

حساب النسبة بين كمية الرواسب الناتجة من الانجراف المائي للتربة وكمية الرواسب المنقولة في نهر زغارو

الدكتور عز الدين حسن*

الدكتور منذر حماد**

كنان اسماعيل***

(تاريخ الإيداع 5 / 12 / 2013. قَبِلَ للنشر في 18 / 3 / 2014)

□ ملخص □

يُعدُّ الانجراف المائي أحد أبرز أشكال انجراف التربة وأكثرها خطورة، وخاصةً في المنطقة الساحلية حيث تهطل الأمطار بكميات كبيرة، وينتج عن ذلك جرف أطنان من التربة تنتقل بدورها إلى مجاري الأنهار، فيترسب جزء منها في هذه المجاري وجزء آخر في بحيرات السدود المُقامة عليها والباقي في البحار التي تصبَّ فيها. تهدف الدراسة إلى حساب النسبة بين كمية الرواسب الناتجة من الانجراف المائي للتربة وكمية الرواسب المنقولة في نهر زغارو والتي تصل إلى بحيرة سد 16 تشرين، واقتراح الحلول المناسبة للتقليل من كميات هذه الرواسب والتخفيف من تأثيرها السلبي.

تضمنت هذه الدراسة استنتاج خواص الحوض الساكب لنهر زغارو باستخدام برنامج نمذجة المياه (WMS) 7.1 ، وكذلك حساب الكمية الإجمالية للرواسب الناتجة من الانجراف المائي للتربة في منطقة البحث باستخدام المعادلة العامة لفقد التربة (USLE)، كذلك تضمنت قياس كميات الرواسب المنقولة في المياه وذلك بواسطة أجهزة قياس مُستخدمة عالمياً، فُمنّا بتصنيعها لإجراء هذه التجارب.

توصلت الدراسة إلى أن كمية الرواسب السنوية المُقاسة والمنقولة في مياه نهر زغارو تُعادل (24886 ton) ، وتُشكّل هذه الكمية 36% من الكمية الإجمالية السنوية للرواسب الناتجة من الانجراف المائي للتربة والتي تُعادل (69401 ton) ، وهي تُشكّل القيمة الفعلية للرواسب التي تصل إلى بحيرة سد 16 تشرين عن طريق مياه النهر، الأمر الذي يؤدي إلى تناقص الطاقة التخزينية لبحيرة السد، وهذا يستدعي إيجاد الحلول المناسبة من أجل التقليل من هذه الكمية والتخفيف من تأثيرها السلبي.

الكلمات المفتاحية: الانجراف المائي للتربة ، كمية الرواسب المنقولة ، USLE .

* أستاذ - قسم الهندسة المائية والري - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية .

** أستاذ مساعد - قسم الهندسة المائية والري - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية .

*** طالب دراسات عليا (ماجستير) - قسم الهندسة المائية والري . كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية .

Estimating the Ratio between the Amount of Sediments related to Water Erosion of the Soil and the Amount of Sediments Transported in Zgaro River

Dr. Izaldeen Hasan*
Dr. Munzer Hammad**
Kinan Ismail***

(Received 5 / 12 / 2013. Accepted 18 / 3 / 2014)

□ ABSTRACT □

Water erosion is considered one of the most prominent and dangerous forms of soil erosion, especially in the coastal region, where it rains in large quantities. Consequently, this results in sweeping away tons of soil into the river streams; some of this will be deposited in the rivers, some in the dam lakes constructed on these rivers, while the rest will be deposited in the sea into which rivers flow. The aims of this study are to calculate the ratio between the amount of sediments related to water erosion of the soil and the amount of the sediments transported in Zgaro River which reach the lake of 16 Tishreen Dam, and to suggest the appropriate solutions which will insure reducing the sedimentation rate and its correlated negative impacts. This study demonstrates the characteristics of the watershed of Zgaro River using Watershed Modeling System (WMS 7.1), and also the calculation of the total amount of sediments related to water erosion of the soil in the area of study, applying the Universal Soil Loss Equation (USLE). The amount of sediments transported by water was also calculated using internationally recognized measuring devices. These devices were manufactured for the purpose of this study. A total of 24886 tons of transported sediments was measured in Zgaro River, constituting 36% of the total annual amount of 69401 tons of sediments resulting from water erosion of the soil. This value comprises the actual amount of sediments deposited in the lake of 16 Tishreen Dam, which is then transported through the river stream. Consequently, this sedimentation has resulted in a downward trend of the *reservoir capacity* of the dam lake. These findings require feasible solutions to reducing the rate of sedimentation and its correlated negative impacts.

Keywords: water erosion of the soil, the amount of the sediments transported, USLE.

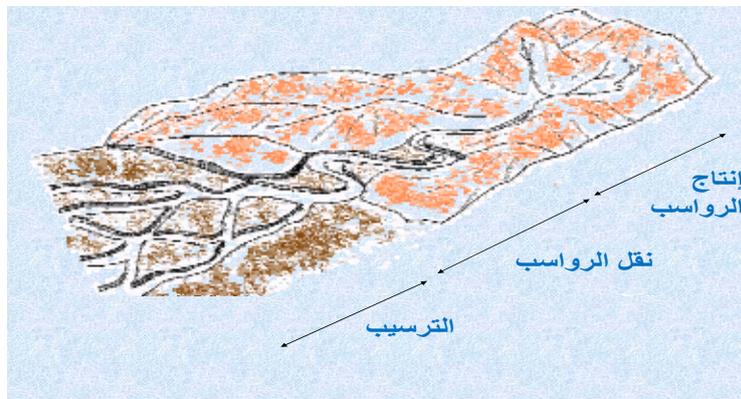
*Professor, Department of water Engineering and Irrigation, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

**Associate Professor, Department of water Engineering and Irrigation, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

***Postgraduate Student, Department of water Engineering and Irrigation, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

مقدمة:

يُقاس تطور الشعوب بقدرتها على استخدام الموارد الطبيعية والمصادر المتاحة لديها وإمكاناتها في الحفاظ عليها وحسن استغلالها، وتعدّ الأرض إحدى أهم هذه الموارد الطبيعية المتاحة للبشرية بما تحتويه من تربة زراعية ومصادر مائية وحياة نباتية وحيوانية، ولكن وللأسف تدهورت التربة في القرون الأخيرة في معظم أنحاء العالم نتيجة عوامل عدّة من أهمها تعرضها للانجراف، ويُعدّ الانجراف المائي أحد أبرز أشكال انجراف التربة وأكثرها خطورة، وخاصةً في المنطقة الساحلية حيث تهطل الأمطار بكميات كبيرة، وينتج عن ذلك جرف أطنان من التربة تنتقل بدورها إلى مجاري الأنهار حتى يتسبب جزء منها في هذه المجاري وجزء آخر في بحيرات السدود المُقامة عليها والباقي في البحار التي تصبّ فيها، وتتضح مراحل تشكّل الرواسب في الشكل (1).



الشكل (1): مراحل تشكّل الرواسب

إن دراسة الانجراف المائي في القطر العربي السوري بشكل عام وفي المنطقة الساحلية بشكل خاص لم تحظْ بالأهمية وبالدراسات المطلوبة، فلقد أشارت تقارير الفاو وكذلك اليونسكو واليونيب عام (1980) من خلال خريطة أخطار الانجراف، إلى خطورة الانجراف المائي خاصّة فوق الجبال الساحلية، إذ تتجاوز قيمته 200 طن في الهكتار الواحد سنوياً، وحوالي 50-10 طن للهكتار في بقية المناطق الأخرى. [5]

تناول كيببوز وملاوه في دراسة عملية استمرت لعدة سنوات (1992-1996) خطورة الانجراف وانغسال العناصر في المنطقة الساحلية في منظومات الأتربة الثلاث /غابات - غابات محروقة - تربة مزروعة/ وبدرجات انحدار مختلفة تراوحت بين (42-5%)، أشارت هذه الدراسة إلى أن الانجراف قد تراوح بين /12-130/ طن لكل هكتار سنوياً تبعاً لنوع المنظومة ودرجة الانحدار. [1]

