Journal of Insights in Basic and Applied Sciences
مجلة رؤى في العلوم الأساسية والتطبيقية
Volume 2, Issue 2, 2026, Pages: 399-412
Journal homepage: https://jibas.com.ly/index.php/jibas/en

Groundwater quality assessment using the Water Quality Index (WQI) and Pollution Load Index (PLI) in Derna, Libya, following Cyclone Daniel

Fouad M. H Balomi [1 *], Mohammed Ashour Al-Hawil Al-Hamdi [2], Ahmed Safi Al-Din Al-Kurash [3]
[1] Department of Processing and Analytical Techniques, Higher Institute of Agricultural Technologies, Derna, Libya.
[2] Central Water Analysis Laboratory, Derna, Libya
[3] Water Analysis Laboratory, Desalination Plant, Derna, Libya

تقييم جودة المياه الجوفية باستخدام مؤشر جودة المياه (*WQI*) ومؤشر حمل التلوث (*PLI*) في مدينة درنة – ليبيا بعد إعصار دانيال

فؤاد محمد حسين بلومي[1*]، محمد عاشور الحويل الحامدي[2]، أحمد صفي الدين الكوراش[3]
[1] قسم المعالجة وتقنيات التحاليل، المعهد العالي للتقنيات الزراعية درنة، درنة، ليبيا
[2] المعمل المركزي لتحليل المياه، درنة، ليبيا
[3] معمل تحليل المياه، محطة تحلية المياه، درنة، ليبيا

[*]Corresponding author: fouadbalomi@gmail.com

Received: April 26, 2026	Accepted: May 25, 2026	Published: June 30, 2026

Copyright: © 2026 by the authors. This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Abstract

Groundwater is the primary source of drinking water in the city of Derna, eastern Libya. However, the catastrophic flooding caused by Tropical Storm Daniel has raised serious concerns about the degradation of groundwater quality and its suitability for human consumption. This study aims to assess the impact of Tropical Storm Daniel on groundwater quality through the application of the Water Quality Index (WQI) and the Pollution Load Index (PLI). Groundwater samples were collected from several wells in the city of Derna after the disaster. The physicochemical and microbiological parameters analyzed included pH, electrical conductivity (EC), total dissolved solids (TDS), nitrates (NO_3^-), nitrites (NO_2^-), ammonium (NH_4^+), ammonia (NH_3), Escherichia coli (E. coli), and total coliforms. Water quality assessment was conducted in accordance with World Health Organization (WHO) recommendations and Libyan standards. The results revealed significant spatial variability in groundwater quality among the wells studied. Water quality index (WQI) values ranged from 30.55 to 127.78, indicating quality classes from excellent to poor. The Kouriya and Bab Tobrouk wells exhibited the best water quality, with WQI values of 30.55 and 44.00, respectively. In contrast, the Al-Jubaila and Al-Masouri wells recorded the highest values (127.78), indicating a significant decline in water quality. This deterioration is primarily linked to high concentrations of electrical conductivity (4550 µS/cm), TDS (2520 mg/L), nitrates (66.4 mg/L), ammonium (0.6 mg/L), and ammonia (0.6 mg/L). PLI values ranged from 0.211 to 1.703, indicating that the majority of wells were unpolluted, while some showed significant contamination. Furthermore, severe microbiological contamination was observed in some wells, with E. coli concentrations exceeding 100 CFU/100 mL. The results demonstrate that Storm Daniel had a significant impact on groundwater quality, promoting salinization, nitrogen enrichment, and localized microbiological contamination. Continuous monitoring, along with appropriate management and treatment measures, is therefore essential to ensure the safety and sustainability of groundwater resources in the Derna region.

Keywords: Groundwater Quality, Water Quality Index (WQI), Pollutant Load Index (PLI), Storm Daniel.

الملخص

تُعدّ المياه الجوفية المصدر الرئيسي لمياه الشرب في مدينة درنة، شرق ليبيا. إلا أن الفيضانات الكارثية التي سببها الإعصار الاستوائي دانيال أثارت مخاوف جدية بشأن تدهور جودة المياه الجوفية ومدى صلاحيتها للاستهلاك البشري. تهدف هذه الدراسة إلى تقييم تأثير الإعصار الاستوائي دانيال على جودة المياه الجوفية من خلال تطبيق مؤشر جودة المياه (WQI) ومؤشر عبء التلوث (PLI). جُمعت عينات من المياه الجوفية من عدة آبار في مدينة درنة بعد الكارثة. وشملت المعايير الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية التي تم تحليلها: الرقم الهيدروجيني (pH)، والتوصيل الكهربائي (EC)، والمواد الصلبة الذائبة الكلية (TDS)، والنترات (NO_3^-)، والنتريت (NO_2^-)، والأمونيوم (NH_4^+)، والأمونيا (NH_3)، وبكتيريا الإشريكية القولونية (E. coli)، ومجموع بكتيريا القولون. أُجري تقييم جودة المياه وفقًا لتوصيات منظمة الصحة العالمية (WHO) والمعايير الليبية. أظهرت النتائج تباينًا مكانيًا ملحوظًا في جودة المياه الجوفية بين الآبار المدروسة. تراوحت قيم مؤشر جودة المياه (WQI) بين 30.55 و127.78، مما يشير إلى تفاوت في الجودة من ممتازة إلى رديئة. وسجلت بئرا كوريا وباب طبرق أفضل جودة للمياه، حيث بلغت قيم مؤشر جودة المياه فيهما 30.55 و44.00 على التوالي. في المقابل، سجلت بئرا الجبيلة والمسوري أعلى القيم (127.78)، مما يدل على انخفاض ملحوظ في جودة المياه. ويرتبط هذا التدهور بشكل أساسي بارتفاع تركيزات الموصلية الكهربائية (4550 ميكروسيمنز/سم)، والمواد الصلبة الذائبة الكلية (2520 ملغم/لتر)، والنترات (66.4 ملغم/لتر)، والأمونيوم (0.6 ملغم/لتر)، والأمونيا (0.6 ملغم/لتر). تراوحت قيم مؤشر تلوث المياه الجوفية (PLI) بين 0.211 و1.703، مما يشير إلى أن غالبية الآبار كانت غير ملوثة، بينما أظهرت بعضها تلوثًا ملحوظًا. علاوة على ذلك، لوحظ تلوث ميكروبيولوجي حاد في بعض الآبار، حيث تجاوز تركيز بكتيريا الإشريكية القولونية 100 وحدة تشكيل مستعمرة/100 مل. تُظهر النتائج أن عاصفة دانيال كان لها تأثير كبير على جودة المياه الجوفية، إذ ساهمت في زيادة ملوحتها، وإثراءها بالنيتروجين، وتلوثها الميكروبيولوجي الموضعي. لذا، يُعد الرصد المستمر، إلى جانب تدابير الإدارة والمعالجة المناسبة، أمرًا ضروريًا لضمان سلامة واستدامة موارد المياه الجوفية في منطقة درنة.

