

Analysis the Flood Resulting from supposed collapse Using HEC-RAS Program

Dr. Izz Addeen Hasan*
Khoulood Mouala**

(Received 17 / 6 / 2023. Accepted 23 / 7 / 2023)

□ ABSTRACT □

Dams, since their inception, have provided tremendous services to humanity, but at the same time they expose millions to danger in the event of their collapse. When the dam collapses, large amounts of water are released threatening the lives and property of people, and this is due to the short time available for warning and evacuation.

This research aims at analyzing the flood wave resulting from a supposed collapse of the proposed dam on the Marakia River and predicting the parameters of the breach formed, the maximum flow out of it as well as the time required for the development of the breach, and then developing the resulting inundation maps to know the affected areas, and thus providing the scientific basis that can be relied upon when Develop evacuation and emergency plans, and draw up urban policies.

The research methodology relied on the application of Zahank's equations to predict the parameters of the breach and the maximum peak flow and the use of the programs Arc GIS, Hec-Ras to build a dam collapse model according to a scenario that is the flow of water from above the top of the dam, which resulted in a flood wave with a maximum intensity of 42686.8 m³ / s and the exit of a quantity 110 MCM of water from the lake through the breach formed, and in this scenario the breach develops very quickly reaching its final shape which negatively affects the time available for warning and the short period for evacuation.

Keywords: Floods, Dam Collapses, Map Floods, Hec-Ras - GIS.

Copyright



:Tishreen University journal-Syria, The authors retain the copyright under a CC BY-NC-SA 04

* Professor, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

** Postgraduat Student (Master), Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.kouloodmouala@gmail.com

تحليل الفيضان الناتج عن انهيار افتراضي للسد المقترح على نهر مرقية باستخدام برنامج Hec-Ras

عزالدين حسن*

خلود معلا**

(تاريخ الإيداع 14 / 6 / 2023. قُبِلَ للنشر في 23 / 7 / 2023)

□ ملخص □

قدّمت السدود منذ نشأتها خدمات هائلة للبشرية إلا أنّها في الوقت ذاته تعرض الملايين للخطر في حال انهيارها، فعندما ينهار السد تتحرر كميات كبيرة من المياه مهددة حياة الأشخاص وممتلكاتهم، ويعود هذا إلى الوقت القصير المتاح للتحذير والإخلاء.

يهدف هذا البحث إلى تحليل الموجة الفيضانية الناتجة عن انهيار مفترض للسد المقترح على نهر مرقية والتنبؤ ببارامترات الخرق المتشكل، والتدفق الأعظمي الخارج منه وكذلك الزمن اللازم لتطور الخرق، ومن ثم وضع خرائط الغمر الناتجة لمعرفة المناطق المتضررة، وبالتالي تقديم الأساس العلمي الذي يمكن الاعتماد عليه عند وضع خطط الإخلاء والطوارئ، ورسم السياسات العمرانية.

اعتمدت منهجية البحث على تطبيق معادلات زهانك للتنبؤ ببارامترات الخرق وتدفق الذروة الأعظمي واستخدام البرامج Hec-Ras، Arc GIS لبناء نموذج انهيار السد وفق سيناريو هو تدفق الماء من فوق قمة السد الذي نتج عنه موجة فيضانية بغزارة أعظمية قيمتها $42686,8 \text{ m}^3/\text{s}$ وخروج كمية مياه مقدارها 110 MCM من البحيرة عبر الخرق المتشكل، وفي هذا السيناريو يتطور الخرق بسرعة كبيرة حيث يصل إلى الشكل النهائي مما يؤثر بشكل سلبي على الوقت المتاح للإنذار والفترة القصيرة للإخلاء.

الكلمات المفتاحية: الفيضانات - انهيار السد - خرائط الغمر - برنامج نظام التحليل النهري، برنامج نظم المعلومات الجغرافية.

حقوق النشر : مجلة جامعة تشرين- سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص



CC BY-NC-SA 04

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

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

kouloudmouala@gmail.com.

مقدمة:

شكلت فيضانات الأنهار هاجساً كبيراً للإنسان فحاول السيطرة عليها ببناء السدود والحواجز بدون أن يتمكن من الإحاطة بجميع مقومات الفيضان [1]، وتعد الدراسات الخاصة بموضوع الفيضانات وخرائط تمثيل أخطارها قليلة، إضافة إلى أن المعطيات الدقيقة والخرائط الجيولوجية والهيدرولوجية لأحواض الأنهار غير متوافرة بشكل متكامل [2]، إلا أن الفيضان الناتج عن انهيار سد يؤثر بشكل مدمر على الممتلكات والبنى التحتية، والخسائر في الأرواح يمكن أن تختلف بشكل كبير حسب امتداد الغمر، وأعماقه، وسرعة التدفق، ومقدار الوقت المتاح للتحذير والإخلاء، وبارامترات الخرق تؤثر بشكل مباشر في كمية التدفقات، والمناطق المغمورة [3] وأهمية هذه البارامترات تتفاوت بحسب حجم التخزين [4]، علماً أن تشكل الخرق في جسم السد عملية معقدة ومن الصعب جداً التنبؤ بآلية حدوثها [5]. لذلك أصبح تطوير نموذج انهيار للسد وإعداد خرائط الغمر ضرورة أساسية لتقليل الخسائر البشرية والمادية [6]، ويتم تقسيم النمذجة الهيدروليكية إلى خطوتين: الخطوة الأولى تقييم أسباب الفشل والخطوة الثانية حساب امتداد موجة الفيضان الناتجة عن الانهيار وغالباً ما تقوم أدوات النمذجة بدمج الخطوتين [7]، ويعرّف انهيار السد بأنه: حركة أحد أجزاء السد أو أساساته، مما يحول دون استمراره في تخزين المياه، وينتج عن الانهيار تدفق كميات كبيرة من المياه يتناسب علو موجاتها مع ارتفاع الماء في بحيرة السد المنهار وحجم التخزين [8].

في هذا البحث بدلاً من التركيز على طرائق تقدير احتمال الانهيار وتخفيضه، قمنا باقتراح نهج لمواجهة فشل السد وتخفيف العواقب الناتجة عنه، على الرغم من أن حادثة الفشل غير مرجحة في أي سنة ولكن في حال حدث ذلك سيكون كارثي للغاية، لهذا تم اقتراح تحليل آلية انهيار افتراضي لسد مرقية بافتراض حدوث عاصفة مطرية أدت إلى تدفق الماء فوق قمة السد وتشكل خرق في جسم السد أدى إلى الانهيار، ومن ثم قمنا بنمذجة الانهيار وإعداد خرائط الغمر باستخدام برنامج Hec-Ras.

أهمية البحث وأهدافه:**الهدف من البحث**

تحليل الموجة الفيضانية الناتجة عن فشل افتراضي لسد مرقية وإعداد خرائط الغمر الناتجة عن الانهيار، وتحديد المناطق المعرضة للفيضان.

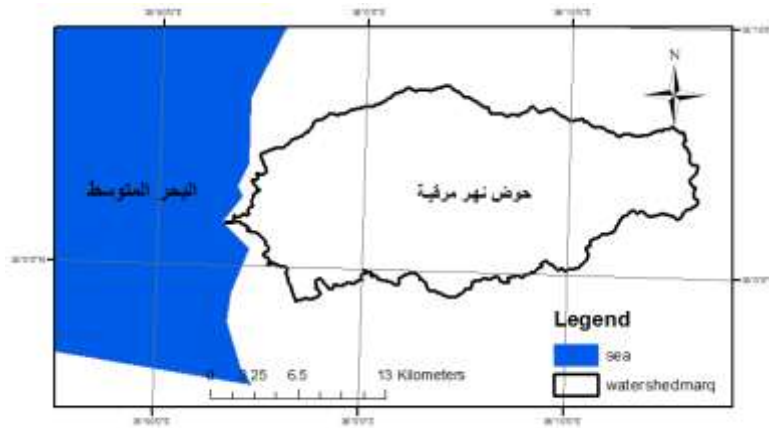
أهمية البحث

- ❖ تُستخدم خريطة الغمر لتنظيم التطور المستقبلي في المنطقة، ودعم اتخاذ القرار عند تحديد المنشآت الهامة في المنطقة الواقعة خلف السد.
- ❖ استخدام نتائج النمذجة لإبلاغ السلطات المحلية، وخدمات الطوارئ عن المدى المحتمل عن المناطق المحتمل أن تغمرها الفيضانات.