كذلك أنجز المهندس إبراهيم نيسافي دراسة مقارنة للانجراف المائي بوساطة الأمطار تحت منظومات ثلاث /غابات، غابات محروقة، تربة مزروعة/ في المنطقة الساحلية من القطر العربي السوري، استمرت هذه الدراسة عامين متتاليين /1994-1996/، تراوحت كمية التربة المنجرفة وفق الدراسة ما بين /1.4-135/ طن لكل هكتار سنوياً تبعاً للمنظومات ودرجة الانحدار، بلغت كمية الانجراف في المنظومة الزراعية أكبر بمقدار 35.6 مرة من قيمتها في منظومة الغابات وحوالي 3.6 مرة في منظومة الغابات المحروقة. [2]

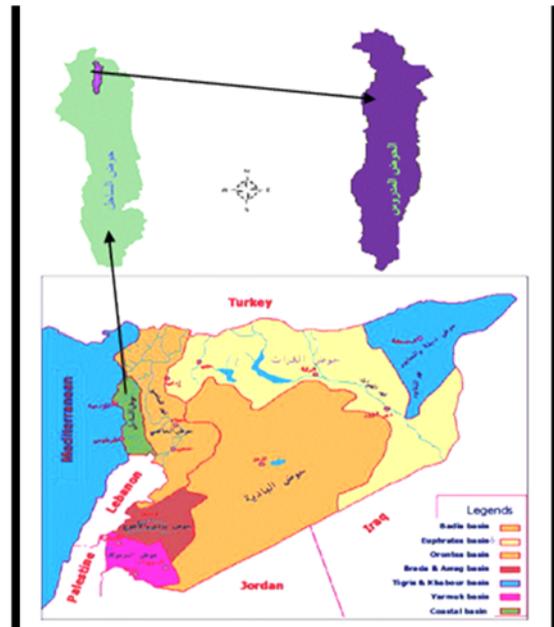
أنجز كل من الباحثين Gert Verstraeten و Ian P. Prosser عام (2007) نمذجة لجرف التربة وورود الرواسب باستخدام نموذج (WATEM/SEDEM) لمحاكاة تأثير تغيير استخدام الأرض وإنشاء السدود الزراعية

الصغيرة على كمية الرواسب الناتجة من الهضاب إلى المجاري النهرية في الحوض الساكب لنهر (Murrumbidgee) في الجنوب الشرقي لأستراليا، أظهرت النتائج أنّ التغير الحاصل في استخدامات الأراضي قبل مجيء الأوروبيين إلى الحالة الراهنة (الزراعة و رعي الماشية)، سبّب زيادةً في معدّل الجرف بمقدار % 480 ، في حين زاد معدّل ورود الرواسب بمقدار % 370. [6]

بالنسبة للدراسات المتعلقة بقياس الرواسب المنقولة في مياه الأنهار، نذكر منها الدراسة التي قام بها الباحث Shannon K. Hages عام (1997)، وذلك من خلال قياس تركيز الرواسب المنقولة عبر نهر (Pasig-Potrero) بعد انفجار بركان (Mount Pinatubo) في الفلبين، أُجريت القياسات تبعاً لطريقة "Equal Width Increment"، استخدام الباحث لاقط /DH-48/ لقياس الرواسب المعلقة ولاقط فرق الضغط مرفق بشبكة ذات أبعاد 1mm لقياس رواسب القاع. [7]

أهمية البحث وأهدافه:

يقع حوض زغارو في القسم الشمالي الغربي للجمهورية العربية السورية، ضمن حوض الساحل بين خطي عرض (35°48' , 35°40') شمال خط الاستواء وخطي طول (36°02' , 35°58') شرق غرينتش، كما يظهر في الشكل (2).



الشكل (2): حوض نهر زغارو

يُعدّ نهر زغارو أحد أهم الروافد الشمالية لنهر الكبير الشمالي، حيث يبدأ من غابات الفرنلق وينتهي في بحيرة سد 16 تشرين، ولقد ازدادت في الآونة الأخيرة معدّلات الانجراف المائي للتربة في حوض زغارو نتيجة لقطع الغابات وحرقها والرعي الجائر وشق الطرق وإقامة المنشآت الضخمة والمناجم.... الخ، ورافق ذلك ازدياد كميات الرواسب المنقولة والتي تصل بدورها عن طريق مياه النهر إلى بحيرة سد 16 تشرين، الأمر الذي ساهم في إطفاء بحيرة السد،

وهنا تأتي أهمية البحث وأهدافه والتي تتلخص بدراسة الانجراف المائي للتربة، وقياس كميات الرواسب المنقولة في نهر زغارو، وحساب النسبة بين كمية الرواسب الناتجة من الانجراف المائي للتربة وكمية الرواسب المنقولة في النهر، واقتراح الحلول المناسبة للتقليل من كميات هذه الرواسب.

طرائق البحث ومواده:

تضمنت هذه الدراسة عدة أجزاء نظرية وعملية، واستغرق تنفيذها حوالي خمسة أشهر وذلك ضمن الفترة الممتدة من 2012/11/20 إلى 2013/4/20.

تضمن الجزء النظري استنتاج خواص الحوض الساكب لنهر زغارو بالاعتماد على برنامج نمذجة المياه (Watershed Modeling System)، وكذلك حساب الكمية الإجمالية للرواسب الناتجة من الانجراف المائي للتربة في منطقة البحث باستخدام المعادلة العامة لفقد التربة (Universal Soil Loss Equation): [3]

$$A = R * K * l * S * C * P$$

A - كمية التربة المنجرفة مقدرة بالطن لكل فدان في السنة.

R - عامل الهطل المطري.

K - عامل قابلية التربة للانجراف.

l - عامل طول المنحدر.

S - عامل ميل المنحدر.

C - عامل إدارة المحصول.

P - عامل السيطرة العملية على الانجراف.

بينما تضمن الجزء العملي من الدراسة قياس كميات الرواسب المنقولة في المياه وذلك بواسطة أجهزة قياس مُستخدمة عالمياً، فُمنّا بتصنيعها لإجراء هذه التجارب، وقد تعدّر إجروها في نهر زغارو نتيجة للظروف السائدة في المنطقة، فُمنّا بتنفيذها في النهر الأسود الذي يجاور النهر المدروس وذلك قبل مصبه في بحيرة 16 تشرين عند موقع جسر الزهراء، ومن ثمّ فُمنّا بتقدير كميات الرواسب المنقولة في نهر زغارو اعتماداً على نتائج القياس في النهر الأسود، وذلك بعد حساب نسبة التشابه الخاصة بالانجراف المائي بين الحوضين الساكبين للنهرين.

من أجل قياس كميات الرواسب المُعلقة في مياه النهر (Dissolved and suspended load)، فُمنّا بتصنيع جهاز عبوات قياس الرواسب المُعلقة كما يظهر في الشكل (3)، ويتألف من ثلاث عبوات بلاستيكية (Bottles) سعة العبوة الواحدة (V=1500 ml)، يتم تثبيتها بشكل أفقي على قضيب معدني مدرج بالسنتيمترات طوله مترين وذلك بواسطة حلقات معدنية يُمكن زلقها على القضيب، ويدخل إلى كل عبوة أنبوب بلاستيكي (Nozzle entrance) بقطر داخلي (d=10 mm) من أجل السماح بدخول المياه إلى العبوة، وهناك أنبوب معدني نفاث لخروج الهواء (Air exhaust) على شكل كوع بقطر داخلي (d=5 mm)، وبعد الانتهاء من إجراء تجارب القياس في النهر، أُخذت العينات المائية إلى مخبر البيئة في كلية الهندسة المدنية في جامعة تشرين، وأُجريت عليها تجارب تحديد تركيز المواد الصلبة المُعلقة الكلية في المياه (Total Suspended Solids)، وذلك وفقاً للمراحل التالية:

(1) يتم غسل ورقة الترشيح بماء مقطر ثمّ تُجفّف داخل فرن التجفيف بدرجة حرارة (105 c°) ولمدة 45

دقيقة أي حتى ثبات وزن الورقة.

- (2) توضع الورقة في المجفف الزجاجي (ماص الرطوبة) لمدة عشر دقائق.
- (3) توزن ورقة الترشيح الجافة وليكن وزنها $gr (W_1)$.
- (4) نخضُّ العينة بشكل جيد، ثم نقوم بترشيحها عبر ورقة الترشيح ضمن وحدة الترشيح، وبعد الانتهاء من ترشيح كامل الحجم (V) نُجفِّف الورقة بنفس الشروط السابقة.
- (5) نضع الورقة في المجفف الزجاجي لمدة عشر دقائق.
- (6) نقوم بوزن ورقة الترشيح الجافة وليكن وزنها $gr (W_2)$.
- (7) نحسب الفرق $gr (W_2 - W_1)$ والذي يُمثِّل وزن المواد الصلبة المُعلَّقة في الحجم المُرشَّح الفعلي من العينة، وبالتالي نحصل على تركيز المواد الصلبة المُعلَّقة في العينة المُختبرة بوحدة gr/m^3 .



