

النمذجة الهيدروليكية لطاقة النهر ودورها في التغيرات الجيومورفولوجية بنهر النيل بمنطقة جزيرة الكريمات

أ.د. أحمد إبراهيم محمد صابر

أستاذ الجيومورفولوجيا والخرائط

كلية الآداب . جامعة بورسعيد

د. منال سمير شلبي

مدرس الجيومورفولوجيا ونظم المعلومات الجغرافية

كلية الآداب . جامعة بورسعيد

DOI: 10.21608/jfpsu.2021.53904.1029



النمذجة الهيدروليكية لطاقة النهر ودورها في التغيرات الجيومورفولوجية بنهر النيل بمنطقة جزيرة الكريما

الملخص:

النهر كتلة متحركة من الماء لابد أن يكون له طاقة أو قوة تتوقف على العديد من المتغيرات الهيدروليكية والتي يصعب الفصل بينهما، ومع اختلاف هذه المتغيرات تتباين طاقة النهر من موقع لآخر، لتكون سبب في نشأة وتطور العديد من الظواهر الجيومورفولوجية، إذ ترتبط عمليات النحت والنقل والارساب بفعل الأنهار ونشاطها الجيومورفولوجي بطاقة النهر. وقد تم تطبيق النمذجة في تقدير طاقة النهر والعوامل المؤثرة فيها والظواهر الجيومورفولوجية الناتجة عنها بنهر النيل بمنطقة جزيرة الكريما، وذلك عن طريق استخدام تقنيات الجيوغرافيا لتكس للوصول إلى أعلى دقة في النتائج وفي عملية التحليل والتقييم.

Hydraulic Modeling of River Energy and Its Role in the Geomorphological Changes in the Nile River in the Al Kuraimat Island Area

Abstract:

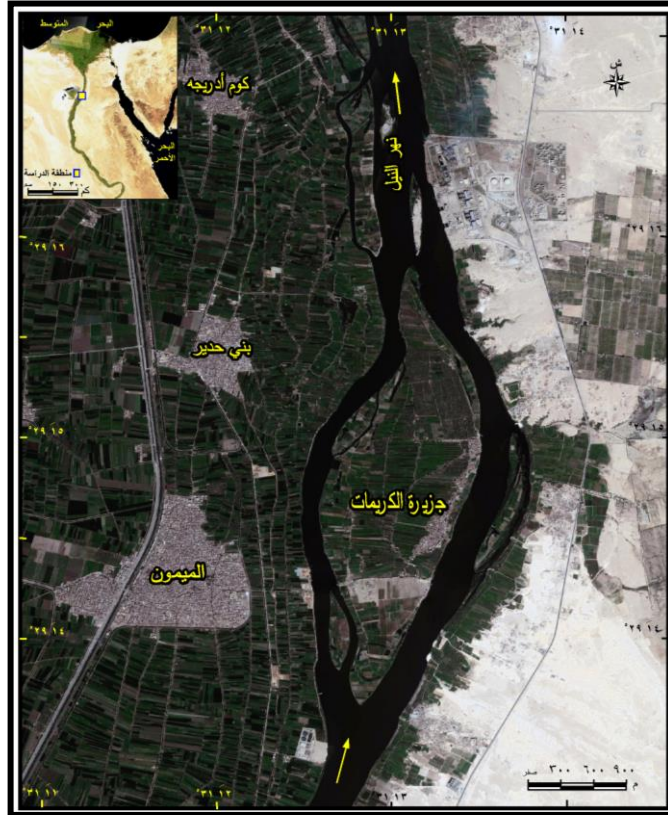
A river, as a moving mass of water, must have energy or power that depends on many hydraulic variables, which are difficult to separate. With the difference of these variables, the river's energy varies from one location to another, causing the emergence and development of many geomorphological phenomena, as the processes of erosion, transport and deposition are related, due to rivers and their geomorphological activity, to the energy of the river. The modeling was applied in estimating the energy of the river, the factors affecting it, and the geomorphological phenomena resulting from it in the Nile River in the area of Al-Kuraimat Island, by using geoinformatics techniques to reach the highest accuracy in the results and in the analysis and evaluation process.



المقدمة:

تكتسب طاقة النهر خواصها بفعل العديد من العوامل المعقدة والمتشابكة التي تساهم في خلق الظروف المواتية لتوليد تلك الطاقة بخصائصها المختلفة. وغنى عن الذكر أن العوامل التي تؤثر في طاقة النهر هي العوامل نفسها التي تتأثر بها؛ وبالتالي فهي علاقة متبادلة؛ ومن ثم فإن وضع هذا العلاقة في شكل معادلة انحدار، فمن الممكن أن تتبدل العوامل الثابتة مع العوامل المتغيرة (صابر، ٢٠٠٧).

وتهدف الدراسة إلى تحليل العلاقة بين طاقة النهر والخصائص الهيدروليكية والمورفولوجية لنهر النيل، من حيث تحليل العوامل المؤثرة في طاقة النهر، والآثار الجيومورفولوجية الناجمة عن هذا التباين، ومعرفة درجة الارتباط بينهما، بمنطقة الكريمات الممتدة من الكيلو ٩٠ إلى الكيلو ٩٦ من مقياس الروضة بالحبس الرابع (شكل ١).



المصدر : SAS.Planet

شكل (١): موقع منطقة الدراسة



ولتحقيق الهدف من الدراسة فقد تم الاعتماد على العديد من النماذج والبرامج، منها ما قامت به المراكز البحثية وخاصة معهد بحوث النيل، والآخرون إعداد الباحثين اعتماداً على البرامج الهندسية (Autocad Civil & HEC RAS) أو الاعتماد على النماذج الجاهزة Online في حساب بعض الخصائص الهيدروليكية ومنها طاقة النهر (شكل ٢) بالإضافة إلى العديد من المعادلات الهيدروليكية والهيدرولوجية (شكل ٣). ومن أهم هذه النماذج والبرامج والمعادلات ما يلي:

• نموذج رياضي ثنائي الأبعاد GSTARS2.00 لتمثيل امرار تصرفات مختلفة على معدلات النحت والإرساب.

• معامل الاحتكاك (معامل ماننج) ^(١) للنموذج NERVE ^(٢).

• HEC-RAS لعمل القطاعات التضاريسية وحساب الخصائص الهيدرولوجية والهيدروليكية.

• Autocad Civil 3D لحساب مناسيب ومساحات وحجم النحت والإرساب والخصائص التضاريسية.

• ARC GIS 10.0 لحساب الخصائص المورفومترية.

وبناءً على ذلك تم تصنيف البحث إلى الموضوعات الآتية:

أولاً - العوامل المؤثرة في الطاقة النهرية بنهر النيل بمنطقة الكريمات:

١ - تأثير حجم التصريف والقناة النهرية في طاقة النهر:

يعد كل من حجم التصريف وحجم القناة النهرية من أهم العوامل المؤثرة في فاعلية النهر بالنسبة لفقدان الطاقة بالاحتكاك الخارجي، فكلما ازداد تصريف النهر كلما ازداد المحيط المبلل طولاً ^(٣)، مما يترتب عليه نقص في نصف قطره المائي، مصحوباً باضمحلال واضح محسوس في سرعة جريان مياهه، وتبعاً لذلك تنخفض طاقه النهر انخفاضاً ملحوظاً (Pen, et al.,2001).

^(١) قيم معامل ماننج : هي قيم محسوبة بناءً على التصريف المار خلف قناطر أسويط ، والمناسيب المقابلة لذلك التصريف والقطاعات العرضية المقاسة في الطبيعة لشكل المجرى (معهد بحوث النيل، ٢٠٠١).

^(٢) NERVE = Nile Egypt Routing Velocity Elevation

^(٣) المحيط المبلل: طول خط التلامس بين الماء الجاري والقاع، ويزداد طول المحيط المبلل كلما كان مجرى النهر ضحلاً وعريضاً، بينما يقل طول المحيط المبلل حينما يكون المجرى عميقاً وضيقاً بالنسبة لكمية تصريف مائي معلوم (Perzyna,2016).



The open channel flow calculator

Select Channel Type:
Trapezoid

(Velocity(V)&Discharge(Q))

Select unit system: Meter(m)

| | | | |
|--------------------------------------|---|--------------------------|-------|
| Channel slope: m/m | Water depth(y): m | Bottom width(b): m | |
| Flow velocity: m/s | LeftSlope (Z1): z1/y | RightSlope (Z2): z2/y | |
| Flow discharge: m ³ /s | Input n value: <input type="text"/> or select r | | |
| Calculate! | | Status: | Reset |
| Wetted perimeter: m | Flow area: m ² | Top width(T): m | |
| Specific energy: m | Froude number: | Flow status: | |
| Critical depth: m | Critical slope: m/m | Velocity head: m | |

Online Calculation of Open Channel Flow

slope m_left_down: slope m_1_l [m] slope m_right_down: slope m_1_r [m]
or
angle of slope alpha_1_left_down: angle of slope alpha_1_l ° angle of slope alpha_1_right_down: angle of slope alpha_1_r °

width b1: width b1 [m]

slope m_left_up: slope m_2_l [m] slope m_right_up: slope m_2_r [m]
or
angle of slope alpha_2_left_up: angle of slope alpha_2_l ° angle of slope alpha_2_right_up: angle of slope alpha_2_r °

width b2_left: width b2_left [m]
width b2_right: width b2_right [m]

depth h1: depth h1 [m] total depth h: depth h [m]

Calculate

Manning Equation Calculator

Open channel flow software

k = 1.0

Click to Calculate

Solve for:
Velocity and Discharge

Select units:
Use meters and seconds units

© 2014 LMNO Engineering, Research, and Software, Ltd.
<http://www.LMNOeng.com>

Area, A (m²):

Wetted Perimeter, P (m):

Channel Slope, S (m/m):

Manning n:

Velocity, V (m/s): Will be computed

Discharge, Q (m³/s): Will be computed

Q=VA Flow Rate Calculator

Compute flow rate from velocity and area

Click to Calculate

Ducts, Pipes, and Culverts:

Flowing Full or Partially Full:

Compute Q from V and A

Compute V from Q and A

Compute A from V and Q

Flowing Full:

Compute Q from V and D

Compute V from Q and D

Diameter, D (L): Not used

Area, A (L²): 2890

Velocity, V (L/T): 0.83

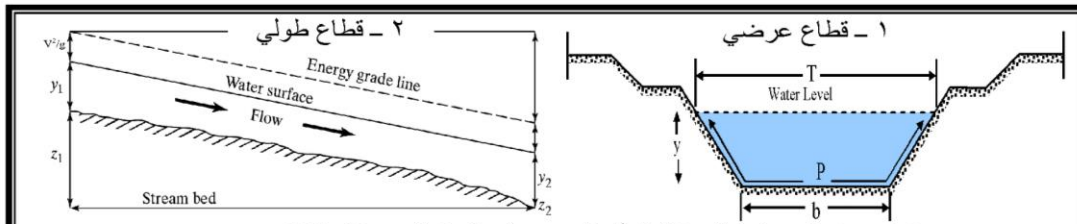
Flow Rate, Q (L³/T): Will be computed

© 2014 LMNO Engineering, Research, and Software, Ltd.
<http://www.LMNOeng.com>

Source: http://www.peacesoftware.de/einigewerte/gerinnehydraulik_e.html
<https://www.eng.auburn.edu/~xzf0001/Handbook/Channels.html>
<https://www.lmnoeng.com/manning.php>

شكل (٢): بعض النماذج الجاهزة -Online- في حساب طاقة النهر والخصائص الهيدروليكية للقنوات المكشوفة (الأنهار)





- (y): عمق السريان/ المسافة الرأسية بين سطح المياه الحر وقاع القناة.
- (T): عرض قطاع القناة عند سطح المياه الحر.
- (p): المحيط المبلل من قطاع القناة.
- (Z): ارتفاع القاع من مستوى القياس.
- (g): عجلة الجاذبية الأرضية.

Source: / 1- Artichowicz, 2014 / 2- Chadwick,2004

- **المعادلة (١):** $R=A/P$ (Pen, et al.,2001) : (R): نصف القطر الهيدروليكي : ويعتمد على المتغيرات الآتية/ مساحة القطاع (A)، والمحيط المبلل (P).
- **المعادلة (٢):** $A=B \times Y$ (Houghtalen,2010) : (A): مساحة القطاع العرض للقناة، ويعتمد على المتغيرات الآتية/ عرض القناة (B) ، والعمق المتوسط للقطاع المائي (Y).
- **المعادلة (٣):** $Q=VA$ (Vijay, 2003) : (Q): كمية التصريف: ويعتمد على المتغيرات الآتية/ السرعة المتوسطة للمياه (V)، ومساحة القطاع (A).
- **المعادلة (٤):** $Fr=V/gy^{1/2}$ (Kasper, 2005) : (Fr): حالة السريان: ويعتمد على المتغيرات الآتية/ السرعة المتوسطة للمياه (V)، وعجلة الجاذبية الأرضية (g)، والعمق المتوسط للقطاع المائي (y) .
- **المعادلة (٥):** $V=C/RS^{1/2}$ (Muhtar, et al., 2016) : (V): سرعة المياه، ويعتمد على المتغيرات الآتية: معامل شيزي(C) ويمثل معامل مقاومة السريان، ونصف القطر الهيدروليكي (R)، ودرجة الانحدار (S)
- **المعادلة (٦):** $V=1/n \times R^{2/3}S^{1/2}$ (Muhtar, et al., 2016) : (V): سرعة المياه (م/ث)، ويعتمد على المتغيرات الآتية/ معامل ماننج(n) ويمثل معامل الاحتكاك والخشونة، ونصف القطر الهيدروليكي (R)، ودرجة الانحدار (S)
- **المعادلة (٧):** $Q=1.486/n \times A R^{2/3}S^{1/2}$ (Vatankhah, et al., 2015) : (Q): كمية التصريف، ويعتمد على المتغيرات الآتية/ معامل ماننج (n) ويمثل معامل الاحتكاك والخشونة، ومساحة القطاع العرض للقناة (A)، ونصف القطر الهيدروليكي (R)، ودرجة الانحدار (S)
- **المعادلة (٨):** $E_1 = Z+Y+V^2/2g$ & $E_2 = Y+V^2/2g$ (Akan, 2006) : (E_1 & E_2): طاقة النهر، ويعتمد على المتغيرات الآتية/ ارتفاع القاع من مستوى القياس (Z)، والعمق المتوسط للقطاع المائي (Y)، و سرعة المتوسطة المياه (V)، و عجلة الجاذبية الأرضية (g)

شكل (٣): المعادلات الهيدروليكية للقطاعات العرضية والطولية النهرية المستخدمة في موضوع الدراسة



وتوجد علاقة طردية بين تصريف النهر^(١) وطاقته، وبالتالي قدرته على النحت وحمل المفتتات، حيث تؤدي زيادة كمية المياه إلى تفوق قوة تحركها على قوى رد الفعل المتمثلة في الاحتكاك بالقاع والجوانب (محسوب، ١٩٩٧).

وقد تراوح الإيراد السنوي لنهر النيل قبل بناء السد العالي خلال المدة من ١٨٧١ إلى عام ١٩٦٧ بين ٤٥,٦ و ١٢٨ مليار م^٣، مع ملاحظة إن ٢٣ عام خلال هذه المدة تجاوز الإيراد المائي على ١٠٠ مليار م^٣ (عطية، ٢٠١٩)، ومن ثم كان النهر يمتلك طاقة كبيرة بسبب زيادة حجم المياه، ومن ثم تميز بقابلية أعظم للنحت والنقل. أما بعد بناء السد العالي فقد بلغ أقصى تصرف خلف قناطر أسيوط ٢٠٦,١٥٠ م^٣/يوم، بينما التصرف الواصل إلى القاهرة ٢١٩,١٥٠ م^٣/يوم. بناء عليه يمكن اعتبار أن قيمة التصرف الأقصى خلف قناطر أسيوط وحتى الوصول إلى القاهرة تعادل ٢٢٠ م^٣/يوم^(٢)، بمعنى أن كمية التصريف لم تتجاوز ٦٠ مليار م^٣ في السنة بعد بناء السد العالي خلف خزان أسوان، أما خلف قناطر أسيوط فقد انخفض من ٦٧ مليار م^٣ قبل بناء السد العالي إلى ٣٩ مليار م^٣ بعد بنائه (حسن، ٢٠١٤).

وأدى انخفاض كمية التصريف بهذا الشكل إلى انخفاض في طاقة النهر، فحدثت بعض التغيرات المورفولوجية بالمجرى. هذه التغيرات شملت النحت والارساب بالقاع والضفاف، وتغيرت جغرافية النهر بتكوين مجرى جديد داخل المجرى القديم نظراً لقلّة التصريفات.

وقد قام معهد بحوث النيل باستخدام نموذج رياضي ثنائي الأبعاد GSTARS2.00 لتمثيل امرار تصرفات مختلفة تعادل ٢٢٠ و ٢٥٠ و ٣٥٠ م^٣/يوم على معدلات النحت والارساب بمنطقة الدراسة، حيث تبين من تحليل الجدول (١) أن معدل سمك النحت عند امرار التصريفات السابقة لمدة ١٥ يوم تراوح بين ٠,١٠ و ٠,١١ م. بينما في حالة التصريفات الثلاثة المذكورة لمدة ٣٠ يوم تراوح بين ٠,١٨ و ٠,٢٢ م. بينما أقصى سمك للإرساب عند امرار هذه التصريفات لمدة ١٥ يوم تراوح بين ٠,١٦ و ٠,٢٢ م على الترتيب، ولمدة ٣٠ يوم تراوح بين ٠,٣١ و ٠,٤٣ م على التوالي، نستنتج من التحليل السابق زيادة معدلات

(١) تصريف النهر: كمية المياه الموجودة في لحظة معينة (محسوب، ١٩٩٧).

(٢) أقصى تصرف تصميمي لمعظم المنشآت الهيدروليكية المقامة على النيل القديم منها والحديث هو ٦٠٥ م^٣/يوم (أقصى تصرف في حالة الطوارئ - تصرف كوارث)، ويمكن القول أن تصرف ٣٥٠ م^٣/يوم، هو التصرف التصميمي المناسب للحبس الرابع من أسيوط إلى القاهرة، في حين إن أدنى تصرف ٦٠ م^٣/يوم يمثل عمق الغاطس ٢,٣ م (معهد بحوث النيل، ٢٠٠١).



النحت والإرساب مع زيادة كمية التصريف، ولكن الغالب على منطقة شمال الحبس الرابع والذي تقع ضمنه منطقة الدراسة هو الإرساب مما يوضح أن طاقة النهر بمنطقة الكريمات منخفضة بصفة عامة. جدول (١): أقصى سمك للنحت والإرساب نهاية الحبس الرابع (أسيوط - القاهرة) للتصرفات المختلفة

| ٣٥٠ م.م/يوم | ٢٥٠ م.م/يوم | ٢٢٠ م.م/يوم | مدة التصريف (يوم) | |
|-------------|-------------|-------------|-------------------|--------------|
| | | | إجمالي | التصرف (يوم) |
| ٠,١١ | ٠,١١ | ٠,١٠ | النحت | ١٥ |
| ٠,٢٢ | ٠,١٩ | ٠,١٦ | الإرساب | |
| ٠,١١ | ٠,٠٨ | ٠,٠٦ | الفرق | |
| ٠,٢٢ | ٠,٢١ | ٠,١٨ | النحت | ٣٠ |
| ٠,٤٣ | ٠,٣٥ | ٠,٢١ | الإرساب | |
| ٠,٢١ | ٠,١٤ | ٠,٠٣ | الفرق | |

المصدر: معهد بحوث النيل، بيانات غير منشورة، ٢٠٠١

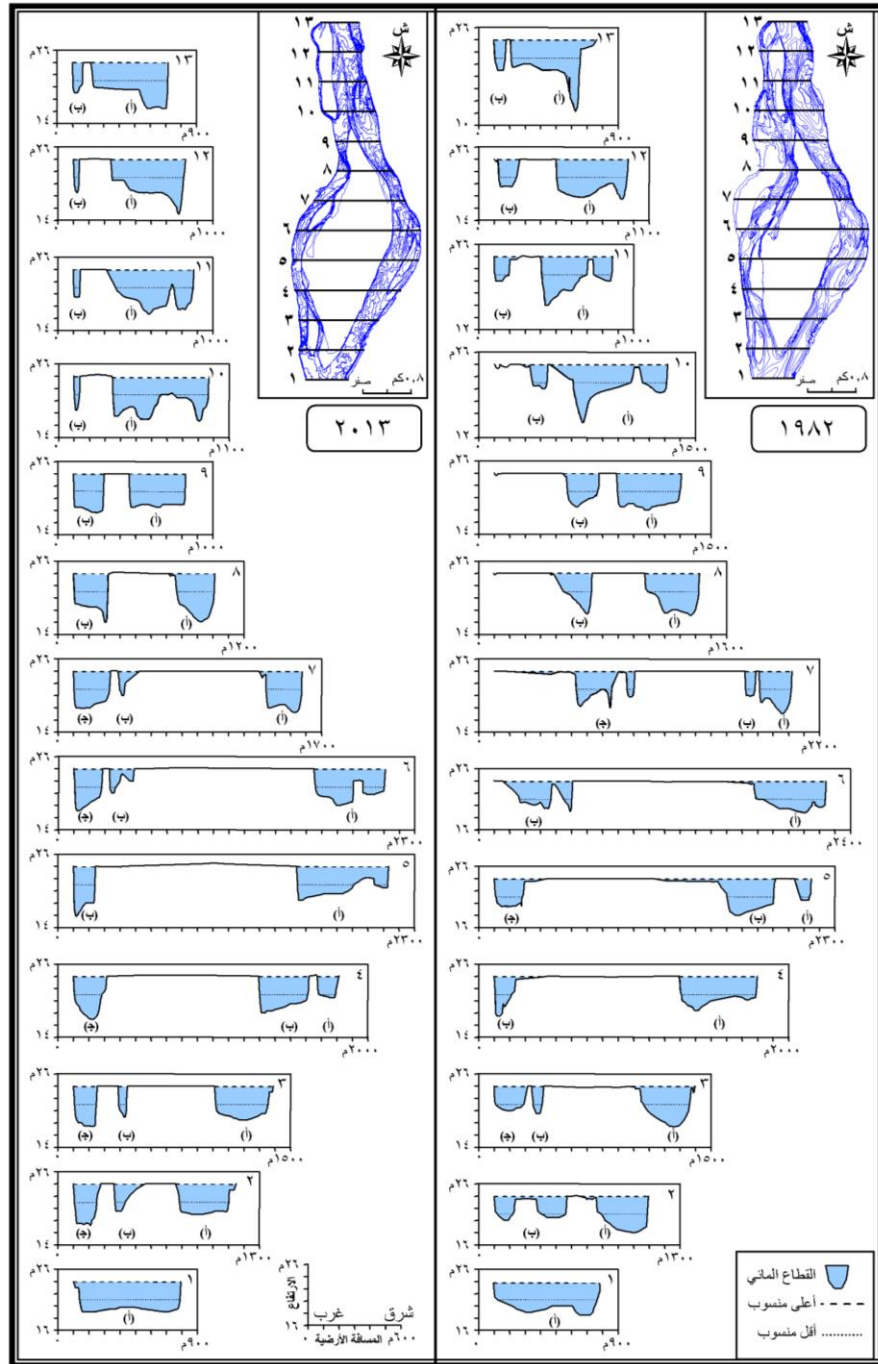
والجدير بالذكر أن المسألة ليست بهذه البساطة، ذلك أن الزيادة في تصريف النهر يصاحبها عادة ازدياد في حجم حمولة القاع، وفي هذه الحالة يشتد ساعد الاحتكاك الخارجي وكذلك النحت النهري. والواقع أنه من الخطورة محاولة التعامل مع مختلف أوجه العوامل المؤثرة فرادى كل على حده، ذلك لأنها مترابطة متشابكة يستحيل الفصل بينهما.

فقد تبين من الدراسات السابقة أن فاعلية مجرى النهر تتحدد بما يسمى نصف القطر المائي^(١)، وفي حالة زيادته كان النهر أكثر فاعليه وتأثيرا. ويكون القطاع العرض للنهر نموذجيا حينما يكون نصف دائري، وحينئذ ينخفض فقدان الطاقة من الاحتكاك الخارجي إلى أدنى حد ممكن، وخاصة التي تتكون ضفافها من مواد صلصالية أو حصوية متماسكة، أما الأماكن التي تتكون عندها ضفاف النهر من مواد مفككة هشه، كالرمال والغرين، فإن النهر يواصل توسيع مجراه بسهولة، ومن ثم تتكون مجارى عريضة مما يزيد من فقدان طاقة النهر (<https://iraqigeolibrary.yoo7.com/t122-topic>)

ويوضح الشكلين (٤ و ٥) والجداول (٢ و ٣ و ٤) الخصائص المورفومترية للقطاعات المائية بنهر النيل بمنطقة الكريمات.

(١) يمثل النسبة بين مساحة القطاع العرض لمياه النهر عند نقطة معينة وطول المحيط المبلل (إسماعيل، ٢٠٠١).





