

Received	2025/12/20
Accepted	2025/01/04
Published	2026/01/05

تم استلام الورقة العلمية في  
تم قبول الورقة العلمية في  
تم نشر الورقة العلمية في

## دور الجيولوجيا في التخطيط العمراني المستدام: دراسة حالة مدينة درنة - ليبيا -

أ. صالح محمد أمهنى

كلية الهندسة - جامعة أجداديا - ليبيا

<https://orcid.org/0000-0002-6711-9351>

[salehemhanna@uoa.edu.ly](mailto:salehemhanna@uoa.edu.ly)

### الملخص

هدفت هذه الدراسة إلى توضيح الدور الحيوي للجيولوجيا في دعم التخطيط العمراني المستدام، وذلك من خلال دراسة حالة مدينة درنة التي شهدت كارثة الفيضانات الناجمة عن إعصار دانيال في سبتمبر 2023. لقد كشفت الكارثة تعدد المخاطر الجيولوجية في المدينة، مثل الفيضانات والانهيارات الأرضية وتأكل السواحل، والتي تضاعفت بفعل التغيرات المناخية والممارسات العمرانية غير المستدامة، مما يؤكد أهمية دمج الجيولوجيا في خطط التنمية الحضرية. اعتمدت الدراسة على منهج وصفي - تحليلي شامل، شمل جمع البيانات المكتبية من الدراسات السابقة والتقارير الرسمية، وتحليل الخرائط الجيولوجية والطبوغرافية وصور الأقمار الصناعية. كما تناولت الخصائص الجيومورفولوجية والهيدرولوجية لحوض وادي درنة، وأجرت مقارنات مع تجارب عالمية لمدن واجهت كوارث مشابهة، إلى جانب تنفيذ زيارات ميدانية وتوثيق ملاحظات حول المناطق المتضررة، والاستفادة من آراء مختصين محليين.

أظهرت النتائج أن التكوينات الكلسية، والمرواح الفيوضية، والانحدارات الحادة، إضافة إلى البناء العشوائي داخل مجاري الأودية، كانت عوامل رئيسية في تصعيم آثار الكارثة. كما بيّنت النتائج أن غياب الدراسات الجيولوجية والهيدرولوجية في مراحل التخطيط العمراني أسهم في توسيع عمراني غير آمن ومخاطر متزايدة، وتشير الدروس المستفادة عالمياً إلى أن الدمج بين البيانات الجيولوجية والتخطيط الحضري، وتطبيق خرائط المخاطر، واستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي ونظم المعلومات الجغرافية، يسهم في بناء

مدن أكثر مرونة وقدرة على التكيف مع الكوارث. وهذا النهج يُعد ضروريًا لمدينة درنة في مرحلة إعادة الإعمار.

وعليه توصي الدراسة بضرورة تبني تخطيط حضري مستدام قائم على أسس جيولوجية دقيقة، يشمل إعداد خرائط جيولوجية مفصلة، وتفعيل أنظمة إنذار مبكر، وحظر البناء في مجاري الأودية، وتعزيز التعاون بين الجيولوجيين والمخططين العمرانيين، بما يضمن إعادة إعمار آمنة وتنمية حضرية مستدامة لمدينة درنة.

**الكلمات المفتاحية:** الجيولوجيا، التخطيط العماني المستدام، درنة، المخاطر الجيولوجية، الكوارث الطبيعية.

## The Role of Geology in Sustainable Urban Planning: A Case Study of the City of Derna - Libya

Mr. Saleh Emhanna

Faculty of Engineering - University of Ajdabiya – Libya

[salehemhanna@uoa.edu.ly](mailto:salehemhanna@uoa.edu.ly)

### Abstract

This study highlights the essential role of geology in promoting sustainable urban planning, using the city of Derna as a case study following the catastrophic floods caused by Storm Daniel in September 2023. The disaster revealed a convergence of geological hazards such as flash floods, landslides, and coastal erosion intensified by climate change and unregulated urban expansion. These factors underscore the urgent need to integrate geological considerations into urban planning processes. A descriptive analytical approach was adopted, involving a review of previous studies and official reports, analysis of geological, topographic, and satellite data, and assessment of the geomorphological and hydrological characteristics of Wadi Derna. The study also incorporated field investigations, expert consultations, and comparative analysis of similar international case studies.

The results indicate that karstic formations, steep slopes, alluvial fans, and construction within natural drainage channels significantly amplified the disaster's impacts. The lack of prior geological and hydrological assessments contributed to unsafe urban development

and heightened vulnerability to natural hazards. The study emphasizes that integrating geological data, hazard mapping, and advanced tools such as GIS and artificial intelligence is crucial for enhancing urban resilience, particularly during post-disaster reconstruction. The study concludes by recommending a geology-based sustainable planning framework, including detailed geological and hydrological mapping, early warning systems, enforcement of construction restrictions in wadi channels, and strengthened collaboration between geologists and urban planners to ensure safer and more sustainable urban development in Derna.

**Keywords:** Geology, Sustainable Urban Planning, Geological Hazards, Derna, Natural Hazards.

## 1. المقدمة

منذ نشأة الإنسان، سعى إلى التفاعل مع بيئته الطبيعية بما يضمن له البقاء والاستقرار. غير أن بعض هذه التدخلات في البيئة قد قادت أحياناً إلى نتائج عكسية وكوارث غير مرغوب فيها. ومع تطور الحضارات واتساع النشاط البشري، ازدادت الحاجة إلى فهم العوامل الجيولوجية والطبيعية المؤثرة في استخدام الأرض وتوزيع الأنشطة الحضرية (الجميلي، 2019). ويعود التخطيط العمراني المستدام أحد أهم الوسائل لتحقيق التوازن بين التنمية الاقتصادية والاجتماعية من جهة، والحفاظ على البيئة من جهة أخرى (برنامج الأمم المتحدة للمستوطنات البشرية، 2023).

حيث تُعد الجيولوجيا الركيزة الأساسية التي يقوم عليها هذا التوازن، إذ إن فهم طبيعة التربة والتركيب الجيولوجي والموارد المائية في المنطقة يُسهم في اختيار المواقع الآمنة للمشاريع العمرانية، وتصميم البنية التحتية المناسبة، وإدارة الموارد البيئية بفعالية (أمهني، 2023؛ الغيثي، 2023). ومع تسارع التغيرات المناخية وازدياد النمو السكاني، أصبحت الحاجة ملحة إلى دمج المعطيات الجيولوجية ضمن استراتيجيات التخطيط الحضري لضمان استدامة المدن وتقليل المخاطر الطبيعية مثل الفيضانات والانهيارات الأرضية وغيرها (Yildiz, 2024).

ويبرز هذا الترابط بوضوح في مدينة درنة، حيث شَكَل موقعها الجغرافي وتكوينها الجيولوجي نمط التنمية العمرانية فيها، كما جعلها أكثر حساسية تجاه الأخطار الطبيعية، خاصة الفيضانات والانهيارات الأرضية. ومن ثم فإن دمج الرؤية الجيولوجية في تخطيط

المدينة يمثل خطوة أساسية نحو وضع استراتيجيات أكثر استدامة، ويعزز قدرة المجتمع على مواجهة الكوارث والتكييف معها، مع ضمان حماية السكان ورفاهيتهم. وقد أبرزت كارثة إعصار دانيال (سبتمبر 2023) بوضوح أهمية الدمج بين العلوم الجيولوجية والخطيط الحضري لبناء مدن أكثر أماناً واستدامة في المستقبل (العموش، 2024). أُجريت هذه الدراسة في مدينة درنة أعقاب الإعصار المدمر الذي ضرب مدينة درنة في سبتمبر 2023، وامتدت فترة البحث حتى سبتمبر 2025. وتقع المدينة في أقصى شمال شرق ليبيا بين البحر المتوسط والجبل الأخضر عند تقاطع دائرة العرض 35° 45' 54'' شرقاً، و 29° 38' 22'' شرقاً، على الساحل الشمالي الشرقي للبيضاء. تبعد المدينة حوالي 100 كيلومتر شرق مدينة البيضاء، و 290 كيلومتر شرق مدينة بنغازي، وحوالي 150 كيلومتر غرب مدينة طبرق (شكل 1). وتتميز موقعها الاستراتيجي بين البحر والجبل، لكنها في الوقت نفسه تقع ضمن منطقة هيدرولوجية حساسة تتجمع فيها مياه السيول المنحدرة من الجبل نحو البحر عبر شبكة من الأودية العميقة، أبرزها وادي درنة الذي يقسم المدينة إلى شطرين، ووادي الناقة الواقع إلى الغرب منها.



شكل 1 : خريطة موقع منطقة الدراسة (<https://www.theguardian.com>) .

