

## تخمين معامل السطح لحصاد المياه في منطقة تل عبطه - محافظة نينوى

زهراء غانم يونس سليمان\*

\*طالبة ماجستير  
قسم هندسة السدود والموارد المائية  
كلية الهندسة / جامعة الموصل

أ.د. احمد يوسف حاجم\*\*

\*\*أستاذ  
قسم هندسة السدود والموارد المائية  
كلية الهندسة / جامعة الموصل

### الخلاصة

يهدف البحث الي تقدير كمية السطح السطحي وحساب معامل السطح (Runoff Coefficient) لمنطقة تل عبطة الواقعة غرب محافظة نينوى لغرض تصميم وإدارة نظم حقلية لحصاد مياه الأمطار. اعتمدت الدراسة على بيانات أمطار يومية في تل عبطة للفترة من 1996 والى 2012 والبالغ معدلها السنوي حوالي 164 ملم. وقد تم اعتماد أنموذجين لحساب كمية السطح السطحي ومعامل السطح السطحي. تم في الانموذج الاول استخدام طريقة رقم المنحني في حساب السطح السطحي (SCS Curve Number Method)، أما الانموذج الثاني فتم استخدام طريقة حد العتبة (Threshold Rain Method, TR). تطلب الأمر تهيئة برنامجين حاسوبيين باستخدام برنامج (Excel) ولكل طريقة من الطريقتين.

أظهرت النتائج ان طريقة حد العتبة (TR) تعطي كمية سيج سطحي اكبر من طريقة الـ (SCS) حيث كان معدل السيج السطحي السنوي بطريقتي TR و SCS هو 23 ملم و 16ملم على التوالي وأن معدل معامل السيج السطحي يتراوح بين (0.062-0.24) لمنطقة الدراسة (تل عبطة). وقد تم استخدام برنامج (SPSS) لإيجاد معادلة لاحتساب معامل السطح السطحي وذلك بالاعتماد على بيانات الامطار السنوية لمنطقة الدراسة. وأخيراً تم استخدام برنامج (MINITAB) لإيجاد معادلة لمعامل السطح السطحي وذلك بالاعتماد على الامطار الشهرية لمنطقة الدراسة .

## Estimating Runoff Coefficient for Water Harvesting at Tal-Abta Area- Nineveh Governorate

Zahraa.GH\*

MSc.

Dr. Ahmed Y. Hachum\*\*

Professor

Department of Dams & Water Recourses  
College of Engineering / University of Mosul

### ABSTRACT

The present research aims to estimate the amount of surface runoff and runoff coefficient in Tel-Abta area west of the province of Nineveh for the purpose of designing and management of small scale rainwater harvesting systems. Daily rainfall data at Tel-Abta for the period (1996 – 2012) are used. The mean annual rainfall for this period is 164 mm. Two computer codes, using EXCEL Programming are developed; one is based on the SCS Curve Number Method "SCS- CN" and the other one is based on the method of Threshold Rain "TR". The study revealed that the TR method resulted in average annual amounts of surface runoff greater than that of the SCS method (23 mm versus 16 mm; respectively). On average, the runoff coefficient at Tel- Abta is in the range of 0.062 to 0.24. Finally, simple equations were proposed to estimate, at Tel Abta area, the runoff coefficient depending on the characteristics of the monthly rainfall in the study area.

Keywords: Water harvesting, Runoff Coefficient, Threshold Rain Method, SCS Curve Number Method, Rainfall analysis.

## المقدمة

تعد المياه من أهم الموارد الطبيعية للدول ومركزاً أساسياً لنموها وتطورها الأمر الذي يحتم البحث عن وسائل للحفاظ على الثروة المائية واستغلال كل ما تمنحه الدورة الهيدرولوجية من مياه على الوجه الأمثل. يعتبر حصاد المياه وسيلة اقتصادية وفعالة للاستفادة من مياه الأمطار في المناطق الجافة والتخفيف من التأثيرات السلبية الناجمة من الجفاف في هذه المناطق. حصاد المياه ممارسة قديمة في الاستفادة من مياه السيلح السطحي الناجم من الهطول المطرية وبخاصة في المناطق الجافة التي تمتاز بشحة مواردها المائية التقليدية. وقد شهدت السنوات الأخيرة اهتماماً كبيراً في تصميم وتطوير وإدارة نظم حصاد المياه لأغراض الاستهلاك البشري والزراعي وحتى الصناعي.

إن المشكلة الأساسية التي تواجه تصميم وإدارة نظم حصاد المياه هو عدم وجود طرائق وأساليب مناسبة وعملية لتخمين كمية السيلح السطحي المتأني من الأمطار في موقع المشروع. أضف الى ذلك النقص الكبير في البيانات اللازمة لتخمين السيلح السطحي الناجم من عواصف مطرية على جابيات مساحتها صغيرة لا تزيد عن بضعة هكتارات. تعد طريقة رقم المنحني "SCS-CN" لمكتب خدمات الحفاظ على التربة الأمريكي مبسطة وعملية في تخمين مقدار السيلح السطحي، إذ تعتمد هذه الطريقة على عدة عوامل كالتربة والغطاء النباتي واستخدامات الارض والمحتوى الرطوبي للتربة خلال الأيام السابقة للعاصفة المطرية [1] و [2] و [3]. افاد [4] ان عملية تقدير السيلح السطحي المتأني من الأحواض المائية تعد من المسائل المهمة في هندسة الموارد المائية وخصوصاً في الدراسات المتعلقة بحصاد المياه، فقد تبين ان العلاقة التي تربط معامل السيلح مع عمق المطر علاقة غير خطية وترتبط ارتباطاً مباشراً بعمق المطر فقد تراوح معامل السيلح السطحي بين (0.01 لعمق مطر من 3 الى 17 ملم) و 0.4 لعمق مطر من 9 الى 79 ملم في منطقة الدراسة (حوض وادي تارو). أما [5] فقد ذكر بأن قيمة معامل السيلح السطحي تتراوح بين (0.02 – 0.11) ولعمق مطر يتراوح بين (9 – 19) ملم.

