قابلية استجابة قعر نهر دجلة لظاهرة التدرع بعد اشتغال سد الموصل

ثائر محمود الطائي
مركز بحوث البيئة والموارد المائية
جامعة الموصل

(تاريخ الاستلام 2002/11/6 ، تاريخ القبول 2003/1/9)

الملخص

ان تواجد نسب قليلة من الرمل والحصى الخشن في قعر الانهـار الرمليـة-الطمييـة (Alluvial Rivers) الواقعة مؤخر السدود المقامة على هذه الانهار مع عمليات النحر التي تسببها طاقة المياه المطلقة من هذه السدود والخالية من الرسوبيات نتيجة عمليات الترسيب الحاصلة مقدم هذه السدود سـتؤدي الـى فرز وغسل وازاحة المواد الناعمة من رسوبيات القعر تاركة الاحجام الخشنة تدريجيا ممـا يـؤدي الـى حدوث زيادة في خشونة القعر وهبوط في سرعة الجريان وبالتالي الوصول الى حالة االتوازن حيث يطلق على هذه الحالة من خشونة القعر بظاهرة التدرع (armouring) . يسلط البحث الحـالي الـضوء علـى ظاهرة التدرع في الانهار ومحاولة تطبيقها على نهر دجلة مؤخر سد الموصل كحالة دراسية والتعـرف على قابلية استجابة قعر النهرلظاهرة التدرع بعد اشتغال سد الموصل مدة 16 سنة منذ عام 1985 ولحـد الان وذلك بتطبيق العديد من المعايير والعلاقات المختبرية والحقلية المستخدمة مـن قبـل العديـد مـن الباحثين في هذا المضمار. اثبتت نتائج البحث ان ظروف حالة التدرع تتواجد في قعر نهر دجلة ضـمن مقطع الدراسة وربما قد تم التوصل اليها قبل عدة سنوات من الان نتيجة اشتغال سد الموصل لهذه الفتـرة حيث بلغت قيمة الانحراف القياسي الهندسي (σ) للطبقة المدرعة (1.58) ومتوسط القطر الهندسي للطبقة المدرعة لقعر نهر دجلة عند مدينة الموصل (33)ملم كما اثبتت النتائج هبوط في قيمة الانحراف القياسـي الهندسي لمواد القعر السطحية عند مدينة الموصل منذ اشتغال سد الموصل ولحد الان كمـا قـدر معـدل النسبة بين متوسط القطر الهندسي للطبقة الاصلية والطبقة المدرعة حوالي (0.82) والذي يدعم الاستنتاج المتعلق بوصول قعر النهر الى حالة التدرع.

Response Capability of Tigris River Bed to Armoring Phenomenon after Mosul Dam Operation

Thair Mahmood Al-Taiee
Research Center for Environment and Water Resources
Mosul University

ABSTRACT

Existence of small percentages of sand and coarse clay in alluvial rivers bed downstream of dams constructed on these rivers with the degradation processes caused by released discharges from dams clear of sediments as a result of sedimentation processes in the upstream reservoirs will lead to washing, segregation and removal of fine materials from the bed leaving coarse sizes gradually. This will cause an increment in the bed roughness and lowering in the flow velocity which in-turn lead to the equilibrium condition. This state of bed roughness is called (armouring). The present research work focuses the light on the armouring phenomenon in rivers and trying to apply on Tigris river downstream Mosul dam identifying the capability of river bed to this phenomenon after Mosul dam operation for about sixteen year since 1985 using various number of criteria laboratory and field relations predicted by many researchers. The results proved that the armouring conditions was existed in Tigris rivers bed in the present study reach and probably had been reached before number of years as a result of Mosul dam operation . The value of geometric standard deviation of the armour layer was 1.58 and the mean diameter was 33 mm. The results proved lowering in the geometric standard deviation of the surface bed material in Mosul city since Mosul dam operation. The average ratio between the mean diameter of the original layer and the armour layer was 0.82, which confirm the conclusion concerning the arrival of the river bed to the armouring state.