المصدر: اعتماداً على الخرائط الهيدرولوجية وخرائط مقياس ١ : ٥٠٠٠ باستخدام نموذج HEC-RAS وبرنامج AutoCAD Civil 3D 2020

شكل (٤): قطاعات عرضية للمحيط المبلل بنهر النيل بمنطقة الكريمات



جدول (٢): الخصائص المورفومترية للقطاعات المائية بنهر النيل بمنطقة الكريمت ١٩٨٢^(١)

| ج | | | | | ب | | | | | أ | | | | | رقم القطاع |
|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|------------|
| R | A | P | T | Y | R | A | P | T | Y | R | A | P | T | Y | |
| | | | | | | | | | | ٤,١ | ٢٨١٣ | ٦٨٧ | ٦٨٥ | ٥,٥ | ١ |
| | | | | | ٣,١ | ١٤٤٩ | ٤٧٤ | ٤٧٤ | ٣,٩ | ٤,٦ | ١٦٨٣ | ٣٦٤ | ٣٦١ | ٥,٨ | ٢ |
| ٣,٤ | ٧٤٠ | ٢١٩ | ٢١٧ | ٤,٣ | ٣,٣ | ٢١٤ | ٦٢ | ٥٩ | ٤,٩ | ٤,٧ | ١٧١٤ | ٣٥٨ | ٣٥٦ | ٦,٥ | ٣ |
| | | | | | ٤,٣ | ٦٢٢ | ١٤٤ | ١٤١ | ٦,٤ | ٣,٩ | ٢٠٠٨ | ٥١٢ | ٥١٠ | ٥,٥ | ٤ |
| ٣,٩ | ٧٩٣ | ٢٠١ | ١٩٨ | ٤,٤ | ٤,٠ | ١٧١٦ | ٤٣٤ | ٤٣٢ | ٥,٩ | ٢,٧ | ٣٠٠ | ١١٢ | ١١٠ | ٣,٤ | ٥ |
| | | | | | ٣,٥ | ١٣٣٦ | ٣٨٥ | ٣٨٣ | ٤,٩ | ٣,٩ | ١٩٤٣ | ٥٠١ | ٤٩٨ | ٥,١ | ٦ |
| ٣,٣ | ١٣٠٤ | ٣٩٣ | ٣٩٠ | ٥,٦ | ٣,٥ | ٢٥٢ | ٧٣ | ٧٠ | ٤,٠ | ٥,٢ | ١١٤٠ | ٢١٨ | ٢١٤ | ٦,٨ | ٧ |
| | | | | | ٣,٨ | ٩٧٤ | ٢٥٤ | ٢٥٢ | ٦,٦ | ٥,٢ | ١٨٥٤ | ٣٥٤ | ٣٥٢ | ٦,٧ | ٨ |
| | | | | | ٣,٩ | ٩٥٧ | ٢٤٦ | ٢٤٤ | ٥,٤ | ٥,٠ | ٢١٢٤ | ٤٢٤ | ٤٢١ | ٥,٩ | ٩ |
| | | | | | ٢,٧ | ٤٣٩ | ١٦٣ | ١٦٢ | ٣,٨ | ٤,٢ | ٢٧٠٦ | ٦٤٥ | ٦٤٣ | ٨,٤ | ١٠ |
| | | | | | ٢,٥ | ٤٣٥ | ١٧٣ | ١٧١ | ٣,٩ | ٤,٥ | ٢١١٩ | ٤٦٧ | ٤٦٤ | ٧,٩ | ١١ |
| | | | | | ٣,٣ | ٥٥٧ | ١٧٠ | ١٦٨ | ٤,٣ | ٥,٢ | ٢٤٦٢ | ٤٧٢ | ٤٦٩ | ٦,٤ | ١٢ |
| | | | | | ٤,٠ | ٣٢٨ | ٨١ | ٧٩ | ٤,٩ | ٤,٨ | ٢٥٧٥ | ٥٤٢ | ٥٣٥ | ٨,٩ | ١٣ |
| ٣,٥ | ٩٤٦ | ٢٧١ | ٢٦٨ | ٤,٨ | ٣,٥ | ٧٧٣ | ٢٢٢ | ٢٢٠ | ٤,٩ | ٤,٥ | ١٩٥٧ | ٤٣٥ | ٤٣٢ | ٦,٤ | م |

المصدر: اعتماداً على الخرائط الهيدرولوجية مقياس ١ : ٥٠٠٠ عام ١٩٨٢، باستخدام نموذج HEC-RAS وبرنامج AutoCAD Civil 3D، ومعادلة نصف القطر الهيدروليكي رقم (١)، ومعادلة مساحة المقطع المائي رقم (٢).

جدول (٣): الخصائص المورفومترية للقطاعات المائية بنهر النيل بمنطقة الكريمت ٢٠١٣

| ج | | | | | ب | | | | | أ | | | | | رقم القطاع |
|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|------------|
| R | A | P | T | Y | R | A | P | T | Y | R | A | P | T | Y | |
| | | | | | | | | | | ٣,٩ | ٢٦٩٠ | ٦٩٢ | ٦٩٠ | ٥,١ | ١ |
| ٥,١ | ٩١٣ | ١٧٨ | ١٧٤ | ٦,٧ | ٢,٢ | ٤٤١ | ١٩٩ | ١٩٣ | ٣,٨ | ٤,٠ | ١٥٦٩ | ٣٩٣ | ٣٨٩ | ٤,٨ | ٢ |
| ٤,٥ | ٨٤٤ | ١٨٧ | ١٨٣ | ٦,٦ | ٢,٠ | ١٦٠ | ٨٠ | ٧٧ | ٣,٩ | ٤,٥ | ١٧١٦ | ٣٨١ | ٣٧٨ | ٥,٤ | ٣ |
| ٥,٢ | ١١٢٠ | ٢١٧ | ٢١٤ | ٧,٠ | ٢,٠ | ٦٥٢ | ٣٢٧ | ٣٢٥ | ٥,٩ | ٢,٨ | ٣٩٩ | ١٤١ | ١٣٩ | ٣,٤ | ٤ |
| | | | | | ٤,٧ | ٨٤٢ | ١٧٨ | ١٧٤ | ٧,١ | ٣,١ | ١٨٥٥ | ٥٩٤ | ٥٩١ | ٥,٤ | ٥ |
| ١,٩ | ٣٦١ | ١٨٨ | ١٨٤ | ٦,٩ | ٢,٢ | ٣٥٠ | ١٦٢ | ١٦٠ | ٣,٩ | ٤,٢ | ١٩٣١ | ٤٦٣ | ٤٥٩ | ٥,٨ | ٦ |
| ٥,٢ | ١٢٦٧ | ٢٤٢ | ٢٣٧ | ٥,٩ | ١,٧ | ٢٣٣ | ١٤١ | ١٣٤ | ٣,٨ | ٤,٨ | ١٣٧١ | ٢٨٤ | ٢٧٧ | ٦,٨ | ٧ |
| | | | | | ٥,٤ | ١٢٤٤ | ٢٣١ | ٢٢٦ | ٨,٠ | ٥,٢ | ١٥٦٢ | ٣٠١ | ٢٩٨ | ٧,٨ | ٨ |
| | | | | | ٥,٦ | ١١٢٦ | ٢٠٢ | ١٩٧ | ٦,٤ | ٥,٠ | ١٨٣٦ | ٣٦٨ | ٣٦٣ | ٥,٤ | ٩ |
| | | | | | ٤,٠ | ١٦٦ | ٤٢ | ٣٨ | ٥,٤ | ٤,٩ | ٣٠٥٦ | ٦٢٥ | ٦٢٠ | ٧,٣ | ١٠ |
| | | | | | ٣,٨ | ١٧٧ | ٤٧ | ٤٤ | ٤,٤ | ٤,٩ | ٢٧٨٨ | ٥٦٨ | ٥٦٥ | ٧,٣ | ١١ |
| | | | | | ٣,٩ | ١٦٢ | ٤٢ | ٣٨ | ٥,٤ | ٥,١ | ٢٤٥٠ | ٤٨١ | ٤٧٩ | ٨,٠ | ١٢ |
| | | | | | ٤,٠ | ٢٩١ | ٧٣ | ٦٧ | ٤,٩ | ٥,٠ | ٢٤٨١ | ٥٠١ | ٤٩٨ | ٧,٥ | ١٣ |
| ٤,٤ | ٩٠١ | ٢٠٢ | ١٩٨ | ٦,٦ | ٣,٥ | ٤٨٧ | ١٤٤ | ١٣٩ | ٥,٢ | ٤,٤ | ١٩٧٧ | ٤٤٦ | ٤٤٢ | ٦,٢ | م |

المصدر: اعتماداً على الخرائط الهيدرولوجية مقياس ١ : ٥٠٠٠ عام ١٩٨٢، باستخدام نموذج HEC-RAS وبرنامج AutoCAD Civil 3D، ومعادلة نصف القطر الهيدروليكي رقم (١)، ومعادلة مساحة المقطع المائي رقم (٢).

(١) (y): متوسط عمق السريان (م) // المسافة الرأسية بين سطح المياه وقاع القناة. (T): متوسط عرض قطاع القناة عند سطح المياه (م). (A): مساحة القطاع العرض للقناة (م^٢)، ويتم حسابه من المعادلة: عرض القناة (b) X ارتفاع القناة (y). (p): المحيط المبلل من قطاع القناة (م)، وتم حسابه مباشرة ببرنامج AutoCAD Civil 3D 2020. (R): نصف القطر الهيدروليكي (م)، وتم حسابه من المعادلة: مساحة القطاع (A) / المحيط المبلل (p).

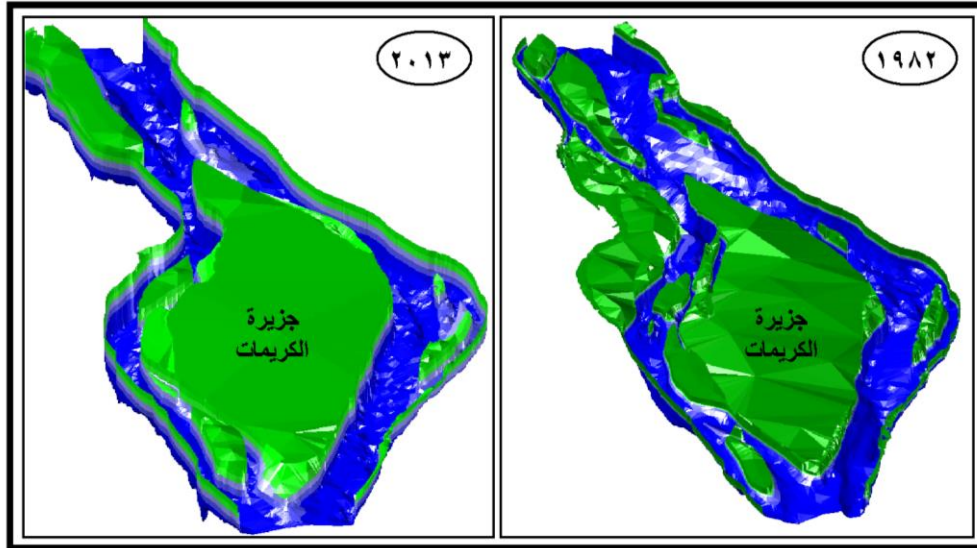


جدول (٤): متوسط نصف القطر الهيدروليكي للقطاعات المائية بنهر النيل

بمنطقة الكريمت ١٩٨٢-٢٠١٣

| متوسط نصف القطر الهيدروليكي بالمتر (R) | | المنطقة | متوسط نصف القطر الهيدروليكي بالمتر (R) | | رقم القطاع |
|--|------|-------------------|--|------|------------|
| ٢٠١٣ | ١٩٨٢ | | ٢٠١٣ | ١٩٨٢ | |
| ٣,٩ | ٤,٠ | قطاع ١ - قطاع ٢ | ٣,٩ | ٤,١ | ١ |
| ٣,٨ | ٣,٩ | قطاع ٢ - قطاع ٣ | ٣,٨ | ٣,٩ | ٢ |
| ٣,٥ | ٣,٩ | قطاع ٣ - قطاع ٤ | ٣,٧ | ٣,٨ | ٣ |
| ٣,٦ | ٣,٨ | قطاع ٤ - قطاع ٥ | ٣,٣ | ٤,٠ | ٤ |
| ٣,٤ | ٣,٦ | قطاع ٥ - قطاع ٦ | ٣,٩ | ٣,٥ | ٥ |
| ٣,٤ | ٣,٩ | قطاع ٦ - قطاع ٧ | ٢,٨ | ٣,٧ | ٦ |
| ٤,٦ | ٤,٣ | قطاع ٧ - قطاع ٨ | ٣,٩ | ٤,٠ | ٧ |
| ٥,٣ | ٤,٥ | قطاع ٨ - قطاع ٩ | ٥,٣ | ٤,٥ | ٨ |
| ٤,٩ | ٤,٠ | قطاع ٩ - قطاع ١٠ | ٥,٣ | ٤,٥ | ٩ |
| ٤,٥ | ٣,٥ | قطاع ١٠ - قطاع ١١ | ٤,٥ | ٣,٥ | ١٠ |
| ٤,٥ | ٣,٩ | قطاع ١١ - قطاع ١٢ | ٤,٤ | ٣,٥ | ١١ |
| ٤,٥ | ٤,٤ | قطاع ١٢ - قطاع ١٣ | ٤,٥ | ٤,٣ | ١٢ |
| ٤,١ | ٤,٠ | المتوسط | ٤,٥ | ٤,٤ | ١٣ |
| | | | ٤,١ | ٤,٠ | المتوسط |

المصدر: اعتماداً على جدولي (٢) و (٣).



المصدر: اعتماداً على الخرائط الهيدرولوجية، مقياس ١ : ٥٠٠٠٠، عامي ١٩٨٢ و ٢٠١٣، باستخدام برنامج AutoCAD Civil 3D 2020

شكل (٥): مجسم يوضح المحيط المبلل من مجرى نهر النيل بمنطقة الكريمت



يتضح من الشكلين (٤ و ٥) والجداول (٢ و ٣ و ٤) ما يلي:

توصلت الدراسات السابقة إلى وجود علاقة عكسية بين المحيط المبلل (P) وطاقة النهر وعلاقة طردية بين نصف القطر الهيدروليكي (R) وطاقة النهر، والذي يعتمد حسابه على مجموعة من المتغيرات، ولكن قبل التحليل لابد من التنويه أن العوامل والعمليات المؤثرة في طاقة النهر متداخلة ومتشابكة كما سبق ذكره، ومن ثم فمن المتوقع أن تشذ بعض الأرقام التي توصلت إليها الدراسة لارتباطها بالتغيرات التضاريسية بنهر النيل بمنطقة الدراسة، حيث تبين الآتي:

- زيادة نصف القطر الهيدروليكي بقاع المجرى الغربي لجزيرة الكريمت من ٤م كحد أقصى عام ١٩٨٢ إلى ٥,٢م عام ٢٠١٣، وخاصة بالقطاع رقم ٤ عكس الجانب الشرقي للجزيرة والذي تتباين فيه درجة نصف القطر الهيدروليكي بين الزيادة والنقصان ومن ثم تتباين معدلات النحت والارساب الناتج عن الاختلاف في طاقة النهر، أما الجانب الغربي فزيادة نصف القطر الهيدروليكي أدى إلى زيادة طاقة النهر ومن ثم زيادة معدلات النحت والنقل على معدلات الإرساب.
 - انخفض نصف القطر الهيدروليكي في العديد من القطاعات المائية عن ٣,٠م، أربع منها عام ١٩٨٢ بالجانب الشرقي لجزيرة الكريمت، وثلاث بالجانب الغربي وخاصة بالمنطقة الشمالية، في حين بلغت ٥ مواقع عام ٢٠١٣م، أربع بالقطاعات المائية الوسطى من المجرى، وخاصة بالقطاع رقم (٧) والذي بلغ ١,٧م، وموقع واحد فقط بالقطاع المائي الغربي رقم (٦).
- ويرجع التباين في قيمة نصف القطر الهيدروليكي ومن ثم طاقة النهر إلى المتغيرات التي يعتمد عليها في حسابه، وهي ثلاث متغيرات، المحيط المبلل بعلاقة عكسية، وعرض المسطح المائي وعمق السريان بعلاقة طردية، وهذه المتغيرات تتباين على طول القطاعات المائية سواء العرضية أو الطولية بمنطقة الدراسة كما هو موضح بالجدولين السابقين، نتيجة التباين في الخصائص الهيدرولوجية والتضاريسية من موقع لآخر.

ولكن بصفة عامة تبين زيادة نصف القطر الهيدروليكي في العديد من القطاعات وخاصة الشمالية من منطقة الدراسة مع ملاحظة زيادتها من عام ١٩٨٢ إلى ٢٠١٣، ومن ثم تتسم هذه المناطق بزيادة معدلات النحت على معدلات الإرساب لزيادة طاقة النهر التي تتناسب طردياً مع نصف القطر



الهيدروليكي، والعكس بالمنطقة الجنوبية والتي تميزت بانخفاض ملحوظ وتدرجي في نصف القطر الهيدروليكي من القطاع رقم (١) إلى القطاع رقم (٧) بمسافة ٣,٥ كم، والتي تمثل أكثر من نصف قطاع الدراسة، ويشذ عن ذلك قطاع رقم (٥)، وبمقارنة متوسط قيمة نصف القطر الهيدروليكي من عام ١٩٨٢ إلى عام ٢٠١٣ لوحظ عدم التغير تقريباً من ٤,٠ م إلى ٤,١ م على الترتيب، ومن ثم فإن التغير كان داخلياً فقط فبعض القطاعات زاد بها نصف القطر الهيدروليكي والبعض الآخر انخفض والذي كان له مردود على طاقة النهر ومن ثم التغيرات التضاريسية والجيومورفولوجية ولكن المحصلة النهائية لقطاع الدراسة هو التغير المحدود بعد بناء السد العالي.

٢. تأثير مناسيب المياه في طاقة النهر:

تعد دراسة مناسيب المياه أحد أهم العوامل الرئيسية لتحديد سرعة التيارات المائية المناظرة لكل منسوب ومن ثم طاقة النهر. وبالتالي استنتاج احتمالات حدوث نحت أو اطماء لكُل من قاع وجوانب المجرى.

وتبين من الدراسات السابقة التي تناولت النحت الشامل لنهر النيل وخاصة دراسة العلاقة بين مناسيب المياه ومناسيب قاع نهر النيل، أن الهبوط في مناسيب القاع تكون أكثر من الهبوط في مناسيب سطح المياه المصاحبة لها. وهذا يأتي عندما يكون النحت في القاع وحده، ولكن عندما يكون هناك تآكل من الجوانب فيصاحب ذلك تغيير في منسوب المياه المناظرة (جاسر، ١٩٨٦).

ويتضح من تحليل الجدول (٥) وجود تباين بسيط في مناسيب المياه سواء بين المواقع المختلفة أو بين شهور السنة، حيث تبين الآتي:

- يتراوح متوسط مناسيب المياه بين ٢٢,٠ و ٢٢,٥٨ م فوق منسوب سطح البحر داخل قطاع منطقة الدراسة.
- يبلغ الفرق بين أعلى منسوب وأقل منسوب ٢ م تقريباً.
- سجلت أعلى مناسيب في فصل الصيف والتي تجاوزت ٢٣ م، وأقل المناسيب في فصل الشتاء ٢١,٠ م تقريباً، وهي فترة أقل الاحتياجات.



جدول (٥): مناسيب المياه بنهر النيل بمنطقة الكريمت عام ٢٠١٩م

| الشهر | اليوم | شمال ٩٠,٠٠ كم | وسط ٩٣,٤٠ كم | جنوب ٩٥,٩٠ كم |
|---------|------------|------------------|-----------------|------------------|
| يناير | ١٠-١ | ٢١,١٣ | ٢١,٦٢ | ٢١,٧٧ |
| | ٢٠-١١ | ٢١,٣٢ | ٢١,٨٠ | ٢١,٩٥ |
| | ٢١-النهاية | ٢١,٤٥ | ٢١,٩٣ | ٢٢,٠٧ |
| فبراير | ١٠-١ | ٢١,١٤ | ٢١,٦٢ | ٢١,٧٦ |
| | ٢٠-١١ | ٢١,١٢ | ٢١,٦١ | ٢١,٧٦ |
| | ٢١-النهاية | ٢١,٣٨ | ٢١,٨٦ | ٢٢,٠٠ |
| مارس | ١٠-١ | ٢١,٢٢ | ٢١,٧١ | ٢١,٨٥ |
| | ٢٠-١١ | ٢١,٧٠ | ٢٢,١٨ | ٢٢,٣٢ |
| | ٢١-النهاية | ٢٢,٢٠ | ٢٢,٦٨ | ٢٢,٨٣ |
| أبريل | ١٠-١ | ٢٢,١٩ | ٢٢,٦٨ | ٢٢,٨٢ |
| | ٢٠-١١ | ٢٢,٢٠ | ٢٢,٦٨ | ٢٢,٨٢ |
| | ٢١-النهاية | ٢٢,٣٠ | ٢٢,٧٩ | ٢٢,٩٣ |
| مايو | ١٠-١ | ٢٢,٣٠ | ٢٢,٧٩ | ٢٢,٩٣ |
| | ٢٠-١١ | ٢٢,٤١ | ٢٢,٨٩ | ٢٣,٠٤ |
| | ٢١-النهاية | ٢٢,٦٩ | ٢٣,١٧ | ٢٣,٣١ |
| يونيو | ١٠-١ | ٢٣,٢٠ | ٢٣,٦٨ | ٢٣,٨٢ |
| | ٢٠-١١ | ٢٣,٢٨ | ٢٣,٧٦ | ٢٣,٩٠ |
| | ٢١-النهاية | ٢٣,١٢ | ٢٣,٦٠ | ٢٣,٧٤ |
| يوليو | ١٠-١ | ٢٣,١١ | ٢٣,٥٩ | ٢٣,٧٤ |
| | ٢٠-١١ | ٢٣,٠٩ | ٢٣,٥٧ | ٢٣,٧١ |
| | ٢١-النهاية | ٢٣,٠٠ | ٢٣,٤٨ | ٢٣,٦٢ |
| أغسطس | ١٠-١ | ٢٢,٩١ | ٢٣,٣٨ | ٢٣,٥٢ |
| | ٢٠-١١ | ٢٢,٧٦ | ٢٣,٢٤ | ٢٣,٣٨ |
| | ٢١-النهاية | ٢٢,٦٧ | ٢٣,١٤ | ٢٣,٢٨ |
| سبتمبر | ١٠-١ | ٢٢,٤١ | ٢٢,٨٨ | ٢٣,٠٢ |
| | ٢٠-١١ | ٢٢,٠٤ | ٢٢,٥٣ | ٢٢,٦٧ |
| | ٢١-النهاية | ٢٢,٤٤ | ٢١,٩٣ | ٢٢,٠٨ |
| أكتوبر | ١٠-١ | ٢١,١٢ | ٢١,٦١ | ٢١,٧٦ |
| | ٢٠-١١ | ٢١,١٦ | ٢١,٦٤ | ٢١,٧٨ |
| | ٢١-النهاية | ٢١,١٧ | ٢١,٦٦ | ٢١,٨٠ |
| نوفمبر | ١٠-١ | ٢١,٣٦ | ٢١,٨٥ | ٢١,٩٩ |
| | ٢٠-١١ | ٢١,٤٢ | ٢١,٨٩ | ٢٢,٠٣ |
| | ٢١-النهاية | ٢١,٢١ | ٢١,٧٠ | ٢١,٨٤ |
| ديسمبر | ١٠-١ | ٢١,٠٠ | ٢١,٥٤ | ٢١,٦٩ |
| | ٢٠-١١ | ٢١,٨٧ | ٢١,٣٩ | ٢١,٥٤ |
| | ٢١-النهاية | ٢١,٠٦ | ٢١,٥٣ | ٢١,٦٨ |
| المتوسط | | ٢٢,٠٠ | ٢٢,٤٣ | ٢٢,٥٨ |

المصدر: معهد بحوث النيل، بيانات غير منشورة، عام ٢٠١٩م.



جدول (٦): مناسيب سطح المياه المقابلة للتصريفات المختلفة بنهر النيل بمنطقة الكريمت عام ٢٠٠١

| منسوب المياه المقابل للتصريفات المختلفة (م) | | | | الموقع من مقياس الروضة (كم) | |
|---|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|------------|
| مقابل تصريف ٣٥٠ م ^٣ /يوم | مقابل تصريف ٢٥٠ م ^٣ /يوم | مقابل تصريف ٢٢٠ م ^٣ /يوم | مقابل تصريف ١٧٠ م ^٣ /يوم | أعلى المناسيب | أقل مناسيب |
| ٢٥,٨٤ | ٢٤,٨٣ | ٢٤,٨١ | ٢٣,٩٧ | ٩٥,٩٠٠ | |
| ١٩,٠٢ | ١٩,٠٢ | ١٩,٠٢ | ١٩,٠٢ | | |
| ٢٥,٦٠ | ٢٤,٦٣ | ٢٤,٥٧ | ٢٣,٨١ | ٩٣,٤٠٠ | |
| ١٨,٣٧ | ١٨,٣٥ | ١٨,٣٥ | ١٨,٢١ | | |
| ٢٥,٥٥ | ٢٤,٤٩ | ٢٤,١٥ | ٢٣,٥٧ | ٩٠,٠٠٠ | |
| ١٧,٧٤ | ١٧,٧٤ | ١٧,٧٣ | ١٧,٧٣ | | |

معهد بحوث النيل ، دراسة تأثير زيادة التصريفات بالحبس الرابع ، ٢٠٠١.

وقد قامت وزارة الري باستخدام نموذج رياضي ثنائي الأبعاد GSTARS2.00 في استنتاج مناسيب سطح المياه المقابلة لتصرفات تعادل ١٧٠ و ٢٢٠ و ٢٥٠ و ٣٥٠ م^٣/يوم خلف قناطر أسيوط، وحتى قناطر الدلتا لمدة ١٥ يوم (جدول ٦).

يتضح من تحليل الجدول (٦) ارتفاع مناسيب المياه مع ارتفاع كمية التصريف، حيث توجد علاقة طردية بينهما، إذ بلغ أقصى منسوب للمياه ٢٣,٩٧ م عند تصريف ١٧٠ م^٣/يوم، و ٢٤,٨١ م عند تصريف ٢٢٠ م^٣/يوم، و ٢٤,٨٣ م، و ٢٥,٨٤ م عند تصريف ٢٥٠ و ٣٥٠ م^٣/يوم على التوالي. كما يتضح أيضاً انخفاض مناسيب المياه بالاتجاه شمالاً، ويتفق ذلك مع مناسيب قاع النهر والتي تقل كلما اتجهنا شمالاً، مما أدى ذلك على انخفاض مناسيب المياه على طول نهر النيل بمنطقة الدراسة.

وقد سجل أعلى منسوب للمياه بنهر النيل بمنطقة الكريمت ٢٣,٣٠ م عام ١٩٩٨، يوم ١٩٩٨/٩/٢٦ م، بسبب أعلى فيضان ٨٣٩,١٥٠ م^٣/يوم. كما تعتبر الفترة من عام ١٩٨٨ إلى ١٩٩٦ هي فترة اكتمال السعة الكلية لبحيرة ناصر، والذي تم لأول مرة منذ إنشاء السد العالي، وبناءً عليه تم إطلاق تصريفات أعلى من المعدلات المتعارف عليها بنهر النيل خلف السد العالي، بزيادة ١٦,٠٣ مليار م^٣ (معهد بحوث النيل، ٢٠٠١).