لذلك فقد استهدفت الدراسة الحالية تخمين السيلح السطحي الناجم من هطول مطرية قليلة العدد والكمية خلال الموسم المطري باعتماد طريقة رقم المنحني وطريقة أخرى هي تطوير لطريقة جديدة "عتبة المطر" ومحاولة استنباط معادلات مبسطة لتخمين معامل السيلح السطحي لمنطقة الدراسة (تل عبطة - محافظة نينوى).

## المواد وطريقة البحث

## موقع الدراسة والبيانات

تم اختيار منطقة تل عبطة الواقعة غرب محافظة نينوى الواقعة على خط طول 33° 42' شرقاً وخط عرض 35° 56' شمالاً وارتفاع 221 م فوق مستوى سطح البحر. وسبب اختيار هذا الموقع يعود الى أن المعدل السنوي للأمطار فيه هو 164 ملم وهذه الكمية غير كافية لإنتاج زراعي مطري (ديمي) مجدي اقتصادياً في معظم السنوات. وقد تم الحصول على البيانات اليومية للأمطار من (محطة الانواء الجوية في ناحية تل عبطة). استخدمت البيانات المتوفرة للأمطار للفترة 1996-2012 في استنباط كمية السيلح السطحي ومعامله. الشكل (1) يوضح خارطة لموقع منطقة الدراسة.

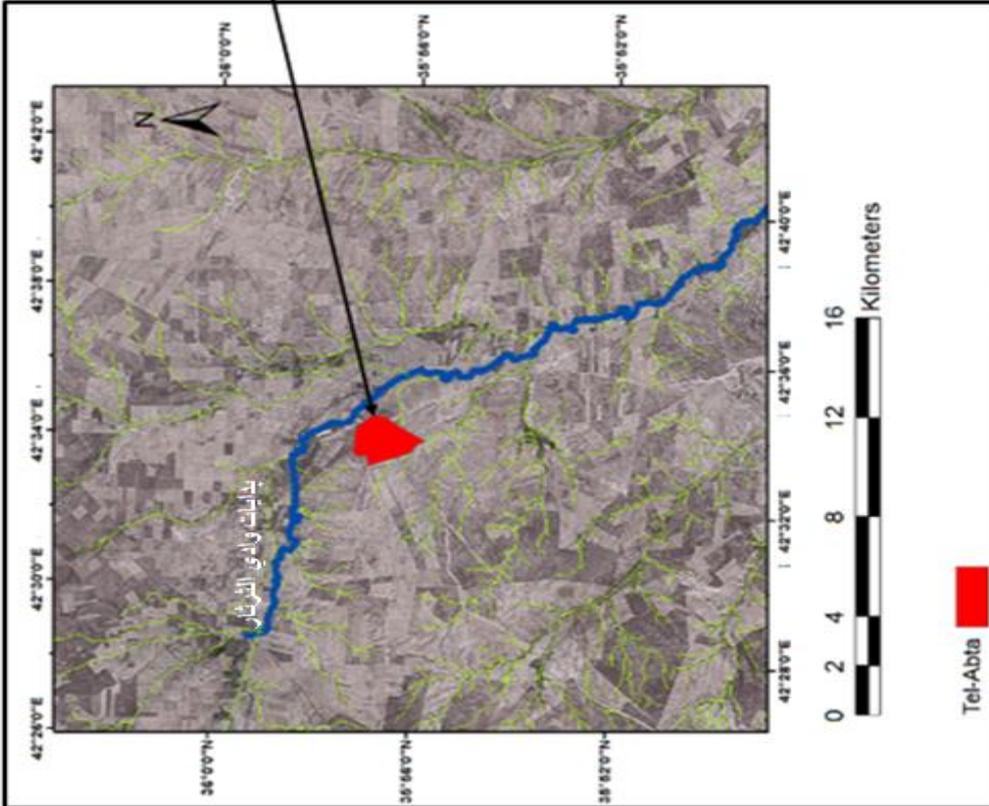
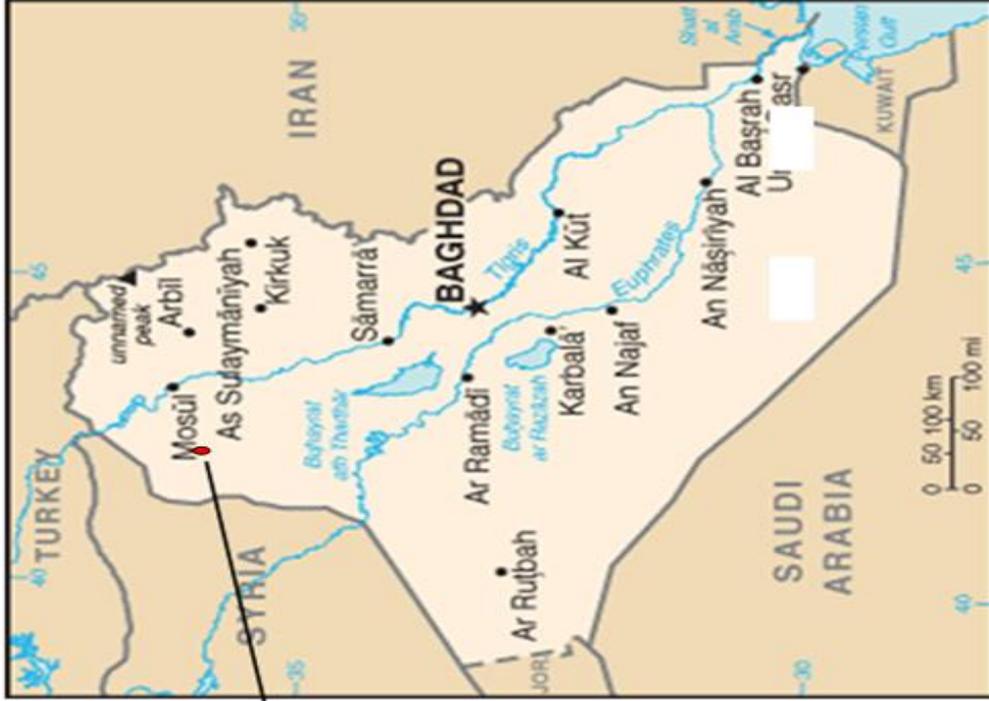
## النماذج الرياضية

