Libyan Journal of Medical and Applied Sciences LJMAS
Online ISSN: 3006-1113
Volume 3, Issue 2, 2025, Page No: 39-52
Website: https://ljmas.com/index.php/journal/index

The Risks of Urban Sprawl on Wadi Channels: A Case Study of Wadi Al-Ghorab in the City of Zintan, Libya

Mohamed Naser Amhamed Bnnaser *
Department of Environmental Science, Faculty of Petroleum and Natural Resources, University of Zintan, Zintan, Libya
* Corresponding author: mohamed.bnnaser@uoz.edu.ly

Received: March 30, 2025 Accepted: May 07, 2025 Published: May 11, 2025

Abstract
This study centers on the phenomenon of urban sprawl encroaching upon wadi (intermittent stream valley) courses, specifically Wadi Al-Ghurab in the city of Zintan, Libya. It identifies this encroachment as a critical environmental challenge stemming from unplanned and inadequately considered urban expansion. To investigate this, the research employed an integrated approach combining geographical analysis tools, surface runoff models, and estimated hydrological calculations to assess the hazard level associated with unregulated urban development within the wadi's channel. The findings indicate that moderate-intensity thunderstorms (60 mm/hour) have the capacity to generate in excess of 155,000 cubic meters of water within a single hour within the Wadi Al-Ghurab drainage basin, which encompasses an area of 5.17 km² and exhibits a longitudinal slope of 2.11%. This significantly increases the potential for high-risk flash flood events, particularly in the context of accelerating climate change and its accompanying anomalies in rainfall patterns, including timing and intensity. Furthermore, the difficulty in predicting near-term climate change scenarios exacerbates this risk. The study revealed the precariousness of the current situation due to substantial infringement upon the wadi's channel and its buffer zone. This necessitates the urgent implementation of proactive measures, including the immediate cessation of construction within the wadi's course, the precise demarcation of the wadi's natural boundary, and the development of robust drainage infrastructure. Additionally, the enforcement of local regulations and the intensification of public awareness regarding the risks associated with this phenomenon are deemed essential.

Keywords: Wadi Al-Ghurab, Zintan, Urban Encroachment, Wadi Channels, Surface Runoff, Flash Floods.

مخاطر الزحف العمراني على مجاري الأودية: دراسة حالة وادي الغراب بمدينة الزنتان – ليبيا

محمد نصر امحمد بن نصر *
قسم البيئة، كلية النفط والموارد الطبيعية، جامعة الزنتان، الزنتان، ليبيا

الملخص
تركز هذه الدراسة على ظاهرة الزحف العمراني على مجاري الأودية، وتحديدًا وادي الغراب في مدينة الزنتان – ليبيا، بوصفها واحدة من أخطر التحديات البيئية المرتبطة بالتوسع الحضري غير المنظم والمدروس. حيث تم توظيف مزيج من أدوات التحليل الجغرافي ونماذج الجريان السطحي والحسابات الهيدرولوجية التقديرية لتحديد مدى خطورة التوسع العمراني غير المنظم داخل مجرى الوادي. أظهرت النتائج أن العواصف الرعدية متوسطة الشدة (60 ملم/ساعة) يمكن أن تولد أكثر من 155,000متر مكعب من المياه خلال ساعة واحدة، ضمن حوض تصريف لوادي الغراب تبلغ مساحته 5.17 كم²، وانحدار طولي يصل إلى 2.11%، مما يعزز احتمالية حدوث فيضانات مفاجئة (flash floods) عالية الخطورة، خاصتاً في ظل التغير المناخي المتسارع وما يرافقه من شذوذ في أنماط هطول الامطار من حيث توقيتها وشدتها، اضافتاً الى صعوبة التنبؤ بسيناريوات التغير المناخي في المستقبل القريب. حيث كشفت الدراسة عن هشاشة الوضع القائم، بسبب التعدي الكبير الحاصل في مجرى الوادي وحرمه، حيث يستوجب ذلك ضرورة اتخاذ إجراءات عاجلة تشمل إيقاف البناء داخل مجرى الوادي، وتحديد الحرم الطبيعي للوادي، وإنشاء بنية تحتية للتصريف، بالإضافة إلى تفعيل التشريعات المحلية وتكثيف الوعي المجتمعي بخطورة الظاهرة.

الكلمات المفتاحية: وادي الغراب – الزنتان – الزحف العمراني – مجاري الأودية – الجريان السطحي – الفيضانات المفاجئة.

المقدمة

تمثل مجاري الأودية مكونات طبيعية بالغة الأهمية في النظم البيئية والجغرافية، حيث تؤدي دوراً محورياً في تصريف مياه الأمطار والحد من مخاطر السيول، ففي المناطق الجافة تحدث الفيضانات المفاجئة غالبًا نتيجة هطول كميات كبيرة من الأمطار في وقت قصير، وهذه الفيضانات نادرة الحدوث وإن حدثت نتج عنها خسائر في الارواح والممتلكات (Subyani, 2011). تعد ظاهرة البناء في مجاري الأودية واحدة من أبرز صور التوسع الحضري العشوائي الناتج عن غياب التخطيط العمراني الرشيد، وافتقار الأطر التنظيمية الملزمة، ما يفتح المجال أمام الأفراد والمؤسسات للتعدي على الأراضي ذات الطبيعة الهيدرولوجية الخطرة. وتزداد خطورة هذه الظاهرة في المناطق التي تشهد معدلات مرتفعة من هطول الأمطار الموسمية، أو تقع ضمن نطاق الأودية والشعاب. ومع ذلك، فقد باتت العديد من المدن الليبية تشهد زحفاً عمرانياً متزايداً نحو هذه المجاري الطبيعية، الأمر الذي ينطوي على مخاطر جسيمة تهدد سلامة الأرواح والممتلكات، فضلًا عن الآثار البيئية المترتبة على اختلال التوازن الطبيعي للأودية.

في هذا السياق، تمثل مدينة الزنتان حالة دراسية مهمة، حيث يخترقها وادي الغراب الذي يعد من أهم المجاري المائية الموسمية في المنطقة، وقد شهدت السنوات الأخيرة توسعاً ملحوظاً في النشاط العمراني داخل مجرى الوادي ومحيطه، ما يثير تساؤلات جدية حول مدى إدراك المجتمع المحلي والسلطات المعنية للمخاطر المحتملة، وحول فعالية الأطر التخطيطية والتنظيمية في ضبط هذا التوسع.

تهدف هذه الورقة إلى تسليط الضوء على المخاطر الناجمة عن البناء في مجرى وادي الغراب بمدينة الزنتان، من خلال تحليل الواقع الميداني، وتقييم الوضع من منظور بيئي وعمراني، واقتراح حلول علمية قابلة للتنفيذ ضمن إطار الإدارة المتكاملة لمخاطر الكوارث في البيئة الحضرية.

مشكلة الدراسة

يمكننا تلخيص مشكلة الدراسة في النقاط التالية:

1. الزحف العمراني داخل مجاري الأودية: تشهد مدينة الزنتان توسعًا عمرانيًا غير مخطط، شمل مناطق حساسة جيومورفولوجيًا كمجرى وادي الغراب، ما يشكل خطرًا مباشرًا على الأرواح والممتلكات.
2. غياب التخطيط الحضري المستدام: لا توجد ضوابط عمرانية صارمة تمنع البناء داخل مجاري الأودية، مع غياب التكامل بين المخططات التنظيمية والخرائط الهيدرولوجية للمدينة.
3. ضعف الوعي المجتمعي والمؤسسي بالمخاطر: تسود ثقافة التقليل من شأن المخاطر الطبيعية، مع ضعف إدراك المجتمع المحلي والجهات التنفيذية لعواقب البناء في مجرى السيول.
4. محدودية الدراسات السابقة والتوثيق العلمي: لا توجد دراسات ميدانية كافية توضح طبيعة وامتداد وادي الغراب، أو تقييم شامل لحجم البناء والتعديات داخله.
5. قصور في الاجهزة الرقابية والمؤسسية المعنية: حيث تعاني الأجهزة المحلية من نقص الإمكانيات، وغياب الإرادة أو القدرة على منع التعديات أو اتخاذ تدابير وقائية فاعلة.
6. تزايد احتمالات الكوارث في ظل التغيرات المناخية: ان التغيرات المناخية الملحوظة وخاصتاً في تذبذب كمية سقوط الامطار وعدم انتظامها وسقوطها في أوقات غير اوقاتها المعتادة، كل هذه العوامل تنبئ باحتمالية تعرض المنطقة لسقوط امطار غزيرة وفي فترة وجيزة مما يسبب بما يعرف بالفيضانات المفاجئة (flash floods).