الكلمات المفتاحية: *جودة المياه الجوفية، مؤشر جودة المياه (WQI)، مؤشر حمولة الملوثات (PLI)، عاصفة دانيال،*

المقدمة

تُعدّ المياه الجوفية المصدر الرئيسي للمياه العذبة في المناطق القاحلة وشبه القاحلة، حيث يُشكّل محدودية موارد المياه السطحية وتزايد الطلب عليها ضغطًا كبيرًا على الإمدادات المائية المتاحة. في ليبيا، تُشكّل المياه الجوفية الركيزة الأساسية للاستخدام المنزلي والزراعي والصناعي، إذ تُوفّر أكثر من 90% من احتياجات البلاد من المياه العذبة [1]. ونتيجةً لذلك، يُعدّ حماية موارد المياه الجوفية وإدارتها المستدامة أمرًا بالغ الأهمية للحفاظ على الصحة العامة والأمن الغذائي والتنمية الاجتماعية والاقتصادية. مع ذلك، تتعرّض أنظمة المياه الجوفية لتهديدات متزايدة بسبب تغيّر المناخ، وتغلغل مياه البحر، والتوسع العمراني، والاستخراج المفرط للمياه الجوفية، والتلوث الناجم عن مصادر طبيعية وبشرية [2,3].

شهدت العقود الأخيرة زيادةً ملحوظةً في تواتر وشدة الظواهر الهيدروميتورولوجية المتطرفة في جميع أنحاء العالم، ولا سيما الفيضانات والعواصف الشديدة المرتبطة بتغيّر المناخ [4,2]. تؤثر هذه الأحداث بشكل كبير على كمية ونوعية موارد المياه من خلال تغيير العمليات الهيدرولوجية، وزيادة الجريان السطحي، وتحريك الملوثات، وتعزيز انتقالها إلى طبقات المياه الجوفية [5,6]. تحمل مياه الفيضانات عادةً الرواسب والمواد العضوية والمغذيات ومسببات الأمراض والمعادن الثقيلة وملوثات كيميائية متنوعة من البيئات الحضرية والزراعية والصناعية، مما يؤدي إلى تدهور كبير في جودة المياه وزيادة المخاطر على صحة الإنسان [7,8].

وقد وثّقت العديد من الدراسات الآثار السلبية للفيضانات على كلٍ من أنظمة المياه السطحية والجوفية. كثيراً ما تُسجَّل ارتفاعات في تركيزات المواد الصلبة الذائبة الكلية، والمواد الصلبة العالقة، والمغذيات، والملوثات العضوية، والكائنات الدقيقة الممرضة عقب الفيضانات الكبرى [9,10,11]. وقد ينجم التلوث المرتبط بالفيضانات أيضاً عن تعطل البنية التحتية للصرف الصحي، وتسرب المياه من أنظمة الصرف الصحي المنزلية، وتغلغل مياه الفيضانات الملوثة إلى طبقات المياه الجوفية، مما يُعرّض سلامة مياه الشرب للخطر ويزيد من انتشار الأمراض المنقولة بالمياه [12,13]. وتكون هذه الآثار شديدة بشكل خاص في البلدان النامية حيث غالباً ما تكون البنية التحتية للمياه والصرف الصحي عرضة للكوارث الطبيعية [14].

مثّلت الآثار المدمرة لعاصفة دانيال في سبتمبر/أيلول 2023 واحدة من أفظع الكوارث البيئية في تاريخ ليبيا الحديث. فقد تسببت الأمطار الغزيرة التي هطلت على حوض وادي درنة في تدفقات فيضانات غير مسبوقة، بلغت ذروتها بانهيار سدي درنة وأبو منصور، مما أدى إلى تدفق كميات هائلة من المياه إلى مدينة درنة [15,16]. وفي غضون أقل من 48 ساعة، تجاوزت كميات الأمطار المعدل السنوي لهطول الأمطار في المنطقة، مما أدى إلى دمار واسع النطاق في المناطق السكنية وشبكات النقل والمرافق العامة وأنظمة إمدادات المياه والبنية التحتية للصرف الصحي [17,18]. وأسفرت الكارثة عن آلاف القتلى والمفقودين، ونتج عنها عواقب بيئية وخيمة لا تزال تؤثر على موارد المياه والصحة العامة في المنطقة.

وبعد الفيضان، تزايدت المخاوف بشأن تلوث المياه الجوفية بشكل ملحوظ. نُقلت كميات كبيرة من الرواسب ومياه الصرف الصحي والنفايات الصلبة والحطام عبر المناطق المتضررة، مما هيأ ظروفًا مواتية للتلوث الكيميائي والميكروبيولوجي لموارد المياه الجوفية [19]. وحددت تقييمات دولية تدهور جودة المياه، وفشل إدارة مياه الصرف الصحي، والتلوث البيئي من بين أكثر التحديات إلحاحًا التي تواجه مدينة درنة في مرحلة ما بعد الكارثة [13]. ووفقًا لليونيسف [13]، أدى تضرر محطات تحلية المياه والآبار وشبكات توزيع المياه وأنظمة الصرف الصحي إلى انخفاض كبير في إمكانية الحصول على مياه شرب آمنة، في حين تم الإبلاغ عن آلاف حالات الإصابة بأمراض الإسهال الحادة في المجتمعات المتضررة من الفيضانات. وتُبرز هذه النتائج العلاقة الوثيقة بين تدهور جودة المياه ومخاطر الصحة العامة في بيئات ما بعد الكوارث.

أشارت دراسات سابقة للمياه الجوفية أُجريت في ليبيا إلى ارتفاع مستويات الملوحة، وتلوث النترات، والتلوث الميكروبي، وتداخل مياه البحر في العديد من طبقات المياه الجوفية الساحلية، بما في ذلك طبقات بنغازي وطرابلس والكفرة وسبها ودرنة [20,21,22,23]. علاوة على ذلك، أشارت دراسات سابقة في درنة إلى تزايد الضغوط على جودة المياه الجوفية نتيجة للتوسع العمراني والهشاشة الهيدروجيولوجية [23]. ومع ذلك، ورغم ضخامة إعصار دانيال وتأثيراته غير المسبوقة على المدينة، لا تزال المعلومات العلمية المتعلقة بحالة جودة المياه الجوفية بعد الفيضان محدودة. هذه الفجوة المعرفية تحدّ من قدرة صانعي القرار على تقييم مخاطر التلوث وتطبيق استراتيجيات إدارة فعّالة لحماية المياه الجوفية والحفاظ على الصحة العامة.