## أ- الأنموذج الاول: طريقة رقم المنحني (SCS-Curve Number Method)

تم في هذه الطريقة حساب السيلح السطحي بشكل يومي ولكل سنة من سنوات الدراسة البالغة 16 سنة، حيث تم اختيار  $CN=91$  وذلك حسب نوع التربة لمنطقة الدراسة [6] والمصنفة ضمن المجموعة (C Group) واستخدام الأرض وكما موضح في الجدول 1- المأخوذ من المرجع [1]، وتعتبر هذه القيمة لـ CN هي المعدل لحالة رطوبة متوسطة للتربة ويرمز لها بـ AMCII. يتم تعديل قيمة CN حسب رطوبة التربة يوم المطر وذلك حسب كمية الهطل المطري للأيام الخمسة التي تسبق اليوم الممطر قيد التحليل حيث تعدل قيمة CN الى AMC I للتربة الجافة و AMCIII للتربة الرطبة وكما هو موضح في الجدول 2- المقتبس من [1]. اما قيم

CN لحالات المحتوى الرطوبي الجاف (AMCI) والرطب (AMCIII) فتحسب من المعادلات الآتية [1]:

$$CN(I) = \frac{4.2CN(II)}{10 - 0.058CN(II)} \quad \dots \dots \dots (1)$$



(أ)

(ب)

الشكل (1) يوضح موقع منطقة الدراسة. المجرى الأزرق في الصورة (ب) هو بدايات مجرى أعلى حوض الثرثار.

جدول-1 يبين قيم CN حسب نوع التربة واستخدام الأرض [ 1 و 3].

Land Use or Cover	Treatment or Practice	Hydrologic Condition	Hydrologic Soil Group			
			A	B	C	D
Fallow	Straight row	—	77	86	91	94
Row crops	Straight row	Poor	72	81	88	91
	Straight row	Good	67	78	85	89
	Contoured	Poor	70	79	84	88
	Contoured	Good	65	75	83	86
	Terraced	Poor	66	74	80	82
	Terraced	Good	62	71	78	81
Small grain	Straight row	Poor	65	76	84	88
	Straight row	Good	63	75	83	87
	Contoured	Poor	63	74	82	85
	Contoured	Good	61	73	81	84
	Terraced	Poor	61	72	79	82
	Terraced	Good	59	70	78	81
Close-seeded legumes or rotation meadow	Straight row	Poor	66	77	85	89
	Straight row	Good	58	72	81	85
	Contoured	Poor	64	75	83	85
	Contoured	Good	55	69	78	83
	Terraced	Poor	63	73	80	83
	Terraced	Good	51	67	76	80
pasture or range		Poor	68	79	86	89
		Fair	49	69	79	84
		Good	39	61	74	80
	Contoured	Poor	47	67	81	88
	Contoured	Fair	25	59	75	83
	Contoured	Good	6	35	70	79
Meadow (permanent)		Good	30	58	71	78
Woods (farm wood-lots)		Poor	45	66	77	83
		Fair	36	60	73	79
		Good	25	55	70	77
Farmsteads		—	59	74	82	86
Roads and right-of-way (hard surface)		—	74	84	90	92

الجدول 2- يبين حالات تعديل قيمة الـ CN في المعادلتين (1) و (2) وذلك حسب رطوبة التربة للخمسة أيام السابقة [3,1]

Condition	General Description	5-Day Antecedent Rainfall in inches	
		Dormant Season	Growing Season
I	Optimum soil condition from about lower plastic limit to wilting point	<0.5	<1.4
II	Average value for annual floods	0.5-1.4	1.4-2.1
III	Heavy rainfall or light rainfall and low temperatures within 5 days prior to the given storm	>1.1	>1.2

$$CN(III) = \frac{23CN(II)}{10 + 0.13CN(II)} \dots \dots \dots (2)$$

حيث أن:

CN(I) : يمثل رقم المنحني في حالة كون التربة جافة.

CN(II) : يمثل رقم المنحني في حالة كون رطوبة التربة معتدلة .

CN(III) : يمثل رقم المنحني في حالة كون التربة رطبة.

وتحسب كمية السيج السطحي من المعادلة الآتية [1]:

$$Pe = 25.4 * \left( \frac{(P/25.4 - 0.2S)^2}{(P/25.4 + 0.8S)} \right) \text{ for } \left( \frac{P}{25.4} \right) > 0.2S \dots \dots \dots (3)$$

$$S = \left( \frac{1000}{CN} - 10 \right) \dots \dots \dots (4)$$

حيث أن:

Pe : كمية السيج السطحي اليومي (ملم).

P : كمية الامطار اليومية (ملم).

S : أقصى احتجاز محتمل لماء المطر قبل بداية السيج السطحي (انج).

اما معامل السيج السطحي فقد تم احتسابه بشكل موسمي من خلال الامطار الموسمية والسيج الموسمي ولكل سنة من سنوات الدراسة وحسب المعادلة الآتية :

$$RC = \frac{Pe}{P} \dots \dots \dots (5)$$

حيث أن:

RC : معامل السيج السطحي الموسمي.

