تقييم الناتج الرسوبي في حوض وادي الجرذان جنوب الأردن

علي حمدي أبوسليم(*)

ملخص: تهدف هذه الدراسة إلى تقييم حجم الناتج الرسوبي لوادي الجرذان من خلال تحليل المتغيّرات الجيومورفولوجية ذات العلاقة الوطيدة بديناميكية تشكل الحمولة الرسوبية في الحوض، وما يطرأ عليها من تغيرات كميّة تحددها تلك المتغيّرات، وأهم هذه المتغيّرات: التصريف المائي، والخصائص المورفومترية لشبكة التصريف المائي، ومورفولوجية السطح.

واعتمدت الدراسة في منهجيتها على التحليل الرياضي الذي يوضح العلاقة بين التصريف المائي للوادي وناتجه الرسوبي، كما طبقت معادلات رياضية لقياس حجم الرواسب المتراكمة في بحيرة السد خلال الفترة (2001/ 2002 – 2011/2010). وقيست معظم القيم في هذه المعادلات ميدانياً.

وقد توصلت الدراسة إلى نتائج عدّة، منها: تزايد حجم الناتج الرسوبي بشكل مطرد بالاتجاه نحو منطقة المصب؛ نتيجة للزيادة الحاصلة في كميّة التصريف المائي؛ فقد راوح معدل الحمولة العالقة بين (435 ملغم / لتر) في الحوض الأعلى، و(662,5 ملغم/لتر) في الحوض الأدنى، كما دلّ المعامل الهبسومتري على طبوغرافية متضرّسة وعرة؛ مما يزيد من احتمالية تزايد النشاط الحتي والناتج الرسوبي للوادي في الفترات الرطبة. كما أظهرت نتائج الدراسة التأثير السلبي للناتج الرسوبي على السعة التخزينية لبحيرة السد؛ إذ راوح معدل التناقص في السعة بين (1800 و 6390) م^3 خلال الفترة من (2001/2002 – 2010/2011).

المصطلحات الأساسية: وادي الجرذان، الناتج الرسوبي، التصريف المائي، شبكة التصريف المائي.

(*) أستاذ مشارك، قسم الجغرافيا، كلية العلوم التربوية، جامعة الحسين بن طلال، الأردن.
alihamdaaaa@yahoo.com.

المقدمة:

تعاني الأحواض النهرية في البيئات الجافة في ظل محدودية مواردها الأرضية كثيراً من المشكلات الطبيعية ذات العلاقة الوطيدة بعمليات الحت والإرساب النهري Erosion and deposition.

وتعدُّ الزيادة المستمرة في حجم الناتج الرسوبي[1] في تلك الأحواض، أبرز تلك المشكلات، وترتبط هذه الزيادة بمدى فاعلية عملية الحت المائي لمواد السطح ومكونات التربة. وتعتمدُ هذه الفاعلية على مجموعة من المتغيّرات الجيوموفورلوجية التي تحددها خصائص الحوض Catchment properties (Higgitt, 1993; Walling,1994, 39-80; Poesen et al.,1996; Bazoffi et al., 1996, 519,528; Hurtrez, 1999)، وأهم هذه المتغيّرات: المناخ، والتربة، والغطاء النباتي، ومورفولوجية سطح الحوض Morphology Catchment, وخصائص شبكة التصريف المائي Drainage Network؛ بحيث يمكن أن تعزى التغيرات المكانية Spatial Variability في حجم الناتج الرسوبي إلى اختلاف خصائص تلك المتغيّرات؛ لذلك فإن تحليل الخصائص الطبيعية للحوض يشكل خطوة أساسية لفهم آلية تشكل الناتج الرسوبي في الأحواض النهرية.

إن ارتفاع حجم الناتج الرسوبي في الأحواض النهرية يلقي الضوء على شدّة عمليات الحت المائي وكثافتها، وتأثيرها المباشر على مكونات التربة، وحجم الفاقد منها (Vandaele & Poesen, 1995; Van Oost et al., 2000).

وتمثل عملية تقييم الناتج الرسوبي ذات أهمية بالغة في أغراض التخطيط عند إنشاء الخزانات المائية؛ بحيث يمكن زيادة عمرها الزمني وطاقتها الاستيعابية، كما أن قياس الناتج الرسوبي يساعد على فهم آثار استعمالات الأراضي والتغيرات المناخية Climatic Changes الحالية على الموارد الأرضية، كما أنه يُعد ضرورياً لتقييم الآثار المستقبلية المحتملة للتغيرات المناخية والبيئية وأثرهما على خصائص الأحواض النهرية في البيئات الجافة (Flaxman, 1972; Dearing, 1992; Lixian et al., 1996; Lu and Higgit, 1999).

(1) يقصد بالناتج الرسوبي: كميّة الحمولة العالقة التي تتحرك خارج الطبقة القاعية والمنقولة بوساطة النهر في فترة زمنية معينة.

ويُعد حوض الجرذان من الأحواض التي تعاني تزايداً مستمراً في حجم ناتجه الرسوبي، وما رافق ذلك من تدهور في موارده الأرضية، وانخفاض السعة التخزينية لبحيرة سد الجرذان لأكثر من (10%) من طاقتها الاستيعابية؛ نتيجة للتراكم المستمر للرواسب في بحيرة السد.

وقد انصبّ اهتمام الباحثين في مجال الجيومورفولوجيا في دراستهم لحجم الناتج الرسوبي على المنهج التجريبي وإعداد النماذج والمعادلات الرياضية التي توضح علاقة الناتج الرسوبي مع حجم التدفق المائي في المجاري المائية، كما قام الباحثون بالتنبؤ بحجم الناتج الرسوبي اعتماداً على التغيّرات التي تطرأ على العوامل الطبيعية المؤثرة في عملية الحت المائي التي تتعرض لها مواد السطح.

وقد رسّخ العديد من الباحثين هذا التوجه في دراستهم؛ فقد اعتمد جين وآخرون (Jain et al., 2010) في تقييمهم لحجم الناتج الرسوبي في حوض تشانكتي – Basin Chankuti الواقع ضمن مرتفعات هيمالايا Himalayah الهندية – على تطبيق المعادلة العالمية لقياس فقدان التربة Universal Soil Loss (USLE) Equation كمنطلق أساسي لتحديد حجم الناتج الرسوبي في الحوض، كما اعتمد الباحثون على نظم المعلومات الجغرافي Geographical Information (GIS) Systems للربط بين المتغيّرات المحددة لحجم الناتج الرسوبي في الحوض، وتوصلوا في دراستهم إلى وجود علاقة إيجابية بين حجم الناتج الرسوبي والطاقة الاستيعابية Capacity Energy للجريان المائي المتدفق ضمن شبكة التصريف المائي.

كما حاول ستيجن وآخرون (Stegen et al., 2010) تقييم الناتج الرسوبي في منطقة أنجني Anjeni الواقعة في شمال المرتفعات الإثيوبية .Ethiopian Highland وقد استخدم الباحثون نموذج سوات Soil and Water Assessment Tool Model (SWAT) للتنبؤ بحجم الناتج الرسوبي اعتماداً على متغيّرات تتعلق بالمناخ وحجم التصريف المائي، ودرجة الانحدار، والطبوغرافيا، وقد توصل الباحثون إلى وجود تقارب كبير بين المعلومات المقيسة والمعلومات التي وفرها هذا النموذج. كما أكدت هذه الدراسة الدور الجيومورفولوجي لحجم الجريان المائي والطبوغرافيا في تحديد حجم الناتج الرسوبي في الأراضي المرتفعة، وأن التغيرات الزمانية والمكانية

Spatial and Temporal في الناتج الرسوبي ترتبط ارتباطاً مباشراً بالمتغيّرات المؤثرة على انجراف التربة في الأحواض النهرية.

وقد جاءت دراسة يونج وآخرين (Young et al., 2010) لتؤكد العلاقة الإيجابية بين عملية انجراف التربة وحجم الناتج الرسوبي في الأحواض النهرية في منطقة اوشنسايد ليتورال شل Oceanside Littoral Cell في شمال سان ديقو. وأظهرت الدراسة أن حجم الناتج الرسوبي يزداد مع زيادة قوى النحت بفعل الجريان المائي وطاقته الاستيعابية على نقل الرواسب.

وانصبّ اهتمام زاهنج وآخرين (Zheng et al., 2007) على تحليل تأثير الغطاءِ النباتي Vegetation في حجم الناتج الرسوبي وعلاقته بالجريان المائي Run off في مناطق التلال المنحدرة ضمن حوض النهر الأصفر Yellow River Basin في شمال الصين North China، وأشارت الدراسة إلى أن ميكانيكية Mechanism عمل الغطاء النباتي في الحفاظ على التربة تكمن في قدرته على زيادة معدلات التسرب من الجريان المائي، وإعاقة سرعته؛ مما يُقلل من حجم الجريان المائي ويضعف من قدرته على نقل الرواسب؛ بحيث يقل معدل تركز الرواسب Sediment Concentration المنقولة بشكل كبير مع تناقص حجم الجريان دون القيمة الحرجة لنقل الرواسب Critical Value.

وأكد ليو (Lu et al., 2003) في دراسته لحجم الناتج الرسوبي في حوض يانجتز Yangtze الصيني، أن الناتج الرسوبي يزداد بشكل واضح في منطقة تصريف الحوض الأعلى Drainage Area Upstream؛ لزيادة حجم الجريان وقدرته الحتّية، كما أن النشاط الحتّي وحجم الناتج الرسوبي يزداد مع زيادة مساحة حوض التصريف لأثرها الإيجابي في زيادة حجم التصريف المائي مع زيادة المساحة الحوضية.

وبحث فيرستراتين وبويسن (Verstraten & Poesen, 2001) في العوامل المؤثرة على حجم الناتج الرسوبي لعدد من الأحواض النهرية في وسط بلجيكا Belgium باستخدام نموذج الانحدار المتعدد Multiple Regression.