وتم دراسة العلاقة بين انحدار المياه (الطاقة) والعوامل الهيدروليكية المؤثرة فيه. وهذه العلاقة هي في اجمالها لا تخرج عن ان: انحدار المياه بالمجرى يتناسب طردياً مع التصريف المار، ويؤكد ذلك تحليل



الجدولين (٧ و ٨) حيث تبين أن أعلى درجة انحدار للمياه بنهر النيل سجلت بالحبس الرابع والذي تقع ضمنه منطقة الدراسة، حيث تجاوزت ٨,٥٦ سم/كم، مع انخفاضها تدريجياً بعد بناء السد العالي. وقد تباينت درجة انحدار المياه بين ٧,٥ سم/كم لأقل تصريف ٢٠٠ مليون م^٣/يوم، إلى ٨,٨ سم/كم لأعلى تصريف ٦٠٥ مليون م^٣/يوم، وهو تصريف ودرجة انحدار تؤدي إلى زيادة كبيرة في طاقة النهر والتي تؤدي إلى تحريك كمية كبيرة من رواسب القاع وإحداث تغيرات مورفولوجية كبيرة بنهر النيل بهذا الحبس، مع ملاحظة زيادة درجة انحدار المياه ٠,١ سم/كم لكل زيادة في التصريف قدرها ٥ مليون م^٣/يوم. بين تصريف ٢٠٠ و ٤٠٠ م.م^٣/يوم.

جدول (٧): درجة انحدار المياه (سم/كم) بنهر النيل قبل وبعد بناء السد العالي

| العام | ١٩٦٣ | ١٩٧٢ | ١٩٧٧ |
|----------------------|------|------|------|
| أسوان - أسنا | ٦,٨١ | ٦,٥٨ | ٦,٤٠ |
| أسنا - نجع حمادي | ٥,٣٦ | ٤,٩٠ | ٦,٨٠ |
| نجع حمادي - أسبوط | ٦,٩٤ | ٦,٦٢ | ٦,٥٠ |
| أسبوط - قناطر الدلتا | ٨,٥٦ | ٨,٤٥ | ٨,٤٠ |

Source: Evans , and Attia , 1991 & RNPDP , 1990

جدول (٨): درجة انحدار سطح المياه بالحبس الرابع (أسبوط - القناطر) المقابلة للتصريفات المختلفة

| درجة الخطورة على الضفاف والاستخدامات | انحدار سطح المياه (سم/كم) | إجمالي التصريف م.م ^٣ /اليوم |
|--|---------------------------|--|
| أمان على طول الحبس | ٧,٥ | ٢٠٠ |
| أمان على طول الحبس | ٨,٠ | ٢٥٠ |
| يمكن استيعابه على طول الحبس | ٨,٢ | ٣٠٠ |
| ظهور بعض المواقع الحرجة على كامل الحبس | ٨,٣ | ٣٥٠ |
| تصرف حرجاً على طول الحبس | ٨,٤ | ٤٠٠ |
| يكاد يغمر كافة الجسور على كامل الحبس | ٨,٤ | ٥٠٠ |
| تغمر كافة الجسور على كامل الحبس، ويؤدي إلى تحريك كمية كبيرة من طمي القاع | ٨,٨ | ٦٠٥ |

معهد بحوث النيل ، دراسة تأثير زيادة التصريفات بالحبس الرابع ، ٢٠٠١ ، ص ١٦ .

واعتماداً على ذلك يمكن القول بأن زيادة كمية التصريف يواكبها ارتفاع مناسب المياه، ومن ثم زيادة درجة انحدار المياه، وبالتالي ارتفاع في معدل طاقة النهر، وحدوث تغيرات مورفولوجية لنهر النيل. ومع تطبيق ذلك على منطقة الدراسة تبين مما سبق أن متوسط كمية التصريف ٢٢٠ م.م^٣/يوم تقريباً، وبالتالي



فالحد الأقصى لانحدار سطح المياه هو ٨سم/كم، مما يدل على ضعف طاقة النهر لتصبح آمان للضفاف والاستخدامات البشرية من خطر عملية النحت.

٣. تأثير سرعة التيارات المائية في طاقة النهر:

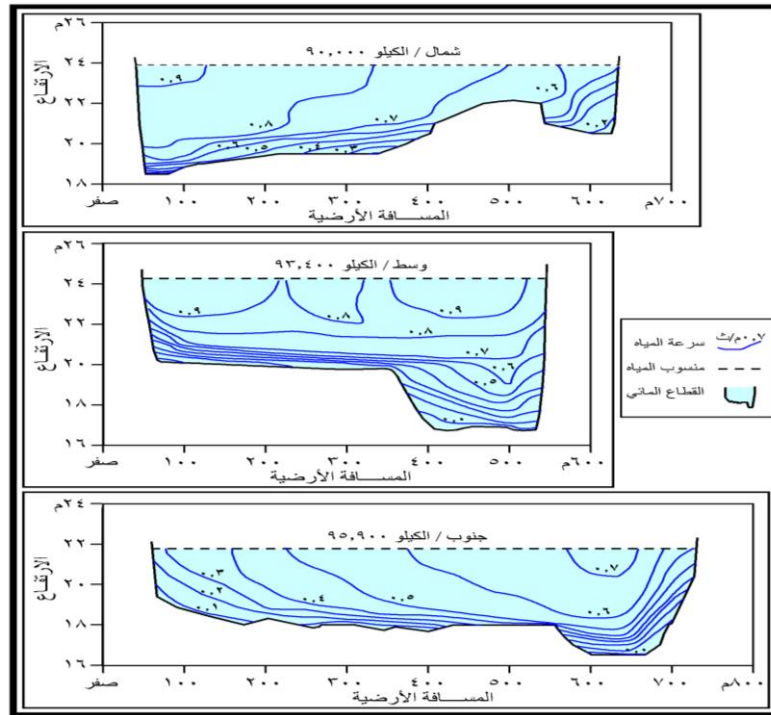
ترتبط سرعة التيارات المائية بصورة مباشرة بكمية التصريف، وتسهم الزيادة في كلاهما في رفع الطاقة النهرية. ويوضح الجدول (٩) والشكل (٦) سرعة المياه بنهر النيل بمنطقة الكريمات.

جدول (٩): سرعة المياه بنهر النيل بمنطقة الكريمات عام ٢٠١٩م

| الموقع من مقياس الروضة | العمق | شرق | وسط | غرب |
|------------------------|-------|------|------|------|
| ٩٠,٠٠٠ شمال | ٠,٠٠ | ٠,٥٢ | ٠,٧٧ | ٠,٩٠ |
| | ٠,٥٠ | ٠,٥٢ | ٠,٧٧ | ٠,٩٠ |
| | ١,٢٠ | ٠,٤٩ | ٠,٧٠ | ٠,٨٣ |
| | ٢,٤٠ | ٠,٥٠ | ٠,٧٠ | ٠,٧٩ |
| | ٣,٦٠ | | ٠,٦٧ | ٠,٥٦ |
| | ٤,٥٠ | | ٠,٥٠ | ٠,٥٠ |
| ٩٣,٤٠٠ وسط | ٠,٠ | ٠,٩٠ | ٠,٨٠ | ٠,٩٠ |
| | ٠,٥٠ | ٠,٩٠ | ٠,٨٠ | ٠,٩٠ |
| | ١,٥٠ | ٠,٧٩ | ٠,٧٢ | ٠,٧٩ |
| | ٢,٠ | ٠,٦٨ | ٠,٦٦ | ٠,٦٦ |
| | ٣,٠٠ | ٠,٥٩ | ٠,٥٩ | ٠,٥٩ |
| | ٥,٠٠ | ٠,٥٢ | ٠,٥٠ | ٠,٥٠ |
| ٩٥,٩٠٠ جنوب | ٠,٠ | ٠,٧٢ | ٠,٦١ | ٠,٤٥ |
| | ٠,٥ | ٠,٧٢ | ٠,٦١ | ٠,٤٥ |
| | ٠,٩٥ | ٠,٦٧ | ٠,٥٦ | ٠,٤٠ |
| | ١,٩٠ | ٠,٦٧ | ٠,٥٣ | ٠,٣٤ |
| | ٢,٥ | ٠,٦٣ | ٠,٥٠ | ٠,٠ |
| | ٣,٠٥ | ٠,٥٦ | | |
| ٣,٨٠ | ٠,٠ | | | |

معهد بحوث النيل، بيانات غير منشورة، ٢٠١٩.





المصدر: اعتماداً على جدول (٩) باستخدام برنامج AutoCAD Civil 3D
شكل (٦): سرعة المياه بنهر النيل بمنطقة الكريمت

يتضح من تحليل الجدول (٩) والشكل (٦) ما يلي:

اختلاف سرعة التيارات المائية عند السطح عنها عند القاع؛ حيث لوحظ أن سرعة التيارات المائية تصل أقصاها من مستوي سطح الماء حتى عمق ٠,٥ متر، ثم تقل كلما هبطنا صوب القاع في معظم المواقع، حيث تجاوزت ٠,٩٠ م/ث عند السطح في المناطق التي يزيد بها عمق السريان مثل غرب المجرى جنوب ووسط منطقة الدراسة وشرق المجرى وسط وشمال الدراسة، في حين انخفضت السرعة شرق المجرى في الجنوب وغرب المجرى في شمال منطقة الدراسة وذلك لاقتراب القاع من سطح المياه، وهو ما أكدته (Kington, 2004)، ويعزي السبب في ذلك إلى زيادة درجة الاحتكاك بين المياه وقاع المجرى، وبالتالي تقل سرعة التيار المائي. كما أرجعها سلامة إلى الحمولة العالقة والتي يزداد تركيزها بالقرب من القاع، ومن ثم تتناقص سرعة التيار المائي بالاتجاه صوب القاع (سلامه، ٢٠٠٤).



وقد أدى هذا الاختلاف في سرعة التيارات المائية على هذا النحو سواء الرأسي أو الأفقي إلى التباين في طاقة النهر ومن ثم درجة التعرية النهرية، ففي المناطق ذات السرعات المرتفعة تكون عملية النحت (الهيدروليكي و الميكانيكي) هي السائدة والعكس صحيح، ففي المناطق المنخفضة السرعة تكون عملية الإرساب هي السائدة مع شرط وفرة الرواسب، ومع ترسب هذه المفتتات تظهر على شكل حواجز رملية تتراكم لتصبح قواعد للجزر التي تظهر بالمجرى.

وقد تم الاعتماد على رقم فرود (Fr) Froude Number لتحديد درجة خطورة حالة السريان (سرعة المياه)، فإذا كان الرقم أقل من الواحد كانت السرعة منخفضة (السريان هادئ، أو تحت حرج)، وإذا كان رقم فرود أكبر من الواحد كانت سرعة التدفق عالية السريان وطاقة النهر مرتفعة ولها قدرة عالية في عمليتي النحت والنقل، أما في حالة السريان الحرج فإن رقم فرود يساوي الواحد (Kasper, 2005)، وقد تم الاعتماد على المعادلة رقم (٤) في حساب رقم فرود (جدول ١٠):

جدول (١٠): حالة السريان (رقم فرود) بمجرى نهر النيل بمنطقة الكريمت عام ٢٠١٩

| Fr | V | Y | الموقع | |
|------|------|------|------------|------|
| ٠,١٢ | ٠,٦٦ | ٣,٠٥ | شرق المجرى | جنوب |
| ٠,١٢ | ٠,٥٨ | ٢,٥ | وسط المجرى | |
| ٠,٠٨ | ٠,٤١ | ٢,٥ | غرب المجرى | |
| ٠,٠٩ | ٠,٧٣ | ٧,٠ | شرق المجرى | وسط |
| ٠,١٠ | ٠,٧١ | ٥,٠ | وسط المجرى | |
| ٠,١٥ | ٠,٨١ | ٣,٠ | غرب المجرى | |
| ٠,١١ | ٠,٥١ | ٢,٤ | شرق المجرى | شمال |
| ٠,١١ | ٠,٧٢ | ٤,٥ | وسط المجرى | |
| ٠,١٢ | ٠,٨٠ | ٤,٥ | غرب المجرى | |

المصدر: اعتماداً على معادلة فرود رقم (٤).



وقد تبين من تحليل الجدول إن قيمة رقم فرود سجلت أعلى متوسط في وسط وشمال منطقة الدراسة، ومرتبطة ذلك بشكل مباشر بمقطع القناة، حيث تسجل أكبر سرعة مقاسة في القنوات المائية أسفل السطح الحر عند مسافة قدرها ٠,٠٥ إلى ٠,٢٥ م من سطح المياه (العذبة، ٢٠١٥)، ولكن بصفة عامة رقم فرود بمنطقة الدراسة اقل بكثير من ١,٠، حيث لم يتجاوز ٠,١٥ في غرب المجرى وسط قطاع الدراسة، مما يدل على انخفاض سرعة التيارات المائية بشكل كبير وهي من النوع تحت الحرج، ويؤكد ذلك إن متوسط سرعة المياه في جميع قطاعات منطقة الدراسة تقل عن ٠,٧٦ م/ث وهي تمثل أقصى قيمة للسرعات المسموح بها لإجهاد القص^(١) (نحت الضفاف والقاع) للتربة الرملية والرملية اللومية (الجرمة، ٢٠١٧)، ويشذ عن ذلك موقعين فقط غرب مجرى نهر النيل في وسط وشمال منطقة الدراسة، ليزداد بهما معدلات النحت.

٤- تأثير درجة التشعب في طاقة النهر:

تعد درجة التشعب من أهم الخصائص المورفولوجية للمجرى المائي المؤثر في طاقة النهر، حيث مع زيادة درجة التشعب، تزداد درجة الاحتكاك، مما تؤدي إلى خفض سرعة التيار المائي . وقد بلغت درجة التشعب بقطاع الدراسة ٣,٠٤^(٢) عام ٢٠٢٠ م.

ويوضح الجدول (١١) سرعة التيارات المائية بمنطقة الكريمات ، والشكل (٧) مواقع القطاعات التي تم قياس سرعة التيار المائي عندها.

جدول (١١) سرعة التيارات المائية بنهر النيل بمنطقة الكريمات عام ٢٠٠٣

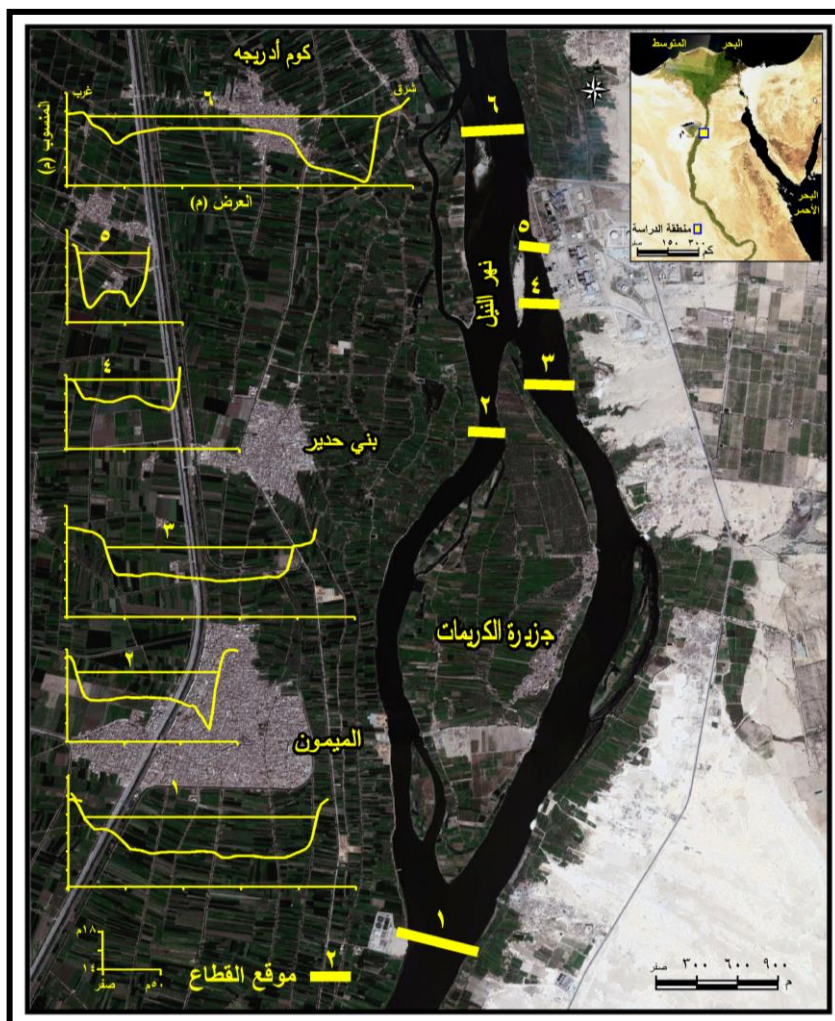
| رقم القطاع | سرعة التيار المائي م/ث | رقم القطاع | سرعة التيار المائي م/ث |
|------------|------------------------|------------|------------------------|
| ١ | ٠,٨٣ | ٤ | ٠,٦٥ |
| ٢ | ٠,٧٨ | ٥ | ٠,٦١ |
| ٣ | ٠,٦٣ | ٦ | ٠,٦٦ |

معهد بحوث النيل ٢٠٠٣، ومعهد بحوث الهيدروليكا، ٢٠٠٥، Roushdy & Amin, 2003

(١) **جهد القص:** هو أحد العوامل التي ترتبط بعدم استقرار ضفاف وقاع النهر وهي عبارة عن مقدار القوة أو الجهد المبذول لكسر الروابط الكهروميكانيكية بين جزيئات التربة المتماسكة قبل ممارسة قوى التدفق لعملها (حسن، ٢٠١٤).

(٢) **مقياس التشعب** = إجمالي أطوال الجزر $2 \times$ طول المجرى (الحسيني، ١٩٨٨).





المصدر: معهد بحوث النيل ومعهد بحوث الهيدروليكا، بيانات غير منشورة، عام ٢٠٠٣

شكل (٧): مواقع القطاعات التي تم قياس سرعة التيار المائي بها

يتضح من تحليل الجدول (١١) والشكل (٧) وجود تباين في سرعة التيارات المائية بمنطقة الكريمات، فقد لوحظ أن سرعة التيار المائي قبل دخوله منطقة التشعب سجلت أقصى سرعة، حيث بلغت ٠,٨٣ م/ث، ثم انخفضت هذه السرعة عند دخولها منطقة التشعب، إذ بلغت في الجانب الشرقي من المجرى (شمال شرق جزيرة الكريمات) ٠,٦٣ م/ث، بنسبة انخفاض عن السرعة الأولى ٢٤,١٪، أما السرعة في الجانب الغربي من المجرى (شمال غرب جزيرة الكريمات)، فقد بلغت ٠,٧٨ م/ث، بنسبة



انخفاض عن السرعة قبل دخول منطقة التشعب ٠,٦٠٪، ومن الجدير بالملاحظة أن سرعة التيار المائي في باقي المواقع لم تصل إلى السرعة الأولى وهي ٠,٨٣ م/ث؛ إذ تراوحت سرعة التيار المائي في القطاع (٤)، والقطاع (٥)، وأيضاً القطاع (٦)، ٠,٦٥ م/ث، و ٠,٦١ م/ث، و ٠,٦٦ م/ث على التوالي.

ونتيجة هذه العلاقة فإن ارتفاع درجة التشعب أدت إلى فقدان الطاقة، حيث ارتفعت درجة الاحتكاك بين المياه وجوانب قاع المجرى لزيادة طول المحيط المبلل، وبالتالي فإن فقدان الطاقة في المجرى يحدث نتيجة ضيق أو اتساع المجرى، وارتفاع وانخفاض القاع ووجود الجزر، وتعرج المجرى، وبالتالي فإن درجة الاحتكاك تختلف نسبياً من قطاع إلى آخر بدرجة كبيرة.

وقد قام معهد بحوث النيل بحساب معامل الاحتكاك (معامل ما ننج)^(١) للنموذج NERVE^(٢)، كما تم حسابها من معادلة ماننج رقم (٦)، حيث تبين وجود تباين طفيف جداً بين المواقع المختلفة على طول مجرى نهر النيل بمنطقة الدراسة في قيم معامل الاحتكاك بين المياه وجوانب وقاع المجرى، حيث تراوحت درجة قيم معامل الاحتكاك بين ٠,٠١٣ و ٠,٠١٤. ويعزى السبب في انخفاض قيم معامل الاحتكاك في بعض المواقع إلى انعدام الجزر مما قلل من قيم معامل الاحتكاك. بالإضافة لارتفاع مناسيب القاع عند تلك القطاعات، إذ بلغ متوسط العمق من سطح الماء ٢,٩٩ متر، في حين أن متوسط العمق زاد على أربعة أمتار عند معظم القطاعات الأخرى، مما أدى إلى وجود مساحة مناسبة للقطاع المائي، وبالتالي قيم أعلى لمعامل الاحتكاك، ولكن بالرغم من التغيرات الكبيرة في شكل المجرى على كامل طول الحبس الرابع (تقع ضمنه منطقة الدراسة)، فإن قيم معامل الاحتكاك تقع في المدى المتوقع للأنهار الطبيعية. ولا يجب المقارنة بين معامل ماننج للأنهار الطبيعية ومعامل ماننج للقنوات النهرية المثالية، والتي جرى العرف أن تكون ٠,٠٢ (معهد بحوث النيل، ٢٠٠١)^(٣).

(١) قيم معامل ما ننج : هي قيم محسوبة بناءً على التصريف المار خلف قناطر أسيوط ، والمناسيب المقابلة لذلك التصريف والقطاعات العرضية المقاسة في الطبيعة لشكل المجرى (معهد بحوث النيل، ٢٠٠١).

(٢) NERVE = Nile Egypt Routing Velocity Eveloution

(٣) القنوات النهرية المثالية: هي غالباً متساوية في العرض، ولا توجد بها جزر أو تعرجات، بينما مجرى النيل يحتوى على العديد من الجزر والتعرجات والقنوات الفرعية. حيث يستهلك كل من الاحتكاك بالقاع والجانبين بالإضافة إلى الاحتكاك الداخلي نحو ٩٧٪ من الطاقة المتاحة بالنهر (محسوب، ١٩٩٧).



٥. تأثير درجة الانحدار في طاقة النهر:

تتحكم درجة انحدار النهر في سرعة جريان المياه، وكلما ازدادت السرعة، عظمت كميته الطاقة الحركية. كما تنتشت طاقة النهر الكامنة وتتبدد طاقته الحركية بواسطة الاحتكاك الذي يسبب تحولها إلى طاقة حرارية، حيث تستهلك عملية نحت جوانب وقاع المجرى المائي بواسطة قوه ضغط المياه وما تحمله من رواسب قسماً من الطاقة المفقودة.

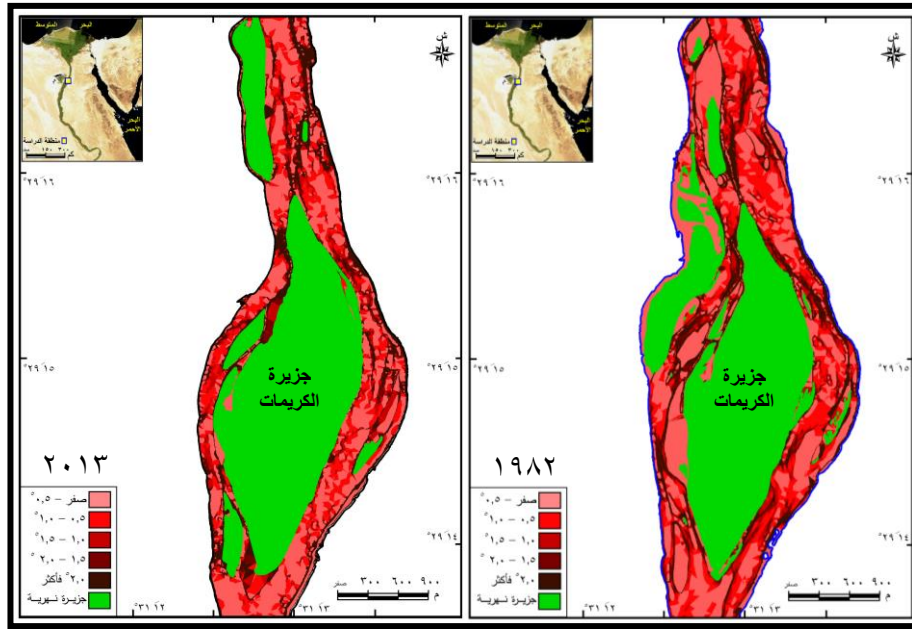
ويوضح الشكل (٨) درجة الانحدار بمجرى نهر النيل بمنطقة الدراسة، كما يوضح الجدول (١٢) نسب مساحات فئات درجة الانحدار عامي ١٩٨٢ و ٢٠١٣ م.

ويتبين من تحليل الجدول والشكل ارتفاع المناطق هينة الانحدار بمنطقة الدراسة بصفة عامة سواء عام ١٩٨٢ أم عام ٢٠١٣، حيث تراوحت بين ٤٤,٦% و ٤٢,١% على الترتيب، وهذا الارتفاع طبيعي حيث تعتمد درجة الانحدار على متغيرين وهما الفاصل الرأسى بعلاقة طردية (منخفضة بمنطقة الدراسة) والمسافة الأفقية بعلاقة عكسية، فكلما ازداد الفرق الرأسى بينهما كلما ازدادت طاقه النهر الكامنة، وهى الطاقة المخزونة في المياه لأنها تشغل موقعا أعلى من دفع الجاذبية الأرضية، وما ينطبق على هذه الفئة ينطبق على الفئة (٥,٠,٠,١°)، حيث تزيد نسبتها معاً على ٦٠%.

ويلى ذلك المناطق التي تزيد درجة انحدارها على ٢ درجة فأكثر، وتنتشر معظمها بمناطق النحت بالضفاف سواء بالمجرى او الجزر النهرية، وحفر الانجراف، ولكن بصفة عامة تقع منطقة الدراسة في فئة الانحدارات المستوية والهينة^(١)، بنسبة تتجاوز ٧٥%، مما يؤكد انخفاض سرعة التيارات المائية بصفة عامة، ليفقد التيار الأصلي قسماً من طاقته على حمل وسحب كامل حمولته القاعية، فيجنح النهر لارسابها. مما قلل الفارق بين منسوب القاع ومنسوب الضفاف، ومن ثم انخفض معها درجة الانحدار، وانخفاض درجة الانحدار بهذا الشكل أدى إلى انخفاض سرعة التيارات المائية فيزداد الإرساب فيقل درجة الانحدار وهكذا.