المقدمة

بشكل عام يتغير نظام الجريان والحمل الرسوبي للانهار المارة خلال طبقات عميقة من الرسوبيات النهرية الرملية والحصوية نتيجة انشاء السدود على هذه الانهار حيث ان المياه المطلقة من هذه السدود والخالية من الرسوبيات نتيجة عمليات الترسيب الحاصلة مقدم هذه السدود سوف تعمل على نحر المجاري السفلى لهذه الانهار مسببة انجراف سريع مباشر مؤخر السدود، وان الرسوبيات المزاحة من قعر مجرى النهر بوساطة المياه المطلقة الخالية من الرسوبيات ستكون حاوية على كمية عالية من الفتاتيات الناعمة تاركة الاحجام الخشنة للمواد الرسوبية في القعر تدريجيا بينما يقل معدل الرسوبيات المنقولة في القعر مع الزمن وحدوث زيادة في خشونة القعر مسببة هبوط في سرعة الجريان حتى الوصول الى حالة الاستقرار القعر وظروف التوازن وحينئذ يطلق على هذه الحالة من خشونة سطح القعر بظاهرة التدرع (Little and Mayer,1976) قام العديد من الباحثين بدراسة مشكلة تدرع قعر النهر امثال (Livesey,1973) و (Harrison,1950) كما اعتبر العالم (Little and Mayer,1976) ظاهرة تدرع قعر النهرهي النتيجة

النهائية لعملية الفرز الهيدروليكي واعتبرها عملية ستوكاستيكية بتوزيع احصائي لفعل الدوامات التي تمثل القوى المؤثرة على التوزيع الاحصائي للرسوبيات. اما العالم (Lane,1955) فقد اقترح علاقة بسيطة لربط تصريف الرسوبيات Q_s وتصريف المياه Q وميل خط الطاقة S وحجم مواد القعر K حيث ان:

$$Q_s \; K = \text{function} \; (Q \; S)$$

وان انشاء السد واشتغاله سيسبب هبوط كبير في قيمة التصريف وبافتراض ثبات ميل سطح المياه S كما ان الخشونة التدريجية لمواد القعر K ستزداد مع تزايد النحر الذي سيؤدي الى تناقص تدريجي في تصريف الرسوبيات Q_s وبالتالي الى الهبوط التدريجي في تذبذب حالة قعر النهر والوصول الى حالة التدرع.

هنالك العديد من الملاحظات المختبرية والحقلية اكدت على ابتداء عمليات النحر حال الانتقال التدريجي للفتاتيات الرسوبية الناعمة ووصول معامل الفرز للفتاتيات الرسوبية المتبقية على القعر المنحور والذي يساوي $S_o = (K75/K25)$ الى القيمة (1) مع استقرارية النحر تاركا القعر على شكل سطح مستوي بمواد خشنة من حبيبات الرمل الخشنة . ولهذا ترتبط ظاهرة التدرع المذكورة اعلاه بعملية خشونة سطح القعر. كما تتغير ظاهرة التوازن الطبيعي للقعر بعد انتقال وازاحة مواد القعر الناعمة بواسطة الجريان ، وقد تستمر الفترة الزمنية للوصول الى هذه الحالة عشرات السنين كما هي الحال في سد فورت راندل على نهر المزوري حيث استمرت عمليات النحر وتدرع قعر النهر التدريجي مدة عشرة سنوات بعد اشتغال السد (Livesey, 1973). ان دراسة خواص مواد قعر الانهار وخاصة بعد انشاء منشات هيدروليكية عبر هذه الانهار مثل اقامة السدود تعتبر من المواضيع المهمة نتيجة التغيرات التي تحدث في توزيع حجم مواد القعر في النهر وكذلك في شكل مواد القعر وكمية الرسوبيات المنقولة ومقاومة الجريان وظاهرة التدرع في قعر الانهار.

