



تصميم قنوات التصريف المائي بناء على تقديرات حجوم الجريان المائي في أودية حوض بلطة الرملية، عقب عاصفة

دانيال سبتمبر 2023

د. عوض جبريل غيث

محاضر بقسم الجغرافيا

جامعة عمر المختار بالبيضاء

aglara2007@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0009-4840-6548>

د. محمود الصديق بالقاسم النواقي

أستاذ بقسم الجغرافيا

جامعة عمر المختار بالبيضاء

Mahmud.altawti@omu.edu.ly

<https://orcid.org/0009-0001-5683-3138>

د. دلال عبد السلام ضو

محاضر بقسم الرياضيات

جامعة الزاوية

d.daw@zu.edu.ly

<https://orcid.org/0009-0009-3886-4676>

أ. فرج سليمان مازق

محاضر بقسم الجغرافيا

جامعة درنة فرع القبة

farag000mazq@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0004-2546-4749>

تاريخ الاستلام 2026/06/18 تاريخ القبول 2026/07/15 تاريخ النشر 2026/10/01

الوصول مفتوح

مقالة بحثية

الملخص:

تقع منطقة الدراسة في جنوب الجبل الأخضر، على الطريق العام المخلي-الخروبة، وتضم مجموعة متنوعة من العبارات التي تشكل المخرج القسري لمياه السيول، بدءاً من عبارة المخلي (وادي الرملية) في الشرق إلى عبارة وادي القرنة في الغرب، شملت نحو 38 عبارة، صُنفت إلى نوعين حسب الشكل (الأنبوبية، والصندوقية)، وأربعة أنواع حسب الأبعاد، وتهدف الدراسة إلى تقييم أثر الفيضانات على العبارات المائية لمخارج أودية حوض بلطة الرملية، وتصميم المخارج المناسبة التي تستوعب حجم التصريف لتلك الأودية، وتوصلت الدراسة إلى أن معظم أبعاد العبارات لا تتوافق في تصميمها مع حجم التصريف الفجائي الناتج عن العواصف عالية الشدة، وأن السيول والفيضانات سببت أضراراً جسيمة في بعض عبارات منطقة الدراسة، وتوصي الدراسة بإنشاء جسور بأطوال متباينة تتناسب مع مساحة الأحواض المائية وخصائص شبكة التصريف وجيومورفولوجية السطح المنشأ عليه العبارة. وشق قنوات مائية لحماية التجمعات السكانية والأنشطة البشرية المختلفة في منطقة الدراسة.

الكلمات المفتاحية: فيضانات، عاصفة دانيال، العبارات، حجم التصريف، أحواض التصريف.



حقوق النشر محفوظة للمؤلف (المؤلفين) 2026. يُوزع هذا المقال بموجب بنود ترخيص المشاع الإبداعي نسب المصنف 4.0 الدولي (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)، والذي يسمح بالاستخدام والتوزيع وإعادة الإنتاج غير المقتدي في أي وسيط، شريطة الإشارة إلى المؤلف (المؤلفين) الأصلي (الأصليين) والمصدر، وتوفير رابط لترخيص المشاع الإبداعي، وتوضيح ما إذا تم إجراء أي تغييرات.

***Design of Stormwater Drainage Channels Based on Runoff
Volume Estimates in the Basin of Balta El-Ramla Valleys
Post-Storm Daniel, September 2023***

**Dr. Mahmoud El-Siddeeq
Aboulqasim El-Tawati**

Professor, Department of Geography,
Omar Al-Mukhtar University, Al-
Bayda, Libya

Mahmud.altawti@omu.edu.ly
<https://orcid.org/0009-0001-5683-3138>

Mr. Faraj Suleiman Mazeq

Lecturer, Department of Geography,
Derna University (Al-Qubba Branch),
Derna, Libya

farag000mazq@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0004-2546-4749>

Dr. Awad Jibreel Ghaith

Lecturer, Department of Geography,
Omar Al-Mukhtar University, Al-Bayda,
Libya

aglara2007@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0009-4840-6548>

Dr. Dalal Abdulsalam Daw

Department of Mathematics, University
of Zawia, Zawia, Libya
d.daw@zu.edu.ly

<https://orcid.org/0009-0009-3886-4676>

Received: 18/06/2026

Accepted: 15/07/2026

Published 01/10/2026

Research Article

open Access

Abstract:

The study area is located in the southern part of the Green Mountain, along the main Al-Makheili–Al-Kharouba road. It includes a variety of culverts that serve as forced outlets for floodwaters, extending from the Al-Makheili culvert (Wadi Al-Ramla) in the east to the Wadi Al-Qarna culvert in the west. The study covered approximately 38 culverts, which were classified into two types based on their shape—cylindrical and box—and into four types based on their dimensions. The study aims to assess the impact of floods on these hydraulic culverts For the exits of the valleys of the Balta al-Ramla basin and to design suitable outlets capable of accommodating the discharge volumes of the associated valleys. The findings revealed that most of the culverts' dimensions are not consistent with the design requirements to handle the sudden discharge resulting from high-intensity storms. Floods have caused severe damage to several culverts within the study area.