## 2. أهداف وأهمية ومنهجية الدراسة

### 1.2 أهداف الدراسة

تهدف هذه الدراسة إلى تسلیط الضوء على دور الجيولوجيا في تحقيق التخطيط العمراني المستدام، من خلال دراسة حالة مدينة درنة التي شهدت كارثة كبرى نتيجة إعصار "دانیال" في سبتمبر 2023. وتتفق عن هذا الهدف العام مجموعة من الأهداف الفرعية، وهي:

#### 1. تحليل الخصائص الجيولوجية والطبيعية لمدينة درنة وتأثيرها في نمط التوسيع

العمرياني وتوزيع الأنشطة السكنية والخدمية.

#### 2. تحديد العوامل الجيومورفولوجية والهيدرولوجية التي ساهمت في تفاقم آثار الفيضانات.

#### 3. تقييم واقع التخطيط العمرياني الحالي في درنة من حيث مدى مراعاته للمعطيات الجيولوجية والبيئية. واقتراح توجهات واستراتيجيات للتخطيط العمرياني المستدام تراعي الخصائص الجيولوجية وتقلل من المخاطر الطبيعية مستقبلاً.

## 2. أهمية البحث

تكتسب هذه الدراسة أهميتها من تناولها العلاقة بين الجيولوجيا والتخطيط العمرياني في ظل التحديات البيئية والمناخية التي تواجه المدن الليبية، وخاصة درنة والتي تعرضت لدمار كبير (شكل 2). ويرز البحث دور الجيولوجيا الوقائي في الحد من الكوارث الطبيعية وتحسين كفاءة البنية التحتية، كما يسهم في وضع أساس علمية لإعادة إعمار درنة وفق معايير الاستدامة والمرنة الحضرية. كذلك يُثري الجانب الأكاديمي للتخطيط العمرياني المستدام في ليبيا، ويساعد في تحقيق الهدف الحادي عشر من أهداف التنمية المستدامة المتعلقة بمدن ومجتمعات مستدامة.



شكل 2: صورة تُظهر حجم الدمار الذي لحق بمدينة درنة بعد الإعصار المدمر في سبتمبر 2023. (المصدر: <https://arabic.euronews.com>)

### 3.2 منهجية البحث

اعتمدت هذه الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي، من خلال جمع وتحليل البيانات الجيولوجية والطبيعية والعمارية في مدينة درنة، بهدف توضيح العلاقة بين الخصائص الجيولوجية والتخطيط الحضري المستدام. تم الاعتماد على بيانات مكتبة من المراجع والدراسات السابقة والتقارير الرسمية الصادرة عن الجهات المختصة، مثل وزارة التخطيط ومصلحة التخطيط العلمناني وبرنامج الأمم المتحدة الإنمائي.

كما شملت المنهجية تحليل الخرائط الطبوغرافية والجيولوجية وصور الأقمار الصناعية لتحديد مناطق التوسيع العلمناني والمناطق المعرضة للمخاطر. إضافة إلى ذلك، تم استخدام المنهج المقارن من خلال دراسة تجارب مدن أخرى واجهت كوارث مشابهة، إلى جانب تحليل ميداني نوعي استند إلى الزيارات الميدانية وأراء المختصين والسكان المحليين. ويسمى هذا النهج في بناء رؤية شاملة لإعادة إعمار درنة بشكل مستدام يراعي الخصائص الجيولوجية والبيئية للمدينة.

### 3. التخطيط العمراني المستدام

يُعرف التخطيط العمراني المستدام بأنه عملية تنظيم وتوجيه استخدامات الأراضي والأنشطة المجتمعية في المكان والزمان المناسبين بما يحقق المصلحة العامة وأهداف التنمية المستدامة. ويعتمد على إعداد استراتيجيات ومخططات عمرانية متكاملة تراعي الإمكانيات المتاحة والاحتياجات المستقبلية، ضمن إطار قانوني يضمن التنسق والمشاركة المجتمعية في جميع مراحل التخطيط (المنديل، 2008؛ Turvey, 2019).

في السياق الليبي، يتميز النظام التخططي والذى تأسس في السبعينيات بنظرته المتطورة نسبياً والتي تبدو متوافقة مع خصائص الدولة ذات الكثافة السكانية المنخفضة والمساحة الشاسعة. إلا أن التطبيق العملي لهذا النظام على الأرض لم يكن بالمستوى المطلوب، كما يشير المرابط (2019)، مما أدى إلى بروز تحديات عمرانية واضحة تمثلت في التوسيع العشوائي على الأراضي الزراعية والوديان وحول المدن، وضعف البنية التحتية من شبكات طرق وصرف صحي.

تشكل مدينة درنة نموذجاً صارخاً للفجوة بين التخطيط النظري والواقع الميداني في ليبيا. فعلى الرغم من تميز موقعها الجغرافي الفريد بين مياه البحر الأبيض المتوسط وسلسلة الجبل الأخضر الذي يمنحها قيمة بيئية وسياحية فائقة، إلا أن هذا الموقع نفسه جعلها عرضة للمخاطر الطبيعية. في سبتمبر 2023، كشفت فيضانات إعصار "دانيل" المدمر عن مدى الهشاشة التي تعانيها المدينة، حيث أدت عدة عوامل إلى تضليل حجم الكارثة، منها البناء العشوائي في مجاري الأودية كما ذكرت الضبع (2024)، وضعف وتقادم شبكات تصريف مياه الأمطار، وغياب التخطيط الوقائي، وإهمال الدراسات الجيولوجية والهيدرولوجية في عملية التخطيط العمراني كما أكد هبيل وعبدالعاطي (2024).

لتحويل درنة وغيرها من المدن الليبية إلى مدن مرنة قادرة على الصمود، يمكن تطبيق الإطار المتكامل الذي يقترحه عبد الفتاح (2021) القائم على ثلاث ركائز رئيسية: تخطيط استباقي للمناطق الجديدة والمناطق المتضررة من خلال إعداد خرائط جيولوجية تفصيلية وتصميم حضري مرن، وحماية المناطق القائمة المعرضة للخطر عبر مشاريع وقائية هندسية وطبيعية وأنظمة إنذار مبكر، وإعادة تأهيل المناطق المتضررة وفق معايير الأمان والاستدامة.

لم يعد التخطيط العمراني المستدام خياراً ثانوياً في ليبيا، بل أصبح السبيل الوحيد لضمان أمن وسلامة المواطنين وحماية الممتلكات العامة والخاصة. إن كارثة درنة، على الرغم من فداحتها، تمثل فرصة تاريخية لإعادة التفكير في نموذج التخطيط الحضري السائد. من خلال تبني نهج متكامل يجمع بين التخطيط الحضري المستدير، والهندسة الجيوبتينية الدقيقة، والإدارة الفعالة للموارد المائية، والمشاركة المجتمعية الفاعلة، يمكن لليبيا أن تبني مدنًا قادرة على الصمود في وجه التحديات الطبيعية والمناخية، وتحقق التنمية المستدامة المنشودة التي تضمن مستقبلاً أفضل للأجيال القادمة، وهو ما يتواافق مع الهدف الحادي عشر من أهداف التنمية المستدامة (شكل 3) الخاص بجعل المدن شاملة للجميع وآمنة ومرنة ومستدامة (برنامج الأمم المتحدة للمستوطنات البشرية، 2015).



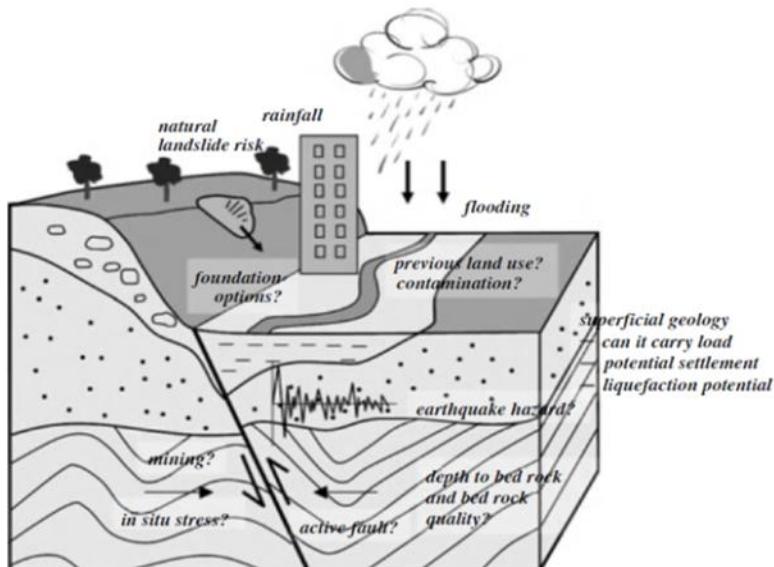
شكل 3: أهداف التنمية المستدامة (الأمم المتحدة، 2015).