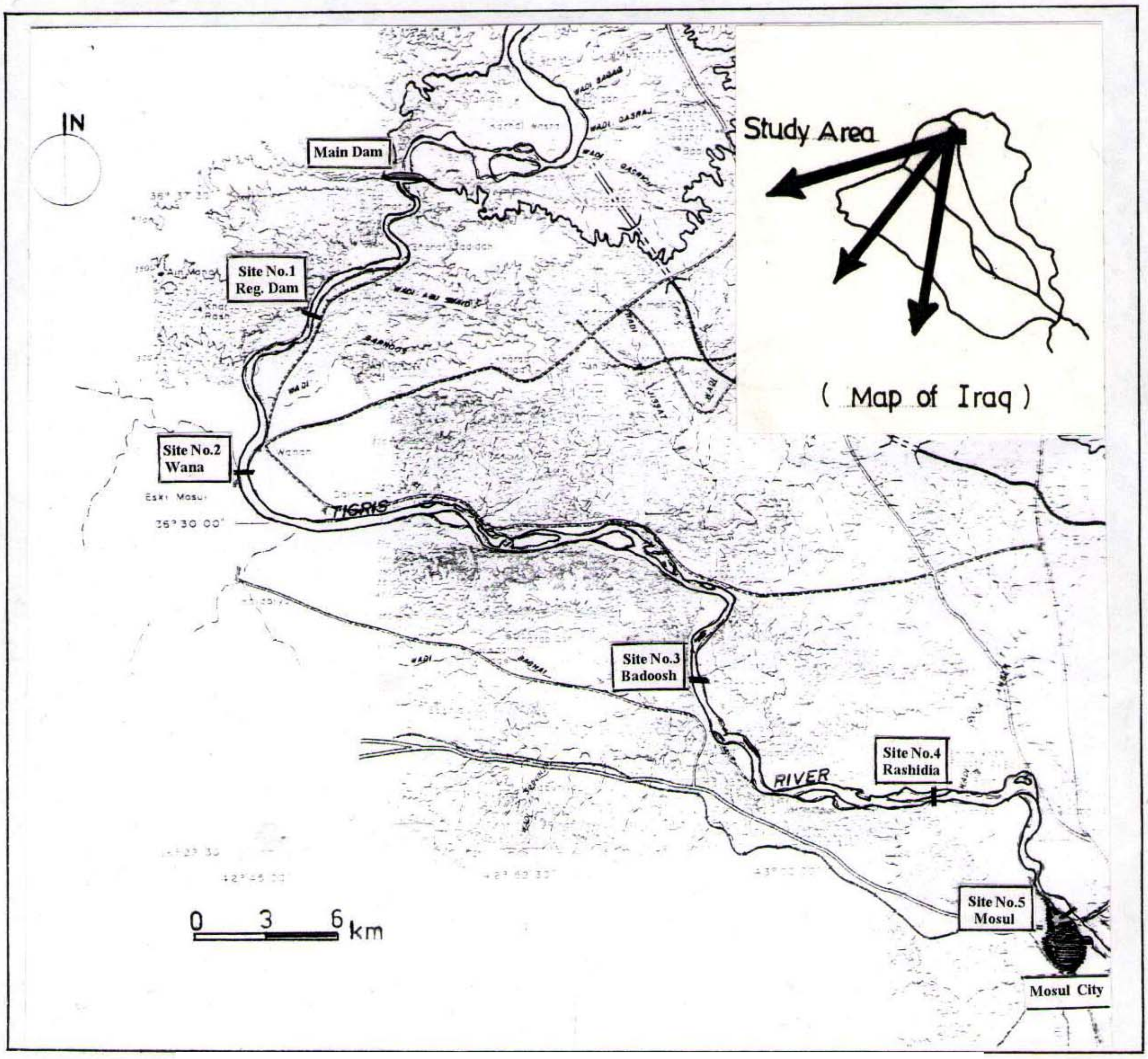
يمر نهر دجلة خلال طبقات نهرية متكونة من الحصى والرمل في شمال العراق وقد بدا بتغيير نظام الجريان فيه مع الحمل الرسوبي بعد انشاء واشتغال سد الموصل منذ عام 1985 فعلى سبيل المثال كان المعدل الشهري للرسوبيات العالقة لنهر دجلة في مدينة الموصل قبل اشتغال سد الموصل هو 1000 ملغم / لتر بينما يلاحظ هبوط هذه القيمة بعد اشتغال سد الموصل لتصبح 59 ملغم / لتر (Al-Taiee,1990). كما تم ملاحظة العديد من التغييرات المورفولوجية في النهر مؤخر سد الموصل نتيجة تغير نظام الجريان هذا مثل تكون جزرات في وسط النهر وزيادة التواء النهر River Meandering والذي له علاقة مع حجم مواد القعر والحمل الرسوبي وعمليات النحر والترسيب التي حصلت بعد اشتغال سد الموصل . يهدف البحث الحالي الى دراسة قابلية استجابة قعر نهر دجلة لظاهرة التدرع كنتيجة لاشتغال سد الموصل مدة 16 عام منذ عام 1985.

موقع الدراسة

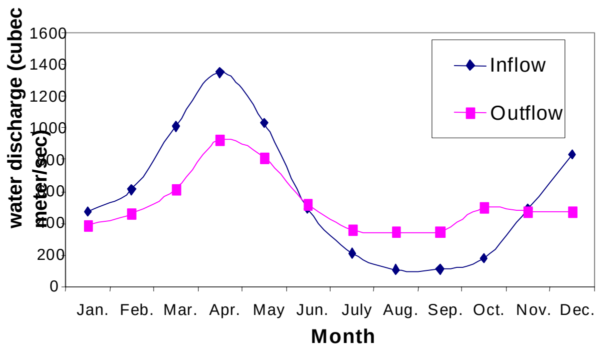
تم اختيار خمسة مواقع على نهر دجلة على طول المسافة ما بين سد الموصل التنظيمي ومدينة الموصل والتي تقدر بـ 55 كم لتنفيذ هذه الدراسة . حيث يبعد الموقع الاول مسافة 50 متر مؤخر سد الموصل التنظيمي والذي يعتبر كمقطع سيطرة (control section) نهاية الحماية الكونكريتية والصخرية الاصطناعية مؤخر السد بينما حدد الموقع الثاني لجمع النماذج عند ناحية وانه والثالث عند سد سنحاريب والرابع قرب قرية الرشيدية بينما اعتمد جسر نينوى في الموصل كموقع خامس, (انظر الشكل 1). وقد تم الاخذ بنظر الاعتبار عدة عوامل اساسية في اختيار هذه المواقع لجمع مواد القعر وهي التشابه المورفولوجي ونوع وشكل الظروف الهيدروليكية للمقطع.