The study recommends constructing bridges of varying lengths that correspond to the size of the drainage basins, the characteristics of the drainage network, and the geomorphological features of the surface on which each culvert is built. It also recommends the excavation of water channels to protect residential areas and various human activities within the study region.

Keywords: Floods - Storm Daniel_ Culverts _ drainage volume _ drainage basins



The Author(s) 2026. This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License(<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>) , which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, pro-vided you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons license, and Indi-cate if changes were made.

مقدمة.

إن تكرار العواصف المطرية المفاجئة في الأقاليم الجافة وشبه الجافة يُعدُّ من أبرز العوامل البيئية المؤثرة في استقرار النظم الحضريّة. فبينما تتميز هذه المناطق بندرة الأمطار، إلا أن الهطولات المفاجئة والعنيفة تتسبب في سيول جارفة ذات طابع مدمر، تؤثر بشكل مباشر على البنية التحتيّة والأنشطة الاقتصاديّة والاجتماعيّة. وقد أشارت الدراسات إلى أن هذه العواصف غالبًا ما تكون قصيرة المدى لكنها عالية الشدة، مما يفاقم مخاطر الفيضانات المفاجئة في المدن المكتظة بالسكان، والبنى التحتيّة الحساسة، مثل الطرق وشبكات الكهرباء والمياه (Abdrabo et al., 2020, Gourley, et al., 2014).

ومن الناحية البيئية، تؤدي هذه العواصف إلى تغيّرات جذريّة في التربة والغطاء النباتيّ، حيث يزيد تصلب السطح بفعل الجفاف من شدة الجريان السطحيّ، مسببًا انجراف التربة وتدمير الموائل الطبيعيّة، بالإضافة إلى تهديد البنى التحتيّة الحيويّة مثل شبكات الكهرباء في المناطق الجبلية المكتظة ((Othman et al., 2023)). (Pappas, S., et al. 2023) كما أن التوسع العمرانيّ غير المخطط له يزيد من حدة هذه الظواهر نتيجة تقليص المساحات النافذة للمياه الطبيعيّة وتقييد مسارات السيول (Schoener, 2022).

تلعب العبّارات (culverts) دورًا محوريًّا في التخفيف من حدة هذه المخاطر، إذ تُعتبر عناصر أساسية في تصريف مياه السيول وحماية البنية التحتيّة من الانهيار. وقد أوضحت (الأدبيات؟؟؟) أن القصور في تصميمها، أو انسدادها بالحطام يؤدي إلى تفاقم الفيضانات وتدمير الطرق والجسور (Abegaz et al., 2024). ولهذا، تركز الدراسات الحديثة على تطوير نماذج هيدروليكيّة دقيقة لتقييم كفاءتها وربطها باستراتيجيات التكيف مع التغيّر المناخيّ (Nabinejad & Schüttrumpf, 2023). كما برزت أهمية دمج استراتيجيات إدارة المخاطر مع تصميم العبّارات بما يضمن استدامة أدائها، مثل استخدام تقنيات الحصاد المائيّ في الأقاليم الجافة لتقليل أخطار الفيضانات وتعزيز الاستفادة من الموارد المائيّة (Haider et al., 2019). وتوصي بعض الدراسات أيضًا باستخدام تصاميم للعبّارات Culverts صديقة للبيئة؛ لتقليل الأثر البيئيّ وحماية النظم البيئيّة الحضريّة (Esmeray & Hamedy, 2025).

معدلات التصريف القصوى للعواصف المطرية ذات التكرارات البالغة 30 سنة تراوحت ما بين 2400 و 5200 م³/ث عند مخرج وادي الرملة 2019/2018 و 2024/2023 على التوالي، وفي مكة بالسعودية أن تكرارات البالغة 25 و 50 و 100 سنة تراوحت ما بين 2454 و 3142 م³/ث عند مخرج وادي نعمان، في حين بلغت معدلات التصريف القصوى لهذه العواصف التصميمية عند مخرج وادي الشرائع نحو 1987 و 2281 و 2543 م³/ث. وتُعد هذه المعدلات مرتفعة للغاية بحيث تتجاوز في كثير من الأحيان القدرة الاستيعابية لأنظمة الصرف الرئيسة في المنطقة، مما يشكل تهديدًا خطيرًا على معدلات التعرية التي قد ت طال المنشآت الواقعة داخل مجاري الأودية وعلى جانبيها (Othman et al. 2023)، بذلك، يمكن القول إن تكرّر العواصف المطرية في الأقاليم الجافة يفرض تحديات بيئية وحضرية كبيرة، ويبرز الدور الاستراتيجي للعبّارات والهندسة الهيدروليكية المتقدمة في تقليل مخاطر الفيضانات وضمان استدامة البنى التحتية الحضرية.

مشكلة الدراسة.