منطقة الدراسة

تشمل منطقة الدراسة حوض نهر مرقية الذي يعد من الأحواض الهامة في المنطقة الساحلية بسبب موقعه الجغرافي وكمية الهطل المائي فوقه والجريان الدائم فيه، بالإضافة إلى وجود كثافة سكانية كبيرة وتنتشر الأراضي الزراعية الخصبة في واديه وقرب مصبه، لذلك إن تخفيف الأضرار الناجمة عن انهيار افتراضي لسد مرقية يلعب دوراً مهماً في

استمرار تطور هذه المنطقة، يجري نهر مرقية ورافده وادي الحمل عبر سهل مرقية ويلتقي نهر مرقية مع رافده وادي الحمل على بعد حوالي 1500 متراً قبل مصبه في البحر الشكل (1).



الموقع العام لمنطقة الدراسة. 1. الشكل

السد المقترح إنشاءه على نهر مرقية سد ركامي بنواة غضارية، يقع باتجاه الشمال من مدينة طرطوس في قرية قرقفتي، ويبعد عن مدينة طرطوس حوالي 20 km.

المواصفات الهندسية للسد المدروس:

- ارتفاع جسم السد 57.5m.
- عرض عتبة السد 8 m.
- منسوب عتبة السد 67.5m.
- منسوب الامتلاء الطبيعي 66.6 m.
- منسوب التخزين الميت 35 m.
- منسوب قعر السد 10 m.
- حجم التخزين الكلي للسد $90 \times 10^6 m^3$.
- حجم التخزين الميت $10 \times 10^6 m^3$.
- حجم التخزين الفعال للسد $80 \times 10^6 m^3$.

طرائق البحث ومواده:

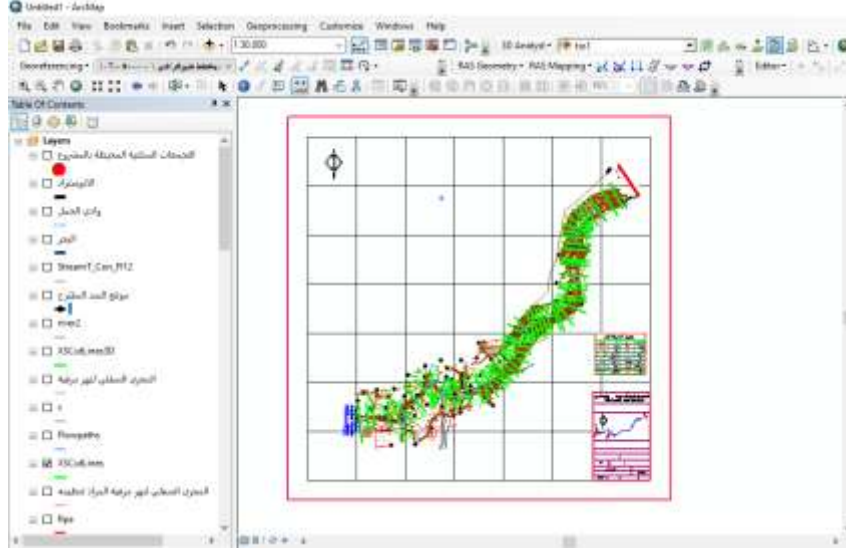
Hec-Ras، برنامج نظام التحليل النهري GIS برنامج نظام المعلومات الجغرافية

إنشاء النموذج باستخدام برنامج الـ GIS

بعد الحصول على بيانات المشروع اللازمة من الدراسة التي أجرتها الوحدة الاستشارية لمنشآت الري [9]، قمنا برقمتهها على برنامج الـ GIS حيث نقوم بإدراج كافة المجاري المائية والأبنية والطرق على الخريطة الرقمية [10] حيث تحولت إلى خارطة رقمية ((DTM (Digital Terrain Model)) وبين الشكل (2) الخريطة الرقمية لمنطقة الدراسة.

يتم من خلال بناء النموذج ببرنامج الـ GIS توفير كافة المعلومات الطبوغرافية والارتفاعات اللازمة

[10]، ويتم تكامل البيانات المكانية في النموذج باستخدام أدوات Arc Hydro [11].



الشكل 2. الخريطة الرقمية لمنطقة الدراسة.

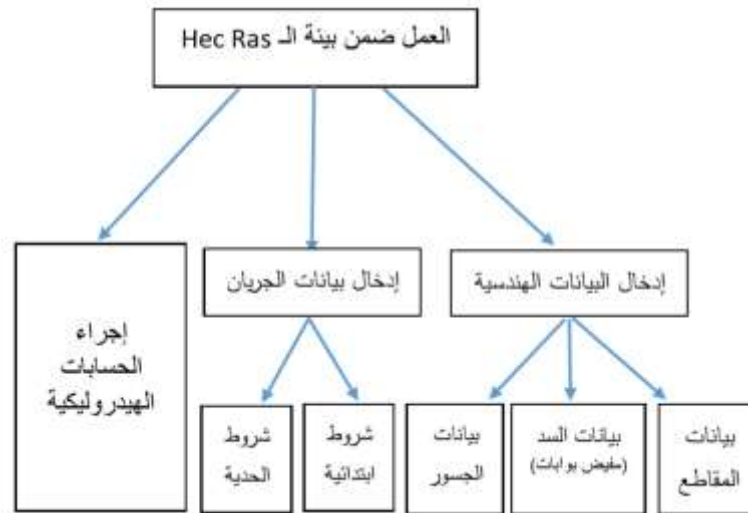
معالجة البيانات باستخدام شريط الأدوات الـ Hec-GeoRas

مراحل العمل المتبعة باستخدامه [12], [13]

- تحميل شريط الأدوات الـ Hec-GeoRas.
- إنشاء مشروع جديد ضمن برنامج الـ Gis.
- إنشاء الطبقات اللازمة وتضمنت الطبقات ما يلي:
 - ☒ رسم مجرى النهر متضمناً بحيرة السد.
 - ☒ رسم المقاطع العرضية للمجرى، توافر لدينا 59 مقطعاً عرضياً ضمن المجرى، وبالنسبة للمقاطع العرضية ضمن بحيرة السد قمنا بتوليدها باستخدام نموذج TIN.
- إنشاء ملف يمكن تصديره إلى برنامج الـ Hec-Ras.

Hec-Ras تحليل البيانات باستخدام الـ

- بعد استيراد الملف من برنامج الـ Gis حصلنا على البيانات المطلوبة منه وتمت معالجتها ضمن برنامج الـ Hec-Ras [14]، ويبين الشكل 3 المخطط النهجي للعمل ضمن بيئة الـ Hec-Ras.
- يعتمد برنامج الـ Hec-Ras في الأساس الرياضي له على معادلتَي SIANT-VENANT المشهورتين، واللذان تعتمدان في حلها على الطرائق التفاضلية [15].



