م^3$

كما نعلم إن التكامل بين المساحات و الحجوم، لهذا فان المساحة هي المقدمة لإيجاد الحجوم وكميات الحفر والردم تبدأ بحساب المساحات.يتم قياس مساحة أي شكل هندسي ما إما من خلال رسوم بيانية (مخططات)والتي تكون بمقياس معين ومناسب أو بطريقة مباشرة من خلال القياسات التي تم أخذها من الحقل وهذه الطريقة أدق ولكنها أكثر صعوبة من البيانية وهي الطريقة التي تم استخدامها في مشروعنا.يتم في العادة قياس مناسيب نقاط مختلفة مأخوذة على خطوط متعامدة مع اتجاه محور المشروع المقترح وهي ما تعرف بالمقاطع العرضية .(Cross-Section)والمقطع العرضي عبارة عن ذلك الجزء المحصور بين سطح الطريق المخصص لسير السيارات او اي مشروع اخر كالسدود مثلاً وخطي الميلين الجانبيين وبين خط سطح الأرض الطبيعية. وتحسب مساحات هذه المقاطع بمعرفة مناسيب وعناصر التصميم المختلفة، وإذا عرفت المساحات للمقاطع العرضية بالتالي يمكن حساب كميات الحفر والردم بين كل مقطعين متتاليين وبالتالي حساب كميات الحفر والردم لكل المشروع.

والطرق المستخدمة لحساب المساحات للمقاطع العرضية كثيرة ومنها:

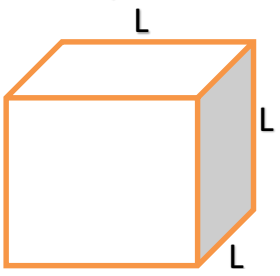
- الطريقة الميكانيكية.
- الطريقة التخطيطية.
- الطريقة الحسابية (التحليلية).

حساب الحجوم

- حساب حجم الاشكال الهندسية المنتظمة Regular objects
- حساب الحجم بطريقة القطاع العرضي Cross-section method
- حساب الحجم من مناسيب النقط Borrow- pit method
- حساب الحجم من خطوط الكنتور Contour-area method

حجم الاشكال الهندسية المنتظمة

المكعب

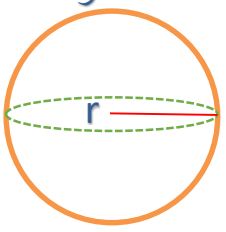


الحجم = L^3

الأسطوانة

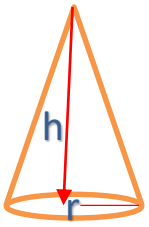
الحجم = $\pi r^2 h$

الكـرة



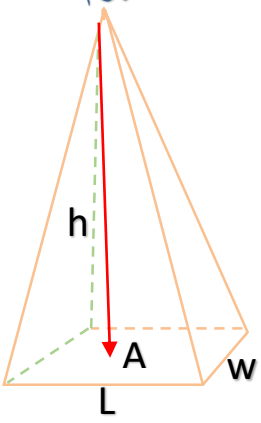
الحجم = $\frac{3}{4} \pi r^3$

المخروط



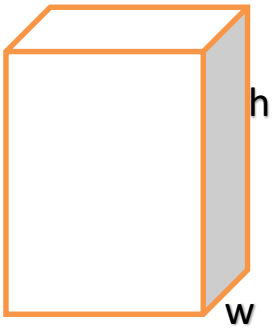
الحجم = $1/3\ \pi r^2$

الهرم



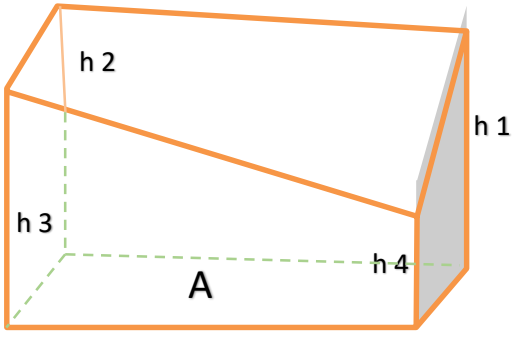
الحجم = $1/3\ Ah$

متوازي المستطيلات



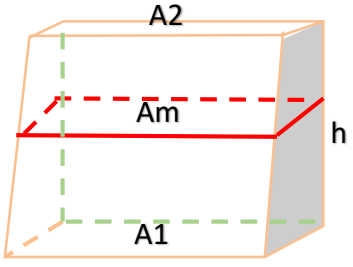
الحجم = Lwh

متوازي المستطيلات الناقص



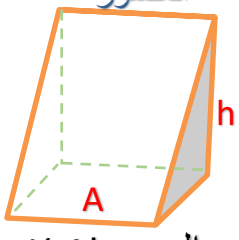
الحجم = $A(h1+h2+h3+h4)/4$

المنشور المجسم



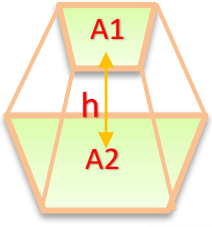
الحجم = $1/6\ h(A1+A2+4Am)$

المنشور



الحجم $\frac{1}{2}$ Ah

الهرم الناقص

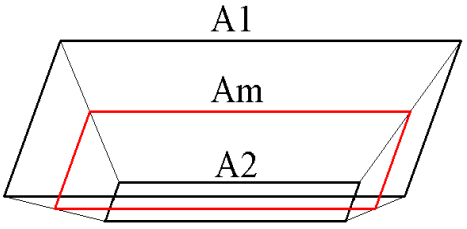


الحجم = $1/3\ h(A1+A2+\sqrt{A1A2}\ )$

مثال

احسب حجم خزان محفور في ارض مستوية منسوبها 18 م اذا كان السطح العلوي مستطيل ابعاده 20 x 50م والقاع 5 x 30 م ومنسوب القاع 10 م