شهدت أودية حوض بلطة الرملة تباينًا ملحوظًا في شدة الفيضانات خلال المواسم المطرية 2019/2018 و 2023/2022، حيث تميّزت الأمطار بكونها خريفية كما هو معتاد، إلا أن شدتها في خريف عام 2023 بلغت مستويات غير مسبقة بفعل العاصفة دانيال، والتي تُعد الأعنف في تاريخ المنطقة. وقد ترتب على ذلك أضرار جسيمة شملت تدمير المزارع والممتلكات، ووفاة 6 أشخاص، وغمر المنازل بالطين، إضافة إلى تضرر واسع للبنية التحتية وقطع الطرق نتيجة عجز العبّارات القائمة عن استيعاب التدفقات المائية المفاجئة والضحمة في ساعة الذروة. وبناءً على ذلك، فإن إيجاد تصميم حديث لعبّارات ذات مواصفات هندسية مناسبة (مقطع عرضي أكبر، قدرة تصريفية عالية، ومراعاة خصائص الجريان السطحي بالمنطقة) يُعد أمرًا ضروريًا لتأمين طريق المخيلي-الخزوبة والحد من مخاطر الغمر مستقبلاً.

أهداف الدراسة.

1. تقدير حجم الجريان الناتج عن عاصفة دانيال في حوض بلطة الرملية عند العبارات باستخدام المعادلات الرياضية وطريقة خطوط تساوي المطر (Isohyetal method).

2. إيجاد تصميم هندسي ملائم لعبارات تصريف مياه لأودية حوض بلطة الرملية.

مبررات اختيار منطقة الدراسة.

1. تُعد منطقة المخيلي نموذجًا مثاليًا لبيئة المراعي والنشاط الزراعي في جنوب الجبل الأخضر، كما تُعد العبارات الممر القسري لمياه السيول العابرة من بيئة النحت إلى بيئة الإرساب.

2. وجود سهل فيضي، والمنخفضات المتمثلة في العقابر والبلط (البحيرات المؤقتة) بلطة الرملية وبلطة شلطان، وهي أماكن ذات أهمية في كونها أماكن مناسبة لحبس المياه.

طرق ومواد البحث.

اعتمدت الدراسة على شقين متكاملين:

الجانِب النظري: شمل جمع البيانات والدراسات السابقة، وتحليل الخرائط الطبوغرافية، بالإضافة إلى استخدام الخريطة الجيولوجية للوحة البيضاء بمقياس 1:250000.

الجانِب العملي: تمثل في جمع المرئيات الفضائية (8 Sentinel، Landsat) وتحليلها ومعالجتها باستخدام منصة EOS Land Viewer لرصد معالم الطريق أثناء جريان الأودية عقب عاصفة دانيال سبتمبر 2023، قبل وبعد (أغسطس 2023 و 12 سبتمبر 2023).

إضافة إلى ذلك، جرى تنفيذ قياسات كمية ونوعية ميدانية، شملت أبعاد البحيرة وعمقها باستخدام جهاز GPS، وحساب حجم المياه المتجمعة باستخدام برنامج ArcMap 10.8.

الجانِب الميداني: يتمثل في الرفع المساحي بواسطة جهاز GPS وجهاز التثويدات الرقمي عند نقاط تحدد عشوائياً في منطقة الدراسة مثلاً عند كل عبارة تحدد الإحداثيات وتُقاس أبعادها، ويمكن إنجاز خطوات البحث في الآتي:

1. تحديد مواقع العبارات Culverts وتُقاس المسافات بينها من خلال تحديد مواقعها بواسطة جهاز GPS.

2. تدوين البيانات من أبعاد العُبارَات: الطول، والعرض، والارتفاع، من خلال القامة وقياس طول العُبارَة بواسطة عجلة القياس.
3. توثيق الظواهر الطبيعية من مجارٍ، وأكمام، والغطاء النباتي المنتشر حول العُبارَات، كذلك النشاط البشري كالرعي وغيره من الأنشطة البشرية المختلفة.
4. معالجة البيانات المكانية والجدولية باستخدام برنامج 10.8 ArcMap وتحليلها بواسطة برنامج Excel لاستخراج المتوسطات وحساب مساحات المقاطع، وحساب معدلات التصريف.
5. تقدير حجم المياه المتجمعة بالاعتماد على العلاقة بين الارتفاع والمساحة، وتوظيف كلٍّ من طريقة خطوط تساوي المطر، ومعادلة حساب كميات المياه العابرة للوصول إلى تقديرات دقيقة لحجم الجريان والتصريف.

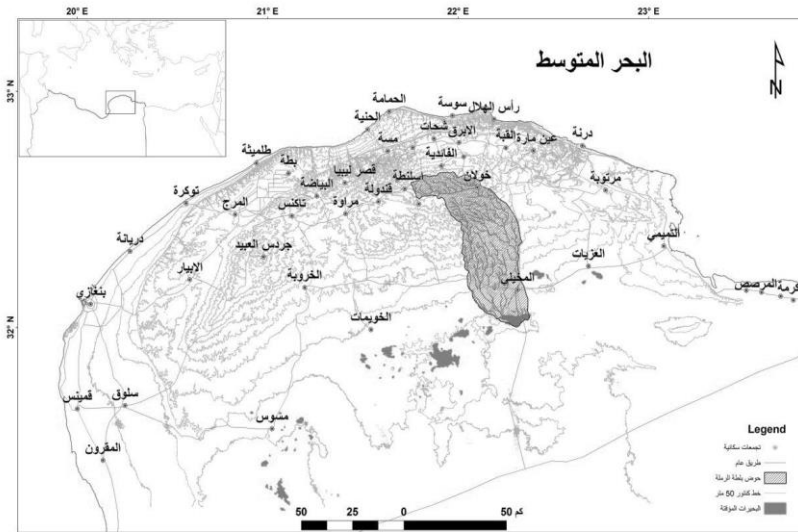
1- الخصائص الطبيعية .