الشكل (3): جهاز قياس الرواسب المعلقة

من أجل قياس كميات الرواسب المتدرجة على قاع النهر (Bed load)، فُمنَّا بتصنيع جهازين من النوع Helley-Smith، كما يظهر في الشكل (4)، حيث تدخل المياه إلى الجهاز من خلال فتحة بأبعاد 7.62×7.62 cm لتصل بعدها إلى فلتر ناعم جداً من أجل احتجاز الرواسب المتدرجة على القاع، ومن ثم تخرج المياه من خلال قمع معدني مُنقَّب، واستخدمنا في الدراسة أكياس الخيش كفلاتر ناعمة، كذلك زوَدنا الجهاز بجناح توجيه أفقي وآخر شاقولي، وذلك من أجل توجيه الجهاز في المياه عند إنزاله إلى قاع النهر بحيث تُصبح فتحة دخول المياه في الجهاز مُقابلة لحركة المياه في النهر، كما فُمنَّا بربط الجهاز إلى حبل متين لإنزاله إلى المياه وإخراجه منها فيما بعد عند الانتهاء من تجارب القياس.

بعد الانتهاء من إجراء تجارب القياس في النهر، أُخذت أكياس الخيش وبداخلها الرواسب المحجوزة إلى مخبر ميكانيك التربة في كلية الهندسة المدنية في جامعة تشرين، حيث فُصلت الرواسب المحجوزة عن أكياس الخيش، وجُفِّفت داخل فرن التجفيف بدرجة حرارة (105 c°) ولمدة (24 ساعة)، ومن ثَمَّ حُسب وزنها بواسطة ميزان حساس، ويُشكل هذا الوزن الكتلة الجافة المُلتقطة خلال فترة القياس.

يُحسب تركيز المواد المُتدرجة على القاع في وحدة العرض من المجرى النهري مُقدَّراً بوحدة $gr/m.sec$ من العلاقة:

$$B_b = \frac{G}{b \cdot T} \quad , \quad gr/m.sec$$

حيث:

-G الكتلة الجافة المُلتقطة خلال فترة القياس، gr .

-b عرض مقطع الدخول في الجهاز ويساوي 0.0762 m .

-T فترة إجراء تجربة القياس، sec .

يكون تركيز المواد المُتدرجة على القاع على كامل عرض المجرى النهري مُقدراً بوحدة gr/sec من العلاقة:

$$B = B_b * \text{عرض المجرى النهري}$$



الشكل (4): جهاز (Helley-Smith)

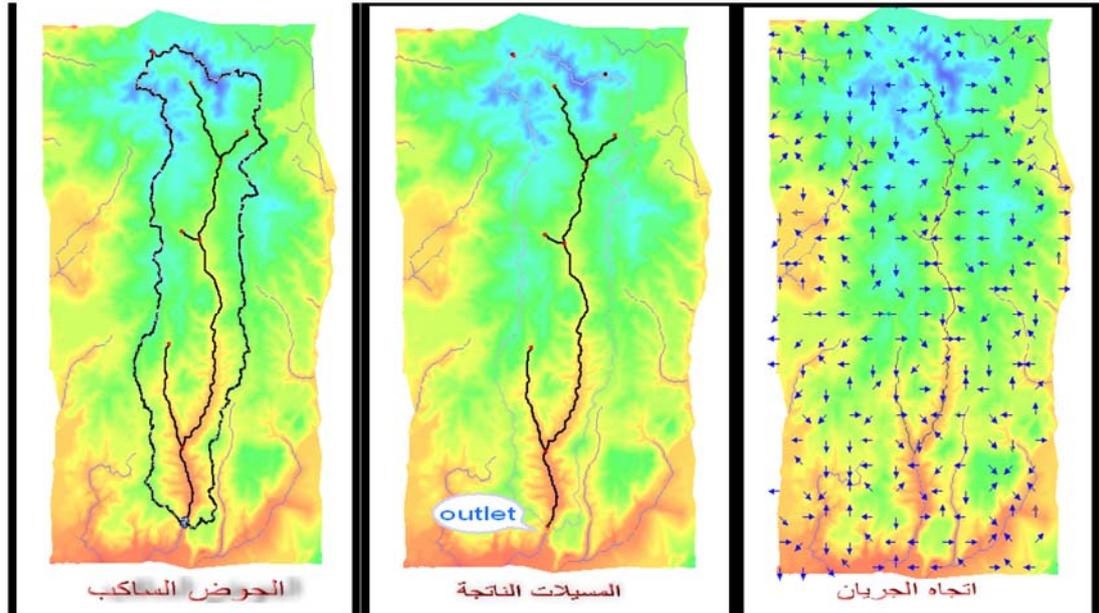
النتائج والمناقشة:

1- رسم الحوض الساكب للنهر المدروس:

لاستنتاج خواص الحوض الساكب لنهر زغارو، قُمنّا باستخدام برنامج نمذجة المياه، حيث تبلغ مساحة هذا

الحوض $A = 78,96 \text{ km}^2$ ، وطول الحوض $L = 21.67 \text{ km}$ ، ويصل الميل الوسطي للحوض إلى $I_{mean} =$

12.08 %، ويوضّح الشكل (5) مراحل رسم الحوض الساكب والنهر الرئيس وروافده في منطقة الدراسة.



الشكل (5)، مراحل تشكيل الحوض الساكب والنهر الرئيسي وروافده في منطقة الدراسة

2- حساب الكمية الإجمالية للرواسب الناتجة من الانجراف المائي لتربة حوض زغارو:

فُمنّا بحساب عوامل المعادلة العامة لفقد التربة (*USLE*) وتُلخّص ذلك كالتالي:

2-1- عامل الهطل المطري (*R*):

عندما تكون العوامل الأخرى غير الهطل المطري ثابتة، فإن كميات فقد التربة من الحقول المحروثة تكون متناسبة طردياً مع كمية الطاقة الحركية الإجمالية للعاصفة المطرية *E* وشدتها *I*.

يُحسب عامل الهطل المطري (*R*) لأجل عدد من السنين ويُعادل القيمة المتوسطة لمجموع نواتج (*E.I*) لسلسلة قيم الارتفاع الأعظمي للهطل المطري خلال زمن قدره 30 دقيقة. [3]

وفقاً للمعادلة العالمية لفقد التربة (*USLE*)، تُحسب كمية الطاقة الحركية الإجمالية للعاصفة المطرية خلال زمن هطل قدره 30 دقيقة من المعادلة:

$$E = 916 + 331 * \log_{10}(I_{30})$$

حيث:

E: كمية الطاقة الحركية الإجمالية للعاصفة المطرية خلال زمن هطل قدره 30 دقيقة، وتُقَدَّر بوحدة

" foot-tons per acre-inch per inch of rain "

*I*₃₀: شدة العاصفة المطرية خلال زمن هطل 30 دقيقة، وتُقَدَّر بوحدة "inch per hour".

لم يتوفر لدينا بيانات لقيم الارتفاع الأعظمي للهطل المطري خلال زمن قدره 30 دقيقة سوى في محطة اللاذقية المناخية، وهي إحدى محطات حوض الساحل الذي ينتمي إليه الحوض المدروس، وذلك ضمن الفترة الممتدة من العام 1980 وحتى العام 1999، الجدول (1).