خواص الجريان المطلق من خزان سد الموصل

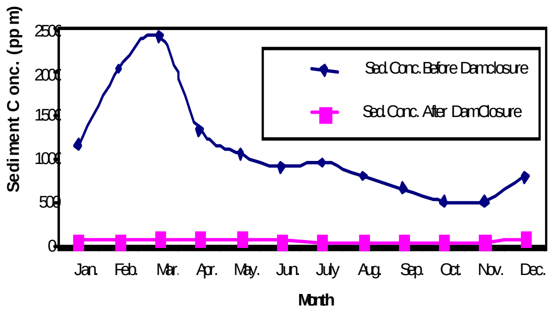
يختلف نظام الجريان في الانهار مؤخر السدود بشكل عام عن النظام الطبيعي فيها حيث تقل قيمة تصاريف الفيضان المطلقة من السدود والتي تعتمد على سعة الخزان وهيدروكراف الفيضان وادارة وتشغيل الخزان. من جانب اخر تعتبر حركة الرسوبيات الاكثر شدة خلال الفيضانات ونتيجة لانشاء الخزانات سوف تقل سعة انتقال الرسوبيات في النهر مقارنة بقيمتها قبل انشاء السد والتي تعتبر من الحقائق المهمة التي تحدد مقدار وكمية التعرية. والشكل (2) يوضح المعدل الشهري للتصاريف المطلقة من سد الموصل التنظيمي والتصاريف الحقيقية الداخلة الى سد الموصل. كما يوضح الشكل (3) التراكيز الشهرية للمواد الرسوبية العالقة عند محطة قياس الموصل قبل وبعد انشاء سد الموصل (Al-Taiee, 1992).



شكل 1: خارطة موقعية لمنطقة الدراسة.



شكل 2: معدل التصاريف الشهرية الداخلة والخارجة من بحيرة سد الموصل للسنوات 1990-2000 (After Al-Taiee, 1992).



شكل 3: معدل تراكيز الرسوبيات العالقة المقاسة في نهر دجلة عند محطة قياس الموصل قبل وبعد انشاء سد الموصل (After Al-Taiee, 1992)

ميل قعر النهر

من المعروف في فترات سابقة من الزمن ان نهر دجلة كان قد بدأ بتنظيم طبيعة الجريان فيه لنقل كميات معينة من المواد الرسوبية الجارية فيه والقادمة من المساحة المغذية للنهر ومن بعض طرق التعرية الاخرى. ولغرض تحريك كميات اضافية من مواد القعر هذه فقد يتطلب توفر ميل قعر شديد اسفل مجرى النهر اكبر من الميل المطلوب لحركة المياه الصافية. كما ان انتقال المياه الصافية الخالية من الرسوبيات تتطلب توفر ميل قليل للقعر ومنبسط يختلف عن الميل المطلوب لحركة وانتقال المواد الرسوبية. لهذا فان قعر النهر يحاول تنظيم درجة ميله لتحقيق متطلبات نقل المياه الصافية وهي الميل المنبسط وهذا يعني هبوط في قعر النهر اسفل النهر . والجدول (1) يوضح معدل ميل قعر نهر دجلة لمنطقة الدراسة قبل وبعد انشاء سد الموصل حيث تم قياس معدل ميل قعر نهر دجلة لجميع مواقع الدراسة الحالية باستخدام جهاز الثيودولايت و يوضح الجدول هبوط في قيمة الميل بعد اشتغال سد الموصل.

جدول 1: معدل ميل قعر نهر دجلة قبل وبعد اشتغال سد الموصل (سم/ كم).