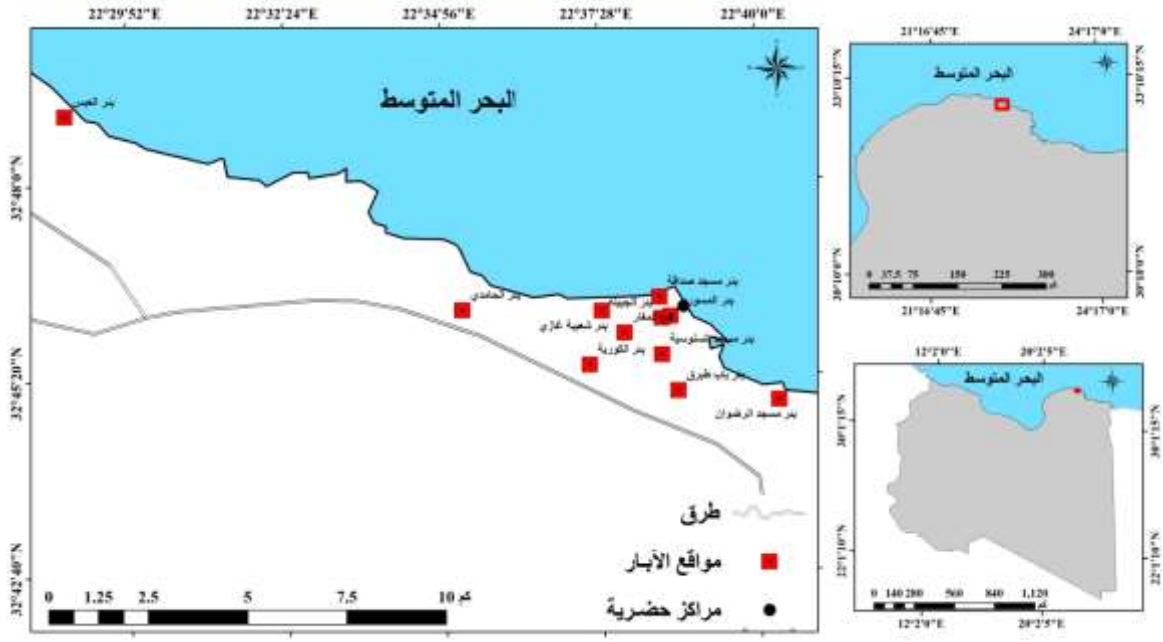
أصبح مؤشر جودة المياه (WQI) من أكثر الأدوات استخدامًا لتقييم صلاحية المياه، نظرًا لقدرته على دمج العديد من المعايير الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية في قيمة واحدة سهلة التفسير [21]. وبالمثل، توفر تقنيات تقييم عبء التلوث معلومات قيّمة حول درجة التلوث وتوزيعه المكاني الذي يؤثر على موارد المياه. ويتيح التطبيق المشترك لهذه المناهج إجراء تقييم شامل لحالة المياه الجوفية، ويسهل تحديد المناطق التي تتطلب تدخلًا عاجلًا ومعالجة.

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم جودة آبار المياه الجوفية في مدينة درنة بعد إعصار دانيال، وذلك من خلال تطبيق مؤشر جودة المياه وتقنيات تقييم التلوث. وتقيّم الدراسة المعايير الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية الرئيسية، وتقارن النتائج المُتحصل عليها بمعايير مياه الشرب الليبية والدولية، كما تبحث في مدى التلوث الناجم عن الفيضان والذي يؤثر على موارد المياه الجوفية. ومن المتوقع أن تُسهم هذه النتائج في فهم أفضل لأوضاع المياه الجوفية بعد الكوارث، ودعم الإدارة القائمة على الأدلة لموارد المياه، وتعزيز القدرة على مواجهة المخاطر المناخية المستقبلية في ليبيا والمناطق الساحلية الأخرى المعرضة للخطر.

المواد وطرق البحث

موقع الدراسة

تمتد منطقة الدراسة لتشمل مجموعة من التجمعات السكانية الواقعة ضمن النطاق الجغرافي لمدينة درنة والمناطق المجاورة لها، وتشمل المناطق الساحلية والجبلية والداخلية، بما في ذلك الأحياء الحضرية والمناطق الريفية، وتتنوع هذه المناطق من حيث الارتفاع عن مستوى سطح البحر والقرب من الساحل، مما يعكس تبايناً واضحاً في الخصائص الجيولوجية والهيدرولوجية المؤثرة على نوعية المياه الجوفية، واخْتيرت هذه المناطق بهدف الحصول على صورة شاملة لجودة المياه التي يعتمد عليها السكان للشرب والاستخدامات المنزلية، سواء في المناطق المنخفضة القريبة من البحر أو المرتفعة البعيدة عنه، ويغطي نطاق الدراسة آباراً مختلفة الأعماق والخصائص، تمثل أهم مصادر مياه الشرب في المناطق المستهدفة، مع مراعاة شمول جميع المناطق التي يعتمد سكانها على المياه الجوفية مصدراً رئيسياً للمياه.



شكل 1: صورة توضح مواقع الآبار في مدينة درنة.

الخصائص الفيزيائية والكيميائية والميكروبية لمياه آبار مدينة درنة بعد إعصار دانيال

تم تحديد الخصائص الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية لعينات المياه الجوفية المأخوذة من الآبار المدروسة في مدينة درنة بعد إعصار دانيال، وهي موضحة في الجدولين (1) و(2). شملت التحليلات درجة الحموضة (*p*H)، والتوصيل الكهربائي (EC)، والمواد الصلبة الذائبة الكلية (TDS)، والعكارة (Turbidity)، والنترات (NO_3^-)، والنتريت (NO_2^-)، والأمونيوم (NH_4^+)، والأمونيا (NH_3)، وبكتيريا الإشريكية القولونية (E. coli)، وأنواع أخرى من بكتيريا القولون (coliform bacteria). تم تقييم النتائج وفقًا لمعايير مياه الشرب الصادرة عن منظمة الصحة العالمية (WHO) لمياه الشري والمواصفات القياسية الليبية لمياه الشرب.

استُخدمت القيم المقاسة لاحقًا لتقييم جودة المياه الجوفية، وحساب مؤشر جودة المياه (WQI)، وتحديد مؤشر الحمل التلوثي (PLI)، وتقييم مدى ملاءمة المياه الجوفية لأغراض الشرب في مدينة درنة بعد إعصار دانيال.