الجدول (1): قيم الارتفاع الأعظمي للهطل المطري في محطة اللاذقية المناخية خلال زمن قدره 30 دقيقة، mm

العام	كانون 2	شباط	آذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين 1	تشرين 2	كانون 1
1980	-	10.6	9.6	-	8.4	0.6	-	-	0.3	4.7	-	13.6
1981	13.4	9.4	6.5	11.1	4.3	1.9	-	-	4.2	6.6	14	8.5
1982	-	8.6	9.5	6.5	1.4	6.3	9.7	-	1.2	28.3	13.4	9.1
1983	5.5	7.2	13.6	9.2	6.7	1.4	-	-	6.1	-	-	8.6
1984	-	-	18.4	15.4	-	-	-	-	-	-	-	-
1985	23.1	6.9	6	10.6	2.9	-	-	-	-	14	11.2	6.1
1986	16.5	16.8	14.5	29.3	25.4	10	-	-	2	16.5	11.5	5.8
1987	16.2	8.6	14.4	4	13	0.6	7.1	-	-	15.7	27.9	31.8
1988	12.2	12.9	7.7	1.6	3	0.9	-	1.5	-	6.8	23.3	13
1989	10.5	7	12.3	2	20	3.1	-	-	4.1	24.7	17	8.5
1990	7.8	8.3	7.4	2.2	5	16.7	-	-	-	12.4	2	6.2
1991	18	4.8	22	-	4	-	-	-	-	23.8	23.2	10.7
1992	6	7.8	6.3	6	13.8	3.3	-	-	2.6	10.4	5.6	10.6
1993	7	7	14.8	2	10.5	-	-	-	-	4.6	3.2	-
1994	8.3	11.7	7.4	6.1	32	-	-	36.4	0.9	23.5	-	4.8
1995	-	-	8	-	2	-	-	-	-	12.5	8	9.1
1996	12.3	5.6	10.6	9.4	3.8	6.7	-	-	-	41.9	2.2	-
1997	8.8	6.9	2.5	5.8	-	-	-	-	13.6	11.5	15.1	-
1998	7.7	1.6	8.6	6.5	7.1	-	-	-	2.4	3.6	27.5	22.6
1999	7.1	12	14.6	-	-	-	-	-	-	-	7.3	8.9

ويبين الجدول (2) قيم شدة العواصف المطرية خلال زمن قدره 30 دقيقة (I_{30}) لسلسلة القيم المذكورة سابقاً.

الجدول (2): قيم شدة العواصف المطرية خلال زمن قدره 30 دقيقة، [inch / hour]

العام	كانون 2	شباط	آذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين 1	تشرين 2	كانون 1
1980	0	0.834	0.755	0	0.661	0.047	0	0	0.023	0.369	0	1.070
1981	1.054	0.739	0.511	0.873	0.338	0.149	0	0	0.330	0.519	1.101	0.668
1982	0	0.676	0.747	0.511	0.110	0.495	0.763	-	0.094	2.227	1.054	0.716
1983	0.432	0.566	1.070	0.724	0.527	0.110	0	0	0.480	0	0	0.676
1984	0	0	1.448	1.211	0	0	0	0	0	0	0	0
1985	1.817	0.543	0.472	0.834	0.228	0	0	0	0	1.101	0.881	0.480
1986	1.298	1.322	1.141	2.305	1.998	0.787	0	0	0.157	1.298	0.905	0.456
1987	1.274	0.676	1.133	0.314	1.023	0.6	0.558	0	0	1.235	2.195	2.502
1988	0.960	1.015	0.605	0.125	0.236	0.070	0	0.118	0	0.535	1.833	1.023
1989	0.826	0.550	0.968	0.157	1.574	0.243	0	0	0.322	1.943	1.337	0.668

0.487	0.157	0.975	0	0	0	1.314	0.393	0.173	0.582	0.653	0.613	1990
0.842	1.825	1.873	0	0	0	0	0.314	0	1.731	0.377	1.416	1991
0.834	0.440	0.818	0.204	0	0	0.259	1.086	0.472	0.495	0.613	0.472	1992
0	0.251	0.362	0	0	0	0	0.826	0.157	1.164	0.550	0.550	1993
0.377	0	1.849	0.070	2.864	0	0	2.518	0.480	0.582	0.920	0.653	1994
0.716	0.629	0.983	0	0	0	0	0.157	0	0.629	0	0	1995
0	0.173	3.297	0	0	0	0.527	0.299	0.739	0.834	0.440	0.968	1996
0	1.188	0.905	1.070	0	0	0	0	0.456	0.196	0.543	0.692	1997
1.778	2.164	0.283	0.188	0	0	0	0.558	0.511	0.676	0.125	0.605	1998
0.700	0.574	0	0	0	0	0	0	0	1.149	0.944	0.558	1999

ويبين الجدول (3) قيم كمية الطاقة الحركية (E) لسلسلة القيم المذكورة سابقاً.

الجدول (3): قيم كمية الطاقة الحركية للعواصف المطرية، [foot-tons per acre-inch]

العام	كانون 2	شباط	آذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين 1	تشرين 2	كانون 1
1980	0	889.9	875.6	0	856.5	476.5	0	0	373.7	772.7	0	925.7
1981	923.6	872.5	819.5	896.5	760.1	642.3	0	0	756.6	821.7	929.9	858.0
1982	0	859.7	874.1	819.5	598.7	814.9	877.1	0	576.1	1031.1	923.6	867.9
1983	795.3	834.2	925.7	869.6	823.9	598.7	0	0	810.5	0	0	859.7
1984	0	0	969.2	943.5	0	0	0	0	0	0	0	0
1985	1001.8	828.2	808.1	889.9	703.5	0	0	0	0	929.8	897.7	810.4
1986	953.5	956.1	935.0	1036.0	1015.5	881.6	0	0	649.8	953.5	901.7	803.1
1987	950.8	859.7	934.0	749.5	919.3	842.6	832.1	0	0	964.3	1029.0	1047.8
1988	910.1	918.1	843.8	617.1	708.4	533.7	0	608.8	0	826.1	1003.1	919.2
1989	888.5	830.1	911.3	649.8	981.2	712.6	0	0	753.1	1011.5	957.7	858.0
1990	845.6	854.7	838.2	663.8	781.7	955.3	0	0	0	912.4	649.8	812.5
1991	966.0	775.8	994.9	0	749.5	0	0	0	0	1006.2	1002.5	891.2
1992	808.1	845.6	814.9	808.1	927.9	721.8	0	0	687.5	887.1	798.0	889.9
1993	830.1	830.1	937.8	649.8	888.5	0	0	0	0	769.9	717.3	0
1994	854.7	904.0	838.2	810.5	1048.7	0	0	1067.3	533.7	1004.4	0	775.7
1995	0	0	849.4	0	649.8	0	0	0	0	913.5	849.4	867.9
1996	911.3	798.0	889.9	872.5	742.4	823.9	0	0	0	1087.5	663.8	0
1997	863.1	828.2	681.6	803.1	0	0	0	0	925.7	901.7	940.8	0
1998	843.8	617.1	859.7	819.4	832.1	0	0	0	675.7	734.5	1027.0	998.7
1999	832.1	907.7	936.0	0	0	0	0	0	0	0	836.2	864.7

تكون قيمة عامل الهطل المطري (R) عبارة عن القيمة المتوسطة لمجموع نواتج ($E.I_{30}$):

$$R = \frac{\sum(E.I_{30})}{(20 \times 12)} = \frac{118785}{240} \approx 495$$

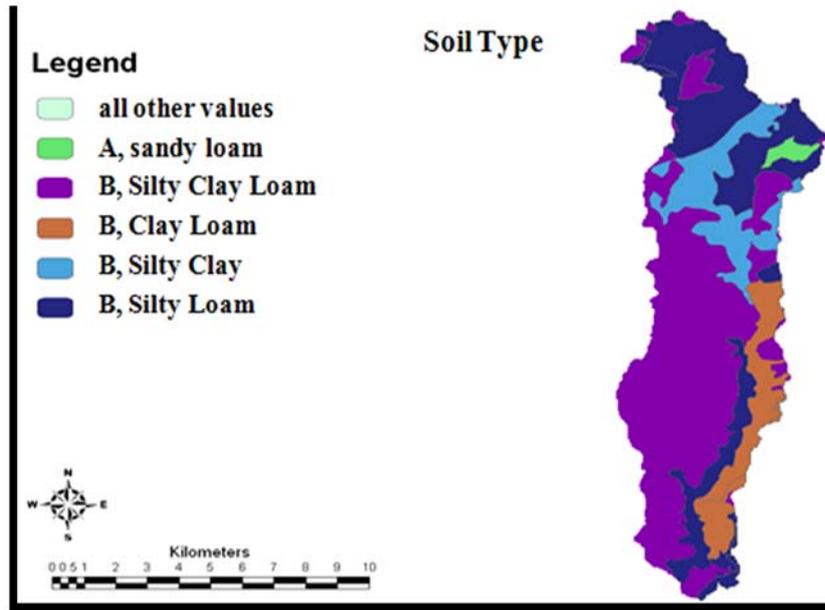
2-2- عامل قابلية التربة للانجراف (K):

يُعتبر عامل قابلية التربة للانجراف (K) بمثابة مقياس لمقاومة سطح التربة للانجراف ويُعرّف بأنه كمية فقد التربة (طن من كل فدان في العام)، وذلك بالنسبة لأرض محروثة مُراحة من الزراعة بميل قياسي قدره (9%) وطول قياسي قدره (72.6 قدم) أي 22.13 متر، وهو يرتبط بكل من قوام التربة وكمية المادة العضوية في التربة، وبحسب المعادلة العامة لفقد التربة ($USLE$)، يبين الجدول (4) قيم عامل تآكل التربة (K) وذلك تبعاً لتأثير قوام التربة وكمية المادة العضوية في التربة.

