

## إعداد خرائط الغمر لحوض نهر الكبير الشمالي نتيجة انهيار مفترض لسد 16 تشرين

الدكتور عباس عبد الرحمن\*

راما عصام خليل\*\*

(تاريخ الإيداع 29 / 5 / 2016. قُبل للنشر في 20 / 9 / 2016)

### □ ملخص □

آلاف السدود تم بناؤها حول العالم، إلا أن تاريخ بنائها مقترن مع تاريخ حافل من حالات الفشل والانهيار، نظراً لارتفاع مناسيب المياه فيها، مما يعود بعواقب كارثية على البيئة والمجتمع، فعندما يفشل السد تتحرر كميات كبيرة جداً من المياه مهددة حياة الأشخاص وممتلكاتهم، ويعود هذا إلى الوقت القصير المتاح للتحذير والإخلاء. يوفر هذا البحث لمحة عن أهم أسباب الانهيار، مع دراسة لاحتمال الفشل الناتج عن خرق افتراضي في سد 16 تشرين ناتج عن تدفق الماء من فوق قمته، حيث تم التنبؤ بالخرق المؤدي للانهار وتحديد خصائصه وهي: ارتفاع الخرق، عرض الخرق، الزمن اللازم لتطور الخرق، التدفق الأعظمي الخارج منه، ومن ثم وضع خرائط الغمر التي تمثل حدود انتشار الموجة الفيضانية في المجرى، كما تم اقتراح خطة مبسطة للإخلاء. وتوصلت النتائج إلى أن الموجة الفيضانية الناتجة عن الانهيار تندفع محملة بغزارة  $54631 \text{ m}^3/\text{sec}$  مشكلة جدار مائي بارتفاع 17 متر ينتقل عبر المجرى بسرعة  $14 \text{ m/sec}$  وينتشر على مساحة  $45.22$  كيلومتر مربع، مسبباً غمر 7 قرى أهمها ستخريس وروضو اللتان تغمران بالكامل، و 30 منشأة اقتصادية أهمها المنطقة الصناعية التي تغمر بالكامل أيضاً، وتراوحت أعماق الغمر من  $2-17 \text{ m}$ ، مما يسبب خسائر فادحة ويلحق الضرر بحوالي 30000 شخص وأكثر من 7000 شخص من المتوقع أن يلقوا حتفهم ما لم يتم الإعداد الفعلي لخطة طوارئ.

**الكلمات المفتاحية:** الفيضانات، خرق السد، فشل السدود، انهيار السدود، التدفق من فوق القمة، خرائط

الغمر، خطط الطوارئ.

\*أستاذ مساعد - 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 .

## Flood Mapping of Northern Alkabir River Basin Due to Proposed Failure of 16 Tishreen Dam

Dr. Abbas Abdurrahman\*  
Rama Khalil\*\*

(Received 29 / 5 / 2016. Accepted 20 / 9 / 2016)

### □ ABSTRACT □

Thousands of dams have been built around the world, but, the date of construction is associated with a history of failures and collapse, due to the high water levels, generating higher returns consequences disastrous for the environment and society, when dam fails released very large amounts of water threatened the lives of persons and property, it returns to the short time available for warning and evacuation.

This paper provides an overview of the most important reasons for the collapse, with a study about possibility failure product from supposed breach in 16 Tishreen dam, caused by the flow of water over the top, where the predicted of breach that leading to collapse is done and determine its characteristics, namely: High, width, time required to development of the breach, the maximum flow out of it, and also generate flood maps that represent the limits of the spread of flood wave downstream, in addition to suggest a simplified plan for the evacuation

Results led to the flooded wave caused by the collapse hurtling loaded discharge about  $54631 \text{ m}^3/\text{sec}$ , causes a wall of water with 17 meters high moves through the downstream river with 14 m/sec speed, the wave spread over  $45.24 \text{ km}^2$ , causing submerge for 7 villages the most important of it Stkhers and Rodo which are completely submerged, and 30 economical facility the most important of it industrial area that also completely submerged, the water depths ranged from 2 to 17 meter, which causing heavy casualties and damage about 30000 people, and more than 7000 people are expected to die, unless the actual preparations of emergency plan.

**Keywords:** Floods, Dam Breach, Dam Failure, Dam Collapses, Overtopping Failure, Map Floods, Emergency Plans.

---

\*Associate professor., Department of Water Engineering and Irrigation, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

\*\*Postgraduate Student (Master degree), Department of Water Engineering and Irrigation, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

## مقدمة:

هناك آلاف السدود التي تم إنشاؤها خلال قرون حول العالم وذلك لأغراض مختلفة منها (السيطرة على الفيضانات وهو الغرض الأكثر شيوعاً)، الري، توليد الطاقة الكهربائية، إمدادات المياه والترفيه... الخولكن أيضاً هناك مئات السدود التي تزهار بسبب التدفقات العالية في الأنهار والعواصف المطرية وغير ذلك، والتي يسبب انهيارها عواقب كارثية في مناطق مختلفة من العالم، فالفيضان الناتج عن انهيار سد ما، لا مفر من تأثيره المدمر على الممتلكات والبنى التحتية، لكن الخسائر في الأرواح يمكن أن تختلف بشكل كبير حسب امتداد الغمر، والأعماق الحاصلة، وسرعة التدفق وكذلك نسبة السكان المعرضين للخطر، ومقدار الوقت المتاح للتحذير والإخلاء. ولهذا السبب أصبح تطوير نماذج انهيار السد وإعداد خرائط الغمر لتقييم المخاطر الناجمة عن الفيضانات الحاصلة ضرورة أساسية لتقليل الخسائر البشرية والأضرار الاقتصادية ورسم السياسات العمرانية [1].

في هذا البحث وبدلاً من التركيز على منهجيات تقدير وخفض احتمال حدوث فشل في هيكل السد، فإننا نقترح نهجاً لمواجهة فشل السد، وذلك من خلال خفض العواقب الناتجة، على الرغم من أن وقوع الفشل أو الانهيار غير مرجح الحدوث في أي سنة كانت، ولكن في حال حدث ذلك فإنه سيكون كارثي للغاية، ولهذا تم اقتراح تحليل انهيار افتراضي لسد 16 تشرين المقام على نهر الكبير الشمالي، حيث سنفترض حدوث عاصفة مطرية أدت إلى تدفق الماء من فوق قمة السد، وبالتالي تشكل خرق في جسم السد أدى إلى الانهيار، علماً أن تشكل الخرق في السد هو عملية معقدة تعتمد على عوامل مختلفة (هيدروليكية وهيدرولوجية وكذلك جيوتكنيكية)، ومن الصعب جداً التنبؤ بآلية حدوثها [2]، لذلك سنقوم بافتراض منهج لتشكيل الخرق المفترض ومن ثم نقوم بنمذجة الانهيار وإعداد خرائط الغمر باستخدام نموذج (Dambrc) المتاح في برنامج mike11.

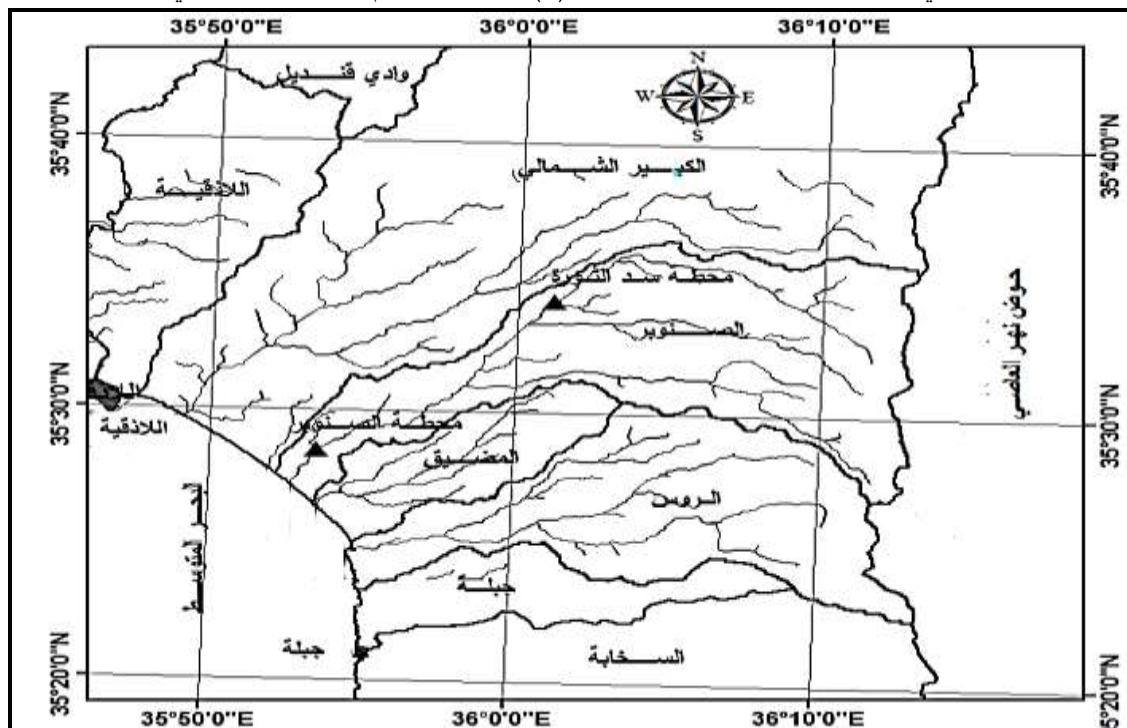
## أهمية البحث وأهدافه:

يهدف البحث إلبناء نموذج انهيار السد، والتنبؤ ببارامترات الخرق المتشكل والتدفق الأعظمي الخارج منه، وكذلك الزمن اللازم لتطور الخرق وانهيار السد بالكامل، من أجل وضع خرائط الغمر لمعرفة المناطق المتضررة وتقدير الآثار المترتبة على الفشل في مختلف مناطق المجرى، كالحصول على قيم منسوب الماء وكذلك قيم الغزارات والسرعات الحاصلة في مختلف مواقع النهر، وذلك تبعاً لتشكيل الخرق المتشكل ومنسوب قاعه النهائي في جسم السد، الأمر الذي يساهم في وضع حجر الأساس الذي يمكن الاعتماد عليه في إعداد خطط الطوارئ والإنذار المبكر والتخطيط المسبق للإخلاء وذلك للحد من الخسائر البشرية والاقتصادية المحتملة، والمساهمة في رسم السياسات العمرانية، ودعم اتخاذ القرار عند تحديد المنشآت الهامة في المناطق الواقعة خلف السد.

## موقع منطقة البحث

ينبع نهر الكبير الشمالي من جبل أنطاليا في لواء اسكندرون عنى ارتفاع ( 1600 m ) فوق سطح البحر، في القسم الأول من جريانه يسيل النهر من الشمال إلى الجنوب وبعدئذ يغير اتجاهه نحو الجنوب الغربي ويصب في البحر المتوسط جنوب مدينة اللاذقية مباشرة، ويتحدد بخطوط الطول والعرض التي تمر من أبعد نقاط الحوض، وتقع أبعد نقطة لحوض نهر الكبير الشمالي في الجهة الشمالية على خط العرض (  $35^{\circ}40'00''$  ) وأبعد نقطة من الجهة الجنوبية تقع على خط العرض (  $35^{\circ}29'00''$  ) شمال خط الاستواء ومن الجهة الشرقية أبعد نقطة تقع على خط

الطول (  $36^{\circ}10'00''$  ) ومن الجهة الغربية أبعد نقطة تقع (  $35^{\circ}48'00''$  ) شرق خط غرينتش. أما بالنسبة لموقعه بالنسبة للسلاسل الجبلية فإنه يقع على السفوح الغربية لسلسلة الجبال الساحلية السورية، وتفصل القمم الجبلية وخط الفاصل المائي حوض نهر الكبير الشمالي عن حوض نهر العاصي شرقاً ويمتد حوض نهر الصنوبر على الحدود الجنوبية لحوض الكبير الشمالي الشكل (1). ويقع سد 16 تشرين على نهر الكبير الشمالي، يبلغ طول السد (915m) وهو مزود بمنشآت لتصريف المياه هي البحر، وهو سد ركامي مقام على نهر الكبير الشمالي، يبلغ طول السد (915m) وهو مزود بمنشآت لتصريف المياه هي امفيض جانبي مزود بثلاث بوابات تصريفه الأعظمي  $1911 \text{ m}^3 / \text{sec}$ ، ومفيض قمعي يبلغ منسوبه ( 74.65m ) وتصريفه الأعظمي  $1030 \text{ m}^3 / \text{sec}$ ، ويبيّن الجدول (1) مواصفات جسم السد والخزان المائي لسد 16 تشرين.



الشكل (1) موقع منطقة البحث.

الجدول (1): مواصفات جسم السد والخزان المائي لسد 16 تشرين.

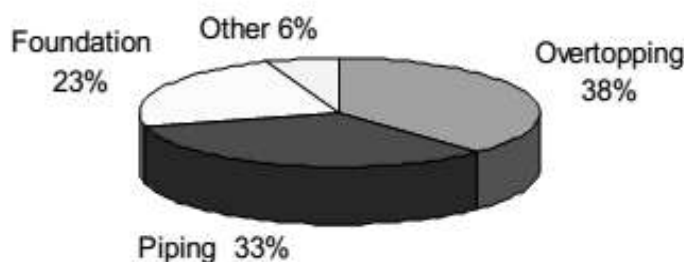
مواصفات جسم السد	
نوع السد	سد ركامي
ارتفاع السد	52m
منسوب القمة	82.34 m
طول قمة السد	915 m
عرض القمة	12 m
منسوب سطح الماء الأعظمي	79 m
منسوب سطح الماء الطبيعي	76.5 m
حجم التخزين الأعظمي عند المنسوب الأعظمي	276.7 مليون م <sup>3</sup>
حجم التخزين الطبيعي عند المنسوب الطبيعي	234.55 مليون م <sup>3</sup>

## طرائق البحث ومواده:

يعتمد تنفيذ البحث على تطبيق معادلات تشانغ 2009 واستخدام الثوابت الخاصة بالانهيار الناتج عن تدفق الماء من فوق قمة السد، وذلك للتنبؤ بخصائص الخرق المسبب لانهيار والغزارة الخارجة منه، ومن ثم استخدام البرمجيات في بناء نموذج لانهيار السد تبعاً للخرق المفترض والقيام بعملية المحاكاة لحادثة الانهيار بالاعتماد على الخرائط الجيولوجية والطبوغرافية بمقاييس مختلفة، وكذلك الاعتماد على المعطيات المرتبطة بالسد والخزان والمجرى المائي، والبرمجيات المستخدمة هي: نظام المعلومات الجغرافية Arc GISMike11، Google Earth.

### 1. معادلات زهانك 2009 Equations Zhang 2009

نموذج الفشل يتصل بشكل مباشر مع نوع السبب المؤدي لانهيار وكذلك نوع السد [2] ، وبعد البحث في انهيار السدود تبعاً للأسباب تم التوصل إلى نتيجة مفادها أن 38% من حالات الفشل حول العالم ناتجة عن تدفق المياه فوق قمة السد مباشرة (التآكل الخارجي)، و 23% من الفشل بسبب مشاكل الأساس مثل التسرب المفرط، زيادة ضغط المسام، التآكل الداخلي وغيرها، و6% من الحالات تعود إلى عيوب تصميمية أو تنفيذية أو الزلازل أو التخريب، و33% نتيجة التسرب أو الفشل الأنبوبي على طول القنوات الداخلية للسد الشكل (2).



الشكل (2) أسباب انهيار السدود .

