

Study of the Flood Flow of the Zagaro River using Numerical Methods

Etab Al Shwaf* 

Dr. Izzeddin Hassan **

Dr. Reem Branbo ***

(Received 1 / 5 / 2025. Accepted 7 / 8 / 2025)

□ ABSTRACT □

River floods pose a significant risk when they occur, as they threaten areas adjacent to waterways and cause damage to public and private property, both urban and economic, as well as social, and kill thousands of people around the world.

Flood control was necessary through the construction of dams and water facilities to protect against flooding, despite their high cost without adequate information gathering and careful study of the flow and the factors affecting it. Therefore, it is necessary to understand the behavior of the flow and study its movement during flooding to identify its risks and work to mitigate them.

This research presents a study of the flood flow movement in the Zagaro River by developing a mathematical model using numerical methods based on the Geographic Information Systems (GIS) program and the Hec-Ras program. Through modeling using Hec-Ras, water levels and flow velocity are determined at different cross-sections along the river. The study determined the flood inundation map for the Zagaro River for a flood wave with a probability of 1%. The total discharge value reached 431.9 m³/sec during a concentration time of 2.7 hours. The water height values in the channel ranged between 0.6 m and 6 m. The flood map showed the formation of the flood and help in identifying the areas of flood spread and identifying the areas of damage in order to provide the necessary means of protection to reduce the expected risks resulting from the flood, both human and economic.

Keywords: Floodplain – Hec-Ras – Floods – Geographic Information Systems (GIS).

Copyright



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

* Postgraduate Student (Master), Department of Water Engineering and Irrigation, Faculty of Civil Engineering, Latakia University (Formerly Tishreen), Latakia, Syria. etab.alshwaf@tishreen.edu.sy.

** Professor, Department of Water Engineering and Irrigation, Faculty of Civil Engineering, Latakia University (Formerly Tishreen), Latakia, Syria. izaldinhassan@tishreen.edu.sy.

*** Assistant Professor, Department of Water Engineering and Irrigation, Faculty of Civil Engineering, Latakia University (Formerly Tishreen), Latakia, Syria. reem.branbo@tishreen.edu.sy.

دراسة الجريان الفيضاني لنهر زغارو باستخدام الطرائق العددية

عتاب وهيب الشواف* 

الدكتور عز الدين حسن**

الدكتورة ريم برنبو***

(تاريخ الإيداع 1 / 5 / 2025. قُبِلَ للنشر في 7 / 8 / 2025)

□ ملخص □

تشكل فيضانات الأنهار خطراً كبيراً عند حدوثها لأنها تهدد المناطق المجاورة للمجاري المائية وتسبب الأذى والضرر في الممتلكات العامة والخاصة من الناحية العمرانية والاقتصادية وكذلك الاجتماعية وتقتل الآلاف من البشر في مختلف أنحاء العالم.

كان لابد من السيطرة على الفيضانات من خلال بناء السدود والمنشآت المائية للحماية من الفيضان بالرغم من تكلفتها العالية في حال عدم القيام بجمع المعلومات الكافية والدراسة الدقيقة لحركة الجريان والعوامل المؤثرة به، لذلك يجب معرفة سلوك الجريان ودراسة حركته أثناء الفيضان لمعرفة مخاطره والعمل على تخفيفها.

يقدم هذا البحث دراسة لحركة الجريان الفيضاني في نهر زغارو من خلال وضع نموذج رياضي باستخدام الطرائق العددية بالاعتماد على برنامج نظم المعلومات الجغرافية GIS، وبرنامج Hec-Ras، حيث يتم من خلال النمذجة بواسطة Hec-Ras معرفة مناسيب المياه وسرعة الجريان عند مقاطع عرضية مختلفة على طول النهر، وتوصلت الدراسة إلى إيجاد مخططات الغمر لنهر زغارو لموجة فيضانية باحتمال 1% وبلغت قيمة التصريف الكلي m^3/sec 431.9 خلال زمن تركيز 2.7hour، وتراوحت قيم ارتفاعات المياه في المجرى بين 0.6m و 6m، وأظهرت خريطة الغمر تشكل الفيضان، وبالتالي تساعد في معرفة مناطق انتشار الفيضان، وتحديد مناطق الضرر من أجل تقديم وسائل الحماية اللازمة لتقليل من المخاطر المتوقعة الناجمة عن الفيضان بشرياً واقتصادياً.

الكلمات المفتاحية: مخطط الغمر - Hec-Ras - الفيضانات - نظم المعلومات الجغرافية GIS.



حقوق النشر : مجلة جامعة اللاذقية (تشرين سابقاً) - سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر

بموجب الترخيص CC BY-NC-SA04

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

etab.alshwaf@tishreen.edu.sy

** أستاذ - قسم الهندسة المائية والري - كلية الهندسة المدنية - جامعة اللاذقية (تشرين سابقاً) - اللاذقية - سورية.

izaldinhassan@tishreen.edu.sy

*** مدرسة - قسم الهندسة المائية والري - كلية الهندسة المدنية - جامعة اللاذقية (تشرين سابقاً) - اللاذقية - سورية

reem.branbo@tishreen.edu.sy

مقدمة:

تُعتبر فيضانات الأنهار مصدر قلق كبير للإنسان لأنها تهدد الممتلكات وتدمر المدن المحيطة بها، كما تُعد من المخاطر الطبيعية التي تسجل خسائر فادحة في الأرواح سنوياً في مختلف أنحاء العالم [1,2,3]. وبما أن الدراسات التي تتعلق بالفيضانات قليلة والمعطيات المطلوبة لتمثيل خرائط الغمر للفيضان وكذلك الخرائط الجيولوجية والهيدرولوجية لأحواض الأنهار غير متوفرة بالدقة المطلوبة مما يجعل من تحسين وتطوير أدوات المراقبة للفيضان والتنبيه به أمراً ضرورياً للغاية [4,5,6].

يجب دراسة فيضانات الأنهار لمعرفة سلوك الجريان ودراسة حركته أثناء الفيضان وكذلك يجب معرفة أعماق ومناسيب المياه في عدة نقاط مختلفة من النهر ومعرفة كمية الجريان والعوامل المؤثرة في تغييرها، تم الاعتماد في الدراسة على تقسيم المجرى المدروس إلى عدة مجالات واستُخدمت البرامج الحاسوبية للنمذجة بدقة من خلال إدخال الشروط الأولية والطرفية وأبعاد الأبنية وكذلك العوامل الخاصة بالظروف الطبيعية من أجل ضمان الحصول على نتائج دقيقة بكلفة ووقت أقل [7,8].

تم استخدام برنامج الـ Hec-Ras4.1.0، هو نظام تحليل الجريان في الأنهار River Analysis System وتم تطويره من قبل (Hydraulic Engineering Center) المركز الهندسي للهيدروليك، من أجل دراسة الفيضان وأجراء الحسابات الهيدروليكية اللازمة لتحديد مساره والحصول على مخططات الغمر الناجمة عنه، وبالتالي معرفة مناطق انتشاره والتقليل من المخاطر المتوقعة وإنقاذ الأرواح قدر الإمكان.