أ): الموقع الجغرافي .

تقع منطقة الدراسة جنوب شرق الجبل الأخضر من الشمال منطقة الفائدية ومن الجنوب منطقة البلط (بحيرات مؤقتة) على أبواب الصحراء الكبرى، من الشرق منطقة العزيات، ومن الغرب منطقة الثعبان.

تضم المنطقة تجمعات سكانية أهمها منطقة خولان والمخيلي، ومشاريع زراعية: مشروع جنوب الجبل الأخضر (المخيلي، الثعبان). ويقع الحوض بين خطي طول $21^{\circ}45'22''$ و $22^{\circ}25'51''$ وبين دائرتي عرض $32^{\circ}01'43''$ و $32^{\circ}45'51''$ ، شكل (1).

شكل (1): الموقع الجغرافي لمنطقة الدراسة في جنوب الجبل الأخضر



المصدر: عمل الباحث باستخدام برنامج 10.8 arcmap، الإسقاط الجغرافي (LGD2006،

2025..UTM Zone 34N

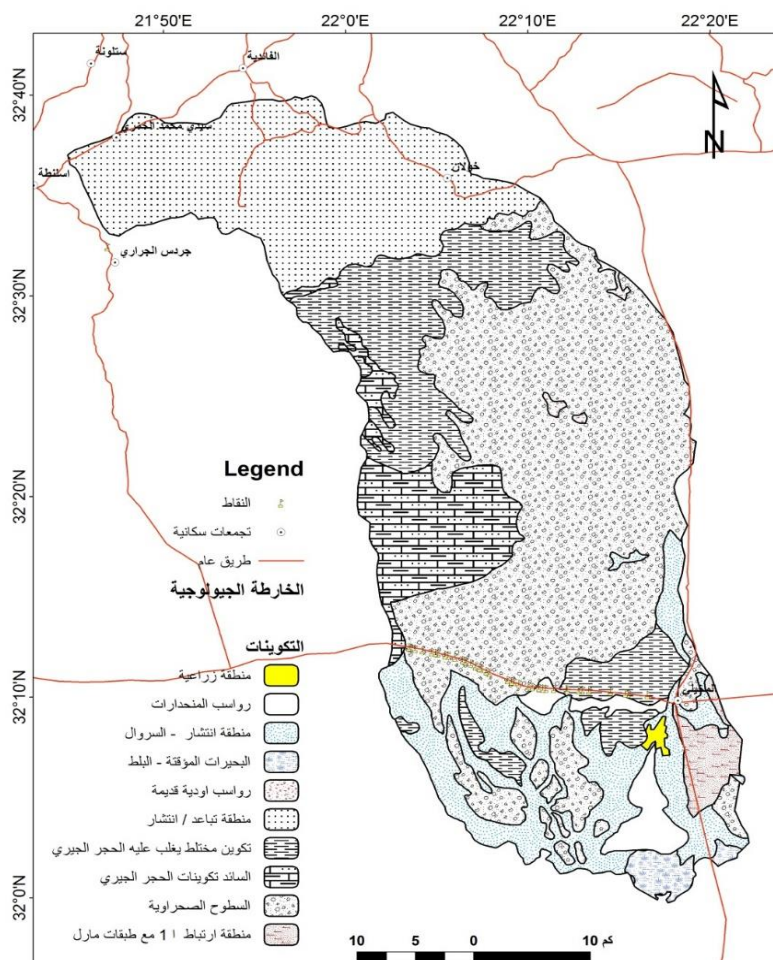
(2) جيولوجية وجيومورفولوجية حوض بلطة الرملية:

مصطلحات الخريطة الجيومورفولوجية الخاصة بحوض بلطة الرملية (جنوب الجبل الأخضر)
(frnlab, 1974)

- الرواسب السطحية والحديثة Present alluvial deposit (الرواسب النهرية الحديثة): هي الرواسب التي تركتها الأودية والسيول النشطة حالياً، وتتكون من الحصى، الرمال، والغرين. تنتشر في مجاري الأودية وأحواض التصريف.
- Colluvial deposit (الرواسب المنحدرات) (Co): مواد قناتية تراكمت عند سفوح المنحدرات نتيجة الانهيارات الأرضية أو الجاذبية (ركام صخري، حصى، تربة).