- **الحل بطريقة المنشور المجسم**

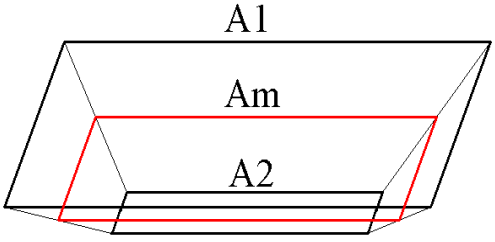


- A_1= 50x20 = 1000 m^2
- A_2= 30x5 = 150 m^2
- A_m = (50+30)/2 X (20+5)/2
- A_m = 40x12.5 = 500 m^2
- h= 18-10 = 8 m
- Volume = 8/6 x(1000+150+4x500) = 4200 m^3

مثال

احسب حجم خزان محفور في ارض مستوية منسوبها 18 م اذا كان السطح العلوي مستطيل ابعاده 20 x 50م والقاع 5 x 30 م ومنسوب القاع 10 م

- **الحل بطريقة الهرم الناقص**

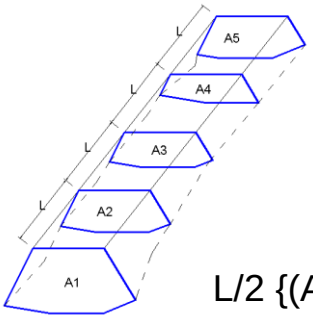


- **A1= 50x20 = 1000 m2**
- **A2= 30x5 = 150 m2**
- **h= 18-10 = 8 m**
- **Volume = 1/3 x8* (1000+150+√1000x150) = 4099.46 m3**

طريقة القطاع العرضي Cross-section method

تستعمل طريقة القطاع العرضي في الغالب في حساب مكعبات الحفر والردم للمشاريع الهندسية الممتدة طوليا مثل مشاريع الطرق والأنفاق والسكك الحديدية وحفر خطوط الأنابيب والترع وقنوات الصرف.
ولحساب مكعبات الحفر والردم يتم الآتي:
1.يحدد محور المشروع وتحدد اماكن عمل القطاعات العرضية عليه(كل 10، 20 ، 30 ، 40 م)
2.يتم عمل القطاع العرضي عند النقط المحددة وذلك بقياس مناسيب الارض في الاتجاه العمودي على محور المشروع بعرض اكبر من عرض المشروع.
3يوقع القطاع الطولي وكذلك المنسوب التصميمي للمشروع ومنه يحسب ارتفاع الحفر او الردم عند نقط القطاعات العرضية

4.تحسب مساحة كل قطاع عرضي
5.يحسب الحجم:
بطريقة متوسط القاعدتين Average end area
او بطريقة المنشور المجسم Prismoidal rule



طريقة متوسط القاعدتين Average end area

الحجم للقسم الواحد(بين كل قطاعين) = L/2 (A1+A2)
الحجم الكلي لعدد n من الاقسام = L/2 {(A1+An+1)+2(A2+A3+⋯..+An)}
وهو يشبه قانون اشباه المنحرفات
وتعطي هذه الطريقة نتيجة مقبولة اذا كانت القطاعات العرضية متقاربة في الشكل والمساحة وسطح الارض في المسافة بين القطاعات مستو تقريبا

مثال

احسب حجم الاتربة للقطاعات المبينة بالشكل اذا كان L=30 m

Cross sec.	Area (m^2)
A1	120.23
A2	98.56
A3	92.78
A4	76.46
A4	105.37

- **Volume= 30/2{(120.23+105.37) +2(98.56+92.78+76.46)}**
- **Volume= 15 x(225.6 + 535.6) = 11418 m^3**

طريقة المنشور المجسم Prismoidal rule

الحجم لكل قسمين(بين كل 3 قطاعات) = L/3 (A1+ 4A2 +A3)
الحجم الكلي لعدد n من الاقسام= L/3 {(A1+An+1)+2(Aodd) + 4(Aeven)}
وهو يشبه قانون سمبسون ويستخدم لعدد زوجي من الاقسام

مثال

احسب حجم الاتربة للقطاعات المبينة بالشكل اذا كان L=30 m

Cross sec.	Area (m^2)
A1	120.23
A2	98.56
A3	92.78
A4	76.46
A5	105.37

- **Volume= 30/3{(120.23+105.37) +2(92.78) +4(98.56+76.46)}**
- **Volume= 10 x(225.6 + 185.56 + 700.08) = 11112.4 m^3**

حساب الحجم من مناسيب النقط Borrow- pit method

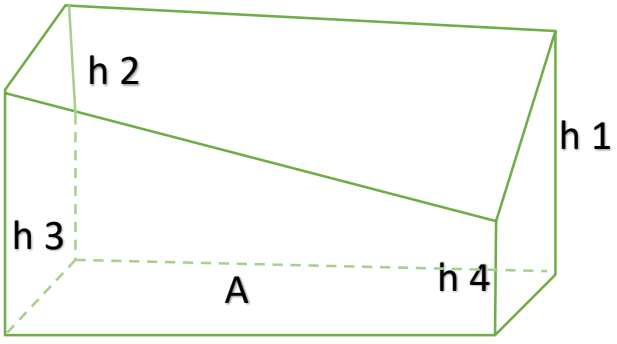
تستعمل فى حالات تسوية الاراضي على منسوب معين.