أهمية البحث وأهدافه:

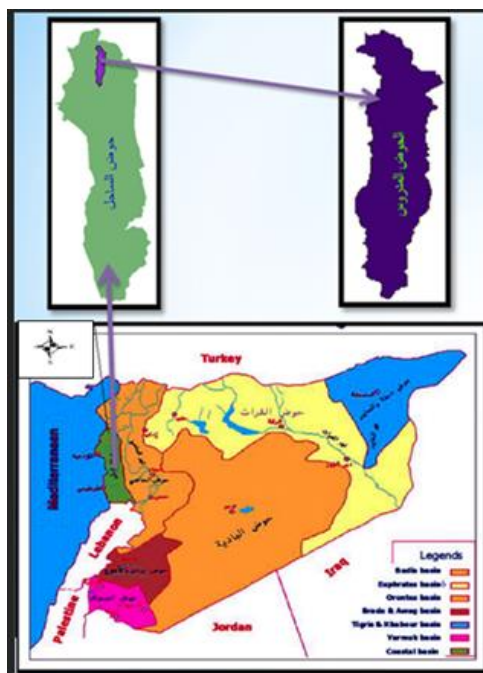
يعد حوض زغارو من أهم الأحواض المائية التي تصب في نهر الكبير الشمالي في محافظة اللاذقية، حيث تنتشر الأراضي الزراعية عند مخرج الحوض وهي معرضة لخطر الفيضانات المحتمل حدوثها، لذلك يجب دراسة حركة الفيضان في نهر زغارو لتفادي غمر الأراضي الزراعية والحفاظ عليها وعلى أملاك القاطنين، والحصول على مجرى مائي آمن للنهر ومنشآت مائية سليمة تصميمياً وإنشائياً، مما يؤدي إلى الزيادة في إنتاجية الأراضي الخصبة حول المجرى وبالتالي يؤدي إلى تطوير المنطقة اقتصادياً وعمرانياً.

الهدف من البحث

دراسة حركة الجريان الفيضاني وسلوكه في نهر زغارو عن طريق بناء نموذج رياضي للجريان الفيضاني باستخدام الطرائق العددية بالاعتماد على برنامج HEC-RAS.

منطقة الدراسة

تمتد منطقة الدراسة بين خطي عرض (35° 48' ، 35° 40') شمال خط الاستواء وخطي طول (36° 02' ، 35° 58') شرق غرينتش متوضعة في القسم الشمالي الغربي للجمهورية العربية السورية شمال شرق مدينة اللاذقية ضمن حوض الساحل ويوضح الشكل (1) والشكل (2) موقع منطقة البحث. تحدث موجات فيضانية متكررة وكبيرة في مجرى النهر الذي يبلغ طوله 26 km تقريباً، ينبع من منطقة الفرنلق شمال شرق اللاذقية ويرفده نهر التفاحية، تغمر هذه الموجات الفيضانية جزء كبير من الأراضي الزراعية المنتشرة حول مجرى النهر والبالغة حوالي 3000 هكتار، وتم القيام بدراسات عن الغزارات المتوقعة في مجرى النهر من قبل الباحثين [9,10].



الشكل (1). موقع منطقة البحث.



الشكل (2). صورة جوية لمنطقة الدراسة.

تتمتع منطقة الدراسة بمناخ متوسطي كما تتصف بطبوغرافية ذات مرتفعات ومنخفضات تؤمن الظروف المناسبة لتشكّل المجاري المائية، ونظراً لقربها من البحر يتوقّر الهطل المطري الكافي لتشكّل هذه المجاري كما يوجد عدد من الينابيع المنتشرة في منطقة الفرلق والأشكال التالية (3,4) توضح طبوغرافية المنطقة [9,10].



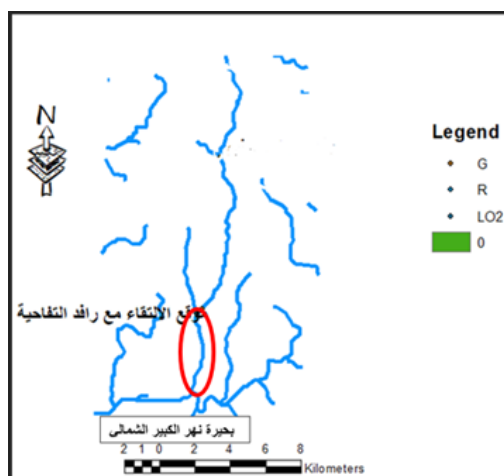
الشكل(3). صورة فوتوغرافية لمنطقة النهر المدروس تظهر فيها الطبيعة الطبوغرافية للمنطقة.



الشكل(4). صورة لجزء من النهر المدروس.

طرائق البحث ومواده:

استندت الدراسة على استخدام برنامج الـ **Hec-Ras** إضافة إلى برنامج **GIS** لبناء النموذج الرياضي للجريان الفيضاني للمجرى السفلي لنهر زغارو من نقطة التقاء نهر زغارو مع رافد التفاحية وحتى موقع نبع بركات والشكل (5) يوضح نموذج اعتباري للنهر المدروس كما يوضح منطقة الدراسة.



الشكل (5). نموذج اعتياري للنهر.

تم الاستعانة بشريط الأدوات الـ **GeoRas- Hec** لمساعدتنا في بناء طبقات النموذج الجاهزة للتصدير لبرنامج **HEC-RAS** واتبعنا المراحل التالية في العمل:

المرحلة الأولى تتضمن:

*رسم مجرى النهر المراد دراسته **Stream Centerline**، ثم تعريف اسم النهر وجزءه.

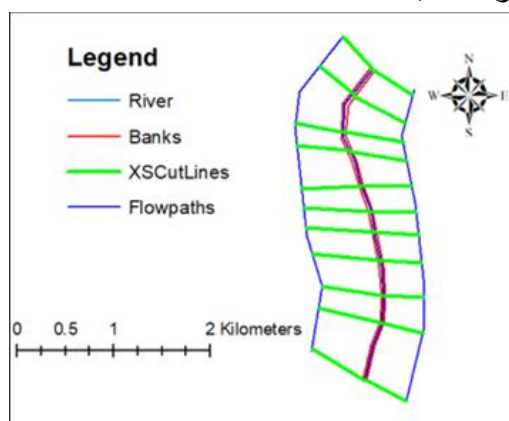
*رسم الضفاف **Banks**.

*رسم مسار الجريان على الضفاف **Flow Path center line**.

*رسم المقاطع العرضية **Cross Section**.

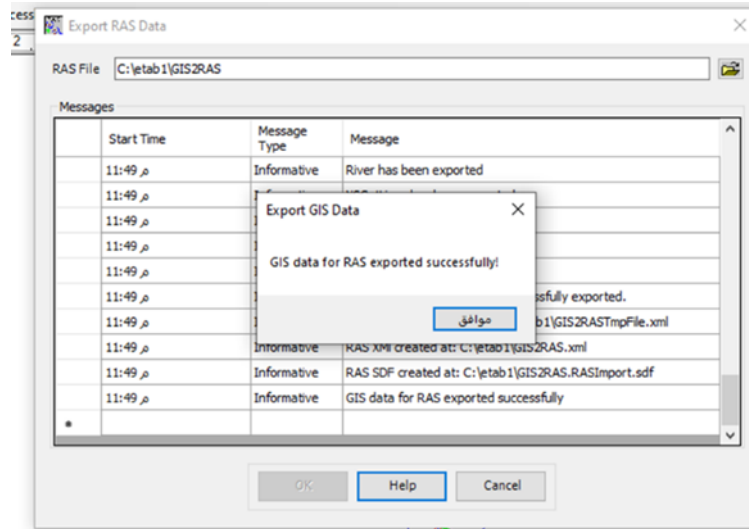
*إنشاء ملف يمكن تصديره لبرنامج **HEC-RAS [11]**.

وتوضح الأشكال (6) و (7) الخطوات السابقة.



الشكل (6). النموذج المبني.

تم رفع **11** مقطع عرضي للجزء المراد دراسته باستخدام برنامج الـ **GIS** وباعتماد على نموذج الـ **TIN** للمنطقة.