يحصل التآكل الخارجي نتيجة تسرب الماء فوق جسم السد أو قمة السد، ويمكن أن يعود ذلك إلى ما يلي:

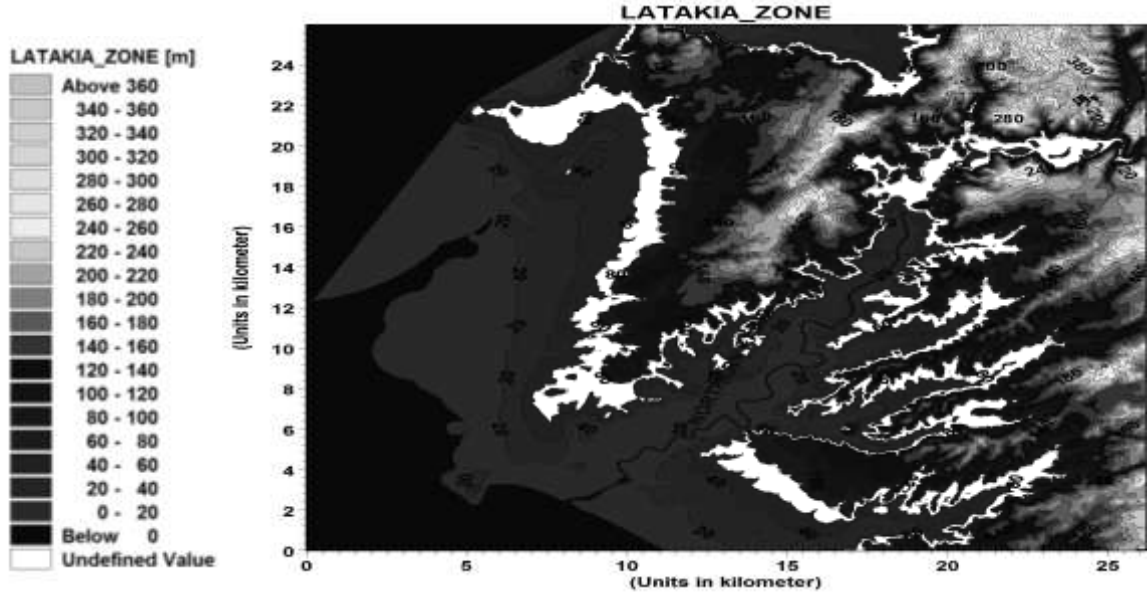
- 1 - قدرة المفيض غير كافية.
- 2 - انسداد المفيض كلياً أو جزئياً.
- 3 - تناقص قدرة السد التخزينية.
- 4 - نزوح المياه بسبب زلزال ضخم.

في حال هطول الأمطار الغزيرة يزداد منسوب المياه على الفور في السد، وعندما يتجاوز هذا المنسوب قدرة التصريف القصوى للمفيض تتدفق المياه فوق قمة السد، وهذا يسبب انزلاقه نتيجة للتآكل الخارجي، وبمجرد أن يبدأ الخرق بالتشكل مع وجود منسوب عالي للمياه في بحيرة السد، فإن هذا الخرق سوف يستمر بالتطور، وأي جهد يتم بذله لإنقاذ التطور سيكون مستحيلًا، فحتى لو لم ينهار السد بسبب التدفق البسيط فوق القمة، فإنه سيهدد بفيضان خطير كما في سد فايونت بإيطاليا، فالإفراج السريع عن المياه من أجل خفض منسوب الخزان إلى الحدود الآمنة يمكن أن يكون مصدر قلق كبير في مناطق المصب [3].

الافتراض الأساسي في هذا السيناريو هو حدوث أمطار وعواصف أدت إلى وصول كميات كبيرة من المياه إلى بحيرة السد، وأن المفيض القمعي غير كافي لتصريفها، كما أن بوابات المفيض لا يمكن فتحها بالشكل الأمثل عندما يدخل التدفق الفيضاني الكارثي إلى بحيرة السد، هذا قد يكون بسبب خلل في أي جزء من أجزاء البوابة الشعاعية، أو بسبب جهل الموظفين المسؤولين عن تشغيل البوابات وما إلى ذلك، مما سيؤدي إلى ارتفاع منسوب المياه أمام السد بشكل كبير وتدفقها من فوق قمة السد. أو يمكننا الافتراض أنه قد سقط في بحيرة السد كتلة صخرية أو قذيفة تخريبية- في ظل الظروف الراهنة التي تمر بها سوريا- قد أدت إلى موجات عالية من المياه تدفقت من فوق قمة السد. في هذه الحالة ومن المفترض أن يكون سطح الماء الأولي مساوياً لمنسوب قمة السد وهو ( 82.34 m )، حيث تتم الدراسة تحت أقصى الظروف الهيدرولوجية، والتي بدورها ستسبب أكثر الظروف الفيضانية سلبية وتدمير، ومن الأفضل إضافة 0.2 m فوق منسوب القمة [4]، وبالتالي سيكون منسوب سطح الماء 82.54 m وستكون الغزارة الخارجة من السد قبل حدوث الانهيار هي أقصى غزارة يمررها المفيض القمعي  $1030m^3/sec$  على اعتبار بوابات المفيض الجانبي لم تعمل، وسيكون حجم التخزين 276.6 مليون متر مكعب وبناء على هذه الحالة يتم حساب بارامترات الخرق المفترض باستخدام معادلات زاهانك كما سنبين لاحقاً.

## 2. نظام المعلومات الجغرافية GIS

تستخدم أنظمة المعلومات الجغرافية للقيام بمختلف عمليات النمذجة السطحية والتحليل، وللتعامل مع الخرائط والبيانات المتوافرة كافة، وقد تم الاستفادة منه في هذا البحث بتوليد نموذج رقمي لمناسيب الأرض الطبيعية في منطقة الدراسة (DEM)، عن طريق الدمج بين المخطط الطبوغرافي بمقياس ( 1/ 50000 ) الموضوع من قبل الهيئة العامة للمساحة مع المقاطع العرضية لمجرى النهر، وبالتالي إنتاج طبقة الـ ( DEM ) التي تمثل طبوغرافياً منطقة الدراسة ومجرى النهر بالكامل الشكل (3).

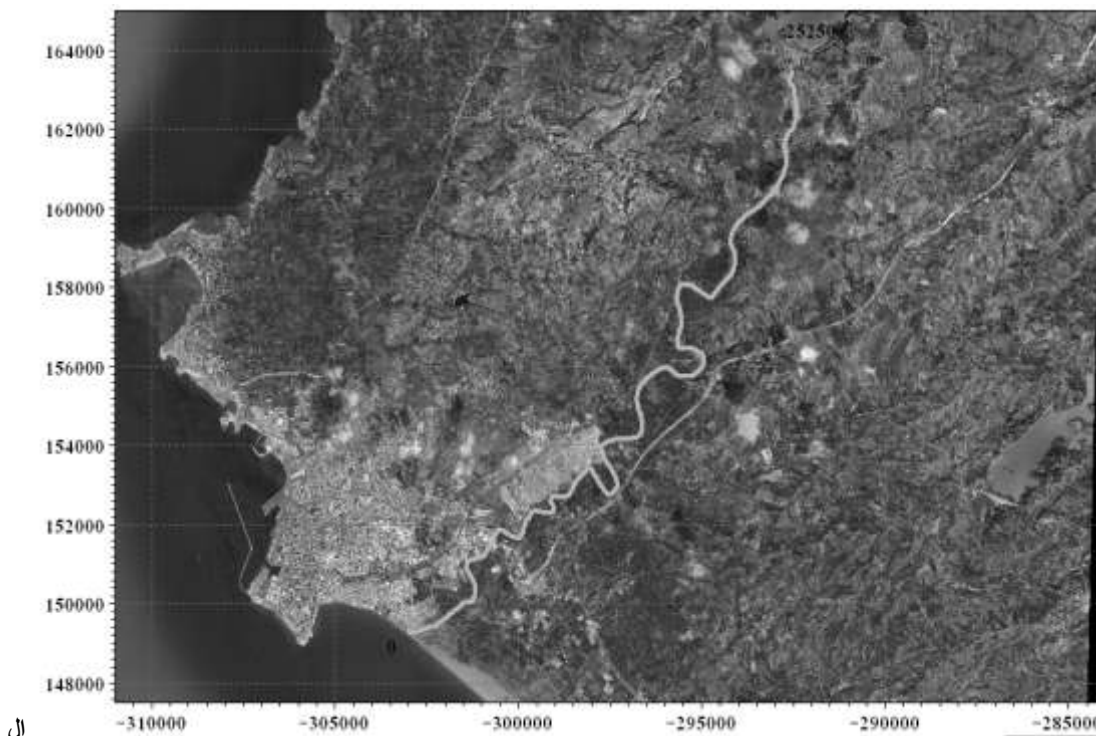


الشكل (3) مخطط طبوغرافي لمنطقة الدراسة على شكل ملف (DEM).