الجدول (4): قيم عامل تآكل التربة (K) تبعاً لتأثير قوام التربة وكمية المادة العضوية في التربة، [3]

Soil Texture	Organic Matter Content (%)		
	0.5	2	4
Very Fine Sand	0.42	0.36	0.28
Loamy Very Fine Sand	0.44	0.38	0.30
Very Fine Sandy Loam	0.47	0.41	0.33
Sandy Loam	0.27	0.24	0.19
Fine Sand	0.16	0.14	0.10
Loamy Sand	0.12	0.10	0.08
Silty Loam	0.48	0.42	0.33
Clay Loam	0.28	0.25	0.21
Silty Clay Loam	0.37	0.32	0.26
Silty Clay	0.25	0.23	0.19

للتعرف على أنواع وتوزيع الترب المنتشرة في حوض زغارو، قُمتُ برسم خريطة لأنواع الترب وتوزيعها في الحوض المدروس بعد الاستفادة من خريطة رقمية ($soil\ type$) لترب حوض الساحل من إعداد الهيئة العامة للاستشعار عن بعد في محافظة اللاذقية، كما يظهر في الشكل (6).



الشكل (6): خريطة لأنواع الترب وتوزعها في حوض نهر زغارو

اعتماداً على الجدول (4) فمنا بحساب قيم عامل تآكل التربة (K) لكل مساحة جزئية من الحوض المدروس، ورتبنا النتائج في الجدول (5) والذي يحوي أيضاً أنواع الترب المنتشرة وكذلك كمية المادة العضوية في كل مساحة جزئية، وحصلنا على قيم المادة العضوية من خلال مقاطع للتربة مُنفذة في حوض زغارو من قبل كيبو وزملاؤه. [1]

الجدول (5): قيم عامل تآكل التربة (K) للمساحات الجزئية من الحوض.

رقم المساحة الجزئية (i)	المساحة الجزئية A_i (m ²)	نوع التربة (Soil Type)	كمية المادة العضوية (%)	عامل (k_i)	الجداء ($k_i * A_i$)
1	1144978	A, sandy loam	2.85	0.219	250750.182
2	38502853	B, silty clay loam	2.75	0.298	11473850.2
3	7706888	B, Clay Loam	2.85	0.233	1795704.9
4	8654456	B, silty clay	1.45	0.237	2051106.07
5	22954839	B, silty loam	2.85	0.382	8768748.5
المجموع	78964014	-	-	-	24340159.9

فتكون القيمة الموزونة لعامل تآكل التربة على كامل مساحة حوض زغارو:

$$\bar{k} = \frac{\sum_{i=1}^n (k_i * A_i)}{\sum_{i=1}^n A_i} = \frac{24340159.9}{78964014} = 0.308 \text{ ton/acre/year}$$

2-3- عامل طول المنحدر (l):

يُعبّر عامل طول المنحدر عن تأثير أطوال الانحدارات في الحوض على الانجراف المائي للتربة، ويُعرّف بأنه نسبة فقد التربة من الحوض المدروس بطول انحدار ما، إلى فقد التربة الناتج من حوض قياسي بطول انحدار قدره (72.6 foot) أي (22.13 meter). [3]

$$l = \left(\frac{\lambda}{22.13} \right)^m$$

تُحسب قيمة هذا العامل من العلاقة:

حيث إن:

λ : طول الانحدار (meter).

m : المعامل الأسّي ويأخذ القيمة 0.5 من أجل ميل وسطي أكبر أو يساوي 5% ، القيمة 0.4 من أجل ميل وسطي يتراوح بين 3.5%-4.5% ، القيمة 0.3 من أجل ميل وسطي يتراوح بين 1%-3% ، والقيمة 0.2 من أجل ميل وسطي أصغر من 1%. [3]

$$I_{mean} = 0.1208 \frac{m}{m} = 12.08 \% \quad \text{لدينا قيمة الميل الوسطي لحوض زغارو:}$$

فتكون قيمة المعامل الأسّي: $m = 0.5$

إن حساب أطوال الانحدارات في حوض ما هو أمر معقد وصعب للغاية، ويكون عادة الطول الفعلي المُشارك بالجرف أقصر بكثير من طول المنحدر، وتُعطى المعادلة العامة أفضل النتائج عند أطوال تتراوح ضمن المجال 16-100 meter/ ، بينما تعطي نتائج أقل دقة عند أطوال خارج هذا المجال. [4]

بالنسبة لحوض زغارو، نلاحظ انتشار كثيف للمدرجات في المناطق الزراعية، حيث تعمل هذه المدرجات على التخفيف من تأثير طول وشدة الانحدار على الانجراف المائي للتربة، لذلك قُمنّا بحساب قيم عامل طول المنحدر l_i عند الأطوال 16-75 meter/ : λ_i ، كما يبين الجدول (6).

الجدول (6): نتائج حساب قيم عامل طول المنحدر (l_i) في حوض زغارو

معامل الطول (l_i)	طول الانحدار (λ_i)	معامل الطول (l_i)	طول الانحدار (λ_i)	معامل الطول (l_i)	طول الانحدار (λ_i)
16	0.8503	36	1.2754	56	1.5908
17	0.8765	37	1.2930	57	1.6049
18	0.9019	38	1.3104	58	1.6189
19	0.9266	39	1.3275	59	1.6328
20	0.9507	40	1.3444	60	1.6466
21	0.9741	41	1.3611	61	1.6603
22	0.9971	42	1.3776	62	1.6738
23	1.0195	43	1.3939	63	1.6873
24	1.0414	44	1.4101	64	1.7006
25	1.0629	45	1.4260	65	1.7138

26	1.0839	46	1.4417	66	1.7270
27	1.1046	47	1.4573	67	1.7400
28	1.1248	48	1.4728	68	1.7529
29	1.1447	49	1.4880	69	1.7658
30	1.1643	50	1.5031	70	1.7785
31	1.1836	51	1.5181	71	1.7912
32	1.2025	52	1.5329	72	1.8037
33	1.2211	53	1.5476	73	1.8162
34	1.2395	54	1.5621	74	1.8286
35	1.2576	55	1.5765	75	1.8409

تكون القيمة الموزونة لعامل طول المنحدر في حوض زغارو:

$$l = \frac{\sum(l_i * \lambda_i)}{\sum l_i} = \frac{4131.009}{2730} = 1.513$$

2-4- عامل ميل المنحدر (S):

يُعبّر هذا العامل عن تأثير شدة انحدار الحوض على الانجراف المائي للتربة، ويُعرّف عامل ميل المنحدر بأنه نسبة فقد التربة من الحوض المدروس بالميل الوسطي المُحدّد، إلى فقد التربة الناتج من حوض بميل قياسي قدره (9%). [3]

وفقاً للمعادلة العالمية لفقد التربة (USLE)، يُحسب هذا العامل من العلاقة:

$$S = (65.41 \sin^2 \theta + 4.56 \sin \theta + 0.065)$$

من دراسة الخواص المورفومترية والهيدرولوجية للحوض المدروس باستخدام برنامج (WMS 7.1)، لدينا قيمة

الميل الوسطي لهذا الحوض:

$$I_{mean} = 0.1208 \frac{m}{m} = 12.08 \%$$

إن قيمة زاوية ميل المنحدر:

$$\theta = \arctan(0.1208) = 6.9 \text{ درجة}$$

فتكون قيمة عامل الميل في حوض زغارو:

$$S = [65.41 \sin^2(6.9) + 4.56 \sin(6.9) + 0.065] = 1.556$$

2-5- عامل إدارة المحصول (C):

يُعرّف عامل إدارة المحصول بأنه نسبة فقد التربة الناتج عن وجود الغطاء النباتي والخدمات التي يحتاجها، إلى

فقد التربة الناتج عن إراحة الأرض من الزراعة. [3]

للتعرف على استعمالات الأراضي المنتشرة في المنطقة المدروسة، فُمنّا برسم خريطة استعمال الأراضي على مساحة الحوض المدروس بعد الاستفادة من خريطة رقمية لحوض الساحل (Land USE) من إعداد الهيئة العامة للاستشعار عن بعد في محافظة اللاذقية، كما في الشكل (7).