وقد اعتمد الباحثان في قياس حجم الناتج الرسوبي على القياس الميداني للحمولة العالقة المنقولة والتصريف المائي من الأحواض النهرية Suspended Sediment Load and Water Discharge وتقدير حجم الناتج الرسوبي اعتماداً على

منحنيات معدل الرواسب Sediment Rating Curves، بالإضافة إلى قياس حجم الرواسب المترسبة في الحفر. كما أكدت الدراسة أن الاختلاف المكاني Spatial Variability في الناتج الرسوبي يعكس التغيّرات في خصائص الحوض.

وقيم الشريدة وآخرون (Al Sherideh, et al., 1999) تأثير الانزلاقات الأرضية Land Slides – التي تنشط على امتداد الطريق السريع الذي يربط مدينة عمان بمدينة إربد شمال الأردن – على زيادة حجم الناتج الرسوبي في سد الملك طلال، وقد توصلت الدراسة إلى أن الانهيارات الأرضية في منطقة تقسيم المياه Watershed للأحواض النهرية تسهم في زيادة حجم الناتج الرسوبي في بحيرة السد بنحو (14,5%).

وأخيراً قام كوردوفا وجونزاليز (C'ordova & Gonza'lez, 1997) بتقدير الناتج الرسوبي لعدد من الأحواض النهرية في فنزويلا اعتماداً على منحنى معدل الرواسب الذي يوضح العلاقة بين حجم تصريف الحمولة العالقة Suspended Sediment Discharge والتدفق النهري Stream Flow، وقد توصل الباحثان إلى وجود ارتباط قوي بين هذين المتغيرين.

وتعد هذه الدراسة استكمالاً لبعض الجوانب التي أغفلتها الدراسات السابقة؛ حيث تطرقت على نحو مفصل وشمولي للعديد من المتغيّرات الجومورفولوجية المحدّدة لحجم الناتج الرسوبي في الأحواض النهرية. وتطرقت الدراسة لديناميكية تشكل الناتج الرسوبي وما يرتبطُ به من متغيّرات ذات علاقة بالبيئة الحوضية للوادي.

مشكلة الدراسة وأهدافها:

تنبعُ مشكلة الدراسة مما يُشكله الناتج الرسوبي لوادي الجرذان من آثار سلبية على موارده الأرضية؛ مما يتطلب إجراء تقييم لحجم الناتج الرسوبي في الحوض من خلال تحليل عناصر البيئة الحوضية للوادي، وصولاً إلى تحديد المعطيات الجيومورفولوجية المحدّدة لحجم الناتج الرسوبي، ولا سيما أن هذه المعطيات تؤثر بشكل مباشر في ديناميكية تشكل الرواسب النهرية وحجم تدفقها في الروافد النهرية لشبكة التصريف المائي لوادي الجرذان؛ لذلك فإن هذه الدراسة، قد انصبت على تحقيق مجموعة من الأهداف ذات الصلة بموضوع الدراسة، وهي:

1 – تقييم حجم الناتج الرسوبي في وادي الجرذان، من خلال فحص وقياس

حجم التغير في حجم الناتج الرسوبي، تبعاً لاختلاف حجم التصريف المائي على امتداد مجرى الوادي واختلاف رتب مجاريه المائية.

2 – دراسة الخصائص المورفومترية لشبكة التصريف المائي للوادي، وتحديد أثرها في زيادة حجم الناتج الرسوبي، من خلال تحليل تأثيرها المباشر على هيدرولوجية الجريان المائي المتشكّل في روافد الشبكة، ومن أهم هذه الخصائص: المساحة الحوضية، والكثافة التصريفية، والرتبة النهرية.

3 – قياس حجم الناتج الرسوبي المتراكم في بحيرة سد الجرذان، خلال الفترة (2001/2002 – 2010/2011)، وربط نتائج هذه القياسات بالمتغيّرات الجيومورفولوجية المحدّدة لحجم الناتج الرسوبي.

منهجية الدراسة:

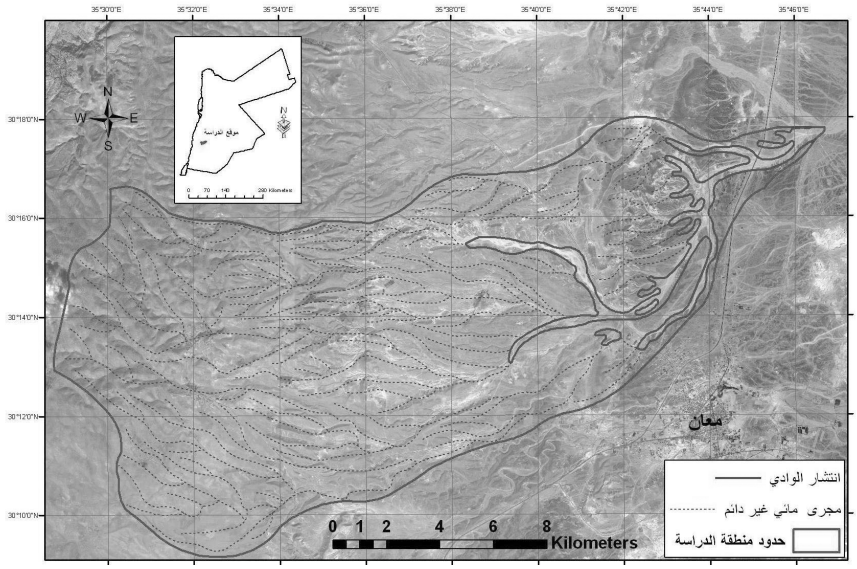
لتحديد صورة واضحة عن حجم الناتج الرسوبي في حوض وادي الجرذان، تعددت الأساليب المنهجية لتقييم حجم الناتج الرسوبي؛ فقد استخدم الأسلوب التحليلي الرياضي لتوضيح العلاقة بين التصريف المائي للوادي وناتجه الرسوبي، وتمثيل هذه العلاقة رياضياً من خلال معادلة خط الانحدار؛ بحيث تعكس دور التصريف المائي في زيادة حجم الناتج الرسوبي، كما يمكن التنبؤ رياضياً بحجم الناتج الرسوبي للوادي اعتماداً على التغيّر في حجم تصريفه المائي. وقد قيست القيم المتعلقة بهذه الدراسة ميدانياً. كما طبقت معادلات رياضية لقياس حجم الرواسب المتراكمة في بحيرة سد الجرذان خلال الفترة من (2001/2002 – 2010/2011)، واتّبع المنهج الاستنباطي لاستقصاء المعلومات الوصفية من خرائط التربة (1 – 100000) لعام 1993، والخرائط الجيولوجية (1 – 50000) لعام 2007، والصور الجوية (1 – 25000) لعام 2003، وصور الأقمار الصناعية سبوت (Spot (1- 250000 لعام 2010، كما استنبطت الخصائص المورفومترية من الخرائط الطبوغرافية (1–50000) لعام 2010، وربط هذه الخصائص بآلية تشكل الرواسب وتدفقها في وادي الجرذان، فيما أعدت الخرائط المتعلقة بموضوع الدراسة باستخدام نظم المعلومات الجغرافي (GIS).

منطقة الدراسة:

يقع حوض وادي الجرذان في الجزء الجنوبي الغربي من المملكة الأردنية الهاشمية، ويمتدّ بين خطّي الطول 83َ 35ْ و 74َ 35ْ شرقاً، ودائرتي العرض 60َ 30ْ

و 20َ 30ْ شمالاً، ويبلغ أقصى طول للحوض من الشرق إلى الغرب (30 كم)، أما مساحته الحوضية فتبلغ نحو (227,3 كم^2) (شكل1).

وتتصف البيئة الحوضية للوادي بالجفاف؛ حيث يقل معدل الأمطار عن (120 ملم)، ويرتفع الفاقد منها عن طريق التبخر إلى أكثر من (95%) من حجم التساقط المطري؛ نتيجة لسيادة الجفاف، وارتفاع معدل الحرارة السنوي إلى (17,7مْ)، وانخفاض الرطوبة النسبية إلى أقل من (54%). وعلى الرغم من تدني معدل الأمطار وارتفاع الفاقد منها، فإنها تتصف بعدم انتظامها وعدم استمراريتها، وتركزها في فترات زمنية قصيرة واختلاف معدل هطولها مكانياً وزمانياً.



شكل (1): صورة فضائية لحدود حوض الجرذان

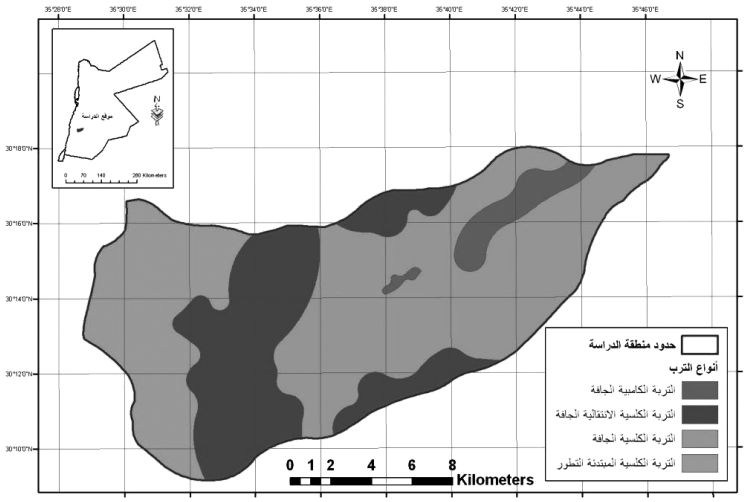
وقد أثرت هذه السمات المناخية للحوض على نحو مباشر في تحديد خصائص العناصر الطبيعية الأخرى من تربةٍ وجيولوجيا وغطاء نباتي، ومدى استجابتها لعمليات الحت المائي؛ إذ نجد أن تميز التربة في ظل ظروف الجفاف بالتفكك، وانخفاض محتواها من الرطوبة Soil Moisture والمواد العضوية، وتدهور نسيجها Soil Texture، يسرعُ من درجة استجابتها لقوى الحت المائي. ويظهر شكل (2) أهم أنواع الترب السائدة في الحوض، وهي: التربة الكلسية الجافة Typic

Calciorthid، والتربة الكامبية الجافة Typic Camborthid، والتربة الكلسية الانتقالية الجافة Xerochreptic Calciorthid، والتربة الكلسية المبتدئة التطوّر Calcixerollic Xerochrept.