^(١) حسب تصنيف ينج: صفر و ٢ درجة هينة الانحدار (Young,1972)





المصدر : اعتماداً على :- الخرائط الهيدرولوجرافية، مقياس ١: ٥٠٠٠، عامي ١٩٨٢ و ٢٠١٣. باستخدام برنامج Arc Map 10.5

شكل (٨) درجة انحدار مجرى نهر النيل بمنطقة الكريمات عامي ١٩٨٢ و ٢٠١٣

جدول (١٢) نسب مساحات فئات درجة الانحدار (%) بمجرى نهر النيل بمنطقة الكريمات

عامي ١٩٨٢ و ٢٠١٣

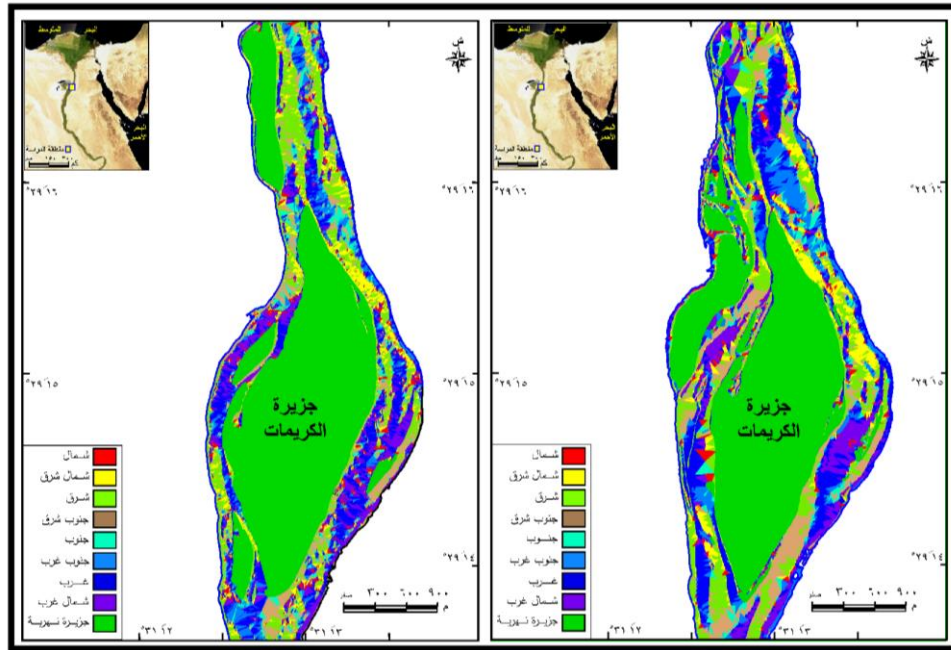
| ٢٠١٣ | ١٩٨٢ | درجة الانحدار |
|------|------|---------------|
| ٤٢,١ | ٤٤,٦ | أقل من ٠,٥ |
| ١٨,٥ | ١٩,٢ | ٠,٥ - ١,٠ |
| ١٠,٣ | ٩,٨ | ١,٠ - ١,٥ |
| ٥,٩ | ٦,٠ | ١,٥ - ٢,٠ |
| ٢٣,٣ | ٢٠,٤ | ٢,٠ فأكثر |

المصدر : إعداد الباحث اعتماداً على شكل (٨) باستخدام برنامج Auto Cad Civil 3D

٦. تأثير اتجاه الانحدار في طاقة النهر:

تهدف دراسة اتجاه الانحدار بمجرى نهر النيل لتحديد اتجاه حركة المياه ومناطق تجمعها وتأثيرها على سرعة التيارات المائية ومن ثم تحديد مدى ارتباطها بعملية النحت والإرساب. ويوضح الشكلين (٩ و ١٠) والجدول (١٣) اتجاه انحدار قاع نهر النيل بمنطقة الكريمات.





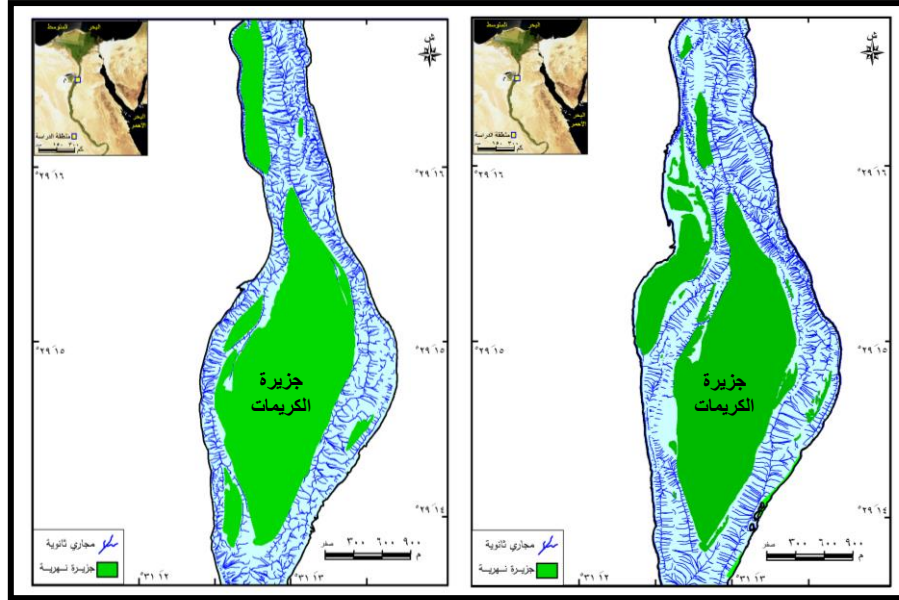
المصدر : اعتماداً على :- الخرائط الهيدرولوجية وخرائطه، مقياس 1: 50,000، عامي 1982 و2013. باستخدام برنامج Auto Cad Civil 3D شكل (9) اتجاه انحدار مجرى نهر النيل بمنطقة الكريمات عامي 1982 و2013

جدول (13) نسب مساحات فئات اتجاه الانحدار (%) بمجرى نهر النيل بمنطقة الكريمات عامي 1982 و 2013

| الاتجاه | 1982 | 2013 |
|----------|------|------|
| شمال | 4,4 | 4,5 |
| شمال شرق | 9,4 | 9,5 |
| شرق | 21,7 | 21,9 |
| جنوب شرق | 14,3 | 12,1 |
| جنوب | 5,7 | 6,3 |
| جنوب غرب | 10,6 | 10,3 |
| غرب | 21,5 | 21,7 |
| شمال غرب | 12,5 | 13,8 |

المصدر : اعتماداً على شكل (9) باستخدام برنامج Auto Cad Civil 3D





المصدر : اعتماداً على :- الخرائط الهيدرولوجية، مقياس ١: ٥٠٠٠، عامي ١٩٨٢ و ٢٠١٣. باستخدام برنامج Auto Cad Civil 3D

شكل (١٠) القنوات الثانوية بمجرى نهر النيل بمنطقة الكريمات عامي ١٩٨٢ و ٢٠١٣

ويتضح من تحليل الشكلين (٩ و ١٠) والجدول (١٣) ما يلي:

يعد الاتجاه السائد في جميع القطاعات هو الاتجاه العمودي على الاتجاه الرئيس لمجرى النيل داخل القطاع، فالإتجاه العام للمجرى المائي هو جنوب - شمال، ومن ثم فإن الإتجاه السائد لاتجاه انحدار قاع وظيف المجرى هو شرق و غرب، بنسبة تجاوزت ٢٠٪ سواء عام ١٩٨٢ أو ٢٠١٣ وللتأكد من ذلك تم إنشاء خرائط توضح المجاري (القنوات) الثانوية داخل المجرى باستخدام برنامج Auto Cad Civil 3D شكل (١٠)، حيث يتضح وجود مجرى رئيس أو عدد محدود من المجاري الرئيسية تتجه مع الإتجاه العام للمجرى يتعامد عليها العديد من القنوات الثانوية التي تصب فيها. أما الإتجاهات الأخرى فتعود إلى انتشار حفر الانجراف والحوجز الرملية الموزعة على القطاع بالكامل.

ولمعرفة كيفية مدى تأثير اتجاه انحدار القاع على طاقة النهر ومن ثم معدلات النحت والإرساب، تم الاعتماد على القاعدة العامة التي تنص على كلما انخفضت نسبة الإتجاهات التي تتفق مع الإتجاه العام للقطاع الطولي للمجرى كلما زادت درجة الاحتكاك بين القاع والمياه وانخفضت طاقة النهر، ومن ثم انخفاض في سرعة التيارات المائية وبناءً عليه يواكبه انخفاض في طاقة النهر (صابر، ٢٠١٦). وهو ما



ينطبق بالفعل على منطقة الدراسة، وهو ما يؤكد نشاط معدلات الإرساب على معدلات النحت.

٧. تأثير رواسب قاع نهر النيل في طاقة النهر.

تؤثر رواسب قاع النهر في استهلاك الطاقة بالاحتكاك الخارجي، فكثرة الرواسب الخشنة تزيد من عملية الاحتكاك فيزيد الفاقد من الطاقة، بينما يقل الفاقد من الطاقة الذي يتميز بقاع أملس من الرمال الناعمة والطيني (Chow, 1959). ويتبين من تحليل الجدول (١٤) والشكل (١١) أن المواد المكونة للقاع تتسم بأنها متجانسة إلى حد كبير ويظهر هذا التجانس واضحاً إلى عمق خمسة أمتار تحت قاع النهر. كما يلاحظ عدم وجود مواد خشنة في هذا العمق وان وجدت فتكون بنسبة ضئيلة جداً، وسجل أعلى موسم لحجم الرواسب بالحبس الرابع الممتد من أسيوط إلى قناطر الدلتا، حيث بلغ ٠,٣١ مم، أما باقي الأحباس فتقل عن ٠,٢٥ مم.

جدول (١٤): المتوسط العام لرواسب قاع نهر النيل (مم) بين أسوان وقناطر الدلتا

| الحبس | متوسط حجم الرواسب (مم) | معامل ماننج للخشونة |
|----------------------|------------------------|---------------------|
| أسوان - أسنا | ٠,٢٥ | ٠,٠٢٣ |
| أسنا - نجع حمادي | ٠,٢٩ | ٠,٠٢٦ |
| نجع حمادي - أسيوط | ٠,١٥ | ٠,٠٢٢ |
| أسيوط - قناطر الدلتا | ٠,٣١ | ٠,٠٣٠ |

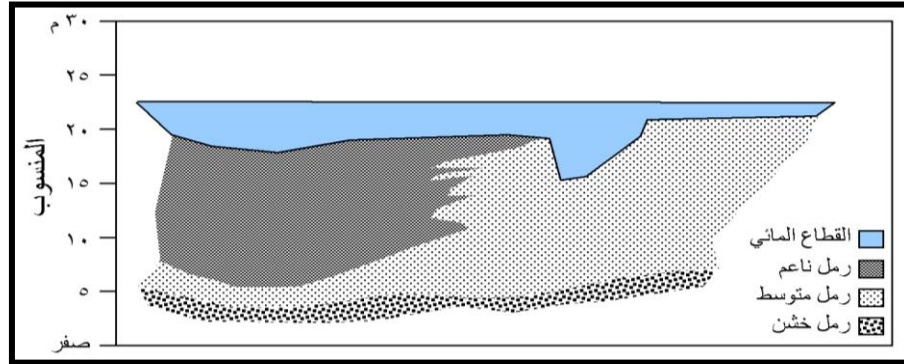
المصدر: الجرمة، ٢٠١٧.

جدول (١٥): التحليل الميكانيكي لرواسب قاع مجرى نهر النيل (%) بمنطقة الكريمات

| الموقع | الموقع كم | حصى | رمل خشن | رمل متوسط | رمل ناعم |
|---------------|-----------|-------|---------|-----------|----------|
| شرق المجرى | ٩٦,١٠٠ | ١١,٥٠ | ٣٥,٩٥ | ٥١,٢٢ | ١,٣٣ |
| | ٩٣,٤٠٠ | ٠,٠٠ | ١,٩٨ | ٧٤,٩٤ | ٢٣,٠٧ |
| | ٩٠,٠٠٠ | ٠,٤١ | ٤,٥٧ | ٦٥,١٨ | ٢٩,٧٨ |
| | المتوسط | ٣,٩٧ | ١٤,٢ | ٦٣,٨٠ | ١٨,٠٦ |
| وسط المجرى | ٩٦,١٠٠ | ٢,١٧ | ٣٦,١٩ | ٦٠,٣٨ | ١,٢٦ |
| | ٩٣,٤٠٠ | ٠,٠٠ | ٢,٢٦ | ٧٥,٧٥ | ٢١,٩٩ |
| | ٩٠,٠٠٠ | ٠,٦١ | ٨,٩٢ | ٧٧,٣٢ | ١٣,١٥ |
| | المتوسط | ٠,٩٣ | ١٥,٧٩ | ٧١,١٥ | ١٢,١٣ |
| غرب المجرى | ٩٦,١٠٠ | ٣,٤٦ | ٢٧,٣٥ | ٦٤,١٣ | ٥,٠٦ |
| | ٩٣,٤٠٠ | ٠,٠٠ | ١,٤٥ | ٧٢,٨٦ | ٢٥,٦٦ |
| | ٩٠,٠٠٠ | ٢,٢٧ | ٣٤,٤٧ | ٦٠,٤٠ | ٢,٨٦ |
| | المتوسط | ١,٩١ | ٢١,٠٩ | ٦٥,٨٠ | ١١,١٩ |

المصدر: معهد بحوث النيل، بيانات غير منشورة، عام ٢٠١٩، والدراسة الميدانية ٢٠٢٠م.





Source: RNPД , 1990

شكل (١١): التكوين الجيولوجي لقاع نهر النيل بمنطقة الدراسة

كما يتبين من تحليل الجدول (١٥) والشكل (١١) الآتي:

- سيادة رواسب الرمال المتوسطة بجميع قطاعات منطقة الدراسة حيث تجاوز متوسطاتها على ٦٠٪ .
- في حين جاءت رواسب الرمال الخشنة في المرتبة الثانية في جميع قطاعات منطقة الدراسة.
- ظهور الحصى جنوب وشمال منطقة الدراسة مع انخفاض شديد وسط المنطقة الدراسة، ولكن بصفة عامة تنخفض نسبة الحصى، فلم تتجاوز ٤٪.

يتضح من التحليل السابق أن الحبس الرابع أكثر الأحباس خشونة في قاع المجرى، ومن ثم يعد أكثرها استهلاكاً للطاقة وخاصة بمنطقة الكريماوات والتي تنتشر بها الرمال الخشنة والحصى حتى وإن كانت نسبتها منخفضة، وقد أكد ذلك أن أعلى معامل لماتنج سجل بهذا الحبس، إذ بلغ ٠,٠٣٠ (الجرمة، ٢٠١٧).

ثانياً . طاقة النهر بنهر النيل بمنطقة الكريماوات:

يعد تقدير طاقة النهر كميّاً من الأمور شديدة التعقيد وذلك لتعدد المتغيرات الهيدرولوجية والهيدروليكية والتي تشمل: كمية التصريف، والانحدار، وعجلة الجاذبية، وكثافة المياه وغيرها من المتغيرات (حسن، ٢٠١٤).

ويتميز النظام الجيومورفولوجي بثلاثة أنماط من الطاقة:

- الطاقة الكامنة Potential Energy وهي الطاقة المخزونة في المياه.
- الطاقة الحركية Kinetic Energy: الطاقة التي تستهلك بالفعل في حركة المياه وحمولتها.



- الطاقة الحرارية Thermal Energy: نتاج تشتت طاقة النهر الكامنة، وتبدد طاقته الحركية نتيجة الاحتكاك بين كتلة المياه المتحركة وقاع النهر وهو ما يعرف بالاحتكاك الخارجي (جودة، ١٩٩٥).

ويمكن التعبير عن الطاقة الكلية والتي تسمى بمعادلة بيرنولي بالمجموع الحسابي لكل من طاقة الوضع وطاقة الضغط المائي وطاقة الحركة. وتكون طاقة الوضع هي ارتفاع قاع القطاع المائي عن مستوى معين أو أساس موحد للقياس كمنسوب سطح البحر، ويعبر عن طاقة الضغط المائي بمقدار ارتفاع سطح الماء عن القاع - العمق المتوسط). وتكون طاقة الحركة (E_k) هي مربع السرعة المتوسطة للقطاع المائي مقسوما على ضعف الجاذبية الأرضية (معهد بحوث النيل، ٢٠٠١). وبناءً عليه فإن معادلة بيرنولي، هي:

$$E_1 = Z + Y + V^2/2g$$

كما استخدم معهد بحوث النيل نموذج HEC-2 والذي يعتمد على استعمال معادلة الطاقة^(١) التي تنص على أن الطاقة الموجودة عند بداية الحبس المائي تساوي الطاقة الموجودة عند نهاية الحبس المائي بالإضافة إلى الطاقة المفقودة في انتقال المياه من بداية الحبس لنهايته.

وبناءً عليه فإن معادلة الطاقة، هي:

$$Z_1 + Y_1 + V_1^2/2g = Z_2 + Y_2 + V_2^2/2g + h_e \text{ (Akbar Moosavi1, et al., 2015)}$$

$$E_1 = E_2 + h_e$$

وقد تم تعديل على معادلة الطاقة لإظهار تباين أكثر في قيمة الطاقة على النحو الآتي:

$$E_2 = Y + v^2/2g \quad \& \quad E_2 = E_P + E_K \text{ (معهد بحوث النيل، ٢٠٠١)}$$

حيث:

E = الطاقة الكلية.

Z ارتفاع القاع عن مستوى القياس.

Y العمق المتوسط للقطاع المائي [الطاقة الكامنة أو طاقة الجهد (E_p)].

V السرعة المتوسطة للقطاع المائي.

^(١) الطاقة المفقودة h_e هي مجموع الطاقة المفقودة بالاحتكاك بين قاع النهر والمياه المارة فوقه بالإضافة إلى الطاقة المفقودة نتيجة لتغير مساحة القطاع المائي بين بداية ونهاية الحبس ويمكن التعبير عن ذلك كما يلي: $h_e = SL + C_E (V_1^2/2g - V_2^2/2g)$ أو $h_e = E_1 - E_2$ (Austin, 1970).



G هي عجلة الجاذبية الأرضية.

$$V^2/2g = \text{طاقة الحركة } (E_k)$$

وتوضح الجداول (١٦ و ١٧ و ١٨) طاقة النهر بالقطاعات المائية بنهر النيل بمنطقة الكريمت ١٩٨٢، وقد تبين الآتي:

تبين من تطبيق المعادلة الأولى لطاقة النهر (E_1) والتي تعتمد على أربعة متغيرات، وهي السرعة وارتفاع قاع المجرى وعمق القاع من سطح المياه وعجلة الجاذبية الأرضية وجود تباين بسيط جداً في طاقة النهر بين القطاعات، حيث تراوحت بين ٢٣,٩ و ٢٤,٥ م بمتوسط ٢٤,٢ م عام ١٩٨٢، وبين ٢٣,٨ و ٢٤,٧ م بمتوسط ٢٤,٣ م عام ٢٠١٣، وهذه نتيجة منطقية لصغر طول منطقة الدراسة الذي لم يتجاوز ٦ كم، ومن ثم تم الاعتماد على المعادلة الثانية لطاقة النهر (E_2) والتي لا تعتمد على ارتفاع القاع عن سطح البحر، فكانت أكثر دقة في المقارنة بين القطاعات المائية على طول القطاع العرضي، حيث تبين الآتي:

- المناطق التي كانت تنسم بارتفاع الطاقة عام ١٩٨٢ استمرت مرتفعة أيضاً عام ٢٠١٣ م مع زيادة خلال هذه الفترة، ويرجع ذلك في المقام الأول إلى زيادة عمق المجرى الناتج عن عملية النحت المستمرة خلال هذه الفترة الناتج عن زيادة الطاقة.
- ارتفاع طاقة النهر من عام ١٩٨٢ إلى عام ٢٠١٣ م في ٩ قطاعات من ١٣ قطاعات، وخاصة في القطاعات الشمالية من منطقة الدراسة.
- مناطق تقل بها طاقة النهر عن ٦ م: وتنتشر معظمها في المنطقة الجنوبية سواء عام ١٩٨٢ أو عام ٢٠١٣ م، وهي أقل طاقة مسجلة بمنطقة الدراسة، والسبب في ذلك هو الانخفاض الشديد في القناة الفرعية شرق جزيرة الكريمت، وخاصة بالقطاع رقم ٥، حيث بلغت طاقة النهر ٣,٤٢ م، نتيجة ارتفاع منسوب القاع، ومن ثم انخفاض الفارق بين منسوب القاع و سطح المياه.
- مناطق تزيد بها طاقة النهر على ٦ م فأكثر: وتنتشر في النصف الشمالي من منطقة الدراسة، مع ملاحظة زيادتها بشكل ملحوظ عام ٢٠١٣، وبناءً عليه فإن هذه المناطق تنسم بقدرتها العالية على النحت والنقل.



جدول (١٦): طاقة النهر بالقطاعات المائية بنهر النيل بمنطقة الكريما ١٩٨٢

| ج | | | | | ب | | | | | أ | | | | | رقم القطاع |
|----------------|----------------|--------------------|-----|------|----------------|----------------|--------------------|-----|------|----------------|----------------|--------------------|-----|------|---------------|
| E ₂ | E ₁ | V ² /2g | Y | Z | E ₂ | E ₁ | V ² /2g | Y | Z | E ₂ | E ₁ | V ² /2g | Y | Z | |
| | | | | | | | | | | ٥,٥٣ | ٢٤,٦٣ | ٠,٠٣ | ٥,٥ | ١٩,١ | ١ |
| | | | | | ٣,٩٣ | ٢٤,٠٣ | ٠,٠٣ | ٣,٩ | ٢٠,١ | ٥,٨٣ | ٢٤,٠٣ | ٠,٠٣ | ٥,٨ | ١٨,٢ | ٢ |
| ٤,٣٣ | ٢٤,٢٣ | ٠,٠٣ | ٤,٣ | ١٩,٩ | ٤,٩٢ | ٢٤,٤٢ | ٠,٠٢ | ٤,٩ | ١٩,٥ | ٥,٥٣ | ٢٢,٩٣ | ٠,٠٣ | ٥,٥ | ١٧,٤ | ٣ |
| | | | | | ٦,٤٣ | ٢٣,٩٣ | ٠,٠٣ | ٦,٤ | ١٧,٥ | ٥,٥٣ | ٢٤,٢٣ | ٠,٠٣ | ٥,٥ | ١٨,٧ | ٤ |
| ٤,٤٣ | ٢٣,٨٠ | ٠,٠٣ | ٤,٤ | ١٩,٤ | ٥,٩٣ | ٢٤,١٣ | ٠,٠٣ | ٥,٩ | ١٨,٢ | ٣,٤٢ | ٢٣,٩٢ | ٠,٠٢ | ٣,٤ | ٢٠,٥ | ٥ |
| | | | | | ٥,٩١ | ٢٥,٩١ | ٠,٠١ | ٥,٩ | ٢٠,٠ | ٥,١٢ | ٢٤,٠٢ | ٠,٠٢ | ٥,١ | ١٨,٩ | ٦ |
| ٥,٦١ | ٢٤,١١ | ٠,٠١ | ٥,٦ | ١٨,٥ | ٤,٠٢ | ٢٣,٩٢ | ٠,٠٢ | ٤,٠ | ١٩,٩ | ٦,٨٢ | ٢٤,١٢ | ٠,٠٢ | ٦,٨ | ١٧,٣ | ٧ |
| | | | | | ٦,٦٢ | ٢٤,٢٢ | ٠,٠٢ | ٦,٦ | ١٧,٦ | ٦,٧٢ | ٢٤,٧٢ | ٠,٠٢ | ٦,٧ | ١٨,٠ | ٨ |
| | | | | | ٥,٤١ | ٢٣,٩١ | ٠,٠١ | ٥,٤ | ١٨,٥ | ٥,٩٣ | ٢٤,٠٣ | ٠,٠٣ | ٥,٩ | ١٨,١ | ٩ |
| | | | | | ٣,٨٢ | ١٩,٨٢ | ٠,٠٢ | ٣,٨ | ١٦,٠ | ٨,٤٣ | ٢٧,٨٣ | ٠,٠٣ | ٨,٤ | ١٩,٤ | ١٠ |
| | | | | | ٣,٩١ | ١٩,٩١ | ٠,٠١ | ٣,٩ | ١٦,٠ | ٧,٩٣ | ٢٨,٠٣ | ٠,٠٣ | ٧,٩ | ٢٠,١ | ١١ |
| | | | | | ٤,٣١ | ٢٣,٩١ | ٠,٠١ | ٤,٣ | ١٩,٦ | ٧,٤٣ | ٢٥,٢٣ | ٠,٠٣ | ٧,٤ | ١٧,٨ | ١٢ |
| | | | | | ٤,٩١ | ٢٣,٩١ | ٠,٠١ | ٤,٩ | ١٩,٠ | ٨,٩٣ | ٢٥,٠٣ | ٠,٠٣ | ٨,٩ | ١٦,١ | ١٣ |
| ٤,٧٩ | ٢٤,٠ | ٠,٠٢ | ٤,٨ | ١٩,٣ | ٥,٠١ | ٢٣,٥ | ٠,٠٢ | ٥,٠ | ١٨,٥ | ٦,٤٠ | ٢٤,٨ | ٠,٠٣ | ٦,٤ | ١٨,٤ | م |