الشكل رقم (7): خريطة استعمال الأراضي (Land Use) على مساحة حوض زغارو

يرتبط عامل إدارة المحصول (C) بعدة عوامل وأهمها درجة نمو الصنف النباتي المدروس، مساحة التغطية بالنبات، حجم أوراقه، حجم المجموع الجذري له وكثافة زراعة النبات في واحدة المساحة، ويأخذ قيم تتراوح ما بين $1/0.0001$ - [3].
 قُمنّا بتقدير قيم عامل إدارة المحصول (C) للاستعمالات المختلفة للأراضي في حوض زغارو، استناداً للمعادلة العامة لفقد التربة ($USLE$) بعد معاينة أراضي المنطقة المدروسة، كما يظهر في الجدول (7).

الجدول (7): قيم عامل إدارة المحصول (C) في حوض زغارو

استعمال الأرض (Land Use)	عامل (C)
الغابات المغلقة (Closed Forest)	0.0002
الغابات المفتوحة (Open Forest)	0.0007
الماكي المغلق (Closed Maki)	0.002
الجنيبات (Shrubs)	0.007
الأشجار المثمرة (Fruit Trees)	0.02
الزيتون (Olives)	0.04
المحاصيل (Field Crops)	0.1
الأراضي الجرداء (Fallow)	1

اعتماداً على الجدول رقم (7)، نستنتج قيم العامل (C) للاستعمالات المختلفة للأراضي في حوض زغارو ونُلخّص النتائج في الجدول (8).

الجدول (8): قيم العامل (C) للاستعمالات المختلفة للأراضي في المنطقة المدروسة.

نوع استخدام التربة (Land Use)	المساحة (m ²)	العامل (C)
Closed forest	49084030	0.0002
open forest	4019268	0.0007
Fruit trees	994947	0.02
Closed maki	1437145	0.002
fruit trees and open forest	2297853	0.01035
Olives and open forest	315856	0.02035
shrubs and open forest	2116236	0.00385
Olives and field crops	9325650	0.07
fruit trees and field crops	9373029	0.06

وتكون القيمة الموزونة لعامل إدارة المحصول على كامل مساحة حوض زغارو:

$$\bar{C} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (C_i * A_i)}{\sum_{i=1}^{i=n} (A_i)} = \frac{1288938.72}{78964014} = 0.0163$$

2-6- عامل السيطرة العملية على الانجراف (P):

يُعرّف عامل السيطرة العملية على الانجراف، بأنه نسبة فقد التربة عند استخدام إجراء معين أو أكثر للسيطرة على انجراف التربة، إلى فقد التربة الناتج عن الزراعة مع عدم وجود أي من هذه الإجراءات. [3]

بالنسبة لحوض زغارو، نلاحظ انتشار المدرجات المنفّذة بشكل متوازٍ مع خطوط المناسيب (contour-farmed terraced fields) على الحقول الزراعية في المناطق شديدة الانحدار، حيث تعمل هذه المدرجات على التخفيف من تأثير طول وشدة الانحدار على الانجراف المائي للتربة وتظهر هذه المدرجات في الصورة الجوية المأخوذة من (Google earth) في الشكل (8)، أمّا على الحقول الزراعية في المناطق قليلة الانحدار فنلاحظ اتباع نمط الزراعة الكنتورية (Contour Farming)، أي زراعة الحقول بعد حراثة التربة فيها على شكل صفوف متوازية مع خطوط المناسيب للتقليل من انجراف التربة، كما تُظهر الصورة الجوية المأخوذة من Google earth في الشكل (9).



الشكل (9): الزراعة الكنتورية على الأراضي المنبسطة

الشكل (8): المدرجات الكنتورية على السفوح الجبلية

وفقاً للمعادلة العالمية لفقد التربة ($USLE$)، يرتبط عامل السيطرة العملية على الانجراف مع الميل الوسطي للحوض وبأخذ القيم ذاتها بالنسبة للأراضي الزراعية التي تنتشر عليها المدرجات المتوازية مع خطوط الكنتور وكذلك بالنسبة للأراضي التي تستخدم نمط الزراعة الكنتورية، الجدول (9).

الجدول (9): قيم عامل السيطرة العملية على الانجراف في حالة استخدام المدرجات الكنتورية أو الزراعة الكنتورية، [3]

الميل الوسطي للحوض (%)	قيم عامل (P)
1-2	0.60
3-8	0.50
9-12	0.60
13-16	0.70
17-20	0.80
21-25	0.90

من دراسة الخواص المورفومترية والهيدرولوجية للحوض المدروس باستخدام برنامج (WMS 7.1)، لدينا قيمة

الميل الوسطي لهذا الحوض:

$$I_{mean} = 0.1208 \frac{m}{m} = 12.08 \%$$

وبالتالي تكون قيمة عامل السيطرة العملية على التآكل المُقابلة لقيمة الميل الوسطي للحوض المدروس وذلك

بالتوسط الداخلي من الجدول (6):

$$p = 0.608$$

وبعد الحصول على قيم عوامل المعادلة العالمية لفقد التربة ($USLE$)، يكون المعدل السنوي للرواسب الناتجة

من الانجراف المائي لتربة حوض نهر زغارو:

$$\begin{aligned} A &= R * K * I * S * C * P \\ &= 495 * 0.308 * 1.513 * 1.556 * 0.0163 * 0.608 \\ &= 3.557 \text{ ton/acre/year} \\ &= 8.789 \text{ ton/hectare/year} \end{aligned}$$

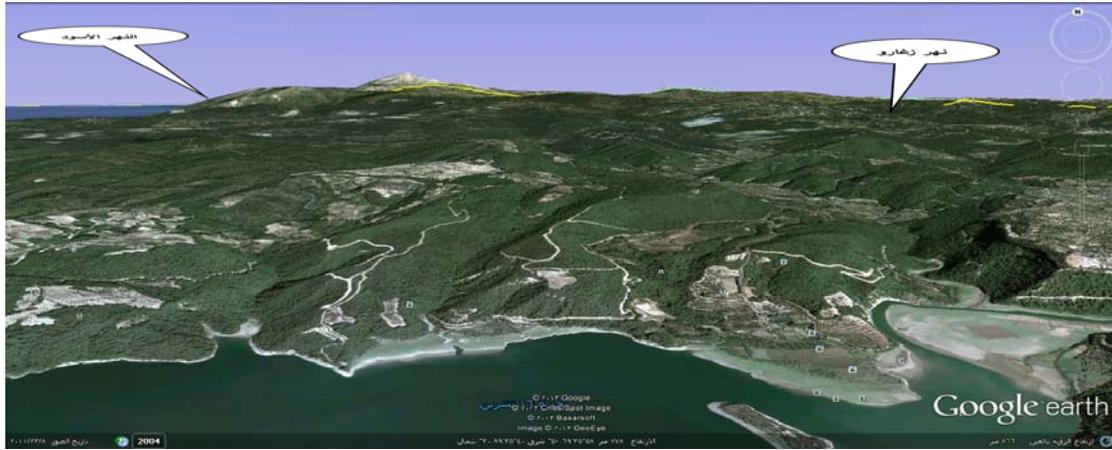
بالتالي تكون الكمية الإجمالية السنوية للرواسب الناتجة من الانجراف المائي لتربة حوض نهر زغارو:

الكمية الإجمالية = المعدل السنوي * المساحة الإجمالية للحوض الساكب بالهكتار

$$A_{total} = A * AREA = 8.789 * 7896.4 \approx 69401 \text{ ton}$$

3- قياس كمية الرواسب المنقولة في مياه النهر الأسود وتقديرها في نهر زغارو:

تعد إجراء تجارب قياس كميات الرواسب المنقولة في نهر زغارو نتيجة للظروف السائدة في المنطقة، وُقمنّا بتنفيذها في النهر الأسود قبل مصبّه في بحيرة 16 تشرين عند موقع جسر الزهراء، مع العلم أن الحوض الساكب للنهر الأسود يُجاور تماماً الحوض الساكب لنهر زغارو، ويظهر ذلك في الصورة الجوية المأخوذة من Google earth في الشكل رقم (10)، ومن ثمّ قُمنّا بتقدير كميات الرواسب المنقولة في نهر زغارو اعتماداً على نتائج القياس في النهر الأسود، وذلك بعد حساب نسبة التشابه الخاصة بالانجراف المائي مابين الحوضين الساكبين للنهرين.