### ب- الأنموذج الثاني: طريقة حد العتبة (Threshold Rain Method)

تم احتساب كمية السيج السطحي وبشكل يومي ولكل سنة من سنوات الدراسة وذلك بتحديد قيمة معينة وثابتة لحد عتبة المطر TR [7]، إذ ان فكرة هذه الطريقة هي ان كمية الأمطار الأكبر من حد العتبة تؤدي الي حصول ارتشاح وتشبع فراغات التربة والمتبقي من الأمطار يذهب نصفه (كمعدل) سيجاً بعد هذا الزمن و كما هو موضح في

الشكل (2). إن [7] لم يقدم أو يقترح طريقة لتخمين قيمة TR، لذا فقد تم في هذه الدراسة تخمين قيم TR باعتماد قيمة 0.2S المشار إليها سابقاً. ولغرض التوصل إلى قيمة محددة وثابتة لـ TR في موقع الدراسة تم استنتاج قيمة TR كمعدل من خلال النتائج المستحصلة من طريقة رقم المنحني (SCS-CN) لحالات رطوبة التربة وعدد مرات تكرارها خلال سنوات الدراسة وكما مبين في المعادلة الآتية:

TR = (مجموع تكرار رطوبة التربة في الحالة الجافة \* 0.2S + مجموع تكرار رطوبة التربة في الحالة المعدل \* 0.2S + مجموع تكرار رطوبة التربة في الحالة الرطبة \* 0.2S) / مجموع الكلي لعدد مرات التكرار

$$TR = \frac{49 * 11.96 + 21 * 5 + 15 * 2.2}{49 + 21 + 15} = 8.5 \text{ mm} \quad \dots (6)$$

بعدها تم حساب السيج السطحي لقيمتي TR (TR = 8.5 و 10 ملم) وذلك حسب المعادلات الآتية [7]:

$$AW = Ng * TR \quad \dots \dots \dots (7)$$

$$\text{Max Seasonal Runoff} = \text{Sum rain} - AW \quad \dots \dots \dots (8)$$

$$\text{Runoff} = \frac{\text{Max Runoff}}{2} \quad \dots \dots \dots (9)$$

$$RC = \frac{\text{Runoff}}{\text{seasonal rain}} \quad \dots \dots \dots (10)$$

حيث أن:

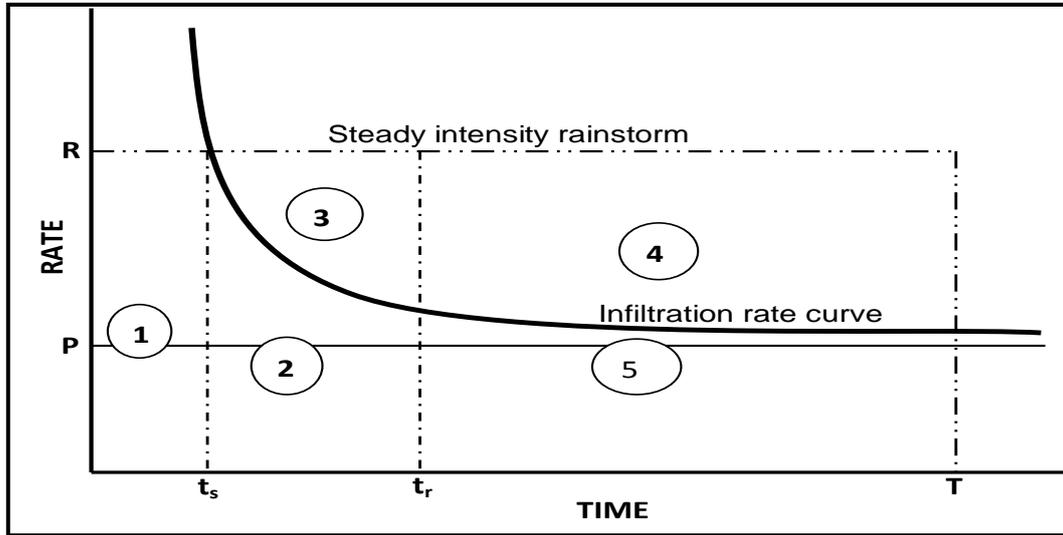
AW: كمية المطر اليومي التي تزيد عن حد العتبة (ملم).

Ng: عدد الأيام الممطرة التي يكون مطرها اليومي أكبر من حد العتبة.

Runoff: كمية السيج السطحي (ملم).

Seasonal rain: مجموع المطر لكامل الموسم (ملم).

Sum rain: مجموع المطر للأيام التي يتجاوز فيها المطر اليومي حد العتبة.



الشكل (2) يمثل ارتشاح ماء مطر بشدة ثابتة (R) واستدامة (T) وزمن تشبع سطح التربة (ts) وزمن بداية جريان السيج السطحي (tr). يمثل مجموع 1 و 2 و 3 حد العتبة المطري (TR) وتمثل المركبة 4 مقدار السيج السطحي الممكن والمركبة 5 هو ارتشاح الماء في التربة خلال الفترة من tr إلى T، [7].

## النتائج و المناقشة

### النتائج المستحصلة من نموذج رقم المنحني SCS-CN

تم ايجاد كمية السيج السطحي بتطبيق طريقة الـ SCS-CN بعد تحديد قيمة اولية لـ CN حسب تربة الموقع وطبيعة استخدام الارض. يعرض الجدول- 3 قيم CN المعدلة حسب رطوبة التربة للخمسة ايام قبل المطرة ،حيث ان قيم CN تتغير من الحالة الجافة الى الرطبة أو تبقى ثابتة على حالة معدل الرطوبة . اما قيم السيج السطحي فموضحة في الجدول-4 ولسنوات الدراسة 16 مع عدد مرات تكرار قيم CN وللحالات الثلاثة (الرطوبة والمعدل والجافة) . وقد تم حساب عدد الأيام الممطرة لكامل الموسم وعدد الأيام التي يحدث فيها سيح سطحي، وتم حساب قيمة معدل معامل السيج السطحي وذلك حسب المعادلة الآتية:

$$\text{Avg. RC} = \frac{\text{Sum RC}}{\text{NS}} \quad \dots\dots\dots (11)$$

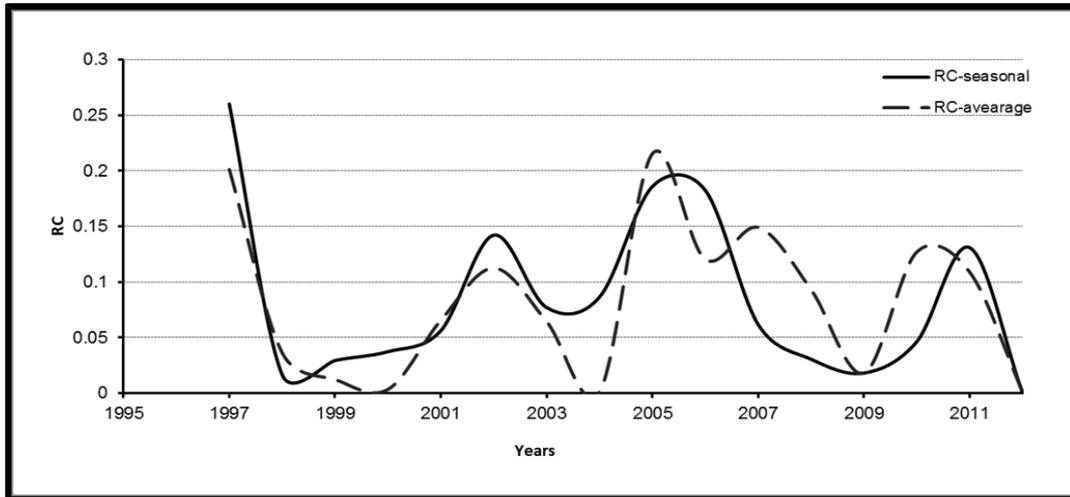
حيث ان

Sum RC : مجموع قيم معامل السيج السطحي للأيام التي حدث فيها سيح سطحي.  
NS : عدد الايام الممطرة التي حدث فيها سيح سطحي.

الجدول-3. يوضح قيم CN المستخدمة في البرنامج وحسب رطوبة التربة AMC

المحتوى الرطوبي للتربة AMC	CN	S (inch)	0.2*S ( mm)
I	80.94	2.35	11.96
II	91	0.99	5.02
III	95.88	0.43	2.18

يوضح الشكل (3) معامل السيج السطحي المحسوب باستخدام المعادلتين (5) و (11)، حيث يلاحظ ان كلا المعادلتين اعطت معامل سيح متقارب الا ان معامل السيج السطحي الموسمي المحسوب من معادلة (5) يكون اكثر بقليل من المحسوب من المعادلة (11).



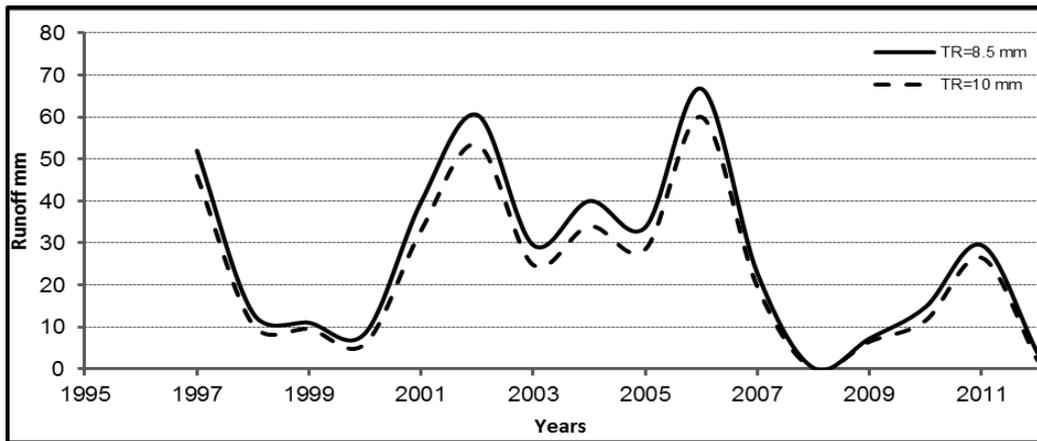
الشكل(3) معامل السيج السطحي الموسمي ومعدل معامل السيج السطحي اليومي للسنوات 1996-2012

الجدول-4 يوضح كمية السيج السطحي والامطار السنوية ومعامل السيج السطحي الموسمي المحسوب بالمعادلة (5) والمعدل المحسوبة بالمعادلة (11) وعدد الأيام الممطرة وحالة رطوبة التربة لخمسة ايام قبل اليوم الممطر وعدد تكرار الحالة

NO.	Year	Total Rain Seasonal mm	Total Runoff Seasonal mm	Number of Raining Days	Number of Raining Days result runoff	ACM			Seasonal RC=Runoff/Rain	Average RC
						I	II	III		
1	1996-1997	215	55.95	19	9	4	3	2	0.260	0.201
2	1997-1998	151	2.52	30	3	2	1	0	0.017	0.036
3	1998-1999	59	1.74	7	2	2	0	0	0.029	0.012
4	1999-2000	119.5	4.47	23	3	1	2	0	0.037	0.003
5	2000-2001	232	13.05	29	7	6	1	0	0.056	0.066
6	2001-2002	254	36.12	23	13	7	2	4	0.142	0.113
7	2002-2003	217.1	16.75	34	6	3	3	0	0.077	0.065
8	2003-2004	222	19.19	25	10	6	3	1	0.086	0.001
9	2004-2005	184	34.22	20	7	2	2	3	0.186	0.215
10	2005-2006	272	49.67	26	10	6	1	3	0.183	0.120
11	2006-2007	158	9.78	26	4	3	0	1	0.062	0.149
12	2007-2008	76	2.33	11	1	1	0	0	0.031	0.093
13	2008-2009	94.5	1.72	19	1	1	0	0	0.018	0.018
14	2009-2010	147.5	6.85	28	4	2	1	1	0.046	0.127
15	2010-2011	145	14.76	19	4	2	2	0	0.131	0.109
16	2011-2012	73	0.02	31	1	1	0	0	0.000	0.001
sum						49	21	15		