Before Mosul dam Closure Nedico, 1976	After Mosul dam Closure	AfterMosul dam Closure
	1988	2002
60	54.9 (Al-Taiee, 1990)	50.2 (present study)

قابلية قعر النهر للتعرية

هناك عدة احتمالات لتعرية قعر النهر والتي تعتمد على مكونات مواد القعر ففي حالة كون قعر النهر متكون من رمل متجانس فان التعرية ستستمر حتى حالة ظهور الطبقة الصخرية او مواد اخرى مقاومة للتعرية تحت طبقة الرمل او عندما تقل سرعة الجريان تحت تاثير مقاطع السيطرة الواقعة مؤخر السد مثل عتبة الحماية الصخرية. بينما في حالة كون قعر النهر من رمل متدرج وحصى فان المواد الناعمة سوف يتم غسلها اولا والانتهاء الى طبقة خشنة من الحصى تغطي القعر وتسمى هذه العملية

بتدرع قعر النهر والتي تعتبر في اغلب الاحيان عامل مهم محدد لاستمرارية التعرية. وبشكل عام يتكون قعر نهر دجلة في موقع الدراسة الحالية من الحصى المتـدرج والـذي تنطبـق عليـه الحالـة الثانيـة (Nedico,1976).

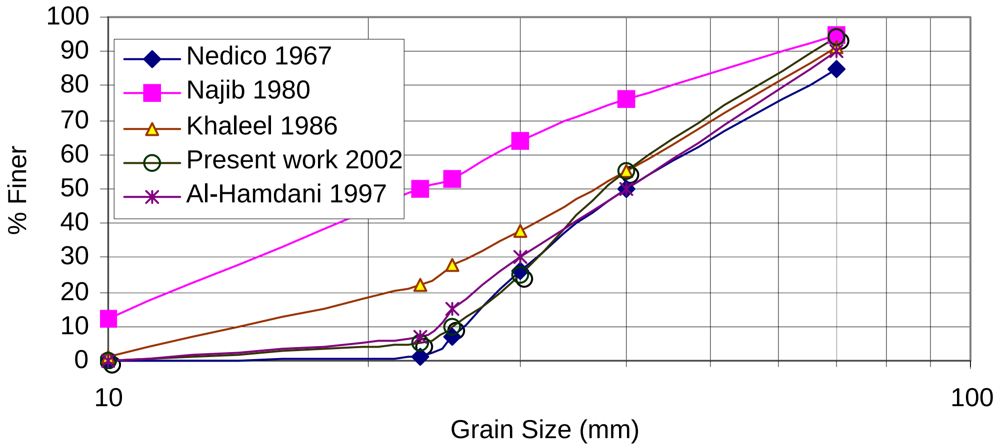
جمع نماذج مواد القعر

بشكل عام صنفت مواد قعرمقطع نهر دجلة الواقع في المنطقة الشمالية من العراق وخاصة ضـمن موقع الدراسة الحالي بانها من نوع حصوي (Nedico, 1976) وقد تم تمييز طبقتين للقعر هما الـسطحية وتحت السطحية, وتسمى الطبقـة الـسطحية بالطبقـة المرصـوفة (paved)، واسـتنادا الـى العـالم (Adams,1979) تعتبر الانهار ذات قعر مرصوف اذا كانت الطبقة السطحية وتحت السطحية متكونة من المواد المتشابه بالاحجام مع وجود نقص بالمواد الحصوية الناعمة والرملية في الطبقة السطحية كما يعتبر القعر من النوع المدرع اذا كانت مواد الطبقة السطحية اكثر خشونة من الطبقة تحت السطحية. في البحث الحالي تم اجراء الاستطلاع الموقعي لجميع مقاطع الدراسة والتاكد من تصنيف مواد قعر النهر كما ذكرت من قبل شركة Nedico كما تم استخدام طريقة الـ Transect في جمع مواد القعر الـسطحية واسـتخدام طريقة العالم (Lane, 1955) في جمع نماذج تحت السطحية من جميع مقاطع الدراسة لغـرض تحليلهـا مختبريا.

تحليل نماذج مواد القعر

تم استخدام مجموعة المناخل المعتمدة في تحليل التوزيع الحجمي في تصنيف مواد القعر السطحية والشكل (4) يوضح توزيع حجم مواد القعر السطحية لجميع مواقع الدراسة والـذي يوضـح ان متوسـط القطر لمواد القعر السطحية (D_{50}) يتراوح مابين 72 ملم قرب السد التنظيمـي و34 ملـم فـي مدينـة الموصل والذي يعطي مؤشرا على ان نسبة المواد الناعمة المغسولة قرب السد التنظيمي اكبر بكثير مـن المواقع الاخرى مؤخر هذا الموقع نتيجة الطاقة العالية للمياه الصافية المطلقة من السد التنظيمي. ومقارنة بسيطة بين منحني التوزيع الحجمي لمواد القعر للدراسة الحالية مع عدد من الدراسات السابقة التي تمـت على مواد القعر في موقع مدينة الموصل تشير الى ان متوسط قطر مواد القعر الناتج من الدراسة الحالية في مدينة الموصل يتطابق الى حد ما مع القيمة المستنتجة في دراسة (Nedico, 1976) ولكنها اكبر مـن القيمة التي حصل عليها كل من (Najib, 1980 وKhaleel, 1986) كما موضح في الشكل (5).