أهداف الدراسة

تتمثل اهداف الدراسة في النقاط التالية:

1. دراسة ظاهرة البناء داخل مجرى وادي الغراب في مدينة الزنتان وتحليل أبعادها التخطيطية والبيئية.
2. تقييم مستوى الخطورة الناتجة عن هذا النوع من التوسع العمراني مما يساهم في المحافظة على الأرواح والممتلكات.
3. التعرف على العوامل التي تقف وراء التعديات على الوادي ومحيطة (اجتماعية، اقتصادية، تنظيمية).
4. تقديم مقترحات وحلول علمية وعملية للحد من المخاطر وتحقيق استدامة عمرانية في المدينة على المدى القصير والطويل.

اهمية الدراسة

تمثل هذه الدراسة مساهمة علمية وعملية في تسليط الضوء على أحد التحديات الحضرية المعاصرة المرتبطة بالتوسع العشوائي في المدن الليبية، والمتمثلة في البناء داخل مجاري الأودية، بما في ذلك مجرى وادي الغراب في مدينة الزنتان. وتكمن أهمية الدراسة في عدة جوانب رئيسية، من أبرزها:

1. رفع الوعي البيئي والمجتمعي بمخاطر البناء في المناطق المعرضة للفيضانات والسيول، وتسليط الضوء على الآثار الكارثية المحتملة لهذا النوع من الاستخدامات غير الملائمة للأرض.
2. دعم صانعي القرار والجهات المحلية من خلال توفير قاعدة بيانات ومؤشرات علمية تساعد في اتخاذ إجراءات تخطيطية وتنظيمية فعالة للحد من المخاطر.
3. سد الفجوة المعرفية في مجال الدراسات المتعلقة بإدارة مجاري السيول داخل المدن الليبية، حيث تندر الأبحاث التي توثق العلاقة بين التوسع العمراني والمجاري المائية.
4. المساهمة في تطوير سياسات حضرية مستدامة تراعي التوازن بين احتياجات التوسع العمراني ومتطلبات الحفاظ على البيئة الطبيعية للأودية.
5. اقتراح حلول وتوصيات قابلة للتنفيذ على المدى القريب والمتوسط، سواء من الناحية الهندسية أو التنظيمية أو التوعوية.

منهجية الدراسة

اعتمدت هذه الدراسة على مزيج من المناهج والأساليب البحثية التي تجمع بين التحليل الكمي والنوعي، بما يتناسب مع طبيعة الدراسة، وذلك كما يلي:

1. المنهج الوصفي التحليلي: من خلاله تتم تحليل بيانات منطقة الدراسة المتمثلة في الصور الفضائية والخرائط وبيانات المناخ السائد في المنطقة، وتحليل ظاهرة البناء في مجرى وادي الغراب، من خلال وصف الواقع الميداني للتوسع العمراني داخل المجرى، وتقييم مدى توافقه أو تعارضه مع الاشتراطات التخطيطية والبيئية.
2. المنهج الجغرافي التطبيقي: من خلال استخدام خرائط برنامج Google Earth Pro وتقنيات الصور الجوية لرسم الحدود الفعلية لوادي الغراب، وتحليل التغيرات في استخدامات الأرض داخل المجرى عبر صور الأقمار الصناعية والخرائط الطبوغرافية. يسهم هذا الأسلوب في تحديد مناطق التعدي بدقة، وتقييم حجم الخطر النسبي للبناء داخلها.
3. المنهج التاريخي: من خلال الرجوع إلى الوثائق والخرائط والصور القديمة لمنطقة الدراسة، إلى جانب المصادر التاريخية التي توثق الفيضانات السابقة أو الظواهر الطبيعية المرتبطة بالوادي.
4. الملاحظة الميدانية المباشرة: تم إجراء زيارات ميدانية لمجرى وادي الغراب بهدف توثيق أنماط البناء القائمة، وتقييم نوعية المواد المستخدمة، والاقتراب من المواطنين القاطنين في تلك المناطق.

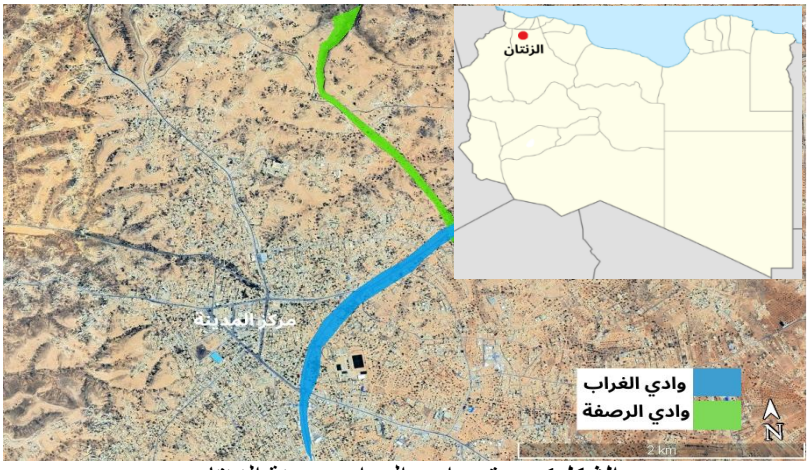
منطقة الدراسة

تقع مدينة الزنتان جغرافياً في منطقة الجبل الغربي في ليبيا، على بعد حوالي 160كم جنوب غرب العاصمة طرابلس، اما فلكياً فهي تقع عند تقاطع خط طول 12°.15شرقاً بدائرة العرض 31°55 شمالاً. تعد مدينة الزنتان من أكبر التجمعات السكانية في الجبل الغربي، وتتميز بتضاريس جبلية، ومناخ شبه جاف تتساقط فيه الأمطار الموسمية بكميات متفاوتة خلال فصلي الخريف والشتاء حيث يتراوح المعدل السنوي لتساقط الامطار ما بين 154ملم الى 250 ملم حسب بيانات المركز الوطني للإرصاد الجوية وموقع (Nomadseason ,2025). شهدت المدينة خلال العقد الاخير نمواً عمرانياً ملحوظاً، تركز بشكل أساسي حول وسط المدينة والمناطق القريبة من الطرق الرئيسية، غير أن هذا التوسع العمراني اتجه تدريجيًا إلى أطراف الأودية والمناطق المنخفضة، بفعل عوامل متعددة، أهمها: الضغط السكاني، غياب الرقابة، ونقص البدائل التخطيطية الملائمة.

وادي الغراب

يعد وادي الغراب من أهم المجاري المائية الموسمية التي تتوسط مدينة الزنتان حيث تجري به المياه بشكل متقطع وفي فترات هطول الامطار الموسمية خاصتاً في فصول الخريف والشتاء وأوائل الربيع، يتخذ الوادي مساراً متعرجاً قليلاً على شكل قوس، حيث ينحدر من الجنوب باتجاه الشمال فالشمال الشرقي حتى ينتهي في مصب وادي الرصفة، حيث يقدر طوله بـ 2.3 كم، ويمر عبر عدة مرافق تجارية وخدمية وسكنية، ما يجعله منطقة حساسة من الناحية الهيدرولوجية. الشكل رقم (1) يوضح موقع وادي الغراب.

يمثل الوادي مصبًا طبيعيًا لتصريف مياه الأمطار والسيول القادمة من المرتفعات المجاورة، ما يجعله عرضة للفيضان المفاجئ في مواسم الأمطار الغزيرة. وعلى الرغم من هذه الخصائص البيئية الحرجة، فقد شهدت أطراف الوادي ومحيطه ومجراه الرئيسي نمواً عمرانياً غير منظم. ان غياب دراسة علمية شاملة لتحديد امتداد الحرم الطبيعي للوادي، بالإضافة إلى ضعف الالتزام بالمخططات الهيكلية، أدى إلى تداخل بين المساحات الحضرية ومجرى الوادي، ما يهدد المدينة بمخاطر متعددة في حال حدوث فيضانات مستقبلية.