الشكل 3. المخطط النهجي للعمل ضمن بيئة الـ Hec-Ras

النتائج والمناقشة:

التنبؤ ببارامترات الخرق

نعتمد على تطبيق معادلات زهانك حيث نستخدم الثوابت الخاصة بالانهيار الناتج عن تدفق الماء فوق قمة السد، وذلك للتنبؤ بخصائص الخرق المسبب للانهيار والغزارة الخارجة منه [16].

1- حساب ارتفاع الخرق:

$$\frac{H_b}{H_d} = 0.453 - 0.025 * \left(\frac{H_d}{H_r} \right) + DT + FM + ER$$

حيث:

H_b : ارتفاع الخرق النهائي بالـ m.

H_d : ارتفاع السد 57,5 m.

H_r : ارتفاع مرجعي للتمييز بين السدود الكبيرة والصغيرة ويساوي 15 m.

DT: ثابت يتعلق بنوع السد 0.145 في حال السدود المزودة بنواة كتيمية، 0.176 للسدود المزودة بوجوه بيتونية، 0.132 للسدود الركامية.

FM: ثابت يتعلق بنموذج الفشل ويأخذ القيمتين التاليتين 0.218 للفشل الناتج عن انسكاب المياه عبر القمة، - 0,239 للفشل الأنبوبي.

ER: ثابت يتعلق بقابلية التآكل للمواد المكونة للسد وتأخذ القيم التالية في حال القابلية العالية 0,254، قابلية متوسطة 0,168، قابلية منخفضة 0,031.

$$\frac{H_b}{H_d} = 0,453 - 0,025 * \left(\frac{H_d}{H_r} \right) + DT + FM + ER$$

$$\frac{H_b}{57,5} = 0,453 - 0,025 * \left(\frac{57,5}{15} \right) + 0,145 + 0,218 + 0,168$$

$$H_b = 51,1 \text{ m}$$

وهو ارتفاع الخرق المتشكل، وبالتالي منسوب قاع الخرق يساوي:

$$\Rightarrow 16.5 \text{ m}$$

ويتم حساب البارامترات الموافقة لهذا الارتفاع وهي:

2- عرض الخرق الوسطي:

$$\frac{B_{av}}{H_b} = 0.787 * \left(\frac{H_d}{H_r}\right)^{0.133} * \left(\frac{V_w^{1/3}}{H_w}\right)^{0.652} * e^{B3}$$

حيث:

B_{av} : العرض الوسطي للخرق بالـ m.

V_w : حجم الماء في الخزان لحظة فشل السد بالـ $m^3 \Leftarrow 110 \text{ Mm}^3$

H_b : ارتفاع الخرق النهائي بالـ m.

H_d : ارتفاع السد بالـ m.

H_w : ارتفاع الماء فوق منسوب قاع الخرق لحظة الفشل.

$B3$: معامل يتعلق بخصائص السد وقيمه تساوي:

$$B3 = DT + FM + ER$$

DT : ثابت يتعلق بنوع السد -0.041 في حال السدود المزودة بنواة كتيمية، -0.026 للسدود المزودة بوجوه بيتونية، - 0.226 للسدود الركامية.

FM : ثابت يتعلق بنموذج الفشل ويأخذ القيمتين التاليتين 0.149 للفشل الناتج عن انسكاب المياه عبر القمة، - 0.239 للفشل الأنبوبي.

ER : ثابت يتعلق بقابلية التآكل للمواد المكونة للسد وتأخذ القيم التالية في حال القابلية العالية 0.291 ، قابلية متوسطة -0.14 ، قابلية منخفضة -0.391 .

$$B3 = -0.041 + 0.149 - 0.14 = -0.032$$

$$\frac{B_{av}}{H_b} = 0,787 * \left(\frac{H_d}{H_r}\right)^{0,133} * \left(\frac{V_w}{H_w}\right)^{0,652} * e^{B3}$$

$$\frac{B_{av}}{51,1} = 0,787 * \left(\frac{57,5}{15}\right)^{0,133} * \left(\frac{(110 * 10^6)^{1/3}}{51,1 + 0,35}\right)^{0,652} * e^{-0,032}$$

$$B_{av} = 200 \text{ m}$$

3- حساب عرض الخرق من الأعلى:

$$\frac{B_t}{H_b} = 1.062 * \left(\frac{H_d}{H_r}\right)^{0.092} * \left(\frac{V_w^{1/3}}{H_w}\right)^{0.508} * e^{B2}$$

B_t : عرض الخرق من الأعلى بالـ m.

DT: ثابت يتعلق بنوع السد 0.061 في حال السدود المزودة بنواة كتيمية، 0.088 للسدود المزودة بوجوه بيتونية، - 0.0896 للسدود الركامية.

FM: ثابت يتعلق بنموذج الفشل ويأخذ القيمتين التاليتين 0.299 للفشل الناتج عن انسكاب المياه عبر القمة، - 0.239 للفشل الأنبوبي.

ER: ثابت يتعلق بقابلية التآكل للمواد المكونة للسد وتأخذ القيم التالية في حال القابلية العالية 0.411، قابلية متوسطة -0.062، قابلية منخفضة 0.289.

$$B2 = 0.061 + 0.299 - 0.062 = 0.298$$

$$\frac{B_t}{51,1} = 1.062 * \left(\frac{57,5}{15}\right)^{0,092} * \left(\frac{(110 * 10^6)^{1/3}}{51,1 + 0,35}\right)^{0,508} * e^{0,298}$$

$$B_t = 257 \text{ m}$$

وتعطى الميل الجانبية للخرق بالمعادلة:

$$Z = \frac{B_t - B_{av}}{H_b} = 1,1$$

4- الزمن اللازم لحدوث الانهيار

$$\frac{T_f}{T_r} = 0.304 * \left(\frac{H_d}{H_r}\right)^{0.707} * \left(\frac{V_w^{1/3}}{H_w}\right)^{1.228} * e^{B5}$$

$$\frac{T_f}{1} = 0,304 * \left(\frac{57,5}{15}\right)^{0,707} * \left(\frac{(110 * 10^6)^{1/3}}{51,1 + 0,35}\right)^{1,228} * e^{-1,47}$$

حيث:

Tf: الزمن اللازم لتشكل الخرق وانهيار السد بالكامل مقدراً بالساعة.

Tr: زمن ساعة واحدة.

B5: معامل يتعلق بخصائص السد وقيمته تساوي:

$$B5 = DT + FM + ER (8 - 5)$$

DT: ثابت يتعلق بنوع السد -0.327 في حال السدود المزودة بنواة كتيمية، -0.674 للسدود المزودة بوجوه بيتونية، - 0.189 للسدود الركامية.

FM: ثابت يتعلق بنموذج الفشل ويأخذ القيمتين التاليتين -0.579 للفشل الناتج عن انسكاب المياه عبر القمة، - 0.611 للفشل الأنبوبي.

ER: ثابت يتعلق بقابلية التآكل للمواد المكونة للسد وتأخذ القيم التالية في حال القابلية العالية -1,205، قابلية متوسطة -0.564، قابلية منخفضة 0.579.

$$B5 = -0.327 - 0.579 - 0.564 = -1.47$$

$$T_f = 2,8 \text{ h}$$

5- حساب تدفق الذروة الخارج من الخرق

$$\frac{Q_p}{\sqrt{g + V_w^{5/3}}} = 0.175 * \left(\frac{H_d}{H_r}\right)^{0.199} * \left(\frac{V_w^{1/3}}{H_w}\right)^{-1.274} * e^{B4}$$

حيث:

Q_p : تدفق الذروة الخارج من الخرق مقدراً m^3/sec .

g : تسارع الجاذبية الأرضية m/s^2 .

$B4$: معامل يتعلق بخصائص السد وقيمه تساوي:

$$B4 = DT + FM + ER$$

DT : ثابت يتعلق بنوع السد -0.503 في حال السدود المزودة بنواة كتيمة، -0.591 للسدود المزودة بوجه بيتونية، -0.649 للسدود الركامية.