شكل 4: التوزيع الحجمي لحبيبات الطبقة السطحية لقعر نهر دجلة في موقع الدراسة.



شكل 5: مقارنة بين التوزيع الحجمي لحبيبات الطبقة السطحية لمواد قعر نهر دجلة في مدينة الموصل ولعدة فترات زمنية.

تم ايجاد درجة تجانس مواد القعر السطحية وذلك بايجاد الانحراف القياسي الهندسي (σ) والذي يساوي $(D_{84}/D_{16})^{0.5}$ حيث تراوحت قيمة (σ) لجميع المقاطع المدروسة مابين (1.37) عند موقع سد بادوش و (1.57) عند موقع السد التنظيمي والجدول (2) يوضح قيمة الانحراف القياسي الهندسي لمواد القعر السطحية عند مدينة الموصل ولعدة دراسات سابقة والذي يبين هبوط في قيمتها بعد اشتغال سد الموصل ومحاولة وصول قعر النهر الى حالة التجانس.

جدول 2: الانحراف القياسي لمواد قعر نهر دجلة عند مدينة الموصل ولعدة فترات زمنية.

Nedico, 1976	Nagy, 1980	Khaleel, 1986	Al-Taiee and Othman 1996	Al-Hamdani, 1997	Present work 2002
1.61	2.19	1.73	1.48	1.36	1.58

كما تم ايجاد التوزيع الحجمي للمواد تحت السطحية لجميع مواقع الدراسة الحالية وقد تبين ان قيمة متوسط قطر المواد D_{50} تراوحت مابين 12.04 و 22.41 (انظر الجدول3). كما يوضـح الجـدول (4) مقارنة بين التوزيع الحجمي للمواد تحت السطحية عند موقع مدينة الموصل ولعدة بـاحثين سـابقين مـع الدراسة الحالية. ويبين الجدول وجود زيادة في حجم الحبيبات المواد تحت السطحية لحد فترة انشاء سـد الموصل وهبوط في القيمة بعد تشغيل سد الموصل وربما يعزى ذلك الى وجود الحماية الطبيعية الناتجـة عن المواد الخشنة التي استقرت فوق الطبقة السطحية.

جدول 3: التوزيع الحجمي لحبيبات المواد تحت السطحية المكونة لقعر نهر دجلة لجميع مقاطع الدراسة.

Site	D_{10}	D_{16}	D_{30}	D_{50}	D_{65}	D_{80}	D_{90}
Reg.dam	0.4	0.42	2.49	12.04	27.57	51.6	58.68
Wana	0.22	0.45	12.21	19.04	23.78	31.97	35.73
Badoosh	0.22	0.3	0.54	22.41	29.69	44.95	56.54
Rashidia	0.38	0.54	5.02	14.16	22.22	7.08	49.86
Mosul	0.41	0.61	3.1	13.1	21.4	3.63	48

جدول 4: التوزيع الحجمي لحبيبات المواد تحت السطحية المكونة لقعر نهر دجلة عند مدينـة الموصـل ولعدة فترات زمنية.

Author	D_{10}	D_{16}	D_{30}	D_{50}	D_{65}	D_{84}	D_{90}
Nedico,1976	----	0.5	1.7	8	12	18	28
Najib,1980	----	0.8	2.7	14	19	34	40
Khaleel,1986	0.14	0.56	4.3	1 5	23	40	47
Al-Taiee and thman 1996	0.45	0.58	3.56	12.66	20.6	35.76	48.9
Al-Hamdani, 1997	----	29	33	38	41	55	67
Present Work,2002	0.45	0.58	3.56	12.7	21	36	49

وبالاعتماد على العالم (Rouse,1950) تم تصنيف مواد القعر السطحية وتحت السطحية لنهر دجلة فـي منطقة الدراسة والجدول (5) يبين ان الحجم الشائع والممثل لمواد القعر الـسطحيةوتحت الـسطحية هـو الحصى الخشن جدا بنسبة 74% و 37% على التوالي.