الشكل1: موقع وادي الغراب بمدينة الزنتان

الدراسات السابقة

تناولت العديد من الدراسات المحلية والدولية ظاهرة الزحف العمراني غير المخطط داخل مجاري الاودية والقنوات المائية، باعتبارها من أخطر صور التعديات على البيئة الطبيعية وأكثرها تهديدًا لحياة السكان وممتلكاتهم. ومن هذه الدراسات:

1) فقد أوضح الرياني وآخرون (2020) في دراستهم بعنوان: تقدير الجريان السطحي لبعض أحواض الأودية في شمال غرب ليبيا. أن غياب التنظيم العمراني ضمن مجاري التصريف أدى إلى ارتفاع حاد في معدلات خطر الفيضان، خاصة في ظل التغيرات المناخية المتسارعة، مع توصية بتفعيل التخطيط باستخدام نظم المعلومات الجغرافية.
2) دراسة عاشور (2022) بعنوان: تقدير عمق الجريان السطحي لحوض وادي درنة بالتكامل بين تقنيات نظم المعلومات الجغرافية ونموذج. SCS-CN وقد خلصت الدارسة أن منطقة وادي درنة معرضة لمخاطر الفيضانات، لذلك يجب اتخاذ إجراءات فورية وعاجلة بإجراء عملية الصيانة الدورية للسدود ومحاولة زيادة الغطاء النباتي في الوادي لغرض زيادة تثبيت التربة ومنع انجرافها.
3) دراسة (Abu El-Magd .2019) بعنوان: Flash Flood Hazard Mapping Using GIS and Bivariate Statistical Method at Wadi Bada'a, Gulf of Suez, Egypt. حيث استخدمت نظم المعلومات الجغرافية لتقييم خطر الفيضانات المفاجئة في وادي البدع بخليج السويس، واظهرت النتائج ان الطريق الرئيسي في منطقة الدراسة معرض لخطر كبير في أجزاء كثيرة منه بسبب الفيضانات المفاجئة، بالإضافة إلى الأنشطة الصناعية الواقعة في منطقة الخطر ايضاً.
4) أجرى (عبد الله محمد المنقوش، 2015) دراسة بعنوان: التوسع العمراني وأثره على الأودية في مدينة طرابلس. حيث تناول فيها مخاطر الزحف العمراني على مجاري الأودية، مشيراً إلى أن التوسع العشوائي أدى إلى زيادة مخاطر الفيضانات وتآكل التربة. وأوصت الدراسة بضرورة وضع تشريعات تمنع البناء في مجاري الأودية وتنظم التوسع العمراني.
5) دراسة (بن ظفران، 2024) بعنوان: التحليل المكاني لأخطار السيول بمدينة الطائف وأثرة على الكتلة العمرانية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد. حيث تم في هذه الدراسة تحديد مجاري الاودية لمناطق السيول والفيضانات بدقة والتحديد المكاني للمناطق المهددة بالسيول بمدينة الطائف، وخلصت الدراسة على تحديد اهم المواقع الخطرة بالأودية والمجاري المائية التي تؤثر على المدينة.
6) أجرى (Smith & Peterson ،2019) دراسة بعنوان: Urban Encroachment on Valleys and Flood Risks. حيث حللا فيها تأثير التوسع الحضري على زيادة مخاطر الفيضانات في عدة دول، مؤكدين أن البناء في الأودية يزيد من تكاليف إدارة الكوارث على المدى الطويل.
7) أجرى كلا من (Shima &Holger, 2023) دراسة بعنوان: Flood Risk Management in Arid and Semi-Arid Areas: A Comprehensive Review of Challenges, Needs, and Opportunities. حيث ركزت الدراسة على فهم الوضع الحالي لإدارة مخاطر الفيضانات في المناطق القاحلة وشبه القاحلة واستكشاف التحديات الموجودة في إدارة مخاطر الفيضانات في هذه المناطق، وخلصت الدراسة إلى أن تحديات إدارة مخاطر الفيضانات متعددة الأبعاد ومرتبطة ببعضها البعض مما يستوجب تدخل عدة جهات لتفادي اخطار الفيضانات في هذه المناطق.

الطرق والمواد

اتبعت الدراسة الخطوات والطرق التالية للحصول على النتائج:

خصائص التضاريس والتحليل الهيدرولوجي لحوض وادي الغراب

ان لأشكال التضاريس المختلفة وخاصتاً المرتفعات أهمية كبيرة في دراسة وفهم وتقدير كمية التدفقات المائية في الاودية والشعاب. حيث يعتبر التحليل الهيدرولوجي أساسيًا لإدارة الموارد المائية بشكل مستدام، وتقييم المخاطر المائية مثل الفيضانات والجفاف، وتصميم المنشآت الهندسية المائية مثل السدود والقنوات، وفهم تأثير التغير المناخي على دورة المياه (عبد المطلب، 2012).

تشير الخصائص التضاريسية لمنطقة وادي الغراب انه يقع في منطقة منخفضة نسبياً ويعد من الأحواض السيلية المتوسطة الحجم وتحيط به المرتفعات والتلال في كلا جانبية خاصتاً في القطاع الأوسط من الوادي، وتعتبر ارتفاع الأراضي المحيطة بالوادي من اهم العوامل التي تؤثر في كمية تدفق المياه. يمثل وادي الغراب أحد المجاري الموسمية النشطة التي تعبر مدينة الزنتان، ويعد من أهم أحواض التصريف السطحي في المنطقة، حيث يستقبل مياه الأمطار المتجمعة من المرتفعات المجاورة ويقودها نحو الجزء الشمالي الشرقي من المدينة عند مصب وادي الرصفة. وسنقوم بإجراء تحليل هيدرولوجي لحوض التصريف الخاص بالوادي بهدف تقدير حجم الجريان السطحي الناتج عن الهطولات المطرية الغزيرة، وتحديد مدى خطورة الفيضانات المفاجئة على المناطق العمرانية المتاخمة له.

مساحة الحوض ومحيطه

أظهرت البيانات أن المساحة الإجمالية لحوض وادي الغراب تقدر بحوالي 5.17كم²، في حين يبلغ محيطه حوالي 11.1كم (Google Earth Pro 2025)، مما يشير إلى حوض صغير نسبيًا، لكن ذو قابلية عالية للتفاعل السريع مع العواصف المطرية المفاجئة بسبب صغر المساحة وزمن التركيز القصير. الشكل3 يبين مساحة الحوض ومحيط وادي الغراب، ويمكننا التعرف على اهم الخصائص المساحية والتضاريسية لوادي الغراب من خلال الجدول رقم 1.

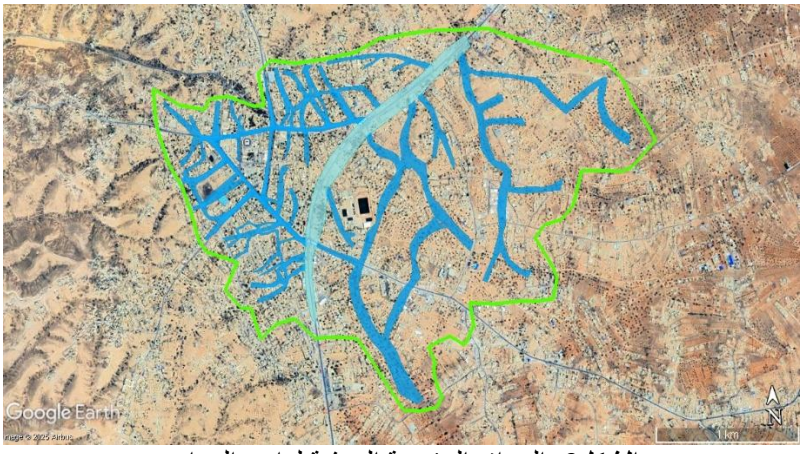
الشكل 2: مساحة وحوض وادي الغراب

جدول 1: الخصائص المساحية والتضاريسية لحوض وادي الغراب بناء على نتائج التحليل الهيدرولوجي ببرنامج Google Earth Pro وArcMap 10.2.2

المعامل	القيمة	الوحدة
مساحة الحوض	5,17	كم^2
محيط الحوض	11,1	كم
طول الحوض	70	كم
متوسط عرض الحوض	8	كم
أعلى نقطة في الوادي	722	م
أدنى نقطة في الوادي	672	م

الروافد المغذية لوادي الغراب

تظهر التحليلات المكانية المعتمدة على صور الأقمار الصناعية وبيانات Google Earth أن وادي الغراب يتغذى عبر شبكة من الروافد الفرعية، التي تتوزع على جميع الاتجاهات عبر حوض التصريف، كما يوضح ذلك الشكل رقم 3. وتتميز هذه الروافد بكونها شعاعية الشكل، أي أنها تتجه من الأطراف نحو مركز الحوض حيث يمر المجرى الرئيسي للوادي.