- نقسم الأرض الى أشكال مربعات أو مستطيلات متساوية المساحة
- أبعاد المستطيلات وأشكالها يتوقف على الدقة المطلوبة وطبيعة الأرض.
- نجرى أعمال الميزانية لتحديد مناسيب أركان الأشكال.
- نحدد منسوب التسوية (أفقى او مائل)
- نحسب الفرق بين منسوب التسوية ومنسوب الأرض الطبيعية عند الاركان ثم نضع هذه الفروق على شبكة جديدة.
- في هذه الحالة يمثل كل مستطيل مع فروق المناسيب عند اركانه متوازي مستطيلات ناقص.
- نحسب مكعبات الأتربة داخل كل شكل ثم نوجد الحجم الكلى.

الحجم = A (h1+h2+h3+h4)/4
A= مساحة القاعدة

متوازى المستطيلات

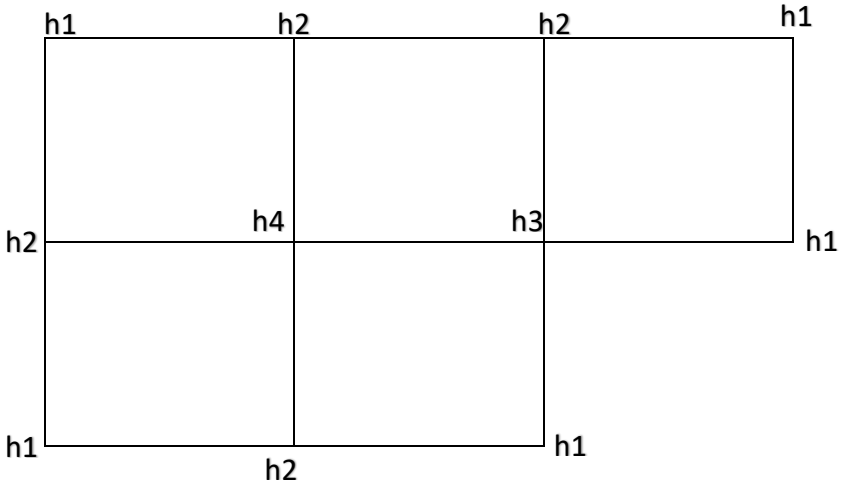
- في حالة ان كل المنطقة حفر او كلها ردم ندون فى جدول فرق المنسوب وعدد مرات وجوده فى الأشكال المجاورة(عدد مرات التداخل)



- يستخدم القانون التالي

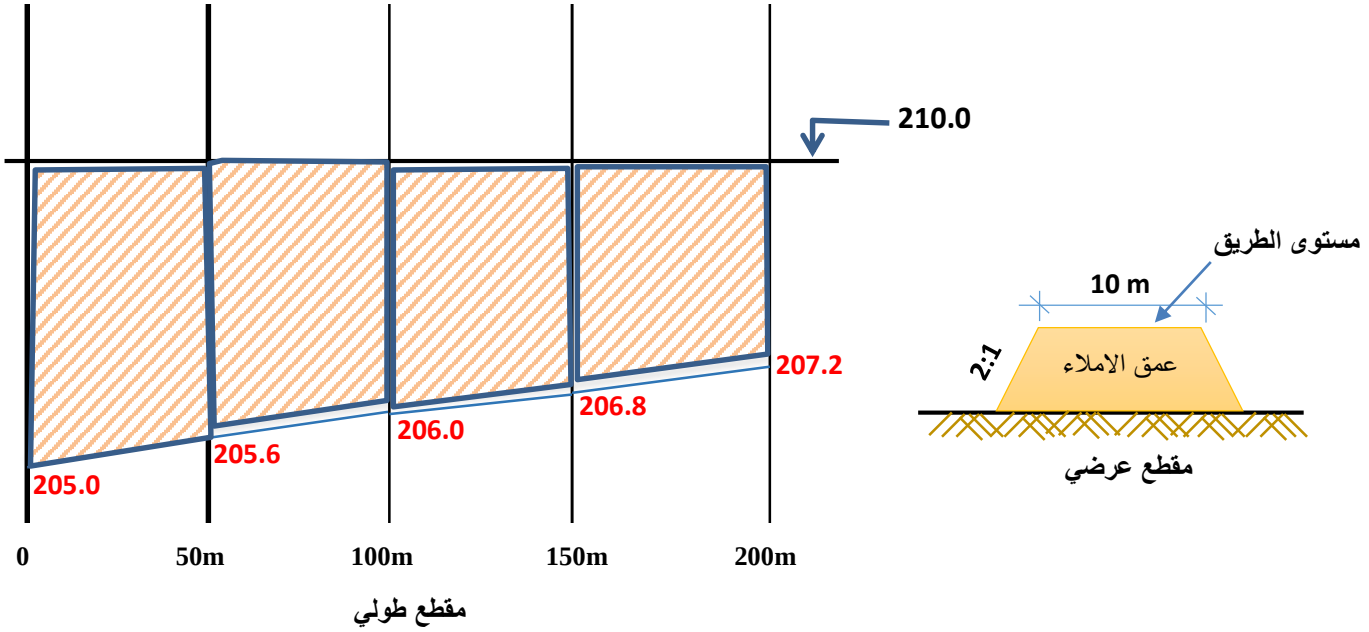
Volume = $A/4(h_1+2h_2+3h_3+4h_4)$

- h1 : واحدة مرة المكررة الارتفاعات
- h2 : مرتين المكررة الارتفاعات
- h3 : مرات 3 المكررة الارتفاعات
- h4 : مرات 4 المكررة الارتفاعات