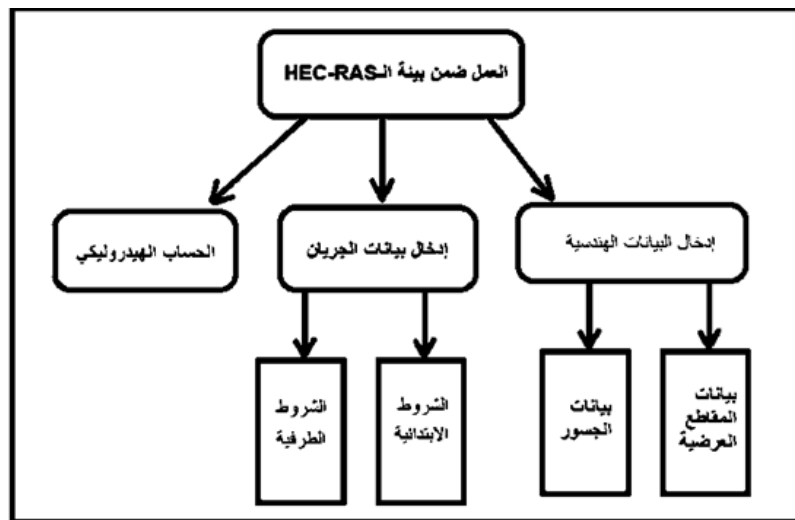


الشكل (7). إنشاء ملف التصدير.

المرحلة الثانية تتضمن:

تحليل البيانات على برنامج الـ HEC-RAS

بعد معالجة البيانات ضمن بيئة الـ GIS تم الحصول على ملف يستطيع برنامج الـ HEC-RAS قراءته، ثم تم استيراد البيانات المطلوبة ومعالجتها ضمن الـ HEC-RAS ، ويوضح الشكل (8) المخطط النهجي للعمل ضمن بيئة الـ HEC-RAS [1].



الشكل (8). المخطط النهجي للعمل ضمن بيئة الـ HEC-RAS.

يتم العمل على Hec-Ras وفق عدة نقاط رئيسية وأهمها: [12,13,14,15]

* إدخال البيانات الهندسية وتتضمن:

- بيانات المقاطع العرضية، بعد استيراد ملف العمل ضمن برنامج الـ HEC-RAS ، تم القيام بإصلاح هذه المقاطع بالاعتماد على خرائط المسح بدقة 5 m.

*تحديد خشونة المجرى

تم إجراء تجربة التحليل الحبي لتحديد خشونة المجرى للعينات التي أخذت من مواقع مختلفة تعبر عن خشونة المجرى وهي (مصب رافد التفاحية، نقطة ملتقى النهر (وطى الدلبي)، ساقية القيرة، نبع بركات) ومن كل موقع أخذت عينة من الجانب اليميني وعينة من الجانب اليساري، ولدى التحليل الحبي لها في مخبر كلية الهندسة المدنية بجامعة اللاذقية حصلنا على نتائج التحليل لجميع العينات (منحني التحليل الحبي والنسبة المتبقية والمارة من المناخل) الجداول (2،1) والأشكال (10،9) توضح نتائج التجربة، مع العلم أنه تم استخدام أكبر قطر للمنخل المتوفر في المخبر 100mm الذي مرر نسبة مئوية تقريباً 82%.

واعتماداً على هذه المنحنيات تم تحديد معامل الخشونة بطريقتين [16]:

1-حسب مانينغ من علاقة Muller :

d 90: القطر الذي يمرر 90% من حبات العينة.

$$M = \frac{1}{n} = \frac{26}{(d90)^{\frac{1}{6}}} \quad (m^{1/3}/sec) \quad (2)$$

2-من علاقة Strickler الآتية:

$$M = \frac{1}{n} = \frac{21.1}{(dm)^{\frac{1}{6}}} \quad (m^{1/3}/sec) \quad (1)$$

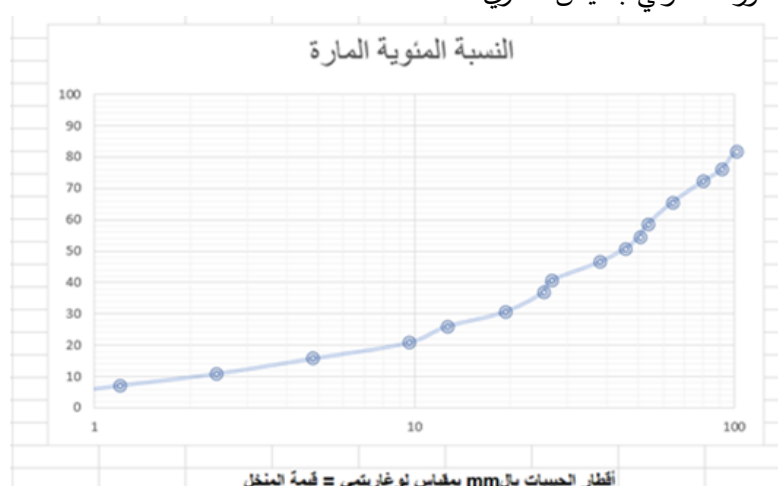
d m: هو القطر الوسطي الفعال للعينة ويمكن أن يؤخذ بين القطرين ($d_{40}-d_{70}$) أي بين القطر الذي يمرر 40% من حبات العينة والقطر الذي يمرر 70% من حبات العينة، وأخذنا في حالتنا هذه القطر **d50** الذي يمرر 50% من حبات العينة، وتحسب قيمة معامل الخشونة من العلاقة $n = \frac{1}{M}$.
يوضح الجدول (1) حساب معامل مانينغ لموقع مصب نهر قزل جورة (الحمراء).

الجدول (1). حساب معامل مانينغ لموقع مصب رافد التفاحية.

القطر mm	القطر/1000 m	المحجوز g	التراكمي g	النسبة المئوية المحجوزة %	التراكمي المحجوز %	النسبة المئوية المارة %
100	0.1	997	997	18.38	18.38	81.62
90	0.09	315	1312	5.81	24.19	75.81
79	0.079	201	1513	3.71	27.90	72.10
63	0.063	380	1893	7.01	34.91	65.09
53	0.053	374	2267	6.90	41.80	58.20
50	0.05	212	2479	3.91	45.71	54.29
45	0.045	201	2680	3.71	49.42	50.58
37.5	0.0375	230	2910	4.24	53.66	46.34
26.5	0.0265	322	3232	5.94	59.60	40.40
25	0.025	210	3442	3.87	63.47	36.53
19	0.019	331	3773	6.10	69.57	30.43
12.5	0.0125	255	4028	4.70	74.28	25.72

20.56	79.44	5.16	4308	280	0.0095	9.5
15.51	84.49	5.05	4582	274	0.00475	4.75
10.60	89.40	4.91	4848	266	0.00236	2.36
6.90	93.10	3.71	5049	201	0.00118	1.18
3.08	96.92	3.82	5256	207	0.0006	0.6
1.11	98.89	1.97	5363	107	0.0003	0.3
0.18	99.82	0.92	5413	50	0.00018	0.18
0	100	0.18	5423	10	0	0
معامل مانينغ حسب MUELLER = 38.162				الوزن بعد الغسيل 5423g		
معامل مانينغ حسب Strickler = 35.788				الوزن قبل الغسيل 5805g		

ويبين الشكل (9) العلاقة بين فتحات المناخل وأقطار جزيئات التربة على المحور الأفقي بمقياس لوغاريتمي والنسبة المئوية المارة على المحور الشاقولي بمقياس عشري.