الشكل3: الروافد الرئيسية المغذية لوادي الغراب

يبلغ عدد هذه الروافد العشرات، ويختلف طولها وامتدادها وفقاً للتضاريس المحلية، إلا أن معظمها ينبع من مناطق مرتفعة نسبيًا، ما يفسر قدرتها على تصريف كميات كبيرة من المياه خلال فترات زمنية قصيرة. وتغطي هذه الروافد مساحات واسعة من أحياء المدينة، وهو ما يجعل تأثيرها المباشر على سلوك السيول شديدًا في حال عدم وجود بنية تصريف مناسبة.
ومن الناحية الهيدرولوجية، فإن وجود هذا العدد من الروافد داخل حوض بمساحة محدودة (5.17 كم^2) يعني أن زمن التركز قصير جدًا، مما يترك هامشاً زمنياً ضئيلًا للتدخل في حال حدوث عاصفة مطرية شديدة. لذلك، فإن أي خطة لحماية المدينة من خطر السيول يجب أن تبدأ بفهم دقيق لديناميكية هذه الروافد، وضرورة التعامل معها كمكونات فاعلة في سلوك الفيضانات، سواء من خلال إنشاء مصارف فرعية، أو قنوات تحويل، أو حتى وحدات كبح وتخزين مؤقت للمياه.

الانحدار الطولي للمجرى

الانحدار الطولي للمجرى هو التغير في ارتفاع قاع الوادي على طول مساره من المنبع إلى المصب، يعد هذا الانحدار عاملاً حاسماً في تحديد سرعة جريان المياه وقدرتها على نقل الرواسب وتشكيل قناة الوادي (Ahmed, et al. 2021).
لحساب الانحدار الطولي للوادي (Longitudinal Slope) نحتاج الى المعطيات التالية:

أ- احتساب الفرق في الارتفاع (ΔH) بين بداية ونهاية مجرى الوادي (بالمتر)
ب- احتساب الطول الكلي لمجرى الوادي (L) (بالمتر أو كيلومتر). ثم نستخدم المعادلة:

$$S = \frac{\mathbf{\Delta H}}{L}$$

حيث ان:
الفرق في الارتفاع بين بداية ونهاية مجرى الوادي **(ΔH)**
الطول الكلي لمجرى الوادي **(L)**
تم قياس فرق الارتفاع بين بداية ونهاية مجرى الوادي، حيث بلغت أعلى نقطة نحو 722م فوق سطح البحر، في حين أن أدنى نقطة تقع عند 672م (Google Earth Pro 2025). وبناءً على الطول الكلي لمجرى الوادي والمقدر بـ 2.37 كم، فان:

- فرق الارتفاع:

$$\Delta H = 722m - 672m = 50m$$

- طول الوادي:

$$L = 2.37km = 2370m$$

- الانحدار:(slope)

$$S = \frac{50}{2730} \approx 0.0211 = 2.11\%$$

إن انحدار بنسبة 2.11% يعتبر انحداراً متوسطاً الى عالياً نسبياً لمجاري السيول، ويعني ان:

1. سرعة تدفق المياه ستكون مرتفعة نسبياً.
2. زمن تجمع المياه في مجرى الوادي سيكون قصيرًا جداً (مما يزيد من خطورة الفيضانات المفاجئة).

3. أي انسداد أو بناء داخل مجرى الوادي سيؤدي إلى ارتداد المياه وتجمعها، وبالتالي زيادة الخطر.

تقدير حجم الجريان السطحي

يعد تقدير حجم الجريان السطحي من الركائز الأساسية في الدراسات الهيدرولوجية، لما له من دور حاسم في عمليات التخطيط وجمع المياه والحد من خطر السيول والفيضانات وتأثيراتها على البيئة والمجتمع (عبدالرحمن الرياني ، واخرون. 2019). تتجلى أهمية هذا التقدير في عدة جوانب: 1) إدارة الموارد المائية: يسهم في تحديد كميات المياه المتاحة للاستخدامات المختلفة، مثل الزراعة والشرب والصناعة، مما يتيح تخطيطًا مستدامًا للموارد المائية. 2) التخطيط الحضري والبنية التحتية: :يستخدم في تصميم شبكات تصريف مياه الأمطار، وتحديد مواقع بناء السدود والخزانات، مما يقلل من مخاطر الفيضانات ويحسن من كفاءة البنية التحتية. 3) التقييم البيئي: يساعد في فهم تأثيرات الجريان السطحي على تآكل التربة، وجودة المياه، ونقل الملوثات، مما يدعم جهود الحفاظ على البيئة. 4) الاستجابة للكوارث الطبيعية: يمكن من التنبؤ بمناطق الخطر المحتملة للفيضانات، مما يسهم في إعداد خطط الطوارئ وتقليل الخسائر البشرية والمادية. 5) البحث العلمي والتطوير: يوفر بيانات أساسية لتطوير النماذج الهيدرولوجية وتحسين فهم العمليات المائية في مختلف البيئات.

ولحساب حجم المياه المتدفقة خلال العواصف الممطرة، تم استخدام معادلة الجريان السطحي:

$$Q = C \times I \times A$$

حيث ان: الجدول رقم 2 يبين تفاصيل رموز المعادلة

الجدول 2: تفاصيل رموز معادلة حجم الجريان السطحي

الرمز	المعنى	الوحدة
Q	التصريف السطحي(Runoff volume)	متر مكعب في الثانية (م^3/ثانية) أو م^3
C	معامل الجريان(Runoff coefficient)	بدون وحدة (نسبة مئوية)
I	شدة الهطول(Rainfall intensity)	ملم/ ساعة أو ملم / ساعة / هكتار
A	المساحة المجمعة لمياه الامطار (مساحة الحوض)	هكتار او كم^2 او م^2

حوض التصريف (A) الذي يصب في مجرى وادي الغراب تبلغ مساحته حوالي 5,17كم^2 = 5,170,000م^2.

ومعامل الجريان (C) يتراوح من 0.3 إلى 0.9 حسب نوع السطح. ومن خلال المعطيات الخاصة بمنطقة الدراسة، نستطيع تقدير أن 50% من السطح مغطى بالمباني أو الأرصفة، فعليه فأن:

$$C = 0.5$$

شدة الأمطار (I) في حالة العواصف الرعدية المفاجئة والغزيرة، قد تصل كمية الامطار المتساقطة إلى ما بين 50–80 ملم/ساعة. لنفترض أن: I = 60ملم/ساعة = 0.06 م/ساعة

اذن:

$$C = 0.5$$

$$I = 60 \text{ ملم/ ساعة} = 0.06 \text{ م/ساعة}$$

$$A = 5{,}170{,}000 \text{ م}^2$$

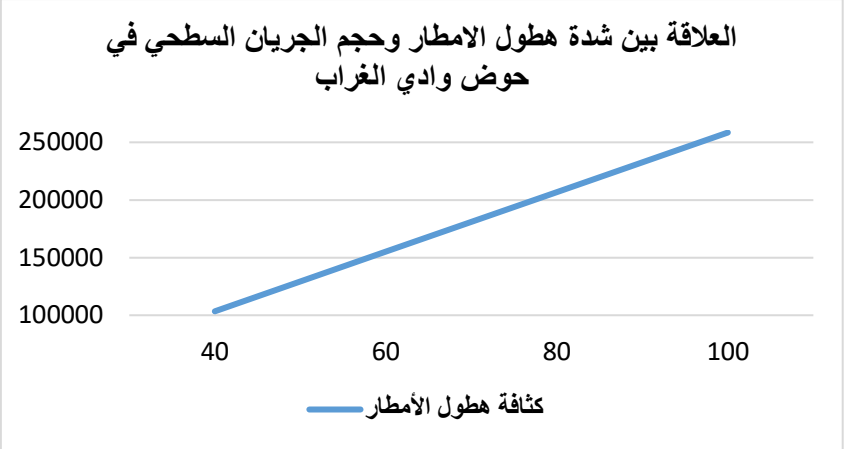
وبتطبيق المعادلة: $Q = C \times I \times A$

$$Q = 0.5 \times 0.06 \times 5{,}170{,}000 = 155{,}100 \text{ م}^3\text{/ساعة}$$

أي أن ساعة واحدة فقط من الهطول المطري قد تؤدي إلى تدفق يزيد عن 155 ألف متر مكعب من المياه في وادي الغراب، ما يعد حجمًا كبيرًا قد يتسبب في غمر مناطق واسعة داخل مجرى الوادي والمباني المشيدة داخله. والجدول رقم 3 والشكل رقم 4 يوضحان العلاقة بين شدة الامطار والجريان السطحي.