وتعد التربة الكلسية الجافة، التربة السائدة في الحوض الأدنى، وتشكل ما نسبته (49,6%) من المساحة الكليّة للترب، وتتميّز بالقوام اللومي الرملي، ويغطي الطبقة السطحية من التربة الحصى الصوانيّ والحجارة، وقد راوحت نسبة تغطية الحصى لسطح التربة بين (5% و 90%) (وزارة الزراعة، 1993)، وتعمل هذه الطبقة – بما تتميز به من نفاذية عالية – على زيادة معامل التسرب المائي لمقطع التربة، إلا أن تميّز التربة بضعف بنائها وانخفاض محتواها من الرطوبة والمواد العضوية قد زاد من سرعة استجابتها لقوى الحت المائي؛ مما يزيد من حجم الناتج الرسوبي للوادي. أما التربة الكامبية، فتنتشر على نحو محدود في مجاري الأودية وعند مصباتها، وتتميز بقوامها السلتي الناعم، وتشكّل ما نسبته (5%) من المساحة الكلية للترب، وتراوح نسبة الطين فيها بين (0,25% – و39,37%)، وهي ذات بناء ضعيف (وزارة الزراعة، 1993)، وتعمل النفاذية المتدنّية للتربة على الحد من التسرب المائي من المجاري المائية، لتزيد من قدرتها على نقل الرواسب، ومن ثم زيادة ناتجها الرسوبي.

وتسود التربة الكلسية الانتقالية الجافة في وسط الحوض ضمن النمط الرطوبي الانتقالي بين النمط الجاف وشبه الجاف، وتشكل ما نسبته (24,2%) من المساحة الكليّة للترب، ويكون قوام التربة لومياً رملياً ذا نفاذية متوسطة (وزارة الزراعة، 1993)، ويعمل ضعف بناء التربة على سرعة استجابتها لقوى الحت المائي؛ مما يزيد من حجم الرواسب المنقولة بفعل المجاري المائية المنتشرة في الحوض الأوسط.

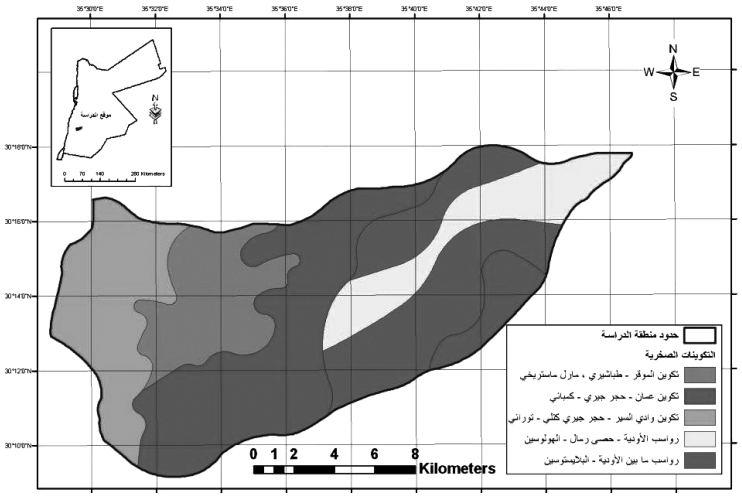
وتمتد التربة الكلسية المبتدئة التطور على شكل شريط ضيق ضمن المرتفعات الغربية التي يراوح ارتفاعها بين (1360 و 1700) متر فوق مستوى سطح البحر، وتشكل مانسبته (21,2%) من مساحة ترب الحوض، ويكون قوام التربة لومياً طينياً، وتتميّز الطبقة السطحية من التربة بأنها مفككة وناعمة في الحالة الجافة، وبناء التربة كتلي ضعيف (وزارة الزراعة، 1993)؛ مما يزيد من قابليتها للانجراف.



شكل (2): أنواع الترب في حوض وادي الجرذان

المصدر: إعداد الباحث اعتماداً على المشروع الوطني لخريطة التربة، 1993.

ويظهر شكل (3) أهم التكوينات السطحية في الحوض، وتتشكل هذه التكوينات من تكوين وادي السير (A7)، وتكوين عمان (B2)، وتكوين الموقر (B3)، ورواسب الأودية، وتتكون التكوينات الصخرية بشكل أساسي من الحجر الجيري والمارل اللذين يتميزان بضعف بنائهما وقابليتهما العالية للحت المائي بأشكاله المختلفة (سلطة المصادر الطبيعية، 2007)، كما أن تميزها بكثرة الشقوق والمفاصل والتصدعات يضعف مقاومتها للحت على الرغم من قدرتها على نفاذ الماء والحد من حجم التدفق المائي في القنوات النهرية. أما رواسب الأودية فتتكون من الحصى والجلاميد والأتربة الناتجة عن عمليات الحت التي تقوم بها المجاري المائية المنتشرة في الحوض، وتتميز هذه الرواسب بالنفاذية العالية التي تعمل على الحد من التصريف المائي المتدفق في الأودية، وإحداث تباطؤ زمني في سرعة التدفق المائي إلى المجرى الرئيسي؛ مما يقلل من قدرته على نقل الرواسب.



شكل (3): التكوينات الصخرية السطحية في حوض وادي الجرذان..

المصدر: إعداد الباحث

ويعمل الغطاءُ النباتي على الحد من حجم الناتج الرسوبي للوادي لقدرته على الحد من حجم الجريان المائي Run off Volume في المجاري المائية وإبطاء سرعته وزيادة تماسك مكونات التربة ومواد السطح؛ مما يقلل من فاعلية الحت المائي وسعة الجريان المائي على نقل الرواسب Sediment Capacity Transport، كما يعمل الغطاء النباتي على زيادة الخشونة الهيدروليكية Hydraulic Roughness للقنوات المائية وتماسك مواد الضفاف للقنوات المائية في الشبكة المائية للوادي؛ مما يعوق قدرة الجريان المائي على تفعيل الحت الجانبي (Foster, 1995, 265-283). وقد راوحت نسبة التغطية النباتية في الحوض بين (4% و 29,2%)، وتزداد هذه النسبة في مجاري الحوض الأعلى لتحسن معدلات الأمطار وخصائص التربة، فيما تقل النسبة في الحوض الأدنى لتدني معدلات الأمطار وتدهور خصائص التربة.

المتغيّرات الجيومورفولوجية المحدّدة لحجم الناتج الرسوبي في وادي الجرذان:

يعتمد مقدار ما ينتجه وادي الجرذان من رواسب على مجموعة من المتغيّرات الجيومورفولوجية، وهي حجم التصريف المائي، والخصائص المورفومترية لشبكة التصريف المائي، ومورفولوجية السطح، وفيما يلي توضيح لهذه المتغيّرات:

1 – حجم التصريف المائي وعلاقته بالناتج الرسوبي:

يعتمد استمرارية المياه المتدفّقة في شبكة التصريف المائي لوادي الجرذان

على نحو رئيس على كمية الأمطار التي يتلقاها الحوض الأعلى في فصل الشتاء، ويعمل التفاوت في المعدّل الشهري للأمطار مكانياً وزمانياً على التباين في حجم التصريف المائي المتدفّق على امتداد مجرى الوادي؛ مما ينعكس – على نحو رئيس – على قدرته على نقل الرواسب.

ويبين جدول (1) الخصائص الهيدرولوجية للتصريف المائي في الوادي وعلاقته بالناتج الرسوبي خلال الفترة (تشرين الأول 2010 – آذار 2011)؛ إذ يزداد حجم الناتج الرسوبي للوادي مع زيادة حجم تصريفه المائي بالاتجاه نحو بيئة المصب؛ فقد راوح معدل التصريف المائي بين (0,145م^3/ ث) في الحوض الأعلى و (0,245 م^3/ ث) في الحوض الأدنى، فيما راوح معدل الحمولة العالقة بين (435 ملغم / لتر) في الحوض الأعلى و(662,5 ملغم / لتر) في الحوض الأدنى. ويرتبط الناتج الرسوبي بعلاقة إيجابية مع سرعة تدفق التصريف المائي، وذلك للزيادة الحاصلة في الطاقة النهرية للتصريف المائي وقدرته على نقل الرواسب؛ نتيجة لزيادة سرعته، وقد راوح معدل السرعة بين (0,49م/ ث) في الحوض الأدنى و(0,53م/ ث) في الحوض الأعلى؛ ويفسّر الاختلاف في سرعة الجريان لتباين الخصائص الانحدارية للوادي على امتداد مجراه الرئيس.

جدول (1)

المعدل الشهري للناتج الرسوبي في وادي الجرذان للفترة 2010/ 2011

الشهر	معدل الأمطار ملم	الحوض الأعلى			الحوض الأدنى		
		معدل سرعة الجريان المائي م/ث	معدل التصريف المائي م^3/ث	معدل الحمولة العالقة ملغم/لتر	معدل سرعة الجريان المائي م/ث	معدل التصريف المائي م^3/ث	معدل الحمولة العالقة ملغم/لتر
تشرين الأول	12,9	0,52	0,09	312	0,50	0,24	490
تشرين الثاني	26,8	0,61	0,18	601	0,58	0,26	700
كانون الأول	32,3	0,64	0,29	817	0,54	0,34	1117
كانون الثاني	30,8	0,52	0,20	714	0,49	0,27	895
شباط	12,5	0,50	0,08	218	0,47	0,19	493
آذار	9,5	0,38	0,03	148	0,36	0,17	280
المعدل	20,81	52,83	0,145	435	49,0	0,245	662,5

المصدر: إعداد الباحث.