المصدر: اعتماداً على معادلتى الطاقة

جدول (١٧): طاقة النهر بالقطاعات المائية بنهر النيل بمنطقة الكريما ٢٠١٣

| ج | | | | | ب | | | | | أ | | | | | رقم القطاع |
|----------------|----------------|--------------------|-----|------|----------------|----------------|--------------------|-----|------|----------------|----------------|--------------------|-----|------|---------------|
| E ₂ | E ₁ | V ² /2g | Y | Z | E ₂ | E ₁ | V ² /2g | Y | Z | E ₂ | E ₁ | V ² /2g | Y | Z | |
| | | | | | | | | | | ٥,٥٣ | ٢٤,٦٣ | ٠,٠٣ | ٥,٥ | ١٩,١ | ١ |
| | | | | | ٣,٩٣ | ٢٤,٠٣ | ٠,٠٣ | ٣,٩ | ٢٠,١ | ٥,٨٣ | ٢٤,٠٣ | ٠,٠٣ | ٥,٨ | ١٨,٢ | ٢ |
| ٤,٣٣ | ٢٤,٢٣ | ٠,٠٣ | ٤,٣ | ١٩,٩ | ٤,٩٢ | ٢٤,٤٢ | ٠,٠٢ | ٤,٩ | ١٩,٥ | ٥,٥٣ | ٢٢,٩٣ | ٠,٠٣ | ٥,٥ | ١٧,٤ | ٣ |
| | | | | | ٦,٤٣ | ٢٣,٩٣ | ٠,٠٣ | ٦,٤ | ١٧,٥ | ٥,٥٣ | ٢٤,٢٣ | ٠,٠٣ | ٥,٥ | ١٨,٧ | ٤ |
| ٤,٤٣ | ٢٣,٨٠ | ٠,٠٣ | ٤,٤ | ١٩,٤ | ٥,٩٣ | ٢٤,١٣ | ٠,٠٣ | ٥,٩ | ١٨,٢ | ٣,٤٢ | ٢٣,٩٢ | ٠,٠٢ | ٣,٤ | ٢٠,٥ | ٥ |
| | | | | | ٥,٩١ | ٢٥,٩١ | ٠,٠١ | ٥,٩ | ٢٠,٠ | ٥,١٢ | ٢٤,٠٢ | ٠,٠٢ | ٥,١ | ١٨,٩ | ٦ |
| ٥,٦١ | ٢٤,١١ | ٠,٠١ | ٥,٦ | ١٨,٥ | ٤,٠٢ | ٢٣,٩٢ | ٠,٠٢ | ٤,٠ | ١٩,٩ | ٦,٨٢ | ٢٤,١٢ | ٠,٠٢ | ٦,٨ | ١٧,٣ | ٧ |
| | | | | | ٦,٦٢ | ٢٤,٢٢ | ٠,٠٢ | ٦,٦ | ١٧,٦ | ٦,٧٢ | ٢٤,٧٢ | ٠,٠٢ | ٦,٧ | ١٨,٠ | ٨ |
| | | | | | ٥,٤١ | ٢٣,٩١ | ٠,٠١ | ٥,٤ | ١٨,٥ | ٥,٩٣ | ٢٤,٠٣ | ٠,٠٣ | ٥,٩ | ١٨,١ | ٩ |
| | | | | | ٣,٨٢ | ١٩,٨٢ | ٠,٠٢ | ٣,٨ | ١٦,٠ | ٨,٤٣ | ٢٧,٨٣ | ٠,٠٣ | ٨,٤ | ١٩,٤ | ١٠ |
| | | | | | ٣,٩١ | ١٩,٩١ | ٠,٠١ | ٣,٩ | ١٦,٠ | ٧,٩٣ | ٢٨,٠٣ | ٠,٠٣ | ٧,٩ | ٢٠,١ | ١١ |
| | | | | | ٤,٣١ | ٢٣,٩١ | ٠,٠١ | ٤,٣ | ١٩,٦ | ٧,٤٣ | ٢٥,٢٣ | ٠,٠٣ | ٧,٤ | ١٧,٨ | ١٢ |
| | | | | | ٤,٩١ | ٢٣,٩١ | ٠,٠١ | ٤,٩ | ١٩,٠ | ٨,٩٣ | ٢٥,٠٣ | ٠,٠٣ | ٨,٩ | ١٦,١ | ١٣ |
| ٤,٧٩ | ٢٤,٠ | ٠,٠٢ | ٤,٨ | ١٩,٣ | ٥,٠١ | ٢٣,٥ | ٠,٠٢ | ٥,٠ | ١٨,٥ | ٦,٤٠ | ٢٤,٨ | ٠,٠٣ | ٦,٤ | ١٨,٤ | م |

المصدر: اعتماداً على معادلتى الطاقة



جدول (١٨): متوسط طاقة النهر بالقطاعات المائية بنهر النيل بمنطقة الكريمت ١٩٨٢-٢٠١٣

| طاقة النهر (E ₂) | | طاقة النهر (E ₁) | | المسافة (كم) | المنطقة |
|------------------------------|------|------------------------------|------|--------------|-------------------|
| ٢٠١٣ | ١٩٨٢ | ٢٠١٣ | ١٩٨٢ | | |
| ٥,١ | ٥,٢ | ٢٤,٠ | ٢٤,٣ | ٠,٥ - ٠ | قطاع ١ - قطاع ٢ |
| ٥,٢ | ٤,٩ | ٢٣,٨ | ٢٣,٩ | ١,٠ - ٠,٥ | قطاع ٢ - قطاع ٣ |
| ٥,٤ | ٥,٥ | ٢٤,٠ | ٢٤,٠ | ١,٥ - ١,٠ | قطاع ٣ - قطاع ٤ |
| ٥,٤ | ٥,٣ | ٢٤,٥ | ٢٤,٠ | ٢,٠ - ١,٥ | قطاع ٤ - قطاع ٥ |
| ٦,٠ | ٥,١ | ٢٤,٤ | ٢٤,٥ | ٢,٥ - ٢,٠ | قطاع ٥ - قطاع ٦ |
| ٥,٦ | ٥,٥ | ٢٤,٠ | ٢٤,٥ | ٣,٠ - ٢,٥ | قطاع ٦ - قطاع ٧ |
| ٦,٧ | ٦,١ | ٢٤,٦ | ٢٤,٣ | ٣,٥ - ٣,٠ | قطاع ٧ - قطاع ٨ |
| ٦,٩ | ٦,٢ | ٢٤,٦ | ٢٤,٢ | ٤,٠ - ٣,٥ | قطاع ٨ - قطاع ٩ |
| ٦,٢ | ٥,٩ | ٢٤,١ | ٢٣,٩ | ٤,٥ - ٤,٠ | قطاع ٩ - قطاع ١٠ |
| ٦,٢ | ٦,٠ | ٢٤,٣ | ٢٣,٩ | ٥,٠ - ٤,٥ | قطاع ١٠ - قطاع ١١ |
| ٦,٣ | ٥,٩ | ٢٤,٧ | ٢٤,٣ | ٥,٥ - ٥,٠ | قطاع ١١ - قطاع ١٢ |
| ٦,٥ | ٦,٤ | ٢٤,٥ | ٢٤,٥ | ٦,٠ - ٥,٥ | قطاع ١٢ - قطاع ١٣ |
| ٥,٠ | ٥,٧ | ٢٤,٣ | ٢٤,٢ | ٦,٠ | الإجمالي |

المصدر: اعتماداً على جدولي (١٦ و ١٧).

يستنتج من ذلك أن الجزء الجنوبي من قطاع الدراسة معدلات الإرساب هي السائدة عن الجزء الشمالي، وخاصة في القنوات الفرعية مثل الفاصلة بين جزيرة الكريمت والضفة الشرقية وبين جزيرة بني حدير والضفة الغربية، وبالفعل خلال هذه الفترة التحمت جزيرة بني حدير بالسهل الفيضي. أما المنطقة الشمالية فتتميز بقدرتها العالية على النحت أكثر من الجنوبية بصفة عامة، مع ملاحظة أن كل قطاع له سماته الخاصة فقد تزيد معدلات النحت في جزء وفي الوقت نفسه تزيد معدلات الإرساب في الجزء الأخر من القطاع، لاختلاف الخصائص الهيدرولوجية والهيدروليكية من جزء لآخر.



ثالثاً . تأثير طاقة النهر في عمليتي النحت والارساب بنهر النيل بمنطقة الكريمات:

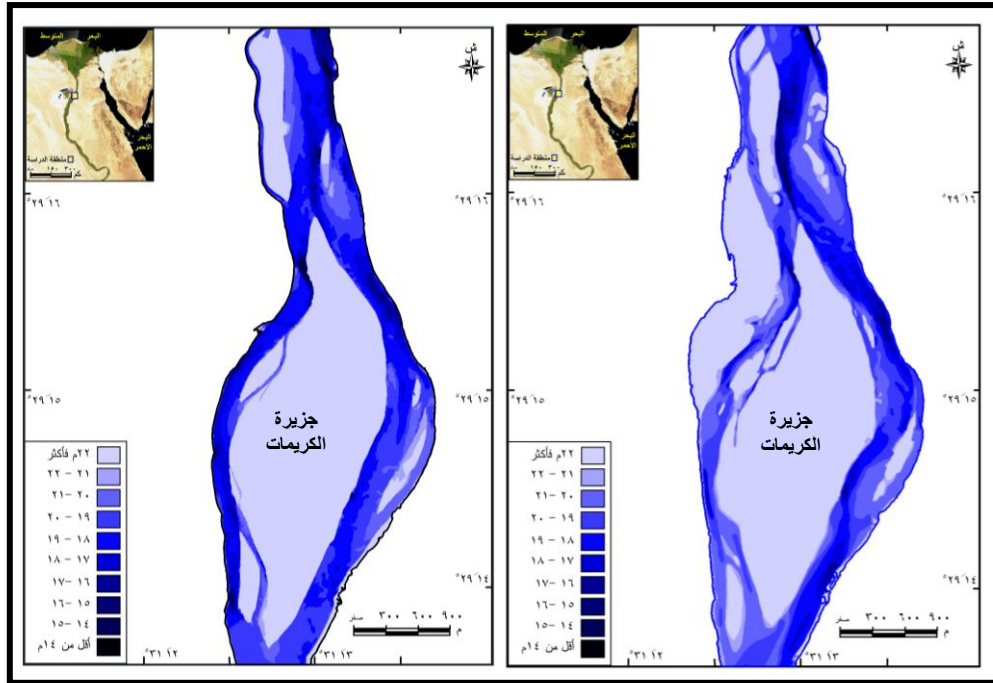
تعتبر عمليتي النحت والارساب الناجمة عن التباين في طاقة النهر من أعقد المسائل الايدروليكية، إذ أن انتقال المواد الرسوبية مع حركة المياه الجارية تحكمه عدة عوامل متشابكة كما سبق ذكره.

١ . التغيرات المورفوديناميكية الرأسية الناتجة عن عمليتي النحت والارساب:

ستتناول الدراسة الحالية تحليل خرائط الارتفاعات والقطاعات التضاريسية لمجرى النيل بمنطقة الكريمات (شكل ١٢ إلى شكل ٢٠) و (جدول ١٩ إلى جدول ٢١)، وترجع أهمية هذا الجزء إلى معرفة العلاقة التي تربط بين طاقة النهر وعمليتي النحت والإرساب الرأسي، ونتائج استخدام هذا الأسلوب في تقدير النحت تكون على جانب كبير من الدقة نظراً لأنها تعتمد على المقارنة بين صورتين حقيقتين لحالة المجرى، حيث تبين الآتي:

- زيادة الفئة التي تقل عن ١٤م من ٠,١ إلى ٠,٢ ٪، ويرجع السبب في ذلك إلى بعض المنشآت الهيدروليكية، وخاصة الرؤوس الحجرية، حيث أدت إلى تلاطم كتل الماء ببعضها، وحدثت الدوامات المائية التي ساعدت على نشاط عملية النحت الرأسي وانتشار حفر الانجراف.
- سجلت المناسيب الأعلى من ٢٢م فوق منسوب سطح البحر أعلى نسبة، حيث تزيد على ٥٠٪ سواء عام ١٩٨٢ أو عام ٢٠١٣م، نتيجة زيادة عملية الإرساب لانخفاض طاقة النهر بصفة عامة، مما أدى إلى تحول الحواجز الرملية والتي كانت تظهر بالخرائط الهيدروطوبوغرافية عام ١٩٨٢ إلى جزر نهريّة خلال فترة المقارنة
- انخفاض نسبة الارتفاعات التي تزيد على ٢٠م فأكثر فوق منسوب سطح البحر عام ٢٠١٣م على عام ١٩٨٢م، ويرجع ذلك ليس لانخفاض مناسيب القاع ولكن لالتحام بعض الجزر بالسهل الفيضي وخاصة بالجانب الغربي حيث التحمت جزيرة بني حدير، ومن ثم أصبحت خارج حدود منطقة الدراسة (حدود المجرى).





المصدر : اعتماداً على :- الخرائط الهيدرولوجية، مقياس ١ : ٥٠٠٠ ، عامي ١٩٨٢ و ٢٠١٣ . باستخدام برنامج Auto Cad Civil 3D
شكل (١٢) فئات ارتفاع مجرى نهر النيل بمنطقة الكريمات عامي ١٩٨٢ و ٢٠١٣

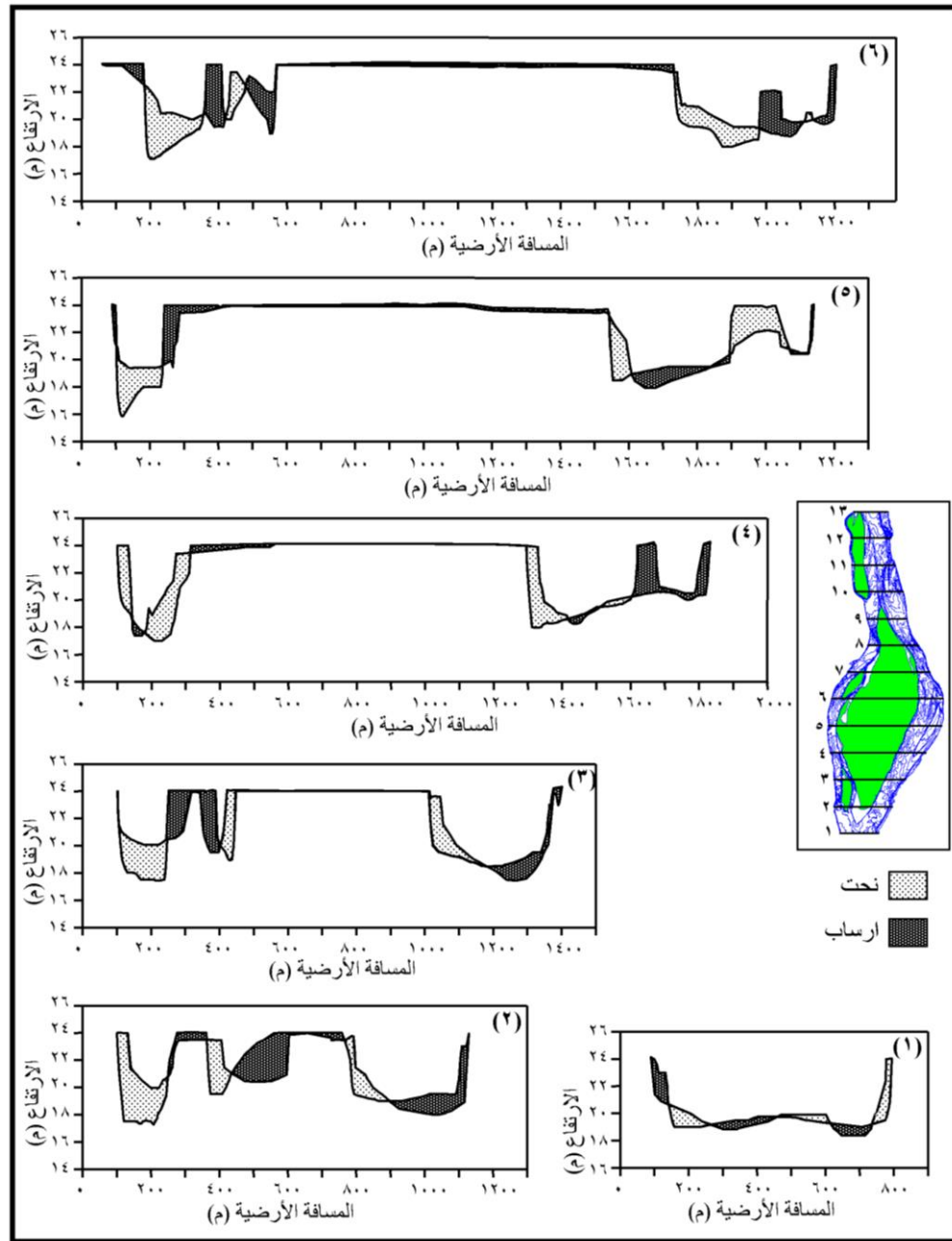
جدول (١٩): نسب مساحات فئات الارتفاعات (%) بمجرى نهر النيل بمنطقة الكريمات

عامي ١٩٨٢ و ٢٠١٣

| الاتجاه | ١٩٨٢ | ٢٠١٣ |
|-------------|------|------|
| أقل من ١٤ م | ٠,١ | ٠,٢ |
| ١٥-١٤ | ٠,١ | ٠,١ |
| ١٦-١٥ | ٠,٤ | ٠,٥ |
| ١٧-١٦ | ١,٤ | ٢,٢ |
| ١٨-١٧ | ٣,٩ | ٦,٨ |
| ١٩-١٨ | ٨,٥ | ١٥,١ |
| ٢٠-١٩ | ١٣,٤ | ١٤,٩ |
| ٢١-٢٠ | ١٤,٥ | ٦,٧ |
| ٢٢-٢١ | ٤,٥ | ٢,٢ |
| ٢٢م فأكثر | ٥٣,٢ | ٥١,٣ |

المصدر : اعتماداً على شكل (١٢) باستخدام برنامج Auto Cad Civil 3D



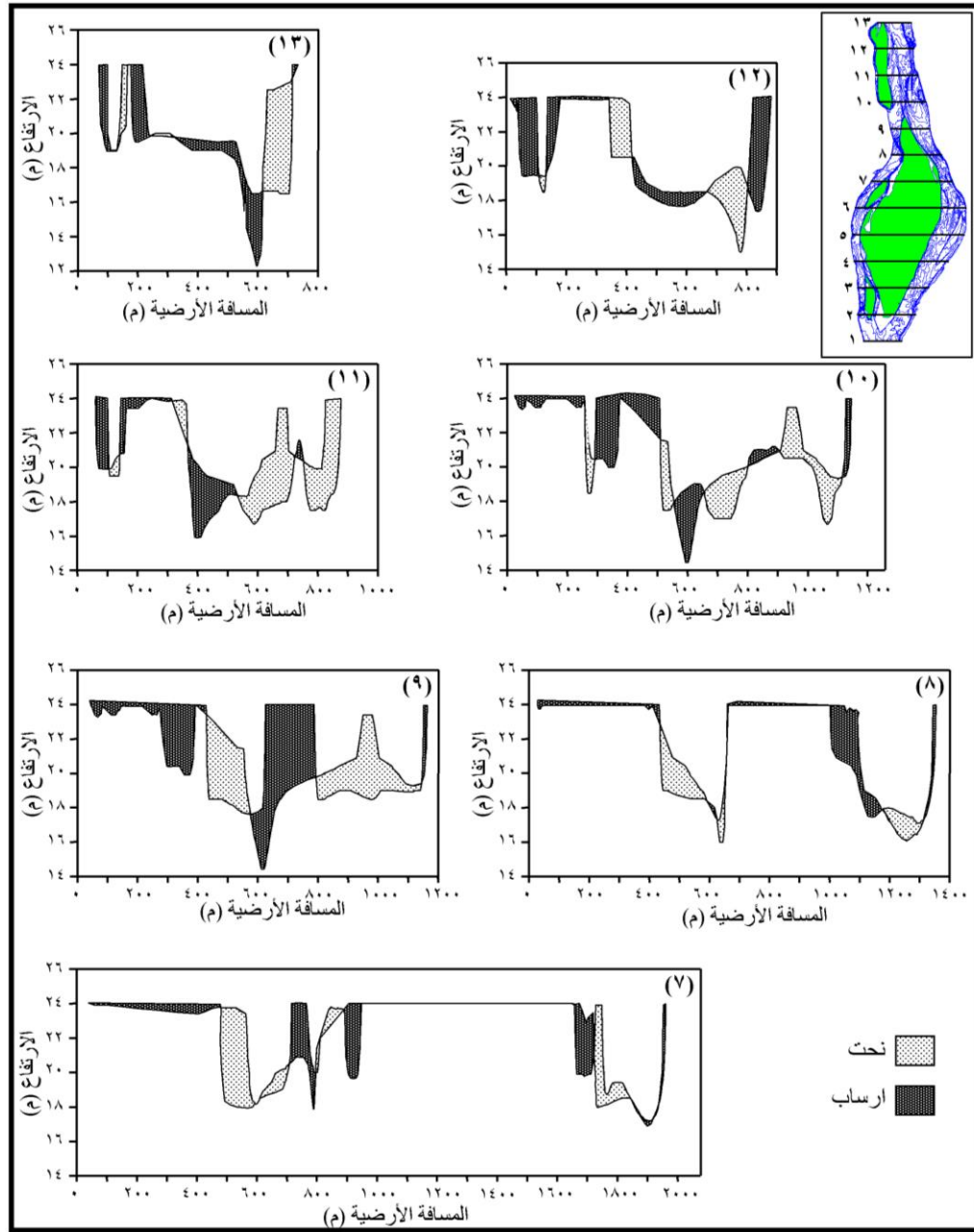


المصدر : اعتماداً على الخرائط الهيدرولوجية، مقياس 1: 5000، عامي 1982 و 2013. باستخدام برنامج Auto Cad Civil 3D

شكل (13) النحت والارساب بالقطاعات العرضية (٦.١) بمجرى نهر النيل بمنطقة

الكريمت عامي 1982 و 2007



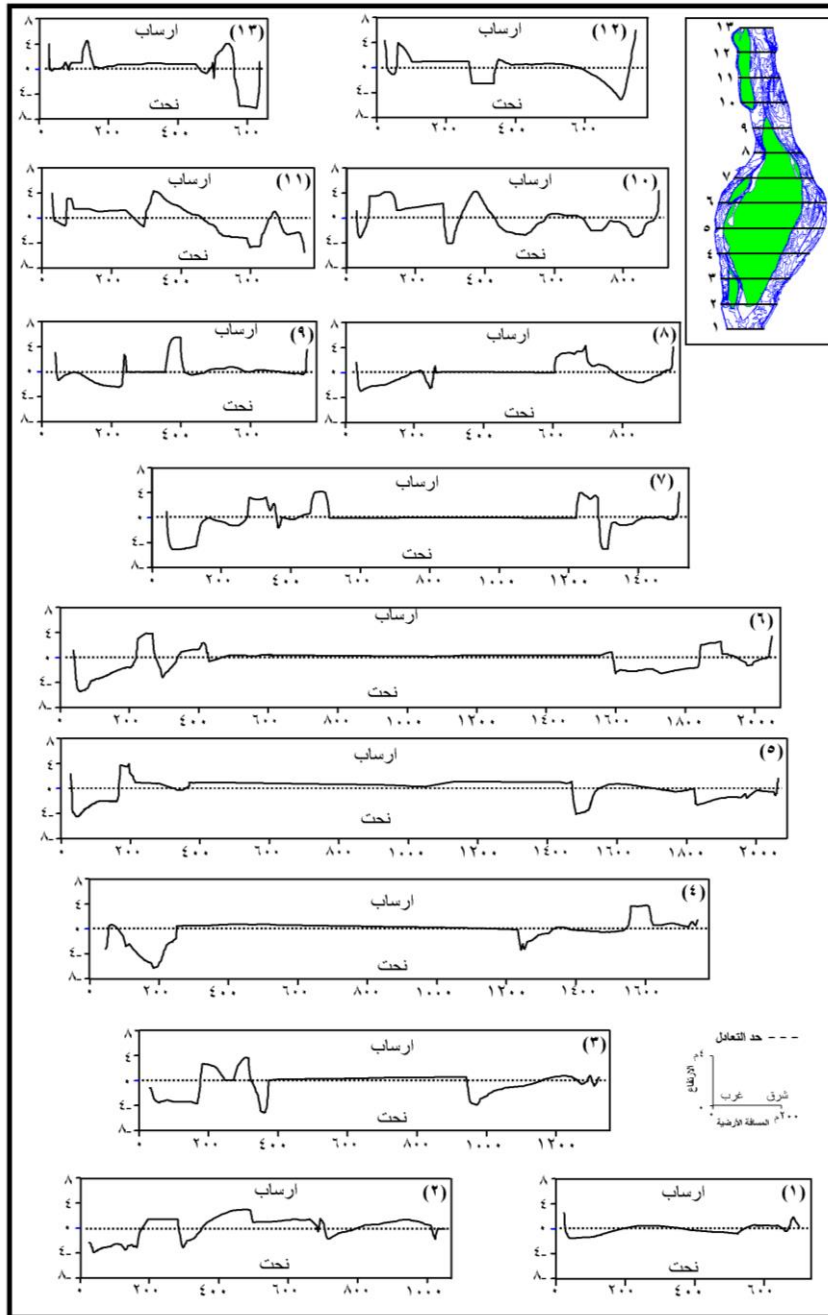


المصدر: اعتماداً على الخرائط الهيدرولوجية، مقياس 1: ٥٠٠٠، عامي ١٩٨٢ و ٢٠١٣. باستخدام برنامج Auto Cad Civil 3D