جدول 3: الجريان السطحي حسب شدة الهطول المطري

شدة الهطول المطري (ملم / ساعة)	حجم الجريان السطحي (م^3 / ساعة)
40	103,400
60	155,100
80	206,800
100	258,500



الشكل 4: العلاقة بين شدة هطول الأمطار وحجم الجريان السطحي في حوض وادي الغراب

تحليل الجريان السطحي والانحدار الطولي

بناءً على المعطيات الطبوغرافية يمتد حوض وادي الغراب على مساحة تقدر بـ 5.17كم^2، ويبلغ محيطه حوالي 11.1كم، مما يدل على حوض شبه دائري إلى بيضاوي الشكل، ذي قدرة تصريف متوسطة وسرعة استجابة عالية للعواصف المطرية، كما يظهر الحوض تدرجاً انحدارياً من الجنوب باتجاه الشمال والشمال الشرقي، حيث يتراوح ارتفاع سطح الحوض بين 722م عند أعلاه و 672م عند أدنى نقطة ما ينتج عنه انحدار طولي يقدر بـ 2.11%، ويعتبر هذا الانحدار كافياً لتسريع حركة الجريان السطحي وزيادة طاقة تدفق المياه، خاصة في ظل التربة الصخرية أو الحصوية التي تميز تضاريس المنطقة. اعتمادًا على البيانات الهيدرولوجية المقدرة، فإن حجم الجريان السطحي الناجم عن عاصفة رعدية متوسطة الشدة (60 ملم/ساعة) فوق حوض وادي الغراب – الذي تبلغ مساحته 5.17 كم^2 – قد يصل إلى 155,100 متر مكعب في ساعة واحدة فقط. ويمثل هذا الحجم خطراً حقيقياً على المناطق العمرانية الواقعة داخل مجرى الوادي أو في جوانبه، لا سيما في ظل غياب البنية التحتية للتصريف.

ان المباني والمرافق العمرانية والطرق في الأقسام الوسطى والسفلى من الوادي والمنشئة داخل المجرى الفعلي للوادي تشكل نقاط اختناق قد تؤدي إلى اضطراب مسار التصريف الطبيعي للمياه.

النتائج والمناقشة

استنادًا إلى تحليل صور الأقمار الصناعية، والزيارات الميدانية، والنتائج المتحصل عليها من التحليل الهيدرولوجي لحوض منطقة الدراسة. أمكن الوصول إلى جملة من النتائج المهمة التي تبرز حجم وخطورة البناء داخل مجرى وادي الغراب بمدينة الزنتان. ويمكن تلخيص أهم النتائج ومناقشتها كما يلي:

الزحف العمراني الملحوظ داخل مجرى الوادي

يعد الزحف العمراني نتيجة لمجموعة معقدة ومتشابكة من العوامل الاجتماعية والاقتصادية والثقافية المترابطة ولكل بلد خصوصيته في هذا الجانب، وتختلف العوامل المسببة للزحف العمراني وفقاً لمستوى التنمية الاقتصادية في البلدان أوالتركيبة الاجتماعية.(Pendall,1999) اما ما يخص مدينة الزنتان ومنطقة وادي الغراب بالتحديد فترجع أسباب الزحف العمراني لعدة أسباب وعوامل أهمها:

1. الطفرة الاقتصادية في المنطقة: اداء تحسن الاوضاع الاقتصادية والمعيشية وزيادة دخل المواطنين في العقد الاخير، الى زيادة الطلب على الأراضي بشكل كبير مما ادي الى الزحف على الأراضي الزراعية وعلى مجاري الاودية.
2. الموقع المميز لمنطقة وادي الغراب: حيث يقع وادي الغراب على الطريق الرئيسي السريع (غريان – نالوت) وبالقرب من مركز المدينة مما اكسب الوادي أهمية تجارية كبيرة، زادت من قيمة الأرض بشكل كبير جداً.
3. الطلب على الاراضي: فبسبب الزيادة الغير طبيعية لعدد السكان في العقد الاخير نتيجة الأوضاع الأمنية وحالات النزوح بين المناطق داخل الدولة، الامر الذي ساهم في زيادة عدد السكان وبالتالي زاد الطلب على الأراضي مما أدى الى الاعتداء على مجاري الاودية.
4. التوسع العمراني العشوائي: الذي كان نتيجة عدم وجود مخططات عمرانية من الجهات المسؤولة التي من شأنها حماية المجاري المائية والاودية والأراضي الزراعية.

خطر التعرض للفيضانات المفاجئة (flash floods)

ان طبيعية وخصائص منطقة الدارسة يجعلها عرضتاً لخطر الفيضانات المفاجئة الخطيرة على غرار ما حصل في العديد من المدن والدول حول العالم ولاسيما الدول العربية، التي تتميز بعوامل مناخية وبيئية مشابهة لمنطقة الدراسة، حيث يبين الجدول رقم 4 بعض الأمثلة للفيضانات المفاجئة التي حدثت في المنطقة العربية.

الجدول 1: بعض الأمثلة على الفيضانات المفاجئة في المنطقة العربية

المدينة / الدولة	التاريخ	كمية الامطار (ملم)	مدة الهطول (ساعة)	الوفيات	ملاحظات
درنة- ليبيا	10-11 سبتمبر 2023	400	24	+ 4000	انهيار سدين، فيضان كارثي واسع النطاق
دبي- الإمارات	15-16 ابريل 2024	142	12	عدة وفيات	
شمال الشرقية- عمان	14-16 ابريل 2024	150	24	19	فيضانات جارفة بسبب الطبيعة الجبلية للمنطقة
جدة- السعودية	25 نوفمبر 2009 26 يناير 2011	110	6	122 عدة وفيات	فيضانات حضرية واسعة النطاق
الإسكندرية- مصر	28 أكتوبر 210	75	5	عدة وفيات	اضرار كبيرة في البنية التحتية
تاغونيت- المغرب	8 سبتمبر 2024	100	8	18	عودة الفيضانات بعد 50 عام، مما تسبب في تكون بحيرات صحراوية

وقد شهدت منطقة الدراسة احداث مناخية متطرفة عبر الزمن، مما يجعلنا نستشعر الخطر من تكرار حدوثها في وقتنا الحالي. ومن أبرز هذه الاحداث المناخية المتطرفة التي أدت الى وقوع فيضانات التالي: (المركز الوطني للأرصاد الجوية)

1. شهد الشمال الغربي الليبي بين الـ 2 – 5 فبراير 1949م عاصفة ثلجية تاريخية وكان المتضرر الأكبر منها منطقة الجبل الغربي حيث خلفت خسائر كبيرة في الأرواح والممتلكات وأدت الى نفوق اعداد كبيرة من الماشية.
2. 8 يناير 1981م عاصفة ثلجية شديدة ضربت الجبل الغربي مخلفتاً خسائر مادية جسيمة.
3. 16 ديسمبر 1985م عاصفة استوائية متوسطية ضربت الغرب الليبي تسببت في سيول وفيضانات في المنطقة الغربية والجبل الغربي خصوصا.

