

Flood Mapping Due to Proposed Overtopping Failure of Al Bassel Dam

Dr. Majd Haifa *

Reham Ghandour **

(Received 3 / 5 / 2023. Accepted 5 / 6 / 2023)

□ ABSTRACT □

Climatic conditions are changing and flood occurrences are increasing in frequency and intensity. The world's population is also becoming increasingly urban, meaning a flood could cause more damage. The flood may come as a result of the dams break, which causes huge losses in lives and property and severe damage to the infrastructure.

This study includes the analysis of the flood wave resulting from the break of Al-Bassel Dam in Tartous, using a one-dimensional hydraulic model HEC-RAS-1D and the HEC-GEORAS tool in the GIS program. We predicted the breach parameters using the Froehlich equation (1995), and simulate the break dam as a result of overtopping, the results showed that the greatest flow occurred fifty minutes after the start of the break Its value was 29606.84 m³/sec, and the velocity values ranged between m/sec (3-26) along the stream. The results also showed that overtopping is the most dangerous scenario.

Keywords: Floods, Flood Maps, HEC-RAS, GIS.

Copyright



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

* Assistant Professor, Department of Water Engineering and Irrigation, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria. Email: majdhaifa1980@gmail.com

** Postgraduate Student(Master), Department of Water Engineering and Irrigation, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria. Email: rehamgh94@gmail.com

إعداد خرائط الغمر الناجمة عن انهيار مُفترض لسد الباسل نتيجة تدفق الماء فوق قمة السد

د. مجد هيفا*

رهام غندور**

(تاريخ الإيداع 3 / 5 / 2023. قُبِل للنشر في 5 / 6 / 2023)

□ ملخص □

تتغير الظروف المناخية وتزايد حالات الفيضان من حيث التردد والكثافة. يتزايد عدد سكان العالم أيضاً، مما يعني أن الفيضان قد يتسبب في المزيد من الضرر.

قد يأتي الفيضان نتيجة انهيار السدود مما يسبب خسائر فادحة في الأرواح والممتلكات وأضرار جسيمة في البنية التحتية. تتضمن هذه الدراسة تحليل الموجة الفيضانية الناجمة عن انهيار سد الباسل في محافظة طرطوس باستخدام نموذج هيدروليكي أحادي البعد HEC-RAS-1D وأداة الـ HEC-GEORAS في برنامج الـ GIS. قمنا بالتنبؤ ببارامترات الخرق باستخدام معادلة (Froehlich 1995)، ومحاكاة انهيار السد نتيجة الجريان غير المستقر وتدفق الماء فوق قمة السد، أظهرت النتائج أن الغزارة الأعظمية الناتجة بعد خمسين دقيقة من بدء الانهيار كانت قيمتها 29606.84 m³/sec وتراوحت قيم السرعة بين الـ (3-26) m/sec على طول المجرى، كما أظهرت النتائج أن سيناريو تدفق المياه فوق القمة هو سيناريو الانهيار الأخطر.

الكلمات المفتاحية: الفيضانات، خرائط الغمر، HEC-RAS، GIS.

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

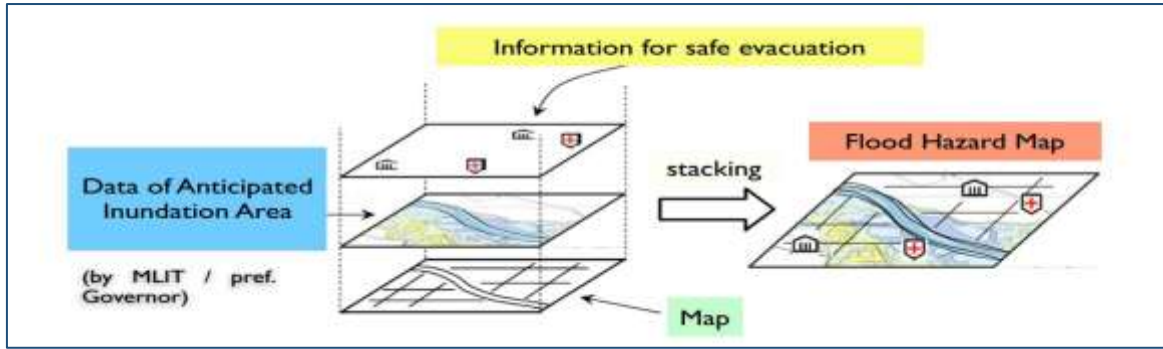


CC BY-NC-SA 04

* مدرس -قسم الهندسة المائية والري-كلية الهندسة المدنية-جامعة تشرين-اللاذقية-سورية. majdhaifa1980@gmail.com
** طالبة دراسات عليا (ماجستير)-قسم الهندسة المائية والري-كلية الهندسة المدنية-جامعة تشرين-اللاذقية-سورية.
rehamgh94@gmail.com

مقدمة:

تعد خريطة الغمر أداة أساسية لتقييم قابلية المنطقة المعرضة للفيضانات وهي خرائط دقيقة يميزها الناس لأنها قادرة على رؤية تعرض ممتلكاتهم وأماكن مألوفة للخطر مما يثير وعيهم. وهي خطوة مهمة لتعزيز اليقظة ضد المخاطر الطبيعية [2]. يمكن تعريف خريطة الغمر على أنها حدود الغمر التي ترسمها ضفاف المجرى المائي نتيجة حدوث الانهيار وانتقال الموجة الفيضانية عبر المجرى، وهي مرتبطة بخصائص الحوض الساكب ومواصفاته وبالعوامل المناخية (الهطل المطري ، طبيعة المجرى المائي ، طبوغرافيا). مما يسبب خسائر فادحة في الممتلكات وأضرار جسيمة في البنى التحتية حيث يتم غمر مناطق ومنشآت هامة. وموضوع رسم خرائط الغمر معقد من الناحية العلمية [1,3]. يبين الشكل (1) طريقة إعداد خريطة مخاطر الفيضانات.



الشكل (1) إعداد خريطة مخاطر الفيضان.

أهمية البحث وأهدافه:**1. أهمية البحث**

إعداد خرائط الغمر لتقييم المخاطر الناجمة عن الفيضانات الحاصلة ضرورة أساسية لتقليل الخسائر البشرية والأضرار الاقتصادية ورسم السياسات العمرانية. حيث يمكن استخدام نتائج النمذجة لإبلاغ السلطات المحلية، وخدمات الطوارئ ومخططي استخدام الأراضي عن المدى المحتمل للمناطق التي غمرتها الفيضانات، كما تعمل على تطوير وتنفيذ خطط إدارة مخاطر الفيضانات في المناطق المعرضة للتخفيف من تأثير الفيضانات. وتوفر خريطة الغمر أيضاً معلومات قيمة للأشخاص الذين قد يتأثرون بها، ويتم استخدامها لتنظيم التطور المستقبلي في المنطقة [4].