شكل (١٤): النحت والارساب بالقطاعات العرضية (٧ - ١٣) بمجرى نهر النيل

بمنطقة الكريمت عامي ١٩٨٢ و ٢٠١٣

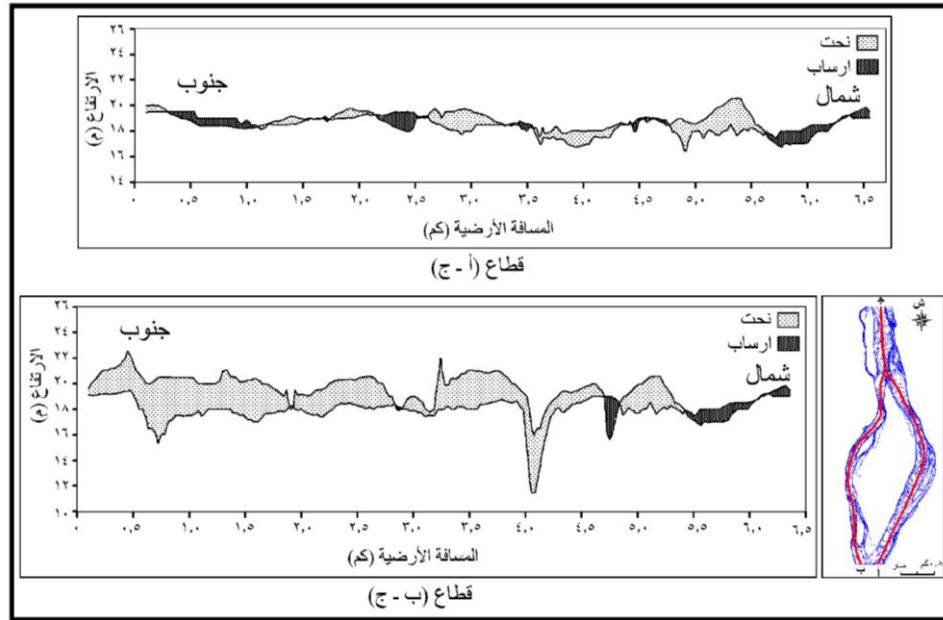




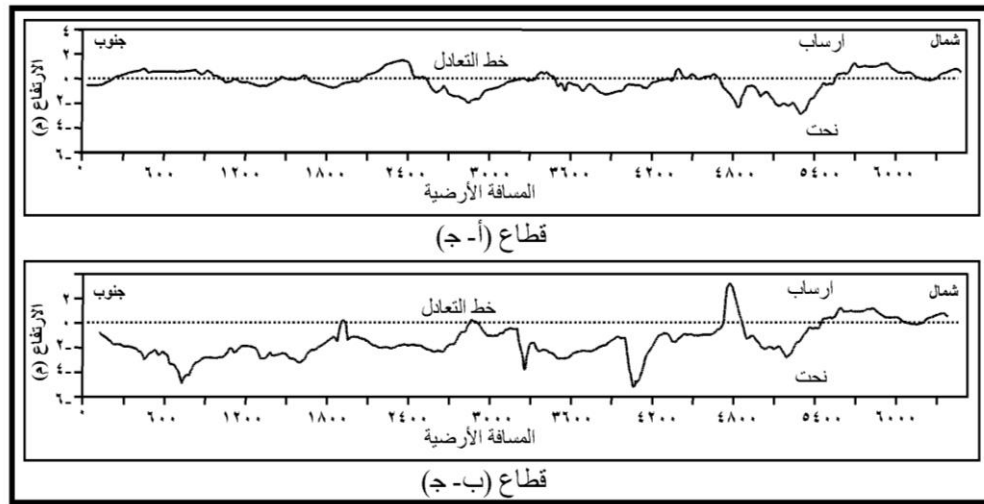
المصدر: اعتماداً على الشكلين (١٣ و ١٤) باستخدام برنامج AutoCAD Civil 3D 2020

شكل (١٥): منحنى النحت والارساب الراسي للقطاعات العرضية بنهر النيل بمنطقة الكريمات من ١٩٨٢ إلى ٢٠١٣





المصدر: اعتماداً على الخرائط الهيدرولوجية مقياس ١ : ٥٠٠٠ باستخدام برنامج AutoCAD Civil 3D 2020
شكل (١٦): النحت والارساب بالقطاعات الطولية لنهر النيل بمنطقة الكريمت من ١٩٨٢ إلى ٢٠١٣



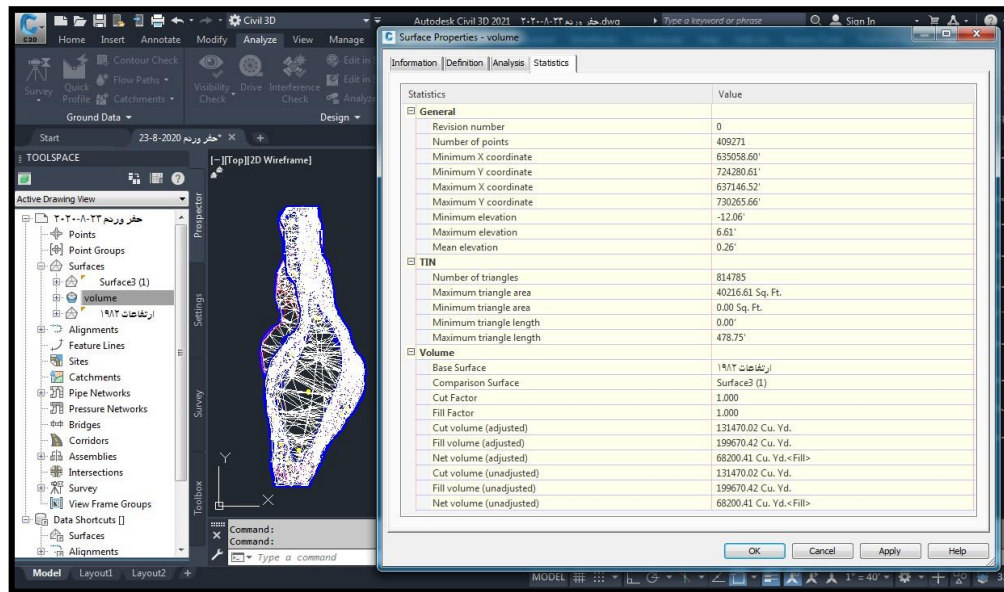
المصدر: اعتماداً على شكل (١٦) وبرنامج AutoCAD Civil 3D 2020
شكل (١٧): منحني النحت والارساب الراسي للقطاعات الطولية لنهر النيل بمنطقة الكريمت من ١٩٨٢ إلى ٢٠١٣



جدول (٢٠): خصائص القطاعات التضاريسية العرضية بنهر النيل بمنطقة الكريمت ١٩٨٢-٢٠١٣

| رم القطاع | المنسوب الأدنى للقاع | | الفرق بين منسوب المياه والقاع (م) | | الطول المتعرج للقطاع (م) | | النحت والارساب الرأسى (م) | | مساحة النحت والارساب الرأسى (م ^٢) | |
|-----------|----------------------|-------|-----------------------------------|-------|--------------------------|------|---------------------------|------------|---|---------------------------------|
| | ٢٠١٣ | ١٩٨٢ | ٢٠١٣ | ١٩٨٢ | ٢٠١٣ | ١٩٨٢ | أقصى نحت | أقصى ارساب | مساحة النحت (م ^٢) | مساحة الارساب (م ^٢) |
| ١ | ١٨,٥٠ | ١٨,٩٠ | ٥,١٠ | ٥,٥٠ | ٦٨٨ | ٦٩٢ | ١,٥٤ | ٢,٥٢ | ١٣٨ | ٢٣٣ |
| ٢ | ١٧,٢٤ | ١٨,٠٤ | ٥,٩٦ | ٦,٧٠ | ١٠٢٨ | ١٠٥٤ | ٣,٠٩ | ٣,٨٦ | ٦١١ | ٨٩٩ |
| ٣ | ١٧,٣٥ | ١٧,٤٣ | ٦,٥٧ | ٦,٦٥ | ١٢٩٨ | ١٢٩٧ | ٤,٢٣ | ٤,٥٢ | ٦١٤ | ٩٨٥ |
| ٤ | ١٧,٠٠ | ١٧,٤٩ | ٧,٠٠ | ٦,٥١ | ١٧٢٦ | ١٧١٧ | ٣,٥٤ | ٥,٢٠ | ٥٤٢ | ٦٦٤ |
| ٥ | ١٨,٠٠ | ١٥,٨٤ | ٨,١٦ | ٦,٠٠ | ٢٠٤٩ | ٢٠٤٢ | ٤,٠٠ | ٤,٤٩ | ٦٥٣ | ١٤٩٦ |
| ٦ | ١٨,٧٨ | ١٧,٠٩ | ٥,٢٢ | ٦,٩١ | ٢١٤٣ | ٢٠١٦ | ٤,٥٠ | ٤,٧٤ | ٨٢٤ | ١٣١٥ |
| ٧ | ١٧,٠٠ | ١٧,٢١ | ٦,٧٩ | ٧,٠٠ | ١٩٢٩ | ١٤٨٣ | ٥,٠٣ | ٤,٢٤ | ٧٥٠ | ٦٤٩ |
| ٨ | ١٧,١٥ | ١٦,٠٠ | ٨,٠٠ | ٦,٨٥ | ١٣٣٢ | ٩١٨ | ٢,٩٨ | ٤,٣٤ | ٤٣٤ | ٤٠٦ |
| ٩ | ١٨,٠٠ | ١٧,٦٤ | ٦,٣٦ | ٦,٠٠ | ١٢١٣ | ٧٣٢ | ٢,٤٣ | ٥,٥٢ | ٢٧٢ | ٣١٥ |
| ١٠ | ١٤,٤٩ | ١٦,٦٧ | ٧,٣٣ | ٩,٥١ | ١١٢٠ | ٨٧٨ | ٤,٠٤ | ٤,٤١ | ٧٨٤ | ٥٥٢ |
| ١١ | ١٦,٧٠ | ١٦,٠٠ | ٨,٠٠ | ٧,٣٠ | ٧٦٥ | ٧٨٣ | ٥,٤٨ | ٤,٣٥ | ٧٣٣ | ٦٢٠ |
| ١٢ | ١٧,٤٦ | ١٥,٠٠ | ٩,٠٠ | ٦,٥٤ | ٨٧١ | ٧٢٧ | ٥,٠٦ | ٥,٠١ | ٥٤٨ | ٥٠٥ |
| ١٣ | ١٢,٣٠ | ١٦,٤٩ | ٧,٥١ | ١١,٧٠ | ٦٥١ | ٦٢٣ | ٥,٢٣ | ٤,٥٠ | ٤٧١ | ٤٣٢ |
| م | ١٦,٩ | ١٦,٩ | ٧,٠ | ٧,٢ | ١٢٩٣ | ١١٥١ | ٣,٩ | ٤,٤ | ٥٦٢ | ٧١٧ |

المصدر: اعتماداً على الأشكال (١٣ إلى ١٧) باستخدام نموذج HEC-RAS وبرنامج AutoCAD Civil 3D 2020، والمنسوب الأدنى هو أعمق نقطة بقاع النيل بالنسبة لمنسوب سطح البحر. (ف/ الفارق بين إجمالي الإرساب والنحت).



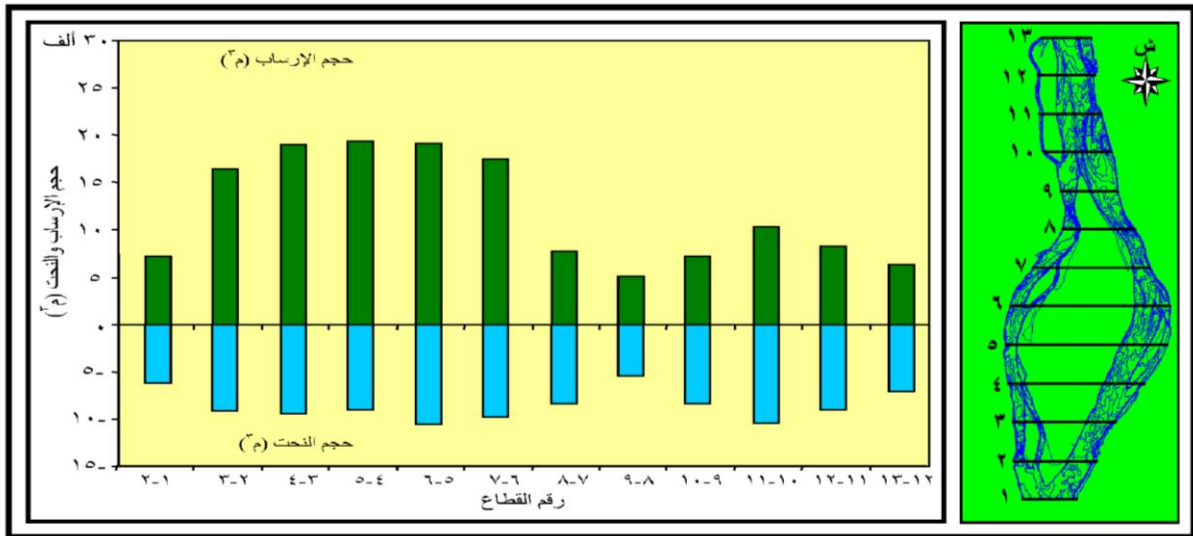
شكل (١٨): حساب حجم النحت والارساب (م^٣) بنهر النيل بمنطقة الكريمت باستخدام برنامج AutoCAD Civil 3D 2020



جدول (٢١): حجم النحت والارساب (م^٣) بنهر النيل بمنطقة الكريمت من ١٩٨٢ إلى ٢٠١٣

| المنطقة | المسافة (م) | حجم النحت (م ^٣) | حجم الإرساب (م ^٣) | الفرق بين حجم الإرساب وحجم النحت (م ^٣) |
|-------------------|-------------|-----------------------------|-------------------------------|--|
| قطاع ١ - قطاع ٢ | ٥٠٠ - ٠ | ٦١٧٣ | ٧٢٩٨ | ١١٢٥+ |
| قطاع ٢ - قطاع ٣ | ١٠٠٠ - ٥٠٠ | ٩١٢٣ | ١٦٤٩٣ | ٧٣٧٠+ |
| قطاع ٣ - قطاع ٤ | ١٥٠٠ - ١٠٠٠ | ٩٣٣٥ | ١٨٩٧٨ | ٩٦٤٣+ |
| قطاع ٤ - قطاع ٥ | ٢٠٠٠ - ١٥٠٠ | ٨٩٦٣ | ١٩٣٥٠ | ١٠٣٨٧+ |
| قطاع ٤ - قطاع ٦ | ٢٥٠٠ - ٢٠٠٠ | ١٠٥٠٩ | ١٩٠٧٣ | ٨٥٦٤+ |
| قطاع ٦ - قطاع ٧ | ٣٠٠٠ - ٢٥٠٠ | ٩٧٥٧ | ١٧٤٣٢ | ٧٦٧٥+ |
| قطاع ٧ - قطاع ٨ | ٣٥٠٠ - ٣٠٠٠ | ٨٣٢٩ | ٧٧٣٧ | ٥٩٢- |
| قطاع ٨ - قطاع ٩ | ٤٠٠٠ - ٣٥٠٠ | ٥٣٨١ | ٥١٠٧ | ٢٧٤- |
| قطاع ٩ - قطاع ١٠ | ٤٥٠٠ - ٤٠٠٠ | ٨٢٩٥ | ٧٣٠١ | ٩٩٤- |
| قطاع ١٠ - قطاع ١١ | ٥٠٠٠ - ٤٥٠٠ | ١٠٤٥٥ | ١٠٣٢٣ | ١٣٢- |
| قطاع ١١ - قطاع ١٢ | ٥٥٠٠ - ٥٠٠٠ | ٨٩٥٤ | ٨٢٦٥ | ٦٨٩- |
| قطاع ١٢ - قطاع ١٣ | ٦٠٠٠ - ٥٥٠٠ | ٧١١٤ | ٦٣٦٨ | ٧٤٦- |
| الإجمالي | ٦٠٠٠ | ١٠٢٣٨٨ | ١٤٧٧٢٥ | ٤١٣٣٧+ |

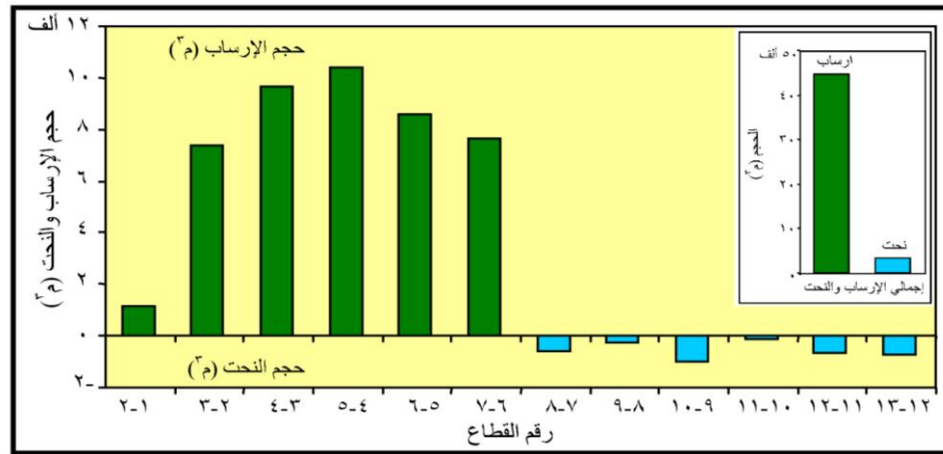
المصدر: إعداد الباحث اعتماداً على الخرائط الهيدرولوجية مقياس ١ : ٥٠٠٠ باستخدام نموذج HEC-RAS وبرنامج AutoCAD Civil 3D 2020



المصدر: اعتماداً على جدول (٢١)

شكل (١٩): حجم النحت والارساب (م^٣) موزع على القطاعات بمنطقة الكريمت





المصدر: اعتماداً على جدول (٢١)

شكل (٢٠): الفرق بين حجم الإرساب والنحت (م) موزع على القطاعات بمنطقة الكريمات

يتضح من تحليل الأشكال والجدول السابقة ما يلي:

أ - مناسب النحت والارساب (م):

تعد هذه الطريقة هي أقل الطرق دقة لتمثيل الواقع في حساب معدلات النحت والإرساب والمقارنة بينهما، لأنها تعتمد على متغيرات محلية تتسم بالتغير السريع من موضع لأخر، وقد تبين من تحليل الأشكال (من ١٤ إلى ١٧) والجدول (٢٠) ما يلي:

ـ القطاعات العرضية:

- تعرضت جميع القطاعات العرضية بمنطقة الدراسة لعمليتي النحت والإرساب.
- تراوح أقصى نحت بين ١,٥٤ و ٥,٤٨ م.
- تراوح أقصى إرساب بين ٢,٥٢ و ٥,٥٢ م.
- متوسط أقصى إرساب (٤,٤ م) أعلى من متوسط أقصى نحت (٣,٩ م).
- سجلت ٩ مواقع زيادة في معدلات الإرساب على معدلات النحت بنسبة ٦٩,٢٪.
- زيادة معدلات الإرساب والنحت أدت إلى زيادة الطول المتعرج للقطاع العرضي في بعض القطاعات، وخاصة بقطاعي (١) و (٢) جنوب منطقة الدراسة، وقطاع (١١) شمال المنطقة.
- زيادة معدلات النحت في بعض القطاعات أدت إلى زيادة عمق المجرى في ٥ قطاعات وخاصة بالقطاع رقم (٥) وسط منطقة الدراسة بانخفاض أكثر من ٣ أمتار من عام ١٩٨٢ إلى عام



٢٠١٣م، والسبب في ذلك يرجع إلى الدوامات المائية لانتشار رؤوس حجرية بالضفة الغربية للمجرى.

• زيادة معدلات الإرساب في معظم القطاعات أدت إلى ارتفاع قاع المجرى في ٨ قطاعات وخاصة بالقطاع رقم (١٣) شمال منطقة الدراسة بارتفاع أكثر من ٤ متر، نتج عنه وجود حاجز رملي ظهر بالخرائط الهيدرولوجرافية عام ٢٠١٣ وسط المجرى.

يتضح من هذا التحليل زيادة كل من معدلات النحت والإرساب من الجنوب إلى الشمال في الجزء الجنوبي من منطقة الدراسة لمسافة ٢ كم تقريباً، أما الجزء المتبقي لا توجد قاعدة ثابتة واضحة في معدلات الزيادة أو النقصان سواء في النحت أو الإرساب، ولكن تبين سيادة معدلات الإرساب في الغالبية العظمى من القطاعات وخاصة الجنوبية، في حين القطاعات الشمالية فيسود معدلات النحت. ولكن بصفة عامة لوحظ وجود توازن إلى حد كبير بين معدلات النحت والإرساب حيث لم يتجاوز الفارق بينهما من حيث الإجمالي ٦,٥٥م، ومن حيث المتوسط ٥,٥م.

- القطاعات الطولية:

• بلغ أقصى نحت -٢,٨٩م وأقصى إرساب ١,٥٠م، ومتوسط النحت - ٠,٧٠م، ومتوسط الإرساب ٠,٥٢م بالقطاع الطولي الشرقي (أ-ج).

• بلغ أقصى نحت -٥,٤٥م وأقصى إرساب ٣,٣٧م، ومتوسط النحت - ٢,٠٢م، ومتوسط الإرساب ٠,٩٣م بالقطاع الطولي الغربي (ب-ج).

يتضح من ذلك والأشكال السابقة سيادة النحت الرأسي بطول المجرى غرب جزيرة الكريمات، ومن ثم يعد المجرى الرئيس أما القناة الشرقية فتتباين بها معدلات النحت والإرساب، ولكن مع سيادة معدلات الإرساب، ومن ثم إذا استمرت بهذا الشكل فمن المتوقع التحام جزيرة الكريمات بالضفة الشرقية.

ب - مساحة النحت والإرساب (م^٢):

تعد هذه الطريقة أكثر دقة من الطريقة السابقة في المقارنة بين معدلات النحت والإرساب، وقد تبين من تحليل الأشكال (من ١٤ إلى ١٧) والجدول (٢٠) ما يلي:

• اتفقت هذه الطريقة مع الطريقة السابقة في سيادة معدلات الإرساب على معدلات النحت بصفة عامة بفارق بلغ ١٨٩٧م^٢، وخاصة في الجزء الجنوبي من منطقة الدراسة، حيث بلغ إجمالي مساحة النحت ٧٣٧٤م^٢، بمتوسط ٥٦٢م^٢، في حين بلغ إجمالي مساحة الإرساب ٩٢٧١م^٢، بمتوسط ٧١٧م^٢.



- سيادة معدلات الإرساب في ٧ قطاعات من ١٣ قطاع، بتناقص قطاعين عن الطريقة السابقة.
 - سيادة معدلات النحت في ٦ قطاعات بزيادة قطاعين عن الطريقة السابقة.
- ج - حجم النحت والارساب (م ٣):**
- تعد هذه الطريقة أدق الطرق عند حساب معدلات النحت والإرساب والمقارنة بينهما لأنها تعتمد في المقام الأولى على الأبعاد الثلاثة للمنطقة (طول وعرض وارتفاع)، وقد تبين من تحليل الأشكال (١٨ و ١٩ و ٢٠) والجدول (٢١) ما يلي:
- تتسم المنطقة الجنوبية بسيادة حجم الإرساب على حجم النحت من القطاع رقم (١) إلى القطاع رقم (٧) بمسافة ٣ كم بنسبة ٥٠٪ من مساحة منطقة الدراسة.
 - يتميز الجزء الشمالي من منطقة الدراسة بزيادة حجم النحت على حجم الإرساب من القطاع ١٠ إلى نهاية منطقة الدراسة بطول ١,٥ كم بنسبة ٢٥٪.
 - سيادة حجم الإرساب على حجم النحت بصفة عامة بطول ٤ كم بنسبة ٦٤٪ من إجمالي طول منطقة الدراسة، ويتفق ذلك مع ما ذكر من قبل عن طاقة النهر.
 - الجزء الجنوبي من منطقة الدراسة يتسم بزيادة كل من حجم النحت وحجم الإرساب بالاتجاه شمالاً لمسافة ٢ كم تقريباً.
 - سجل أعلى حجم للإرساب والذي تجاوز ١٥٠٠٠ م^٣ من القطاع رقم (٢) إلى القطاع رقم (٧)، والسبب في ذلك لسيادة عمليات الإرساب بالقناة الفرعية الفاصلة بين جزيرة الكريمات والضفة الشرقية للمجرى.
 - بصفة عامة زيادة حجم الإرساب على حجم النحت بفارق ٤٥,٣ ألف م^٣، وهي نتيجة متوقعة لانخفاض طاقة النهر بمنطقة الدراسة بصفة عامة كما سبق ذكره.

يستنتج من التحليل السابق وبمقارنة معدلات النحت والإرساب السنوي خلال المرحلتين الهيدرولوجيتين أن تقديرات النحت الشامل تتناقص بمرور الزمن في المقابل يزداد الإرساب الرأسي بمجرى النيل بمنطقة الدراسة وهو السمة الغالبة، وكان ذلك راجعاً لاقتراب النهر من بلوغ مرحلة الاتزان النهائي الملائم لخصائصه الهيدرولوجية الجديدة.