الشكل رقم (10): صورة جوية من Google earth تُظهر حوضي نهر زغارو والنهر الأسود.

لذلك قُمنّا بحساب تلك العوامل في حوض النهر الأسود مُستخدمين نظام المعلومات الجغرافي ARCGIS 9.2 وتُلخّص ذلك:

1- عامل الهطل المطري (R): نعطي لهذا العامل قيمة مماثلة لقيّمته في حوض زغارو، وذلك باعتبار أن الحوضين الساكبين للنهرين متجاوران ويتشابهان هيدرولوجياً.

$$R = 495$$

2- عامل تآكل التربة (K):

تنتشر على كامل مساحة حوض النهر الأسود تربة من النوع silty clay loam، وتحتوي كمية من المادة العضوية قدرها 2.75%، وتُلخّص حساب هذا العامل في الجدول (10).

الجدول (10): قيمة عامل تآكل التربة (K) في حوض النهر الأسود

المساحة الإجمالية A (m ²)	نوع التربة (Soil Type)	كمية المادة العضوية (%)	العامل (k) ton/ acre/year
17866838	silty clay loam	2.75	0.298

3- عامل طول المنحدر (L):

إن حوض النهر الأسود يتميز بأنه أقل انحداراً وتزداد فيه أطوال المنحدرات بالمقارنة مع حوض زغارو وبالتالي يُمكننا حساب عامل طول المنحدر ضمن هذا الحوض من أجل قيم الأطوال: /16-100 meter/، وتُلخص الحساب:

$$l = \frac{\sum(l_i * \lambda_i)}{\sum l_i} = \frac{8529.1217}{4930} = 1.730$$

4- عامل ميل المنحدر (S):

قُمنَا برسم خريطة الميول في حوض النهر الأسود، الشكل (11)، وكان لدينا الميل الوسطي لهذا الحوض:

$$I_{mean} = 0.0916 \frac{m}{m} = 9.16 \%$$

وبالتالي تكون قيمة زاوية ميل المنحدر:

$$\theta = \arctan(0.0916) = 5.2 \text{ درجة}$$

وإن قيمة عامل الميل في حوض زغارو:

$$S = [65.41 \sin^2(5.2) + 4.56 \sin(5.2) + 0.065] \\ = 1.015$$

5- عامل إدارة المحصول (C):

قُمنَا برسم خريطة استعمال الأراضي (Land Use) على مساحة حوض نهر زغارو، كما في الشكل (12)، وقَدَرْنَا قيم عامل إدارة المحصول (C) للاستعمالات المختلفة للأراضي في حوض النهر الأسود، ومن ثم حساب القيمة الموزونة لهذا العامل على كامل مساحة حوض النهر الأسود، وتُلخص الحساب:

$$\bar{C} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (C_i * A_i)}{\sum_{i=1}^{i=n} (A_i)} = \frac{227406.352}{17866838} = 0.0127$$

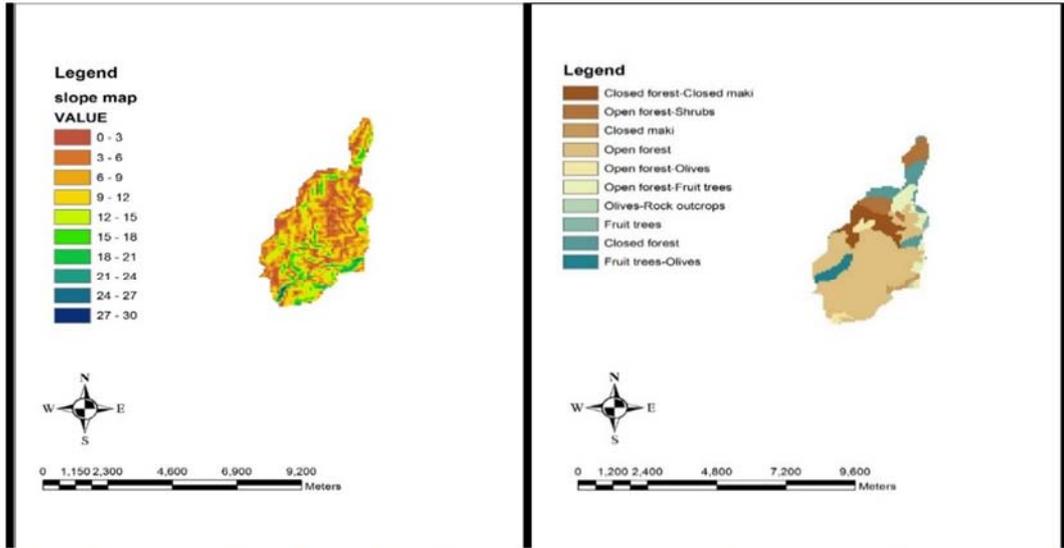
6- عامل السيطرة العملية على الانجراف (P):

إن قيمة الميل الوسطي لحوض النهر الأسود:

$$I_{mean} = 0.0916 \frac{m}{m} = 9.16 \%$$

وبالتالي تكون قيمة عامل السيطرة العملية على التآكل المُقابلة لقيمة الميل الوسطي للحوض المدروس وذلك

$$p = 0.6 \quad \text{وفقاً للمعادلة العامة لفقد التربة:}$$



الشكل (12)، خريطة استعمال الأراضي في حوض النهر الأسود

الشكل (11)، خريطة الميول في حوض النهر الأسود

تكون نسبة التشابه الخاصة بالانجراف المائي ما بين الحوضين الساكبين لنهر زغارو والنهر الأسود:

$$\frac{945 \times 0.308 \times 1.513 \times 1.556 \times 0.0163 \times 0.608}{945 \times 0.298 \times 1.730 \times 1.015 \times 0.0127 \times 0.6} = 1.802$$

من أجل دراسة جريان المياه في نهر زغارو، اعتمدنا على قيم التدفقات الوسطية الشهرية وقيم حجوم الجريان الوسطية الشهرية الواردة في نهر زغارو، كما يبين الجدول (11)، وحصلنا على هذه القيم من مديرية الموارد المائية في محافظة اللاذقية، وهي تتوافق بشكل كبير مع واقع الجريان في نهر زغارو وذلك باعتبار أن هذا النهر موسمي حيث يحصل جريان المياه فيه خلال الأشهر الماطرة بعد حدوث العواصف المطرية وخاصة في أشهر الشتاء والربيع بينما يكون النهر جافاً في بعض الأشهر من السنة.

الجدول (11): قيم التدفقات الوسطية الشهرية وحجوم الجريان الوسطية الشهرية الواردة في نهر زغارو

الواحدة	أيلول	تشرين 1	تشرين 2	كانون 1	كانون 2	شباط	آذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب
m^3/sec	0	0	0.35	0.53	1.37	1.41	1.85	0.80	0.59	0.44	0	0
$M.m^3$	0	0	0.90	1.41	3.66	3.41	4.95	2.07	1.58	1.14	0	0

يكون التدفق الوسطي السنوي للمياه الواردة في نهر زغارو عبارة عن المتوسط الحسابي للتدفقات الوسطية الشهرية في النهر:

$$Q = \frac{\sum_{i=1}^{12} (Q \text{ month})}{12} = 0.61 m^3/sec$$

أما كمية الوارد الكلي السنوي للمياه الواردة في النهر فهي عبارة عن مجموع حجوم الجريان الوسطية الشهرية الواردة في النهر:

$$V = \sum_{i=1}^{12} (V \text{ month}) = 19.12 \text{ Million. } m^3$$

نُورد في الجدول (12) نتائج التجارب التي أجريناها لقياس تراكيز المواد الصلبة المعلقة (*Suspended Load*) في النهر الأسود وذلك في حالات العكارة المختلفة في المياه الواردة، وكذلك القيم المُستنتجة لتراكيز المواد الصلبة المعلقة في نهر زغارو بعد الضرب بنسبة التشابه الخاصة بالانجراف المائي ما بين الحوضين الساكبين للنهرين والتي بلغت (1.802).