ويتفاوت معدل حجم الناتج الرسوبي لوادي الجرذان زمانياً؛ إذ سجل شهر كانون الأول زيادة ملحوظة في حجم الناتج الرسوبي مقارنة مع الأشهر الأخرى؛ حيث يراوح معدل الحمولة العالقة في هذا الشهر بين نحو (817 ملغم/لتر) في الحوض الأدنى و(1117 ملغم/لتر) في الحوض الأدنى، فيما تدنى معدّل الحمولة العالقة في شهر آذار ليراوح بين (148 ملغم/لتر) في الحوض الأعلى و(280 ملغم/لتر) في الحوض الأدنى؛ ويفسّر هذا الاختلاف بالتغيّرات التي تطرأ على حجم التصريف المائي؛ نتيجة لتباين المعدل الشهري للأمطار الهاطلة على الحوض.

وتظهر القياسات الهيدرولوجية أن معدل تزايد عرض القناة المبللة في الأجزاء الدنيا من المجرى يكون أسرع من عمقها؛ نتيجة للزيادة الحاصلة في كميّة التصريف المائي، كما أن تشكل ضفاف المجرى في الحوض الأدنى من تكوينات رملية ضعيفة التماسك يسهل على التدفق المائي حتّها وانهيارها، ومن ثم زيادة حجم الناتج الرسوبي.

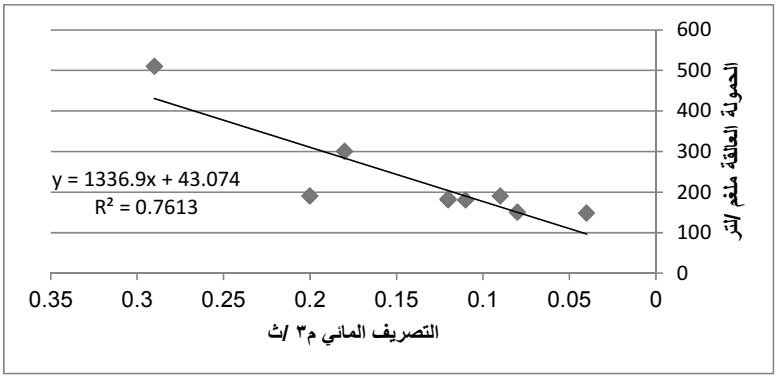
ويظهر شكل (4: أ، ب، ج) العلاقة الخطية الإيجابية بين الناتج الرسوبي والتصريف المائي؛ حيث يتضح من تحليل الشكل الدور الجيومورفولوجي للتصريف المائي في تحديد حجم الناتج الرسوبي وأهميته في تفسير التباين في حجم الناتج الرسوبي على امتداد المجرى؛ إذ فسر متغير التصريف المائي وفقاً لمعادلة خط الانحدار ما يقارب (76%) من حجم التباين في حجم الناتج الرسوبي في الحوض الأعلى و(84%) من حجم التباين في الحوض الأوسط، فيما فسر (86%) من حجم التباين في الحوض الأدنى.

ويمكن التنبؤ بحجم الناتج الرسوبي في وادي الجرذان رياضياً اعتماداً على مقدار التغير في حجم تصريفه المائي، ويظهر ذلك بتطبيق معادلات خط الانحدار (Eq1, Eq2, Eq3)، التي استخلصت من العلاقة بين الناتج الرسوبي وحجم التصريف المائي على امتداد مجرى الوادي، وقد تمثلت هذه المعادلات فيما يلي:

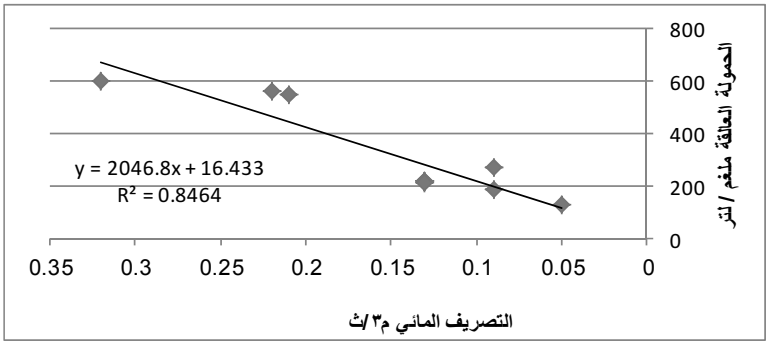
- حجم الناتج الرسوبي في الحوض الأعلى:

Eq1..... $Y = 1336.6 X + 43.074$

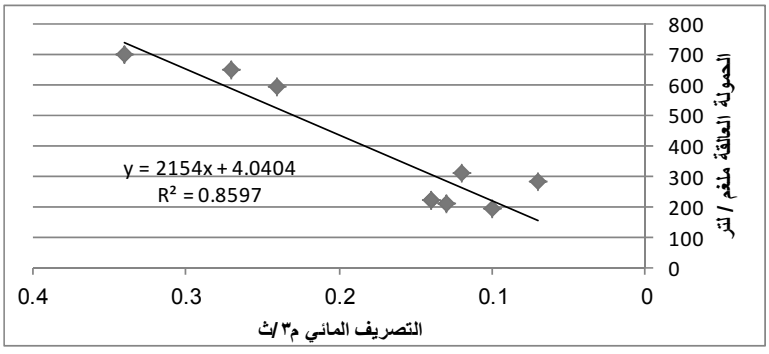
$R^2 = 0.7613$



أ – (الحوض الأعلى)



ب – الحوض الأوسط



ج – (الحوض الأدنى)

شكل (4: أ، ب، ج): العلاقة الخطية الإيجابية بين الناتج الرسوبي والتصريف المائي في وادي الجرذان وفقاً لمعادلة خط الانحدار. المصدر: إعداد الباحث.

Y = حجم الناتج الرسوبي = X كمية التصريف المائي م^3/ ث. = R^2 معامل التفسير.

– حجم الناتج الرسوبي في منطقة وسط الحوض:

Eq_2..... $Y = 2046.8\ X + 16.433$

$R2 = 0.8464$

Y = حجم الناتج الرسوبي = X كمية التصريف المائي م^3/ ث. = R^2 معامل التفسير.

– حجم الناتج الرسوبي في الحوض الأدنى:

Eq_3..... $- Y = 2154\ X + 4.404$

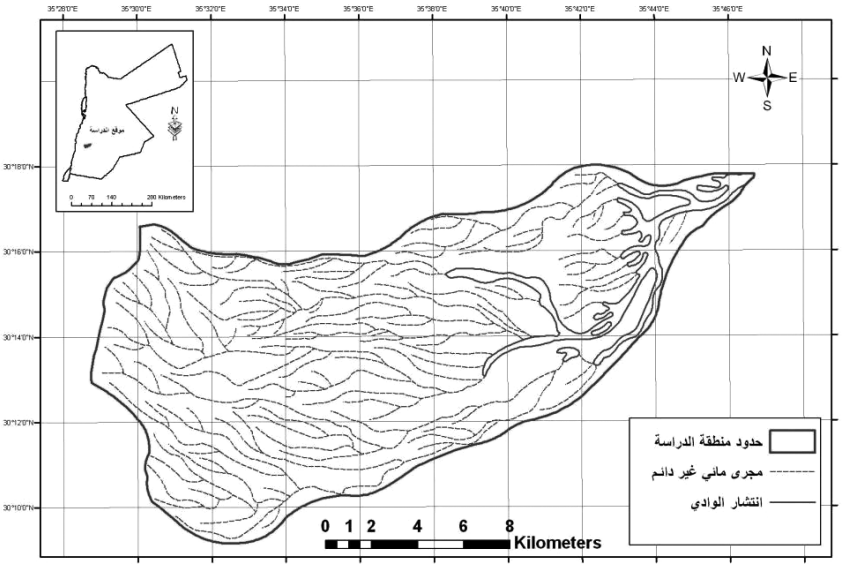
$R_2 = 0.8597$

Y = حجم الناتج الرسوبي = X كمية التصريف المائي م^3/ ث. = R_2 معامل التفسير.

2 – الخصائص المورفومترية لشبكة التصريف المائي:

تعد شبكة التصريف المائي نتاجاً لقوى الحت المائي الذي يتعرض له سطح الحوض بفعل المجاري المائية التي تزداد فاعليتها في تشكيل الشبكة بعد تدفق الجريان المائي في قنواتها المائية عقب سقوط الأمطار، وترسم تلك القوى الأبعاد المورفومترية لشبكة الحوض بما يميّزها عن غيرها من الشبكات المائية (شكل 5).

وتزداد فاعلية المجاري في خندقة السطح وزيادة نتاجها الرسوبي مع صغر مساحة حوض التصريف المائي لوادي الجرذان البالغة (227,3 كم^2)؛ حيث يعمل صغر المساحة الحوضية على زيادة الفاعلية الجيومورفولوجية للأمطار في تشكيل الجريانات المائية واستمرار التدفّق المائي فيها لفترات زمنية طويلة؛ كما يعمل انخفاض معدّل المياه المتسربة والمتبخرة من تلك الجريانات نتيجة لقصر المسافة التي تقطعها لكي تصل إلى مصباتها على زيادة حجم التدفّق المائي في المجاري المائية، وزيادة قدرتها على نقل الرواسب الناجمة عن قوى الحت المائي في الحوض.



شكل (5): شبكة التصريف المائي في حوض وادي الجرذان. المصدر: إعداد الباحث.