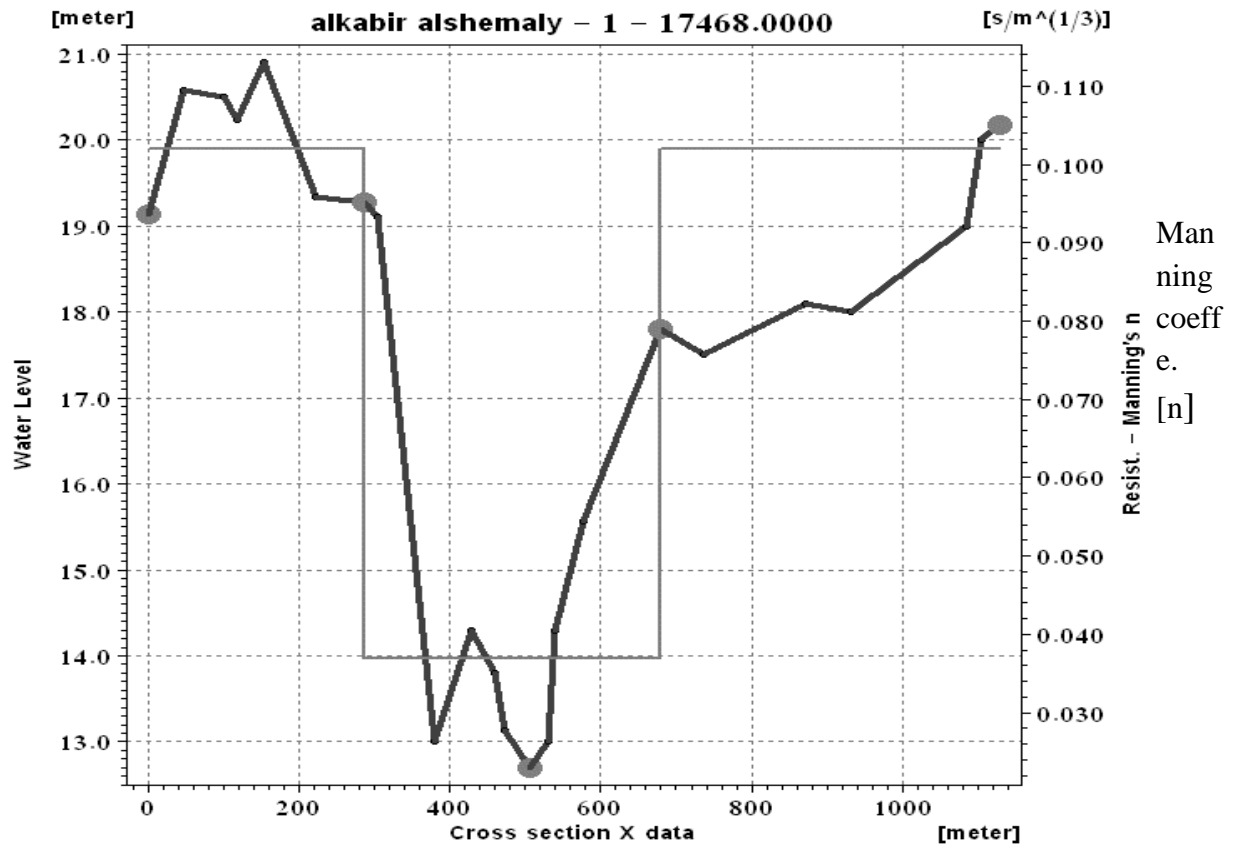
### 3. برنامج Mike 11

هو برنامج هندسي احترافي في النمذجة للجريان أحادي البعد وثنائي البعد (في مصب النهر، ومجرى النهر، وأنظمة الري المختلفة، وتصميم القنوات)، ويستخدم للأنظمة البسيطة والمعقدة، ويعتمد البرنامج في حل المسائل على ثلاث مراحل هي: مرحلة الإدخال، مرحلة الحل، مرحلة الإخراج [5] حيث تتم مراحل العمل كما يلي:

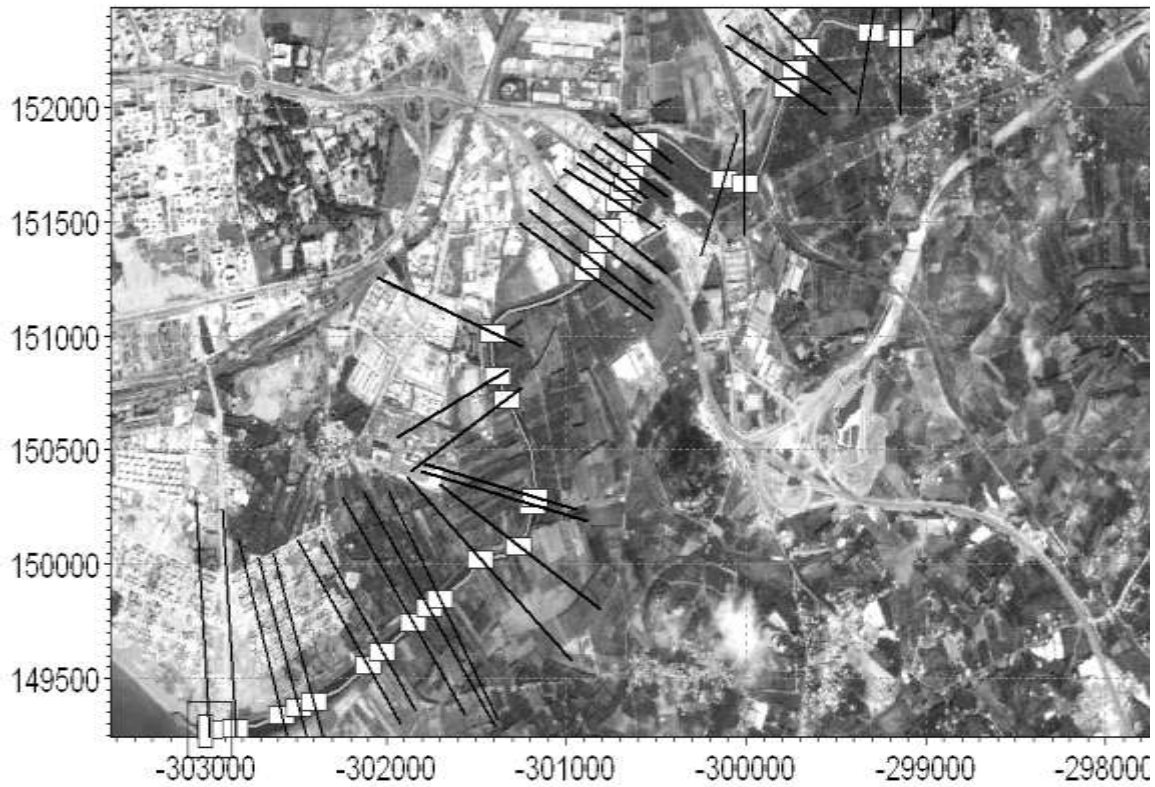
نقوم ببناء النموذج حيث يتم رسم النهر في بيئة البرنامج الشكل (4)، وإدخال المقاطع العرضية للمجرى المائي حيث تم ادخال 80 مقطع على طول المجرى ويبين الشكل (5) المقطع العرضي عند المسافة التراكمية 17468 m حيث تظهر قيم معامل مايننغ لكل من ضفاف المقطع وقاعة على المحور الأيمن وقيم المناسيب على المحور الأيسر، ومن ثم نقوم بدمج المقاطع العرضية مع مجرى النهر الشكل (6)، كذلك يتم تحديد الشروط الطرفية الحاكمة حيث يتم اعتبار الشرط الطرفي الأول هو مصب النهر في البحر ذو المنسوب 0m، والمسافة التراكمية 0m أيضاً، و الشرط الآخر منشأة السد باعتباره معرض للانهدام حيث يتم تمثيل ذلك عن طريق تحديد السلسلة الزمنية للغزارة الخارجة من الخرق المتشكل وكذلك السلسلتين الزمنيتين لكل من عرض الخرق وارتفاعه، والتي يتم حسابها في البرنامج بالاعتماد على معادلات زاهانك، ومن ثم يتم البدء بعملية المحاكاة حيث يتم معالجة البيانات وتحليلها وكذلك لإعطاء النتائج.



شكل (4): مسقط أفقي للنهر على خلفية صورة جوية لمنطقة الدراسة.