الشكل (9). النسبة المئوية المارة لعينة قزل جورة (الحمراء).

وتم حساب معامل مانينغ لباقي العينات بنفس الطريقة السابقة.

أدخلت قيم معامل مانينغ في برنامج HEC-RAS في المقاطع الحسابية كما هو وارد في الشكل (10).

River Station	Frctn (n/K)	n #1	n #2	n #3
1 0	n	0.026	0.026	0.026
2 400	n	0.026	0.026	0.026
3 800	n	0.026	0.026	0.026
4 1000	n	0.027	0.027	0.027
5 1400	n	0.027	0.027	0.027
6 1700	n	0.027	0.027	0.027
7 1900	n	0.027	0.027	0.027
8 2100	n	0.027	0.027	0.027
9 2400	n	0.028	0.028	0.028
10 2700	n	0.028	0.028	0.028
11 3300	n	0.028	0.028	0.028

الشكل (10). إدخال قيم معامل الخشونة للجزء الأول من النموذج.

* إدخال بيانات الجريان وتتضمن:

-إدخال الشروط الأولية

هي الشروط التي يبدأ عندها الحساب في اللحظة $T=0$ وفي النموذج تم اعتماد قيمة للتدفق لمجرى النهر من موقع الالتقاء حتى نبع بركات كقيمة بدائية عند الحل لأخذها بعين الاعتبار، ويوضح الشكل (11) نافذة إدخال الشروط البدائية عند مرور موجة 1%.

River	Reach	RS	Initial Flow
1 z	1	0	117

الشكل (11). نافذة إدخال الشروط البدائية عند موجة 1%.

يعتمد برنامج HEC-RAS عند نمذجة الجريانات الفيضانية على معادلات : SAINT – VENANT

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} - q = 0 \quad , \quad \frac{\partial V}{\partial t} + \alpha V \frac{\partial V}{\partial x} + g \frac{\partial y}{\partial x} = g(S_0 - S_f)$$

حيث:

- Q:** التدفق (m^3/s) .
- g:** تسارع الجاذبية الأرضية (m/sec^2) .
- q:** التدفق في وحدة العرض (m^3/s) .
- V:** سرعة لجريان (m/sec) .
- x:** البعد بين المقطع المدروس والمقطع الذي يليه (m) .
- Sf:** معامل الاحتكاك .
- y:** ارتفاع الماء التصميمي (m) .
- S0:** ميل قاع القناة .
- A:** مساحة المقطع المبلول (m^2) .
- α :** معامل الطاقة .
- t:** الزمن (sec) .

- الشروط الطرفية

تُعتبر هذه العناصر أساسية لتحديد بارامترات شبكة (x, t) ، حيث يؤثر تثبيت قيمة منسوب الماء أو الغزارة أو العلاقة بينهما بشكل كبير على نتائج الحسابات على المقاطع الداخلية لمقطع الحساب وعند تقدير الجريان في المجاري الطبيعية، نستخدم ثلاثة أنواع من الشروط الطرفية [16]:

- شروط طرفية من الدرجة الأولى (حيث يكون منسوب الماء بالعلاقة مع الزمن $(Z=cte)$.
- شروط طرفية من الدرجة الثانية (حيث تكون غزارة الجريان بالعلاقة مع الزمن $(Q=cte)$.
- شروط طرفية من الدرجة الثالثة (حيث تكون غزارة الجريان مرتبطة بمنسوب الماء $(Q=f(Z))$.

في الحالة المدروسة، تم استخدام نوعين من الشروط الطرفية في بداية ونهاية القسم المدروس الذي يمتد لحوالي **3.3km** تقريباً من نقطة تلاقي نهر زغارو مع رافد التفاحية إلى موقع نبع بركات. في بداية القسم، تم اعتماد الشرط الطرفي من الدرجة الثانية (**Flow Hydrograph**) الذي يعبر عن تغير التدفق مع الزمن، ويُستخدم لنمذجة الجريان في المجاري المائية الرئيسية، سواء بعد السدود أو عند نقاط التقاء الروافد مع المجرى الرئيسي المراد دراسته. يتم تطبيق هذا الشرط حصرياً في الطرف العلوي من النموذج. وبالنسبة لنهاية القسم، تم اعتماد الشرط الطرفي من الدرجة الأولى (**Normal Depth**) الذي يهدف إلى تحديد المنسوب الطبيعي للمياه من خلال إدخال ميل المجرى إلى البرنامج وتطبيق معادلة مانينغ لتحديد العمق الطبيعي. يُستخدم هذا الشرط فقط في الطرف السفلي من القسم، حيث لا تؤثر نتائجه على الجزء المدروس من النهر، خاصة في حال عدم وجود شروط طرفية مثل (منسوب-زمن) والشكل (12) يبين نافذة إدخال الشروط الطرفية في حال دراسة موجة فيضانية باحتمال **1%**.

Boundary Conditions | Initial Conditions | Apply Data

Boundary Condition Types

Stage Hydrograph	Flow Hydrograph	Stage/Flow Hydr.	Rating Curve
Normal Depth	Lateral Inflow Hydr.	Uniform Lateral Inflow	Groundwater Interflow
T.S. Gate Openings	Elev Controlled Gates	Navigation Dams	IB Stage/Flow
Rules			

Add Boundary Condition Location

Add RS ... Add Storage Area ... Add SA Connection ... Add Pump Station ...

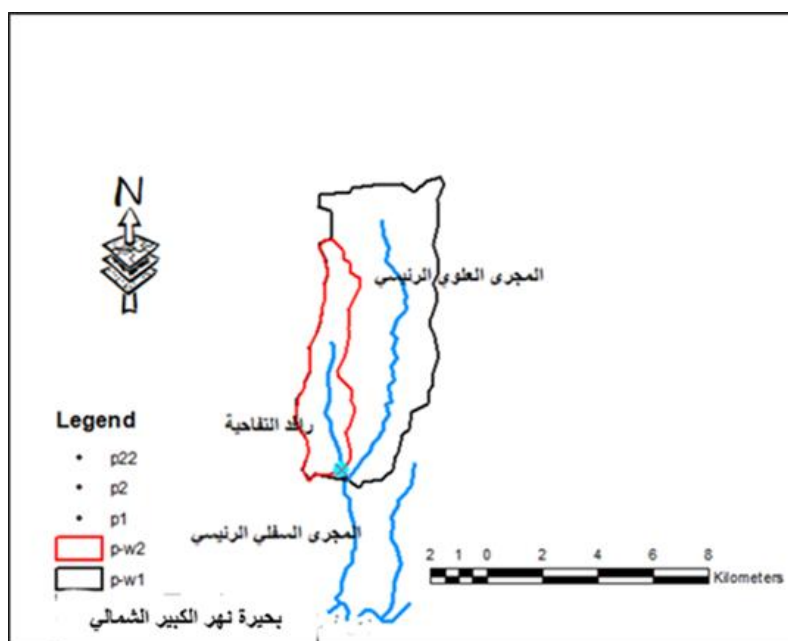
Select Location in table then select Boundary Condition Type

	River	Reach	RS	Boundary Condition
1	z	1	0	Flow Hydrograph
2	z	1	3300	Normal Depth

الشكل (12). توضيح الشروط الطرفية.

الدراسة الهيدرولوجية لموقع التقاء النهر برافد التفاحية.

يبين الشكل (13) الحوض الساكب لرافد التفاحية والحوض الساكب للمجرى العلوي للنهر:



الشكل (13). الحوض الساكب للمجرى العلوي والحوض الساكب لرافد التفاحية.