2. الهدف من البحث

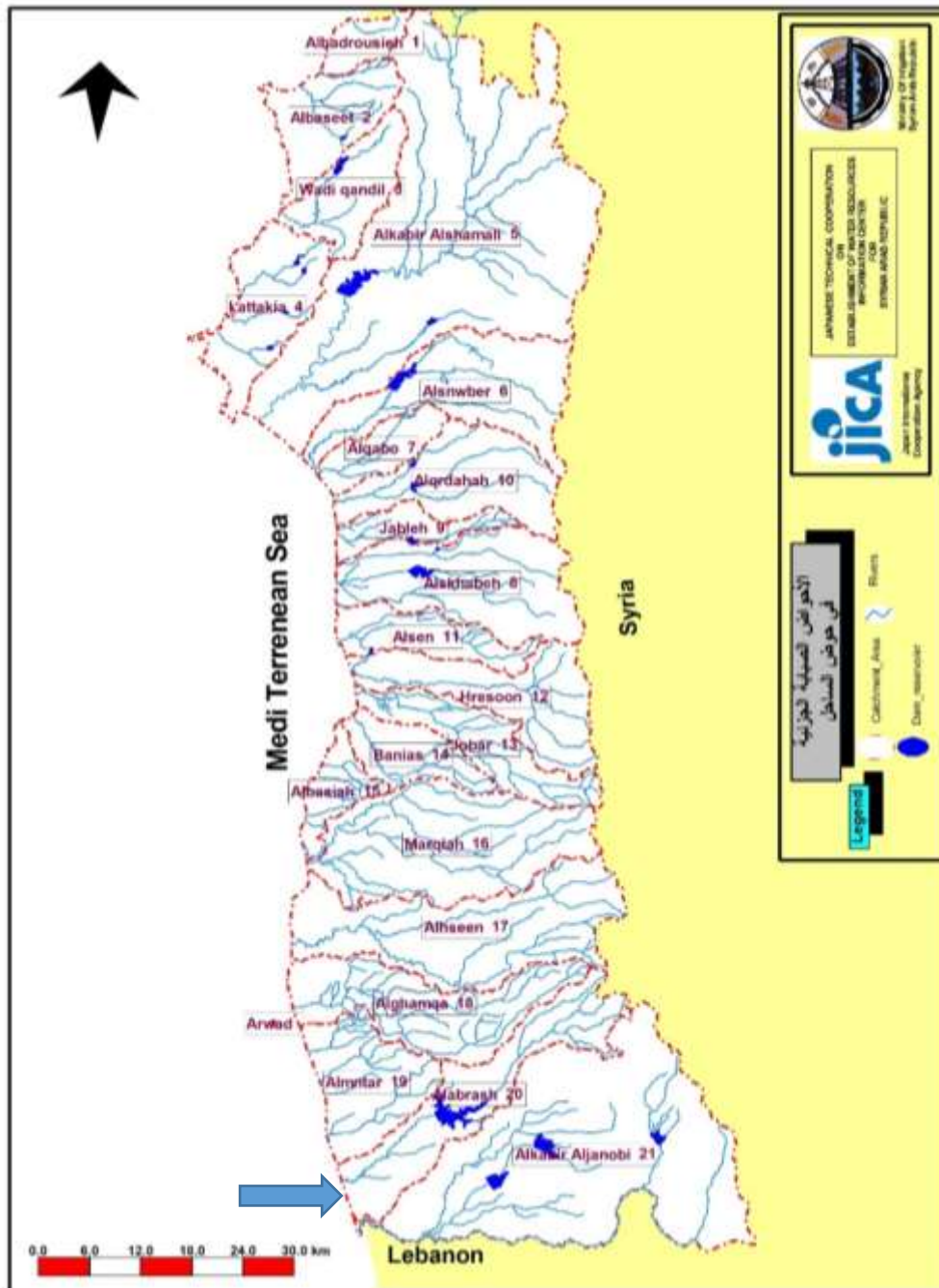
(a) تحليل حادثة انهيار مُفترض لسد الباسل، وتطوير نموذج الانهيار حسب سبب الانهيار وشكل الخرق المتشكل، وتحديد السيناريو الأسوأ.

(b) التنبؤ ببارامترات الخرق المسبب لانهيار السد، وتقدير التدفق الأعظمي الخارج منه، وشكل هيدروغراف الموجة الفيضانية الناتجة عن الانهيار والزمن اللازم لتطور الخرق وانهيار السد.

(c) إعداد خرائط الغمر لنهر الأبرش مع اقتراح خطة إخلاء مبسطة.

3. منطقة البحث

يقع سد الباسل على نهر الأبرش في محافظة طرطوس ويعتبر المشروع من أهم مشاريع الري في محافظة طرطوس ضمن مشروع التطوير الشامل لسهلي عكار والبيعة، تم بناء السد عند قرية اليازدية ويبعد 7km عن مدينة صافيتا و20km جنوب شرق مدينة طرطوس الشكل (2).



الشكل (2) سد الباسل

3-1. السد والمنشآت التابعة له

3-1-1. جسم السد

ركامي يتكون من ردميات غضارية ورملية وحصى نهريّة و ردميات صخرية. الكمية الإجمالية للردميات المختلفة المنفذة 1.984/MCM.

3-1-2. مواصفات السد

الطول عند القمة 733/m -منسوب قمة السد +116.6/ m عن سطح البحر، ارتفاع السد 50/m.

3-1-3. حجوم التخزين ومناسيب المياه

- حجم التخزين الإجمالي MCM /113.5/.
- حجم التخزين المفيد MCM /103/.
- منسوب مياه البحيرة عند مستوي التخزين الأعظمي $m/114.74+$ عن سطح البحر.
- أحد المنشآت التابعة للسد المفيض الجانبي وهو بطول 512m وعرض 19m بتصريف $m^3/sec/514.73$ باحتمال 0.01 %.

طرائق البحث ومواده:

يعتمد تنفيذ البحث على جمع البيانات وتتضمن:

- ✓ بيانات طبوغرافية (خرائط طبوغرافية، المقاطع العرضية للنهر، الميل الطولي للنهر).
 - ✓ بيانات هيدروليكية (معامل الخشونة، تدفق النهر وسرعة الجريان فيه، عمق الماء ضمن مجرى النهر).
 - ✓ صور جوية.
 - ✓ معلومات عن السد والسعة التخزينية الأعظمية للسد.
- كما يعتمد على تطبيق معادلات (1995) Froehlich للتنبؤ بخصائص الخرق المسبب للانهيار والغزارة الخارجة منه [5]، واستخدام البرمجيات الآتية:

1. نظم المعلومات الجغرافية (GIS) Geographic information system

هو برنامج قادر على تجميع وتخزين ومعالجة وعرض المعلومات المرجعية جغرافياً، اكتسب الـ GIS مؤخراً استخداماً واسعاً في التصميم الهندسي والتحليل، خاصة في مجالات الهيدرولوجيا والهيدروليك وجودة المياه. [6]

2. برنامج HEC-RAS

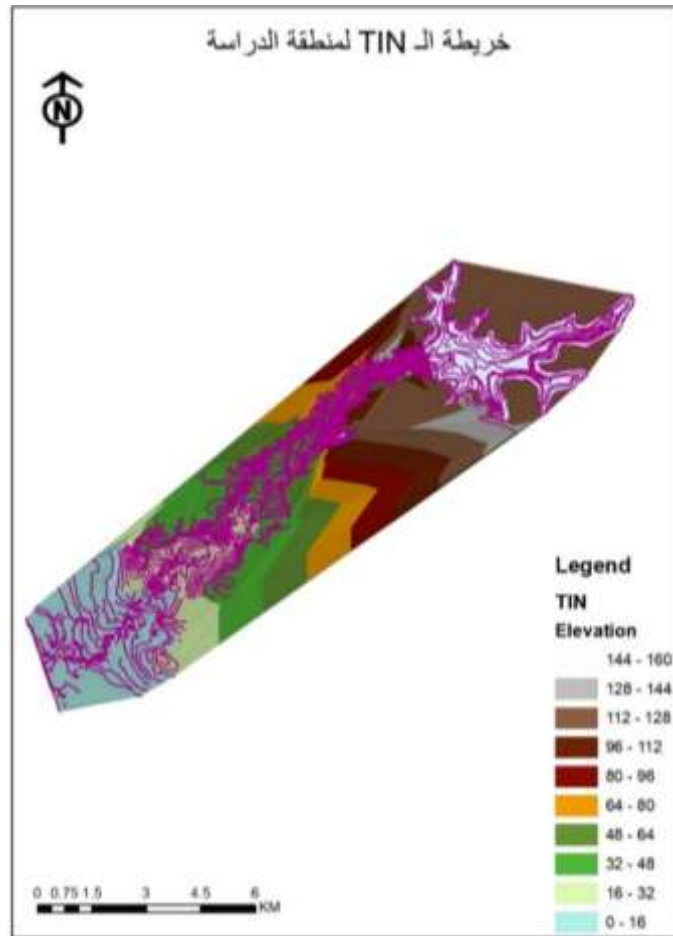
هو نظام تحليل الجريان في الأنهار (River Analysis System) تم تطويره من قبل (Hydraulic Engineering Center) من أجل إدارة الأنهار والموانئ وغيرها من الأشغال العامة، يسمح للمستخدم بتأدية الحسابات الهيدروليكية للجريان المستقر وغير المستقر [7]