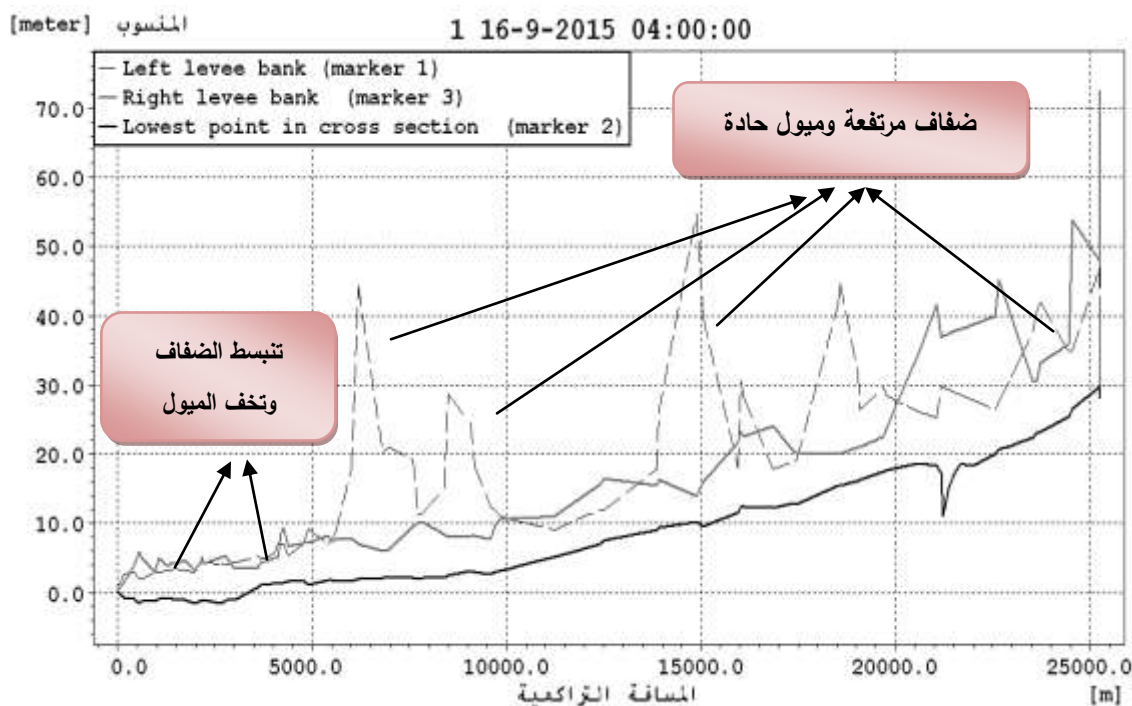
الشكل (5): المقطع العرضي رقم 62 عند المسافة التراكمية 17468m.



الشكل (6): مجرى النهر وقد ظهرت عليه المقاطع العرضية بعد بدء المحاكاة.



ويبين الشكل (7) المقطع الطولي لمجرى النهر قبل بدء المحاكاة حيث تظهر الضفة اليسرى بخط منقط، والضفة اليمنى بخط مستمر، وقاع المجرى بخط غامق مستمر، حيث نلاحظ أن النهر في الجزء العلوي يقع في وادي شديد الانحدار بين صفتين مرتفعتين، وتصبح الميول خفيفة في المناطق قرب المصب.



الشكل (7) المقطع الطولي لمجرى النهر قبل بدء المحاكاة،

## النتائج والمناقشة:

### 1. التنبؤ ببارامترات الخرق Prediction Breach Parameters

أولاً حساب ارتفاع الخرق النهائي:

$$\frac{Hb}{Hd} = 0.453 - 0.025 * \left(\frac{Hd}{Hr}\right) + DT + FM + ER$$

حيث: **Hb**: ارتفاع الخرق النهائي بالمتر.

**Hd**: ارتفاع السد بالمتر.

**Hr**: يعتبر ارتفاع مرجعي للتمييز بين السدود الصغيرة والكبيرة ويساوي **15 m**.

**DT**: ثابت يتعلق بنوع السد، ويأخذ عدة قيم **0.145** في حال سد مزود 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 التدفق من

فوق القمة، **0.239** للفشل الأنبوبي.

**ER**: ثابت يتعلق بالسعة التخزينية للسد، وتأخذ القيمة **0.254** في حال القدرة عالية، **0.168** في

حال القدرة متوسطة، **0.031** في حال القدرة منخفضة.

$$\frac{Hb}{52} = 0.453 - 0.025 * \left(\frac{52}{15}\right) + 0.145 + 0.218 + 0.168$$

$$Hb = 46.708 m$$

وهو ارتفاع الخرق المتشكل ، وبالتالي منسوب قاع الخرق يساوي :

$$Hb = 82.34 - 46.708 = 35.631 m$$

ومن ثم يتم حساب البارامترات الموافقة لهذا الارتفاع وتمثيلها على الشكل (8).

ثانياً عرض الخرق الوسطي:

$$\frac{Bav}{Hb} = 0.787 * \left(\frac{Hd}{Hr}\right)^{0.133} * \left(\frac{Vw^{1/3}}{Hw}\right)^{0.652} * e^{B3}$$

حيث:

**Bav**: هو العرض الوسطي للخرق بالمتر .

**Vw**: هو حجم الماء في الخزان لحظة فشل السد بالمتر المكعب.

**Hb**: ارتفاع الخرق النهائي بالمتر .

**Hd**: ارتفاع السد بالمتر .

**Hr**: يعتبر ارتفاع مرجعي للتمييز بين السدود الصغيرة والكبيرة ويساوي 15m .

**Hw**: ارتفاع الماء فوق منسوب قاع الخرق لحظة الفشل .

**B3**: معامل يتعلق بخصائص السد وقيمه تساوي:

$$B3 = DT + FM + ER$$

**DT**: ثابت يتعلق بنوع السد ويأخذ قيمة 0.041 في حال سد مزود بنواة كتيمية ، والقيمة 0.026 في حال

السدود المزودة بوجه بيتونية، والقيمة 0.226 للسدود الركامية.

**FM**: ثابت يتعلق بنموذج الفشل ويأخذ القيمتين 0.149 للفشل الناتج عن التدفق من فوق

القمة، ويساوي 0.389 للفشل الأنبوبي.

**ER**: ثابت يتعلق بالسعة التخزينية للسد ويأخذ القيمة 0.291 في حال القدرة عالية، 0.140 في حال القدرة

متوسطة، 0.391 في حال القدرة منخفضة، وبالتالي:

$$\frac{Bav}{46.708} = 0.787 * \left(\frac{52}{15}\right)^{0.133} * \left[\frac{(276.6 * 10^6)^{1/3}}{46.869}\right]^{0.652} * e^{-0.032}$$

$$Bav = 233.65 m$$

وهو العرض الوسطي للخرق المؤدي للانهيار .

ثالثاً حساب عرض الخرق من الأعلى:

$$\frac{Bt}{Hb} = 1.062 * \left(\frac{Hd}{Hr}\right)^{0.092} * \left(\frac{Vw^{1/3}}{Hw}\right)^{0.508} * e^{B2}$$

**Bt**: هو عرض الخرق من الأعلى بالمتر .

$$B2 = DT + FM + ER$$

**DT:** ثابت يتعلق بنوع السد و يأخذ عدة قيم 0.061 في حال سد مزود بنواة كتيمية، 0.088 للسدود المزودة بوجه بيتونية، 0.089 للسدود الركامية.

حيث:

**FM:** ثابت يتعلق بنموذج الفشل ويأخذ القيمتين 0.299 للفشل الناتج عن التدفق من فوق القمة، ويساوي 0.239 للفشل الأنبوبي.

**ER:** ثابت يتعلق بالسعة التخزينية للسد ويأخذ القيمة 0.411 في حال القدرة عالية، والقيمة 0.062 في حال القدرة متوسطة، والقيمة 0.289 في حال القدرة منخفضة، وبالتالي:

$$\frac{Bt}{46.708} = 1.062 * \left(\frac{52}{15}\right)^{0.092} * \left(\frac{(276.6 * 10^6)^{1/3}}{46.869}\right)^{0.508} * e^{0.298}$$

$Bt = 282.733 m$  وهو عرض قمة الخرق.

رابعاً حساب الزمن اللازم لحدوث الانهيار:

$$\frac{Tf}{Tr} = 0.304 * \left(\frac{Hd}{Hr}\right)^{0.707} * \left(\frac{Vw^{1/3}}{Hw}\right)^{1.228} * e^{B5}$$

**Tf:** هو الزمن اللازم لتشكيل الخرق وانهيار السد بالكامل مقدراً بالساعة.

**Tr:** هو زمن ساعة واحدة.

$$B2 = DT + FM + ER$$

**DT:** ثابت يتعلق بنوع السد و يأخذ القيم -0.327 في حال سد مزود بنواة كتيمية ، 0.647 - للسدود المزودة بوجه بيتونية، 0.189 - للسدود الركامية .