- البنى التكتونية Spreading zone (منطقة التباعد/الانتشار(Ao)): منطقة جيولوجية تتباعد، في الإقليم قد تظهر على شكل صدوع متباعدة أو وديان صدعية.
 - الرواسب القديمة Ancient alluvial deposit (الرواسب النهرية القديمة) (Ai): تراكمات قديمة للأودية الجافة (الوديان المندثرة) تحجرت مع الزمن، وغالبًا تتحول إلى حجر رملي أو كونغلواميرات.
 - السطوح الصحراوية Reg and superficial crust (الرق والقشرة السطحية المتصلبة) (R): سطح صخري أو حصوي مغطى بقشرة جصية/كربوناتية صلبة بفعل التبخر والعوامل المناخية في البيئات الصحراوية.
 - التكوينات الصخرية Mainly limestones (تكوينات جيرية سائدة) (l): صخور كربوناتية غالبيتها من الحجر الجيري، تمثل بيئات بحرية ضحلة قديمة.
 - Mainly marls (تكوينات مارلية سائدة) (m): صخور مكونة من خليط الطين وكربونات الكالسيوم (المارل)، تعكس بيئات رسوبية هادئة (لاجونية أو بحرية ضحلة).
 - Mixed formation with limestones prevailing (تكوين مختلط يغلب عليه الحجر الجيري) (ml): تتابع رسوبي يحوي صخوراً جيرية مع نسب أقل من المارل أو الطين.
 - Mixed formation with marls prevailing (تكوين مختلط يغلب عليه المارل) (ml): تتابع رسوبي يحوي المارل بنسبة أكبر مع طبقات جيرية أقل.
- الترابطات الجيولوجية.
- Association A1 + R (ارتباط 1A + الرق) : يشير إلى تداخل وحدة رسوبية أو تكوين جيولوجي (1A) مع أسطح الرق (Reg).
 - Association A1 + ml (ارتباط 1A + المارل): يوضح التداخل بين التكوين 1A وطبقات المارل في المنطقة.

شكل (2) جيولوجية وgeomorphology منطقة الدراسة



المصدر: عمل الباحث، باستخدام برنامج 10.8 arcmap، الإسقاط الجغرافي (LGD2006،

2025، UTM Zone 34N

(5) مورفومترية أحواض بلطة الرملية .

يقسم حوض بلطة الرملية إلى حوضين حسب العمليات الجيومورفولوجية حوض النحت في الأعلى يضم الأحواض (الرملية - القوس - بلعطر - الخريف - القرنة) بمساحة 1530 ويشكل

نسبته نحو 80% من مساحة الحوض، وحوض الإرساب الذي تفرغ فيه أودية حوض النحت من مواد ناعمة وحصى وكتل صخرية ومواد عضوية وتتشكل في هذا الحوض مظاهر متنوعة من المجاري الفسيحة، وتُسمى محلياً بالسلوك، وهي تمثل مجارٍ متشعبة في بعض القطاعات والمنخفضات المتمثلة في العقابر والبلط، وهي عبارة عن منخفضات مستوية السطح تحدها تلال قليلة الارتفاع، وأراضٍ صخرية خشنة تُسمى محلياً بظهور الحجر، ويشكل نحو 20% من المساحة الإجمالية لحوض بلطة الرمل. يبين الجدول (1) أن الخصائص الشكلية لأحواض بلطة الرمل تلعب دوراً محورياً في تحديد نمط الجريان السطحي؛ فالأحواض الكبيرة والمستطيلة مثل الرمل والقرنة في حوض النحت تتميز بجريان موزع زمنياً يقلل من شدة الفيضانات، ويزيد فرص التسرب والتخزين الجوفي، بينما تتسم الأحواض الصغيرة وشبه الدائرية في حوض الإرساب ك: احزيز والرمل بسرعة تركيز الجريان واحتمالية أعلى للفيضانات المفاجئة، كما أن انخفاض معدلات التضرس في معظم الأحواض يعزز من الترسيب أكثر من الانجراف، مما يعكس أهمية الشكل والمساحة والانحدار في ضبط سلوك المياه السطحية وتوجيهها إما نحو التغذية الجوفية أو زيادة أخطار السيول.

جدول (1): الخصائص المورفومترية لأودية حوض النحت بلطة الرمل

حوض النحت									
الوادي	المساحة	المحيط	طول	أعلى نقطة	أقل نقطة	معدل الاستدارة	معدل الاستطالة	نسبة التفلطح	معدل التضرس
الرمل	913	193	81	881	194	0.307	0.759	0.55	0.013
احزيز	31	24	10	266	180	0.611	0.764	1.12	0.045
القوس	132	61	27	430	195	0.432	0.720	0.7	0.023
بلعرب	16	16	6	244	170	0.638	0.849	1.44	0.069
بلعرب	88	72	31	510	200	0.206	0.740	0.35	0.023
الخريف	120	49.9	15	450	220	0.422	1.040	2.08	0.045
س	23	22.2	10	310	194	0.519	0.701	0.80	0.012
القرنة	207	103	42	750	233	0.242	0.781	0.46	0.023
المجموع	1530	541.1	222	3841	1586	3.377	6.354	7.5	0.253
المتوسط	191.2	67.64	27.75	480.13	198.25	0.422	0.794	0.94	0.032