ويظهر جدولا (2، 3) الخصائص المورفومترية لشبكة التصريف المائي في حوض الجرذان، ويمكن ربط تأثير هذه الخصائص في الناتج الرسوبي للوادي على النحو الآتي:

1 – تتميز الكثافة التصريفية Drainage Density للحوض[2] بالانخفاض، حيث بلغت (1,24 كم/كم^2)؛ ويفسّر هذا الانخفاض بجفاف بيئة الحوض، وارتفاع نفاذية الصخور الجيرية السائدة في الحوض الأعلى، التي تسمح بتسرب كمية كبيرة من المياه؛ مما يقلّل من كفاءة مجاري الشبكة على زيادة ناتجها الرسوبي.

2 – تنخفض نسبة عدد المجاري المائية في الشبكة إلى مساحة حوض تصريفها المائي؛ حيث بلغ معدل التكرار النهري Stream Frequency (0,95 مجرى/كم^2)؛ ويفسّر هذا الانخفاض بتدنّي المعدّل السنوي للأمطار، إلا أن معدّل التكرار يزداد في الحوض الأعلى، لزيادة كثافة المجاري المائية في وحدة المساحة

(2) تمثل الكثافة التصريفية نسبة طول المجاري المائية بجميع رتبها إلى المساحة الحوضيّة للوادي، فيما يمثل التكرار النهري العلاقة بين إجمالي عدد المجاري المائية من الرتب المختلفة في الحوض إلى مساحته الحوضيّة.

لتداخل متغيّرات جيومورفولوجية متعددة أدت إلى زيادة معدّله، منها: زيادة الهطول المطري، ووعورة السطح وتضرسه وما يتبعها من تفعيل لعمليات الحت النهري للمجاري المائية وزيادة قدرتها على نقل الرواسب، بينما يقل معدّل التكرار في الحوض الأدنى الذي يتميّز بانخفاض كثافة المجاري المائية في وحدة المساحة، نتيجة لتدني معدل الهطول السنوي واستواء السطح اللذين يعملان على الحدّ من فاعلية الحت النهري للمجاري وقدرتها على زيادة ناتجها الرسوبي.

3 – تشير نسبة التشعب النهري Bifurcation Ratio للحوض (4,46 مجرى) إلى التغيّر الكبير الذي تعرض له الوادي، بفعل عمليات الحت التراجعي والجانبي لمجاري الرتبتين الأولى والثانية نحو منطقة المنابع، وما ينجم عن ذلك من عملية تعميق وتقويض لمناطق تقسيم المياه البينية. وتعمل زيادة نسبة التشعب في الحوض الأعلى على استيعاب الهطول المتزايد للأمطار وانتظامها في قنوات مائية؛ مما يعمل على زيادة كمية التصريف المائي الذي يغذي مجاري الرتب العليا، وانعكاس هذا التزايد على زيادة قدرتها على خندقة مجاريها وحت ضفافها، ومن ثم زيادة ناتجها الرسوبي.

4 – يزداد حجم الناتج الرسوبي للمجاري المائية بزيادة رتبتها، للتزايد المتوقع في حجم التغذية المائية من المجاري المائية التي تصبّ في مجارٍ ذات رتبة نهرية أكبر منها، بحيث تزداد قدرتها على نقل الرواسب؛ نتيجة لزيادة حجم تصريفها المائي، وقد بلغ معدّل التصريف المائي للمجاري المائية من الرتبتين الأولى والثانية (0,09 م^3/ث، 0,13 م^3/ث). على التوالي، فيما بلغ معدّل الحمولة العالقة لهاتين الرتبتين (248,1 ملغم / لتر، 314,3 ملغم/لتر) على التوالي.

5 – يزداد معدل التصريف المائي في المجاري المائية من الرتبة الثالثة والرتبة الرابعة ليبلغ في هاتين الرتبتين (0,15 م^3/ث، 0,16 م^3/ث) على التوالي، فيما بلغ حجم الحمولة العالقة لهاتين الرتبتين (395 ملغم / لتر، 504,4 ملغم/لتر) على التوالي، أما معدل التصريف المائي لوادي الجرذان فقد بلغ (0,85 م^3/ث)، فيما بلغ معدل حمولته العالقة (743 ملغم/لتر).

6 – تتفاوت الرتب النهرية في عدد مجاريها؛ حيث استحوذت الرتبة الأولى على معظم المجاري المائية، وقد بلغ عددها (108) مجارٍ، تلتها الرتبة الثانية (59) مجرى، ثم الرتبة الثالثة (14) مجرى، فالرتبة الرابعة (3) مجارٍ، وأخيراً الرتبة

الخامسة التي تمثل المجرى الرئيس، وعليه يمكن اعتبار مجاري الرتبة الأولى العمود الفقري الذي يغذّي الوادي بالحمولة الرسوبية.

تختلف المجاري المائية في أطوالها ودرجات انحدارها، تبعاً لاختلاف الخصائص الحوضية للوادي؛ فقد تميزت المجاري المائية من الرتبة الأولى بقصر طولها وشدّة انحدار مجراها؛ حيث بلغ معدّل طولها (1242م)، فيما بلغ معدّل انحدارها (22َ 5ْ) وقد أسهمت هذه الخصائص في زيادة حجم الجريان المائي؛ لزيادة سرعة تدفّقه في تلك المجاري، وقصر المسافة التي يقطعها إلى منطقة مصبّه؛ مما يزيد من قدرته على نقل الرواسب وزيادة حجم الناتج الرسوبي للوادي، فيما تميزت المجاري المائية من الرتبة الأعلى (الرتبة الثانية، والرتبة الثالثة، والرتبة الرابعة) بتزايد طولها، وانخفاض درجة انحدارها، لتؤثر هذه الخصائص سلباً في حجم الجريان المائي وطاقته النهرية على نقل الرواسب؛ لتباطؤ سرعة تدفّقه وزيادة معدّل التسرّب المائي مع زيادة المسافة التي يقطعها إلى منطقة مصبّه، وقد راوح معدّل انحدار تلك المجاري بين (2َ 2ْ – 17َ 4ْ)، فيما راوح معدّل طولها (1521 – 3300 م).

جدول (2)
خصائص شبكة التصريف المائي في حوض الجرذان

خصائص شبكة التصريف المائي	
الكثافة التصريفية	1,24 كم/كم^2
التكرار النهري	0,95 مجرى/كم^2
النسيج الحوضي	1,45
معدل التشعب	4,46 مجرى
الرتبة النهرية	5
نسبة التضرس (الحوض الأدنى– الحوض الأعلى)	(19,8 – 37,6) م/كم
المعامل الهبسومتري	%78,3

المصدر: إعداد الباحث.

جدول (3)
الخصائص المورفومترية للمجاري المائية وحجم ناتجها الرسوبي في حوض الجرذان لعام 2010/2011

الرتبة النهرية	عدد المجاري المائية لكل رتبة	معدّل طول المجاري المائية لكل رتبة/متر	التشعب النهري	متوسط انحدار المجاري المائية لكل رتبة (درجة)	معدل التصريف المائي لكل رتبة م^3/ث	معدّل الحمولة العالقة ملغم/لتر
الأولى	108	1242	1,83	5° 22′	0,09	248,1
الثانية	59	1521	4,215	4° 17′	0,13	314,3
الثالثة	14	2360	4,66	3° 6′	0,15	395
الرابعة	3	3300	3	2° 2′	0,16	504,4
الخامسة	1	14200		1° 8′	0,85	743

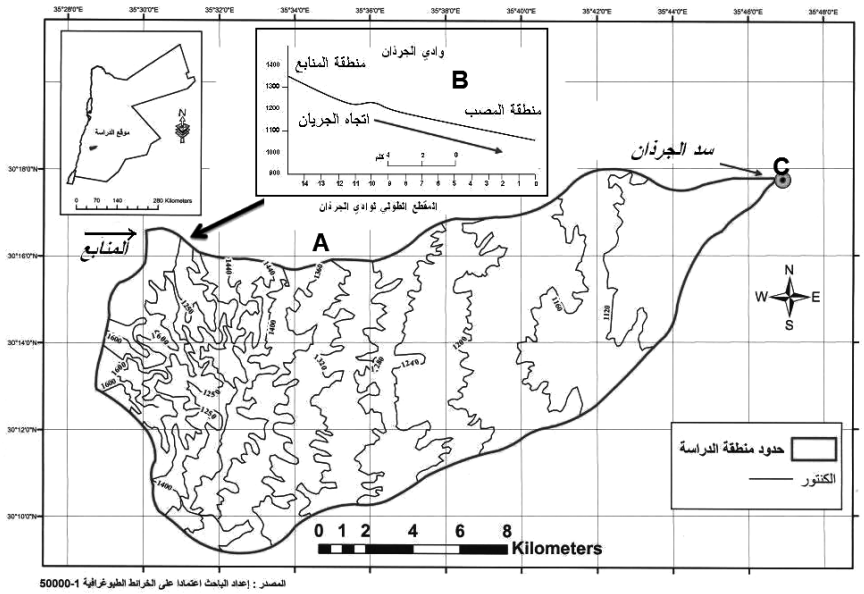
المصدر: إعداد الباحث.

3 – مورفولوجية السطح:

تحدّد الخصائص المورفولوجية لأسطح الأحواض النهرية مدى استجابتها للعمليات الحتّية التي تمارسها الجريانات المائية المتشكلة في الحوض. ويمكن الكشف عن العامل المورفولوجي للسطح من تحليل طبوغرافية الحوض ودرجة تضرّسه؛ حيث تزداد قابلية السطح للحت مع وعورة طبوغرافيته وزيادة تضرّسه وتباين مناسيبهِ.

ويظهر شكل (6) مدى التباين في مناسيب سطح الحوض؛ حيث تميز الحوض الأعلى بطبوغرافية متضرّسة وعرة؛ حيث بلغت نسبة التضرّس[3] Arelief ratio في الحوض الأعلى نحو (37,6 م/كم)، وراوح ارتفاع مناسيبه بين (1300 و1600) متر فوق مستوى سطح البحر، فيما يقل سطح الحوض وعورة وتضرساً بالاتجاه نحو منطقة المصب؛ حيث انخفضت نسبة التضرّس إلى (15,9 م/كم)، وراوح ارتفاع مناسيب السطح بين (1200 و1300) متر.