#### 4. العلاقة بين الجيولوجيا والتخطيط العمراني المستدام

تغدو العلاقة بين الجيولوجيا والتخطيط العمراني المستدام أكثر وضوحاً في ظل التحديات البيئية والمعمارية التي تواجه المدن الحديثة، فلم يعد التخطيط العمراني مجرد تنظيم لطرق أو توزيع للمناطق السكنية، بل أصبح إطاراً شاملاً يهدف إلى إنشاء بيئات حضرية مرنة مستدامة قادرة على التكيف مع المخاطر. وفي هذا السياق، تبرز الجيولوجيا بوصفها ركيزة أساسية للتخطيط الرشيد، إذ توفر قاعدة علمية مهمة لتقدير ملاءمة الأراضي للبناء وتوجيه القرارات المتعلقة باستخدامات الأرض والحماية من المخاطر الطبيعية (González and Rangel-Buitrago, 2024).

ورغم أهمية المعرفة الجيولوجية، ما زال حضورها ضعيفاً في مسار التنمية الحضرية، إذ يتم غالباً تجاهل دورها المحوري في تقليل المخاطر وتحسين جودة التخطيط. وقد أكدت دراسة Etiko (2023)، وجود فجوة واضحة في إدراك العلاقة بين جيولوجيا المدن ومرورنة البنية التحتية، حيث بينت أن المرافق الحضرية ما تزال عرضة للتهديدات الجيولوجية، مما يعزز الحاجة الملحة لدمج الاعتبارات الجيولوجية في مراحل التخطيط كافة. كما أوصت الدراسة بتبني تقييمات جيولوجية مبكرة، وتعزيز العمل التكاملي بين التخصصات، وإجراء عملية رصد ومتابعة مستمرة، بهدف تحقيق مدن أكثر استدامة وأماناً.

ومن هنا، فإن الدمج الوعي بين المعطيات الجيولوجية واستراتيجيات التخطيط الحضري يعد ضرورة لضمان الأمان والاستقرار والكفاءة في البيئة العمرانية. فعند اختيار موقع لبناء جديد، يقوم الجيولوجي الهندسي بدراسة مجموعة من العوامل لضمان سلامة المنشأة واستقرارها. وتشمل هذه العوامل تقييم نوعية التربة والمصخور وقدرتها على التحمل، ومستوى المياه الجوفية وتأثيره على الأساسات، إلى جانب فحص استقرار المنحدرات وإمكانية حدوث الانزلاقات الأرضية. كما يتم تحليل المخاطرزلالية في المنطقة، ودراسة احتمالية التعرض للفيضانات أو السيول، إضافة إلى تقييم تأثيرات التجوية والتآكل على المدى الطويل (شكل 4)، (Hencher, 2012).



شكل 4: العوامل والمخاطر الجيولوجية الواجب دراستها .(Hencher, 2012)

كما تساهم الجيولوجيا في التخطيط الوقائي عبر توظيف نظم المعلومات الجغرافية (GIS) ونمذاج الذكاء الاصطناعي (AI) للتنبؤ بالمخاطر وتحديد أولويات التنمية. وتمكن أهمية التكامل بين الجيولوجيا والتخطيط العمراني في تحقيق تنمية آمنة وصديقة للبيئة، حيث تتيح البيانات الجيولوجية بناء قاعدة معرفية متكاملة تُسهم في إعداد مخططات عمرانية مستدامة تراعي البعد البيئي والجيولوجي على المدى الطويل (العمري، 2024).

#### ٤.١. الدراسات السابقة

تُظهر العديد من الدراسات والتجارب الميدانية في الدول العربية والعالمية أهمية دمج المعطيات الجيولوجية والبيئية ضمن استراتيجيات التخطيط العمراني المستدام، خصوصاً في المدن المعرضة للكوارث الطبيعية كالفيضانات والانهيارات الأرضية والزلزال. وتبرز هذه الأمثلة الدور الحيوي للعلوم الجيولوجية في الحد من المخاطر وضمان تنمية عمرانية أكثر أماناً واستدامة.

دراسة مدخلية (2010)، تسلط الضوء على مخاطر السيول في حوض وادي بيش بمنطقة جازان، وتحليل العوامل الطبيعية والبشرية المؤثرة في تكرار هذه الظاهرة.أوضحت النتائج أن السيول تتكرر بمعدل خطير كل عشرين عاماً، وأن العقوم الترابية والخرسانية تزيد من حدتها بدلاً من الحد منها. كما تشير الدراسة إلى تقاؤت كفاءة الأجهزة المعنية في التعامل مع السيول، وتأكد الحاجة إلى تعزيز البنية التحتية للرصد الهيدرولوجي، وتنظيم التوسيع العمراني بعيداً عن مجاري السيول، إضافة إلى رفع مستوى الوعي المجتمعى بطرق الوقاية وتقليل الأخطار.

أظهرت دراسة (الجميلي، 2012) حول الجيولوجيا وتأثيرها على التخطيط العمراني في مدينة كربلاء أن طبيعة التكوينات الرسوبيّة الطينية في السهل الفيضي للفرات وارتفاع مناسب للمياه الجوفية تُعد من أبرز التحديات التي تواجه التنمية الحضرية في المدينة. كما بيّنت الدراسة أن هذه التحديات أدت إلى تدهور الأساسات وإزدياد المشاكل الإنشائية، مما يتطلب حلولاً هندسية تشمل تحسين التربة وتطوير أنظمة الصرف. وأكدت النتائج ضرورة اعتماد التخطيط الحضري على المعطيات الجيولوجية لتقليل المخاطر وضمان تنمية مستدامة.

وفي مدينة عدن (اليمن)، والتي تعاني من فيضانات موسمية ناتجة عن الأمطار الغزيرة وتتدفق السيول من المرتفعات المجاورة. وقد أظهرت الدراسات أن غياب التنسيق

بين الجهات المختصة بالتلطيط والجيولوجيا أدى إلى إقامة أحياط سكنية في مجاري الأودية مثل وادي الطويلة ووادي السيلة. واستجابةً لذلك، بدأت السلطات المحلية منذ عام 2020 بتطبيق نهج التلطيط المستدام على التحليل الجيولوجي والهيدرولوجي لتقليل الخسائر المستقبلية (عرفات وأخرون، 2024).

تناولت دراسة سركوح (2020) عن فيضانات كليم (المغرب) دور النمو العمراني العشوائي والتغيرات المناخية في تفاقم مخاطر الكوارث الطبيعية، خاصة فيضانات 22 نوفمبر 2014. أشارت النتائج إلى أن غياب التلطيط الحضري السليم ساهم في توسيع المدينة باتجاه مجاري السيول، مما أدى إلى ارتفاع مستوى الخسائر. وقسمت الدراسة المدينة إلى ثلاثة نطاقات حسب شدة تأثيرها بالفيضانات: نطاق شديد الخطورة، ونطاق متأثر بدرجة متوسطة، وآخر خارج نطاق الخطر المباشر. وأكدت ضرورة اعتماد استراتيجيات فعالة لإدارة المخاطر، وضبط التوسيع العمراني، واتخاذ تدابير للحد من التأثيرات السلبية وتعزيز التنمية المستدامة

في مدينة درنة (ليبيا)، تناولت دراسة الضبع (2024) مشكلة البناء العشوائي في مجري وادي درنة، وأشارت الباحثة إلى أن التوسيع العمراني غير المنظم وإهمال معايير التلطيط أدى إلى زيادة تعرض المساكن والبنية التحتية لمخاطر الفيضانات. وأوضحت الدراسة أن النمو السكاني السريع وغياب الرقابة العمرانية ساهمما في تفاقم الظاهرة، وعليه أوصت بإجراء دراسات دورية لتقدير أوضاع البناء العشوائي وتحديث السياسات العمرانية بما يضمن تحقيق التنمية المستدامة.

أوضحت دراسة (González and Rangel-Buitrago, 2024)، التي تناولت تجربة كولومبيا في الإدارة الجيولوجية المحلية مبادرة "جيولوجي لكل بلدية"، والتي تُعد نموذجاً استباقياً يربط المعرفة الجيولوجية مباشرةً بعمليات التلطيط العمراني المستدام. يقوم هذا النموذج على تعين جيولوجي مختص داخل كل بلدية بهدف تقييم المخاطر الطبيعية وإدارة الموارد البيئية بشكل مباشر. ويسمح هذا الوجود الدائم للخبرة الجيولوجية في دعم صانعي القرار بمعلومات دقيقة حول قابلية الأرضي للتطوير، وتحديد المناطق易عرضة للمخاطر، مما يعكس في صياغة خطط عمرانية أكثر أماناً ومرنة. وقد أثبتت التجربة فعاليتها في الحدّ من آثار الكوارث وتعزيز استدامة البنية التحتية وحماية المجتمعات المحلية.