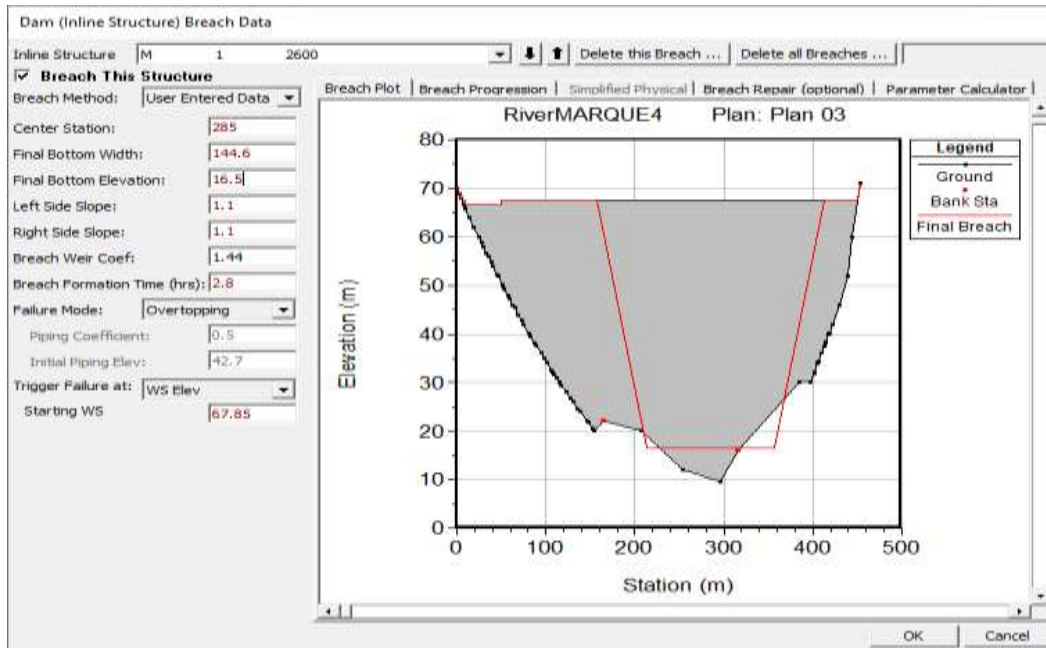
FM : ثابت يتعلق بنموذج الفشل وبأخذ القيمتين التاليتين -0.705 للفشل الناتج عن انسكاب المياه عبر القمة، -1.039 للفشل الأنبوبي.

ER : ثابت يتعلق بقابلية التآكل للمواد المكونة للسد وتأخذ القيم التالية في حال القابلية العالية -0.007 ، قابلية متوسطة -0.375 ، قابلية منخفضة -1.362 .

$$B4 = -0.503 - 0.705 - 0.375 = -1.583$$

$$Q_p = 42686,8 m^3/s$$

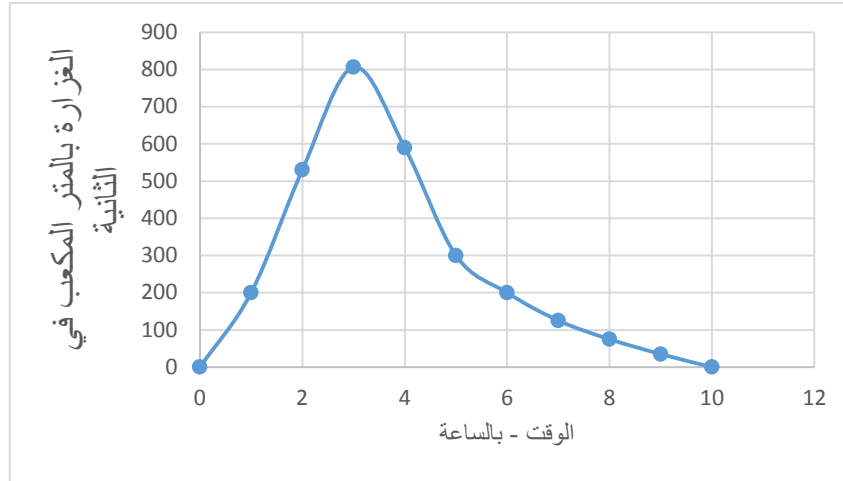
وهو تدفق الذروة الخارج من الخرق في معادلات $XU, Y. \text{ and } Zhang, 2009$.



الشكل 3. أبعاد فتحة الانهيار حسب $XU, Y. \text{ and } Zhang$.

تم افتراض حدوث انهيار من نوع Overtopping عند وصول منسوب الماء إلى منسوب قمة السد وعند مرور موجة فيضانية باحتمال 0.001 .

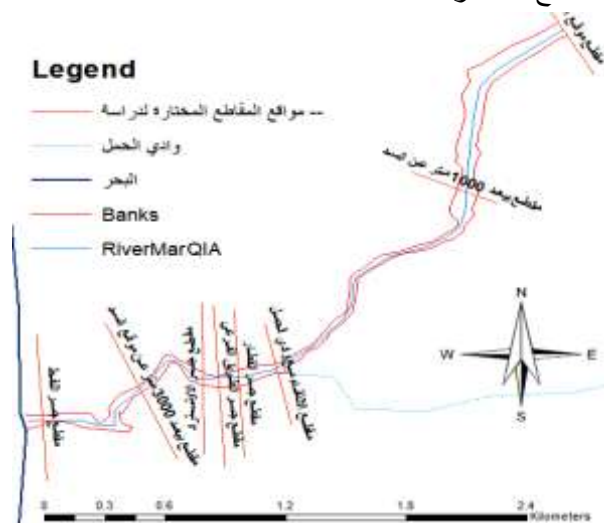
يبين الشكل التالي هيدروغراف الموجة الفيضانية المارة الذي اعتمد كشرط حدي في بداية المجرى المائي المدروس.



الشكل 4. هيدروغراف الموجة الفيضانية المارة أثناء الانهيار.

افترضنا مركز الانهيار يقع على بعد 250 m عن الضفة اليمنى يتم إدخاله حسب إحدائيات المفيض، نختاره عند أخفض نقطة في الوادي، ومنسوب الماء في بحيرة التخزين الذي ستبدأ عنده فتحة الانهيار بالتشكل 67,5 m، وأخذت الخطوة الزمنية 10 ثواني، أما شكل فتحة الانهيار فأخذ على شكل شبه منحرف لأن السد ركامي. قمنا بدراسة نتائج انهيار السد وفق حالة **overtopping** عند عدة مقاطع مهمة وهي:

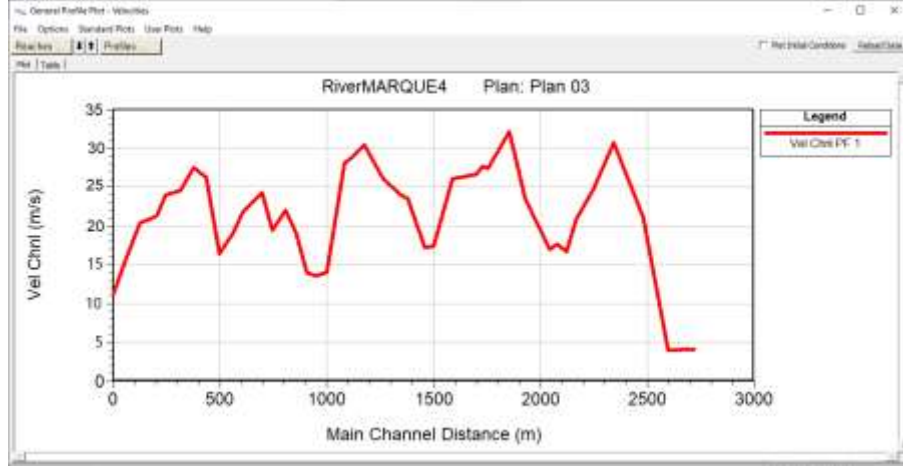
- عند موقع السد.
 - عند موقع الالتقاء مع وادي الحمل.
 - عند مقطع جسر القطار.
 - عند مقطع جسر الطريق الفرعي.
 - عند مقطع جسر الأوتوستراد.
 - عند مقطع جسر النفط.
- ويبين الشكل (5-10) مواقع المقاطع المختارة.