٢ . التغيرات المورفوديناميكية الأفقية الناتجة عن عمليتي النحت والارساب:

أ . التغيرات المورفوديناميكية الأفقية الناتجة عملية النحت:

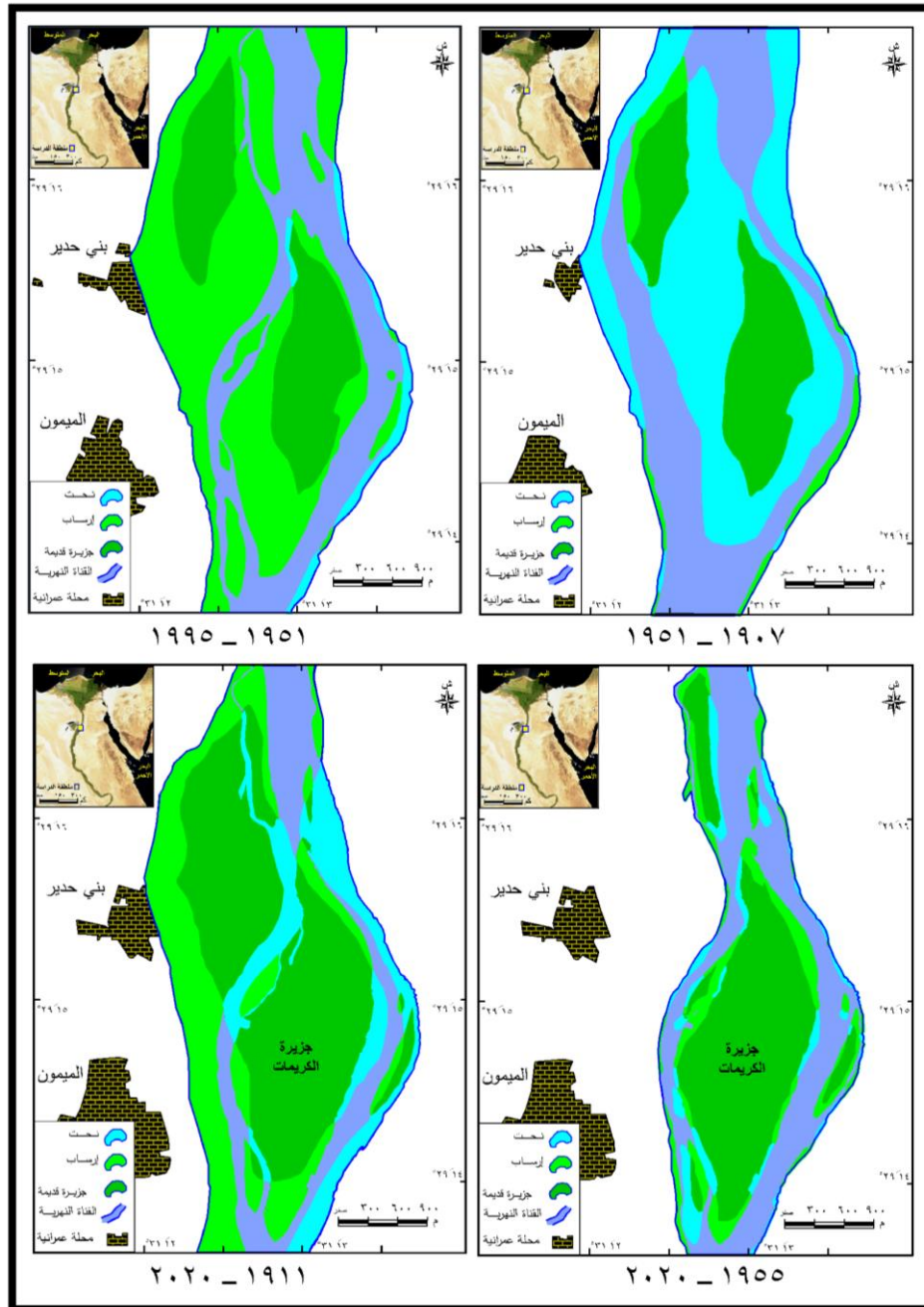
يتضح من تحليل الشكلين (٢١ و ٢٢) والجداول (٢٢ و ٢٣ و ٢٤):

- الفترة (١٩٥١-١٩٥٧): زيادة مساحة النحت بشكل كبير خلال المدة من ١٩٥٧ إلى ١٩٥١، حيث بلغت ٤,٤ كم^٢، وخاصة بجزيرة الكريمات والتي بلغت ٢,٠ كم^٢، والجدير بالذكر أن الخرائط الطبوغرافية (شكل ٢٢) والخصائص الهيدرولوجية (كمية التصريف) أكدت أن هذه المساحة لا ترجع في المقام الأول إلى عملية النحت، حيث تأكد من كمية التصريف قبل بناء السد العالي، أنها بلغت ٦٩ مليار م^٣ عام ١٩٥٧ وهي تعد أقل الإيرادات السنوية لنهر النيل، في حين تجاوزت الإيرادات على ١٠٠ مليار في السنوات التالية مباشرة ١٩٥٨ و ١٩٥٩ و ١٩٦٠م (جاسر، ١٩٩٤)، ومع هذه الزيادة في كمية التصريف غمرت هذه المناطق وتم نحتها بعد ذلك. حيث ظهرت الجزيرة في خرائط عام ١٩٣٥ جزيرتين، حيث بلغت كمية التصريف ٩٨,٣ مليار م^٣، ومن ثم فقد أدى الانخفاض الشديد في الإيراد المائي عام ١٩٥٧ إلى ظهور أجزاء كبيرة من قاع المجرى وخاصة المتاخم للجزيرة بالمنطقة الشمالية، كما تظهره الخريطة الطبوغرافية (شكل ٢٢) كأنه مغطى بالمياه والنباتات والذي كان يفصل بين جزيرة سعدون (الكريمات) وجزيرة بني حدير.

- الفترة (١٩٥١-١٩٩٥): وهي فترة تتسم بالانتقال المفاجئ في طاقة النهر لبناء السد العالي، حيث تباينت طاقة النهر قبل وبعد بنائه، وقد تبين وجود العديد من الملاحظات وهي زيادة عملية النحت بالضفة الشرقية فقط، والنحت بالجزر النهرية (جزيرة الكريمات)، بإجمالي ٢٤,٢ كم^٢.

- الفترة (١٩٩٥-٢٠٢٠): وهي فترة الثبات أو التوازن في طاقة النهر، وقد تأثرت الضفاف والجزر بعملية النحت، بإجمالي ٣٨,٢ كم^٢ (لوحة ١)، مع ملاحظة زيادة النحت بالجزر (٧٦٪) أكثر منها في الضفاف (٢٤٪)، ويرجع ذلك إلى انتشار وسائل الحماية سواء رؤوس حجرية أو تكسيات بالضفاف لحمايتها من عملية النحت.



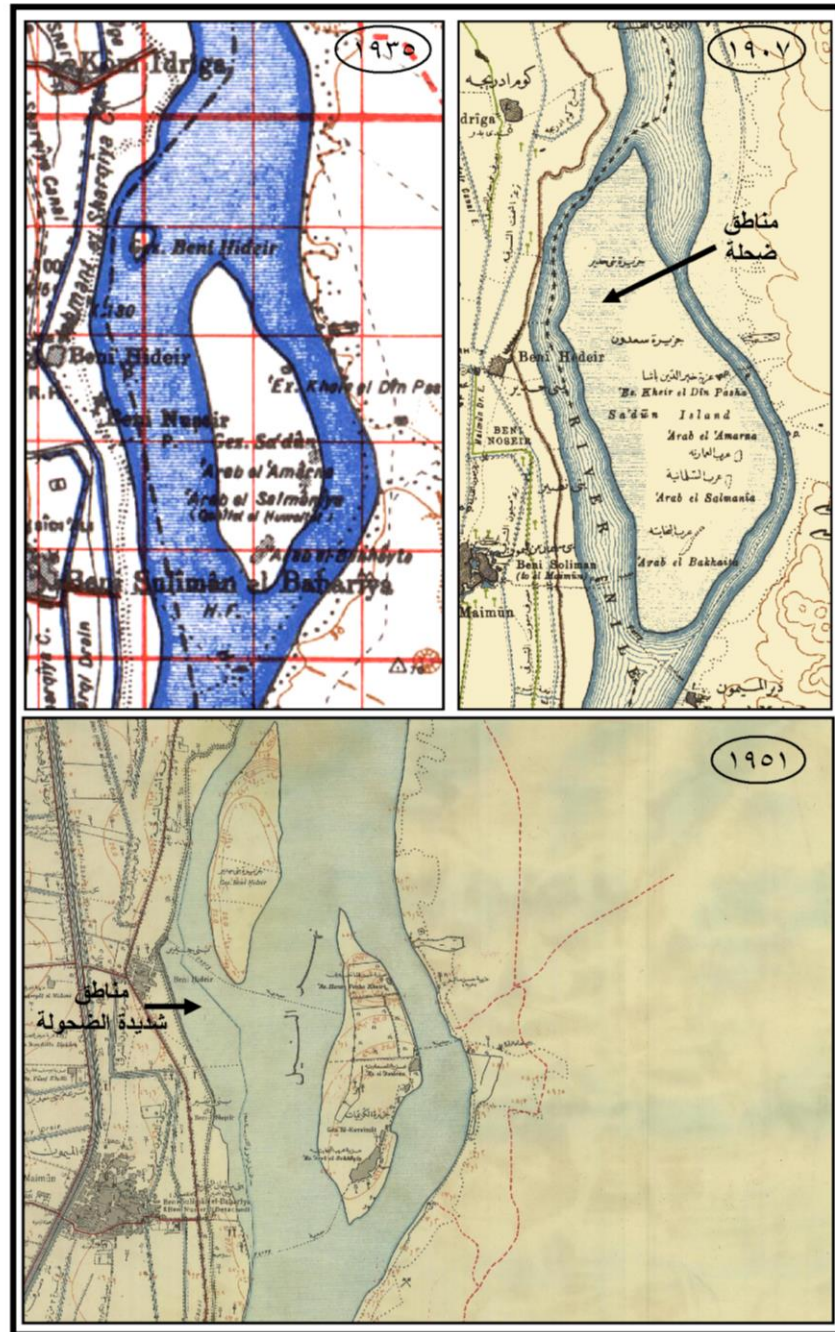


المصدر: اعتمادا على الخرائط الطبوغرافية، مقياس ١: ٥٠٠٠٠، و ١: ٢٥٠٠٠، و ١: ٥٠٠٠٠٠، الهيئة العامة للمساحة. والمرئيات الفضائية ٢٠٢٠م باستخدام Arc Map 10.5

شكل (٢١): التغيرات الجيومورفولوجية لمجرى نهر النيل بمنطقة الكريمت من

عام ١٩٥٧ إلى عام ٢٠٢٠





المصدر: اعتمادا على الخرائط الطبوغرافية، مقياس ١ : ٥٠٠٠٠، و ١ : ٢٥٠٠٠، و ١ : ١٠٠٠٠٠، الهيئة العامة للمساحة.

شكل (٢٢): مجرى نهر النيل بمنطقة الكريمت من عام ١٩٠٧ إلى عام ١٩٥١



جدول (٢٢): مساحات النحت (كم^٢) بنهر النيل بمنطقة الكريمت من عام ١٩٠٧ إلى ٢٠٢٠

| المدة الزمنية | الضفة الشرقية | الضفة الغربية | الجزر النهرية | الإجمالي |
|---------------|---------------|---------------|---------------|----------|
| ١٩٥١-١٩٠٧ | ٥٩٤٠٧٣ | ٦٢٨٧٧٣ | ٣٢١٩١٣٩ | ٤٤٤١٩٨٥ |
| ١٩٩٥-١٩٥١ | ٢١٩٩٦٦ | ٠ | ٢٠١٨٨ | ٢٤٠١٥٤ |
| ٢٠١٩-١٩٩٥ | ٦٦٥٨١ | ٢٥٧٢٢ | ٢٩٠٧١٢ | ٣٨٣٠٤٥ |
| ٢٠١٩-١٩٠٧ | ٨٣٨١٤٣ | ٠ | ٨٠٦٣٠٣ | ١٦٤٤٤٤٦ |

المصدر : اعتماداً على:- شكل (٢١) باستخدام Arc Map 10.5

جدول (٢٣): مساحات الإرساب (كم^٢) بنهر النيل بمنطقة الكريمت من عام ١٩٠٧ إلى ٢٠٢٠

| المدة الزمنية | الضفة الشرقية | الضفة الغربية | الجزر النهرية | الإجمالي |
|---------------|---------------|---------------|---------------|----------|
| ١٩٥١-١٩٠٧ | ٩٦٨١٩ | ٢٠٥٥٨ | ٢٠١٣٢٣ | ٣٢٧٧٠٠ |
| ١٩٩٥-١٩٥١ | ٣٣١٨٩١ | ٢٦٩١٣٥١ | ٢٠٤٧٢٦٣ | ٥٠٧٠٥٠٥ |
| ٢٠١٩-١٩٩٥ | ٥٤٢٤٠ | ٩٠٨٩١ | ٥٢٥٣٩٤ | ٦٧٠٥٢٥ |
| ٢٠١٩-١٩٠٧ | ٦٢١٠٧ | ١٦٩٣٣٩١ | ٨٧٤٥٧٩ | ٢٦٣٠٠٧٧ |

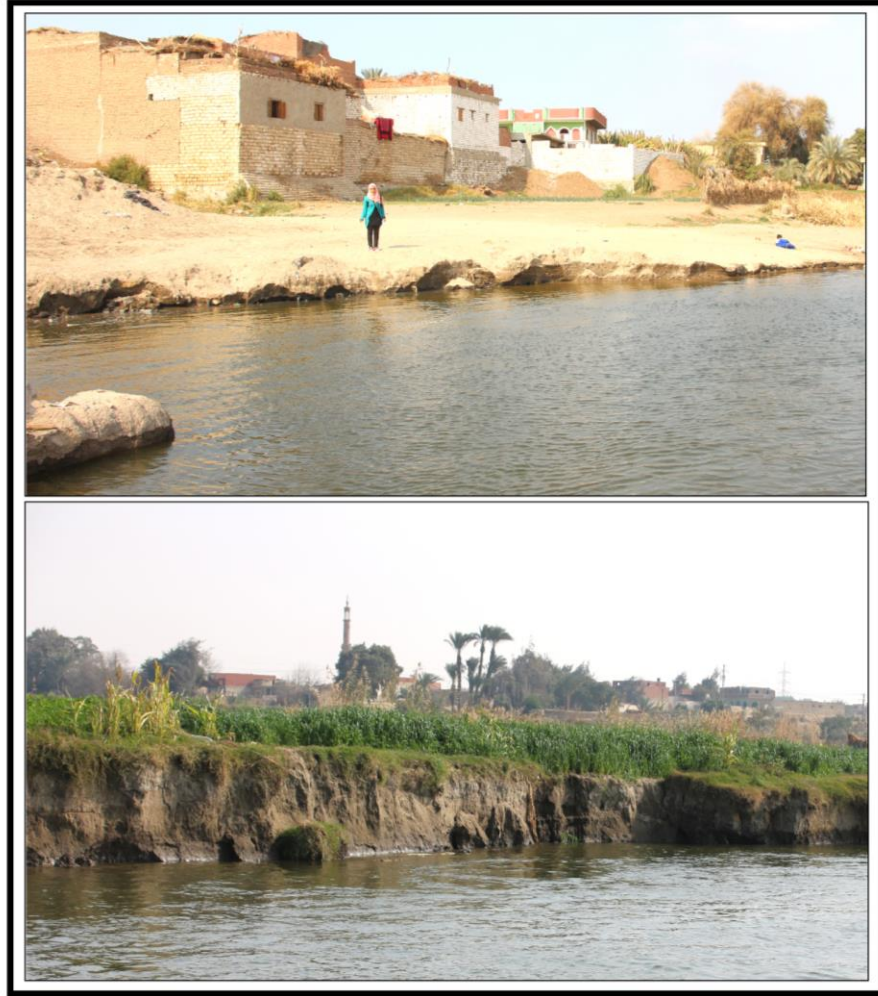
المصدر : اعتماداً على:- شكل (٢١) باستخدام Arc Map 10.5

جدول (٢٤): الفرق بين مساحات الإرساب والنحت (كم^٢) بنهر النيل بمنطقة الكريمت من عام ١٩٠٧ إلى ٢٠٢٠

| المدة الزمنية | الضفاف | الجزر النهرية | الفرق بين إجمالي الإرساب والنحت |
|---------------|-----------|---------------|---------------------------------|
| ١٩٥١-١٩٠٧ | - ١١٠٥٤٦٩ | - ٣٠٠٨٨١٦ | - ٤١١٤٢٨٥ |
| ١٩٩٥-١٩٥١ | + ٢٨٠٣٢٧٦ | + ٢٠٢٧٠٧٥ | + ٤٨٣٠٣٥١ |
| ٢٠١٩-١٩٩٥ | + ٥٢٨٢٨ | + ٢٣٤٦٨٢ | + ٢٨٧٤٨٠ |
| ٢٠١٩-١٩٠٧ | + ٩١٧٣٥٥ | + ٦٨٢٧٦ | + ٢٤٦٥٦٣١ |

المصدر : اعتماداً على:- شكل (٢١) باستخدام Arc Map 10.5





المصدر: الدراسة الميدانية، ٢٠٢٠

لوحة (١): اثر عملية النحت بمجرى نهر النيل بمنطقة الكريمات

ب . التغيرات المورفوديناميكية الأفقية الناتجة عملية الإرساب:

يتضح من تحليل الشكلين (٢١ و ٢٢) والجداول (٢٢ و ٢٣ و ٢٤):

- الفترة (١٩٥١-١٩٥٧): بلغت المساحة الكلية للإرساب ٣٣,٣ كم^٢، والغالب منها مرتبط بالجزر وخاصة جزيرة بني حدير، يليها زيادة الإرساب على الضفة الشرقية.
- الفترة (١٩٥١-١٩٩٥): فترة التباين الشديد في طاقة النهر للتغير في الخصائص الهيدرولوجية لمجرى نهر النيل كما سبق ذكره، حيث انخفضت طاقة النهر بشكل كبير بعد بناء السد العالي، مما



سجل أعلى معدل للإرساب، إذ بلغت ١,٥ كم^٢، والتي ظهرت بشكل واضح بالضفة الغربية والجزر النهرية، ولكن وجب التنويه إلى إن هذه المساحة لا تمثل الناتج عن عملية الإرساب فقط، ولكن ترجع إلى عامل رئيس وهو انخفاض منسوب المياه الناتج عن انخفاض كمية التصريف، مما أدى إلى انكشاف المناطق الضحلة بمجرى نهر النيل، بمساحة ٠,٧٥ كم^٢ عام ١٩٥١م بنسبة ١٥٪ من إجمالي الإرساب خلال هذه الفترة، وتقع جميعها بالجانب الغربي من المجرى ملاصقة للضفة الغربية (شكل ٢٢).

- الفترة (١٩٩٥-٢٠٢٠): مرحلة التوازن في طاقة النهر، حيث انخفضت عملية الإرساب بشكل كبير عن الفترة السابقة، إذ بلغت ٠,٦٧ كم^٢، وخاصة بالجزر النهرية بنسبة ٧٩٪ (لوحة ٢).



المصدر: الدراسة الميدانية، ٢٠٢٠

لوحة (٢): اثر عملية الإرساب بمجرى نهر النيل بمنطقة الكريمات وتحول القنوات المائية

إلى أذرع مائية ومهجورة

يتضح من دراسة ديناميكية عمليتي النحت والإرساب الأفقي ما يلي:

- قبل بناء السد العالي: كانت معدلات النحت أكثر من معدلات الإرساب، ولكن هذه النتيجة قد تكون



- غير واقعية كما سبق ذكره.
- مقارنة بين قبل السد وبعد بناء السد العالي: كان التفوق لمعدلات الإرساب، حيث بلغت ٨,٤ كم^٢، مع ملاحظة انضمام جزء كبير من المناطق الضحلة بقاع المجرى والتي ظهرت على السطح لانخفاض منسوب المياه إلى هذه المساحة.
 - بعد بناء السد العالي: وهي أكثر الفترات واقعية (مرحلة التوازن) فكان السائد هو معدلات الإرساب بنسبة بسيطة على معدلات النحت، بمساحة ٢٨,٠ كم^٢، لانخفاض طاقة النهر.
 - سيادة معدلات الإرساب بصفة عامة خلال فترة المقارنة من عام ١٩٠٧ إلى عام ٢٠٢٠م، بمساحة ٥,٢ كم^٢، سواء بالضفاف أو الجزر النهرية وخاصة جزيرة الكريمات، ويؤكد ذلك أن مجرى نهر النيل يعد من الأنهار منخفضة الطاقة ومن ثم انخفاض عملية النحت والنقل بالنسبة لعملية الإرساب.

رابعاً . تأثير طاقة النهر في جيومورفولوجية نهر النيل بمنطقة الكريمات:

يؤدي التباين في طاقة النهر إلى نشأة العديد من الظواهر الجيومورفولوجية المرتبطة بها، ومن خلال الدراسة الميدانية وتحليل الخرائط الطبوغرافية والمرئيات الفضائية، تم دراسة ورصد العديد منها، جدول (٢٥ و ٢٦) و شكل (٢٣ و ٢٤).

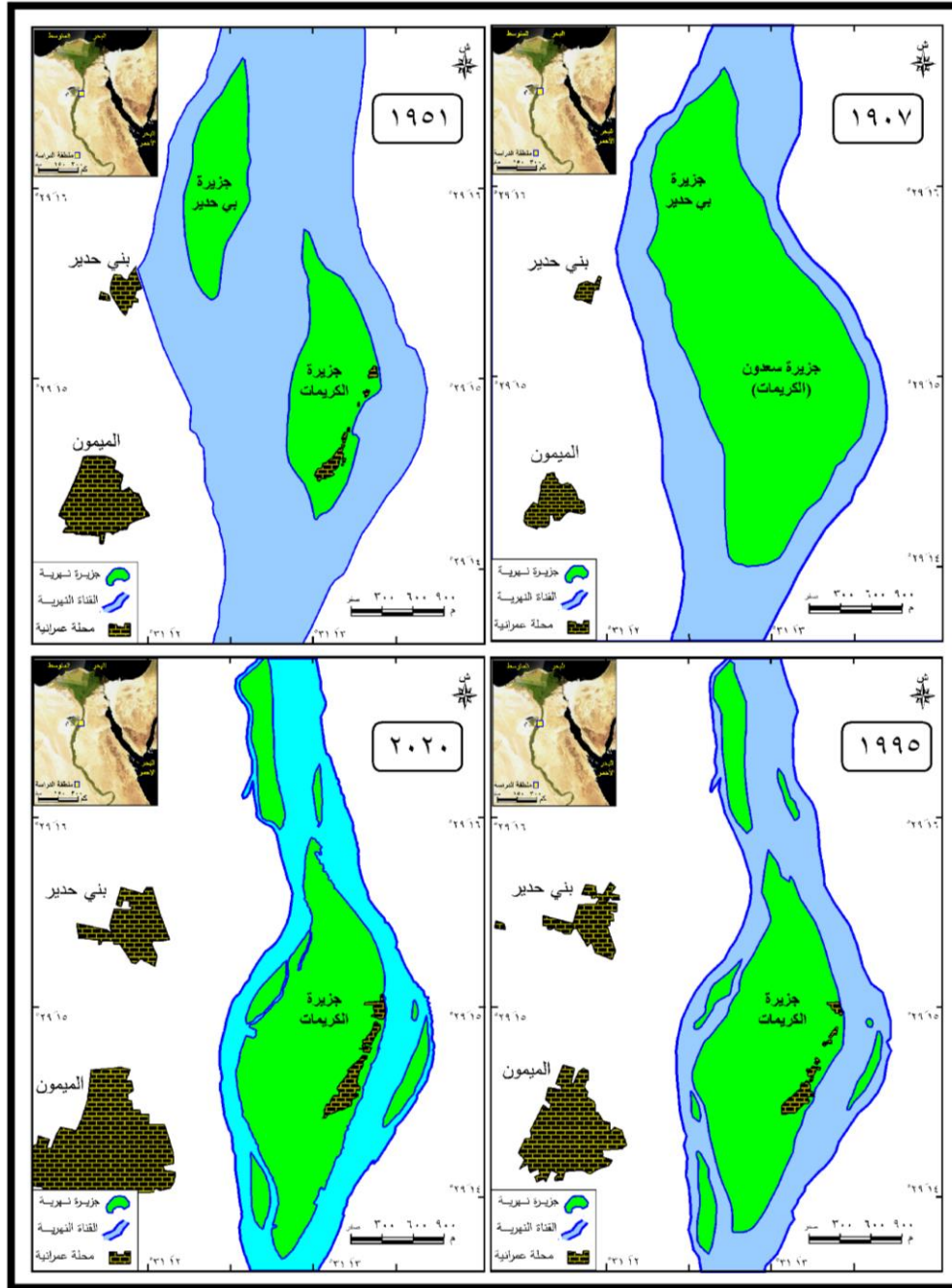
جدول (٢٥): الخصائص المورفومترية لمجرى نهر النيل بمنطقة الكريمات (١٩٠٧-٢٠٢٠)

| السنة | ١٩٠٧ | ١٩٥١ | ١٩٩٥ | ٢٠٢٠ | الخصائص |
|-------|------|------|------|------|--|
| | ٩,٧ | ١٠,٩ | ٧,١ | ٧,١ | مساحة المجرى (كم ^٢) |
| | ٤,٤ | ٨,٥ | ٣,٦ | ٣,٤ | مساحة المسطح المائي (كم ^٢) |
| | ٦,٤٢ | ٦,٢٧ | ٦,٢٣ | ٦,١٥ | طول المجرى الرئيس (كم) |
| | ٦,٦٨ | ٦,٥١ | ٦,٦٨ | ٦,٧٩ | طول الضفة الشرقية (كم) |
| | ٦,٣٨ | ٦,٣٦ | ٦,٦٩ | ٦,٨٧ | طول الضفة الغربية (كم) |
| | ١,٥١ | ١,٧٤ | ١,١٤ | ١,١٥ | متوسط عرض المجرى (كم) |
| | ١ | ٢ | ٨ | ٧ | عدد الجزر |
| | ٥,٣ | ٢,٤ | ٣,٥ | ٣,٧ | مساحة الجزر (كم ^٢) |
| | ١,٠٧ | ١,٠٤ | ١,٠٤ | ١,٠٣ | معدل التعرج ^(١) |
| | ١,٥٧ | ١,٦٦ | ٢,٩١ | ٣,٠٤ | معدل التشعب |

المصدر : اعتماداً على:- شكل (٢٣) باستخدام Arc Map 10.5

(١) استخدمت طريقة موبلير لحساب معدل التعرج عن طريق قسمة طول القناة النهرية على طول الخط المستقيم الذي يمثل أقصر مسافة بين المنبع والمصب، وإذا كان الناتج أقل من ١,٠٥ كان المجرى مستقيماً، وإذا كان يتراوح بين ١,٠٥ و ١,٥ كان متعرجاً، وإذا كان الناتج أكثر من ١,٥ كان منعطفاً (Morisawa, 1985).