وتؤكد هذه الدراسات مجتمعة أن الدمج بين الجيولوجيا والخطيط العمراني يمثل ركيزة أساسية لتحقيق التنمية الحضرية المستدامة، من خلال الاستفادة من البيانات الجيولوجية، يمكن للمخططين اتخاذ قرارات مدروسة تضمن سلامة المنشآت وتقليل من المخاطر الطبيعية، مما يسهم في بناء مدن أكثر أماناً واستدامة. ويساهم في تقليل المخاطر الطبيعية وتعزيز قدرة المدن على الصمود في وجه التغيرات المناخية.

#### 2.4. التحديات الجيولوجية في إعادة إعمار وتحقيق التنمية العمرانية المستدامة

##### بمدينة درنة

تواجه مدينة درنة عدة تحديات جيولوجية تعيق جهود إعادة الإعمار والتنمية المستدامة، من أهمها:

1. **نقص البيانات الجيولوجية:** تعتمد المعلومات المتوفرة على مسوحات قديمة لا تعكس التغيرات التي أحذتها الفيضانات والتعري، مما يؤدي إلى خطط غير دقيق وظهور مشكلات جيوبقنية أثناء التنفيذ. ويمكن الاستفادة من أدوات الذكاء الاصطناعي في سد هذا النقص من خلال تحليل صور الأقمار الصناعية والبيانات الميدانية آلياً، وتحديث الخرائط الجيولوجية بدقة أعلى، مما يدعم اتخاذ قرارات مبنية على بيانات حديثة وموثوقة.

2. **تعقيد الطبيعة الجيولوجية والطبوغرافية:** تقع المدينة بين الجبال والأودية والسهول، مما يزيد احتمال حدوث الانزلالات والهبوطات الأرضية. يجعل هذا الوضع اختيار موقع البناء وتصميم الأساسات عملية معقدة تتطلب دراسات ميدانية دقيقة لكل موقع.

3. **تأثير التغيرات المناخية:** أسهمت التغيرات المناخية في تفاقم المخاطر عبر زيادة شدة الأمطار والفيضانات، وتسارع تأكل الساحل، ما يؤثر على استقرار التربة والبنية التحتية.

**4. تحقيق التوازن بين التنمية والبيئة:** يشكل البناء السريع دون مراعاة الجوانب البيئية، مثل فقدان المساحات الخضراء أو سوء إدارة النفايات والمواد غير المستدامة، تحدياً إضافياً يهدد استدامة المدينة على المدى الطويل.

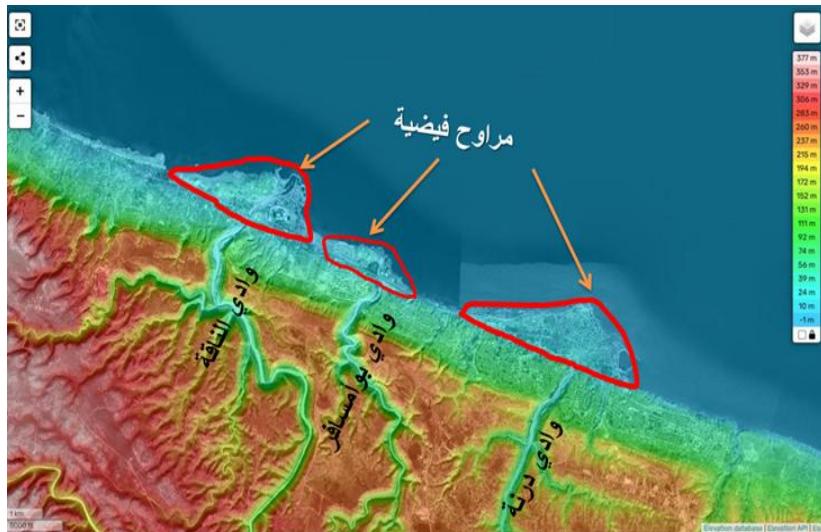
ورغم هذه التحديات، تُعد مرحلة إعادة الإعمار فرصة لتعزيز التعاون بين الجامعات والجهات المختصة لإعداد خرائط جيولوجية وهيدرولوجية محدثة، وبناء قاعدة بيانات مكانية تدعم التخطيط العلمي واتخاذ القرار، بما يساهم في بناء درنة أكثر أماناً ومرونة في المستقبل.

#### 5. النتائج والمناقشة

يستعرض هذا الجزء أهم النتائج التي توصلت إليها الدراسة حول الدور الجيولوجي في تحقيق التخطيط العلمني المستدام لمدينة درنة، مع مناقشتها في ضوء البيانات الجيولوجية والطبوغرافية والبيئية التي تم تحليلها. وقد بيّنت النتائج أن فهم الخصائص الجيولوجية للمدينة يعد خطوة أساسية لتقليل المخاطر الطبيعية وتوجيه التنمية العلمنية نحو مناطق آمنة ومستدامة.

#### 1.5. الخصائص الجيولوجية والطبوغرافية لمدينة درنة

تقع مدينة درنة ضمن شريط ساحلي ضيق للغاية بين ساحل البحر الأبيض المتوسط شمالاً وسفوح الجبل الأخضر جنوباً، حيث ترتفع التضاريس بشكل حاد لتصل إلى نحو 400-300 متر فوق مستوى سطح البحر. يجعل هذا الوضع الطبوغرافي المدينة داخل حوض تصريف شديد الانحدار، تحدّر عبره الأودية الرئيسية: وادي درنة، وادي الناقة، ووادي بوماسافر (شكل 5)، بمعدل قد تصل إلى 15-25% في بعض المقاطع (الفيتوري ولشهب الجيولوجية، 2023).



شكل 5: خريطة طبوغرافية لمدينة درنة توضح أهم الوداية والمراوح الفيضية.

وقد أظهر إعصار دانيال في سبتمبر 2023 مدى خطورة هذا التركيب الجيومورفولوجي والجيولوجي، إذ أدى انهيار السددين إلى توليد موجة فيضانية عالية السرعة ذات قدرة تدميرية كبيرة، زاد من شدتها الانحدار الحاد لحوض الوادي. وقد أثر الفيضان بشكل كبير على حي البلاد وحي المغار، بوصفهما من المناطق المنخفضة طبوغرافياً، بشكل كبير بالفيضانات، بينما كان تأثيرها محدوداً وغير معتبر في الأحياء الجنوبية المرتفعة طبوغرافياً مثل شيخا وباب طرق (شكل 6).



شكل 6: مشهد يوضح السمات الطبوغرافية لأحياء درنة، التقط من موقع مجاور لسد البلاد.

جيولوجيًّا، تكون المنطقة بشكل رئيسي من صخور رسوبية كربوناتية (حجر جيري دولوميت) تعود إلى العصر الإيوسيني وتنتمي إلى تكويني درنة وأبولونيا (شكل 7). ومتاز هذه الصخور بقابلية عالية للذوبان والتكهف، مما أدى إلى انتشار واضح للظواهر الكارستية مثل: التكهفات السطحية والعميقة، والشقوق الواسعة، والقنوات تحت السطحية، وحفر الانهيار (Dolines) (شكل 8). كما تميز السهل الساحلي لدرنة برواسب العصر الرباعي على شكل مراوح فيضية واسعة (Alluvial Fans) عند مصبات الأودية، تكون من مزيج من الحصى والطين والرمال (شكل 9).



شكل 7: نوضح التركيب الجيولوجي بمدينة درنة من الصخور الجيرية لتكوني درنة وأبولونيا.



شكل 8: التشققات والتكهفات في تكوين أبولونيا في حي شيبة (الشعافعي والعبيدي، 2025).

للأسف، تم بناء معظم الأحياء السكنية (البلاد والمغار) فوق هذه المراوح الفيضية وداخل مجاري الأودية، مما وضعها في منطقة الخطر الأقصى أثناء الفيضانات (شكل

- 10). بناء على الدراسات الجيولوجية وتحليل الكارثة، فإن أي إعادة إعمار آمنة لمدينة درنة يجب أن تعتمد على:
- منع البناء نهائيا داخل مجاري الأودية.
  - تُمثل المرواح الفيوضية خطورة عالية على التنمية العمرانية، لأن مسارات السيول يمكن أن تتغير من موسم لآخر، والرواسب فيها هشة وغير مت Manson، ما يزيد من قابلية الانجراف والهدم. بناء على ذلك، توصي الدراسات بضرورة استخدام تقنيات هندسية خاصة.
  - توجيه التوسيع العمراني نحو المرتفعات الجيرية الجنوبية الأكثر استقراراً، وخاصة المناطق التي يزيد ارتفاعها عن 15 متر فوق مستوى سطح البحر.
  - إعداد خريطة مخاطر جيولوجية دقيقة، تكون مرجعاً أساسياً لأي تخطيط عمراني أو مشاريع تنموية مستقبلية داخل المدينة.