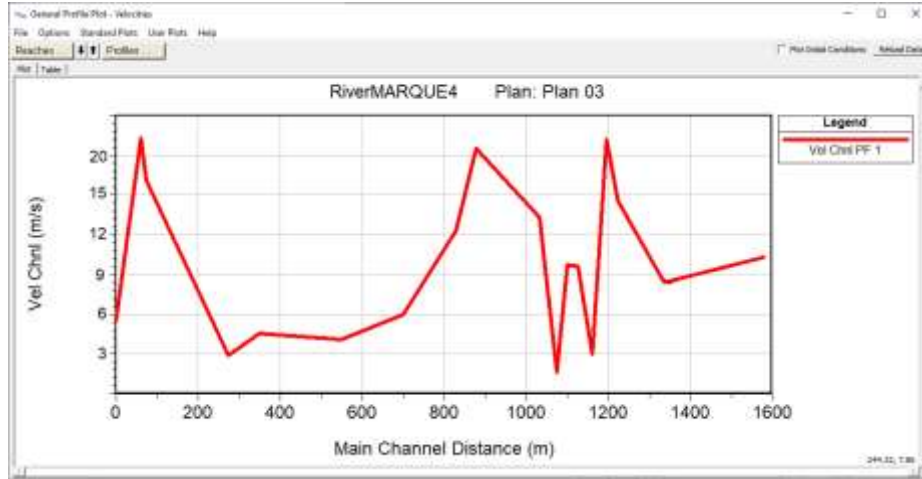
الشكل 5. مواقع المقاطع المدروسة.

وتوصلنا إلى النتائج التالية:

السرعة العظمى أثناء الانهيار ووصلت قيمتها العظمى إلى 32 m/s وذلك بسبب الانحدار الشديد للمجرى في المنطقة الجبلية ووجود تعديات على المجرى تتمثل بالمطاعم والمنترهات في هذه المنطقة، ويوضح الشكل (5-11) والشكل (5-12) مخطط سرعة المياه الأعظمية عند كل مقطع عرضي.



الشكل 6. مخطط سرعة المياه الأعظمية من موقع الالتقاء بوادي الحمل وحتى السد وحتى الالتقاء بوادي الحمل.

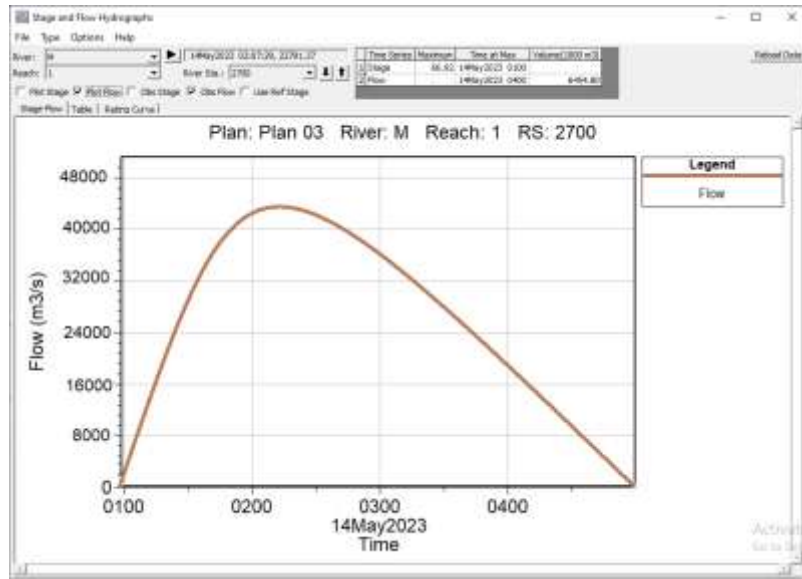


الشكل 7. مخطط قيم السرعة الأعظمية من موقع الالتقاء بوادي الحمل وحتى المصب.

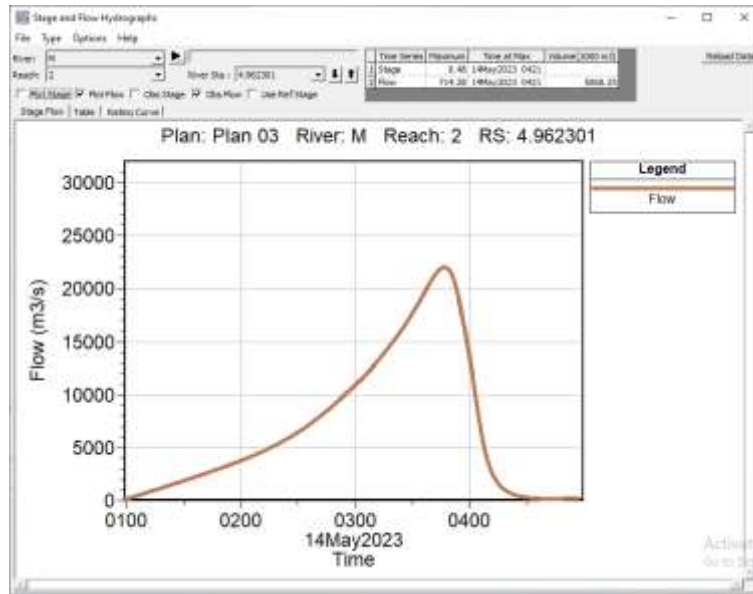
نلاحظ انخفاض منسوب الماء أمام السد لحظة الانهيار، مما يدل على بدء تشكل الخرق وتدفق الماء عبره، نلاحظ أنّ الانهيار حصل في اليوم الأول من النمذجة واستمرت فتحة الانهيار بالتشكل حتى الوصول الى الشكل النهائي لها بعد ساعتين و 48 دقيقة من بدء النمذجة، حيث كان منسوب الماء أمام السد 67.5 m قبل الانهيار، الى أن وصل الى المنسوب 16.5 m في نهاية الانهيار.

تراوحت قيمة ارتفاع الغمر بين 5,8 و 20 م.

يوضح الشكل 8 هيدروغراف الموجة الفيضانية الناتجة عن انهيار السد، حيث بلغت قيمة الغزارة الأعظمية الناتجة بعد ساعة من بدء الانهيار 42600 m³/sec والشكل 9 هيدروغراف الموجة الفيضانية ذاتها، ولكن في نهاية المجرى عند المقطع العرضي الأخير الذي يبعد عن السد حوالي 4 Km وكانت قيمة الغزارة الأعظمية عندها 23000m³/sec.