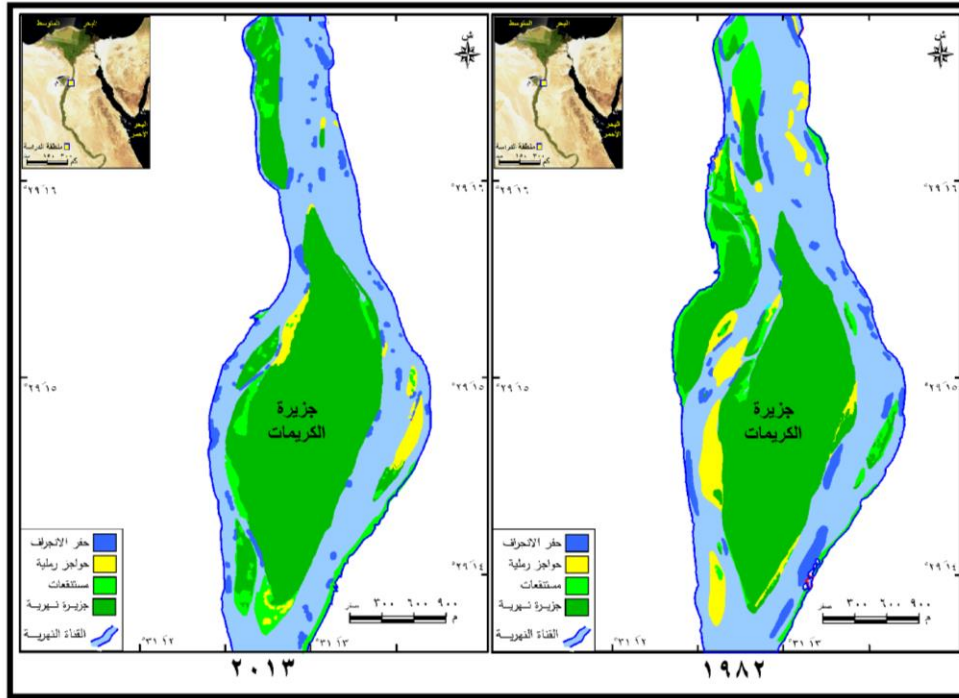
المصدر: اعتمادا على الخرائط الطبوغرافية، مقياس ١ : ٥٠٠٠٠، و ١ : ٢٥٠٠٠، و ١ : ٥٠٠٠٠، الهيئة

العامة للمساحة. والمرئيات الفضائية ٢٠٢٠م باستخدام Arc Map 10.5

شكل (٢٣): التغيرات المورفولوجية لمجرى نهر النيل بمنطقة الكريمت

من عام ١٩٠٧ إلى عام ٢٠٢٠





المصدر : اعتماداً على :- الخرائط الهيدرولوجية والبيئية، مقياس 1: 5000، عامي 1982 و 2013. باستخدام برنامج Auto Cad Civil 3D 2020
شكل (٢٤) بعض الظواهر الجيومورفولوجية بنهر النيل بمنطقة الكريمت عامي 1982 و 2013

جدول (٢٦) الظواهر الجيومورفولوجية بقاع نهر النيل^(١) بمنطقة الكريمت عامي 1982 و 2013

| ٢٠١٣ | | ١٩٨٢ | | الظواهر |
|---------------------------|-------|---------------------------|-------|-----------------|
| المساحة (م ^٢) | العدد | المساحة (م ^٢) | العدد | |
| ٠,١٧ | ٧٠ | ٠,٢٦ | ٤٢ | حفر الانجراف |
| ٠,١٤ | ٢٢ | ٠,٤٧ | ١٩ | الحواجز الرملية |
| ٠,٢٩ | ٥٠ | ٠,٦٤ | ٣٣ | المستنقعات |

المصدر : اعتماداً على شكل (٢٤) باستخدام برنامج Auto Cad Civil 3D

^(١) تم استثناء دراسة الجزر النهرية خلال هذه المدة، والاعتماد على الخرائط الطبوغرافية والمرئيات الفضائية خلال المدة من ١٩٠٧ إلى ٢٠٢٠م (شكل ٢٣) و(جدول ١٩).



- يتضح من تحليل الجدولين (٢٥ و ٢٦) والشكلين (٢٣ و ٢٤) تعرض مجرى النيل بقطاع الدراسة لتغيرات جيومورفولوجية كبيرة خلال الفترة الممتدة من عام ١٩٥٧ إلى عام ٢٠٢٠م، حيث تبين الآتي :
- تناقص مساحة المسطح المائي من ٨,٥ كم^٢ عام ١٩٥١ إلى ٣,٤ كم^٢ عام ١٩٨٤، إذ بلغ مقدار التناقص ٥,١ كم^٢. لانخفاض كمية التصريف ومناسيب المياه بعد بناء السد العالي، وقد أدى ذلك لتناقص كل من مساحة المجرى من أكثر من ٩,٧ كم^٢ إلى ٧,١ كم^٢، ومتوسط عرض المجرى من ١,٥١ كم عام ١٩٥٧ إلى ١,١٥ كم عام ٢٠٢٠م.
 - تناقص طول المجرى الرئيس من ٦,٤٢ كم عام ١٩٥٧ إلى ٦,١٥ كم عام ٢٠٢٠، إذ بلغ مقدار التناقص ٢٧٠م، مع وجود تباين بسيط في أطوال الضفاف فيما بين قبل وبعد بناء السد العالي، وثبات معدل التعرج تقريبا من ١,٠٧ إلى ١,٠٣م.
 - تنتشر حفر الانجراف في مجرى النيل بمنطقة الدراسة سواء عام ١٩٨٢م أم عام ٢٠١٣م. مع ملاحظة وجود زيادة في عدد حفر الانجراف من ٤٢ حفرة عام ١٩٨٢م إلى ٧٠ حفرة عام ٢٠١٣م. وبالرغم من الزيادة في العدد إلا انه لوحظ وجود تناقص في المساحة من ٠,٢٦ كم^٢ من عام ١٩٨٢ إلى ٠,١٧ كم^٢ عام ٢٠١٣، وكذلك تناقص كبير في متوسط كل من الطول والعرض. والسبب الرئيس في انتشار حفر الانجراف هي الرؤوس الحجرية التي أدت إلى ظهور النحت الرأسى؛ نتيجة لاصطدام التيار المائي بالرأس الحجرية، الأمر الذي أدى إلى تولد الدوامات المائية أو تيارات حلزونية^(١)، فيأخذ شكل التدفق حركة دوامية مضطربة، ومن ثم يختلف التوزيع الرأسى والأفقي للسرعات في رقائق المياه بحيث تصبح أسرع الرقائق هي السطحية بينما تقل السرعة بالاقتراب من القاع مباشرة، ويؤدي هذا التوزيع الرأسى المتناقص صوب القاع إلى أحداث دوامات ذات قوة شفت عالية، وذات تأثير تصادمي قوي، أو بالأحرى ذات قوة نحت شديدة (طه، ١٩٨٨)، نتيجة النحت الدوامي التي تؤدي إلى نحت قاع النهر بفعل قوة تيار الماء الصافي وحده أي بدون أي اثر للمفتتات كأسلحة نحت.

(١) لا يكون للرأس الحجري الذي له زاوية أكبر من ٩٠ درجة أي دوامات مائية، ويعد استخدام رأس حجري بزاوية ميل تساوي ٦٠ درجة وبطول ٠,٢ من عرض المجرى المائي هو الوضع الأمثل لحماية الجسور سواء أمام أم خلف الرأس الحجري، حيث تتناسب القيم العظمى للسرعات الطولية تناسباً طردياً مع زوايا ميول الرؤوس الحجرية التي تقل عن ٩٠ درجة، وتناسباً عكسياً مع الزوايا التي تزيد على ٩٠ درجة (Ahmed, 2005).



• تتباين الخصائص المورفومترية للحواجز الرملية بقطاع الدراسة، حيث لوحظ وجود زيادة في متوسط كل من الطول والعرض من عام ١٩٨٢ إلى عام ٢٠١٣م، ويرجع ذلك إلى ثبات موضع الحواجز الرملية عام ١٩٨٢ بصفة عامة مع زيادة النمو الأفقي والرأسي للحواجز نتيجة زيادة عملية الإرساب. ولكن بصفة عامة تبين انخفاض في مساحة الحواجز الرملية من ٤٧,٤ كم^٢ عام ١٩٨٢ إلى ١٤,١ كم^٢ عام ٢٠١٣، ويرجع ذلك إلى كل من مصدر الرواسب وطاقة النهر. فالمصدر ليس في المقام الأول نحت الجوانب، وإنما يرجع لعمليات النحت الرأسي وتخفيض القاع الذي تمارس قوى التدفق عوضاً عن الرواسب. ويتفق ذلك مع دراسة صابر ٢٠١٢ عن التطور الجيومورفولوجي للحواجز الرملية في مجرى النيل "دراسة حالة بمحافظة سوهاج" حيث تبين من دراسته تعدد مصادر رواسب الحواجز الرملية بمجرى النيل بصفة عامة، مع ملاحظة أن المصدر الرئيس للرواسب هو نحت القاع يليه نحت الضفاف والجزر النهرية على طول مجرى النيل (صابر، ٢٠١٢).

• تنتشر المستنقعات^(١) في مجرى النيل بمنطقة الدراسة سواء عام ١٩٨٢م أم عام ٢٠١٣م. مع ملاحظة وجود زيادة في عدد مناطق المستنقعات من ٣٣ مستنقع عام ١٩٨٢م إلى ٥٠ مستنقع عام ٢٠١٣م. وبالرغم من الزيادة في العدد تناقصت المساحة من ٦٤,٦ كم^٢ من عام ١٩٨٢ إلى ٢٩,٢ كم^٢ عام ٢٠١٣، وكذلك تناقص كبير في متوسط كل من الطول والعرض، نظراً لعمليات الردم المستمرة التي يقوم بها الأهالي لزيادة رقعة الأراضي الزراعية.

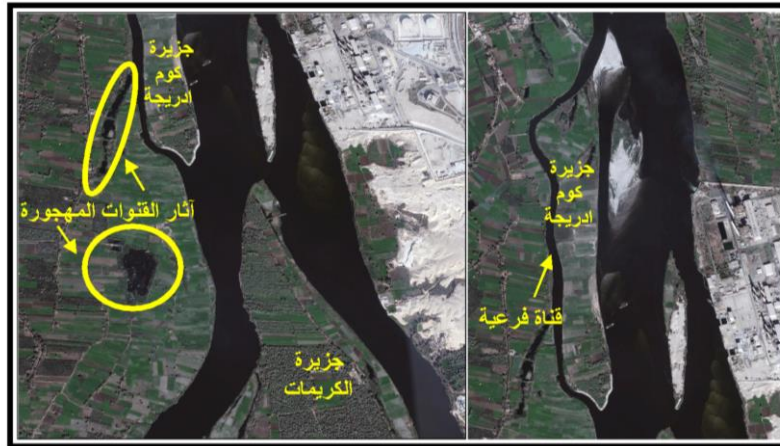
• زادت أعداد الجزر النهرية من جزيرة واحدة أو اثنتين قبل بناء السد العالي إلى ٧ جزر نهرية عام ٢٠٢٠م، بسبب انكشاف العديد من الحواجز الرملية وتحولها إلى جزر نهرية بسبب انخفاض مناسيب المياه، ومن ثم زيادة مساحة الجزر من ٢,٤ كم^٢ عام ١٩٥١ إلى ٣,٧ كم^٢ عام ٢٠٢٠. تم استثناء عام ١٩٠٧م، وخاصة زيادة مساحة جزيرتي الكريمت وبنى حدير، نتج عنه التحام جزيرة بنى حدير بالضفة الغربية، وقد أدى زيادة عدد الجزر النهرية إلى زيادة معدل التشعب من ١,٦٦ كحد أقصى قبل بناء السد إلى ٣,٠٤ عام ٢٠٢٠م.

(١) هي أراض منخفضة تغمرها المياه معظم فترات السنة ولا تتحسر عنها إلا في فترات أقل الاحتياجات (السدة الشتوية)، وتنمو بها النباتات المائية من نوع ورد النيل والبوص وغيرها (حجاب، ٢٠١٥).



• تعرضت القناة النهرية لتغيرات حيث تنقسم القناة في موضع كل جزيرة إلى فرعين، ومع الهجرة الجانبية للقناة يتسع أحد الفرعين على حساب الآخر حتى يستوعب مياه القناة كلها، ويضمحل الفرع الآخر تدريجياً، وتطمره الرواسب ليتحول إلى أذرع مائية، لينتهي بها المطاف لتصبح قنوات مهجورة تتقطع الصلة بينها وبين مجرى النيل (صابر، ٢٠١٧). وقد تم تصنيف القنوات بمنطقة الدراسة (شكل ٢٥) إلى الآتي:

- **قناة جزيرة بني حدير:** وهي من أكبر القنوات المائية المهجورة بمنطقة الدراسة، وقد ظهرت كقناة ثانوية بالخرائط الطبوغرافية عام ١٩٥٤ بين جزيرة بني حدير والسهل الفيضي الغربي، واختفت بالمرئيات الفضائية عام ٢٠٢٠، ويرجع السبب الرئيس في ذلك إلى الانخفاض المفاجئ لمناسيب المياه بعد بناء السد العالي، ويؤكد ذلك انتشار المناطق المنخفضة والمستنقعات حتى الآن.
- **قناة جزيرة كوم أدريجة:** وهي من القنوات المهجورة موسمياً، حيث تتقطع الصلة بينها وبين نهر النيل في فترة أقل الاحتياجات (فصل الشتاء)، ما عدا ذراع مائي في الجزء الشمالي من القناة، وهي على وشك تحولها إلى قناة مهجورة تماماً، وذلك لعدة أسباب منها انتشار المستنقعات المائية حيث تنتشر النباتات بشكل كثيف وخاصة في جنوب القناة، مما يدل على سرعة اقتراب الالتحام.



المصدر: Google Earth, 2019

شكل (٢٥): القنوات الفرعية والمهجورة من نهر النيل بمنطقة الدراسة



الخاتمة:

يمكن إيجاز أهم النتائج التي توصلت لها الدراسة في النقاط التالية:

١. أدى انخفاض كمية التصريف بمنطقة الدراسة بعد بناء السد العالي إلى انخفاض في طاقة النهر، فحدثت تغيرات مورفولوجية بالمجرى، هذه التغيرات شملت النحت والارساب بالقاع والضفاف.
٢. تميزت المنطقة الجنوبية والتي تمثل أكثر من نصف قطاع الدراسة بانخفاض ملحوظ وتدرجي في نصف القطر الهيدروليكي، والذي كان له مردود على انخفاض في طاقة النهر ومن ثم التغيرات التضاريسية والجيومورفولوجية.
٣. انخفاض مناسب المياه بمنطقة الدراسة واكبها انخفاض درجة انحدار المياه، حيث بلغ الحد الأقصى لانحدار سطح المياه هو ٨سم/كم، مما يدل على ضعف طاقة النهر.
٤. رقم فرود بمنطقة الدراسة اقل بكثير من ١,٠، مما يدل على انخفاض سرعة التيارات المائية بشكل كبير وهي من النوع تحت الحرج.
٥. ارتفاع درجة التشعب أدت إلى فقدان الطاقة، حيث ارتفعت درجة الاحتكاك بين المياه وجوانب قاع المجرى لزيادة طول المحيط المبلل.
٦. ارتفاع المناطق هينة الانحدار بمنطقة الدراسة بصفة عامة، نتج عنه انخفاض في طاقه النهر الكامنة، وهي الطاقة المخزونة في المياه لأنها تشغل موقعا أعلى من دفع الجاذبية الأرضية.
٧. انخفضت نسبة الاتجاهات التي تتفق مع الاتجاه العام للقطاع الطولي للمجرى بمنطقة الدراسة، ومن ثم زادت درجة الاحتكاك بين القاع والمياه وانخفضت طاقة النهر.
٨. الحبس الرابع أكثر الأحباس خشونة في قاع المجرى، ومن ثم يعد أكثرها استهلاكاً للطاقة وخاصة بمنطقة الكريعات والتي تنتشر بها الرمال الخشنة والحصى حتى وان كانت نسبتها منخفضة، وقد أكد ذلك أن أعلى معامل لماننج سجل بهذا الحبس.
٩. بمقارنة معدلات النحت والإرساب السنوي خلال المرحلتين الهيدرولوجيتين أن تقديرات النحت الشامل تتناقص بمرور الزمن في المقابل يزداد الإرساب الرأسي بمجرى النيل بمنطقة الدراسة وهو السمة الغالبة، وكان ذلك راجعاً لاقتراب النهر من بلوغ مرحلة الاتزان النهائي الملائم لخصائصه الهيدرولوجية الجديدة.



١٠. سيادة معدلات الإرساب الأفقي بصفة عامة خلال فترة المقارنة من عام ١٩٠٧ إلى عام ٢٠٢٠م، بمساحة ٢,٥ كم^٢، سواء بالضفاف أو الجزر النهرية وخاصة جزيرة الكريمات، ويؤكد ذلك أن نهر النيل يعد من الأنهار منخفضة الطاقة ومن ثم انخفاض عملية النحت والنقل بالنسبة لعملية الإرساب.

١١. أدى التباين في طاقة النهر إلى نشأة العديد من الظواهر الجيومورفولوجية المرتبطة بها بمنطقة الدراسة، مثل الحواجز الرملية والجزر النهرية والقنوات الفرعية والمهجورة .. وغيرها من الظواهر.

المصادر والمراجع:

أولاً - المصادر:

١. الهيئة العامة للمساحة المصرية : الخرائط الطبوغرافية ، مقياس ١ : ٥٠٠٠٠٠ ، طبعة عام ١٩٠٧ ، ومقياس ١ : ٢٥٠٠٠٠ عام ١٩٥١ ، ومقياس ١ : ٥٠٠٠٠٠ عام ١٩٩٥ .
٢. مرئيات فضائية من نوع Landsat TM ، عام ٢٠٢٠م .
٣. معهد بحوث النيل، الخرائط الكنتورية لقاع مجرى نهر النيل، مقياس ١ : ٥٠٠٠٠ ، طبعة عام ١٩٨٢ .
٤. معهد بحوث الهيدروليكا، الخرائط الكنتورية لمنطقة الكريمات، عام ٢٠١٣م .
٥. معهد بحوث النيل، ومعهد بحوث الهيدروليكا، بيانات غير منشورة، عام ٢٠١٩ (سرعة ومناسيب المياه).

ثانياً - المراجع العربية:

١. إسماعيل، سمير محمد، ٢٠٠١: هيدروليكا المضخات والقنوات المكشوفة، مكتبة بستان المعرفة، الإسكندرية.
٢. جاسر، محمد محمود، ١٩٩٤: الملاحظات على تصرفات نهر النيل الطبيعي المقدره عند أسوان، مجلة علوم المياه، المركز القومي لبحوث المياه، العدد ١٥ .



٣. جاسر، محمد محمود، ١٩٨٦: النحر الشامل بمجرى نهر النيل، مركز البحوث المائية، معهد بحوث الهيدروليكا والظمي، القناطر الخيرية.
٤. الجرمة، سهير كليب عبدالوهاب، ٢٠١٧: تقييم الأثر البيئي لانهيارات السدود "تمودج محاكاة على السد العالي" رسالة ماجستير غير منشورة، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة الفيوم.
٥. حجاب، محمود أحمد، ٢٠١٥: الأذرع المائية لنهر النيل فيما بين سوهاج جنوباً وأسيوط شمالاً. دراسة جيومورفولوجية، مجلة كلية الآداب، جامعة سوهاج، العدد ٣٨.
٦. جوده، جوده حسنين، ١٩٩٥: الجيومورفولوجيا، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية.
٧. حسن، إبراهيم محمد، ٢٠١٤: نحت وانهيار ضفاف نهر النيل بين قناطر نجع حمادي وقناطر أسيوط" دراسة جيومورفولوجية باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية" رسالة دكتوراه غير منشورة، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة المنصورة.
٨. الحسيني، السيد السيد، ١٩٨٨: الجزر النيلية بين نجع حمادي وأسيوط (مصر العليا)، الجمعية الجغرافية الكويتية، العدد ١١٤، الكويت.
٩. سلامة، حسن رمضان، ٢٠٠٤: أصول الجيومورفولوجيا، الطبعة الأولى، دار الميسرة للنشر والتوزيع، عمان.
١٠. صابر، أحمد إبراهيم محمد، ٢٠٠٧: الآثار الجيومورفولوجية الناجمة عن حركة المياه في المنطقة الممتدة من الصف إلى العين السخنة، رسالة دكتوراه غير منشورة، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة بنها.
١١. صابر، احمد إبراهيم، ٢٠١٢: التطور الجيومورفولوجي للحواجز الرملية في مجرى النيل، دراسة حالة بمحافظة سوهاج المجلة الجغرافية العربية، الجمعية الجغرافية المصرية، العدد الرابع والأربعون، الجزء الأول.
١٢. صابر، احمد إبراهيم محمد، ٢٠١٦: رصد التغيرات والأخطار الجيومورفولوجية الناجمة عن بناء قناطر نجع حمادي بمجرى النيل باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، الجمعية الجغرافية المصرية، العدد الواحد والتسعون.



١٣. صابر، أحمد إبراهيم محمد، ٢٠١٧: القنوات المائية المهجورة من مجرى النيل بمنطقة ملوي دراسة في الجيومورفولوجيا التطبيقية، المجلة المصرية للتغير البيئي.
١٤. طه، محمد محمود (١٩٨٨) : الآثار الجانبية للسد العالي دراسة جيمرفلوجية، رسالة ماجستير غير منشورة، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة عين شمس.
١٥. العذبة، عبدالرحمن بن علي، ٢٠١٥: هيدروليكا القنوات المائية المكشوفة، دار جامعة الملك سعود للنشر، الرياض، المملكة العربية السعودية.
١٦. عطية، أيمن عطية، ٢٠١٩: الجيومورفولوجيا التطبيقية لوادي النيل فيما بين ديروط والمنيا باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد، رسالة دكتوراه غير منشورة، كلية التربية، جامعة عين شمس.
١٧. محسوب، محمد صبري، ١٩٩٧: جيومورفولوجية الأشكال الأرضية، دار الفكر العربي، القاهرة.
١٨. معهد بحوث النيل، ٢٠٠١: دراسة مدى استيعاب الحبس الرابع للتصرفات المختلفة وأثر ذلك على خط المنافع، المركز القومي لبحوث المياه، القناطر الخيرية.
١٩. معهد بحوث النيل، ٢٠٠١: دراسة تأثير زيادة التصرفات بالحبس الرابع باستخدام نموذج رياضي، المركز القومي لبحوث المياه، القناطر الخيرية.
٢٠. معهد بحوث النيل، ٢٠٠٣: دراسة مشاكل الاختناقات الملاحية بين أسيوط والقاهرة، المركز القومي لبحوث المياه، القناطر الخيرية.
٢١. معهد بحوث النيل، ٢٠٠٣: دراسة ظاهرة الاطماء أمام مأخذ محطة مياه الكريمت - محافظة الجيزة، المركز القومي لبحوث المياه، القناطر الخيرية.
٢٢. معهد بحوث النيل، ٢٠٠٣: دراسة مأخذ محطة مياه الشرب بجزيرة الكريمت، مركز أطفح - محافظة الجيزة، المركز القومي لبحوث المياه، القناطر الخيرية.

ثانياً - المراجع الأجنبية:

1. Akbar Moosavi1, S., Abdolahipour-Haghighi, M., & Mohammadi, G., 2015: Water Velocity Measurements in Open Channels Using Volumetric Current Meter (VCM) Journal of Water Sciences Research, Vol.7, No.1, pp 13-19.



2. Ahmed, A. F. (2005): Hydrodynamic Behaviour of Bank Protection Structures (Groins), M. SC. Thesis, Faculty of Engineering , Banha University.
3. Akan, A., 2006: Open Channel Hydraulics, Butterworth-Heinemann is an imprint of Elsevier Linacre House, Jordan Hill, Oxford OX2 8DP 30 Corporate Drive, Suite 400, Burlington.
4. Artichowicz, W. & Mikos-Studnicka, P., 2014: Comparison of Average Energy Slope Estimation Formulas for One-dimensional Steady Gradually Varied Flow, Archives of Hydro-Engineering and Environmental Mechanics, Vol. 61 (2014), No. 3-4, pp. 89-109.
5. Austin, L., Skogerboe, G. & Bennett, R., 1970: Subcritical Flow at Open Channel Structures Open Channel Expansions, Utah Water Research Laboratory College of Engineering Utah State University Logan, Utah.
6. Chow, V., 1959: Open Channel Hydraulics. McGraw-Hill, New York.
7. Chadwick, A. & Morfett, J., 2004: Hydraulics in Civil and Environmental Engineering, Third Edition, Taylor and Francis e-library.
8. David Kington , 2004 : Fluvial Forms and Processes A New Perspective, John Wiley and Sons , New York.
9. Evans, B. J. & Attia, K., 1991: Changes to the Properties of the River Nile Channel after High Aswan Dam, Nile Research Institute, Water Research Center, Cairo, Egypt.
10. Houghtalen, J., Akan, A. & Hwang, N., 2010, Fundamentals of Hydraulic Engineering Systems, Fourth Edition, Prentice Hall , New Jersey
11. <http://dx.doi.org/10.1016/j.asej.2015.02.003>.
12. <https://iraqigeolibrary.yoo7.com/t122-topic>.
13. http://www.peacesoftware.de/einige_werte/gerinnehydraulik_e.html.
14. <https://www.eng.auburn.edu/~xzf0001/Handbook/Channels.html>.
15. <https://www.lmnoeng.com/manning.php>.
16. Kasper, E., Thornton, I., Steven, R., Robeson, D., & Watson, C., 2005: Accuracy of Hec-Ras to Calculate Flow Depths and Total Energy Loss With and Without Bendway Weirs in A Meander Bend, Colorado State University Daryl b. SIMONS Building at the Engineering Research Center Fort Collins, Colorado 80523.
17. Morisawa, M., 1985: River Forms and Processes, longman, UK.



18. Muhtar B. & Albayati, M., 2016: Bed Resistance Investigation for Manning's and Chezy's Coefficients, IJSRSET | Volume 2 Issue 6 Print ISSN: 2395-1990, Online ISSN : 2394-4099 Themed Section: Engineering and Technology.
19. Pen, L., Till, B., Janicke, S. & Muirden, P., 2001: Stream Channel Analysis, Water & Rivers Commission, Report no. Rr 9. The Government of Western Australia.
20. Perzyna, G., 2016: Current Meter Streamflow Measurement by Wading, Ecowas Centre for Renewable Energy and Energy Efficiency (Ecreee), Praia, Cabo Verde. Austrian Development Agency –Ada, Spanish Ministry of External Affairs and Cooperation – Aacid.
21. RNPd, 1990 : Fluvial Characteristics of the River Nile, Water Research Center , Ministry of Public Works and Water Resources .
22. Roushdy, M., & Amin, A. , 2003, Kurimat Power Station – River Morphological Model Studies, Hydraulics Research Center, National Water Research Center .
23. Vatankhah, A., Ghafari, S. & Mazdeh, A., 2015: New and improved hydraulic radius for channels of the second kind , Ain Shams Engineering Journal, Faculty of Engineering, Ain Shams University. Production and hosting by Elsevier B.V.
24. Vijay p. Singh, 2003: On the Theories of Hydraulic Geometry, International Journal of Sediment Research, vol. 18, no. 3, 2003, pp. 196-218.
25. Young, A., 1972: Slopes, Oliver and Boyd, Edinburgh.