وادي درنة



وادي الناقة

شكل 9: توضح ترسيبات المرواح الفيوضية من الطين والحصى الغير مت Manson.



الشكل 10: صور الأقمار الصناعية قبل وبعد الفيضانات في درنة تظهر المناطق الأكثر تضرراً من الإعصار، والتي تقع ضمن نطاق مروحة فيضية منخفضة طوبغرافياً (المصدر: Plant labs PBC).

## 2.5. تآكل الساحل

يشكّل تآكل الشواطئ في حوض البحر الأبيض المتوسط تهديداً بيئياً واقتصادياً متاماً، ينعكس سلباً على المجتمعات الساحلية والنظم البيئية الهشة. وُسّهم مجموعة من العوامل الطبيعية والبشرية مثل تغير المناخ، وارتفاع مستوى سطح البحر، والأنشطة البشرية المكثفة في تسريع معدلات هذا التآكل وتعميق آثاره (زياب، 2024). يؤدي التآكل المستمر إلى فقدان أجزاء كبيرة من الأراضي الساحلية، مما يهدد الممتلكات الخاصة والعامة على حد سواء. كما أصبحت البنية التحتية، وخاصة الطرق الساحلية، في خطر داهم، حيث تقترب مياه البحر منها بشكل يهدد بانهيارها. وكان إعصار دانيال (سبتمبر 2023) مثلاً صارخاً على هذه التداعيات، حيث تسبب في تآكل سريع وكارثي وتدمير أجزاء من الطريق الساحلي في درنة، مما عزز الحاجة الملحة لوجود أنظمة حماية ساحلية فعالة (شكل 11).

يمكن التصدي لهذه المشكلة من خلال تطبيق استراتيجيات متكاملة تشمل إنشاء حواجز الأمواج البحرية ومصدات (شكل 11)، وإعادة تأهيل الغطاء النباتي الساحلي، ووضع تشريعات صارمة للحد من البناء على الشريط الساحلي. كما يمكن الاستفادة من التجارب الناجحة في المدن الساحلية المشابهة في تطوير نظام فعال لحماية السواحل. وتعتبر هذه الإجراءات ضرورية لحماية الساحل والبنية التحتية في درنة، وضمان استدامة البيئة المحلية في مواجهة التغيرات المناخية والتحديات الطبيعية.



شكل 11: تأكل شط البحر وجرف الطرق نتيجةً أعصار دانيال (اليمين)، وحماية الشط مابعد الأعصار (اليسار).

### 3.5. مخاطر الفيضانات

تُعدّ الفيضانات من أكثر الكوارث الطبيعية تدميرًا، إذ تسبب في خسائر بشرية كبيرة وأضرار واسعة للبنية التحتية. ومع تفاقم آثار تغير المناخ وازدياد شدة الظواهر الجوية المتطرفة، يُتوقع أن ترتفع وتيرة الفيضانات وحذتها خلال العقود القادمة، مما يستوجب تبني نهج شامل لإدارة مخاطرها والتقليل من آثارها المحتملة (Hammond and et al., 2015).

شهد وادي درنة تاريخيًّا سلسلة من الفيضانات المدمرة، من أبرزها فيضانات أعوام 1941، 1955، 1968، 1981، 1986، 2011 و 2022 (عاشور، 2022). ويُعد فيضان عام 1959، المعروف محليًّا باسم فيضان بوباليضة، الأكثر حدة، إذ أدى إلى انسداد مجرى الوادي واندفاع المياه نحو الأحياء السكنية المجاورة، مسبباً دماراً واسعاً (بوباليضة، 2011). وعلى الرغم من إنشاء سدود حماية استمر خطر الفيضانات قائماً، وكان آخرها وأكثراً كارثية فيضان إعصار دانيال عام 2023، الذي خلف خسائر بشرية ومادية جسيمة (شكل 12).

وفي ضوء هذا التاريخ الطويل من المخاطر التي تواجهها مدينة درنة، ومن أجل تحقيق تنمية عمرانية مستدامة، ينبغي الالتزام بعدد من المواصفات والمعايير الدولية المتعلقة بإدارة المخاطر. فقد نص معيار NFPA 1600 على ضرورة منع البناء داخل حرم الوادي بمسافة لا تقل عن 100–150 متر، مع إخلاء الأبنية المخالفة تدريجياً (NFPA, 2019). كما تؤكد المواصفة الأوروبية على أهمية تقييم خواص التربة في

مجاري الأودية لضمان استقرار المنشآت القريبة منها EN 1997، 2007 (EN 1997، 2007). إضافة إلى ذلك، توصي معايير ISO 2019 بدمج إدارة الفيضانات ضمن التخطيط العمراني، من خلال إنشاء ممرات مائية مرنة وشوارع قابلة لتصريف مياه الطوارئ.



شكل 12: تظهر حجم دمار المباني والطرق والجسور في مجرى الوادي قبل وبعد اعصار دانيال.

تُظهر الصورة المرفقة (شكل 13) نموذجاً واصحاً لإحدى المشكلات الجذرية المرتبطة بمخاطر الفيضانات في مدينة درنة. إذ توثق الصور عملية إعادة تشكيل مجى الوادي قرب مصبه، وهو سلوك طبيعي يعكس ديناميكية النظام النهري وحيويته، بما في ذلك قدرته على تغيير مساره وتوسيع مجراه تبعاً لشدة الجريان دون التقيد بالحدود الاصطناعية التي يفرضها الإنسان. ويبين هنا وجود منازل مبنية على مقربة شديدة من حافة المجرى، داخل الحرم الهيدرولوجي الذي يجب أن يبقى خالياً لتمكين النهر من التمدد الطبيعي أثناء ذروة الجريان دون أضرار. وجود هذه الأبنية يزيد من خطر الانهيار أو الانجراف أثناء الفيضانات المفاجئة، كما يعرقل جريان المياه ويضاعف قوتها التدميرية. لذلك، تُعد إزالة هذه المنشآت المخالفة إجراءً وقائياً أساسياً لحفظ الأرواح والممتلكات، مع الالتزام

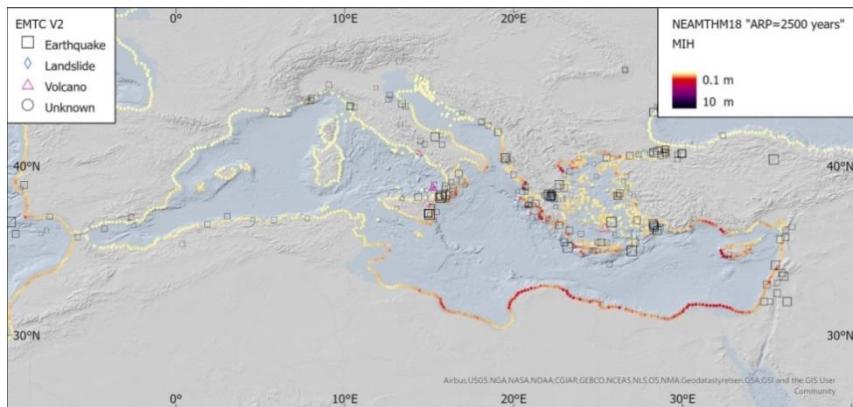
بالمسافة الموصى بها في الحرم الهيدرولوجي (100-150 متر) لتخفييف حدة الفيضانات وتعزيز الأمان البيئي للمدينة (NFPA, 2019; ISO, 2019).



شكل 13: صور بالقرب من مصب الوادي توضح إعادة تشكيل مجرى الوادي، ويُلاحظ وجود منازل قريةً جدًا من المجرى، وهي موقع يُفترض إزالتها نظرًا لمخالفتها لمناطق الحرم الهيدرولوجي.

#### 4.5. مخاطر الزلازل والبراكين والتسونامي

تُعد الزلازل والبراكين وما ينتج عنها من ظواهر ثانوية مثل موجات التسونامي من أبرز الأخطار الجيولوجية التي قد تؤثر بشكل مباشر أو غير مباشر على مدينة درنة. فمواقع المدينة الساحلي على البحر المتوسط، ووقوعها على بعد أقل من 300 كيلومتر من جزيرة كريت النشطة زلزالية، يجعلها عرضة لتأثيرات الزلازل البحرية وموجات التسونامي الناتجة عنها، خاصة في حال وقوع زلزال قوية في المنطقة (Amato and et al., 2021)، ويوضح الشكل 14 مدى خطورة تعرض المدينة لهذا النوع من الأخطار الجيولوجية.