**FM:** ثابت يتعلق بنموذج الفشل ويأخذ القيمة 0.579 للفشل الناتج عن التدفق من فوق القمة ، ويساوي 0.611 للفشل الأنبوبي.

**ER:** ثابت يتعلق بالسعة التخزينية للسد ويأخذ القيمة 1.205 - في حال القدرة عالية ، والقيمة 0.564 - في حال القدرة المتوسطة ، و 0.579 في حال القدرة المنخفضة، وبالتالي:

$$\frac{Tf}{1} = 0.304 * \left(\frac{52}{15}\right)^{0.707} * \left[\frac{(276.6 * 10^6)^{1/3}}{46.869}\right]^{1.228} * e^{-1.47}$$

$Tt = 4.26 Hour$  وهو الزمن اللازم لحدوث الانهيار بالكامل.

خامساً حساب التدفق الأعظمي الخارج من الخرق:

$$\frac{Q}{\sqrt{g * Vw^{5/3}}} = 0.175 * \left(\frac{Hd}{Hr}\right)^{0.199} * \left(\frac{Vw^{1/3}}{Hw}\right)^{-1.247} * e^{B4}$$

**Q:** هو التدفق الخارج من الخرق، مقدراً بالمتراً مكعب في الثانية.

**g:** تسارع الجاذبية الأرضية، م/ثا<sup>2</sup>

$$B4 = DT + FM + ER$$

**DT**: ثابت يتعلق بنوع السد و يأخذ القيمة **0.503** - في حال سد مزود بنواة كتيمية، والقيمة **0.591** - للسدود المزودة بوجوه بيتونية، والقيمة **0.649** - للسدود الركامية.

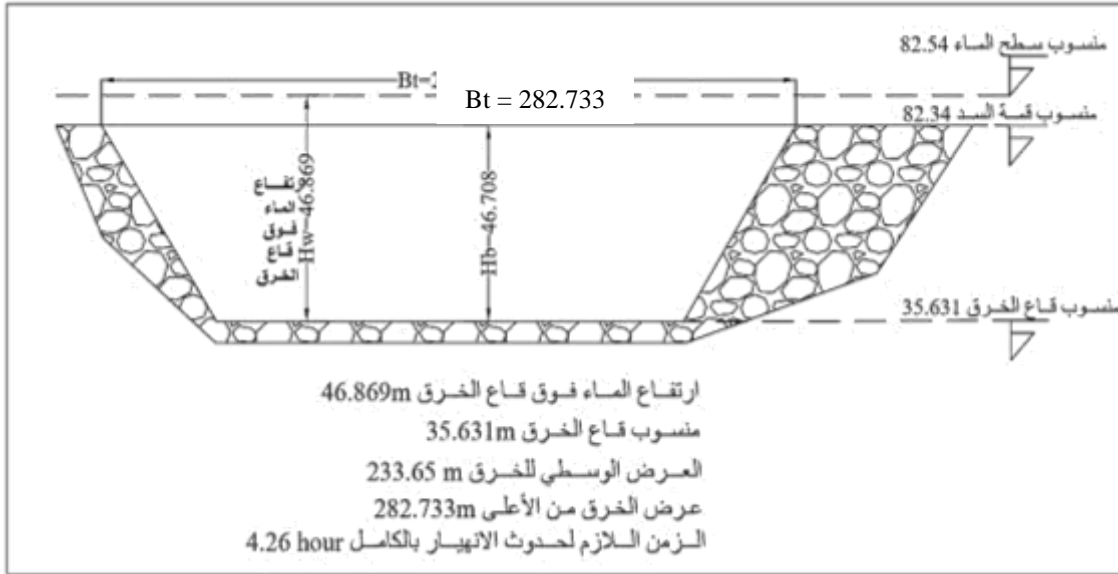
**FM**: ثابت يتعلق بنموذج الفشل ويأخذ القيمتين التاليين **0.705** - للفشل الناتج عن التدفق من فوق القمة، ويساوي **1.029** - للفشل الأنثوي.

**ER**: ثابت يتعلق بالسعة التخزينية للسد و يأخذ القيمة **0.007** - في حال القدرة عالية ، والقيمة **0.375** - في حال القدرة المتوسطة، والقيمة **1.362** - في حال القدرة المنخفضة، وبالتالي :

$$\frac{Q}{\sqrt{9.8 * (276.6 * 10^6)^{5/3}}} = 0.175 * \left(\frac{52}{15}\right)^{0.199} * \left[\frac{(276.6 * 10^6)^{1/3}}{46.869}\right]^{-1.274} * e^{-1.583}$$

وهو التدفق الخارج من الخرق في لحظة انهيار السد.  $Q = 54630.962 \text{ m}^3 / \text{sec}$

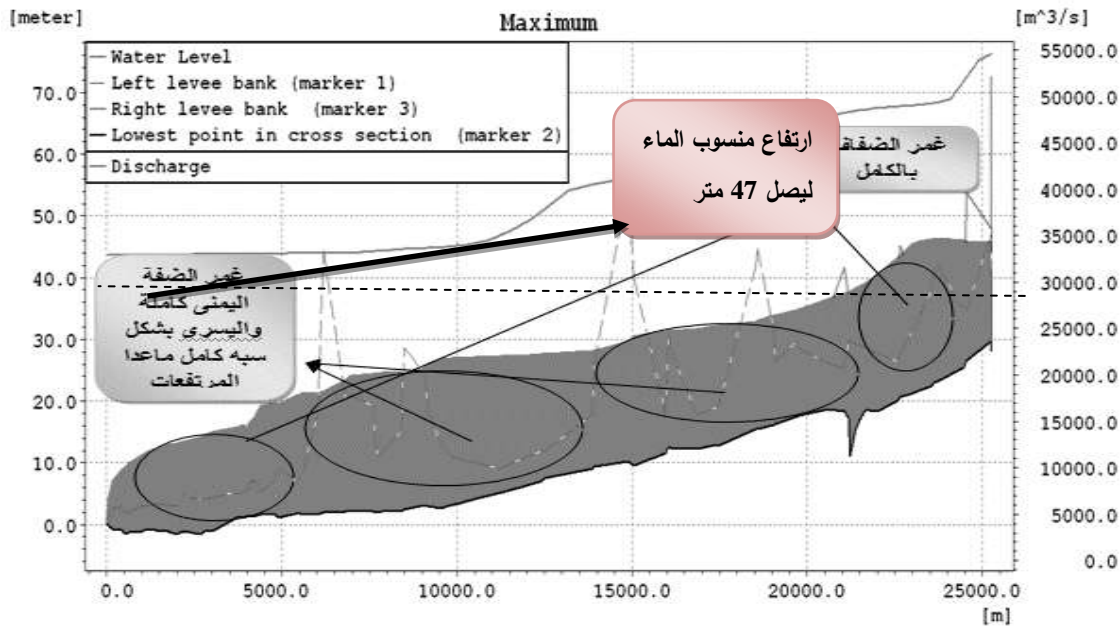
بعد أن تم حساب كافة بارامترات الخرق نقوم بتمثيلها على الشكل (8)



الشكل(8) شكل تخطيطي للصيغة الأولى للخرق .

## 2. تغيرات المقطع الطولي Longitudinal section changes

ينتج عن الانهيار موجة فيضانية كبيرة جدا تنتقل عبر المجرى مسببة تغير منسوب الماء في المقطع الطولي، حيث كان منسوب المياه في مجرى النهر خلف السد مباشرة عند النقطة ذات المسافة التراكمية 25250m قبل الانهيار 30.34 m ووصل الى 47m بعد حدوث الانهيار، مما سبب جدار مائي بارتفاع 17 m يسافر عبر المجرى بسرعة 14m/sec مخلفا مناسيب عالية جدا للمياه ومساحات واسعة جدا من الغمر ووقتنا ضيقا للإخلاء مما ينبئ بخسائر فادحة في الأرواح والاقتصاد، ويبين الشكل (9) المنسوب الأعظمي وكذلك الغزارة الأعظمية الحاصلين في كل نقطة من نقاط المقطع الطولي بعد حدوث الانهيار حيث يمثل المحور الأيمن قيم الغزارات الأعظمية والمحور الأيسر قيم المناسيب .