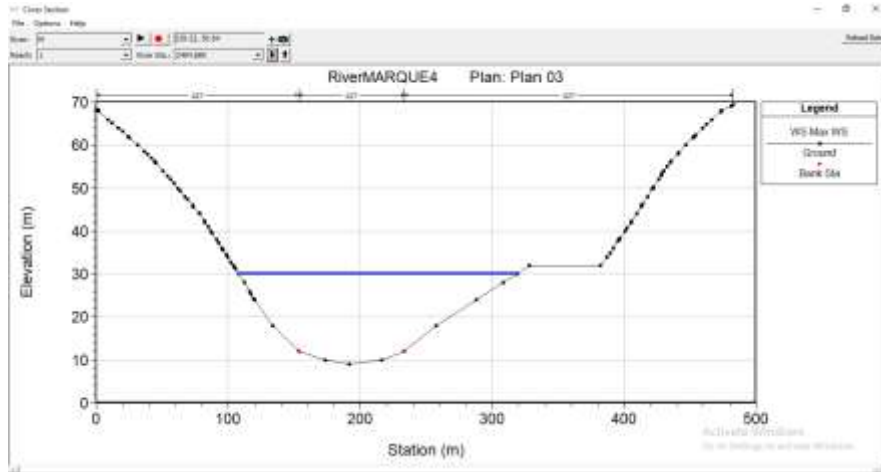


الشكل 8. هيدروغراف الموجة الفيضانية الناتجة عن الانهيار عند جسم السد.

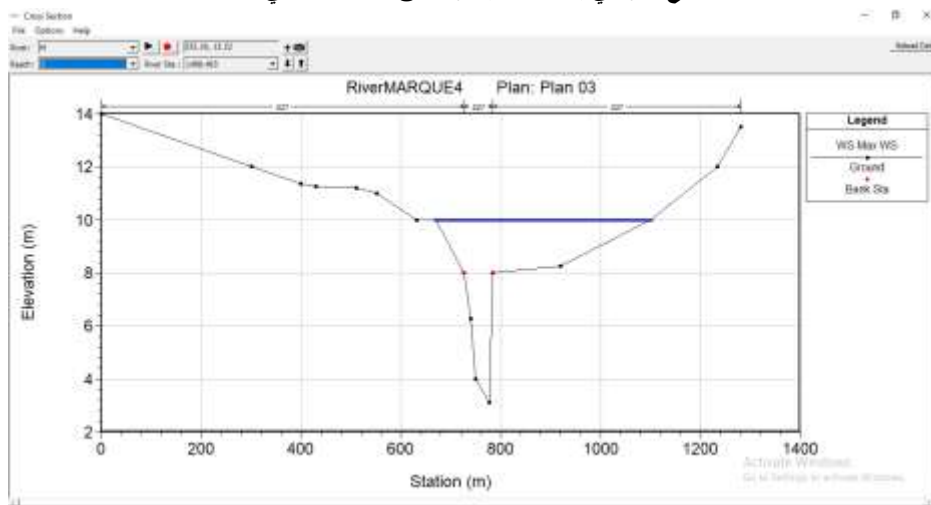


الشكل 9. هيدروغراف الموجة الفيضانية الناتجة عن الانهيار عند المقطع الأخير من المجرى.

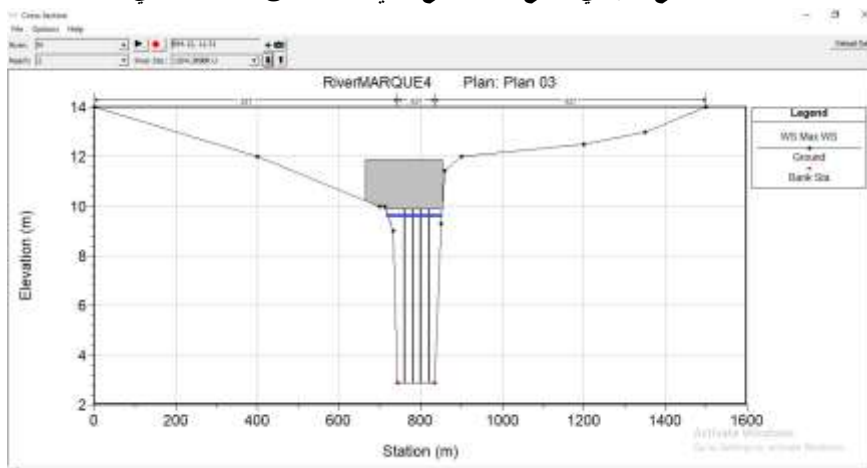
نلاحظ انخفاض قيمة تدفق الذروة بشكل كبير وذلك نتيجة لوجود الجسور التي تعترض موجة الجريان وتعمل على تخزين جزء منها. تبين الأشكال التالية المقاطع العرضية لعدة مواقع عند مرور موجة الانهيار.



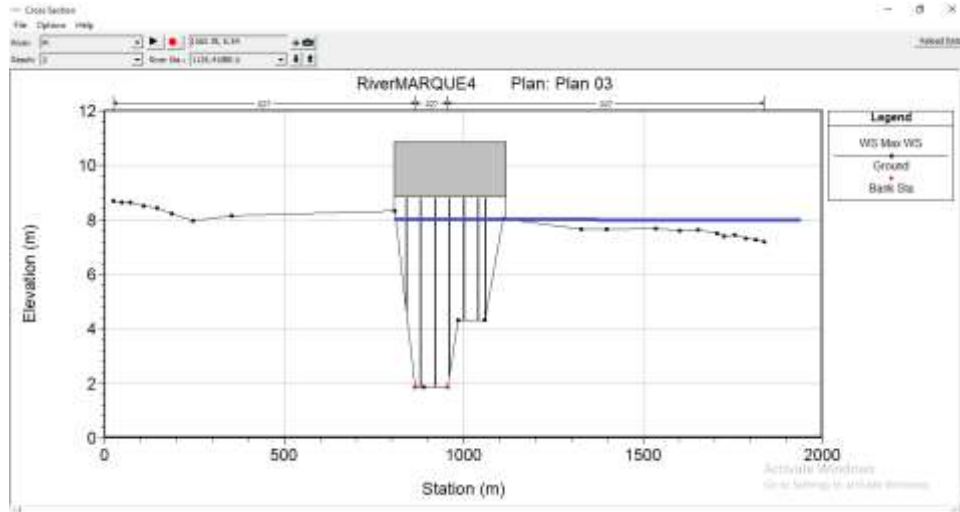
الشكل 10. المقطع العرضي بعد السد مباشرة عمق الماء الأعظمي عنده 20 m.



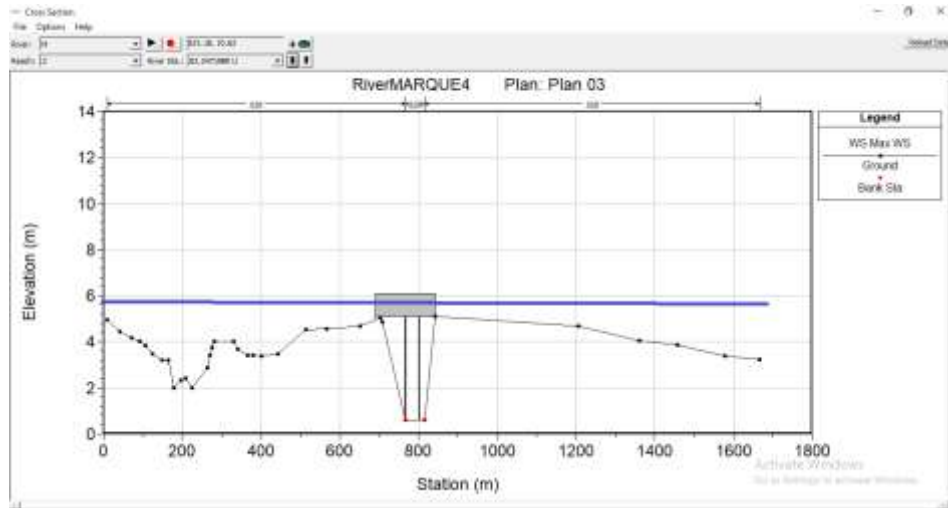
الشكل 11. المقطع العرضي لموقع الالتقاء مع وادي الحمل عمق الماء الأعظمي 7 m.