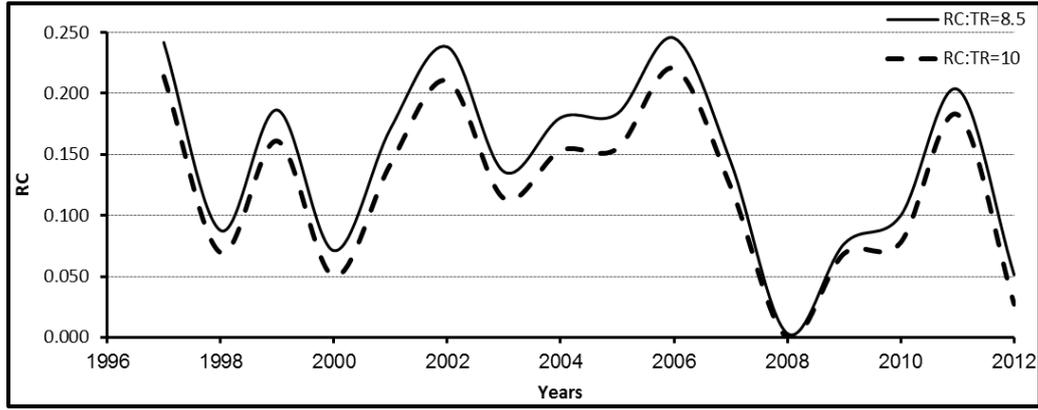
### النتائج المستحصلة من إنموذج TR

تم ايجاد كمية السيج السطحي بتطبيق طريقة حد العتبة المطري TR بعد تحديد قيمة لـ TR، حيث اختير قيمتين لـ TR=8.5 و 10 ملم، نلاحظ اختلاف بين كمية السيج السطحي المحسوبة بهذه الطريقة عند اختلاف قيم TR، بزياد TR يقل كمية السيج السطحي المجمعة لاختلاف مقدار المطرة. يبين الجدول -5 و-6 الامطار السنوية وعدد العواصف المطرية المرصودة وكذلك التي احدثت سيجاً سطحياً اعتماداً على قيمة الـ TR المحددة. اذ هذه الطريقة أعطت سيجاً سطحياً أعلى من طريقة SCS لقيمتي TR = 8.5 و 10 ملم وكما هو مبين في الجدول -7. يوضح الشكل (4) السيج السطحي المحسوب عند قيم TR = 8.5 ملم و TR = 10 ملم، نلاحظ تقارب قيم السيج السطحي لكلا القيمتين. والشكل (5) يوضح معامل السيج السطحي لكتنا القيمتين لـ TR.



الشكل(4) يبين السيج السطحي المحسوبة بطريقة حد العتبة TR

## حاجم: تخمين معامل السيج السطحي لحصاد المياه في منطقة تل عبطة - محافظة نينوى



الشكل (5) يوضح معامل السيج السطحي لقيمتين لـ TR وهما 8.5 و 10 ملم.

الجدول-5 يوضح كمية السيج السطحي المحسوبة بطريقة عتبة المطر عندما تكون قيمة  $TR = 8.5$  ملم

NO.	Year	Rain mm	Number of Raining Days	Sum rain >TR	TR=8.5 mm NS>TR	Amount of water from days>TR	Max Runoff mm	Runoff mm	RC
1	1996-1997	215	19	172	8	68	104	52	0.242
2	1997-1998	151	30	60.5	4	34	26.5	13.25	0.088
3	1998-1999	59	7	39	2	17	22	11	0.186
4	1999-2000	119.5	23	51	4	34	17	8.5	0.071
5	2000-2001	232	29	164.5	10	85	79.5	39.75	0.171
6	2001-2002	254	23	206	10	85	121	60.5	0.238
7	2002-2003	217.1	34	118.5	7	59.5	59	29.5	0.136
8	2003-2004	222	25	148	8	68	80	40	0.180
9	2004-2005	184	20	127	7	59.5	67.5	33.75	0.183
10	2005-2006	272	26	210	9	76.5	133.5	66.75	0.245
11	2006-2007	158	26	88	5	42.5	45.5	22.75	0.144
12	2007-2008	76	11	34	2	17	17	0.25	0.003
13	2008-2009	94.5	19	23	1	8.5	14.5	7.25	0.077
14	2009-2010	147.5	28	80.5	6	51	29.5	14.75	0.100
15	2010-2011	145	19	93	4	34	59	29.5	0.203
16	2011-2012	73	31	33	3	25.5	7.5	3.75	0.051

## ايجاد معادلة لمعامل السيج السطحي

تمت محاولة لإيجاد معادلة لمعامل السيج السطحي الموسمي بالاعتماد على كمية الامطار السنوية لفترة 16 سنة وعدد الأيام الممطرة فقط وذلك بالاعتماد على معدل معامل السيج السطحي الناتج من طريقتي SCS-CN و  $TR = 10$  ملم باستخدام البرنامج الاحصائي SPSS . وقد تم استنباط معادلتين لتخمين معامل السيج السطحي و حسب توفر البيانات اللازمة لمنطقة الدراسة وكما مبين أدناه. وقد تم مقارنة بين معامل السيج السطحي الناتج من المعادلات مع معدل معامل السيج السطحي الناتج من طريقتي SCS-CN و  $TR = 10$  ملم كما هو موضح في الجدول -8.

$$RC = - 0.0015 + 0.000665 SR \quad (R^2=0.483) \quad \dots\dots(12)$$

$$RC = 0.0850 + 0.000944 SR - 0.00572 ND \quad (R^2=0.803) \quad \dots\dots(13)$$

حيث ان:

SR: المطر السنوي (للأشهر من بداية تشرين ثاني وحتى نهاية نيسان).