الشكل (9) مناسيب المياه الأعظميه في مختلف نقاط المقطع الطولي المقطع الطولي .

### 3. خرائط الغمر Flood Maps

يتم تعريف خريطة الغمر على أنها حدود الغمر التي ترسمها ضفاف المجرى المائي نتيجة حدوث الانهيار وانتقال الموجة الفيضانية عبر المجرى، وهي مرتبطة بطبيعة المجرى وبخصائص الحوض الساكن وبمواصفاته [6]، حيث سنوضح في الأشكال (10-15) خريطة الغمر الأعظمية الناتجة، والمناطق التي تم غمرها. تدفع الموجة الفيضانية الناتجة عن الانهيار محملة بغزارة  $54631 \text{ m}^3 / \text{s}$  مما يسبب خسائر فادحة في الممتلكات وأضرار جسيمة في البنى التحتية حيث يتم غمر مناطق ومنشآت هامة، وهي بحسب ترتيب مواقعها من جسم السد كما يلي: جسر خان عطا الله - تجمع سكني عند مفرق جبريون - مداجن حكومية في جبريون - تجمع سكني عند مفرق قسمين - مفرق عين اللبن - تجمعين سكنيين عند مفرق الجنديرية - تجمع سكني عند العمرونية - سكة حديد اللاذقية حلب - قرية روضو - تجمع سكني عند رويسة الحرش - قرية اليغصنة - قرية ستخيرس - قرية الشلفاطية - مديرية المطاحن - محطة تحويل الكهرباء - مستودعات سادكوب - مدرسة السواقية - كراج الحجز - دوار المنطقة الصناعية - مديرية الموارد المائية - الشركة العامة لصناعة المحركات - المنطقة الصناعية - سوق الهال - شركة النسيج - شركة سادكوب - دوار حلب - شركة العلي - إدارة التجنيد - جسر اللاذقية بانياس - جسر أوتوستراد اللاذقية طرطوس - مفرق الحفة - تجمع سكني حول طريق اللاذقية الحفة - سكة حديد اللاذقية طرطوس - معمل حديد حميشو - معمل سيارات حميشو - معمل الأخشاب - مديرية النقل - مستودعات مديرية النقل - معسكر الشهيد اسكندر ديب للتدريب الجامعي - الجزء الجنوبي من جامعة تشرين - معامل شركة الجود - محطة وقود الجامع - بساتين الحمضيات والبيوت البلاستيكية على جانبي النهر - اليهودية - تجمع شاليهات أوعاريت في الرمل الجنوبي - الضاحية الجنوبية - مساحات واسعة من قرية البصة. وتراوحت أعماق الغمر في تلك المناطق من (2) وحتى (17) متر، وانتشرت المياه على مساحات واسعة جداً قدرت بحوالي (45.22 kn) كان منها (30.58 kn) أراضي زراعية، وتضرر حوالي (30000) شخص وأكثر من (7000) شخص من المتوقع أن يلقوا حتفهم بفعل الانهيار ما لم يتم الإنذار والتخطيط للإخلاء بشكل مسبق، وتوضح مناطق الغمر في الأشكال (10 - 16).



الشكل (10): خريطة الغمر الناتجة عن الانهيار لكامل المجرى.



الشكل (11): خريطة الغمر الناتجة عن الانهيار ابتداءً من جسم السد وحتى مفرق قسمن.









الشكل (16): خريطة الغمر الناتجة عن الانهيار من مديرية النقل وحتى البحر.

#### 4. نموذج لخطة إخلاء مقترحه Model for Proposed Evacuation Plan

بالاستناد إلى الخرائط السابقة تم اقتراح خطة إخلاء مبسطة كما يلي: من خلال أجهزة المراقبة والتحكم الموجودة في السد يتم ضبط مناسيب المياه في البحيرة، كما يتم تحسس خطر فقدان السيطرة على مناسيب المياه واحتمال انهيار السد، ففي حال تدفق المياه من فوق قمة السد يقدر احتمال حدوث الانهيار خلال 72 ساعة بدءاً من لحظة مرور المياه فوق القمه، وهو احتمال قائم في أي لحظة كانت، وعندها يتم اخبار مركز الطوارئ المحافظ فور ملاحظة المناسيب العالية حيث يتم تجهيز الآليات اللازمة لتطبيق خطط الإخلاء، واستتفار العناصر والاستعداد لاحتمالات وقوع الكارثة، وفي حال بدء تشكل خرق في السد يتم تشغيل أجهزة الإنذار وصفارات التنبيه والاتصال بالإذاعات المحلية والتلفزيون لوصول التحذير إلى أكبر عدد من الناس القاطنين في المناطق المعرضة للغمر والذين يجب أن يتم نقلهم بأسرع ما يمكن إلى مناطق آمنة ضمن الزمن المتاح للتحذير والإخلاء [8][7]، كما يلي: يتم تحديد المواقع المرتفعة والأكثر أماناً من مياه الغمر وكذلك الأقرب للمناطق السكنية المعرضة لخطر المياه واختيارها كنقاط تجمع مركزية أو مراكز للإيواء في حال حدوث انهيار في السد [9] وهي على الضفة اليسارية للنهر: (تلة عند مفرق جبريون، تلة بركات، مركز قرية الدامات، مركز قرية جبريون، مركز قرية بدميون، التلال العالية من رويسة الحرش، التلال العالية في قرية الشلفاطية، تلة على طريق الحياني، قرية الشير، مركز قرية البصة). وعلى الضفة اليمينية للنهر: (قسمين، الكنيسات، الجريمية، مركز قرية الجنديرية، مركز قرية عين اللب، التلال العالية فوق العمرونية، التلال العالية من قرية روضو، على الطريق المؤدي إلى سقوبين، على الطريق المؤدي إلى سنجوان، عند مشروع البعث، عند مدخل اللاذقية )، كما تم رسم المسارات الأقصر المؤدية من مراكز التجمعات البشرية إلى نقاط التجمع المركزية مع مراعاة الطرق الريفية المعبدة بين القربو لذلك لتأمين الوصول الى مراكز الإيواء بأمان خلال الزمن المتاح، وتم توضيح نقاط التجمع والمسارات في الأشكال الواردة أعلاه.

حيث يتم ترتيب المناطق التي سيتم إخلؤها تبعاً للزمن اللازم لوصول المياه إليها، فيكون الزمن المتاح لإخلاء كل منطقة هو الوقت المنقضي ابتداءً من لحظة سماع التنبيه وحتى لحظة وصول المياه إلى تلك المنطقة، على أن يبدأ التنبيه يتم لحظة خروج المياه من جسم السد وبدء تشكل الخرق كما يلي:

بافتراض أن المياه ستتدفق من فوق قمة السد عند الساعة 4 صباحاً حيث يتم بدء المحاكاة، يكون من المتوقع أن يتم تشكل الخرق وتطوره وخروج التدفق الأعظمي منه بعد مرور 15 دقيقة من تدفق الماء فوق قمة السد، وتصل الموجة الفيضانية الأعظمية إلى أول تجمع سكني عند مفرق جبريون بعد مرور 5 دقائق من خروج التدفق الأعظمي وكذلك تصل في الوقت نفسه إلى كل من تجمع مفرق قسامين و المداجن الحكومية المتاخمة له المتواجد بين على الضفة المقابلة، وهذا يوفر زمن إخلاء مدته ( 20 ) دقيقة على اعتبار أن لحظة إطلاق صفارات الإنذار والتنبيه هي نفس لحظة بدء تدفق الماء فوق قمة السد، وهو زمن قصير جداً لإخلاء المنطقة باتجاه مراكز الإيواء، حيث يتم إخلاء سكان تجمع مفرق جبريون إلى التلة المقابلة على السفح الجبلي عبر الطريق الرئيسي حلب-اللاذقية القديم، أو باتجاه تلة بركات عبر طريق جبلي، أو باتجاه الدامات الآمنة من الغمر عبر طريق يربط القريتين. ويتم إخلاء تجمع مفرق قسامين والمداجن الحكومية على الضفة المقابلة باتجاه نقطة تجمع أو مركز إيواء الجريمقية عبر طريق حلب-اللاذقية القديم، علماً أن وصول الموجة الفيضانية إلى مفرق عين اللبن ومفرق الدامات يكون عند الساعة 4:21 ولكن لا يوجد تجمعات سكنية معرضة للغمر في تلك المناطق.