الشكل 12. مقطع جسر القطار عمق الماء عنده 7m.

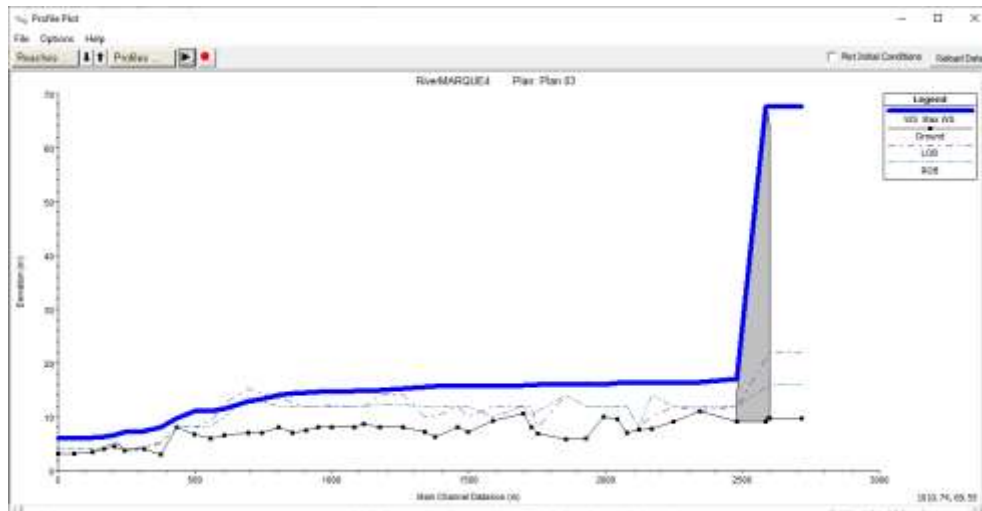


الشكل 13. مقطع جسر الأوتوستراد عمق الماء عنده 6 m.

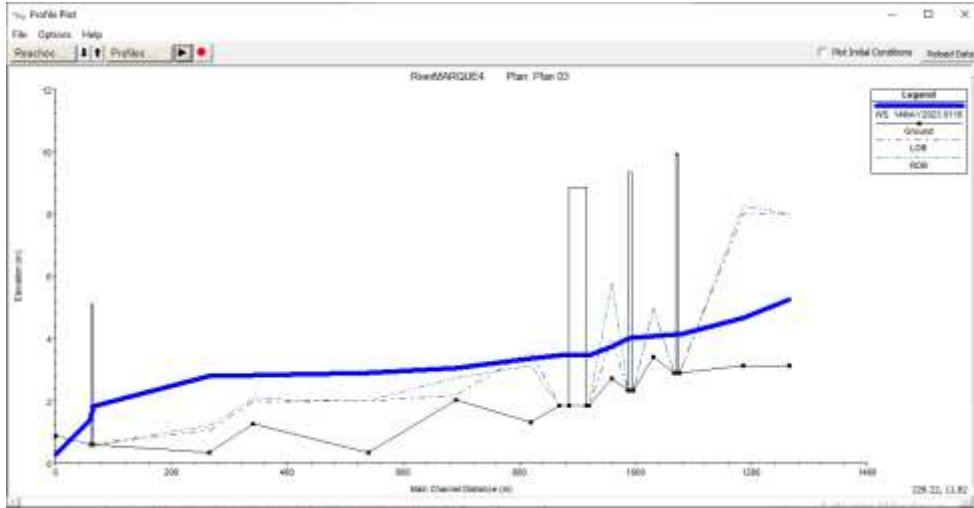


الشكل 14. مقطع جسر النفط المقطع ممتلئ.

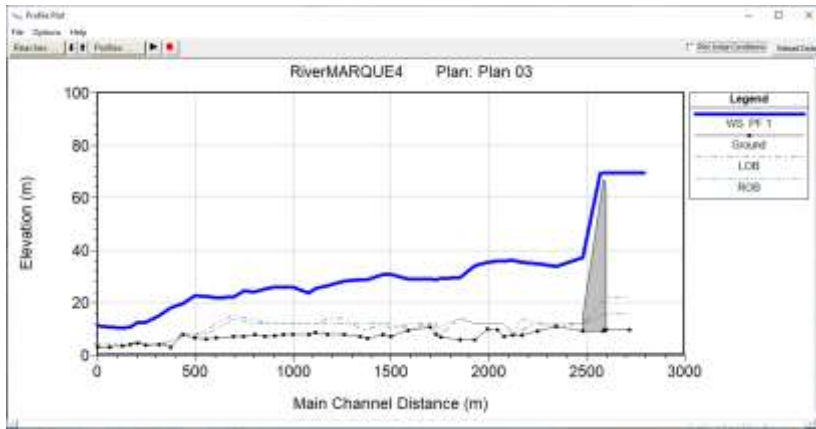
الأشكال التالية تبين مراحل تقدم الموجة الفيضانية على طول المجرى المائي المدروس عند أوقات مختلفة.



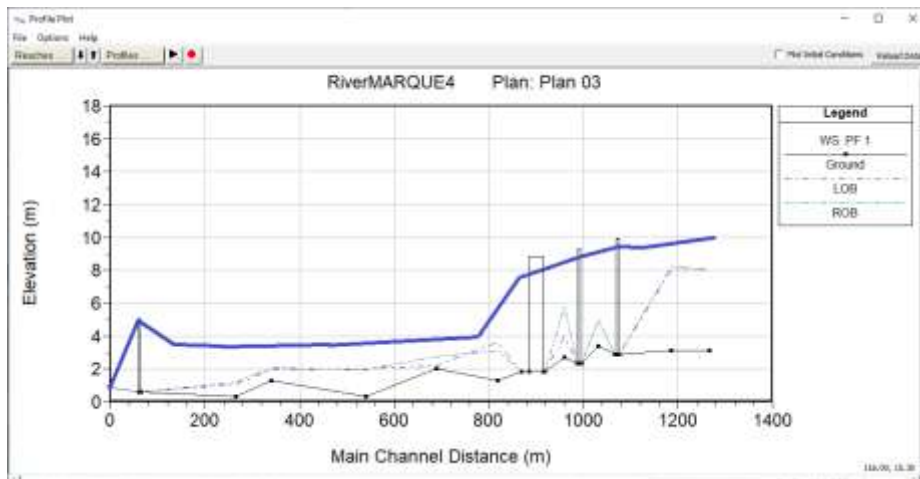
الشكل 15. مقطع طولي من موقع السد حتى وادي الحمل عند بداية الانهيار.



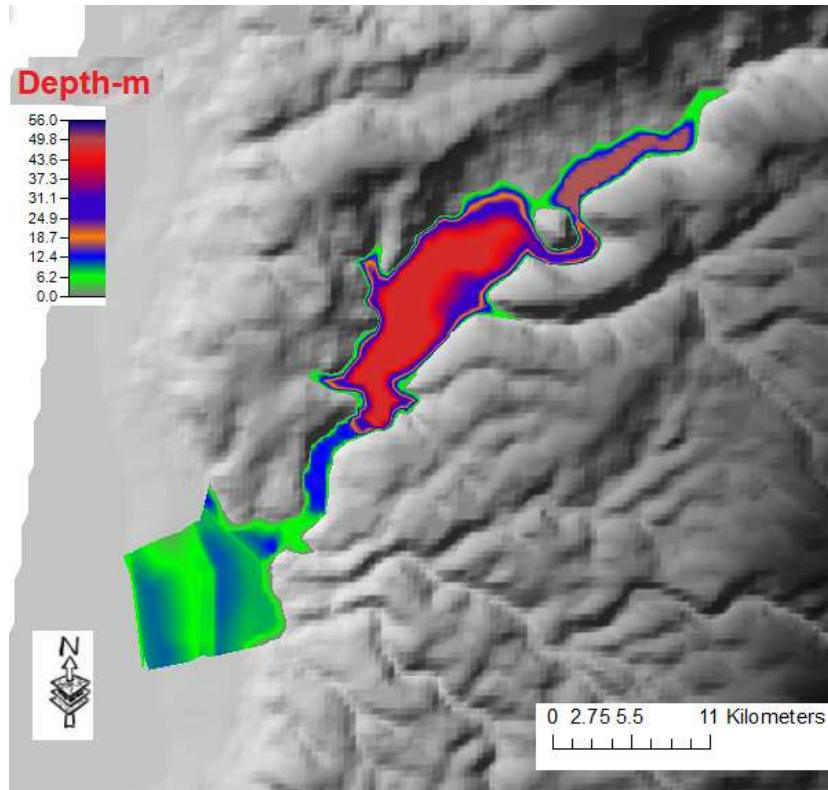
الشكل 16. مقطع طولي من موقع الالتقاء بوادي الحمل حتى المصب عند بداية الانهيار.