جدول 1: المعايير الفيزيائية والكيميائية لمياه الآبار في مدينة درنة بعد إعصار دانيال.

NO_3^- (mg/L)	NO_2^- (mg/L)	NH_3 (mg/L)	NH_4^+ (mg/L)	Turbidity (NTU)	TDS (mg/L)	EC (µS/cm)	*p*H	اسم البئر
7.2	NIL	0.16	0.17	5	709	1520	7.48	العبس
0.35	NIL	0.09	0.06	5	523	1052	7.7	شعبية غازي
0.36	NIL	0.06	0.06	5	626	1230	7.03	الكورية
66.4	NIL	0.6	0.6	5	2520	4550	7.12	الجبيلة
66.4	NIL	0.6	0.6	5	2520	4550	7.12	المسوري
26.2	0.06	0.07	0.07	5	2500	3500	7.21	مسجد السنوسية
15.8	NIL	0.12	0.12	5	908	1279	7.71	باب طبرق
31.8	NIL	0.16	0.17	5	1085	1530	7.17	مسجد الرضوان
131.5	0.05	18	19	5	7930	15800	7.44	مسجد صداقة
31.8	NIL	0.16	0.17	5	1085	1530	7.17	المغار
24.6	0.04	0.19	0.2	5	1170	1640	7.57	الحامدي

جدول 2: المعايير الميكروبيولوجية لمياه الآبار في مدينة درنة بعد إعصار دانيال.

(Coliform) Other cfu/100ml	E.coli cfu/100ml	اسم البئر
0.0	> 100	العبس
21.0	0.0	شعبية غازي
0.0	0.0	الكورية
0.0	0.0	الجبيلة
0.0	0.0	المسوري
0.0	0.0	مسجد السنوسية
0.0	0.0	باب طبرق
0.0	0.0	مسجد الرضوان
7.0	0.0	مسجد صداقة
0.0	2.0	المغار

الحامدي	0.0	0.0

جدول 3: معايير جودة مياه الشرب المعتمدة في هذه الدراسة وفقاً للمبادئ التوجيهية لمنظمة الصحة العالمية والمبادئ التوجيهية الليبية.

الخصائص	Unit	WHO	الموصفات الليبية
pH	–	8.5 – 6.5	8.5 – 6.5
EC	µS/cm	–	–
TDS	mg/L	1000 ≥	1000 ≥
Turbidity	NTU	5 ≥	5 ≥
NO_3^-	mg/L	50 ≥	50 ≥
NO_2^-	mg/L	3 ≥	3 ≥
NH_4^+	mg/L	0.5 ≥	0.5 ≥
NH_3	mg/L	0.5 ≥	0.5 ≥
E. coli	CFU/100 mL	0	0
Coliform Bacteria	CFU/100 mL	0	0

مؤشرات الجودة

مؤشر جودة المياه WHO (Water Quality Index)

يُعدّ مؤشر جودة المياه (WQI) من أكثر الأدوات استخدامًا لتقييم مدى ملاءمة المياه الجوفية للشرب. فهو يجمع بين العديد من المعايير الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية لجودة المياه في قيمة عددية واحدة، مما يوفر تمثيلًا مبسطًا لحالة جودة المياه بشكل عام. يُسهّل مؤشر جودة المياه المقارنة بين آبار المياه الجوفية المختلفة، ويساعد صانعي القرار في تحديد المناطق التي تتطلب إدارة ومعالجة عاجلة.

تُعدّ طريقة مؤشر جودة المياه مفيدة بشكل خاص لتحديد آبار المياه الجوفية التي قد تتطلب مراقبة أو معالجة أو تدخلات إدارية. في هذه الدراسة، تم حساب مؤشر جودة المياه باستخدام معايير مختارة لها تأثير كبير على جودة مياه الشرب، بما في ذلك الرقم الهيدروجيني (pH)، والتوصيل الكهربائي (EC)، والمواد الصلبة الذائبة الكلية (TDS)، والعكارة، والنترات (NO_3^-)، والنتريت (NO_2^-)، والأمونيوم (NH_4^+)، والأمونيا (NH_3)، وبكتيريا الإشريكية القولونية (E. coli)، وأنواع أخرى من البكتيريا القولونية. وقد تم تخصيص وزن نسبي لكل معيار وفقًا لأهميته لصحة الإنسان وجودة مياه الشرب.

لإبراز الأهمية النسبية لكل مُعامل لصحة الإنسان وجودة مياه الشرب، تم تخصيص عامل ترجيح (Wi) لكل مُعامل. وقد مُنحت المُعاملات ذات التأثيرات المحتملة الأكبر على الصحة العامة، مثل النترات والمؤشرات الميكروبيولوجية، أوزاناً أعلى من تلك ذات الأهمية الصحية الأقل. حُسب مؤشر جودة المياه الإجمالي (WQI) باستخدام طريقة الترجيح الحسابي وفقاً للمعادلة (1):

$$WQI = \frac{\sum_{i=1}^{n} q_i \, w_i}{\sum_{i=1}^{n} w_i} \qquad (1)$$

حيث

q_i: القيمة النسبية (Quality rating) للمعيار i

w_i: الوزن النسبي للمعيار i

تحديد الوزن النسبي (wi)

جدول 4: الأوزان النسبية للعناصر الكيميائية.

العنصر	الوزن النسبي (wi)
pH	0.08
EC	0.12
TDS	0.08
Turbidity	0.08
NO3	0.13
NH4	0.13
NH3	0.08
NO2	0.04
E.coli	0.13
Other Coliform	0.13

بحيث يكون مجموع الأوزان = 1.

حساب القيمة النسبية (qi) لكل معيار

$$q_i = \left(\frac{V_i - V_{ideal}}{V_i - S_i}\right) \times 100 \qquad (2)$$

حيث: V_i: القيمة المقاسة للمعيار في العينة.

V_{ideal}: القيمة المثالية (عادة 0 أو 7 لـ pH).

S_i: الحد الأقصى المسموح به (وفق WHO أو المواصفة الليبية).

تم تصنيف قيم مؤشر جودة المياه المحسوبة إلى أربع فئات لتقييم مدى ملاءمة المياه الجوفية لأغراض الشرب كما مبين بالجدول (4).