حوض الإرساب									
الوادي	المساحة	المحيط	طول	أعلى نقطة	أقل نقطة	معدل الاستدارة	معدل الاستطالة	نسبة التفطح	معدل التضرس
الرمل	119	61.65	12.4	194	135	0.385	1.583	3.03	0.005
احزير	9.32	13.19	4.7	180	151	0.456	0.894	1.14	0.006
القوس	39.11	33.95	12.5	195	135	0.393	0.865	0.92	0.005
بلعبر ب	9.8	17.86	7.4	170	145	0.268	0.769	0.5	0.003
بلعبر ا	30.12	39.61	16.27	200	142	0.217	0.775	0.41	0.004
الخريف	43.5	45.9	19.2	220	142	0.241	0.761	0.44	0.004
القرنة	113.1	69.82	25.4	233	142	0.284	0.875	0.68	0.004
بلطة الرمل	33.14	30.14	11.28	139	135	0.417	0.8509	0.948	0.0004
المجموع	397.0	312.12	109.15	1531	1127	2.661	7.3729	8.068	0.0314
المتوسط	49.64	39.015	13.644	191.37	140.87	0.333	0.922	1.009	0.0039
المجموع	1927	*234.5	331.1	5372	2713	6.038	13.72	15.56	0.284
المتوسط	120.	53.33	20.70	335.7	169.5	0.377	0.858	0.973	0.018

المصدر: إعداد الباحث تحليل البيانات بواسطة برنامج 10.8 arcmap، وبرنامج Excel. * محيط

حوض بلطة الرمل

يبين جدول (2) أن متوسط أطوال المجاري في أحواض بلطة الرمل يزداد تدريجياً مع تدرُّج الرتبة النهرية، وهو ما يتفق مع ما أشار إليه (Horton, 1945) من أن العلاقة بين طول المجاري والرتب النهرية علاقة طردية، حيث توضح البيانات أن الأودية من الرتبة الأولى تمتاز بأعداد كبيرة وأطوال قصيرة، بينما تقل الأعداد تدريجياً مع الترتب الأعلى مقابل زيادة أطوالها. ويُلاحظ في وادي الرمل على وجه الخصوص أن طول الرتبة الخامسة يفوق السادسة، وهو ما يُفسَّر بالعوامل البنيوية والاختلافات الليثولوجية، حيث يصل الوادي إلى تطوره الأقصى عند الرتبة الخامسة، ثم يتأثر بالانقطاع البنيوي عند منطقة خولان ليشكل الرتبة السادسة التي تنحدر مع الميل الطبوغرافي.

جدول (2): عدد المجاري ومتوسط أطوال أودية حوض النحت بلطة الرملة

الوادي	الرملة		القوس		بلعطر		الحريف		القرنة		المجموع	
الرتبة	العدد	الطول *	العدد	الطول	العدد	الطول	العدد	الطول	العدد	الطول	العدد	الطول
الاولى	3231	0.47	318	0.509	273	0.45	472	0.42	1226	0.35	4766	2.20
الثانية	489	0.80	58	0.587	51	0.67	104	0.63	235	0.61	806	3.30
الثالثة	107	1.73	17	1.872	11	1.19	17	1.64	49	1.49	169	7.92
الرابعة	23	4.48	4	7.922	5	3.78	7	1.76	11	3.07	46	21.01
الخامسة	7	15.11	1	13.13	1	9.09	2	6.76	1	8.18	13	52.26
السادسة	1	11.96	-	-	-	-	1	9.12	-	-	2	21.08
المجموع	3858	34.54	398	17.02	341	15.18	603	20.33	1522	13.69	6722	107.70
المتوسط	643	5.757	79.6	3.404	68.2	3.038	100.5	3.39	304.4	2.74	967	17.96

المصدر: (التواقي، 2019)، باستخدام برنامج Arcmap 10.8 وبرامج Excel، * قيمة الطول ب(كم)

2-الفيضانات والسيول الموسمية في منطقة الدراسة

تحدث فيضانات عادة في المناطق المرتفعة التي تقطعها مجاري جافة أو أودية جافة في أغلب الأحيان، ولكنها تمتلئ بالمياه، وتشغلها الفيضانات عقب سقوط أمطار محلية غزيرة، وهناك أنواع من الفيضانات منها الشريطي الذي اقترحه الباحث الأمريكي ماك جي Mc Gee عام 1897 تحتوي الفيضانات الغطائية تدفقات مائية واسعة المدى لا تنحصر في مجاري وقنوات محددة، وإنما تنتشر فوق كل المساحة الأرضية كما في أودية جنوب الجبل الأخضر، و لا يحدث هذا الشكل من الفيضانات المائية في أرض وعرة ممزقة مضرسة بطبيعة الحال، وإنما يحدث بصورة مؤثرة فوق المنحدرات الهينة الممهدة غير المتضرسة كما هو الحال في منطقة الدراسة.

ويختلف الجريان المائي السطحي هنا عنه في الأنهار، ذلك أن الفيضانات الغطائية لا تحتوي طبقة سميكة عميقة متجانسة منتظمة من المياه المتدفقة بسرعة ثابتة مطردة، لكنها تبدو على هيئة شبكة شديدة التعقيد من الجداول و الغدران عالية السرعة، وعادة ما ينطبع هذا النمط المشبك أو المتشابك لتلك الجداول والغدران فوق طبقة الفتات الصخرية التي تنساب عليها الفيضانات الغطائية. (جودة، 2003).