الشكل 14: خريطة مخاطر التسونامي في البحر الأبيض المتوسط والمناطق الأكثر عرضة هي اليونان ومصر ولبيا وجنوب إيطاليا (Amato and et al., 2021).

ويُفاقم من حجم هذه التهديدات غياب أنظمة الرصد الزلزالي والإذار المبكر، إلى جانب ضعف البنية التحتية في المدينة، مما يزيد من احتمالية تعرضها لأضرار جسيمة في حال حدوث كارثة جيولوجية من هذا النوع. لذلك، يُوصى بضرورة تحديث المخططات العمرانية بما يضمن تجنب المناطق الأكثر عرضة للمخاطر، مع تفعيل أنظمة الإنذار المبكر، وتطوير بنية تحتية مقاومة للكوارث، بالإضافة إلى إعداد خطط إخلاء وتدريب السكان على كيفية التعامل مع حالات الطوارئ.

## 5. الانهيارات الأرضية

تُعد الانهيارات الأرضية من أخطر الظواهر الجيومورفولوجية، حيث تتحرك كتل الصخور أو التربة على المنحدرات بفعل الجاذبية، سواء بالسقوط، الانزلاق أو التدفق، وتمتاز بوجود حدود واضحة لكتل المنهارة. تتأثر هذه الظاهرة بعوامل طبيعية مثل هطول الأمطار الغزيرة وتشبع التربة بالمياه والزلزال، وعوامل بشرية مثل البناء العشوائي وإزالة الغطاء النباتي (الجميلي، 2019). وقد أسهمت الانهيارات المصاحبة لإعصار دانيال في درنة بدمير البنية التحتية وتعطل شبكات النقل وتهديد الأحياء القريبة من السفوح (شكل 15).



شكل 15: صورة توضح انهيارات أرضية حدثت جراء إعصار دانيال في درنة، وتأثيرها على تعطل شبكات النقل.

ونتيجة لما سبق، تقع مدينة درنة ضمن نطاق ضيق بين ساحل البحر وسفوح جبل الأخضر، ما دفع السكان إلى البناء بالقرب من المنحدرات الجبلية دون إجراء الدراسات الجيولوجية الازمة أو تقييم استقرار الانحدارات (شكل 16)، مما يزيد من تعرضهم لمخاطر الانزلاقات الأرضية ويهدد سلامتهم وممتلكاتهم.

للحد من هذه المخاطر، يُوصى بإجراء دراسات جيولوجية دقيقة وتحديث خرائط المخاطر، وتنظيم استخدامات الأرضي لمنع البناء في المناطق المعرضة للانهيارات (شكل 17)، مع تحسين إدارة مياه الأمطار وصيانة مجاري الوديان. كما يعتبر إعادة تأهيل الغطاء النباتي أمراً ضرورياً لثبت التربة، إلى جانب تطوير نظام مراقبة وإنذار مبكر لرصد تحركات التربة وربطه بفرق الطوارئ. ويجب تعزيز البنية التحتية بتقنيات تدعيم المنحدرات والجدران الاستنادية، مع توعية السكان بطرق الوقاية وإجراءات الإخلاء، لضمان قدرة المدينة على مواجهة المخاطر المستقبلية وتقليل آثار الانهيارات على السكان والبنية التحتية.



شكل 16: البناء بالقرب من المنحدرات الجبلية.



شكل 17: صورة جوية توضح موقع المدينة المحصورة بين الساحل والجبل، حيث يُشير اللون الأصفر إلى المناطق الأكثر عرضة للانهيارات والانزلاقات الأرضية (المصدر: *(Washington Post)*

## 6.5 دور الذكاء الاصطناعي في تقييم المخاطر الجيولوجية

يشكل الذكاء الاصطناعي (AI) ونظم المعلومات الجغرافية (GIS) أداة متطرفة لتحليل البيانات الجيولوجية والتنبؤ بالأخطار الطبيعية مثل الفيضانات والانهيارات الأرضية. فمن خلال دمج البيانات المكانية والبيئية مع النماذج الجيولوجية، يساهم الذكاء

الاصطناعي في تحليل البيانات الجيومورفولوجية والتبيؤ بالمخاطر بدقة عالية. توّكّد الإحصائيات العالمية، مثل تلك الصادرة عن قاعدة الكوارث الدولية (EM-DAT)، الحاجة الملحة لهذه التقنيات، حيث تسبّبت الكوارث الجيولوجية الواسعة بين عامي 1990 و2022 في مقتل ملايين الأشخاص وتشريد المزيد، مما ييرز دور الذكاء الاصطناعي الحيوي في تقليل هذه الآثار (العمري، 2024).

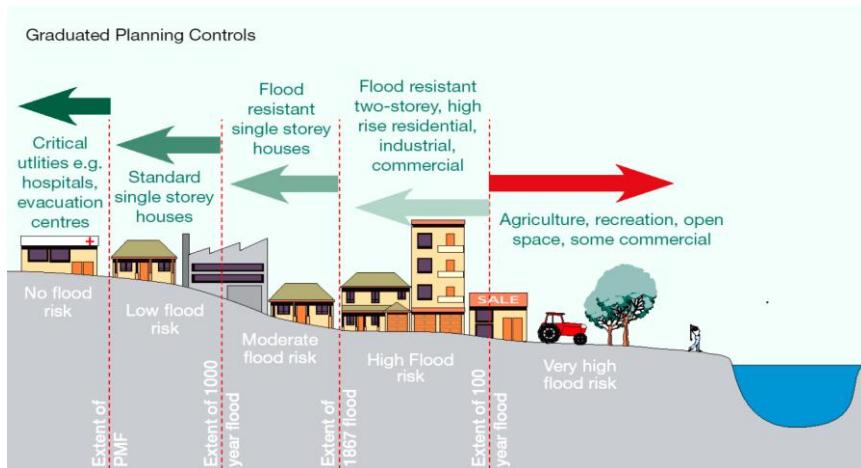
يمكن تطبيق هذه التقنيات بشكل عملي في مدينة درنة، خاصة في أعقاب كارثة سبتمبر 2023. حيث تتيح خوارزميات التعلم الآلي دمج بيانات الأمطار والانحدارات ونوعية الصخور والتربة لتحديد المناطق المعرضة للانهيارات الأرضية والسيول بشكل دقيق. يؤدي هذا إلى تصميم خرائط مفصلة للمخاطر الجيولوجية تكون بمثابة دليل علمي للعمل. تمتد فوائد الذكاء الاصطناعي إلى ما وراء التقييم المباشر، ليدعم عمليات التخطيط الاستراتيجي وإعادة الإعمار المستدام (الخطيب، 2022).

فالنمذاج التنبؤية القائمة على الذكاء المكاني تساعّد في توجيه التخطيط العمراني بعيداً عن بؤر الخطر، وتخطيط البنية التحتية الآمنة، وتحسين استراتيجيات الطوارئ وإدارة الكوارث. كما يساهم في تقييم الأثر البيئي وتخطيط استخدام الأراضي بشكل يعزّز المرونة والاستدامة. وبالتالي، فإنّ اعتماد الذكاء الاصطناعي في درنة ليس مجرد خيار تقني، بل هو ركيزة أساسية لإعادة الإعمار الآمن وتحويل التحدّي إلى فرصة لبناء مدينة أكثر مرونة وقدرة على مواجهة المخاطر الطبيعية في المستقبل.

## 7.5. تخطيط استخدام الأراضي وإدارة المخاطر

يُعتبر تخطيط استخدام الأراضي حجر الزاوية في إدارة مخاطر الكوارث، لا سيما الفيضانات. فهو أداة استباقية فعالة تهدف إلى تقليل الخسائر البشرية والمادية من خلال توجيه العمران والأنشطة البشرية بعيداً عن المناطق المعرضة للخطر، وتنظيم الكثافة البنائية بما يتّسّب مع مستوى الخطورة (Smith and Ward, 1998). وتوصي الدراسة باعتماد نموذج التحكم المتدرج في التخطيط العمراني (Graduated Planning)، الذي يوزّع استخدامات الأرضي وفق مستوى الخطورة، بما يضمن تحسين القدرة على الصمود وتقليل الخسائر البشرية والمادية (Hawkesbury City Council, 2012) (شكل 18) بدلاً من الاعتماد فقط على المشاريع الهندسية كالسدود والقنوات.