ND: عدد الايام الممطرة في الموسم (للأشهر من بداية تشرين ثاني وحتى نهاية نيسان).

الجدول - 6 يوضح كمية السيج السطحي المحسوبة بطريقة TR عندما تكون قيمة TR = 10 ملم

NO.	Year	Rain mm	Number of Raining Days	Sum rain >TR	TR=10 mm NS>TR	Amount of water from days>TR	Max Runoff mm	Runoff mm	RC
1	1996-1997	215	19	162	7	70	92	46	0.214
2	1997-1998	151	30	51	3	30	21	10.5	0.070
3	1998-1999	59	7	39	2	20	19	9.5	0.161
4	1999-2000	119.5	23	42	3	30	12	6	0.050
5	2000-2001	232	29	136	7	70	66	33	0.142
6	2001-2002	254	23	187	8	80	107	53.5	0.211
7	2002-2003	217.1	34	79.5	3	30	49.5	24.75	0.114
8	2003-2004	222	25	148	8	80	68	34	0.153
9	2004-2005	184	20	97	4	40	57	28.5	0.155
10	2005-2006	272	26	210	9	90	120	60	0.221
11	2006-2007	158	26	79	4	40	39	19.5	0.123
12	2007-2008	76	11	25	1	10	15	0	0.000
13	2008-2009	94.5	19	23	1	10	13	6.5	0.069
14	2009-2010	147.5	28	53	3	30	23	11.5	0.078
15	2010-2011	145	19	93	4	40	53	26.5	0.183
16	2011-2012	73	31	24	2	20	4	2	0.027

الجدول (7) يبين مقارنة بين السيج السطحي المستحصل من الطريقتين SCS و TR

NO.	Year	Rain mm	Number of Raining Days	SCS	TR=8.5 mm	TR=10 mm
				Total Runoff mm	Total Runoff mm	Total Runoff mm
1	1996-1997	215	19	55.95	52.00	46.00
2	1997-1998	151	30	2.52	13.25	10.50
3	1998-1999	59	7	1.74	11.00	9.50
4	1999-2000	119.5	23	4.47	8.50	6.00
5	2000-2001	232	29	13.05	39.75	33.00
6	2001-2002	254	23	36.12	60.50	53.50
7	2002-2003	217.1	34	16.75	29.50	24.75
8	2003-2004	222	25	19.19	40.00	34.00
9	2004-2005	184	20	34.22	33.75	28.50
10	2005-2006	272	26	49.67	66.75	60.00
11	2006-2007	158	26	9.78	22.75	19.50
12	2007-2008	76	11	2.33	0.25	0.00
13	2008-2009	94.5	19	1.72	7.25	6.50
14	2009-2010	147.5	28	6.85	14.75	11.50
15	2010-2011	145	19	14.76	29.50	26.50
16	2011-2012	73	31	0.02	3.75	2.00

حاجم: تخمين معامل السيج السطحي لحصاد المياه في منطقة تل عبطه - محافظة نينوى

الجدول- 8 يبين مقارنة بين معدل معامل السيج السطحي الناتج من طريقتي SCS-CN و TR = 10 ملم المستحصل من المعادلات المقترحة

Years	Rain mm	Number of Raining Days	RC	SPSS	
				RC.EQ12	RC.EQ13
1996-1997	215	19	0.237	0.143	0.179
1997-1998	151	30	0.043	0.100	0.056
1998-1999	59	7	0.095	0.039	0.101
1999-2000	119.5	23	0.044	0.079	0.066
2000-2001	232	29	0.099	0.154	0.138
2001-2002	254	23	0.176	0.169	0.193
2002-2003	217.1	34	0.096	0.144	0.095
2003-2004	222	25	0.120	0.148	0.152
2004-2005	184	20	0.170	0.122	0.144
2005-2006	272	26	0.202	0.181	0.193
2006-2007	158	26	0.093	0.105	0.085
2007-2008	76	11	0.065	0.051	0.094
2008-2009	94.5	19	0.043	0.063	0.066
2009-2010	147.5	28	0.062	0.098	0.064
2010-2011	145	19	0.157	0.096	0.113
2011-2012	73	31	0.014	0.049	0.000
Average	163.725	STD	0.062	0.065	0.056

ولغرض تطوير دقة تخمين معامل السيج السطحي تم استخدام برنامج (MINITAB) في استنباط معادلات لمعامل السيج السطحي باستخدام طريقة الانحدار الخطي متعدد الحدود (Multiple Linear Regression) باعتماد المتغيرات التالية: الامطار الشهرية للأشهر من تشرين الثاني الى نيسان ومجموع الامطار السنوية وعدد العواصف المطرية في الموسم ومعدل معامل السيج السطحي الناتج من طريقتي SCS-CN و TR = 10 ملم وللسنوات 1996-2012. وقد تم إيجاد عدة معادلات مرتبة في ما يلي بشكل تنازلي حسب قيمة معامل الارتباط:

$$RC = 0.0855 + 0.00161 SR - 0.00501 ND - 0.00170 R11 - 0.000357 R12 - 0.000465 R1 - 0.00079 R2 - 0.00153 R3 - 0.00063 R4 \quad (R^2=0.927) \quad \dots\dots(14)$$

$$RC = 0.0854 + 0.00126 SR - 0.00492 ND - 0.00129 R11 - 0.000157 R1 - 0.000426 R2 - 0.00118 R3 - 0.000276 R4 \quad (R^2=0.925) \quad \dots\dots(15)$$

$$RC = 0.0843 + 0.00121 SR - 0.00489 ND - 0.00127 R11 - 0.000441 R2 - 0.00111 R3 - 0.000271 R4 \quad (R^2=0.924) \quad \dots\dots(16)$$

$$RC = 0.0836 + 0.00117 SR - 0.00482 ND - 0.00118 R11 - 0.000436 R2 - 0.00110 R3 \quad (R^2=0.918) \quad \dots\dots(17)$$

$$RC = 0.0807 + 0.00105 SR - 0.00475 ND - 0.00115 R11 - 0.000850 R3 \quad (R^2=0.907) \quad \dots\dots(18)$$

$$RC = 0.0868 + 0.00101 SR - 0.00549 ND - 0.000712 R3 \quad (R^2=0.856) \quad \dots\dots(19)$$

$$RC = 0.0850 + 0.000944 SR - 0.00572 ND \quad (R^2=0.803) \quad \dots\dots(20)$$