تبلغ مساحة الحوض الساكب لرافد التفاحية 11 km^2 ومساحة الحوض العلوي للنهر بدون رافد التفاحية 47 km^2 .

يوضح الجدول التالي المواصفات الهيدروغرافية للمواقع المراد دراستها:

الجدول (2). المواصفات الهيدروغرافية لمواقع مختلفة من مجرى نهر زغارو.

الموقع	المساحة [km ²]	طول المجرى [km]	الميل الطولي للمجرى %	الارتفاع فوق سطح البحر [m]	
				الأصغري	الأعظمي
نهر زغارو حتى الالتقاء برافد التفاحية	47	16	24	124	850
رافد التفاحية قبل التقائه مع نهر زغارو	11	4.6	22	124	616
نهر زغارو بعد التقائه مع رافد التفاحية	21	4.5	20	90	424

حساب زمن التركيز

يحسب زمن التركيز بمعادلات تجريبية منها: معادلة سوكولوفسكي ومعادلة ألكسييف، ومعادلة جياندوتي، التي تعطى بالشكل:

$$t_c = \frac{4. \sqrt{A} + 1.5L}{0.8. \sqrt{\bar{H} - H_0}} \quad (3)$$

حيث: **A**: مساحة الحوض الساكب Km².

L: طول المجرى الرئيسي Km.

$\bar{H}$ - الارتفاع الوسطي للحوض الساكب [m].

H_0 - منسوب مخرج الحوض [m].

t_c - زمن التركيز [hour].

حيث جُربت هذه الطريقة في الساحل السوري من قبل باحثين [8,17] وأعطت دقة مقبولة.

وبعد إجراء الحسابات، تبين أن قيم زمن التركيز كما هي مبينة في الجدول (3).

الجدول (3). زمن التركيز لمواقع مختلفة من نهر زغارو.

الموقع	A [km ²]	L [Km]	H ₀ [m]	t _c [hour]
نهر زغارو قبل رافد التفاحية	47	16	124	3.4
رافد التفاحية قبل الالتقاء بنهر زغارو	11	4.6	124	1.6
نهر زغارو بعد رافد التفاحية	21	4.5	90	2.4

وبالتالي تكون قيم الشدة المطرية وفق عدة احتمالات وفق الجدول التالي:

الجدول (4). الشدة المطرية خلال زمن التركيز (مم / د).

الموقع	الشدة المطرية خلال زمن التركيز باحتمال 1%
نهر زغارو قبل الالتقاء	0.91
رافد التفاحية	1.01
نهر زغارو بعد رافد التفاحية	0.96

حساب التصاريح الأعظمية لمجرى نهر زغارو

بسبب عدم توفر قياسات للتصاريح الأعظمية لجزء النهر الواقع أسفل نقطة الالتقاء، فقد تم حساب هذه التصاريح باستخدام العلاقة المنطقية لحساب التصاريح الأعظمية:

$$Q_p = 16.7 \Phi_p \cdot i_p \cdot F \quad (4)$$

حيث: Q_p - تصريف الذروة باحتمال p (m^3/s).

i_p - الشدة المطرية مم/د، الناتجة عن هطول يستمر زمناً يساوي زمن التركيز للحوض الصباب، والذي يتكرر مرة واحدة خلال (T) سنة.

Φ_p - معامل الجريان الأعظمي الذي يرتبط بفترة التكرار (T).

F - مساحة الحوض الصباب ب Km^2 .

ويبين الجدول (5) قيم التصاريح الأعظمية المحسوبة وفقاً للعلاقة السابقة بالاحتمالات المختلفة.

الجدول (5). قيم التصاريح الأعظمية بالاحتمالات المختلفة.

الموقع	التصريف الأعظمي باحتمال (m^3/sec) 1%
رافد التفاحية قبل الالتقاء بنهر زغارو	64.9
نهر زغارو قبل الالتقاء	250
التصريف لرافد نهر زغارو بعد الالتقاء	117

في بداية القسم، أُدخل شرط طرفي موجة فيضانية قادمة من الجزء العلوي لنهر زغارو بعد دمجها مع موجة قادمة من رافد التفاحية، أما بالنسبة لغزارة المجرى بين موقع الالتقاء ونبع بركات تم إدخالها كشرط بدائي على البرنامج، حيث بلغت الغزارة الكلية عند مرور موجة فيضانية باحتمال 1% قيمة قدرها $431.9 m^3/sec$.

المخطط المائي للموجة الفيضانية

بسبب عدم وجود تسجيلات للموجات الفيضانية لجزء النهر الواقع أسفل الالتقاء، فقد تمّ رسم هيدروغراف للموجات الفيضانية، بحيث يكون الفيضان الأعظمي المحسوب لدينا من أجل احتمال معين يقابل زمن التركيز المحسوب من

علاقة الأكسيف لنفس الاحتمال بعد الاعتماد على علاقة جياندوتي في حساب زمن التركيز لمعرفة قيم الغزارات المتوقعة في المجرى.

علاقة الأكسيف تعطى بالشكل

$$T_c = \frac{L}{3.6V} \quad (5)$$

حيث تعطى V بالمعادلتين:

$$V = BI^{1/9} \cdot Q_p^{1/3} \quad (6) \quad I > 4\% \quad \text{للمناطق ذات الميول: } I > 4\%$$

$$V = A \cdot I^{1/3} \cdot Q_p^{1/4} \quad (7) \quad I < 4\% \quad \text{حيث:}$$

T_c - زمن التركيز [hour].

L - طول المجرى المائي [km].

I - الميل الطولي ‰.

Q_p - التصريف باحتمال P [m³/s].

A - عامل يتعلق بخشونة المجرى وأخذ من المراجع [0.14]. [2]

وتم حساب زمن التركيز لأجل الاحتمال المدروس عند التقاء رافد التفاحية مع نهر زغارو، من أجل رسم هيدروغراف الموجة الفيضانية للاحتمال في هذا الموقع والجدول التالي يوضح النتائج.

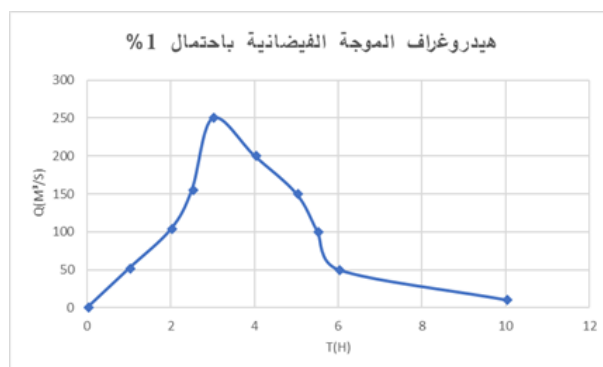
الجدول (6). زمن التركيز (hour) في موقع التقاء رافد التفاحية مع نهر زغارو.

الموقع	طول المجرى [km]	الميل الطولي للمجرى ‰	معادلة الأكسيف باحتمال 1%
لنهر زغارو في موقع التقاء رافد التفاحية مع نهر زغارو	16	24	2.7
لرافد التفاحية في موقع التقاء رافد التفاحية مع نهر زغارو	4.6	22	1

ويبين الجدول (7) العلاقة بين التدفق والزمن للموجة الفيضانية باحتمال 1% والشكل (14) الهيدروغراف الممثل للموجة الفيضانية القادمة من المجرى العلوي لنهر زغارو.

الجدول (7). هيدروغراف الموجة الفيضانية القادمة من المجرى العلوي لنهر زغارو باحتمال 1%.