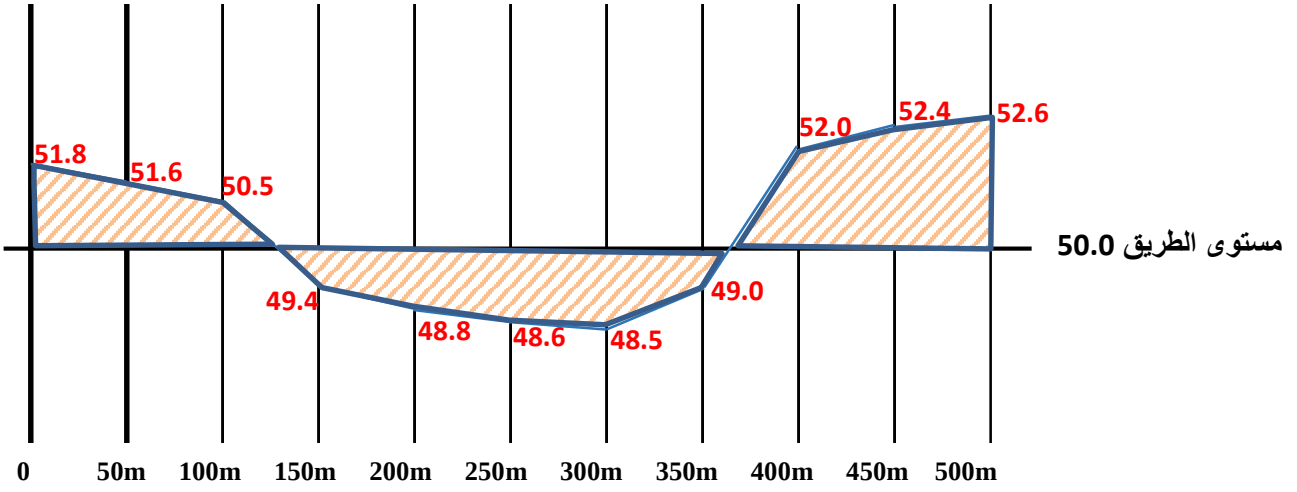
أمثله عامة

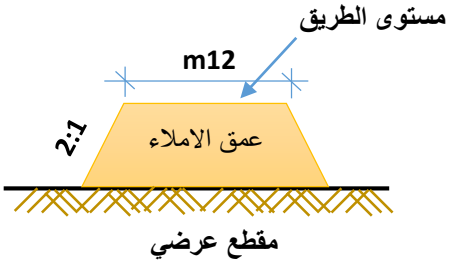
مثال : احسب كمية الاعمال الترابية لجزء من طريق بعرض (10.0 م) والمبين تفاصيله في الشكل . علما ان المسافة 200 م



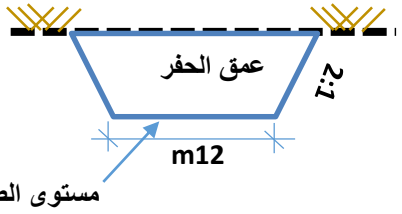
المسافة	عمق الاملاء (م)	معدل عمق الاملاء (م)	المساحة في منتصف المسافة ($م^2$)	الكمية $م^3$	
				الحفر	الاملاء
0	5.0				
		4.7	91.18		4559
50	4.4				
		4.2	77.28		3864
100	4.0				
		3.6	61.92		3096
150	3.2				
		3.0	48.00		2400
200	2.8				
المجموع الكلي					13919

مثال : احسب كمية الاعمال الترابية لجزء من طريق بعرض (12.0 م) والمبين تفاصيله في الشكل . علما ان المسافة (500) م