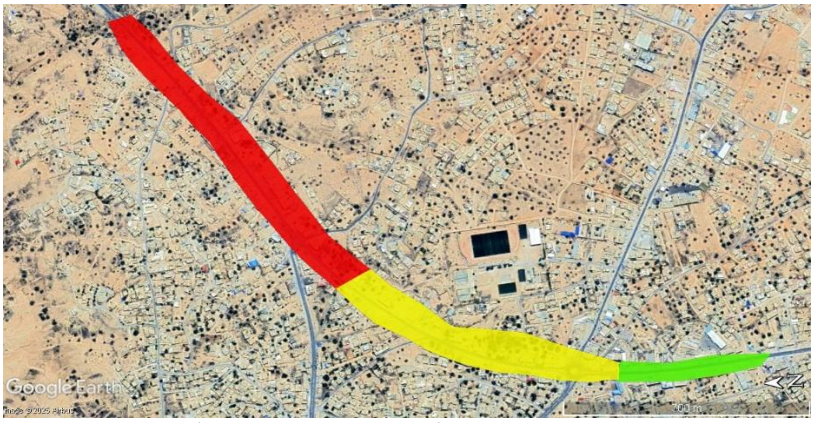
فبسبب الطبيعة الجغرافية لمنطقة الجبل الغربي، فإن السيول تتكون بسرعة في مواسم الأمطار الغزيرة، وتنحدر من المرتفعات والتلال نحو الاودية المنخفضة. يمثل وادي الغراب المسار الطبيعي لتجمع مياه الامطار وتشكل السيول القوية وحتى الفيضانات. تشير نتائج تحليل الجريان السطحي في البند (5) إلى أن مجرد ساعة واحدة من الهطول الغزير كفيلة بإحداث تدفق مائي ضخم عبر الوادي مما يعرض المباني والمنشآت القائمة في مجراه والسكان إلى: 1) غمر مباشر بالمياه. 2) خسائر مادية جسيمة. 3) تهديدات مباشرة لحياة السكان. خاصة في ظل غياب بنية تحتية للتصريف أو نظم إنذار مبكر.

مؤشرات الخطر بوادي الغراب

بناءً على نتائج التحليل الهيدرولوجي لحوض وادي الغراب ومن خلال صور الأقمار الصناعية ومن خلال الزيارات الميدانية، يمكننا تقسيم وادي الغراب بناءً على مؤشر خطر السيول والفيضانات الى ثلاثة اقسام كما هو موضوح في الشكل رقم 4:

1. **القسم العلوي:** حيث منبع الوادي في الاتجاه الجنوبي، وتتميز هذه المنطقة بكونها أكثر اقسام الوادي ارتفاعاً والاقل خطورة على المباني والمنشآت، نتيجة لجريان المياه بكل انسيابية. وقد تم منحه اللون الأخضر كما هو مبين في الشكل4، بسبب انه أكثر الأقسام اماناً في الوادي.
2. **القسم الاوسط:** حيث منتصف الوادي ويتميز بانه اقل ارتفاعاً من القسم العلوي ويتعرض لجريان قوي نوعاً ما، وتمثل السيول خطر متوسط الشدة على المباني والمنشآت المبنية بجوار مسار الوادي او في جزء منه. وقد تم منحه اللون الأصفر كما هو مبين في الشكل 4، نتيجة كونه ذو خطورة من متوسطة الى منخفضة نوعاً ما، ما يستوجب الحذر والانتباه عند انشاء المباني والمنشآت المختلفة.
3. **القسم السفلى:** حيث مصب الوادي ويتميز هذا القسم بكونه اكثر مناطق الوادي انخفاضاً والأكثر تجميعا لمياه السيول ويكون الجريان في ذروته القصوى، وتعد المنطقة الأشد خطورة على المباني والمنشآت القائمة وتعتبر أكثر المناطق التي حصل بها تعديات على مجرى الوادي، حيث أنشئت المباني و منشآت داخل مسار الوادي، مما تسبب في تغيير مساره بسبب التعديات الجسيمة في اكثر من موقع في المنطقة، الامر الذي اذي الى إزاحة مسار الوادي نحو الطريق السريع الغير مؤهلة اصلاً لعدم وجود قنوات تصريف لمياه الامطار، ناهيك عن السيول والتدفقات المائية الضخمة مما سيؤدي مستقبلاً الى جرف الطريق وتعرض سالكيها للخطر خاصتاً في اثناء حدوث

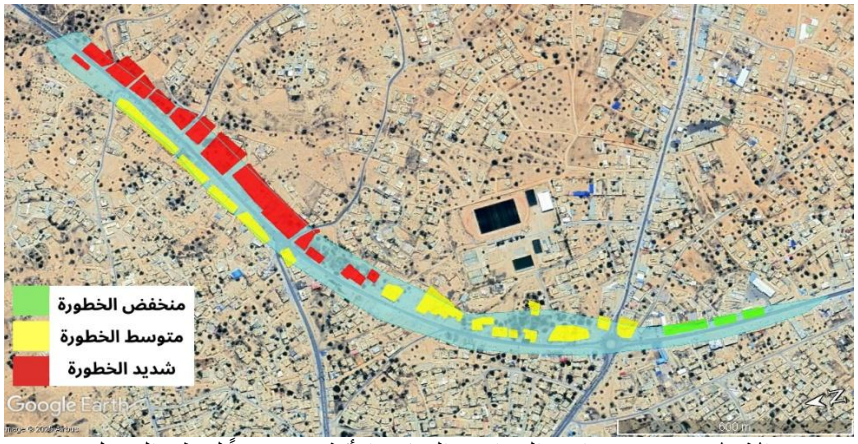
السيول والفيضانات المفاجئة. وقد تم منحه اللون الأحمر كما هو مبين في الشكل 4 الذي يرمز للخطر الشديد ويستدعي التدخل العاجل قبل وقوع الكارثة.



الشكل 4: اقسام وادي الغراب حسب مؤشرات الخطر

كشفت ايضاً نتائج تحليل صور الأقمار الصناعية والزيارات الميدانية عن وجود عدد كبير من المرافق والمباني التي أُنشئت جزئياً أو كلياً داخل مجرى وادي الغراب، لا سيما في قسمه السفلي الذي بات منطقة تجارية بامتياز. وتتنوع المرافق المنشئة في الوادي من مباني تجارية وخدمية الى المباني السكنية حيث تتوزع المباني السكنية في الوادي بشكل عشوائي وتستعمل غالباً كسكن للعمال، وتعتبر المباني السكنية قليلة نسبياً داخل مجرى الوادي، ويغلب على الوادي الطابع التجاري والخدمي كما أسلفنا.

هذا التوسع الحاصل تم غالبًا دون دراسات فنية مسبقة أو دون موافقات بيئية وزراعية من الجهات ذات الاختصاص، ويوضح الشكل رقم (5) المباني والمنشآت الأكثر عرضة لخطر السيول والفيضانات باللون الأحمر والمباني والمنشآت متوسطة الخطورة باللون الأصفر والأقل خطورة او الامنة باللون الاخضر.



الشكل5: مجرى وادي الغراب والمباني الأكثر عرضتاً لخطر السيول

التأثيرات البيئية السلبية

إن البناء داخل مجاري الأودية لا يعد فقط تعديًا على الفضاءات الطبيعية، بل يمثل مصدرًا مباشرًا لسلسلة من التأثيرات البيئية السلبية التي تطال النظام البيئي الحضري والطبيعي على حد سواء. فعندما تحول مجاري السيول إلى مناطق عمرانية، تنشأ سلسلة من الاضطرابات البيئية المترابطة. وأهم هذه التأثيرات:

- تدهور النظام الهيدرولوجي الطبيعي: البناء في مجرى الوادي يؤدي إلى قطع المسارات الطبيعية لجريان المياه، ويمنع تغذية الطبقات الجوفية، ويزيد من سرعة الجريان السطحي، مما يفقد الوادي وظيفته البيئية كوسيط في إعادة توازن المياه.
- تآكل التربة وفقدان الغطاء النباتي: تؤدي عمليات الردم والتشييد إلى إزالة التربة السطحية، وتدمير الغطاء النباتي المحلي، ما يؤدي إلى تدهور خصوبة الأرض وزيادة معدلات الانجراف، خاصة في المناطق ذات الانحدار. حيث ان وادي الغراب كان من أخصب مناطق مدينة الزنتان بسبب كميات المياه المتوفرة وارضه الزراعية الخصبة،

فكان يشتهر بأشجار التين والزيتون العملاقة والمعمرة وذات الإنتاجية العالية، ولقد سبب الزحف العمراني الى القضاء شبه التام على هذه الأشجار وعلى اغلب الغطاء النباتي بالوادي.