Q (m ³ /s)	0	51.8	103.6	155.4	250	200	150	100	50	10
t (hour)	0	1	2	2.5	3	4	5	5.5	6	10

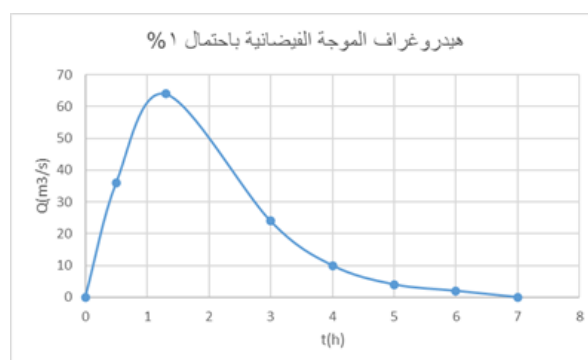


الشكل (14). هيدروغراف الموجة الفيضانية باحتمال 1%.

كما يبين الجدول (8) العلاقة بين التدفق والزمن للموجة الفيضانية باحتمال 1% والشكل (15) هيدروغراف الموجة الفيضانية القادمة من رافد التفاحية باحتمال 1%.

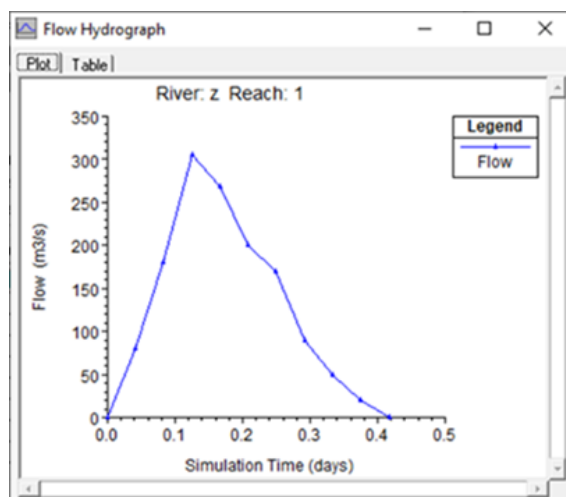
الجدول (8). هيدروغراف الموجة الفيضانية القادمة من رافد التفاحية باحتمال 1%.

0	2	4	10	24	64	36	0	$Q(m^3/sec)$
7	6	5	4	3	1.3	0.5	0	$t(hour)$



الشكل (15). هيدروغراف الموجة الفيضانية باحتمال 1%.

يقوم البرنامج بدمج المخططين (14،15) وفق الموجة التالية فيصبح الشرط الطرفي كما في الشكل (16).



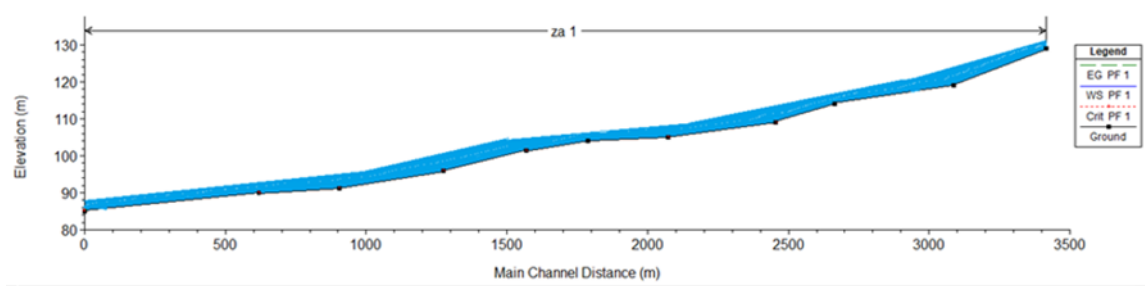
الشكل (16). الشرط الطرفي في بداية الجزء المدروس عند مرور موجة 1%.

النتائج والمناقشة:

تم الحساب الهيدروليكي وإنشاء مخططات الغمر لنهر زغارو **الشكل (24)**، حيث يبين اتجاه وسلوك تدفق المياه عند مرور موجة فيضانية عبر المجرى، كما يوضح مدى انتشار الفيضانات في المناطق المجاورة. ويساعد هذا المخطط في فهم العلاقة بين مدى الغمر وعرض المجرى وعمقه، حيث تغطي المياه بشكل أكبر في المناطق الضحلة ذات العمق القليل، وبدرجة أقل في المناطق الواسعة والعميقة.

تم تشغيل النموذج وإيجاد مخططات الغمر وتحليلها لحالة موجة فيضانية باحتمال 1%.

تبين الأشكال التالية نتائج تشغيل النموذج عند حدوث عاصفة مطرية باحتمال 1%.



الشكل (17). المقطع الطولي لمجرى النهر الطبيعي عند احتمال 1%.

من الشكل السابق لوحظ خروج الماء من المجرى بشكل أكثر توسعاً، حيث تراوحت ارتفاعات الماء في مجرى نهر زغارو بين 0.6 m و 6 m وذلك عند مرور موجة فيضانية باحتمال 1%. ويبين الشكل (18) قيم السرعة في مجرى النهر عند مرور الموجة المدروسة.

General Profile Plot - Velocities

File Options Standard Plots User Plots Help

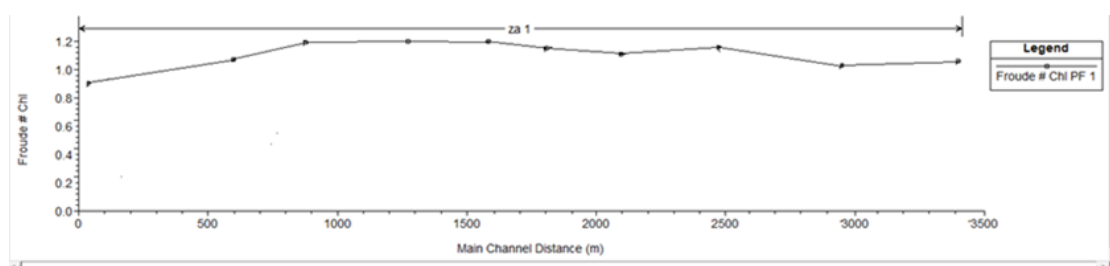
Reaches ... Profiles ...

Plot Table

	River	Reach	River Station	PF 1-Vel Chnl
1	za	1	0	2.61
2	za	1	400	2.29
3	za	1	800	2.30
4	za	1	1000	2.53
5	za	1	1400	2.61
6	za	1	1700	4.03
7	za	1	1900	2.44
8	za	1	2100	4.46
9	za	1	2400	4.03
10	za	1	2700	4.27
11	za	1	3300	1.41

الشكل (18). قيم السرعة على طول المجرى.

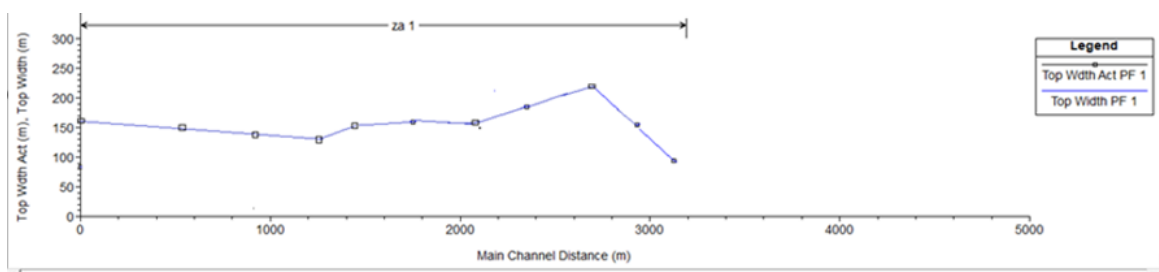
لُوحظ التغير الكبير في قيم السرعة فهي تتراوح بين 1.41 m/s و 4.46 m/s ويعود ذلك لطبيعة المجرى المتعرج وميله. بالنسبة للتحليل الهيدروليكي للجريان ضمن المجرى الطبيعي تم الاعتماد على عدد فرود في تحديد حالة الجريان ولُوحظ من الشكل (19) أنّ قيم عدد فرود على طول المجرى تتراوح بين قيم نهريّة وقيم شلالية نظراً.