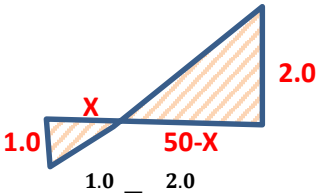


مقطع عرضي



مقطع عرضي

لايجاد المسافة عند نقطة التقاء الصفر



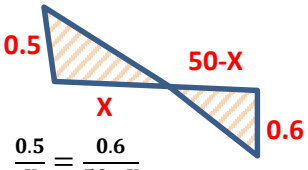
$$\frac{1.0}{X} = \frac{2.0}{50-X}$$

50 - X= 2X

50 = 2X + X

50 = 3X

X = 50/3 =16.66



$$\frac{0.5}{X} = \frac{0.6}{50-X}$$

25 - 0.5X = 0.6X

25 = 0.6X + 0.5X

25 = 1.1X

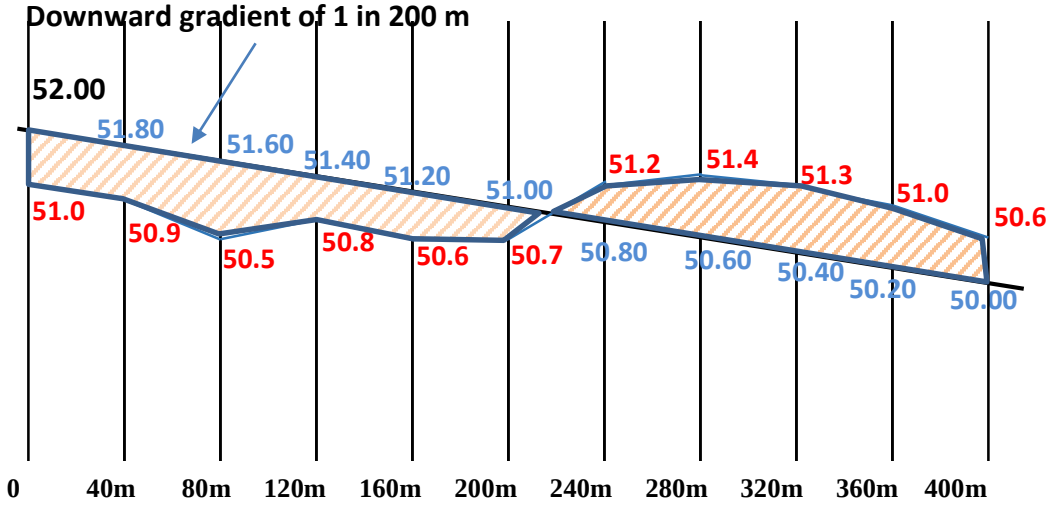
X = 25/1.1 = 22.73

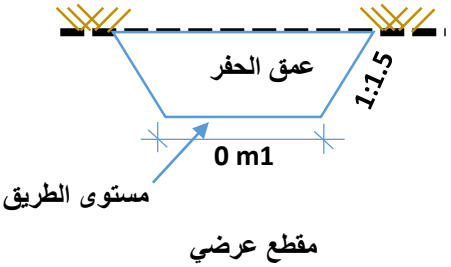
المسافة	عمق الاملاء او الحفر (م)	معدل عمق الاملاء او الحفر (م)	عرض القاعدة السفلى للاملائيات	عرض القاعدة العليا للحفريات	المساحة في منتصف المسافة ($م^2$)	الكمية $م^3$	
						الحفر	الاملاء
0	1.8						
		1.7		18.8	26.18	1309	
50	1.6						
		1.05		16.2	14.805	740	
100	0.5						
		0.25		13.0	3.125	71	
122.73	0						
		0.3	13.2		3.78		103
150	0.6						
		0.9	15.6		12.42		621
200	1.2						
		1.3	17.2		18.98		949
250	1.4						
		1.45	17.8		21.605		1080
300	1.5						
		1.25	17.0		18.125		906
350	1.0						
		0.5	14.0		6.5		108
366.66	0						
		1.0		16.0	14.0	466	
400	2.0						
		2.2		20.8	36.08	1804	
450	2.4						
		2.5		22.0	42.5	2125	
500	2.6						
المجموع الكلي						6515	3767

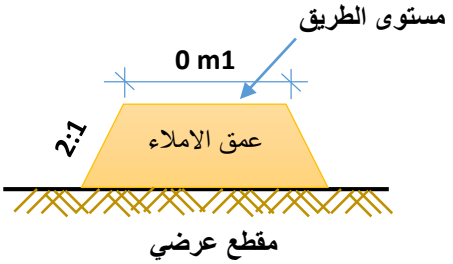
مثال : اوجد كمية الاعمال الترابية لطريق بطول (400 م) وعرض (10 م) والمبينة تفاصيله في ادناه .

طريق بطول 600 م و **Downward gradient of 1 in 200 m**

في النقطة صفر المنسوب 63.60 في المسافة 360 يكون المنسوب = 61.80







نجد منسوب الطريق عند كل محطة

$$\frac{1}{200} = \frac{X}{40} \rightarrow 200x = 40 \rightarrow X = \frac{40}{200} = 0.20\ m$$

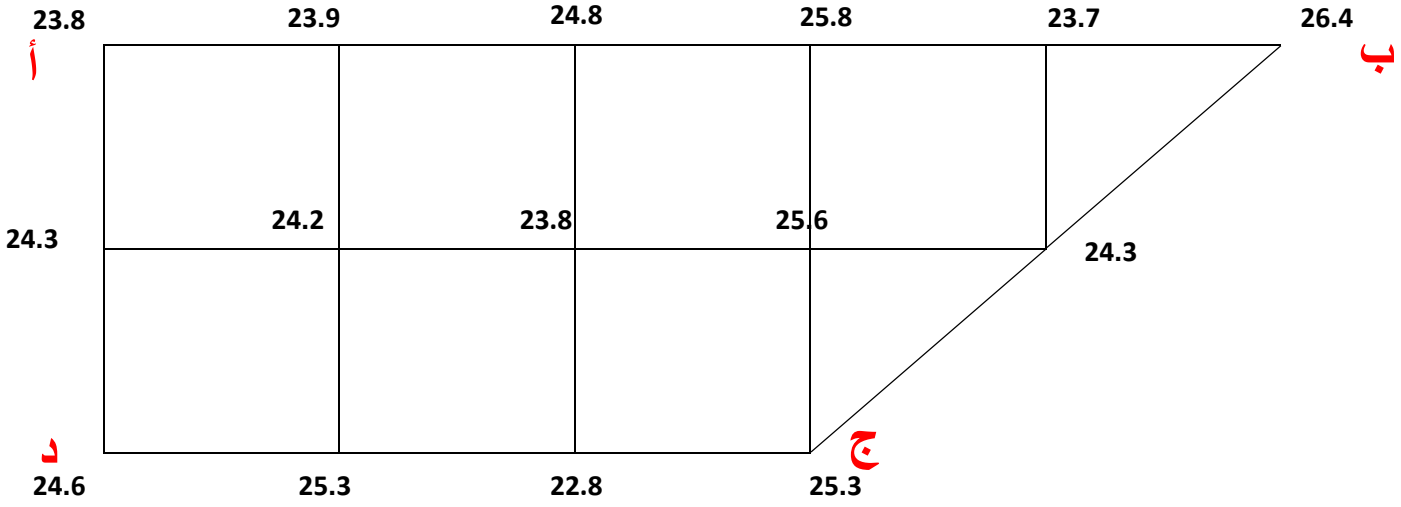
المسافة	عمق الاملاء او الحفر (م)	معدل عمق الاملاء او الحفر (م)	عرض القاعدة السفلى للاملائيات	عرض القاعدة العليا للحفريات	المساحة في منتصف المسافة ($م^2$)	الكمية $م^3$	
						الحفر	الاملاء
0	1.0						
		0.95	13.8		11.31		452.4
04	0.9						
		1.0	14.0		12.0		480.0
80	1.1						
		0.85	13.4		9.95		398.0
120	0.6						
		0.6	12.4		6.72		286.8
061	0.6						
		0.45	11.8		4.91		197.4
200	0.3						
		0.15	10.6		1.55		26.35
172	0.0						
	- 0.2			10.5	2.06	47.38	
240	- 0.4						
	- 0.6			11.8	6.54	261.6	
280	- 0.8						
	- 0.85			12.55	9.58	383.2	
320	- 0.9						
	- 0.85			12.55	9.58	383.2	
360	- 0.8						
	- 0.7			12.1	7.74	309.6	
400	- 0.6						
المجموع الكلي						1384.98	1821.95