يتمدد الغمر ليصل إلى التجمعين السكنيين مفرق الجنديرية عند الساعة 4:23 وكذلك إلى مفرق بدميون في الوقت نفسه حيث لا يوجد تجمع، وهذا يمنح وقت إخلاء 23 دقيقة فقط ابتداءً من مرور المياه فوق القمة، ليتم إخلاء تجمعي الجنديرية باتجاه نقاط تجمع في كل من مركز قرية عين اللبن عبر الطريق الفرعي الذي يربط عين اللبن مع طريق حلب -اللاذقية القديم، أو إلى نقطة تجمع في مركز قرية الجنديرية عبر الطريق الفرعي الذي يربط الجنديرية بطريق حلب اللاذقية القديم.

عند الساعة 4:26 يصل الغمر إلى العمرونية ويتم غمر التجمع السكني فيها حيث يتم الإخلاء باتجاه نقطة تجمع مركزه على تلال العمرونية أو باتجاه مركز الجنديرية خلال الزمن المتاح وهو 26 دقيقة.

عند الساعة 4:38 يصل الغمر إلى التجمع السكني عند رويسة الحرش، حيث يجب إخلاء السكان باتجاه نقطة تجمع مركزية على طريق ستخيرس-الرويسة ضمن زمن الإخلاء المتاح 38 دقيقة.

ويصل الغمر إلى قرية روضو عند الساعة 4:49 ويتم غمر تجمع سكني كبير جداً، ويجب الإخلاء باتجاه نقطة تجمع على تلال روضو، الزمن المتاح للإخلاء قدره 49 دقيقة وفي الوقت نفسه يبدأ غمر قرية ستخيرس على الضفة المقابلة، حيث يتم الإخلاء باتجاه نقطة تجمع على تلال الشلفاطية أو نقطة تجمع على طريق الحياني.

وعند تمام الساعة 5:00 يمتد الغمر ليشمل مديرية المطاحن ومحطة تحويل الكهرباء ومدرسة السواقة وجزء من المنطقة الصناعية، حيث يتم الإخلاء باتجاه نقطة تجمع على طريق سقوبيناً باتجاه المدينة عبر طريق حلب-اللاذقية القديم، وفي الوقت نفسه يتوسع الغمر على الضفة المقابلة ليغمر تجمعات سكنية كبيرة في قرية الشلفاطية، حيث يتم الإخلاء نحو نقطتي التجمع: نقطة مركز الحياني، نقطة تلال الشلفاطية.

عند الساعة 5:12 يتوسع الغمر ليشمل أغلب تجمعات الشلفاطية، وكذلك ليشمل كراج الحجز والموارد المائية وشركة النسيج وكذلك سوق الهال ومعمل حميشو، حيث يتم الإخلاء باتجاه نقطة تجمع على طريق سنجوان أو باتجاه المدينة عبر طريق حلب-اللاذقية القديم.

عند الساعة 5:27 يتوسع الغمر ليشمل المنطقة الصناعية. بالكامل والمنشآت المحيطة بها، ويتم الإخلاء باتجاه نقطة تجمع على طريق سنجوان أو باتجاه المدينة أو باتجاه نقطة تجمع في مركز قرية البصة.

عند الساعة 5:8 يمتد الغمر ليشمل مديرية النقل وجزء من اليهودية وتجمع شاليهات أوغاريت حيث يتم الإخلاء نحو نقطة تجمع باتجاه المدينة أو باتجاه مشروع البعث.

عند الساعة 5:50 يصل الغمر إلى البصة ويغمر جزء كبير من الأراضي الزراعية فيها، وكذلك أجزاء كبيرة من اليهودية على الضفة المقابلة والجزء الجنوبي من جامعة تشرين، وتنتشر المياه في الرمل الجنوبي لتغمر الضاحية الجنوبية، حيث يتم الإخلاء باتجاه المدينة أو باتجاه نقطة تجمع مشروع البعث.

## الاستنتاجات والتوصيات:

### الاستنتاجات

- 1 - يسبب انهيار سد 16 تشرين موجة فيضانية هائلة بارتفاع 17 m تسافر عبر المجرى بسرعة كبيرة جداً 14 m/sec مما يسبب خسائر فادحة في الممتلكات والبنى التحتية، وتنتشر على مساحة 45 كيلو متر مربع.
- 2 - بلغ أقصى عرض للغمر 6 km على جانبي النهر عند محور الشلفاطية ستخيرس واندفعت المياه لتغمر المناطق على ضفتي نهر القش الذي يرفد نهر الكبير الشمالي في تلك المنطقة، كما بلغ عرض الغمر 3.63 km عند محور الرمل الجنوبي - البصة، و 3.40 km عند محور المنطقة الصناعية، حيث ينتج عن الانهيار غمر 7 قرى و 30 منشأة اقتصادية، ويلحق الضرر بحوالي (30000) شخص وأكثر من (7000) شخص من المتوقع أن يلقوا حتفهم بفعل الانهيار ما لم يتم الإنذار والتخطيط للإخلاء بشكل مسبق.
- 3 - من خلال تحليل الخرائط السابقة نلاحظ أن وصول المياه الى مناطق التجمعات السكنية القريبة من السد مثل تجمع مفرق جبريون وتجمع مفرق قسامين والمداجن الحكومية وكذلك تجمعي مفرق الجنديرية وتجمع العمرونية، يكون زمن قصير جداً مما يجعل الوقت متاح للإخلاء قصيراً جداً أيضاً ما لم يتم التحذير مبكراً.
- 4 - التجمعات السكنية عند روضو وستخيرس وكذلك الشلفاطية ورويسة الحرش معرضة للغمر بأعماق كبيرة جداً ومن الأفضل أن يتم تغيير مواقعها بما يتلاءم مع احتمالية الانهيار ، ولكنها تملك وقتاً مقبولاً نسبياً للإخلاء، وبالتالي يجب مراعاة وصول التنبيه إليها في الوقت المناسب.

### التوصيات

- 1 - إعادة تأهيل المخططات العمرانية للتجمعات السكنية بما يلائم احتمال وقوع كارثة في السد ، فمن الضروري أن يتم منع السكن في المناطق القريبة من السد أو تغيير مواقع هذه التجمعات بما يتلائم مع احتمالية انهيار السد، بالإضافة إلى ضرورة تدريب السكان القاطنين في المناطق المحتمل أن تتعرض للغمر على خطة طوارئ مسبقة مرة في كل عام.
- 2 - يمنع منعاً باتاً تواجد مواد أو صناعات كيميائية أو دوائية أو مواد نووية، في المنطقة الصناعية وكذلك المعامل والمصانع المعرضة للغمر وذلك لتجنب حدوث تلوث كيميائي، ويفضل أن تكون الصناعات خفيفة لتجنب الخسائر الاقتصادية الفادحة في حال الانهيار.

3 - 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 البشرية، والقيام بالإجراءات اللازمة لوصول التنبيه والتحذير بأسرع ما يمكن.

### المراجع

- 1-FROELICH, D. C. *Embankment-Dam Breach parameters*. National Conference on Hydraulic Engineering, Virginia, August 3-7,1987, p570-575.
- 2- FROEHLICH, D. C. *Embankment Dam Breach Parameters and Their Uncertainties*. ASCE Journal of Hydraulic Engineering, U.S.A, Vol. 134, No. 12, December 2008, pages 1708-1721.
- 3-XU, Y;ZHANG, L. M. *Breaching Parameters for Earth and Rock Fill Dams*. Journal of Geotechnical and Environmental Engineering, Volume 135, No. 12,December 2009, pages 1957 -1970.
- 4- SINGH, V.P ; SCARLATOS, P. D. *Analysis of Gradual Earth-Dam Failure*. Journal of Hydraulic Engineering,1988, vol.114, no 1, p21-42.
- 5- Tutorial Of Mike11.
- 6- WAHL, T. L.*Evaluation of New Models for Simulating Embankment Dam Breach*. Association of State Dam Safety Officials (ASDO) Conference, Hollywood, Florida, 27 September 2009, P2200.-
- 7-Australian Emergency Manuals Series,*Manual 23 Of Emergency Management Planning for Floods Affected by Dams*.Australia,2001,P38.
- 8- HARDER, L. F. et al. *Preliminary Observations of the Fujinuma Dam Failure*.Tohoku Offshore Earthquake, Japan,March 11-3, 2011,P30.
- 9- CDA, Canadian Dam Association, Technical Bulletin, application of dam safety guidelines to mining dams, 2014, P851.