النتائج والمناقشة:

تساعد تقنيات النمذجة الحاسوبية في تحديد زمان ومكان الفيضان بشكل دقيق، لرسم خرائط الغمر نتيجة انهيار مفترض لسد الباسل قمنا ببناء النموذج وفق الخطوات التالية:

1. انشاء الخريطة الرقمية باستخدام برنامج GIS

- قمنا برقمنة الخرائط الورقية (Digitizing) باستخدام برنامج الـ GIS وذلك بعد الحصول عليها من مديرية الموارد المائية في طرطوس
- تم رسم خطوط الكونتور ضمن طبقة خطوط على الـ GIS والفترة الكونتورية 2 m، وبعدها رسمنا المجاري المائية وبحيرة التخزين للسد ضمن طبقة مضلعات على الـ GIS.
- حولنا خطوط الكونتور في المرحلة السابقة إلى ملف شبكات مثلثية غير منظمة (Triangulated Irregular Network)، الشكل (3).



الشكل (3) ملف TIN لمنطقة الدراسة.

2. معالجة البيانات باستخدام شريط الأدوات الـ Hec-GeoRaS

مراحل العمل المتبعة على شريط الأدوات الـ Hec-GeoRaS للحصول على بيانات جاهزة للتصدير إلى برنامج HEC-RAS من أجل النمذجة أحادية البعد، فهذا الشريط هو صلة الوصل بين برنامج GIS وبرنامج HEC-RAS [9] حيث قمنا بإنشاء الطبقات اللازمة للدراسة والنمذجة (Create Ras Layers)، ثم نرسم كل طبقة على حدة والطبقات هي:

- طبقة مجرى النهر (Stream Centerline)
- طبقة الضفاف (Banks) حيث قمنا برسمها من الخرائط الطبوغرافية أو الصور الجوية.
- رسم الضفاف الفيضانية (Flow Path center line) وترسم بشكل افتراضي وتقدير لأبعاد الفيضان المتوقع.
- رسم المقاطع العرضية للمجرى (Cross Section) الشكل (4).
- رسم محور جسم السد (Inline Structure)



الشكل (4) مرحلة رسم طبقة النهر والضفاف والضفاف الفيضانية وتحديد مسار الجريان ورسم المقاطع العرضية.

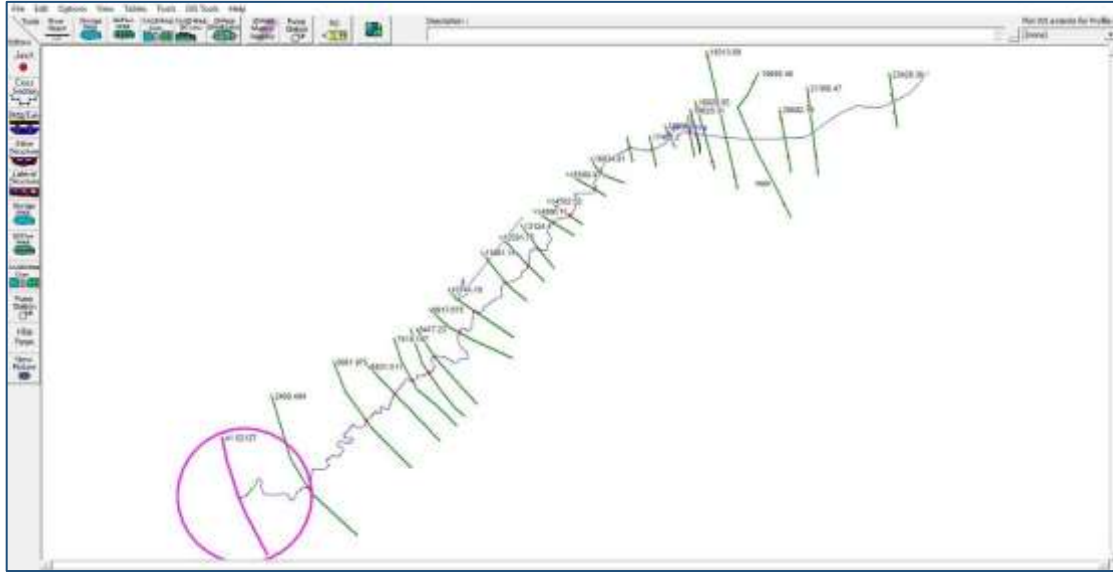
بعد ذلك نقوم بتحويل كل عنصر من عناصر المجرى المائي والضفاف والضفاف العرضية ومسارات الجريان وجسم السد من عناصر أحادية البعد إلى عناصر ثلاثية البعد، وتصدير الملف الى برنامج الـ HEC-RAS من أجل إجراء النمذجة أحادية البعد 1D.

3. الجريان غير المستقر أحادي البعد (Unsteady Flow 1D)

إن أبسط طريقة لتمثيل خريطة الغمر هي افتراض أن التدفق أحادي البعد على طول مجرى النهر حيث يتم حساب سرعة انتشار الماء في اتجاه الجريان فقط، كما يُحسب التدفق في النماذج الهيدروليكية أحادية البعد اعتماداً على معادلات saint-venant، تتطلب نماذج 1D بيانات طبوغرافية لرسم المقاطع العرضية فقط. [9-10]

4. تحليل البيانات باستخدام برنامج الـ HEC-RAS من أجل النمذجة أحادية البعد 1D

• بعد معالجة البيانات ضمن برنامج الـ GIS تم الحصول على ملف يعمل ضمن بيئة الـ HEC-RAS، ليتم بعدها استيراد البيانات المطلوبة من هذا الملف ومعالجتها ضمن برنامج الـ HEC-RAS، من أجل إجراء عملية النمذجة أحادية البعد 1D الشكل(5).



الشكل (5) المقاطع العرضية المستوردة من GIS.

- ندخل بعدها بيانات السد وتشمل بيانات المفيض وبيانات البوابات، وإدخال عرض قمة السد والميول الجانبية للسد، وبالنسبة للبوابات فلا توجد بوابات على المفيض، أما المفرغ السفلي يمكن إهماله لعدم تأثيره على النتائج في حال الانهيار.
- إدخال بيانات الجريان: حيث تتألف بيانات الجريان من الشروط الحدية (Boundary Condition) والشروط الابتدائية (Initial Condition)، بما أن المجرى المائي المدروس ليس دائم الجريان فقد وضعنا شرط بدائي مرور غزارة مقدارها $514.74 \text{ m}^3/\text{sec}$ الغزارة التي يمررها المفيض قبل لحظة الانهيار، ووضعنا مخطط الغزارة مع الزمن (هيدروغراف الموجة الفيضانية التصميمية للسد التي تمر كل 10000 سنة مرة) كشرط حدي في أعلى المجرى المائي لنهر الأبرش، وفي نهاية المجرى لهذا القسم وضعنا الميل الوسطي لمجرى النهر وهو 0.0036 .