جدول 5: تصنيف نوع مواد القعر المكونة لنهر دجلة عند مواقع الدراسة الحالية **(Rouse,1950).**

Size	Surface %	Subsurface %	Classification
250-130	2	---	Large Cobble
130-64	20	5	Small Cobble
64-32	74	37	Very Coarse Gravel
32-16	2	10	Coarse Gravel
16-8	2	14	Medium Gravel
8-4	---	8	Fine Gravel
4-2	---	2	Very Fine Gravel
2-1	---	3	Very Coarse Sand
1-0.5	---	3	Coarse Sand
<0.5	---	18	Fine Sand,Silt and Clay

تدرع قعر النهر

اعتمدت عدة معايير مختلفة لوصف وتعيين ظروف تدرع قعر النهر لمنطقة الدراسة الحالية منهـا طريقة العالم (Gessler, 1970) الذي اعتبر وصول قعر النهر لحالة التدرع تحدث عندما تكـون النـسبة $(D_{84}/D_{16})^{0.5}$ اكبـر مـن 2 . كـذلك تـم اسـتخدام طريقتـي (Komura and Simons,1967) و (Suryanarayana,1970) اللذان وصفا الوصول الى حالة تدرع قعر النهر تحصل عندما تكـون قيمـة متوسط قطر حبيبات قعر النهر السطحية D_{50} اكبر او تساوي D_{84} لحبيبات المواد تحت السطحية. كمـا اعتمدت معايير العالم (Little and Mayer, 1976) في فحص قعر النهر عند موقع الدراسة لحالة التدرع والتي تعتبر ان مواد القعر الرسوبية تصل الى حالة التدرع عندما يكون متوسط القطر الهندسـي للطبقـة المدرعة dga اكبر من D_5 واقل من D_{95} للحبيبات القعر الاصلية حيث:

$$dga = 1.74\ \sigma go^{0.58}\ U^2 \text{------------------------------}(1)$$

$$\sigma ga/ \sigma go = 1.326 - 0.249\ \sigma go \text{--------------------}(2)$$

$$\sigma ga = (D_{84}\ /D_{16}\ )^{0.5} \text{--------------------------------}(3)$$

$$u_* = (gys)^{0.5} \text{--------------------------------------}(4)$$

where:

u_* =(م/ثا) سرعة القص

g =التعجيل الارضي

y = (م) معدل عمق مقطع النهر

s = ميل النهر

σga = الانحراف المعياري الهندسي للطبقة المدرعة

σgo = الانحراف المعياري الهندسي للطبقة الاصلية

dgo= (ملم) متوسط القطر الهندسى للطبقة الاصلية

dga= (ملم) متوسط القطر الهندسي للطبقة المدرعة

كما اعتبرت النسبة dgo/dga مقياس لدرجة تدرع قعر النهر حيث كلمـا قلـت النـسبة ازدادت درجة التدرع وقد تم حساب النسبة اعلاه لموقع الدراسة الحالي حيث بلغت قيمتها (0.82) بالاعتماد على المعادلة التالية:

$$dgo = d_{95} / (\sigma go)^{1.645} \text{------------------------------}(5)$$

والجدول (6) يوضح نتائج الحسابات الخاصة بتطبيق المعادلات(1 الى 5).

جدول 6: نتائج الحسابات الخاصة بتطبيق معايير العالم Little,et.al. 1976 في تدرع قعر نهر دجلة عند مدينة الموصل.

D_5 (mm) Origional bed	D_{95} (mm) Origional bed	D_{16} (mm) armor coat	D_{95} (mm) armor coat	σ ga	Σ go	U_* (m/sec.)	dga	dgo	Dgo/ dga
8	58	33	73	1.48	1.58	0.1	33	27	0.82

كما يبين الجدول (7) تطبيق الطرق المذكورة لمنطقـة الدراسـة الحاليـة والـذي يوضـح ان طريقـة (Komura, and Simons, 1967) اعطت مؤشرا على وصول قعر نهر دجلة عند موقع الدراسة الحاليـة لحالة التدرع. كما اعطت طريقة (Gessler, 1970) مؤشرا لقرب وصول قعر النهر لحالة التدرع. واكدت طريقـــة ا (Little and Mayer, 1976) علـــى نفـــس اســـتنتاج طريقـــة (Komura and Simons, 1967).

جدول 7: تطبيقات معايير قياسية مختلفة لفحص حالة تدرع قعر النهر لمقاطع الدراسة الحالية.