جدول 5: تقييم مؤشر جودة المياه

مؤشر جودة المياه (WQI)	التقييم
50 >	ممتاز
100 - 51	جيد
200 - 101	رديء (غير مقبول)
200 <	رديء جداً

مؤشر التلوث

استُخدم مؤشر عبء التلوث (PLI) لتقييم المستوى الإجمالي لتلوث المياه الجوفية من خلال مقارنة التركيزات المقاسة لمعايير جودة المياه مع حدودها المسموح بها. وعلى عكس مؤشر جودة المياه (WQI) الذي يركز على صلاحية المياه للشرب، يُقدّم مؤشر عبء التلوث (PLI) مؤشرًا على درجة التلوث التي تؤثر على مصدر المياه الجوفية.

تتضمن الخطوة الأولى في الحساب تحديد عامل التلوث (CF) لكل معيار.

$$CF = \frac{C_i}{S_i} \qquad (3)$$

حيثCF: القيمة المقاسة للمعيار في العينة.

C_i: القيمة المقاسة في العينة.

S_i: الحد الأقصى المسموح به (وفق WHO أو المواصفة الليبية).

يحسب مؤشر التلوث PLI من المعادلة التالية:

$$PLI = (CF_1 \times CF_2 \times \ldots\ldots\ldots CF_3)^{1/n} \qquad (4)$$

حيث

n: عدد العناصر المستخدمة في الحساب.

استند تفسير قيم مؤشر تلوث المياه الجوفية (PLI) إلى المعايير التالية:

PLI ≤ 1: تُعتبر المياه الجوفية غير ملوثة.

PLI > 1: تُعتبر المياه الجوفية ملوثة وقد تتطلب إجراءات إدارة أو معالجة.

يُتيح التطبيق المُدمج لمؤشر جودة المياه (WQI) ومؤشر تلوث المياه الجوفية (PLI) تقييمًا شاملًا لجودة المياه الجوفية، مما يسمح بتقييم كلٍ من صلاحية المياه للشرب وحالة التلوث في آنٍ واحد.

النتائج والمناقشة

مؤشرات تقييم جودة المياه وتقدير المخاطر في آبار مدينة درنة

استُبعدت الآبار الموضحة في الجدول (6) من حسابات مؤشرات جودة المياه (WQI)، والتلوث (PLI)، والمخاطر الصحية (HI) بسبب وجود بكتيريا الإشريكية القولونية و/أو البكتيريا القولونية الكلية في التحاليل الميكروبيولوجية. وهذا الاستبعاد ناتج بسبب وجود التلوث الميكروبيولوجي الذي يجعل المياه غير صالحة للاستهلاك البشري دون معالجة مسبقة، مما يجعل مؤشرات الجودة الكيميائية والفيزيائية غير مُمثلة للملاءمة الفعلية لهذه المياه للاستهلاك.

جدول 6: الآبار غير الصالحة للشرب.

الآبار	E.coli cfu/100ml	(Coliform) Other cfu/100ml
العبس	أكثر من 100	0
شعبية غازي	0	21
مسجد صداقة	0	7
حي المغار	2	0

مؤشر جودة المياه Water Quality Index (WQI)

يعرض جدول (7) قيم مؤشر جودة المياه (WQI) للآبار في مدينة درنة وفقًا للتصنيف التالي: <50 "ممتاز"، 51-100 "جيد"، 101-200 "رديء (غير مقبول)"، و>200 "رديء جدًا". تشير النتائج إلى أن جودة بئري الكورية وباب طبرق كانت "ممتاز" وآبار مسجد السنوسية والرضوان وبئر الحامدي كانت "جيد"، بينما تقع آبار مثل الجبيلة والمسوري في فئة "رديئة"، مما يشير إلى أن جودة المياه غير مقبولة للاستهلاك دون معالجة، ويتيح هذا التصنيف تصورًا سريعًا لأولويات التدخل لإدارة مياه الشرب في مدينة درنة.

جدول 7: مؤشر جودة المياه (WQI) للآبار في مدينة درنة.

الآبار	مؤشر جودة المياه (WQI)	التصنيف
الكورية	30.55	ممتاز
الجبيلة	127.78	رديء (غير مقبول)
المسوري	127.78	رديء (غير مقبول)
مسجد السنوسية	81.71	جيد
باب طبرق	44	ممتاز
مسجد الرضوان	52.11	جيد
الحامدي	55.48	جيد

يُبيّن الجدول 7 قيم مؤشر جودة المياه (WQI) لآبار المياه الجوفية التي خضعت للدراسة في مدينة درنة بعد إعصار دانيال. تراوحت قيم مؤشر جودة المياه المحسوبة بين 30.55 و127.78، مما يُشير إلى تباين مكاني كبير في جودة المياه الجوفية بين الآبار المدروسة. يعكس هذا التباين اختلافات في الخصائص الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية للمياه الجوفية، ويُشير إلى أن تأثيرات إعصار دانيال لم تكن متجانسة في جميع أنحاء نظام الخزان الجوفي المدروس.

سجّل بئر كوريا أدنى قيمة لمؤشر جودة المياه (30.55)، ولذلك صُنّف على أنه ذو جودة مياه ممتازة. يدعم هذا التصنيف خصائص جودة المياه المواتية، بما في ذلك انخفاض الموصلية الكهربائية نسبيًا (1230 ميكروسيمنز/سم)، وانخفاض تركيز المواد الصلبة الذائبة الكلية (626 ملغم/لتر)، وانخفاض تركيز النترات (0.36 ملغم/لتر)، وانخفاض مستويات الأمونيوم (0.06 ملغم/لتر) والأمونيا (0.06 ملغم/لتر)، والغياب التام لبكتيريا الإشريكية القولونية وبكتيريا القولونيات. وبالمثل، حقق بئر باب طبرق قيمة ممتازة لمؤشر جودة المياه (44.00)، مما يعكس ظروف ملوحة مقبولة (الموصلية الكهربائية = 1279 ميكروسيمنز/سم، المواد الصلبة الذائبة الكلية = 908 ملغم/لتر) وانخفاض تركيزات مركبات النيتروجين. تشير هذه النتائج إلى محدودية التأثير البشري وجودة جيدة للمياه الجوفية. وقد أبلغ Elgali et al. [23] عن ظروف مماثلة للمياه الجوفية في درنة، حيث وجدوا أن الآبار التي تتميز بانخفاض الملوحة وتركيزات المغذيات تُظهر عمومًا جودة مياه جوفية أفضل.