5. محاكاة السيناريو الأول انسكاب الماء عبر قمة السد (Overtopping 1D)

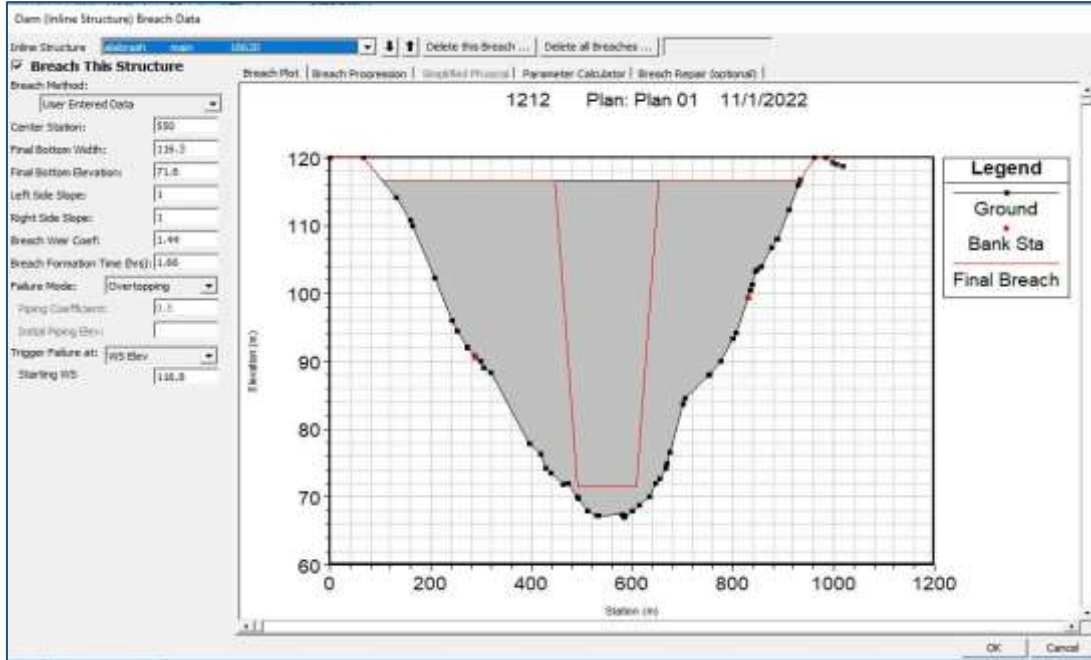
في هذه الحالة إن سطح الماء الأولي من المفترض أن يكون مساوياً لقمة السد 116.6 m ونضيف 0.2 m ليصبح منسوب الماء لحظة الانهيار 116.8 m والغزارة الخارجة من السد قبل حدوث الانهيار هي أقصى غزارة يمررها المفيض الجانبي $514.74 \text{ m}^3/\text{sec}$.

نقوم بحساب خصائص الخرق الناتج، وكذلك التدفق الأعظمي الخارج منه، بالإضافة إلى الزمن اللازم لانهيار السد وذلك بتطبيق معادلات (Froehlich (1995).

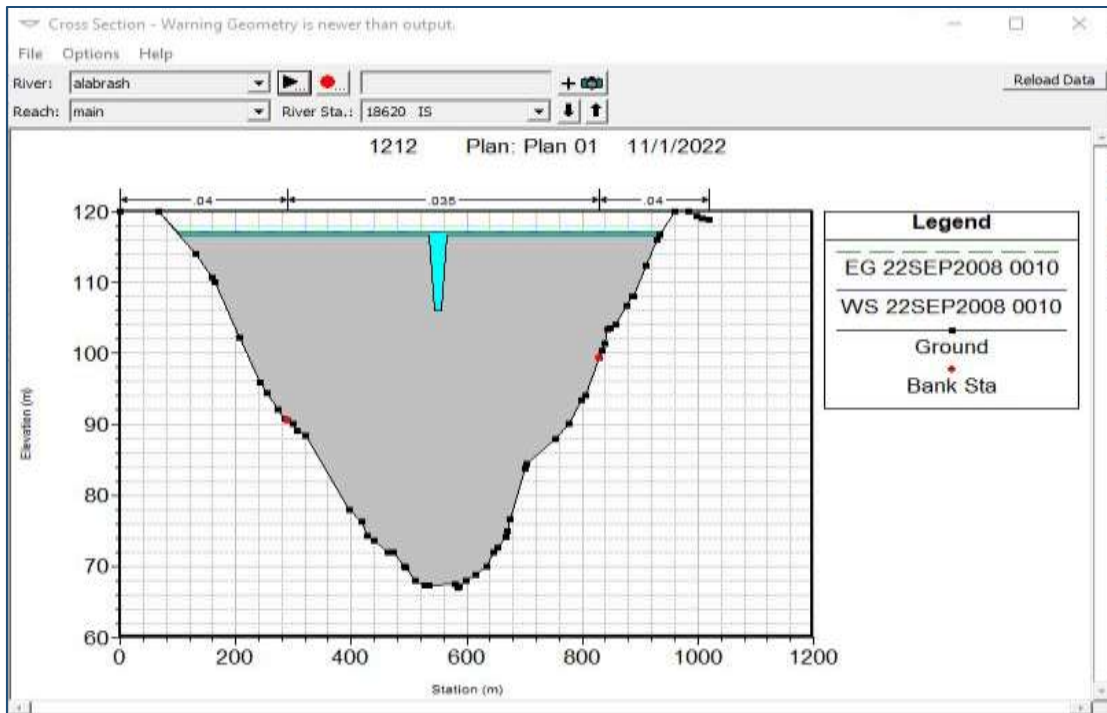
فرضيات الدراسة

- ❖ نوع الانهيار (overtopping)، أي أنه عندما يحدث الانهيار بسبب عاصفة مطرية شديدة غير مصمم عليها المفيض سوف تتشكل فتحة في جسم السد ابتداءً من أعلى قمة السد إلى الأسفل الشكل (6) والشكل (7).
- ❖ مركز الانهيار (Center Station)، 550 m ابتداءً من الـ 0 من جهة الكتف اليميني للسد، نختاره عند أخفض نقطة في الوادي.
- ❖ عرض الخرق من الأسفل (Final Bottom Width) 116.3 m .
- ❖ منسوب قاع الخرق (Final Bottom Elevation) 71.6 m .

- ❖ الميول الجانبية للخرق (Side Slope) 1.
- ❖ الزمن اللازم لتشكيل الخرق بالكامل (Breach Formation Time (hrs)) 1.66 hour.
- ❖ منسوب الماء في بحيرة التخزين الذي سيبدأ عنده فتحة الانهيار بالتشكل (Starting WS) 116.8m.
- ❖ الخطوة الزمنية دقيقة واحدة.



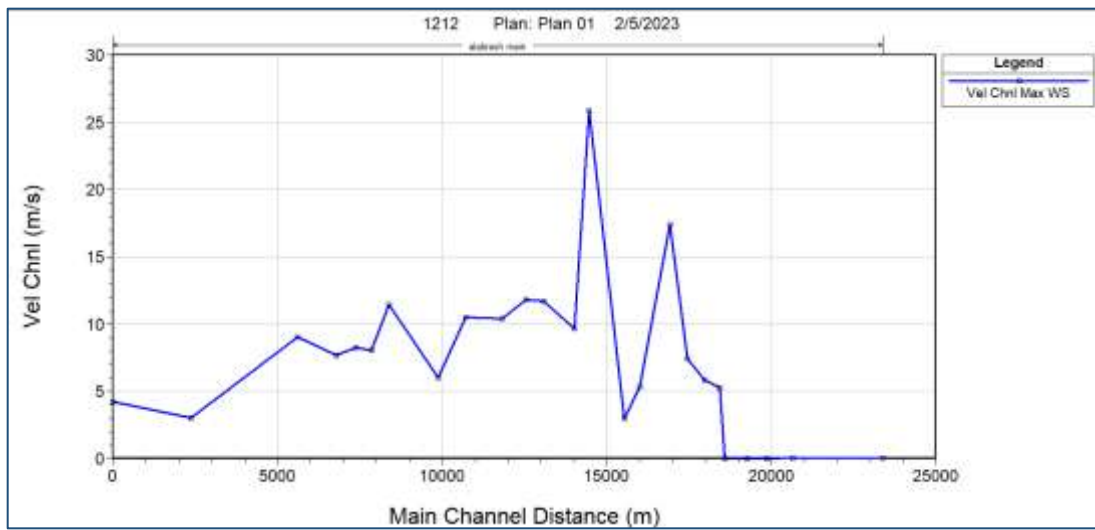
الشكل (6) أبعاد فتحة الانهيار حسب frohlich.