- انخفاض جودة المياه: غالبًا ما تتحول المباني في مجاري الأودية إلى مصادر تلوث بفعل التصريف العشوائي لمياه الصرف الصحي والمخلفات المنزلية، ما يؤدي إلى تلويث المجاري المائية في حال حدوث جريان مفاجئ.
- تهديد التنوع البيولوجي المحلي: تعتمد بعض الكائنات الحية على الأودية الموسمية كمصدر مؤقت للماء والغذاء، ويمثل فقدان المجرى الطبيعي تهديدًا مباشرًا لمواطنها، خاصة تلك الأنواع التي تعتمد على النظم الإيكولوجية الهشة.
- ارتفاع حرارة المناطق المبنية: البناء في المسارات المفتوحة للأودية يزيل المسطحات الترابية، ويزيد من المسطحات الإسمنتية، ما يساهم في ظاهرة "الجزيرة الحرارية" داخل المدن، ويؤثر سلبًا على المناخ المحلي والراحة الحرارية للسكان.

كل هذه التأثيرات البيئية المترابطة تؤكد أن البناء في مجاري السيول لا يشكل خطرًا حضريًا فحسب، بل هو أيضًا تعدي بيئي جوهري على النظم الطبيعية، ويتطلب تدخلاً صارمًا لحماية البيئة واستعادة التوازن الإيكولوجي.

غياب التخطيط الحضري والتنظيم القانوني

بينت الدراسة غياباً واضحاً للتخطيط الحضري الرسمي والتنظيم القانوني، الامر الذي ساهم في تفشي ظاهرة التعدي على الاودية والمجاري المائية كما هو حاصل بمنطقة الدراسة، حيث:

- يعد غياب التخطيط الحضري والتنظيم القانوني من أبرز العوامل التي تسهم في تفاقم ظاهرة البناء داخل مجاري الأودية، خاصة في المدن التي تشهد نموًا عشوائيًا أو تفتقر إلى آليات رقابة فعالة.
- غياب المخططات الهيكلية والتفصيلية يؤدي إلى غياب تحديد واضح لاستخدامات الأراضي، مما يفتح المجال أمام التوسع العمراني داخل المناطق الهيدرولوجية الحساسة كمجاري السيول وأحواض التصريف.
- انعدام أو ضعف النصوص التشريعية التي تمنع صراحة البناء في الأودية، أو تنظم منح التراخيص في المناطق المعرضة للفيضانات، يؤدي إلى تساهل في اتخاذ قرارات تخطيطية لا تراعي اعتبارات السلامة.
- حتى في حال وجود قوانين تنظيمية، فإن غياب التنسيق بين الجهات المسؤولة، وضعف إنفاذ القوانين، يجعل من التعديات العمرانية ظاهرة شبه معتادة يصعب معالجتها لاحقاً.
- ضعف التخطيط الرسمي السليم الذي يتيح تحديد الحرم الطبيعي للأودية، وإنشاء مناطق ارتداد مائي ضمن المخططات، بما يضمن توافق مسارات التنمية الحضرية مع الطبيعة الطبوغرافية والهيدرولوجية للمنطقة.

ان غياب هذا النوع من التخطيط لا يؤدي فقط إلى تفاقم المخاطر الطبيعية، بل يُشكل عائقًا حقيقيًا أمام تنفيذ البنية التحتية، ويُحول الظواهر المناخية من مجرد أحداث طبيعية إلى كوارث بشرية.

هشاشة البنية المؤسسية في إدارة مخاطر البناء في الاودية

تعد هشاشة البنية المؤسسية أحد أبرز الإشكاليات التي تعيق إدارة فعالة لمخاطر البناء داخل مجاري الأودية، خصوصًا في المدن التي تعاني من تداخل الاختصاصات بين الأجهزة التنفيذية وغياب الهياكل الفنية الداعمة. وفي ظل هذه الهشاشة، يفقد ملف مجاري السيول موقعه بين أولويات المؤسسات، ليظل دون رؤية واضحة أو تدخلات ميدانية منظمة. وتتمثل مظاهر هذه الهشاشة في عدة نقاط أساسية، منها:

- غياب الوضوح المؤسسي: حيث لا تتوفر جهة موحدة معنية حصريًا بإدارة مجاري السيول، بل تتوزع المسؤولية بين عدة جهات (البلدية، مصلحة التخطيط، الجهات البيئية: كمراقبة البيئة التابعة لوزارة البيئة والاصحاح البيئي التابع لوزارة الحكم المحلي، إدارة الموارد المائية التابعة للشركة العامة للمياه والصرف الصحي...)، ما يؤدي إلى تضارب الأدوار أو الحد من فعاليتها.
- نقص الكوادر الفنية المؤهلة: يؤثر النقص في الكوادر الفنية كالمهندسين والمتخصصين في الهيدرولوجيا أو التخطيط العمراني والبيئي، سلباً على قدرة البلدية على التنبؤ بالمخاطر أو اقتراح حلول واقعية.
- قصور في التنسيق الأفقي والعمودي: لا يوجد تكامل كافٍ بين الجهات المحلية والمركزية، أو بين القطاعات المختلفة (كالمياه، البيئة، الإسكان)، ما يؤدي إلى فجوات في تنفيذ المشاريع أو متابعة القرارات.
- افتقار للبيانات والدراسات المحدثة: حيث لا تملك المؤسسات قاعدة بيانات متكاملة توثق الأحواض، ومجاري الأودية، ومناطق الخطر، الأمر الذي يجعل القرارات المتخذة أقرب إلى الاجتهاد منها إلى التخطيط العلمي.
- محدودية الموارد المالية والتقنية: في كثير من الحالات، لا تتوفر الإمكانيات المالية الكافية، أو تصرف في غير أولويات السلامة، كما أن ضعف اعتماد التقنيات الحديثة كـ GIS يزيد من الفجوة بين الواقع ومتطلبات الإدارة الحديثة.

وفي ظل هذه التحديات، تصبح الإدارة المؤسسية لملف البناء داخل مجاري السيول أقرب إلى ردود الأفعال منها إلى التخطيط الاستباقي، وهو ما يتطلب إصلاحاً عميقاً في بنية الحوكمة الحضرية، وبناء مؤسسات قادرة على التعامل مع المخاطر بشكل علمي وتشاركي.

الحلول المستدامة لإدارة التوسع العمراني في مجرى وادي الغراب

تؤكد نتائج الدراسة الميدانية والتحليل الهيدرولوجي لحوض وادي الغراب بمدينة الزنتان أن التوسع العمراني غير المنظم داخل مجرى الوادي بات يشكل تهديداً مباشراً للبنية التحتية، ولأرواح السكان وممتلكاتهم، خاصة في ظل غياب نظم تنظيمية وهندسية واضحة تضمن احترام الحرم الطبيعي لمجاري السيول. وفي ظل هذه التحديات المتفاقمة، تبرز الحاجة إلى تبني إطار مستدام لإدارة هذا الملف، لا يقوم فقط على الحلول التقنية، بل على إعادة صياغة العلاقة بين الإنسان والمجال الهيدرولوجي للمدينة.

ويرتكز هذا الإطار على مجموعة من المبادئ الأساسية، أهمها:

- الاعتراف بالوادي كعنصر بنيوي في التخطيط الحضري، وليس كمجرد فراغ يمكن البناء فيه؛ أي تضمينه ضمن شبكات البنية البيئية المحمية.
- توجيه النمو العمراني نحو المناطق المرتفعة أو الآمنة من الحوض، وذلك بناءً على تحليل المنسوب والانحدار وخرائط الخطر.
- تثبيت الحرم الهيدرولوجي لوادي الغراب، وربطه قانونياً بالمخططات الهيكلية للمدينة، بما يمنع البناء داخله أو في مناطقه المحاذية شديدة الخطورة.
- دمج أدوات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) في رصد وتتبع التعديات العمرانية، وتقديم حلول استباقية عبر خرائط ديناميكية محدثة باستمرار.
- إشراك المجتمع المحلي من خلال الوعي المجتمعي، والتثقيف البيئي حول خطورة البناء داخل مسارات الاودية ومجاري المياه.
- اعتماد "المبدأ الوقائي" في التخطيط بدلًا من سياسة التدخل بعد وقوع الكوارث، عبر وضع سيناريوهات فيضانية مستقبلية وتوجيه التنمية العمرانية وفقاً لها.