الجدول (12): نتائج تجارب قياس المواد الصلبة المعلقة.

حاله المياه الواردة عند إجراء القياس	تاريخ القياس	رقم العينة	الحجم الكلي المرشح من العينة (ml)	الوزن الكلي للمواد الصلبة المعلقة ضمن الحجم الكلي المرشح (gr)	تركيز المواد الصلبة المعلقة المُقاسة في النهر الأسود $S_i (gr/m^3)$	تركيز المواد الصلبة المعلقة في نهر زغارو $S_i (gr/m^3)$	التركيز المتوسط للمواد الصلبة المعلقة في نهر زغارو $S_i (gr/m^3)$
مياه خفيفة العكارة	2013/3/23	1	1494	0.2716	182	328	325
		2	1497	0.2666	178	321	
مياه متوسطة العكارة	2013/4/10	1	1497	0.8712	582	1049	987
		2	1495	0.7668	513	924	
مياه عكرة	2013/4/18	1	1499	1.8639	1243	2240	2258
		2	1494	1.8865	1263	2276	

بأخذ المتوسط الحسابي لتراكيز المواد الصلبة المعلقة في حالات العكارة الثلاث للمياه، يكون التركيز الوسطي للمواد الصلبة المعلقة في مياه نهر زغارو:

$$S = \frac{\sum_{i=0}^3 (S_i)}{3} = 1190 \text{ gr/m}^3 = 1.19 \text{ kg/m}^3$$

فتكون الكمية السنوية الكلية للمواد الصلبة المعلقة في مياه نهر زغارو عبارة عن جداء التركيز الوسطي للمواد

الصلبة المعلقة والوارد الكلي السنوي في نهر زغارو:

$$\text{Suspended Load} = 1190 * 19.12 \approx 22753 \text{ ton}$$

نُورد في الجدول (13) نتائج تجارب قياس تراكيز المواد المُتدرجة على القاع (*Bed load*) في النهر الأسود، وكذلك القيم المُستنتجة لتراكيز المواد المُتدرجة على القاع في نهر زغارو بعد الضرب بنسبة التشابه الخاصة بالانجراف المائي ما بين الحوضين الساكبين للنهرين.

الجدول (13): نتائج تجارب قياس المواد المتدرجة على القاع.

حاله المياه الواردة في النهر عند إجراء القياس	تاريخ القياس	رقم العينة	فترة القياس (min)	الكتلة الجافة الملتقطة خلال فترة القياس (gr)	تركيز المواد المتدرجة على القاع في وحدة العرض من المجرى النهري [gr / (m.sec)]	عرض المجرى (m)	تركيز المواد المتدرجة على القاع في النهر الأسود B_i (gr / sec)	تركيز المواد المتدرجة على القاع في نهر زغارو (gr / sec)	التركيز المتوسط للمواد المتدرجة على القاع في نهر زغارو (gr / sec)
مياه خفيفة العكارة	2013/3/23	1	30	427	3.11	6	19	34	36
		2	30	471	3.43	6	21	38	
مياه متوسطة العكارة	2013/4/10	1	30	946	6.90	7	48	86	93
		2	30	1081	7.88	7	55	99	
مياه عكرة	2013/4/18	1	30	1419	10.35	9	93	168	177
		2	30	1570	11.45	9	103	186	

بأخذ المتوسط الحسابي لتركيز المواد المتدرجة على القاع في الحالات الثلاث لورود المياه، يكون التركيز الوسطي للمواد المتدرجة على القاع في نهر زغارو:

$$B = \frac{\sum_{i=0}^3 (B_i)}{3} \approx 102 \text{ gr / sec}$$

إن الكمية السنوية الكلية للمواد المتدرجة على القاع في نهر زغارو (حيث يستمر الجريان لمدة ثمانية أشهر فقط تُعادل 242 يوماً):

$$\text{Bed load} = 102 * 242 * 24 * 3600 \approx 2133 \text{ ton}$$

إن الكمية الإجمالية للرواسب المنقولة في مياه نهر زغارو كنتاج مجموع كميتين المواد المعلقة في المياه والمواد المتدرجة على القاع:

$$\text{Total Load} = 22753 + 2133 = 24886 \text{ ton}$$

نحسب النسبة ما بين الكمية الإجمالية للرواسب المنقولة في المياه والكمية الإجمالية للرواسب الناتجة من الانجراف المائي لتربة حوض نهر زغارو:

$$\frac{\text{Total Load}}{A_{\text{total}}} = \left(\frac{24886}{69401} \right) * 100 \approx 36\%$$

نلاحظ أن كمية الرواسب المنقولة في نهر زغارو تُشكّل حوالي 36% من الكمية الإجمالية السنوية للرواسب الناتجة من الانجراف المائي لتربة حوض نهر زغارو، وهذه الكمية تُشكّل القيمة الفعلية للرواسب التي تصل إلى بحيرة سد 16 تشرين عن طريق مياه النهر.

الاستنتاجات والتوصيات:

- 1- إن الانجراف المائي للتربة في حوض زغارو يؤدي إلى إنتاج كمية من الرواسب تصل سنوياً إلى حوالي (69401 ton) .
- 2- تبلغ الكمية السنوية المقاسة من الرواسب المنقولة في مياه نهر زغارو والتي تصل إلى بحيرة سد 16 تشرين حوالي (24886 ton)، الأمر الذي يؤدي إلى تناقص الطاقة التخزينية لبحيرة السد، وهذا يستدعي إيجاد الحلول المناسبة من أجل التقليل من هذه الكمية والتخفيف من تأثيرها السلبي.
- 3- إنشاء محطات خاصة لقياس كميات الرواسب المنقولة في النهر ومحطات لقياس التدفق مع ردف هذه المحطات بعناصر فنية مؤهلة.
- 4- المحافظة على الغطاء النباتي كونه المفتاح الأساسي للحد من الانجراف المائي للتربة.
- 5- إنشاء المزيد من المدرجات وخاصة في المناطق الشديدة الانحدار.
- 6- استخدام الزراعة الشرائحية كإحدى الوسائل للحد من الانجراف المائي للتربة.
- 7- استخدام تقنيات الاستشعار عن بعد في قياسات الانجراف، والتوسع في مجال دراسة الانجراف المائي لإيجاد المعادلات الرياضية الملائمة لظروف بلادنا بشكل عام والمنطقة الساحلية بشكل خاص.
- 8- أخذ الحيطة في أثناء شق الطرق وغيرها من الأعمال الهندسية الأخرى وذلك للحفاظ على التربة.

المراجع:

- 1- كيبو، عيسى وزملاؤه. دراسة أولية لتصنيف أترية محافظة اللاذقية وفقاً لشدة انجرافها وذلك باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد، مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية، 1997.
- 2- نيسافي، ابراهيم. مساهمة في دراسة انجراف التربة وتغيرات محتواها من المادة العضوية والعناصر المختلفة تحت المنظومات الثلاث /غابات، غابات محروقة، تربة مزروعة/ تحت ظروف المنطقة الساحلية، رسالة ماجستير في العلوم الزراعية، بإشراف أ.د. عيسى نور الدين كيبو، جامعة تشرين، 1997.
- 3- WISHHMEIR, W.H ; D.D.SMITH. *Predicting Rainfall Erosion Losses - "A Guide to Conservation Planning"*, United States Department of Agriculture, Agriculture Handbook No 537, 1987.
- 4- WOLF, S. *Bodenerosion als function veränderter Landnutzungsstruktur-Modellierung der Entwicklung am Beispiel der Nationalparkregion sächsische schweiz*, Technische Universität Dresden, Dresden, 30. Janur 2006.
- 5- FAO,UNEP,UNESCO , Provisional Map of soil degradation des Pisks, Scale:1:5000 , 1980.
- 6- GER VERSTAETEN and LAN P.PROSSER <www.sciencedirect.com> 18 May 2007 .199-212.
- 7- SHANNON K. HAYES; DAIVED R. MONTGOMERY and CHRISTOPHER G. Newhall <www.sciencedirect.com> 9.10.2001.