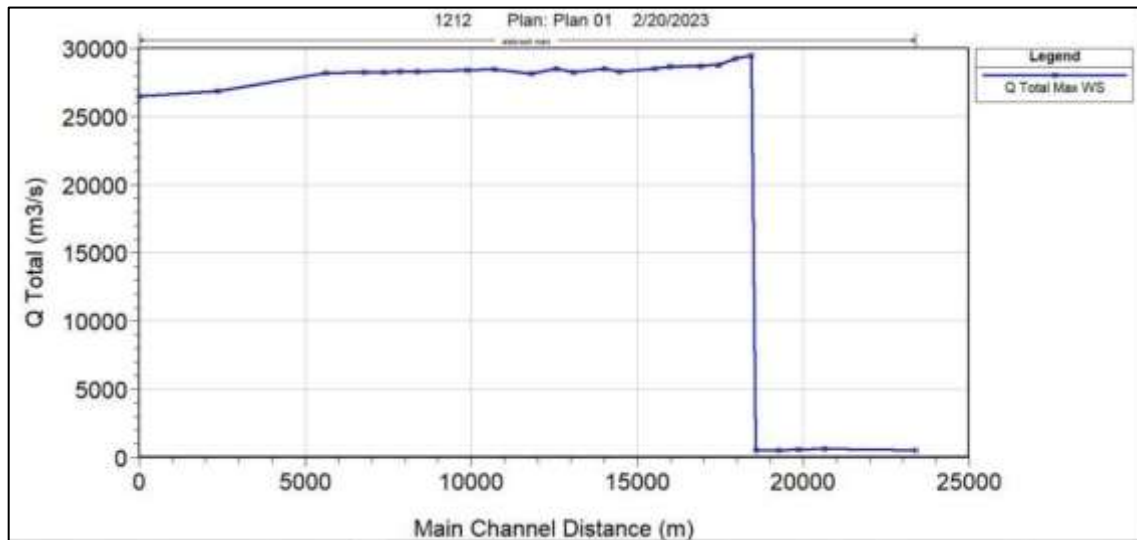
الشكل (7) بداية تشكل فتحة الانهيار بعد 10 دقائق على بداية الانهيار.

6. نتائج سيناريو تدفق المياه فوق قمة السد (overtopping)

يوضح المنحني سرعة المياه الأعظمية عند مرور أعظم تدفق وذلك على طول المجرى وعند كل مقطع عرضي، حيث كانت السرعة العظمى عند المقطع 14502 وهو يبعد عن السد 3.5 Km قيمتها 26 m/sec أما أصغر سرعة فكانت عند المقطع 2409 الذي يبعد عن السد 16 Km، حيث بلغت قيمتها 3 m/sec، وسبب السرعة الكبيرة هو الانحدار الشديد للمجرى في المناطق الجبلية، والسرعة الصغيرة نتيجة الميل الخفيف في المناطق السهلية عند الجزء الأخير من المجرى الشكل (8). وبلغت أعظم قيمة للغزارة عند أول مقطع عرضي 18474 وكانت $29606.84 \text{ m}^3/\text{sec}$ الذي يبعد عن السد 150 m الشكل (9) وتقل قيمة السرعة الأعظمية مع التقدم باتجاه البحر بسبب الضياعات في المجرى وانتشار المياه على مساحات كبيرة، وقدّر حجم الماء الخارج من بحيرة التخزين عبر الخرق المتشكل 130MCM وهو الحجم المحصور بين المنسوب 116.8 m ومنسوب قعر الخرق المتشكل 71.6 m.

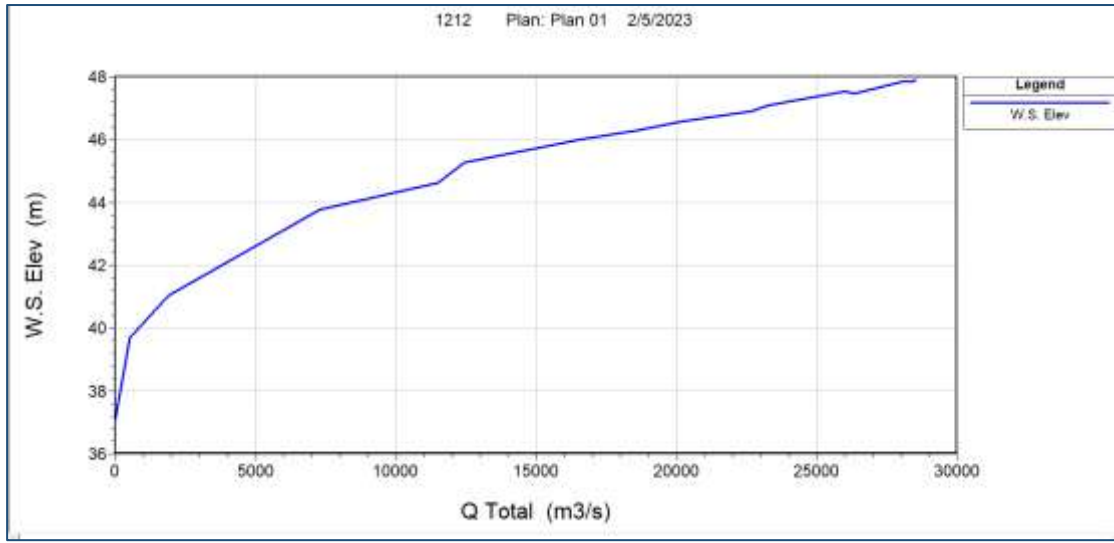


الشكل (8) منحنى سرعة المياه الأعظمية عند كل مقطع عرضي عند مرور أعظم تدفق.



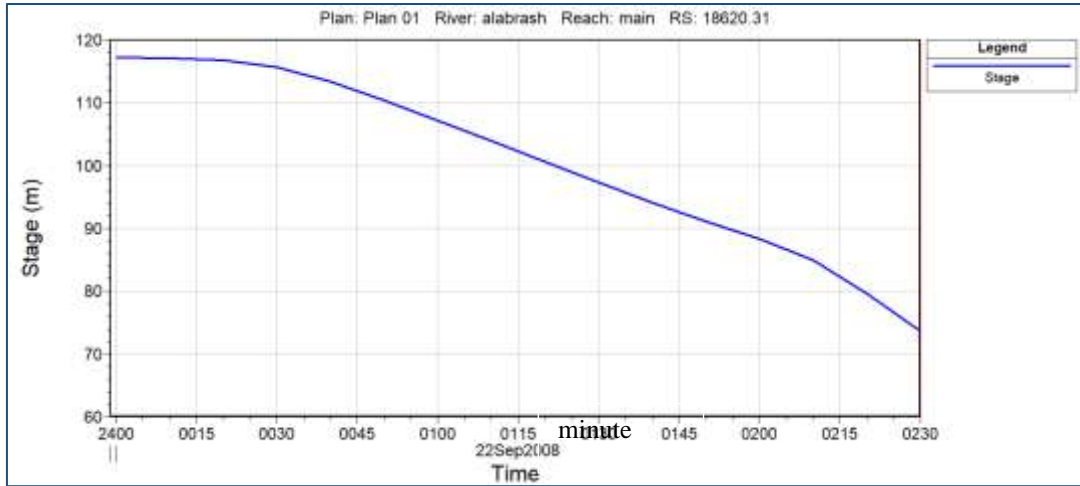
الشكل (9) منحنى غزارة المياه الأعظمية عند كل مقطع عرضي وأعلى غزارة عند المقطع 18474 وقيمتها $29606.84 \text{ m}^3/\text{sec}$.