الشكل 17. مقطع طولي من موقع السد حتى وادي الحمل عند نهاية الانهيار.



الشكل 18. مقطع طولي من موقع الالتقاء حتى المصب عند نهاية الانهيار.



الشكل 19. مدى الغمر وقيم الأعماق الناجمة عن انهيار السد.

من أهم فوائد خرائط الغمر هي رسم خطط الطوارئ، ورسم السياسات العمرانية وتنظيم المدن [17]. وتحدد هذه المناطق قبل بناء السد نظراً لأهميتها البالغة، وهي سهلة التحديد وخصوصاً بعد توفر البرمجيات ذات الكفاءة العالية المستندة إلى طرائق حسابية دقيقة [18].

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات

- 1- كان حجم الماء الخارج من بحيرة التخزين عبر الخرق المتشكل في جسم السد في حالة Overtopping 110 MCM بتدفق ذروة $42686,8 \text{ m}^3/\text{s}$.
- 2- بلغت السرعة العظمى أثناء الانهيار 32 m/s وذلك بسبب الانحدار الكبير للمجرى في المنطقة الجبلية ووجود تعديات على المجرى تتمثل بالمطاعم والمنتزهات في هذه المنطقة.
- 3- يخرج جسر النفط والطريق الفرعي عن العمل، ويمتلئ مقطع جسر القطار وجسر الأوتوستراد.
- 4- يكون نموذج 1D كافياً، في حال نمذجة الجريان في النهر ونمذجة الفيضانات، حيث سيتم تحديد مدى الغمر من خلال انتشار التدفق في الضفاف الفيضانية، لكن من المحتمل ألا يكون النموذج أحادي الأبعاد قادراً على تحديد مدى الفيضان بدقة وخاصة في المناطق ذات التضاريس المعقدة.

التوصيات

- 1- إعادة تأهيل المخططات العمرانية بما يلائم احتمال وقوع كارثة، وعدم السماح ببناء أبنية جديدة في المناطق التي يزيد ارتفاع الغمر بها عن 2 متر مع ضرورة تدريب السكان القاطنين في المناطق المحتمل أن تتعرض للغمر على خطة طوارئ مسبقة.
- 2- دراسة كافة حالات انهيار السدود في سوريا وإتاحة البيانات والبرامج اللازمة للبحث العلمي.
- 3- إعادة تصنيف السدود المنفذة في سورية حسب معيار درجة الخطر الكامن للسد.
- 4- تضمين إضبارة كل سد لخطة طوارئ مفصلة، مرتكزة على عدة سيناريوهات لانهيار افتراضي للسد، لتحديد وتقسيم المناطق خلف السد حسب درجات الخطورة.

References:

- 1- Al-Asaad, Ali Muhammad; Ammar, Ghatfan Abdul Karim. Engineering hydrology. Tishreen University, 2013, 506.
- 2- Bechtler, William; et al. Brief on flood impacts and protection. Translated by Prof. Dr. Izz al-Din Darwish Hassan, review by Prof. Dr. Muhammad Mansour Al-Shublaq, Arab Center for Arabization, Translation, Authorship and Publishing in Damascus, 2005, 723
- 3- Gee, M. (2008). *Comparison of Dam Breach Parameter Estimators*. U.S. Army Corps Of Engineers, Hydrologic Engineering Center.
- 4- Wurbs, r. a. (1987). dam breach flood wave models. *journal of hydraulic engineering*, 29-46.
- 5- FROEHLICH, D. C. *Embankment Dam Breach Parameters and Their Uncertainties*. ASCE Journal of Hydraulic Engineering, U.S.A, Vol. 134, No. 12, December 2008, 1708-1721.
- 6- Abdel Rahman, Abbas; Khalil, Rama Essam. Preparing inundation maps for the northern Kabir River basin as a result of the supposed collapse of the 16 Tishreen Dam. Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies, Engineering Sciences Series, 38, 5, 2016, 559-578.
- 7- PAQUIER, A., & goutal, n. (2016). Dam and levee failures: an overview of flood wave propagation modeling. *La Houille Blanche*, 5-12.
- 8- Awoud, Majid. Earthen and aggregate dams “design and implementation”. Engineers Syndicate, Damascus Governorate Branch, 1996.
- 9- Hassan, Ezzedine Darwish. Using the FLDWAV program to calculate the flood flow resulting from the collapse of the Zizoun Dam. The First Scientific Symposium on Dams (Study, Design, Implementation, and Investment), Tishreen University, Faculty of Civil Engineering, April, 2003, 76-91.
- 10- JONGE, T. D., KOK, M., & HOGEWEG, M. (1996, April). Modelling floods and damage assessment using GIS. *Application of Geographic Information Systems in Hydrology and Water Resources Management (Proceedings of the Vienna Conference)*, (pp. 299-306).
- 11- Ghebremariam, M. A. (2017, January). Urban flood modelling: a GIS based approach in Lomma. 79. Lund University Level.
- 12- Hajibayov, F., Ozkul, B. D., & Terzi, F. (2017, March 30). Floodplain Modeling and Mapping Using The Geographical Information Systems (GIS) and Hec-RAS/Hec-GeoRAS Applications.
- 13- ACKERMAN, C. T.; BRUNNER, G. W. *DAM FAILURE ANALYSIS USING HEC-RAS AND HEC-GEORAS*. Hydrologic Engineering Center, 2007.

- 14- ackerman, c. t. (2011). "*Hec-GeoRas GIS Tools for Support of HecRas using ArcGIS 10" User's Manual*. US Army Corps Of engineers, institute for Water Resources, Hydrologic Engineering Center.
- 15- Ahmed, Nadine Anis. Modeling the flood flow of the Al-Sin River using numerical methods. Master's thesis in Civil Engineering, Tishreen University, Department of Water and Irrigation Engineering, 2012-2013, 121.
- 16- XU, Y.; ZHANG, L. M. *Breaching Parameters for Earth and Rockfill Dams*, JOURNAL OF GEOTECHNICAL AND GEOENVIRONMENTAL ENGINEERING, VOL. 135, NO. 12, 2009, 1957-1970.
- 17- Khalil, Rama Essam. Analysis of the flood resulting from the hypothetical collapse of the 16 Tishreen Dam and drawing inundation maps in the course of the Northern Kabir River. Master's thesis in Civil Engineering, Tishreen University, Department of Water and Irrigation Engineering, 2016-2017, 117.
- 18- Hassan, Ezzedine Darwish. Using the FLDWAV program to calculate the flood flow resulting from the collapse of the Zizoun Dam. The First Scientific Symposium on Dams (Study, Design, Implementation, and Investment), Tishreen University, Faculty of Civil Engineering, April, 2003, 76-91.