Author	Site				
	Reg. Dam	Wana	Badoosh	Rashidia	Mosul
Gessler, 1970 $D_{84}/D_{50} > 2$	1.54	1.49	1.25	1.43	1.5
Komura, and Simons, 1967 $D_{50surface}/D_{84subsurface} > 1$	1.39	1.53	1.13	1.19	1.03
Little and Mayer976 $D_5 < dga < D_{95}$	24	24	23	23	23

يتبين من النتائج التي تم التوصل اليها في الجدول (6) عند تطبيق معايير بعض الباحثين العـاملين في هذا المجال على وصول قعر نهر دجلة عند موقع الدراسة (مؤخر سد الموصل) لحالة التـدرع وان متوسط القطر الهندسي لطبقة التدرع هي dga (33) والانحراف القياسي الهندسي لطبقة التدرع σga هـو (1.58). وكنتيجة للاستنتاج الذي تم التوصل اليه فيما يخص وصول قعر نهر دجلة مؤخر سد الموصـل لحالة التدرع ووصول حالة شبه التوازن والاستقرار فقد تم محاولة ربط علاقة احصائية بين متوسط قطر

مواد الطبقة السطحية لنهر دجلة ضمن مواقع الدراسة (D_{50}) مع المسافة بين هذه المواقع ابتداء من السد التنظيمي حتى مدينة الموصل للاستفادة منها مستقبلا في حالة الحاجة الى معرفة متوسط قطر مواد القعر ضمن مقطع الدراسة الحالي في تخطيط وتصميم أي منشا هيدروليكي على النهر كما موضح في المعادلة (6) والتي تبين هبوط في قيمة D_{50} على طول المسافة مؤخر سد الموصل .

$$D_{50}\text{ (at any X)} = D_{50}\text{ (at X= 0)} - 0.465\text{ X} \quad \text{------------------} (6)$$

$$D_{50}\text{ (at any X)} = D_{50}\text{ (at X=0)} - 0.441\text{ X} \quad \text{------------------} (7)$$

حيث ان:

X = المسافة على طول النهر بالكيلومترات

المصادر الاجنبية

Adams, J., 1979. Gravel Size Analysis From Photography . Proce. American Soc. Civil Eng. Vol.105, Hy 10.pp 1247-1256.

Al-Hamdani, A., Ali, 1997. Development of Tigris River Reach Between Mosul Dam and Mosul City. Ph.D. Thesis, Geology Department, College of Science, Baghdad University.

Al-Taiee, T.M., 1990. The Influence of Dams on the Degradation of Downstream River Bed. Proc. Of the International Conference on Hydrology in Mountainous Regions. Switzerland. pp.153-160.

Al-Taiee, T.M., 1992. The Effect of Storage Capability of Reservoir on the Downstream Tigris River Flow Regime. Journal of Water Resources, Vol. 12,No. 1. Dec. Baghdad, Iraq, pp 25-36.

Barry, D.I., 1972. Regime Relation for Alberta Gravel Bed Rivers. Proc. Of Hydrology. Symposium of Fluvial Processes and Sedimentation. Univ. of Alberta. Alberta, Canada, pp 440-553.

Gessler, J., 1970. Self Stablizing Tendences of Alluvial Channels. Am. Soc. Of Civil Eng. Journal of Water ways and Harbours. Div. 96 (ww2). pp. 235-249.

Harrison, 1950. Report on Special Investigation of Bed Sediment Segragation in a Degrading Bed. California Institute Engineereing Research. Series 33, Issue No.1.

Khaleel, M.S., 1986. Analysis of Surface Layer Material of Tigris River at Mosul City. College of Engineering, Irrigation and Drainage Department, Mosul University, Mosul, Iraq. P.16.

Komura, S. and Simons, D.B., 1967. River Bed Degradation Below Dams, Journal of the Hydraulic Division. ASCE, Vol.93. pp1-41

Lane, E.W., 1955. The Importance of Fluvial Morphology in Hydraulic Engineering. Proc. ASCE, Vol. 81, No. 745.

Little,W.C. and Mayer, P.G., 1976. Staibility of River Channel Bed by Armouring, Journal of Hydraulic Division. ASCE, Vol. 102, No. 11, pp. 95-106.

Livesey, 1973. Channel Armouring Below Fort Randall Dam, Proc. Of the Federal Interagency Sedimentation Conference, Miscellaneous Publication. No. 970. U.S. Agricultural Research Service.

Najib, Y. E., 1980. Characteristics of Tigris River at Mosul. M.Sc. Thesis Presented to the University of Mosul, College of Eng., Irrigation Department, p.185.

Nedico, 1976. Study of the Navigation in Tigris River Between Baghdad and Mosul. Republic of Iraq. Ministry of Development, pp.135.

Rouse, H., 1950. Engineering Hydraulics, Proc. Of the 4^{th} Hydraulics Conference, Iowa Institute of Hydraulic Research, John, Wiley and Sons, New York, 776p.

Suryanarayana, B. and Shen, H.W., 1970. Laboratory Study of Degradation and Aggradation, Journal of Waterways, Harbour and Coastal Eng. Div., ASCE, Vol. 93, No. ww4, pp. 615-630.