منحني يوضح العلاقة بين منسوب الماء والغزارة المارة في المقطع العرضي، حيث أنه كلما زادت الغزارة المارة ضمن المقطع العرضي يرتفع منسوب الماء فيه، الشكل (10) للمقطع العرضي 12591.



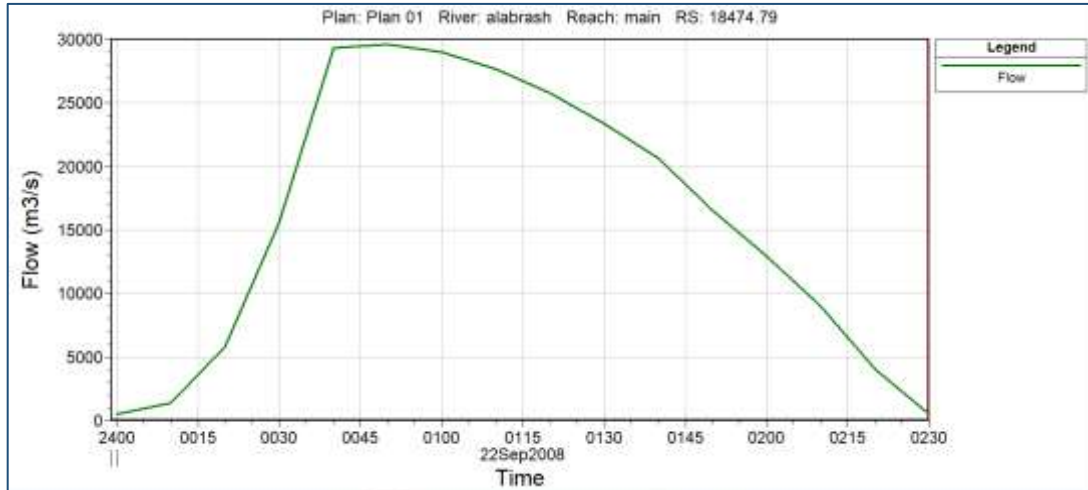
الشكل (10) رسم بياني لارتفاع سطح الماء مقابل معدل التدفق عند المقطع 12591.

الشكل (11) يوضح المنحني انخفاض منسوب الماء أمام السد لحظة الانهيار، مما يدل على بدء تشكل الخرق وتدفق الماء عبره، نلاحظ أن الانهيار حصل في اليوم الأول من النمذجة واستمرت فتحة الانهيار بالتشكل حتى الوصول الى الشكل النهائي لها بعد ساعتين و 34 دقيقة من بدء النمذجة، حيث كان منسوب الماء أمام السد 117m قبل الانهيار، الى أن وصل الى المنسوب 73 m في نهاية الانهيار.



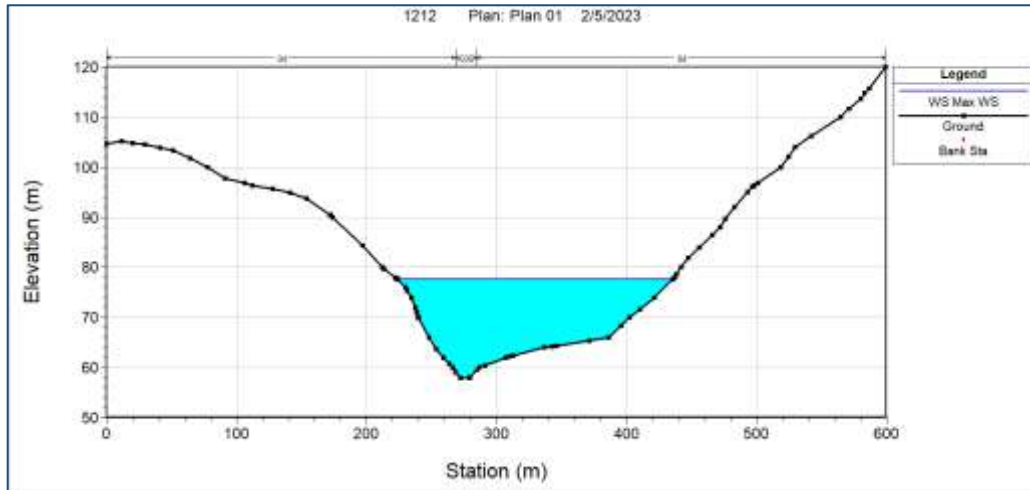
الشكل (11) انخفاض منسوب الماء أمام السد لحظة الانهيار.

يوضح الشكل (12) هيدروغراف الموجة الفيضانية الناتجة عن انهيار السد، حيث الغزارة الأعظمية الناتجة بعد خمسين دقيقة من بدء الانهيار كانت قيمتها $29606.84 \text{ m}^3/\text{sec}$.



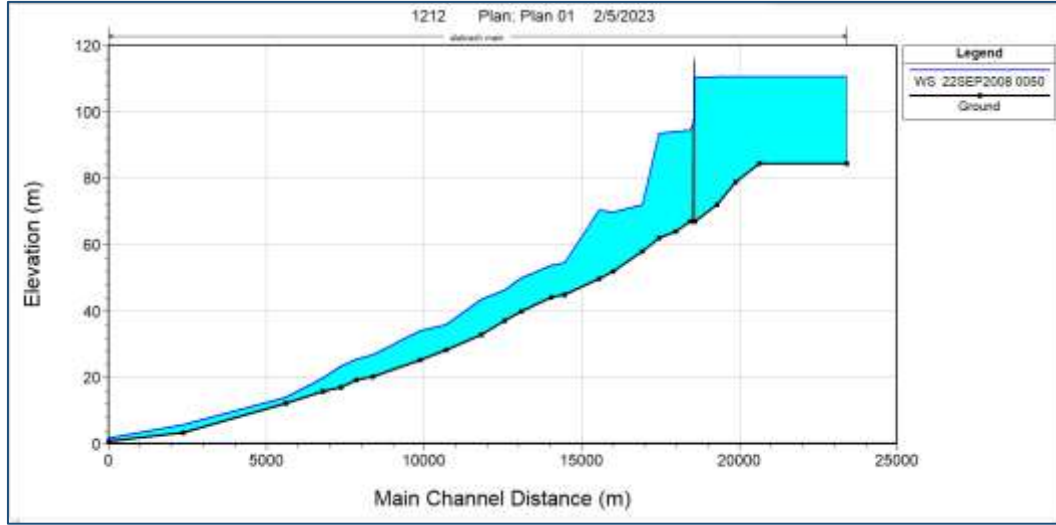
الشكل (12) هيدروغراف الموجة الفيضانية الناتجة عن الانهيار في جسم السد.

يوضح الشكل (13) المقطع العرضي 16951 والذي يبعد 1.5km عن السد.



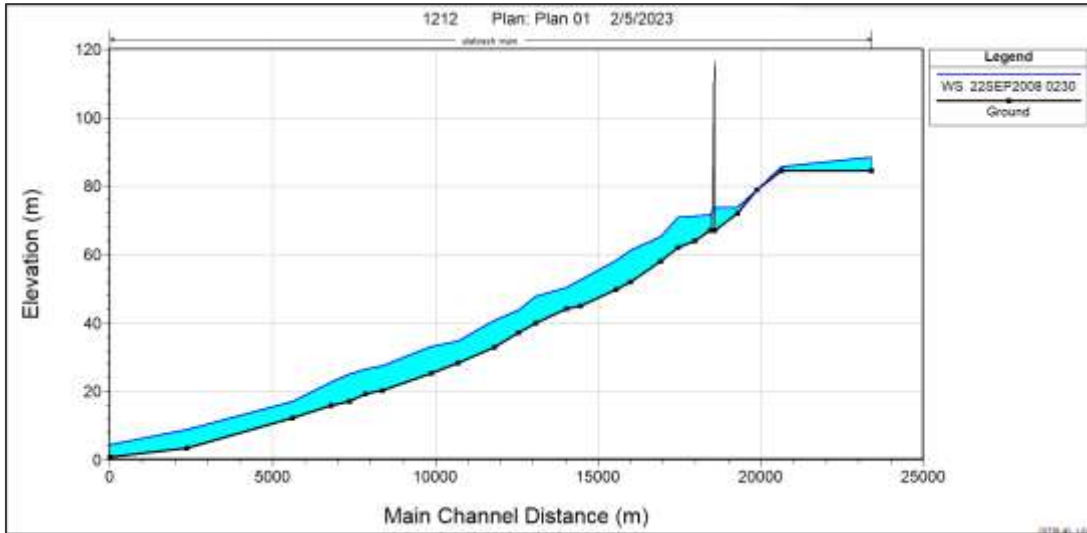
الشكل (13) المقطع العرضي رقم 16951 الذي يبعد عن السد 1.5 Km.