(3) تمثل نسبة التضرس الفرق بين أعلى نقاط الحوض وأدناها إلى طول الحوض.



شكل (6): A: خطوط الكنتور التي تعكس مدى التباين في طبوغرافية سطح حوض وادي الجرذان. B: مقطع طولي لوادي الجرذان. C: موقع سد الجرذان.

ويدل ارتفاع نسبة المعامل الهبسومتري[4] (%78,3) Hypsometric Integral للحوض على طبوغرافية متضرّسة، وأنه ما زال في الطور المبكر من دورة التعرية؛ مما يزيد من احتمالية تزايد النشاط الحتّي والناتج الرسوبي للوادي في الفترات المناخية الرطبة اللاحقة (Willgoose and Hancock, 1998). كما يشير معدل النسيج الحوضي[5] لوادي الجرذان (1,45) إلى طبوغرافية وعرة؛ نتيجة لكثافة المجاري المائية التي تخترق سطح الحوض، وتقارب المسافة البينية الفاصلة بين تلك المجاري. وقد انعكس هذا التقارب على سرعة التقاء التصريف المائي لمجاري الرتب المختلفة بعضها مع بعض، كما أدى هذا التقارب إلى التقليل من معدّل الفاقد من التصريف المائي من مجاري الروافد الفرعية التي تصب في وادي الجرذان؛ مما يزيد من قدرته على نقل الرواسب؛ نتيجة للزيادة المتوقعة في حجم تصريفه المائي.

(4) المعامل الهبسومتري (Verstraet en and Poesen, 2001) $HI = \frac{H_{mean} - H_{min}}{H_{max} - H_{min}}$ ؛ حيث إن H_{mean} متوسط الارتفاع في الحوض، H_{min} أدنى ارتفاع في الحوض، H_{max} أقصى ارتفاع في الحوض.

(5) النسيج الحوضي يساوي نسبة مجموع النتوءات في أي خط كنتور في الحوض المائي إلى طول محيط الحوض نفسه.

حجم الناتج الرسوبي لوادي الجرذان ودلالاته الجيومورفولوجية:

تعطي القياسات الكميّة لحجم الرواسب المترسبة في بحيرات السدود ولفترات زمنية معينة صورة واضحة عن حجم الناتج الرسوبي المتدفق ضمن شبكة التصريف المائي للأحواض النهرية (White et al., 1996) ولإيجاد حجم الناتج الرسوبي لوادي الجرذان، فقد قيس حجم الرواسب في بحيرة سد الجرذان، واعتماد هذه القياسات لتحديد حجم الناتج الرسوبي للوادي من خلال تطبيق المعادلة التالية (Verstraeten and poesen, 2001):

$$SSY = 100 \times \frac{SV \times dBD}{A \times STE}$$

حيث إن :SSY الناتج الرسوبي لمساحة معينة (مساحة الحوض) طن/كم^2/ السنة.

SV: حجم الرواسب المقيسة في بحيرة السد م^3/سنة.

dBD: كثافة حجم الرواسب الجافة طن/م^3.

A: مساحة الحوض/كم^2.

STE: فاعلية السد على حجز الرواسب % وتبلغ 85%.

حصل المتغيرdBD بعد أخذ عدة عينات من الرواسب المترسبة في بحيرة السد، وحسب معدل كثافتها بعد تجفيفها وفقاً للمعادلة التالية:

$$\text{الكثافة} = \frac{\text{الكتلة/طن}}{\text{الحجم/م}^3}$$

ويظهر جدول (4) نتائج القياسات الكمية لحجم الرواسب المتوضعة في بحيرة السد، ومقدار الناتج الرسوبي للوحدة المساحية في حوض وادي الجرذان (كم^2) خلال الفترة من (2001/2002 – 2010/2011)، وتعطي هذه القياسات دلائل واضحة على عظم حجم الناتج الرسوبي للوادي؛ إذ يقدر المعدّل السنوي لكميّة الرواسب في بحيرة السد بنحو (3944,7) طناً، وبمدى راوح بين (1620 و5751) طناً. أما مقدار معدّل الناتج الرسوبي السنوي للوحدة المساحية (كم^2) فقد بلغ (20,44 طناً / كم^2)، وبمدى راوح بين (8,4 – 29,8) طن / كم^2؛ مما يشير – على

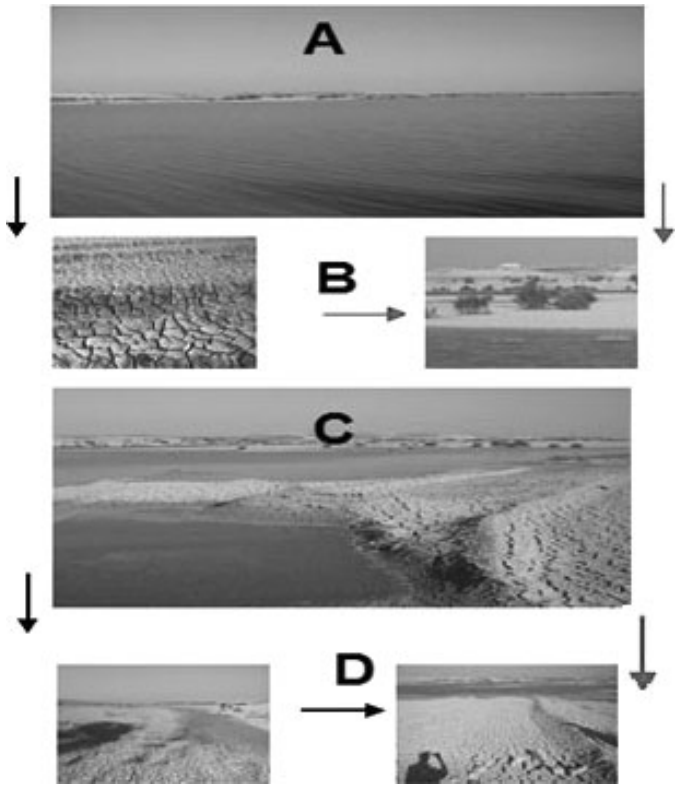
نحو رئيس – إلى فاعلية الحت المائي التي تتعرض له مواد السطح في حوض الجرذان.

جدول (4)
حجم الناتج الرسوبي في حوض الجرذان

السنة	معدل التصريف المائي (م^3/ث)	معدل سمك الرواسب في بحيرة السد(م)	حجم الرواسب في بحيرة السد (م^3/سنة) SV	كمية الرواسب في البحيرة (طن/سنة) SV x dBD	الناتج الرسوبي لمساحة معينة (طن/كم^2/سنة) SSY
2002/2001	0,34	0,071	6390	5751	29,9
2003/2002	0,33	0,065	5850	5265	27,3
2004/2003	0,32	0,061	5490	4941	25,6
2005/2004	0,36	0,069	6210	5589	29,00
2006/2005	0,29	0,053	4770	4293	22,2
2007/2006	0,25	0,049	4410	3969	20,6
2008/2007	0,20	0,038	3420	3078	15,9
2009/2008	0,15	0,035	3150	2835	14,7
2010/2009	0,10	0,026	2340	2106	10,9
2011/2010	0,09	0,020	1800	1620	8,4
المعدل	0,243	0,0452	4383	3944,7	20,44

المصدر: إعداد الباحث.

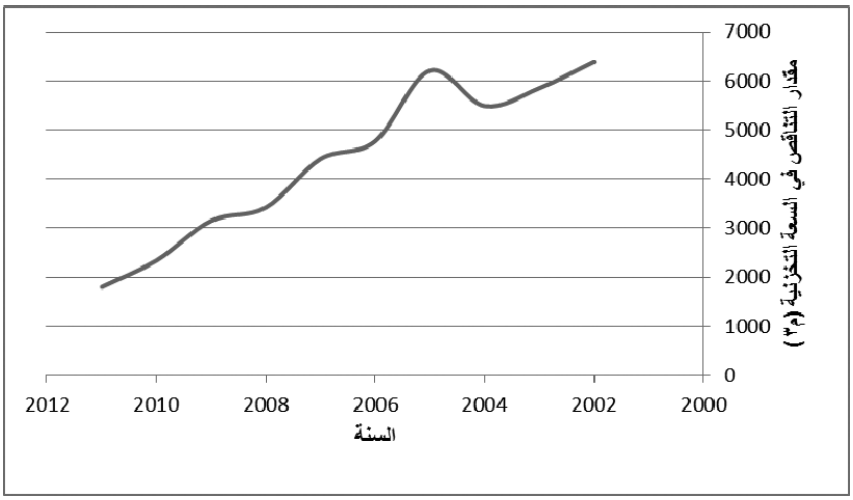
ويظهر شكل (7) عظم كميّة الرواسب المتوضعة في بحيرة السد، إلا أنها لا تمثل إلا نسبة ضئيلة من نتاج الحت الكلي الذي تتعرض له مواد سطح الحوض؛ فالحجم الأكبر من الناتج يترسب في مجرى الوادي أو على جانبيه قبل أن يصل إلى بحيرة السد، فقد راوح معدّل سمك الرواسب المترسبة على جانبي مجرى وادي الجرذان في الحوض الأدنى بعد تأثره بالعاصفة المطرية بتاريخ 2012/1/30 بين (0,5 و 1,75 سم).



شكل (7): كمية الرواسب المترسبة في بحيرة سد الجرذان: بحيرة السد .B- تشقق الرواسب ونمو الغطاء النباتي عليها .C- حجم الناتج الرسوبي بالقرب من جسم السد.D- حجم الناتج الرسوبي قبل الوصول إلى بحيرة السد.

المصدر: إعداد الباحث.