أمثلة على مكعبات الحفر والردم

(مثال):

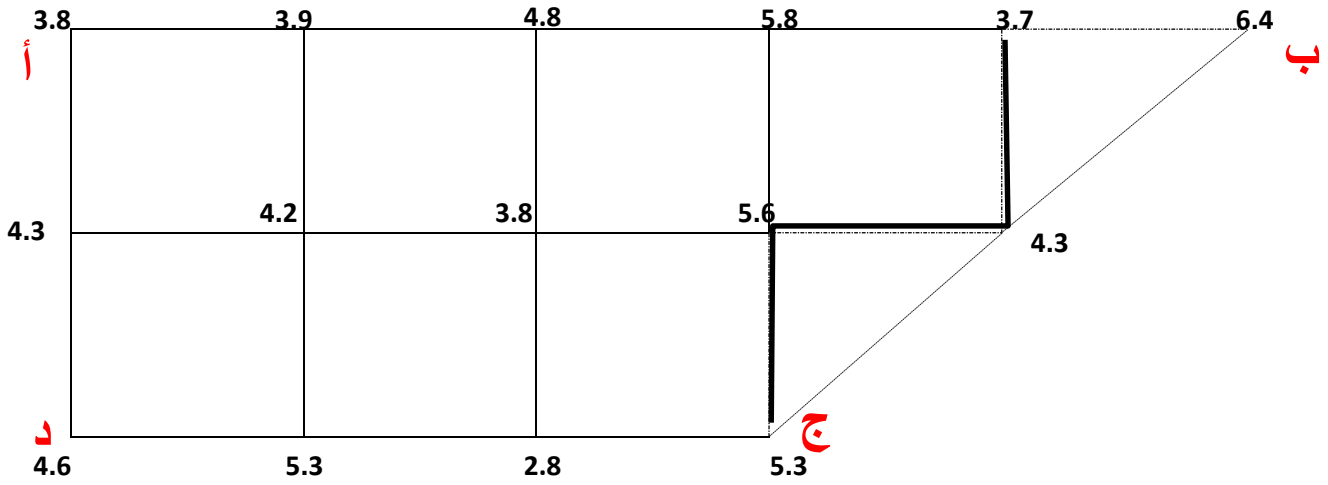
مطلوب تسوية الارض الموضحة على منسوب + 20.00 متر علما بان

الخط أب = 5*20م والخط أد = 2*20م



الحل:

- نرسم شبكة جديده ونضع عليها قيمة الحفر عند كل ركن
- نفرغ قيمة الحفر بالمربعات الصحيحة (7) مربعات في جدول تبعا لعدد مرات التكرار ، ثم نحسب مكعبات الحفر الخاصة بالمربعات.
- نحسب مكعبات الحفر الخاصة بالمثلثين على حده
- الحجم الكلى = مكعبات الحفر من المربعات + مكعبات الحفر من المثلثين



مكعبات الحفر المربعات = س/4 (ع1 + 2* ع2 + 3* ع3 + 4 * ع4)

عدد التكرار	ع1	ع2	ع3	ع4
الارتفاعات	3.7	5.8	5.6	4.2
	3.8	4.8		3.8
	4.6	3.9		
	5.3	4.3		
	4.3	5.3		
		2.8		
المجموع	21.7	26.9	5.6	8.0

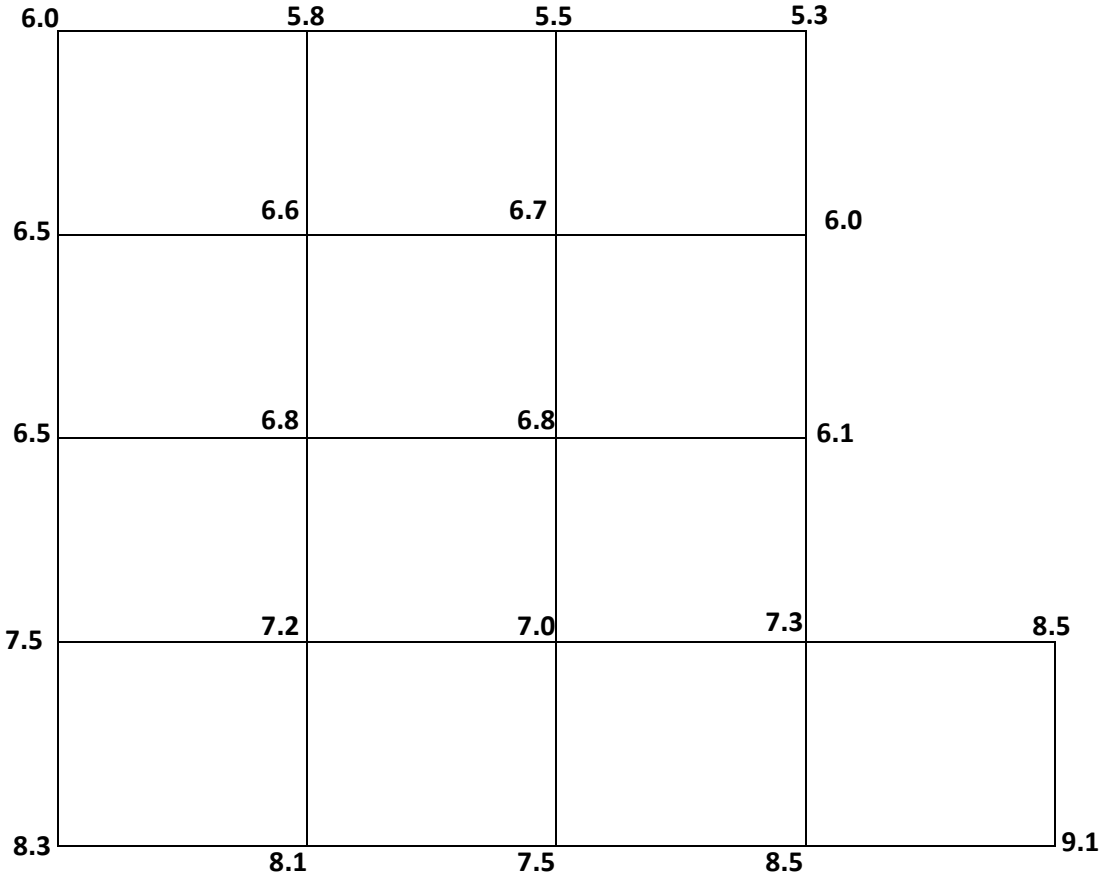
مكعبات الحفر المربعات = (20 * 20)/4 (21.7 + 26.9 *2 + 5.6 *3 +4 * 8.0) = 12430 م^3