3-تواريخ حدوث الفيضانات في منطقة الدراسة .

شهدت منطقة الدراسة حدوث حالات فيضانات وسيول أثرت بشكل سلبي على سكان المنطقة وعادة ما تحدث خسائر في الأرواح و الممتلكات والثروة الحيوانية، هذه الحالات رصدت عن طريق صور الأقمار الاصطناعية المتاحة عبر منصة eos land viewer لفترة



امتدت حوالي 37 سنة من ديسمبر 1985 حتى سبتمبر 2023 (فيضان دانيال، وأن تكرار الفيضانات بلغ 11 مرة خلال الفترة المرصودة، كما ازدادت حالات حدوث الفيضانات بشكل واضح حيث سجلت ثلاث فيضانات خلال 5 سنوات، وأطول فترة بين حدوث الفيضانات كانت بين عامي 1986 حتى 1992، وأقصر فترة كانت خلال الفترة الحالية عام واحد بين 2022 و 2023 (10 اشهر) جدول (3) علما بأن فترة إنشاء العبّارات على الطريق العام خلال حقبة ثمانينات القرن الماضي.

جدول (3) أهم أحداث امتلاء بحيرة بلطة الرملية خلال الفترة 1985 – 2024

م	الموسم	القمر الصناعي	تاريخ الامتلاء	تاريخ جفاف البحيرة	عدد الأيام (يوم)	فترة الزمنية بين فيضان إلى آخر (عام)
1	(1985/1986)	Landsat 5	25/12/1985	14/11/1986	325	-
2	(1992/1993)	Landsat 5 (TM)	20/09/1992	10/01/1993	113	6
3	(1995/1996)	Landsat 5 (TM)	31/10/1995	20/02/1996	113	3
4	(2001/2002)	Landsat 5 (TM)	23/10/2001	01/03/2002	130	5
5	(2007/2008)	Landsat 7	22/10/2007	16/03/2008	147	7
8	(2015/2016)	Landsat 7 - 8	07/11/2015	09/12/2015	33	5
9	(2018/2019)	Landsat 8 - sentinel	27/09/2018	11/04/2019	190	2
10	(2022/2023)	Landsat 8 - sentinel	27/11/2022	07/03/2023	101	3
11	(2023/2024)	sentinel 2 *	10/09/2023	25/07/2024	288	1
		المجموع		1440	32	32
		المتوسط		160	4	4

المصدر: عمل الباحث الأول، بيانات المرئيات الفضائية من الموقع <https://eos.com/lanadviwer>، 2022. وموقع

<https://soaratlas.com/satellites/sentinel>، 2025.

تشير بيانات جدول (4) إلى تذبذب واضح في مساحات وحجوم المياه المتجمعة في بحيرة بلطة الرملية خلال الفترة (1985-2024)، وهو ما يعكس تأثيرها المباشر بالتقلبات المناخية وكميات الأمطار الموسمية. فقد سجلت البحيرة أكبر مساحة في موسم 1986/1985 بواقع (32.45 كم²) بحجم مائي بلغ (48.7 مليون م³)، تراجع بعدها بشكل متباين ليصل إلى أدنى قيمة في موسم 2016/2015 حيث لم تتجاوز مساحتها (5.89 كم²) وحجمها (2.9 مليون م³)، وهو ما يعكس حالة الجفاف وضعف التغذية المائية في تلك الفترة. وتُظهر

البيانات عودة البحيرة للتوسع النسبي في مواسم لاحقة مثل 2019/2018 (22 كم²، 33 مليون م³)، لتبلغ ذروتها التاريخية في موسم 2024/2023 إذ وصلت مساحتها إلى (47 كم²) بحجم مائي قياسي قدره (94 مليون م³)، بفعل غزارة الأمطار والسيول المرتبطة بعاصفة دانيال.

جدول (4) مساحات وحجوم المياه المتجمعة في بحيرة بلطة الرملة خلال الفترة 1985 – 2024