هذا الإطار المقترح لا يشكل نهاية للمشكلة، بل بداية لتأسيس وعي حضري جديد يربط بين متطلبات التنمية، وضرورات السلامة، واحترام إيقاع الطبيعة.

الاستنتاج

خلصت الدراسة الى الاستنتاجات التالية:

1. اظهرت نتائج الدراسة أن وادي الغراب يعد من الأودية ذات القابلية العالية للجريان السطحي السريع، نتيجة لخصائصه الطبوغرافية، وضيق حوضه، وارتفاع الانحدار الطولي نسبيًا.
2. تشير التقديرات الهيدرولوجية إلى أن كمية الجريان الناتجة عن عاصفة مطرية بشدة 60 ملم/ساعة قد تتجاوز 155,000 متر مكعب خلال ساعة واحدة، ما يجعل المنطقة عرضة للفيضانات المفاجئة.
3. تبين أن الزحف العمراني داخل مجرى الوادي وخاصة في الأقسام الوسطى والسفلى من الوادي يشكل خطورة كبيرة على الأرواح والممتلكات، ويضاعف من آثار الفيضانات نتيجة انسداد مجرى التصريف الطبيعي للوادي.
4. تعاني المنطقة من غياب شبه تام للتخطيط الحضري المنظم، وعدم وجود خرائط مخاطر أو حرم واضح للوادي ضمن المخطط العام للمدينة.
5. أوضحت الدراسة أن الروافد الفرعية التي تصب في الوادي تزيد من شدة وسرعة الجريان، مما يستدعي ضرورة إدراجها ضمن خرائط التنظيم الحضري وخطط الحماية.
6. كشفت النتائج عن هشاشة مؤسسية في إدارة ملف البناء داخل مجاري الأودية، وضعف التنسيق بين الجهات المعنية، وغياب قواعد بيانات محدثة تساعد على التنبؤ وإدارة الخطر.
7. خلصت الدراسة إلى أن استمرار البناء داخل مجرى وادي الغراب يمثل خطراً كبيراً خاصتاً مع تغير المناخ وازدياد خطر شدة الهطولات المطرية المفاجئة، وفي ظل غياب رؤية متكاملة ومستدامة، حيث يعد ذلك يعد وصفة لكارثة حتمية، ما يتطلب تدخلًا استراتيجياً عاجلًا.

التوصيات

1. إيقاف كافة أشكال البناء داخل مجرى وادي الغراب، أو في نطاق الحرم الهيدرولوجي التابع له، وتجميد تراخيص البناء الجديدة سواء في حرم الوادي او في مجراه المباشر إلى حين إعداد دراسة تخطيطية شاملة تتعاون فيها جميع الجهات المختصة داخل البلدية.

2. إعادة تقييم حدود الوادي الطبيعية باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) ونموذج الارتفاع الرقمي (DEM)، وتحديد حرم الوادي قانونياً وتسجيله ضمن خرائط التخطيط العمراني للمدينة، وتطوير خريطة للإنذار المبكر بمخاطر الفيضانات والسيول المفاجئة.
3. إعادة تأهيل المجرى الطبيعي للوادي، من خلال إنشاء شبكة تصريف حضرية متكاملة تشمل القنوات المكشوفة، والجسور، والحواجز التصريفية لتصريف مياه السيول باتجاه مناطق امنة، وإزالة العوائق والتعديات، وتنفيذ مشاريع حماية.
4. إخلاء المباني ذات الخطورة العالية التي تقع في القسم السفلي من الوادي وفي مجراه الرئيسي والذي تم تصنيفه كمنطقة شديدة الخطورة، معرضة لخطر السيول والفيضانات وما تسببه من دمار للممتلكات والارواح.
5. تنمية وعي المجتمع المحلي من خلال برامج إعلامية وتوعوية تسلط الضوء حول خطورة البناء داخل الأودية، ونشر ثقافة احترام الممرات الطبيعية للمياه.
6. تفعيل المواد القانونية الخاصة بالبناء في الأماكن الخطرة وربط التراخيص بتقارير هيدرولوجية وإحداثيات دقيقة، لمنع البناء والتعديات على مجاري الاودية مع فرض عقوبات على المعتدين، وتفعيل دور الحرس البلدي والاصحاح البيئي.
7. إجراء دراسات دورية لهيدرولوجيا الأودية في مدينة الزنتان، خاصة في ظل تغير المناخ وزيادة خطر الهطولات المطرية المفاجئة.
8. إشراك المجتمع المدني والمؤسسات التعليمية بالمدينة كجامعة الزنتان في مراقبة وتنفيذ خطط الحماية، كجزء من تفعيل مبدأ التخطيط التشاركي.

9. المراجع:

اولاً: المراجع العربية

1. محمد، عبدالرحيم عبدالمطلب. (2012). الخصائص الهيدرولوجية للأودية في البيئات الجافة" دراسة تطبيقية على وادي الرواكيب باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد. ايجي ماتاكس، العدد 3.
2. لبنى سليمان بن طاهر. (2022). التحليل الهيدرومورفومتري لحوض وادي القطارة بنغازي- ليبيا، باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد. العدد 28.
3. عبدالرحمن أحمد حميدة الرياني، عبد الحكيم مسعود المدني، أحمد إبراهيم خماج. (2019). تقدير الجريان السطحي لبعض أحواض الأودية في شمال غرب ليبيا. المجلة الليبية للعلوم الزراعية. المجلد 24، العدد 1.
4. عبدالونيس عبد العزيز رمضان عاشور. (2022). تقدير عمق الجريان السطحي لحوض وادي درنة بالتكامل بين تقنيات نظم المعلومات الجغرافية ونموذجSCS-CN . مجلة جامعة سبها للعلوم البحتة والتطبيقية. المجلد 21 العدد 2.
5. المنقوش، عبد الله محمد. (2015). التوسع العمراني وأثره على الأودية في مدينة طرابلس. مجلة الدراسات البيئية، ليبيا، 12(3)، 45-60.
6. عدنان إبراهيم بن ظفران. (2024). التحليل المكاني لأخطار السيول بمدينة الطائف وأثرة على الكتلة العمرانية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد. مجلة كلية الآداب جامعة القاهرة، المجلد (84) العدد (1).
7. المركز الوطني للإرصاد الجوية

ثانياً: المراجع الإنجليزية

8. Ali M. Subyani. (2011). Hydrologic behavior and flood probability for selected arid basins in Makkah area, western Saudi Arabia. Arabian Journal of Geosciences. Volume 4, pages 817–824.
9. Nomadseason: https://nomadseason.com/climate/libya/jabal-al-gharbi/zintan.html
10. Ragab Ahmed, Ahmed Salama, Mohamed Abu El Hassan, and Abdel Galil Abdel Hamid Hewaidy. (2021). Hydrology Flash Flood Risk Assessment of Wadi Degla Basin Protected Area, East of Maadi, Cairo, Egypt Based on Morphometric Analysis Using GIS Techniques. Hydrology, 9(3), 66-73.
11. Sh. A. Abu El-Magd. (2019). Flash Flood Hazard Mapping Using GIS and Bivariate Statistical Method at Wadi Bada'a, Gulf of Suez, Egypt. Journal of Geoscience and Environment Protection. Vol.7 No.8.

12. Smith, J., & Peterson, L. Urban Encroachment on Valleys and Flood Risks. Journal of Environmental Planning, 34(2), 112-130, 2019.
13. Shima Nabinejad and Holger Schüttrumpf.(2023). Flood Risk Management in Arid and Semi-Arid Areas: A Comprehensive Review of Challenges, Needs, and Opportunities. Water, 15(17).
14. Pendall, R. (1999). Do land-use controls cause sprawl? Environment and Planning B: Planning and Design, volume 26, pages 555-371.