صُنفت ثلاث آبار، هي مسجد الرضوان (52.11)، والحامدي (55.48)، ومسجد السنوسية (81.71)، ضمن فئة المياه ذات الجودة الجيدة. ورغم أن هذه الآبار لا تزال صالحة للشرب وفقًا لتصنيف مؤشر جودة المياه، إلا أن ارتفاع قيم المؤشر نسبيًا يرتبط بزيادة التمعدن، ويتجلى ذلك في قيم التوصيل الكهربائي التي تتراوح بين 1530 و3500 ميكروسيمنز/سم، وتركيزات المواد الصلبة الذائبة الكلية التي تتراوح بين 1085 و2500 ملغم/لتر. وبشكل خاص، أظهر مسجد السنوسية مؤشرات ملوحة مرتفعة (التوصيل الكهربائي = 3500 ميكروسيمنز/سم؛ المواد الصلبة الذائبة الكلية = 2500 ملغم/لتر)، مما ساهم بشكل كبير في ارتفاع مؤشر جودة المياه، على الرغم من عدم وجود تلوث ميكروبيولوجي ووجود تركيزات نترات أقل من القيمة الإرشادية لمنظمة الصحة العالمية البالغة 50 ملغم/لتر. تتفق هذه الملاحظات مع

توصيات منظمة الصحة العالمية بشأن مياه الشرب [12]، التي تُقرّ بأن الملوحة والمواد الصلبة الذائبة من العوامل المهمة في تحديد مدى قبول المياه وجودتها.

في المقابل، سجّلت بئرا الجبيلة والمسوري أعلى قيم لمؤشر جودة المياه (127.78)، ما يضعهما ضمن فئة المياه ذات الجودة الرديئة. ويرتبط تدهور جودة المياه في هاتين البئرين ارتباطًا مباشرًا بارتفاع الموصلية الكهربائية بشكل استثنائي (4550 ميكروسيمنز/سم)، وارتفاع تركيز المواد الصلبة الذائبة (2520 ملغم/لتر)، ومستويات النترات (66.4 ملغم/لتر)، والتي تجاوزت معايير منظمة الصحة العالمية ومعايير ليبيا لمياه الشرب. علاوة على ذلك، تجاوز تركيز الأمونيوم (0.6 ملغم/لتر) والأمونيا (0.6 ملغم/لتر) الحدود الموصى بها، ما يشير إلى تلوث كبير في المياه الجوفية. وعلى الرغم من عدم وجود مؤشرات ميكروبيولوجية أثناء أخذ العينات، إلا أن ارتفاع نسبة الملوحة ومركبات النيتروجين أدى إلى تدهور كبير في جودة المياه الجوفية وزيادة قيم مؤشر جودة المياه. تم توثيق أنماط مماثلة لتدهور المياه الجوفية المرتبطة بارتفاع الموصلية الكهربائية، والمواد الصلبة الذائبة الكلية، وإثراء المغذيات في درنة بواسطة .Elgali et al [23].

من الملاحظات المهمة أن التلوث الميكروبيولوجي لم يكن دائمًا العامل الرئيسي المتحكم في قيم مؤشر جودة المياه. فعلى سبيل المثال، أظهر بئر العباس تلوثًا ميكروبيولوجيًا حادًا (بكتيريا الإشريكية القولونية > 100 وحدة تشكيل مستعمرة/100 مل)، بينما صُنّف بئرا الجبيلة والمسوري ضمن فئة المياه الرديئة، ويعود ذلك أساسًا إلى التدهور الفيزيائي والكيميائي. تؤكد هذه النتيجة على أنه لا يمكن تقييم صلاحية المياه الجوفية باستخدام معيار واحد فقط، وتُبرز أهمية دمج المؤشرات الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية ضمن إطار تقييم شامل، كما توصي بذلك إرشادات منظمة الصحة العالمية بشأن مياه الشرب [12].

تشير النتائج الحالية بقوة إلى أن إعصار دانيال ساهم في تدهور جودة المياه الجوفية من خلال تسرب مياه الفيضان، وتحريك الملوثات، وتغيير مسارات تدفق المياه الجوفية. وقد أبلغ Abumaelumah and Elkhajkhaj [24] عن آثار مماثلة على المياه الجوفية بعد الفيضان، حيث وثّقا زيادة في الملوحة ومؤشرات التلوث في آبار المياه الجوفية المتأثرة بإعصار دانيال في درنة. علاوة على ذلك، أشار .Boujwod et al [25] إلى وجود تباينات مكانية كبيرة في الخصائص الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية للمياه الجوفية بعد الفيضان، مما يُبرز تأثير الظروف الهيدروجيولوجية المحلية ومسارات التلوث على هشاشة المياه الجوفية.

كشف تقييم مؤشر جودة المياه أن 28.6% من الآبار التي تم تقييمها صُنفت على أنها ممتازة، و42.9% على أنها جيدة، و28.6% على أنها رديئة. تُظهر النتائج أنه في حين لا تزال العديد من آبار المياه الجوفية في درنة صالحة للشرب، فقد شهدت آبار أخرى تدهورًا كبيرًا في الجودة عقب عاصفة دانيال، وتتطلب مراقبة ومعالجة وإدارة مستمرة لضمان حماية الصحة العامة. وتكتسب هذه النتائج أهمية خاصة نظرًا للمخاوف الموثقة بشأن تلوث المياه الجوفية والأمن المائي في درنة بعد كارثة الفيضان.

مؤشر التلوث Pollution Load Index (PLI)

يعرض جدول (8) قيم مؤشر حمل التلوث (PLI) لكل بئر في مدينة درنة لتقييم وجود التلوث من عدمه، وذلك وفقًا لعتبة PLI > 1 التي تشير إلى وجود التلوث، و PLI ≤ 1 التي تشير إلى عدم وجود تلوث كبير، وتُظهر النتائج أن غالبية الآبار، مثل بئري الكورية وباب طبرق والرضوان، لديها قيم PLI أقل من 1، مما يشير إلى حالة غير ملوثة، بينما يبلغ مؤشر PLI في بئري الجبيلة والمسوري 1.703، مما يشير إلى حمل تلوث كبير يتطلب مراقبة ومعالجة مناسبة لضمان جودة مياه الشرب.

جدول 8: مؤشر التلوث (PLI) للآبار في مدينة درنة.

الآبار	مؤشر التلوث (PLI)	تصنيف البئر
الكورية	0.211	غير ملوث
الجبيلة	1.703	ملوث
المسوري	1.703	ملوث
مسجد السنوسية	0.681	غير ملوث
باب طبرق	0.535	غير ملوث
مسجد الرضوان	0.710	غير ملوث
الحامدي	0.736	غير ملوث

- **إذا كانت $PLI > 1$ ← يوجد تلوث.**
- **إذا كانت $PLI \leq 1$ ← لا يوجد تلوث ملحوظ.**

تراوحت قيم PLI المحسوبة بين 0.211 و1.703، مما يشير إلى تباين كبير في درجة تلوث المياه الجوفية بين الآبار المدروسة. ووفقًا لمعايير التصنيف المعتمدة، تُعتبر الآبار ذات قيمة PLI أقل من 1 غير ملوثة، بينما تشير الآبار ذات قيمة PLI أكبر من 1 إلى تلوث ناتج عن تراكم الملوثات بما يتجاوز معايير مياه الشرب الموصى بها.