ويبرز الدور الجيومورفولوجي لحجم الناتج الرسوبي في وادي الجرذان في التناقص المستمر للسعة التخزينية لبحيرة السد؛ حيث بلغت السعة التخزينية للسد عند إنشائه عام 1998 نحو (2,3 م م3). ويشير شكل (8) إلى مقدار التناقص في السعة التخزينية للسد في الفترة بين (2001/2002 و 2010/2011)؛ حيث راوح معدل التناقص السنوي بين (1800 و6390) م3، وبمعدل بلغ (4383م3).



شكل (8): مقدار التناقص السنوي في السعة التخزينية لبحيرة سد وادي الجرذان للفترة من (2011/2010–2002/2001)

المصدر: إعداد الباحث.

ويعمل إقامة السد، في الجزء الأدنى من الوادي، على إحداث تغيرات في خصائصه الهيدرولوجية، سواء فيما يتعلق بسرعة جريانه المائي أو طاقته على نقل الرواسب؛ فسرعة الجريان المائي وطاقته على جرف مواد السطح ونقلها تقل تدريجياً بالاقتراب من بحيرة السد. ويتوقف مقدار ما يترسب أمام السد من رواسب على درجة انحدار المجرى وحجم الرواسب المنقولة؛ بحيث نجد أن انخفاض انحدار المجرى بالاقتراب من جسم السد يعمل على زيادة حجم الإرساب، كما أنه يقلّل من قدرة الجريان على نقل الرواسب الخشنة ذات الأحجام الكبيرة. ويظهر جدول (5) نتائج التحليل الميكانيكي لثلاث عينات أخذت من الجريان المائي في الحوض الأدنى؛ حيث تظهر نتائج التحليل انخفاضاً في نسبة الرواسب الخشنة بالاقتراب من جسم السد؛ فقد راوحت نسبة الرواسب التي يقل حجمها عن (1ملم) بين (60,1%) في العينة الثالثة و(87,23%) في العينة الأولى، فيما بلغت نسبة حجم الرواسب التي يزيد حجمها عن (1 ملم) بين (5,57%) في العينة الأولى و (23,2%) في العينة الثالثة؛ ويفسّر الانخفاض في نسبة الرواسب الخشنة بتدنّي طاقة الجريان على نقلها؛ نتيجة لتدنّي سرعته بالاقتراب من بيئة المصب.

جدول (5)
تحليل ميكانيكي للرواسب المنقولة بفعل الجريان المائي في مجرى وادي الجرذان الأدنى

حجم الرواسب / ملم	العينة الأولى		العينة الثانية		العينة الثالثة	
	الوزن / غرام	النسبة المئوية التراكمية %	الوزن / غرام	النسبة المئوية التراكمية %	الوزن / غرام	النسبة المئوية التراكمية %
2	2,17	2,17	6,9	6,9	8,6	8,6
1,4	3,4	5,57	9,8	16,7	14,6	23,2
1	7,2	12,77	15,1	31,8	16,7	39,9
0,6	18,8	31,57	17,1	48,9	18	57,9
0,3	30,6	62,17	21	69,9	19,7	77,6
75, فأقل	37,83	100	30,1	100	22,4	100

المصدر: إعداد الباحث.

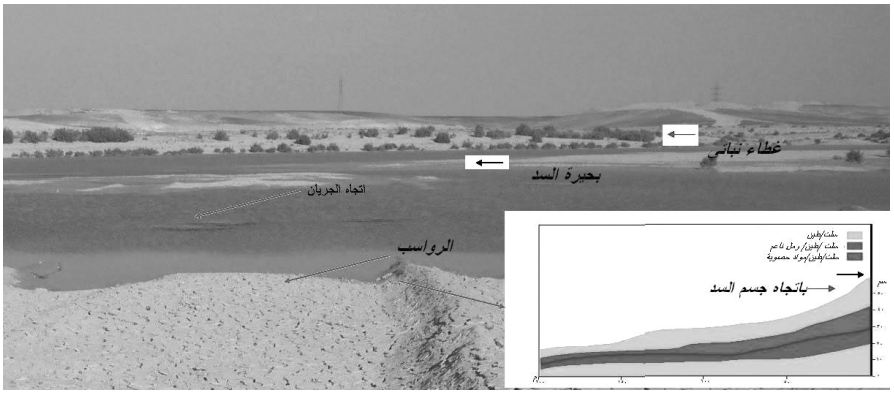
ويظهر جدول (6) نتائج التحليل الميكانيكي للرواسب في بحيرة السد؛ حيث يشير الجدول إلى أن رواسب السد تتشكل من رمال ناعمة وسلت وطين؛ حيث بلغ معدل نسبة السلت والطين (52,16%، 38,96%) على التوالي، فيما بلغ معدل نسبة الرمل (9,1%).

جدول (6)
نتائج التحليل الميكانيكي لرواسب السد

رقم العينة	الرمل%	السلت %	الطين %	القوام
1	4,3	55,9	39,8	Silty Clay Loam
2	5,6	57,4	37	Silty Clay Loam
3	18	41,6	41,4	Silty Clay
4	8,2	53,5	38,4	Silty Clay Loam
5	9,4	52,4	38,2	Silty Clay Loam
المعدل	9,1	52,16	38,96	

المصدر: إعداد الباحث.

ويبين شكل (9) عملية الانتظام في تطبّق التكوينات الرسوبية في بحيرة السد لأربع طبقات تتباين في سمكها ومكوناتها، ويمثل الانتظام في عملية التطبّق الصفة المميزة لرواسب البحيرة؛ حيث نجد ترتيباً زمانياً لتوزيع الرواسب، فالطبقة السفلى تمثل أقدم هذه الطبقات، وتتكون من مواد سلتية طينية ناعمة، تليها الطبقة الأحدث والأكثر خشونة، وتتكون من الرمل الناعم والسلت والطين، تليها طبقة سلتية طينية تختلط بمواد حصوية صغيرة الحجم، ثم تليها الطبقة الأحدث تكويناً. ويشير التباين في سمك الطبقات ومكوناتها إلى وجود اختلاف واضح في القدرة النهرية للوادي على نقل الرواسب تبعاً للتغيّرات التي تطرأ على حجم تصريفه المائي، فزيادة سمك الطبقة وخشونة مكوناتها تدل على زيادة في الطاقة النهرية للوادي نتيجة للزيادة الحاصلة في كمية تصريفه المائي في الفترات الرطبة، فيما يدل تناقص سمك الطبقة ونعومة مكوناتها على ضعف في الطاقة النهرية؛ نتيجة للانخفاض الحاصل في كمية التصريف المائي للوادي في فترات الجفاف.



شكل (9): مقطع طولي للرواسب المترسبة في بحيرة سد الجرذان. المصدر: إعداد الباحث.

الخلاصة:

أظهرت نتائج الدراسة وجود ارتباط إيجابي بين حجم الناتج الرسوبي لوادي الجرذان وعدد من المتغيّرات الجيومورفولوجية، ومن أهمها: التصريف المائي، وخصائص شبكة التصريف المائي، ومورفولوجية السطح.

ونجد أن حجم الناتج الرسوبي في الوادي يزداد بشكل مطرد مع الزيادة الحاصلة في كمية تصريفه المائي بالاتجاه نحو بيئة المصب؛ فقد بلغ معدل

التصريف المائي في الحوضين الأعلى والأدنى للموسم المطري (تشرين الأول 2010– آذار2011) نحو (0,145 م3/ ث0,245، م3/ ث) على التوالي، فيما راوح معدل الحمولة العالقة في هذين الحوضين (435 ملغم / لتر، 662,5 ملغم / لتر) على التوالي، وقد فسّر متغير التصريف المائي وفقاً لمعادلة خط الانحدار ما يقارب من (76%) من حجم التباين في حجم الناتج الرسوبي في الحوض الأعلى، و(86%) من حجم التباين في الحوض الأدنى.

كما أظهرت نتائج الدراسة دور الخصائص المورفومترية لشبكة التصريف المائي في تحديد حجم الناتج الرسوبي للوادي؛ وذلك لتأثيرها المباشر في تحديد حجم التصريف المائي المتدفّق في المجاري المائية التي تصبّ في المجرى الرئيس، كما أن اختلاف الخصائص المورفومترية للمجاري المائية من الرتب المختلفة يؤثر في قدرتها على نقل الرواسب تبعاً للاختلاف الحاصل في حجم تصريفها المائي؛ إذ يزداد حجم الناتج الرسوبي للمجاري المائية في الحوض بزيادة رتبتها، وقد راوح معدل التصريف المائي للمجاري المائية للفترة (2010/2011) بين (0,09 م^3/ث) لمجاري الرتبة الأولى و(0,85 م^3/ث) لمجاري الرتبة الخامسة (المجرى الرئيس)، فيما راوح معدل حجم الحمولة العالقة لهاتين الرتبتين بين (248,1 ملغم/لتر و743 ملغم/لتر) على التوالي.

وتعمل مورفولوجية السطح من حيث التضرّس والوعورة في تحديد حجم الناتج الرسوبي للوادي؛ إذ يدل المعامل الهبسومتري للحوض على طبوغرافية متضرّسة، وأنه ما زال في الطور المبكر من دورة التعرية؛ مما يزيد من احتمالية تزايد النشاط الحتي والناتج الرسوبي للوادي في الفترات المناخية الرطبة، كما يدل معدّل النسيج الحوضي لوادي الجرذان على وعورة السطح؛ نتيجة لكثافة المجاري المائية التي تخترق سطح الحوض، وتقارب المسافة البينية الفاصلة بين تلك المجاري، وقد أثر هذا التقارب على سرعة التقاء التصريف المائي لمجاري الرتب المختلفة بعضها مع بعض، وانخفاض الفاقد المائي من تلك المجاري؛ مما يزيد من قدرتها على نقل الرواسب إلى مجار مائية أعلى منها رتبة، ومن ثم زيادة حجم الناتج الرسوبي للوادي.