يُظهر النموذج تقسيم المناطق إلى خمسة مستويات:



شكل 18: ضوابط تخطيط استخدام الأراضي المتدرجة للحد من مخاطر الفيضانات .(Hawkesbury City Council , 2012)

- **منطقة دون خطر فيضانات (منطقة آمنة):** تقع في المرتفعات، وتحصّص للمرافق الحيوية كالمستشفيات ومراكيز الإخلاء.
- **منطقة خطر منخفض:** مناسبة للمنازل المكنية التقليدية ذات الطابق الواحد.
- **منطقة خطر متوسط:** يُسمح فيها بمباني مقاومة للفيضانات وفق معايير تصميم خاصة.
- **منطقة خطر مرتفع:** يمكن أن تحتوي على مباني مقاومة للفيضانات من طبقتين أو منشآت تجارية وصناعية مزودة بحماية إضافية.
- **منطقة خطر عالي جداً:** داخل مجاري الوادي والأقرب لمجرى الوادي، ويُمنع فيها البناء السكني تماماً، وتحصّص للزراعة، والمساحات الخضراء، والأنشطة غير الدائمة (Hawkesbury City Council, 2012).

بالنسبة لمدينة درنة، التي تواجه مخاطر متكررة جراء طبيعتها الطوبوغرافية الحادة وتدخل العمران مع مجاري الوادي، فإن تطبيق هذا النموذج سيسهم في تنظيم الاستخدامات العمرانية بشكل يحدّ من تعرّض السكان والممتلكات للخطر. ويمكن تحقيق ذلك عبر منع البناء داخل مجاري وادي درنة والمناطق المنخفضة المحيطة به، وإنشاء مناطق خضراء

عازلة تعمل كأحواض امتصاص طبيعية، إضافةً إلى إعادة توجيه الأنشطة الحيوية والأبنية الخدمية نحو المناطق المرتفعة الأكثر أماناً. ويساعد دمج خرائط المخاطر ودراسات الهيدرولوجيا في خطط الإعمار المستقبلية على تعزيز مبدأ "إعادة البناء بشكل أفضل" وضمان استدامة التنمية في المدينة.

#### 8.5 المناقشة

تكشف نتائج هذه الدراسة أن كارثة درنة لم تكن حدثاً طبيعياً منفصلاً، بل ثمرة تفاعل معقد بين خصائص جيولوجية وطبوغرافية حساسة من جهة، وممارسات تخطيط عمراني غير مستددة إلى معايير السلامة من جهة أخرى. فقد أدى التوسيع العمراني داخل مجاري الأودية والمرابح الفيوضية، وتجاهل هشاشة التكوينات الكارستية والانحدارات الشديدة في حوض الوادي، إلى تضخيم تأثير الفيضانات بشكل لافت. وتتوافق هذه النتائج مع ما أكدته العديد من الدراسات السابقة الإقليمية والدولية، مثل دراسة الضبع (2024) حول البناء العشوائي في مجرب وادي درنة، ودراسة سركوح (2020) حول فيضانات كلاميم في المغرب، والتي أشارت إلى أن غياب التخطيط الحضري السليم يزيد من مخاطر الكوارث الطبيعية.

وتشير المعطيات الميدانية والتحليل الجيومورفولوجي إلى أن الأخطار الطبيعية في درنة ومنها الفيضانات والانهيارات الأرضية وتأكل السواحل هي أخطار متراقبة وليس مستقلة، ويغذي بعضها البعض ضمن بيئته جيولوجية بالغة الحساسية. وهو ما يعزز الحاجة إلى دمج الخرائط الجيولوجية والهيدرولوجية التفصيلية في مراحل التخطيط الحضري كافة، بما في ذلك تحديد استعمالات الأرضي، وتصميم البنية التحتية، وإدارة موارد المياه. وتدعى التجارب الدولية، على غرار مبادرة جيولوجي لكل بلدية التي أوصت بها دراسة González and Rangel-Buitrago (2024)، جدوى اعتماد إطار مؤسسي يضمن حضور الخبرة الجيولوجية في عملية صنع القرار العمراني.

كما توضح الدراسة أن الخلل لم يكن تقنياً فحسب، بل مؤسسيّاً أيضاً. فقد أدى غياب التنسيق بين الجهات الفنية وخاصة المخططين العمرانيين والجيولوجيين والمهندسين إلى نشوء فجوة معرفية وتطبيقية انعكست في اتخاذ قرارات عمرانية غير آمنة كما أشارت بذلك دراسة Etiko (2023). وهذا يبرز ضرورة تبني مقارب تخطيط تشاركيّة متعددة

التخصصات، ترتكز على بيانات ميدانية دقيقة ونماذج مخاطر علمية محدثة، بدلاً من الاعتماد على ممارسات تقليدية أو تقديرية.

وتؤكد النتائج أهمية الانتقال من نموذج إدارة الكوارث إلى نموذج "المرونة الحضرية" الذي يدعو إليه الهدف الحادي عشر من أهداف التنمية المستدامة. ويشمل ذلك اعتماد نظام للتحكم المتدرج في استخدامات الأراضي، يمنع البناء في المناطق عالية الخطورة، ويوجه التنمية نحو مناطق أكثر استقراراً جيولوجيًّا. كما تشمل الإجراءات الجوهرية استخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية والمنفذة العددية والذكاء الاصطناعي لإنتاج خرائط مخاطر عالية الدقة وتفعيل أنظمة إنذار مبكر قادرة على دعم اتخاذ القرار في الوقت المناسب.

وتقدم الدراسة إضافة نوعية من خلال إبراز العلاقة الوثيقة بين الجيولوجيا والهيدرولوجيا والتخطيط العمراني، وتؤكد أن فاعلية إعادة الإعمار لا تكمن في إعادة بناء ما كان، بل في إعادة تصميم المدينة على أساس استباقية تراعي خصائصها الطبيعية وتحدياتها المستقبلية. ويطلب تحقيق ذلك إرادة سياسية واضحة، وتشريعات حضرية ملزمة، وأدوات رقابية فعالة، إلى جانب توعية المجتمع بأهمية احترام النظم البيئية الطبيعية. وبناءً على ما تقدم، فإن تبني نهج "التخطيط العمراني المستثير بالجيولوجيا" يمثل ضرورة ملحة لبناء مدينة درنة أكثر أماناً ومرنة وصموداً، وللحيلولة دون تكرار الكوارث في المدن الليبية والساحلية والجبلية المشابهة.

## 6. الخلاصة

أظهرت نتائج الدراسة أن التوسيع العمراني داخل مجاري الأودية والمراوح الفيضية، إلى جانب تجاهل هشاشة التكوينات الكلسية والانحدارات الحادة في حوض وادي درنة، كان عاملًا رئيسيًّا في تضخيم حجم الفيضانات وأثارها التدميرية. وتؤكد هذه النتائج أن دمج المعطيات الجيولوجية والهيدرولوجية ضمن سياسات التخطيط العمراني المستدام يمثل ضرورة أساسية لبناء مدن أكثر أمانًا ومرنة في مواجهة الأخطار الطبيعية. لقد برهنت تجربة درنة أن التخطيط الحضري لا يمكن أن يكون فعالًّا أو مستدامًا دون فهم عميق لطبيعة الأرض وخصائصها الجيومورفولوجية. كما أظهرت الكارثة أن

تبني نهج علمي متكامل يجمع بين الجيولوجيا والهندسة والتخطيط الحضري هو السبيل الأمثل لضمان تربية عصرانية قادرة على الحد من المخاطر الطبيعية وتقليل آثارها. وتشير الدروس المستفادة إلى أن التدخل غير المدروس في البيئة الطبيعية مثل إزالة الغطاء النباتي، والبناء العشوائي في مجاري الأودية، وإهمال البنية التحتية الحيوية يمكن أن يؤدي إلى عواقب بشرية واقتصادية كارثية، كما حدث خلال إعصار دانيال. وبالتالي، يصبح تحقيق التنمية العصرانية المستدامة ضرورة ملحة، خصوصاً في المدن ذات الحساسية البيئية والجيومورفولوجية العالية.

وتؤكد الدراسة أن الدراسات الجيولوجية الدقيقة تمثل عنصراً محورياً في نجاح المشاريع الحضرية، إذ تساهم في اتخاذ قرارات مكانية رشيدة تراعي السلامة والاستدامة. كما تتطلب الطوبوغرافيا المعقدة لمدينة درنة تبني حلول هندسية ووقائية متخصصة تتناسب مع طبيعة التضاريس وشبكات التصريف، بما يضمن حماية السكان، ويدعم تخطيطاً حضرياً آمناً قادراً على الصمود أمام التغيرات المناخية والمخاطر المستقبلية.