كما يوضح الشكل (14) مراحل تقدم الموجة الفيضانية على طول المجرى المائي المدروس بعد مرور خمسين دقيقة على بداية الانهيار وخروج أعظم تدفق.



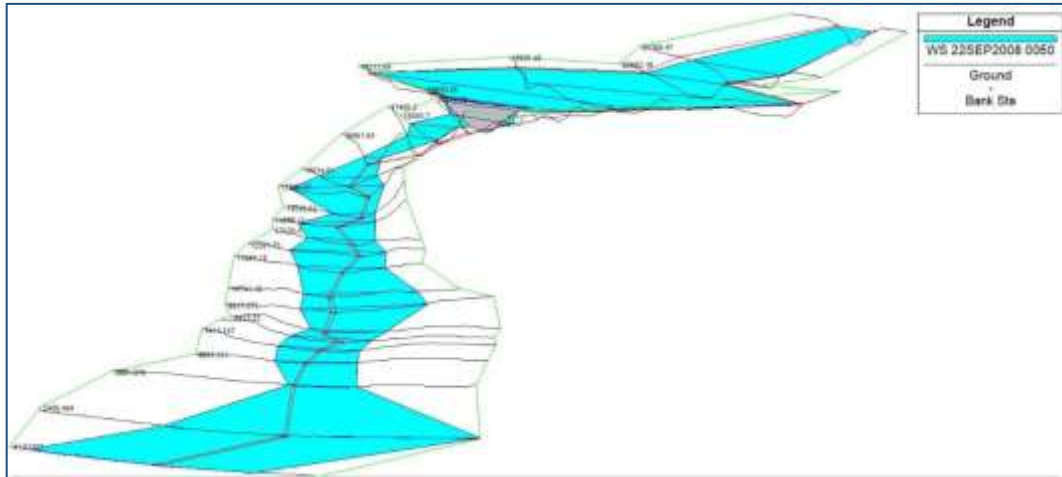
الشكل (14) تقدم الموجة الفيضانية بعد مرور خمسين دقيقة على بداية الانهيار وخروج أعظم تدفق.

أما الشكل (15) يبين المقطع الطولي للمجرى ونهاية الموجة الفيضانية في نهاية وقت المحاكاة بعد ساعتين و30 دقيقة.



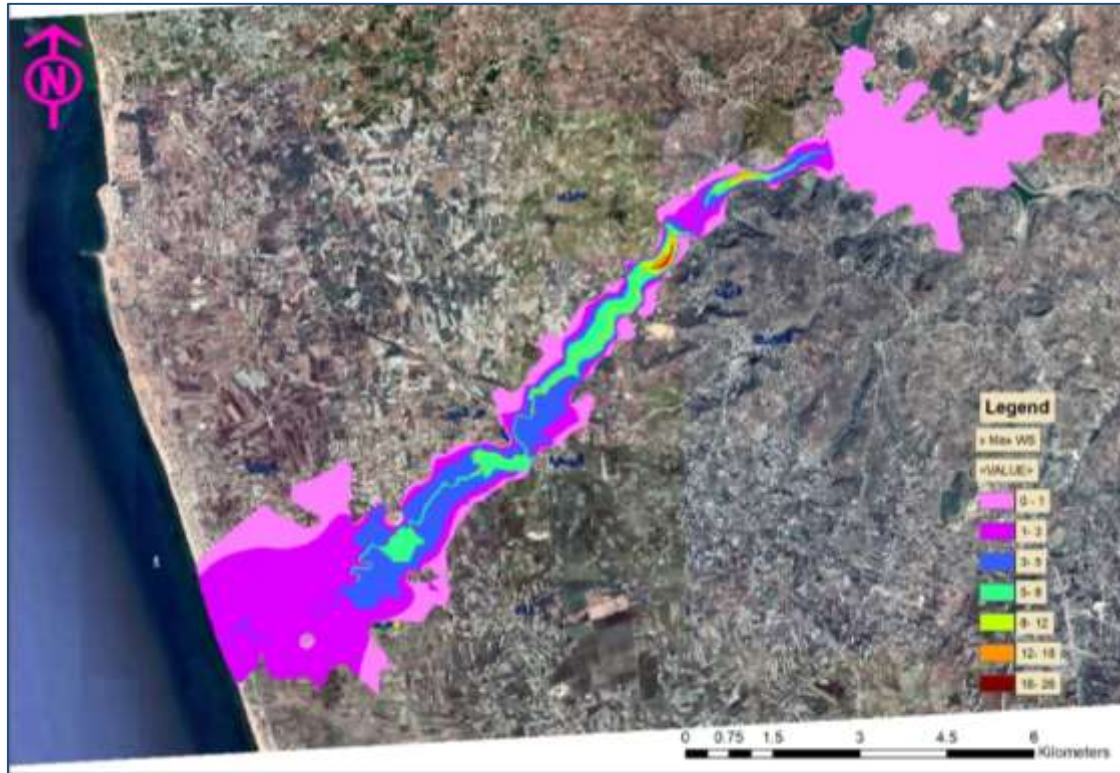
الشكل (15) المقطع الطولي للمجرى ونهاية الموجة الفيضانية في نهاية وقت المحاكاة بعد ساعتين و30 دقيقة.

الشكل (16)، مقطع ثلاثي الأبعاد للمنطقة المدروسة موضح عليه المساحات المغمورة نتيجة الانهيار الافتراضي لسد الباسل وفق سيناريو Overtopping كما يظهرها برنامج الـ HEC-RAS.