وتظهر نتائج القياسات الكميّة لحجم الرواسب في بحيرة سد الجرذان، مقدار الناتج الرسوبي للوحدة المساحية في حوض الجرذان (كم^2) وعِظم حجم الناتج الرسوبي للوادي، ومدى فاعلية قوى الحت المائي الذي تتعرض له مواد السطح في

ظل بيئة حوضية جافة؛ إذ يقدر المعدل السنوي لكمية الرواسب التي تتوضع في بحيرة السد بنحو (3944,7) طناً، أما مقدار الناتج الرسوبي للوحدة المساحية الواحدة (كم^2)، فقد بلغ (20,44 طن/كم^2/سنة).

وقد أثرت فاعلية الحت المائي وما ينتجه من حمولة رسوبية سلباً على السعة التخزينية للسد، إذ راوح معدل تناقص السعة التخزينية للسد خلال الفترة (2001/ 2002 – 2010/2011) بين (1800 و 6390) م^3 وبمعدل سنوي بلغ (4983 م^3).

التوصيات:

إقامة محطات قياس هيدرولوجية على طول مجرى وادي الجرذان لقياس حجم الرواسب المنقولة، وكمية التصريف المائي؛ بحيث توفر هذه المحطات قاعدة بيانات يبنى عليها عند التخطيط لإقامة المنشآت الاقتصادية والسدود المائية.

التقليل من حجم الناتج الرسوبي لمجاري الرتبتين الأولى والثانية من خلال حماية ضفافها وأسرتها من الانهيار والهدم، وذلك بإقامة شبكة تصريف اصطناعية للتخلص من المياه الزائدة عن الطاقة الاستيعابية لهذه المجاري عقب سقوط الأمطار.

تشجير ضفاف المجاري المائية في الحوض الأدنى؛ للتقليل من كمية الجريان المائي وزيادة معامل التسرب المائي الذي يغذي المياه الجوفية في الحوض، كما يمكن الحدّ من التدفّق المائي وقدرته الحتيّة في مجاري الرتبتين الثالثة والرابعة بإقامة سدود ترابية عند مصبّات تلك المجاري واستغلال مياه هذه السدود في أغراض زراعية ورعوية.

إعداد خرائط تفصيلية عن استعمالات الأرض في الحوض؛ بحيث يتم وضع الأساليب والتدابير التي تحد من مساهمة هذه الاستعمالات في زيادة حجم الناتج الرسوبي للوادي.

القيام بعملية مسح شامل لمعدلات انجراف التربة في الحوض؛ بحيث يوفر هذا المسح تصوراً واضحاً لدور انجراف التربة في زيادة حجم الناتج الرسوبي، كما يمكن من خلال المسح تحديد المناطق الأكثر عرضة للانجراف بهدف وضع إجراءات عملية لحمايتها من مخاطر الانجراف بما يتوافق مع الخصائص الحوضية لوادي الجرذان.

إزالة ونقل الرواسب المتراكمة في بحيرة السد بصفة دورية؛ مما يزيد من طاقتها الاستيعابية في الموسم المطري، ويقلل من مخاطر حدوث الفيضان في الوادي.

المراجع:

سلطة المصادر الطبيعية، (2007). **الخرائط الجيولوجية لمنطقة معان (1 – 50000)**. عمان، الأردن.

وزارة الزراعة، (1993). **المشروع الوطني لخريطة التربة في الأردن، المستوى الأول**. عمان، الأردن.

Al-Sheriadeh, M., Malkawi, A. H., Al-Hamdan, A., and Abderahman, N. (1999). Evaluating sediment yield at King Talal reservoirs from landslides along Irbid - Amman high way. *Engineering Geology*, 56 (3-4),361 - 372.

Bazoffi, P., Baldassarre, G., Vacca, S. (1996). Validation of PISA2 model for automatic assessment of reservoir sedimentation. In: Albertson, M. (Ed.), Proceedings of the International Conference on Resevoir Sedimentation. Colorado State University, Fort Collings, Colorado, USA, pp. 519 - 528.

Córdova, J. R., Gonza'lez, M. (1997). Sediment yield estimation in small watersheds based on stream flow and suspended sediment dsicharge measurements. *Soil Technology*, 11, 57 - 65.

Dearing, J. A. (1992). Sediment yields and sources in a Welsh upland lake-catchment during the past 800 years. Earth Surface Processes and Landforms 17, 1 -22.

Flaxman, E. M. (1972). Predicting sediment yield in western United States. Proceedings of the ASCE, *Journal of the Hydraulics Division*, 98, 2073 - 2085.

Foster, I.D.L., (1995). Lake and reservoir bottom sediments as a source of soil erosion and sediment transport data in the UK. In: Foster, I.D.L., Gurnell, A.M., Webb, B. W. (Eds.), *Sediment and water quality in river catchments*. Wiley, Chichester, UK., pp. 283 - 265.

Higgitt, D. L. (1993). Soil erosion and soil problems, *Progress in Physical Geography*, 17 (2), 461 - 472.

Hurtrez, J. E., Sol, C., Lucazeau, F., (1999). Effect of drainage area on hypsometry from an analysis of small - scale drainage basins in the Siwalik hills (central Nepal), *Earth Surface Processes and Landfrorms*, 24, 799 - 808.

Jain, M. K., Mishra, K. S., and Shah. (2010). Estimation of sediment yield and areas vulnerable to soil erosin and deposition in a Himalayan Watershed using Gis. *Current Science*, 98 (2), 213 - 221.

Lixian, W., Lida, S Xiying, H., Boging, Z., Qingyu, W., Guiyun, L., (1996). Application of regression analysis to the prediction of average annual yield of silt. In: Lixian, W. (Ed.), *Combating desertification in China*. China Forestry Publishing House, Beijing, China, pp. 210 - 221.

Lu, X. X., Ashmore, P., and Wang, J. (2003). Sediment yield mapping in a large river basin: the upper Yangtze, China, *Environmental Modeling and Software*, 19. 339 - 353.

Lu, X., Higgitt, D.L., (1999). Sediment yield variability in the upper Yangtze, China. *Earth Surface Processes and Landforms*, 24, 1077 - 1093.

Poesen, j., Boardman, J., Wilcox, B., Valentin, C. (1996). Water eresion monitoring and experimentation for global change studies. *Journal of Soil and Water Conservation*, 51 (5), 389 - 390.

Setegn, S. G. Darghahi, B., Srinivasan, R., and Melesse, A. (2010). Modeling of sediment yield From Anjeni - Gauged Watershed, Ethiopia Using SWAT Model. 46 (3). 514 - 526.

Van Oost, K., Govers, G., Desmet, P. J. J. (2000). Evaluating the effects of changes in landscape structure on soil erosion by water and tillage. *Landscape Ecology*, 15 (6), 579 - 591.

Vandaele, K., Poesen, J. (1995). *Spatial and temporal patterns of soil erosion rates in agricltural catchment*, central Belgium. Catena 25, 226 - 213.

Verstraeten, G., Poesen, J. (2001). Factors controlling sediment yield from small intensively cultivated catchments in a temperate humid climate. *Geomorphology*, 40, 123 - 144.

Verstraeten, G., Poesen, J. (2001). Variability of dry sediment bulk density between and within retention ponds and its impact on the calculation of sediment yields, *Earth Surface Processes and Landformsm,* 26 (4), 375 - 394.

Walling, D. E. (1994). Measuring sediment yield from river basins. In: Lal, R. (Ed.), Soil Erosion Research Methods. 2nd edn. Soil and Water Conservation Society, Ankeny, IA, USA.

White, P., Labadz, J. C., Butcher, D. P. (1996). Sediments yield estimates from reservoir studies: an appraisal of variability in the southern Pennines of the UK. Erosion and Sediment Yield: Global and Regional Perspectives (Proceedings of the Exeter Symposium, July (1996). *IAHS Publication*, Vol. 236, pp. 163 - 174.

Willgoose, G., Hancock, G. (1998). Revisiting ting the hypsometric curve as an indicator of form and process in transport - limited catchment, *Earth Surface Processes and Land forms*, 23, 611 - 623.

Young, A. P., Jessica, H. R., John, S., Elizabeth, A., Reinhard, E., and Robert. T. G. (2010). Coarse sediment yield from sea cliff in the Ocean side Littoral Cell, *Journal of Coastal Research*. 26 (3), (580-585).

Zheng, M., Cai, Q., Chen, H. (2007). Effect of vegetation on runoff-sediment yield relationship at different spatial scales in hilly areas of the loess Plateau all, North China. *Acta Ecological Sinica*, 27 (9) 3581 - 3572.

قدم في: مايو 2013
أجيز في: يناير 2014

Assessment of the Sedimentary Yield in the Basin of Wadi Al-Jurthan - South Jordan

Ali Hamdi Abu Salim*

This study aims at assessing the magnitude of the sedimentary yield of Wadi Al- Jurthan through the analysis of geomorphological variables closely related to a dynamic that forms a load of sediments in the basin and the changes in the amount determined by these variables; the most important variables are the water discharge, the morphometric properties of the water network, and the morphology of the surface. The study adopted the methodology of the quantitative analysis that shows the relationship between the water discharge and the sedimentary yield of the Valley. Also the study applied quantitative equations to measure the volume of sediment accumulated in the dam lake during the period (2001/2002 - 2010/2011). Most values of those equations were empirically measured in the field.

The study found several results, including: the increasing of the volume of the sedimentary yield that steadily moves towards the outlet of the stream. Because of the increase in the amount of water discharge, the rate of the suspended load varied between (435 mg/l) in the upper basin to (662.5 mg/l) in the lower basin. The hypsometric coefficient indicated that the topography is rugged; a result which proposes the likelihood of an increasing erosive activity and the sedimentary yield of the Valley in the wet periods. Also the results showed the negative impact of the sedimentary yield on the storage capacity of the dam lake; the rate of the decrease in the amplitude varies between (1800-6390 cubic meters) during the period (2001/2002 - 2010/2011).

Keywords: Wadi Al-Jurthan, Sedimentary Yield,Water discharge, Water Network.

* Dept of Geography, Al-Hussein Bin Talal University, Jordan.