## 7. التوصيات

- إعداد خرائط جيولوجية وهيدرولوجية دقيقة لمدينة درنة.
- حظر البناء بشكل كامل داخل مجاري الأودية والمناطق عالية الخطورة.
- إنشاء نظام إنذار مبكر لفيضانات والانهيارات الأرضية واستخدام الذكاء الاصطناعي و GIS في توقع المخاطر.
- تكامل العمل بين الجيولوجيين والمخططين العصرانيين في جميع مراحل إعادة الإعمار و وضع ضوابط عصرانية تراعي الطبيعة الجيولوجية للمنطقة.

## المراجع:

أمهني، صالح (2023). الجيولوجيا والتنمية المستدامة في ليبيا. International Journal of Sustainable Development and Science, 6(3), 60–77.

<https://doi:10.21608/ijrsd.2023.315556>

- الجميلي، رياض (2012). مدينة كربلاء (دراسة في النشأة في التطور العمراني). دار الكتب، بيروت.
- الجميلي، محمود (2019). مقدمة في الجيولوجيا البيئية والهندسية. [بغداد]: المؤلف. 465 صفحة.
- الأمم المتحدة. (2015). أهداف التنمية المستدامة: مدن ومجتمعات مستدامة. نيويورك: الأمم المتحدة.
- الخطيب، محمد. (2022). استخدام الذكاء الاصطناعي في التنبؤ بالکوارث الطبيعية. مجلة البحوث البيئية، جامعة القاهرة.
- الشعافي، عبدالسلام والعبيدي، سعد (2025). التكهفات في الطبقات الجيرية بمدينة درنة (تقرير داخلي غير منشور).
- الطبع، حنان (2024). مخاطر البناء العشوائي وإهمال معايير التخطيط العمراني (مجرى وادي درنة أنموذجا). المؤتمر الأول لأقسام الجغرافيا بجامعة الزاوية بالتعاون مع المركز الليبي للدراسات الجيومرفولوجية (التخطيط لاستثمار العشوائيات في البلديات) 2024 م بالزاوية.
- العمرى، عبدالله (2024). تطبيقات الذكاء الاصطناعي في علوم الأرض. منشورات جامعة الملك سعود. ص: 376. ردمك: 1 - 0454 - 05 - 603 - 978: رقم الإيداع 22264 / 1445.
- العموش، أحمد (2024). دور مهندس جيولوجي في تقييم وإدارة المخاطر الجيولوجية في البلديات. مجلة المجتمع العربي لنشر الدارسات العلمية. الإصدار رقم (50)، ISSN: 2958-679.
- الغيثى، مسعود (2023). دراسة مورفومترية وهيدرولوجية لحوض وادي درنة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS). مجلة العلوم الإنسانية والتطبيقية، 8(16)، 221-221. <https://doi.org/10.65137/jhas.v8i16.449>. 235
- الفيتوري، علي وسعد لشهب (2023). الخصائص المورفومترية والهيدرولوجية لحوضي وادي درنة ووادي مرقص (شمال شرق ليبيا). مجلة جامعة سرت للعلوم الإنسانية، العدد 11. <https://DOI:10.37375/sujh.v11i2.248>

المرابط، حسنة (2019). النظام التخطيطي المستدام في ليبيا. المؤتمر الهندسي الثاني لنقابة المهن الهندسية بالزاوية 2019. ص 253.

المنديل، ع. (2008). التخطيط العمراني المستدام: مفاهيم واستراتيجيات. القاهرة: دار الفكر العربي.

برنامج الأمم المتحدة للمستوطنات البشرية (2023) . مستقبل حضري مستدام من خالل تعددية شاملة لجميع وفعالة: تحقيق أهداف التنمية المستدامة في أوقات الأزمات العالمية. (تقرير المدير التنفيذي عن الموضوع الخاص للدورة الثانية لجمعية مؤئل الأمم المتحدة).

بوبضة، عبدالجود أبوبكر (2011). تقرير حول الأخطار المحتملة لفيضانات وادي درنه وسبل تقادها. الجمعية الليبية للتخطيط والتنمية المستدامة، نشر بموقع <https://lapsd.wordpress.com/>

ذباب، ناصر (2024). تأكّل الشواطئ في ليبيا ودول البحر الأبيض المتوسط: استجابات بيئية وحلول مبتكرة. مجلة الحكمة للدراسات والأبحاث. المجلد 4، العدد 6 (20). ISSN online/ 2769-1934

سرکوح، مفيدة (2020). النمو العمراني بين هاجس التغيرات المناخية ومتطلبات استراتيجيات إدارة المخاطر، حالة فيضانات كلميم، المغرب. مجلة الرسالة للدراسات والبحوث الإنسانية، 3(5)، 61-75.

<https://asjp.cerist.dz/en/article/133859>

عاشور، عبدالونيس عبدالعزيز رمضان (2022). تقدير عمق الجريان السطحي لحوض وادي درنة بالتكامل بين تقنيات نظم المعلومات الجغرافية ونموذج SCS-CN. مجلة جامعة سوها للعلوم البحثية والتطبيقية. العدد 12 المجلد 2.

<https://doi:10.51984/JOPAS.V2I2.2137>

عبد الفتاح، أ. (2021). إدارة مخاطر الكوارث في التخطيط العمراني. القاهرة: دار المعارف الجامعية.

عرفات، محمد - الصبيحي، مطيع - الحميدي، عبد الجليل - الطيب، بشار. (2024). النمذجة الهيدرولوجية لتقدير مخاطر السيول وتخفيض حدتها باستخدام الاستشعار

عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية (دراسة حالة محافظة عدن). [دراسة غير منشورة / تقرير].

مدحلي، رقية (2010). مخاطر السيول بحوض وادي بيش بمنطقة جازان. رسالة ماجستير (غير منشورة). جامعة أم القرى، السعودية.

هبيل، اميرة وعبد العاطي، بلال (2024). استراتيجيات التنمية العمرانية المستدامة في مدينة درنة: التخطيط الحضري كأداة للتقليل من تأثير الفيضانات. مجلة العلوم الإنسانية والطبيعية.

HNSJ, 2024, 5(8); <https://doi.org/10.53796/hnsj58/18>

Amato, A.; Avallone, A.; Basili, R.; Bernardi, F.; Brizuela, B.; Graziani, L.; Herrero, A.; Lorenzino, M.C.; Lorito, S.; Mele, F.M.; et al. (2021). From Seismic Monitoring to Tsunami Warning in the Mediterranean Sea. *Seismol. Res. Lett.* 2021, 92, 1796–1816. doi: <https://doi.org/10.1785/0220200437>.

EN 1997-2 (2007). Eurocode 7: Geotechnical design Part 2: Ground investigation and testing.

Etiko, Anne (2023). Urban Geology and Infrastructure Resilience. *Journal of Physical Sciences*. Vol.5, Issue No.1, pp 26 – 38, 2023. ISSN: 2791-2485.

González, C and Rangel-Buitrago, N., (2024). A geologist per municipality initiative: Bridging geology and governance for sustainable development in Colombia. *Environmental Science & Policy*, Volume 153, 2024, 103675, ISSN 1462-9011, <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2024.103675>

Hammond, M. J., Chen, A. S., Djordjević, S., Butler, D., & Mark, O. (2013). Urban flood impact assessment: A state-of-the-art review. Centre for Water Systems, University of Exeter, Exeter, UK.

Hawkesbury City Council, Floodplain Risk Management Advisory Committee. (2012). Main Report. Vol. 1 of Hawkesbury Floodplain Risk Management Study and Plan. Epping, NSW, Australia: Bewsher. <http://www.hawkesbury.nsw.gov.au/>

data/assets/pdf\_file/0010/58546/Hawkesbury\_FRMS-and-P\_Volume1.pdf.

Hencher, Steve (2012). Practical Engineering Geology (1st ed). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b12836>

ISO. (2019). ISO 37123: Sustainable cities and communities - Indicators for resilient cities. ISO 37123:2019 (E)

NFPA (2019). NFPA 1600: Standard on Continuity, Emergency, and Crisis Management. ISBN: 978-145592210-9.

Smith, K., and Ward, R. (1998). Floods: Physical Processes and Human Impacts (337 p). New York: John Wiley.

Turvey, Rosario (2019). Urban planning and sustainable cities. Int. J. Sustainable Society, Vol. 11, No. 3, 2019. DOI: 10.1504/IJSSOC.2019.103700.

Yıldız, Ümit (2024). Urban planning and development in harmony with the geosciences. Journal of Scientific Reports-A, 56, 145-154. E-ISSN: 2687-6167.

**Websites:**

<https://arabic.euronews.com/>

<https://www.theguardian.com/>