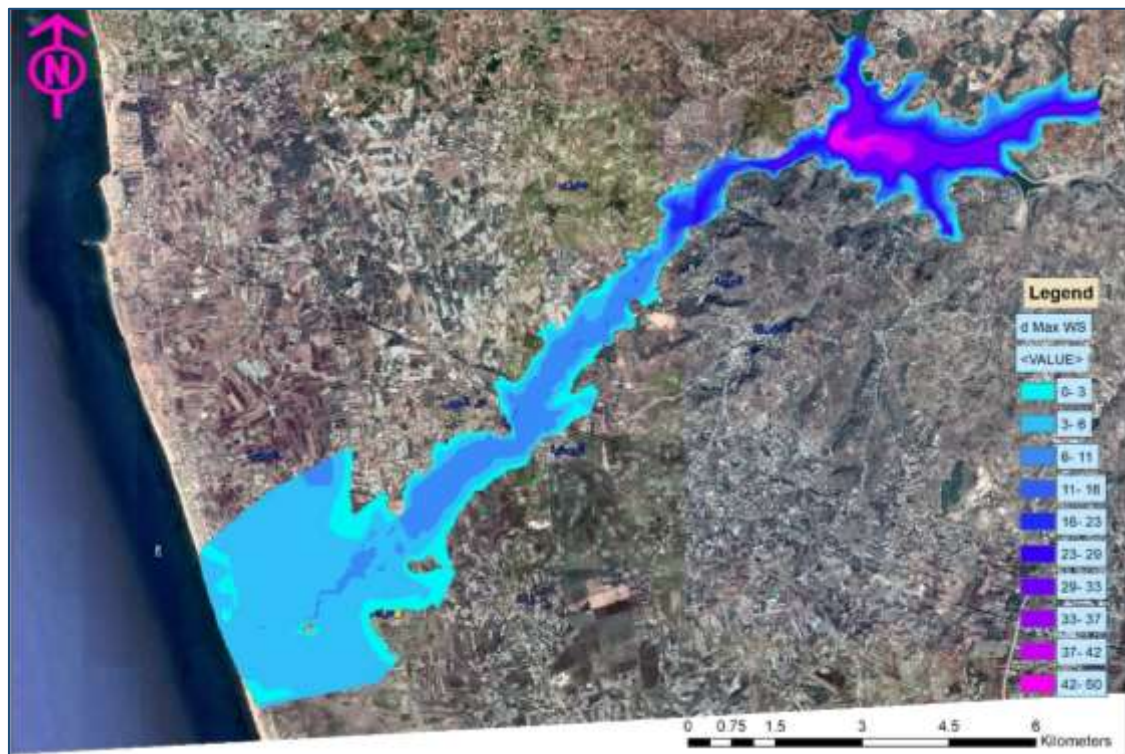


الشكل (16) مقطع ثلاثي الأبعاد يوضع عليه مناطق الغمر للمنطقة المدروسة وفق سيناريو Overtopping على برنامج الـ HEC-RAS.

نحصل على خريطة الغمر بشكل نهائي بعد المعالجة المسبقة واللاحقة في الـ HEC-RAS والتي تظهر سرعة وعمق الفيضان لسيناريو الـ *overtopping*. يوضح الشكل (17) توزيع السرعة الأعظمية نتيجة تدفق المياه فوق قمة السد حيث أن السرعات الأعظمية تتركز في الجزء العلوي والوسطي من المجرى وتراوح قيمتها بين (18-26) m/sec لتقل باتجاه الضفتين، لتبلغ أقل قيمة لها عند المصب. كما يوضح الشكل (18) توزيع الأعماق الأعظمية للمياه نلاحظ أن أعظم قيمة لأعماق المياه كانت (27-36) m في الجزء المحصور بين جسم السد وعلى بعد 1.3 km وفي وسط المجرى ونقل باتجاه الضفتين وبلغت أعماق المياه قيمة مرتفعة وتتراوح بين (20-27) m في الجزء المحصور بين جسم السد وعلى بعد 3.5 km من السد، ثم تأخذ هذه القيم بالانخفاض التدريجي لتبلغ قيم تتراوح بين (0-5) m عند المصب، كما دُمجت هذه الخرائط مع خريطة الـ Google Earth لمعرفة القرى المعرضة لغمر المياه. ومن أكثر الأضرار التي ستسببها هذه الموجة هو غمر الطرقات وخروجها عن الخدمة منها (طريق طرطوس-الصفصافة، طريق حمص-طرطوس، سكة القطار، طريق تل كزل-زاهد، طريق طرطوس-طرابلس). كما ستعرض العديد من المنشآت للغمر منها (محطة معالجة مياه الصرف الصحي-معمل للأعلاف-مرملة-مجبيل-مستودع للحبوب). أما القرى المتضررة والتي سَتُغمر جزئياً هي الريحانية والهويسية أما عرب الشاطئ سَتُغمر كلياً لكن بأعماق وسرعة أقل.



الشكل (17) توزيع السرعة الأعظمية نتيجة تدفق المياه فوق قمة السد.



الشكل (18) توزيع الأعماق الأعظمية للمياه نتيجة تدفق المياه فوق قمة السد.

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

1. كانت الآثار الناجمة عن الانهيار المفترض لسد الباسل في حالة تدفق المياه فوق قمة السد مدمرة حيث بلغت ذروة التدفق $29606.84 \text{ m}^3/\text{sec}$. أما سرعة المياه الأعظمية كانت 25.86 m/sec عند المقطع 14502 وهو يبعد عن السد 3.5 Km أما أصغر سرعة فكانت عند المقطع 2409 الذي يبعد عن السد 16Km، حيث بلغت قيمتها 3 m/sec ، وسبب السرعة الكبيرة هو الانحدار الشديد للمجرى في المناطق الجبلية، والسرعة الصغيرة نتيجة الميل الخفيف في المناطق السهلية عند الجزء الأخير من المجرى. يُعتبر الانهيار الناجم عن تدفق المياه فوق قمة السد هو الأخطر.
2. استمرت فتحة الانهيار بالتشكل حتى الوصول الى الشكل النهائي لها بعد ساعتين و34 دقيقة من بدء النمذجة، حيث كان منسوب الماء أمام السد 117m قبل الانهيار إلى أن وصل الى المنسوب 73 m في نهاية الانهيار. وبالتالي الوقت المتاح للإنذار والإخلاء قليل جداً.
3. قُدر حجم الماء الخارج من بحيرة التخزين عبر الخرق المتشكل 130MCM وهو الحجم المحصور بين المنسوب 116.8 m ومنسوب قعر الخرق المتشكل 71.6 m.

التوصيات:

- 1- إعطاء الأهمية الكافية لموضوع التخطيط والبحث من أجل اختيار المواقع الفضلى لمراكز الإيواء بالشكل الأمثل، وذلك لتحديد المناطق الأكثر أماناً من خطر المياه وللمحافظة على الأرواح لبشرية.
- 2- القيام بالإجراءات اللازمة لوصول التنبيه والتحذير بأسرع ما يمكن.
- 3- يمنع منعاً باتاً تواجد مواد أو صناعات كيميائية أو دوائية، في المعامل والمصانع المعرضة للغمر وذلك لتجنب حدوث تلوث كيميائي، ويفضل أن تكون الصناعات خفيفة لتجنب الخسائر الاقتصادية الفادحة.
- 4- رسم خرائط الغمر لكافة سيناريوهات انهيار السدود باستخدام البرامج المتاحة وإعداد خطط طوارئ وإخلاء متكاملة ومناسبة.

References:

1. Abdul Rahman, Abbas. Khalil, Rama. Preparing flood maps for the North Kabeer River Basin as a result of the supposed collapse of the 16th of October Dam, Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies _ Engineering Science Series, Volume (38) Issue (5), 2016.
2. COLES, D. YU, D. WILBY, R. GREEN, D. HERRING, Z. *Beyond 'flood hotspots': Modelling emergency service accessibility during flooding in York, UK*. Science Direct, 546 (2017) 419–436.
3. TAZIN, T. *Flood Hazard Mapping of Dharla River Flood Plain Using HEC-RAS 1D/2D Coupled Model*, Bangladesh, 2018.
4. TINGSANCHALI, T. *Urban flood disaster management*. Procedia Engineering, Vol. 32, 2012, 25 – 37.
5. FROEHLICH, D. ASCE, M. Embankment Dam Breach Parameters and Their Uncertainties, Journal of Hydraulic Engineering, Vol. 134, No. 12, (2008) 1708–1721.

6. UDDIN, K.; GURUNG, D. R.; GIRIRAJ, A.; SHRESTHA, B. *Application of Remote Sensing and GIS for Flood Hazard Management: A Case Study from Sindh Province, Pakistan*. American Journal of Geographic Information System, VOL. 2, NO. 1, 2013, 1-5.
7. CRAMPTON, S. *HEC-RAS Dam Break Modeling Of GWINNETT COUNTY'S NRCS Facilities*. Proceedings of the 2007 Georgia Water Resources Conference, 2007, 27-29.
8. SARHADI, A.; SOLTANI, S.; MODARRES, R. *Probabilistic flood inundation mapping of ungauged rivers: Linking GIS techniques and frequency analysis*. Journal of Hydrology, 2012, 68-86.
9. CAN, K. BOZKUS, Z. *Dimensional Flood Control Simulations For Wami And Duden Rivers*. 2019.
10. Hammad, Munther; Al-Darwish, Hussein. (2023). Hypothetical collapse analysis of a revolt dam and immersion mapping. Master Thesis (not published). Department of Water and Irrigation Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Syria.