مكعبات حفر المثلثين = (20 * 20) / 2 ((4.3 + 3.7 + 6.4)/3 + (5.3 + 5.6 + 4.3)/3) = 1973.3 م^3

اجمالي مكعبات الحفر = 12430 + 1973.3 = 14403.3 م^3

مثال (2)

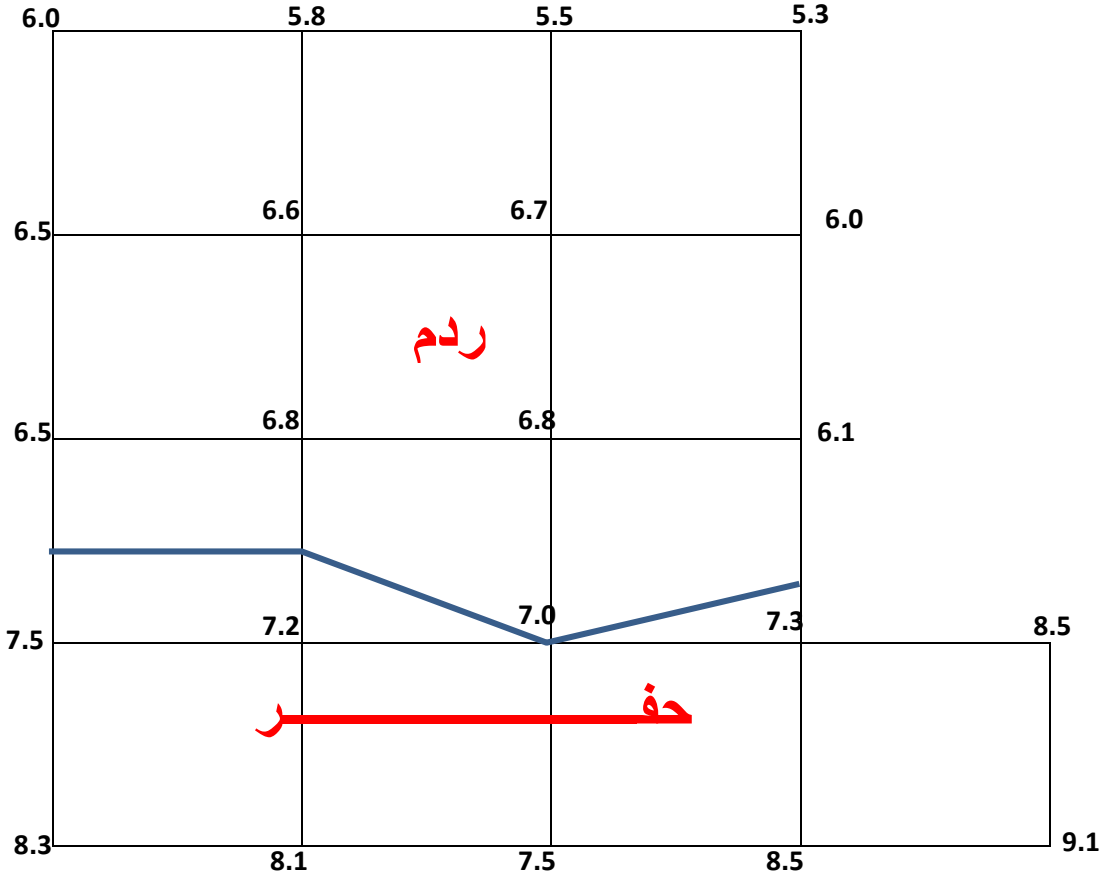
مطلوب حساب مكعبات الحفر والردم اللازمة لتسوية الارض الموضحة بالشكل على منسوب + 7.00 م . علما بان الوحده مربعة الشكل ابعادها 30 * 30 م