سُجلت أدنى قيمة لمؤشر الحمل التلوثي في بئر كوريا (0.211)، مما يدل على عدم وجود تلوث يُذكر. ويُعزز هذا الوضع الجيد انخفاض تركيزات النترات (0.36 ملغم/لتر)، والأمونيوم (0.06 ملغم/لتر)، والأمونيا (0.06 ملغم/لتر)، والتوصيل الكهربائي المتوسط (1230 ميكروسيمنز/سم)، وانخفاض تركيز المواد الصلبة الذائبة الكلية (626 ملغم/لتر). علاوة على ذلك، لم يُرصد أي تلوث ميكروبيولوجي في هذه البئر، مما يؤكد حالتها البيئية الجيدة. وبالمثل، أظهرت آبار باب طبرق (0.535)، ومسجد السنوسية (0.681)، ومسجد الرضوان (0.710)، والحمادي (0.736) قيم مؤشر تلوث المياه (PLI) أقل من واحد، مما يشير إلى أن تركيزات الملوثات ظلت عمومًا ضمن الحدود المقبولة. تشير هذه النتائج إلى أن جودة المياه الجوفية في هذه الآبار لم تتعرض لتلوث كبير على الرغم من الاضطرابات الهيدرولوجية المصاحبة لعاصفة دانيال.

في المقابل، سجلت بئرا الجبيلة والمسوري أعلى قيم لمؤشر تلوث المياه (1.703)، مما يصنفهما ضمن الآبار الملوثة. ترتبط قيم مؤشر تلوث المياه المرتفعة ارتباطًا مباشرًا بالتركيزات المفرطة لعدد من معايير جودة المياه، ولا سيما النترات (66.4 ملغم/لتر)، والأمونيوم (0.6 ملغم/لتر)، والأمونيا (0.6 ملغم/لتر)، والتي تجاوزت جميعها معايير منظمة الصحة العالمية ومعايير مياه الشرب الليبية. بالإضافة إلى ذلك، أظهر كلا البئرين مؤشرات ملوحة مرتفعة للغاية، بما في ذلك الموصلية الكهربائية (4550 ميكروسيمنز/سم) وإجمالي المواد الصلبة الذائبة (2520 ملغم/لتر)، مما يعكس تمعدنًا كبيرًا وتدهورًا في جودة المياه الجوفية. وقد أدى تجاوز العديد من المعايير الكيميائية مجتمعةً إلى زيادة عوامل التلوث المستخدمة في حسابات مؤشر التلوث، مما أسفر عن قيم أعلى من عتبة التلوث.

يتوافق نمط التلوث المرصود مع دراسات سابقة للمياه الجوفية أُجريت في درنة. فقد أفاد Elgali et al. [23] بأن ارتفاع نسبة المواد الصلبة الذائبة وزيادة تركيزات الأيونات يشكلان عاملين رئيسيين في تدهور جودة المياه الجوفية في منطقة درنة. وبالمثل، وثّق Abumaelumah and Elkhajkhaj [24] ارتفاع مؤشرات الملوحة والتلوث في آبار المياه الجوفية عقب إعصار دانيال، مما يشير إلى أن تسرب مياه الفيضان وتحريك الملوثات ساهما في تدهور جودة المياه الجوفية. كما أبلغ Boujwod et al. [25] عن تغيرات مماثلة في التركيب الكيميائي للمياه الجوفية بعد الفيضان، الذي أكد في دراسته على تأثير الفيضانات على نقل وإعادة توزيع الملوثات الكيميائية داخل نظام الخزان الجوفي.

ومن الملاحظات المهمة أن قيم مؤشر تلوث المياه الجوفية (PLI) كانت تخضع في المقام الأول للتلوث الكيميائي وليس للمؤشرات الميكروبيولوجية. فعلى سبيل المثال، أظهر بئر العباس تلوثًا ميكروبيولوجيًا

حادًا (بكتيريا الإشريكية القولونية > 100 وحدة تشكيل مستعمرة/100 مل)، ولكنه استُبعد من تقييم مؤشر تلوث المياه الجوفية لأن المؤشر يقيس التلوث الكيميائي نسبةً إلى الحدود القياسية. في المقابل، صُنِّف بئرا الجبيلة والمسوري على أنهما ملوثان على الرغم من عدم وجود تلوث ميكروبيولوجي فيهما، مما يدل على أن التدهور الكيميائي وحده كفيلٌ بالتأثير سلبًا على جودة المياه الجوفية.

أظهر تقييم مؤشر تلوث المياه (PLI) أن خمس آبار (71.4%) صُنفت على أنها غير ملوثة، بينما صُنفت بئران (28.6%) على أنهما ملوثتان. وتشير القيم المرتفعة لمؤشر تلوث المياه في بئري الجبيلة والمسوري إلى أن هذين الموقعين معرضان بشكل خاص للتلوث، ويتطلبان مراقبة مستمرة وتدابير إدارة مناسبة. كما تشير النتائج إلى أن عاصفة دانيال ربما تكون قد عززت انتقال الملوثات وتمعدن المياه الجوفية، مما زاد من أحمال التلوث في أجزاء محددة من نظام خزان درنة الجوفي. وتؤكد هذه النتائج على أهمية مؤشر تلوث المياه كأداة مكملة لمؤشر جودة المياه (WQI) في تحديد موارد المياه الجوفية الملوثة وتحديد أولويات جهود المعالجة.

الخاتمة:

كشف تقييم جودة المياه الجوفية في مدينة درنة عقب إعصار دانيال عن تباين مكاني كبير بين الآبار التي خضعت للدراسة. وأظهر التطبيق المشترك لمؤشر جودة المياه (WQI) ومؤشر عبء التلوث (PLI) أن جودة المياه الجوفية تراوحت بين الممتازة والرديئة، تبعًا للظروف الهيدروكيميائية ومستويات التلوث في كل بئر على حدة. وقد حُدد ارتفاع نسبة الملوحة ومركبات النيتروجين كعوامل رئيسية تُسهم في تدهور جودة المياه الجوفية، بينما تم رصد تلوث ميكروبيولوجي في بعض المواقع، مما يُشير إلى مخاوف محتملة على الصحة العامة. وتُشير النتائج إلى أن إعصار دانيال قد أثر بشكل كبير على أنظمة المياه الجوفية من خلال تحريك الملوثات، وتسرب مياه الفيضانات، وتغيير مسارات تدفق المياه الجوفية. على الرغم من أن العديد من الآبار ظلت صالحة للشرب، إلا أن آبارًا أخرى أظهرت علامات واضحة على التدهور، وتتطلب مراقبة مستمرة وإدارة مناسبة. وتعكس هذه النتائج أهمية التقييم المتكامل لجودة المياه الجوفية لدعم حماية موارد المياه وجهود التعافي بعد الكوارث في مدينة درنة. تؤكد الدراسة على ضرورة تنفيذ برامج مراقبة المياه الجوفية بعد الكوارث لضمان سلامة موارد مياه الشرب على المدى الطويل في درنة.