الشكل (19). قيم عدد فرود في النموذج عند احتمال 1%.

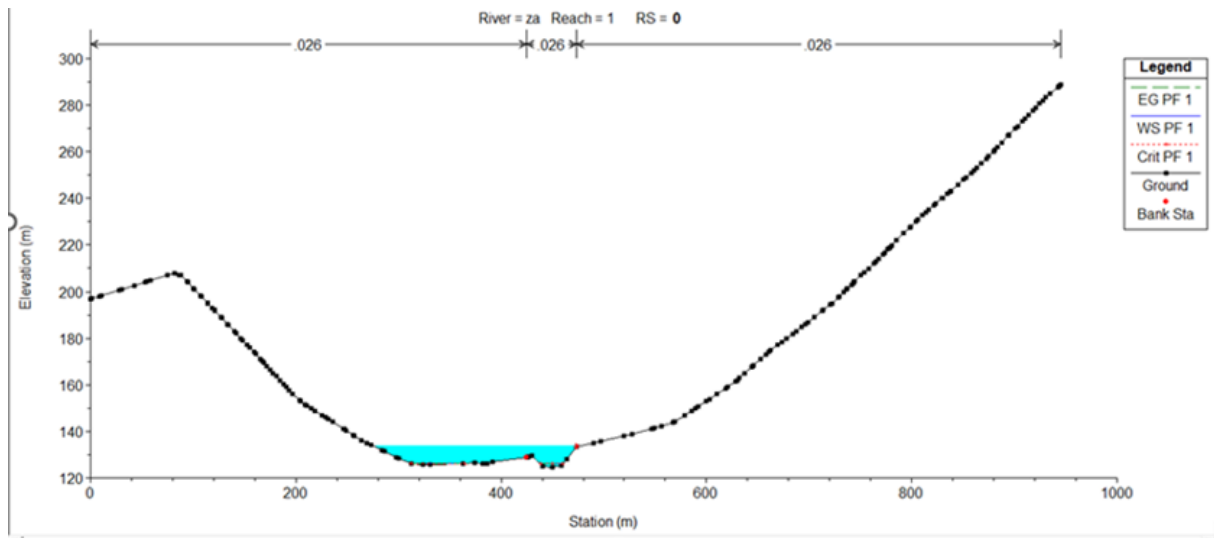
يمكن ملاحظة الجريان الشلالي وبعض القيم النهريّة.

كما يبين الشكل (20) عرض سطح الماء على كامل طول المجرى، لوحظ خروج الماء خارج ضفاف النهر بعرض 240 m تقريباً وتشكّل فيضان.



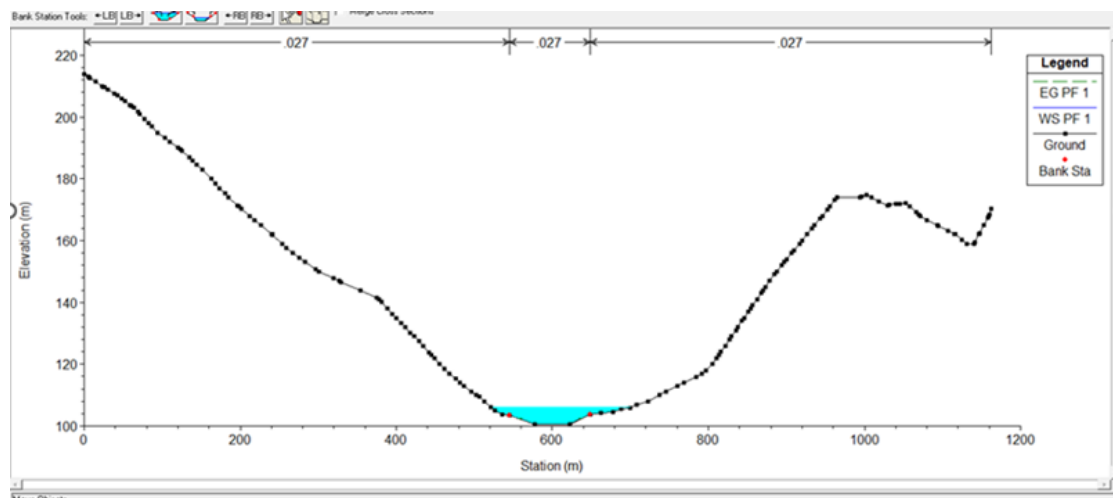
الشكل (20). عرض سطح الماء موجة باحتمال 1%.

يوضح الشكل (21) مقطع عرضي في بداية الجزء المدرّس عند الالتقاء مع رافد التفاحية عند مرور موجة فيضانية باحتمال 1%.



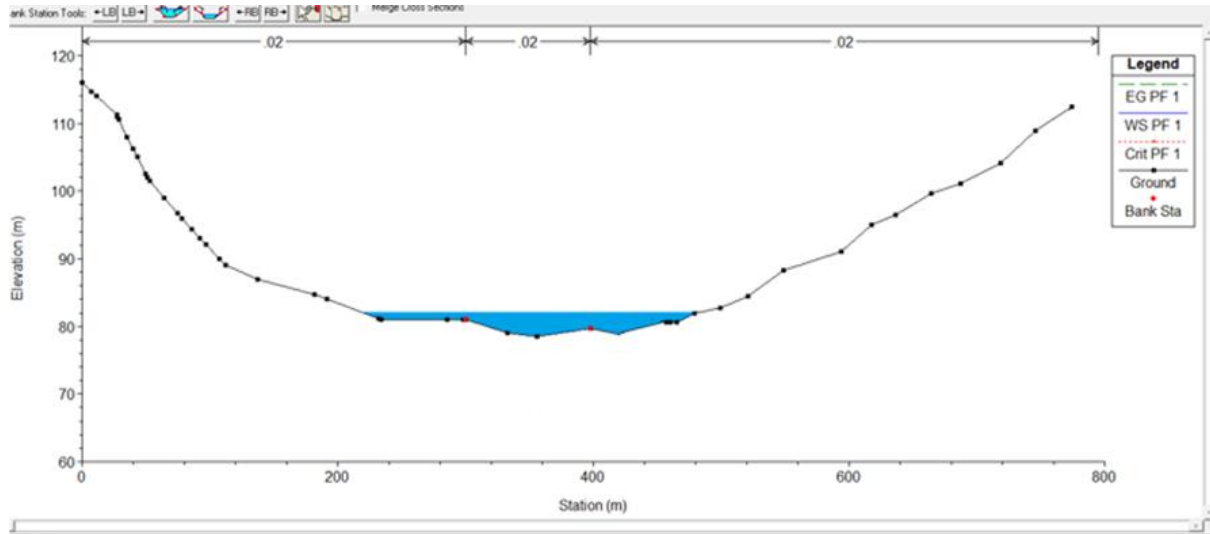
الشكل (21). مقطع عرضي في بداية الجزء المدروس عند مرور موجة 1%.