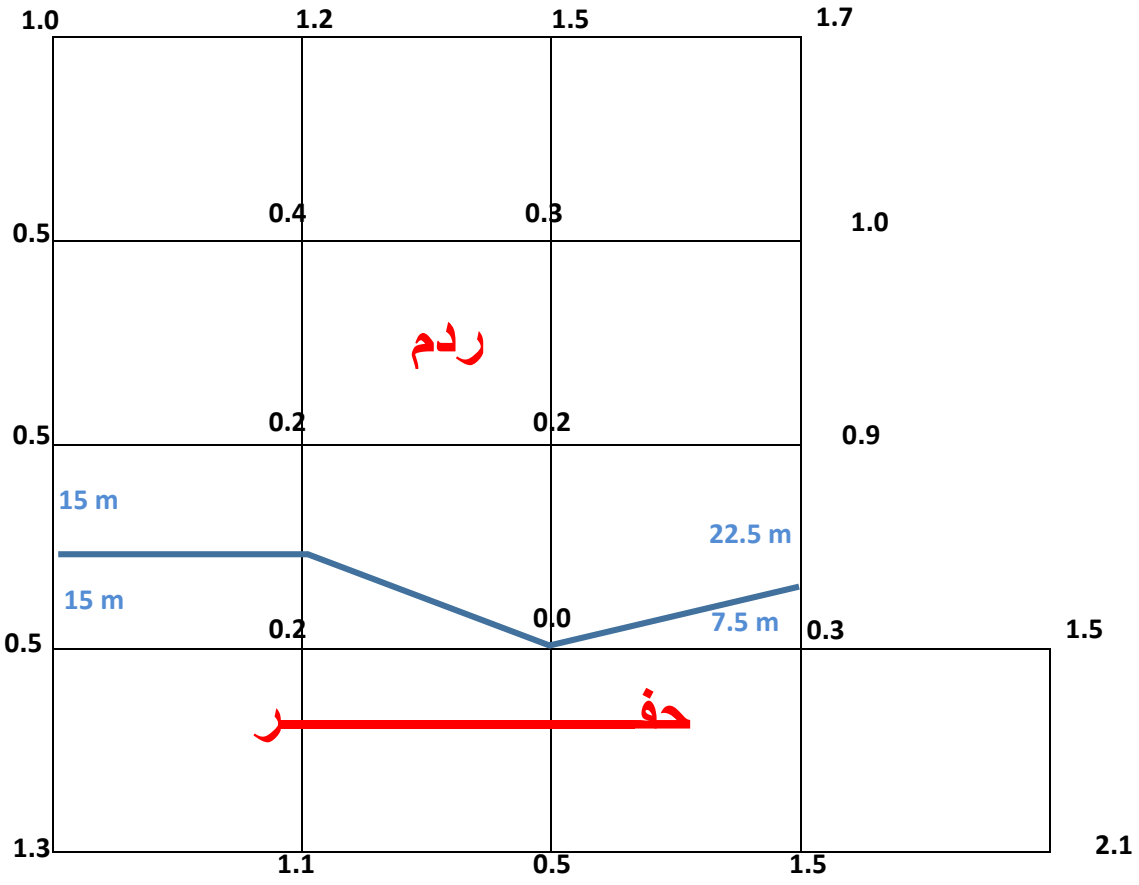
الحل:

1-يتم رسم خط كنتور 7.00 + م

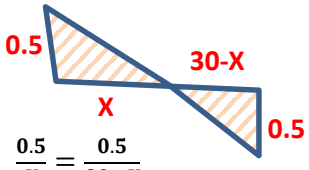
2-الاركان ذات القيمة الاعلى من منسوب 7.00 + مناطق حفر والاركان الاقل مناطق ردم



3- يتم طرح 7.00 + من مناسيب جميع الاركان ونضع الفرق على رسم جديد



لايجاد المسافات بين القطع والردم



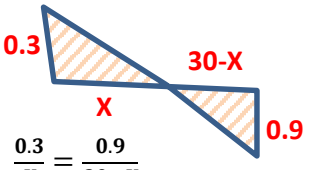
$$\frac{0.5}{X} = \frac{0.5}{30-X}$$

15 - 0.5X = 0.5X

15 = 0.5X + 0.5X

15 = 1.0 X

X = 15/1.0 = 15



$$\frac{0.3}{X} = \frac{0.9}{30-X}$$

9 - 0.3X = 0.9X

9 = 0.9X + 0.3X

9 = 1.2X

X = 9/1.2 = 7.5

4-يتم حساب حجم مكعبات الردم الصحيحة عدد 6 مربعات:

عدد التكرار	ع1	ع2	ع3	ع4
الارتفاعات	1.0	1.2		0.4
	1.7	1.5		0.3
	0.9	1.0		
	0.5	0.2		
		0.2		
		0.5		
المجموع	4.1	4.6		0.7

مكعبات الردم المربعات = س/4 (ع1 + 2* ع2 + 3* ع3 + 4 * ع4)

((30 * 30)/4 (4.1 + 4.6 *2 + 0.7 * 4)) = 3622.5 م3

5-يتم حساب مكعبات الردم الغير صحيحة (عدد 3 اجزاء)

حجم (1) = (30 * 15) * ((0.5+ 0.2 + 0 + 0) \ 4) = 78.75 م 3

حجم (2) = ((15 + 30) \ 2) * (30* (0.2 +0.2 + 0 + 0) \ 4 = 67.5 م3

حجم (3) = ((22.5 + 30) \ 2) * (30* (0.9 +0.2 + 0 + 0) \ 4 = 216.56 م3

اجمالي حجم الردم = 3622.5 + 78.75 + 67.5 + 216.56 = 3985.31 م3

6-يتم حساب حجم مكعبات الحفرالصحيحة (عدد 4 مربعات):

عدد التكرار	ع1	ع2	ع3	ع4
الارتفاعات	1.5	0.2		
	2.1	0.0		
	1.3	0.3		
	0.5	1.1		
		0.5		
		1.5		
المجموع	5.4	3.6	0.0	0.0

الحجم = ((30 * 30 / 4) (5.4 + 2 * 3.6 + 0 + 0) = 2835 م3

7-يتم حساب مكعبات الحفر الغير صحيحة (عدد 3 اجزاء) :

حجم (1) = (30 * 15) * ((0.5+ 0.2 + 0 + 0) \ 4) = 78.75 م3

حجم (2) = ((15 * 30) / 2) * ((0.2 + 0 +0 + 0) \ 3) = 15 م3

حجم (3) =((7.5 * 30) / 2) * ((0.3 + 0 +0 + 0) \ 3) = 11.25 م3

اجمالي حجم الحفر= 2835 + 15 + 678.75 + 11.25 = 2940 م3