حيث أن:

- R11: مجموع المطر لشهر تشرين الثاني.
- R12: مجموع المطر لشهر كانون الاول.
- R1: مجموع المطر لشهر كانون الثاني.
- R2: مجموع المطر لشهر شباط.
- R3: مجموع المطر لشهر اذار.
- R4: مجموع المطر لشهر نيسان.

الجدول-9 يبين معامل السطح كمدل من طريقتي SCS-CN و TR = 10 ملم و المستحصل من استخدام معادلات الانحدار من (14) الى (20).

Years	Rain mm	Number of Raining Days	RC	MINITAB						
				RC.EQ14	RC.EQ15	RC.EQ16	RC.EQ17	RC.EQ18	RC.EQ19	RC.EQ20
1996-1997	215	19	0.237	0.221	0.223	0.217	0.209	0.200	0.186	0.179
1997-1998	151	30	0.043	0.057	0.056	0.059	0.060	0.052	0.061	0.056
1998-1999	59	7	0.095	0.097	0.097	0.097	0.095	0.099	0.099	0.101
1999-2000	119.5	23	0.044	0.062	0.063	0.064	0.063	0.061	0.056	0.066
2000-2001	232	29	0.099	0.091	0.095	0.092	0.091	0.091	0.113	0.138
2001-2002	254	23	0.176	0.165	0.166	0.166	0.171	0.169	0.159	0.193
2002-2003	217.1	34	0.096	0.122	0.124	0.121	0.115	0.121	0.097	0.095
2003-2004	222	25	0.120	0.147	0.151	0.148	0.149	0.145	0.169	0.152
2004-2005	184	20	0.170	0.148	0.149	0.152	0.148	0.148	0.162	0.144
2005-2006	272	26	0.202	0.204	0.205	0.204	0.212	0.225	0.212	0.193
2006-2007	158	26	0.093	0.068	0.072	0.068	0.070	0.081	0.094	0.085
2007-2008	76	11	0.065	0.080	0.081	0.081	0.078	0.087	0.085	0.094
2008-2009	94.5	19	0.043	0.053	0.056	0.053	0.062	0.058	0.063	0.066
2009-2010	147.5	28	0.062	0.058	0.051	0.046	0.046	0.049	0.061	0.064
2010-2011	145	19	0.157	0.149	0.150	0.147	0.154	0.143	0.129	0.113
2011-2012	73	31	0.014	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Average	163.73	STD	0.062	0.059	0.059	0.059	0.059	0.059	0.055	0.053

### الاستنتاجات

من خلال النتائج التي تم الحصول عليها من كلتي الطريقتين "SCS-CN" و "TR" في حساب السطح لمنطقة تل عبطة في محافظة نينوى، لوحظ ان طريقة حد العتبة "TR" تعطي سيحا "سطحيا" اكبر من طريقة رقم المنحني، حيث كان معدل السطح السنوي بطريقتي TR و SCS هو 23 ملم و 16 ملم على التوالي اي بفارق يصل الى نسبة 38%. وقد اظهرت النتائج ان معامل السطح يتراوح بين (0.062-0.24) لمنطقة الدراسة (تل عبطة). كما ان استخدام احدى المعادلات المقترحة لحساب معامل السطح المستخرجة من برنامج SPSS وبرنامج MINITAB هو طريقة سهلة وسريعة في استنتاج وتخمين كمية السطح التي يمكن حصادها من مياه الهطولات المطرية في هذه المنطقة الجافة جدا" وغير المرصودة.

### المصادر

1. Larry, W. Mays. "Water Resources Engineering – Chapter 11: Surface Runoff". John Wiley and Sons, New York, 2011, 920 p.
2. Chow, V. T., Maidment, D. R. and May, L.W. "Applied Hydrology". McGraw- Hill International Book Company, New York, 1988, 572 p.
3. Schwab, C.O., Frevert, R.K., Edminster, T., W. "Soil And Water Conservation Engineering- Chapter 4 : Runoff". John Wiley & Sons, New York, 2011, 683 p.
4. العزاوي، علي عبد عباس و الجبوري، زكريا يحيى خلف. 2012. " النمذجة الهيدرولوجية لحصاد مياه السطح السطحي لوادى تارو باستخدام نظم المعلومات الجغرافية GIS ". المجلة العربية الدولية للمعلوماتية، المجلد(1)، العدد(2).
5. Mohammad, M. E. "A conceptual Model for Flow and Sediment Routing for a Watershed Northern Iraq", Ph.D., Dissertation, University of Mosul, Iraq, 2005.
6. Japan International Cooperation Agency (JICA). "The Preparatory Survey on South Jazira Irrigation project in republic of Iraq". Final Report, Chapter 3: conditions of the study area ". July, 2011.
7. Oweis, T., Prinz. D., Hachum. A., " Rainwater Harvesting for Agriculture in the Dry Areas - Chapter 2: Hydrological aspects of water harvesting ". CRC Press – A Balkema book. Boca Raton, FL, USA, 2012, 262 p.

تم اجراء البحث في كلية الهندسة = جامعة الموصل