يوضح الشكل (22) مقطع عرضي في منتصف الجزء المدروس تقريباً عند بعد 1700m من نقطة الالتقاء عند مرور موجة باحتمال 1%.



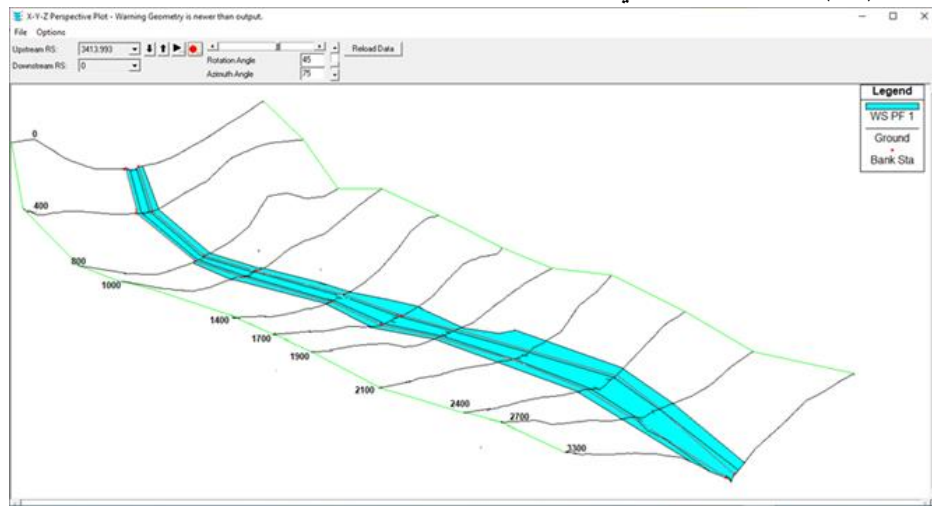
الشكل (22). مقطع عرضي في منتصف الجزء المدروس عند مرور موجة 1%.

يوضح الشكل (23) مقطع عرضي في نهاية الجزء المدروس عند نبع بركات عند مرور موجة باحتمال 1%.



الشكل (23). مقطع عرضي عند نهاية الجزء المدروس عند مرور موجة 1%.

كما يوضح الشكل (24) مخطط الغمر ثلاثي البعد.



الشكل (24). مخطط ثلاثي البعد للغمر عند احتمال 1%.

نلاحظ من الشكل السابق خروج الماء خارج الضفاف في كل مقاطعه عند مرور موجة باحتمال 1%، وبالتالي المجرى غير قادر على استيعاب المياه ويتشكل الفيضان وغمر الأراضي المجاورة.

الاستنتاجات والتوصيات:

- حساب الجريان الفيضاني في المسار الطبيعي للجزء المدروس من نهر زغارو في حالة موجة الفيضان المدروسة ضروري جداً للتعرف على ظروف هذا الجريان في مقاطعه المختلفة.
- توضح نتائج الدراسة أن جزءاً كبيراً من الأراضي المجاورة للمجرى سوف تغمر خلال الموجة الفيضانية المدروسة 1%.

- يتشكل الجريان الشلالي ضمن المجرى، حيث يخضع الجريان في مقاطع المجرى لحالة الجريان النهري والشلالي خلال مرور موجة فيضانية باحتمال 1% مما يؤدي إلى حدوث جرف وترسيب كبيرين.
- من الضروري استخدام النماذج ثنائية الأبعاد وثلاثية الأبعاد لدراسة الأجزاء القصيرة من المجاري المائية لإجراء دراسة دقيقة للنهر والجرف والترسيب في هذه المجاري وخصوصاً عندما تتواجد جسور وعبارات.
- ضرورة اتخاذ إجراءات الحماية من الفيضان لجوانب المجرى وحماية العبارات والجسور كالتعزيز وإنشاء الحواجز الترابية على جانبي المجرى في الأماكن المحتمل خروج الماء من المجرى.

References:

- [1] B. Ghanem, *Modeling the Flood Flow of the Muraqia River Using Numerical Methods*, Tishreen University Journal-Engineering Sciences, 45(3), 379-394, 2023.
- [2] G. Ammar, *study of the flood in Al- Sen River*, Tishreen University Journal for Scientific Research and Studies-Engineering Sciences Series, 28(2), 2006.
- [3] A. Al-Asaad, G. Ammar, *Engineering Hydrology*, Tishreen University, 506, 2013.
- [4] W. Bechtler, R. Dillmann, O. Niekamp, W. Richwien, *A Brief History of Floods: Impacts and Protection*, translated by Prof. Izz al-Din Darwish Hassan, reviewed by Prof. Muhammad Mansour al-Shiblaq, Arab Center for Arabization, Translation, Authorship and Publishing, Damascus, 723, 2005.
- [5] Kh. Maala, *Analysis the Flood Resulting from supposed collapse Using HEC-RAS Program*. Tishreen University Journal- Engineering Sciences, 45 (4), 561-578, 2023.
- [6] APFM. *Integrated flood management – Concept paper*. Associated Programme on Flood Management, WMO Series, Geneva, Switzerland, No. 1047, 27, 2009.
- [7] N. Ahmed, *Modeling Of Flood Flow Of Alsin River By Using Numerical Methods*, Master's Thesis in Civil Engineering, Tishreen University, Department of Water and Irrigation Engineering, 121, 2012-2013.
- [8] G. Ammar, *Calculating Maximum floods in of Markia River*, Tishreen University Journal for Scientific Research and Studies- Engineering Sciences Series, 29 (2), 11-25, 2007.
- [9] K. Ismail, *Study the relationship between the amount of sediments generated by water erosion of soil and the amount of transported sediments by Zgaro River*, Master's thesis in Civil Engineering, Tishreen University, Department of Water Engineering and Irrigation, 2013-2014.
- [10] R. Al-Zain, *Determining the maximum abundance of the Zagaro River using the SCS-TR20 method*, Master's thesis in Civil Engineering, Tishreen University, Department of Water and Irrigation Engineering, 2023.
- [11] C. T. Ackerman, *"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, 244, 2011.
- [12] M. Golshana, A. Jahanshahia, A. Afzali, *Flood hazard zoning using HEC-RAS in GIS environment and impact of manning roughness coefficient changes on flood zones in Semi-arid climate*, Desert, 21 (1), 24-34, 2016.
- [13] Y. Icaga, E. Tas, M. Kilit, *Flood Inundation Mapping By GIS And A Hydraulic Model (HEC RAS): A Case Study of Akarcay Bolvadin Subbasin, In Turkey*. Acta Geobalcanica, VOL.2, 111-118, 2016.
- [14] T. Adams, S. Chen, R. Davis, T. Schade, D. Lee, *The Ohio River Community HEC-RAS model*. World Environmental and Water Resources Congress, 2010.
- [15] V. A. Siqueira, M. V. Sorribas, J. M. Bravo, W. Collischonn, A. M. V. Lisboa, G. G. V. Trinidad, *Real-time updating of HEC-RAS model for streamflow forecasting using an*

optimization algorithm. Brazilian Journal of Water Resources, RBRH, Porto Alegre, 12(4), 855-870, 2016.

[16] E. Hassan, *Regulating the course of the Great Northern River between the 16 Tishreen Dam and Khan Atallah Bridge*, General Directorate of Irrigation of the Coastal Basin and the Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Latakia, Syrian Arab Republic, 1998.

[17] M. Haifa, *Establishing a relationship to calculate the maximum abundance in the basin of the Great Northern River based on the logical method*, PhD thesis in Civil Engineering, Tishreen University, 2014.