References

[1] Abdudayem, A., & Scott, A. H. S. (2014). Water infrastructure in Libya and the water situation in agriculture in the Jefara region of Libya. *African Journal of Economic and Sustainable Development, 3*(1), 33–46. https://doi.org/10.1504/AJESD.2014.061634

[2] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2023). *Climate change 2021: The physical science basis*. Cambridge University Press.

[3] UNESCO. (2022). *The United Nations World Water Development Report 2022: Groundwater—Making the Invisible Visible*. Paris: UNESCO.

[4] Ebi, K. L., Vanos, J., Baldwin, J. W., Bell, J. E., Hondula, D. M., Errett, N. A., Hayes, K., Reid, C. E., Saha, S., Spector, J., et al. (2021). Extreme weather and climate change: Population health and health system implications. *Annual Review of Public Health, 42*, 293–315.

[5] van Vliet, M. T. H., Thorslund, J., Strokal, M., Hofstra, N., Flörke, M., Ehalt Macedo, H., Nkwasa, A., Tang, T., Kaushal, S. S., Kumar, R., et al. (2023). Global river water quality under climate change and hydroclimatic extremes. *Nature Reviews Earth & Environment, 4*, 687–702.

[6] Fabian, P. S., Kwon, H. H., Vithanage, M., & Lee, J. H. (2023). Modeling, challenges, and strategies for understanding impacts of climate extremes on water quality in Asia: A review. *Environmental Research, 225*, 115617.

[7] Hrdinka, T., Novický, O., Hanslík, E., & Rieder, M. (2012). Possible impacts of floods and droughts on water quality. *Journal of Hydro-environment Research, 6*(2), 145–150.

[8] St-Hilaire, A., Duchesne, S., & Rousseau, A. N. (2016). Floods and water quality in Canada: A review of the interactions with urbanization, agriculture and forestry. *Canadian Water Resources Journal, 41*(1–2), 273–287.

[9] Ching, Y. C., Lee, Y. H., Toriman, M. E., Abdullah, M., & Yatim, B. B. (2015). Effect of the big flood events on the water quality of the Muar River, Malaysia. *Sustainable Water Resources Management, 1*, 97–110.

[10] Ascott, M. J., Lapworth, D. J., Gooddy, D. C., Sage, R. C., & Karapanos, I. (2016). Impacts of extreme flooding on riverbank filtration water quality. *Science of the Total Environment, 554–555*, 89–101.

[11] Geris, J., Comte, J. C., Franchi, F., Petros, A. K., Tirivarombo, S., Selepeng, A. T., & Villholth, K. G. (2022). Surface water-groundwater interactions and local land use control water quality impacts of extreme rainfall and flooding in a vulnerable semi-arid region of Sub-Saharan Africa. *Journal of Hydrology, 609*, 127834.

[12] World Health Organization (WHO). (2003). *Flooding and communicable diseases: Risk assessment and preventive measures.*

[13] UNICEF. (2023). *Libya Storm Daniel & Flooding: Situation Report No. 6.* United Nations Children's Fund.

[14] Czajkowski, J., Kunreuther, H., Montgomery, M., & Simmons, K. (2015). *Economic impacts of urban flooding in South Florida: Potential consequences of managing groundwater to prevent saltwater intrusion.*

[15] Argüeso, D., Marcos, M., & Amores, A. (2024). Storm Daniel fueled by anomalously high sea surface temperatures in the Mediterranean. *npj Climate and Atmospheric Science, 7*, 307. https://doi.org/10.1038/s41612-024-00307-0

[16] World Meteorological Organization (WMO). (2023). *Storm Daniel leads to extreme rain and floods in the Mediterranean, heavy loss of life in Libya.*

[17] Ashoor, A., & Eladawy, A. (2024). Navigating catastrophe: Lessons from Derna amid intensified flash floods in the Anthropocene. *Euro-Mediterranean Journal for Environmental Integration, 9*, 1125–1140.

[18] Petley, D. (2023). *Further information about the Wadi Derna dams.*

[19] Libyan Ministry of Municipalities. (2023). *Post-flood groundwater contamination assessment report: Derna region.* Tripoli, Libya.

[20] Abusneina, A. (2021). Nitrate contamination in ground waters of Benghazi, Libya. *Asian Journal of Microbiology, Biotechnology and Environmental Sciences.*

[21] Salem, M. A., Sharif, O. A., Alshofeir, A. A., & Assad, M. E. H. (2022). An evaluation of drinking water quality in five wells in Sebha City, Libya, using a water quality index and multivariate analysis. *Arabian Journal of Geosciences, 15.*

[22] Sadeg, S. A., & Karahanoglu, N. (2001). Numerical assessment of seawater intrusion in the Tripoli region, Libya. *Environmental Earth Sciences, 40*(9), 1151–1168.

[23] Elgali, J. A. J., Ekhwan, M., & Hashim, N. (2012). The spatial distribution of groundwater quality in the region of Derna, Libya. *African Journal of Agricultural Research, 8*(16), 1482–1491. https://doi.org/10.5897/AJAR12.098

[24] Abumaelumah, W. N., & Elkhajkhaj, M. A. M. (2025). Physicochemical characterization and evaluation of groundwater quality in Derna, Libya, following Hurricane Daniel. *African Journal of Advanced Pure and Applied Sciences, 4*(4), 296–306. https://aaasjournals.com/index.php/ajapas

[25] Boujwod, F., Al-Mansouri, S., Al-Misrati, A., Al-Shalawy, H., & Faleh, H. (2026). Chemical and microbiological analysis of groundwater after a major flood event in Darna City. *Libyan Open University Journal of Applied Sciences, 2*(1), 24–34.

Disclaimer/Publisher's Note: The statements, opinions, and data contained in all publications are solely those of the individual author(s) and contributor(s) and not of **JIBAS** and/or the editor(s). **JIBAS** and/or the editor(s) disclaim responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions, or products referred to in the content.