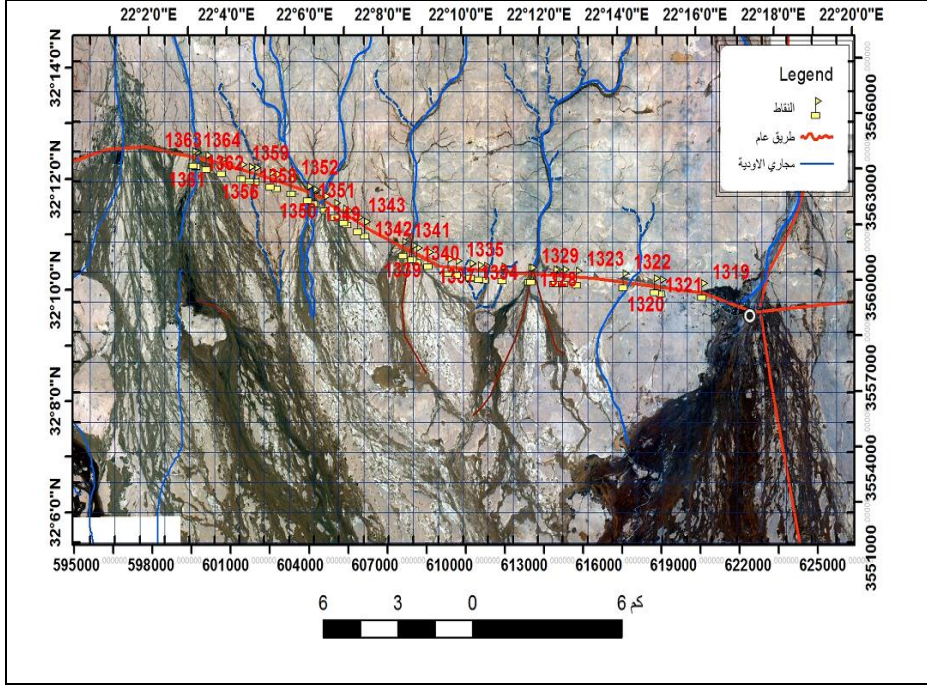
م	الموسم	عدد الصور	فترة بقاء البحيرة أشهر	متوسط العمق (م)	مساحة البحيرة (كم ²)	الحجم (مليون م ³)
1	(1985/1986)	10	10	1.5	32.45	48.7
2	(1992/1993)	06	05	1.5	24.89	37.3
3	(1995/1996)	05	05	1	16.41	16.4
4	(2001/2002)	06	06	1.5	24.5	36.8
5	(2007/2008)	03	06	1	19.11	19.1
6	(2008/2009)	03	02	1	15.27	15.3
8	(2015/2016)	03	06	0.5	5.89	2.9
9	(2018/2019)	21	06	1.5	22	33.0
10	(2022/2023)	04	03	0.5	9	4.5
11	(2023/2024)	2	11	2	47	94.0
	المجموع	65	50	12.5	223.3	311.4
	المتوسط	5.91	5.00	1.14	20.3	28.31

. المصدر: المرئيات الفضائية من الموقع <https://eos.com/lanadviwer>, 2022. * موقع SOAR

2- أهم مخارج الأودية (العبارات) في منطقة الدراسة

العبارات: العبارات منشآت هيدروليكية (Hydraulic Structures) تُنشأ عادة أسفل الطرق أو السكك الحديدية لتمرير المياه الجارية في الأودية أو المجاري الموسمية أو الأنهار الصغيرة، بما في ذلك مياه السيول والفيضانات، دون أن تعيق حركة المرور أو تؤثر على استقرار الطريق، وتضم منطقة الدراسة نحو 38 عبارة، جدول (5) وشكل (2).

شكل (2) مواقع العبّارات على الطريق العام المخيلي-الخروبة 38 موقع من 1319 – 1363



المصدر: باستخدام برنامج 10.8 arcmap، الإسقاط الجغرافي (LGD2006, UTM Zone 34N)، الصورة

القمر الأوربي 2SENTINEL موقع <https://soaratlas.com/satellites/sentinel>

(1) عبّارة وادي الرملة (المخيلي): تقع عبّارة المخيلي على وادي الرملة شرق منطقة المخيلي، عند تقاطع الطرق طريق الخروبة - المخيلي - العزبات وطريق النوار - المخيلي - بوابة 200، صورتين (1) و (2) وهي المنفذ الوحيد لمياه حوض وادي الرملة، وتُعد نقطة فاصلة بين حوض النحت في الأعلى وحوض الإرساب، وبذلك تشكل رأس المروحة الإرسائية قبل فيضان دانيال، أبعاد العبّارة الطول 150 متر والارتفاع 7 أمتار عرض الطريق أعلى العبّارة 8 متر.

صورة (1): فيضان وادي الرملة في منطقة المخيلي، لا حظ غمر مساحات واسعة غرب المنطقة المحلات ومحطة البنزين و قطع الطريق العام غرب العبارة بطول 100 متر، التي ترتفع عن منسوب سرير الوادي حوالي 8 مترا. 2023/09/11،

صورة (2): عبارة المخيلي أبعاد العبارة العرض 150 متر الارتفاع 7 أمتار، لاحظ اتساع مجرى الوادي يصل نحو 200 متر، اتجاه التصوير جنوبا، تاريخ التقاط الصورة 24 أكتوبر 2025.



المصدر: <https://www.reuters.com/world/mediterraneans-devastating-storm-daniel-may-be-harbinger-storms-come-2023-09-12>

ب) عبارة وادي احنيش: غرب بلدة المخيلي نحو 2 كم، وهو شطيب؟؟؟ وادي صغير جرى سيله في عاصفة دانيال، عبّارته أنبوبية بثلاث فتحات قطر الأنبوب 1 متر، الطول 14 متر .

صورة (3): عبارة وادي احنيش العبارة أنبوبية بثلاث فتحات، 11 أكتوبر 2025م.



عبارة وادي احزيز : تقع العبارة غرب منطقة المخيلي نحو 1.8 كم، وهي من نوع الأنبوبي بثلاث فتحات قطر الأنبوب 1 متر، الطول 14 متر، وضع العبارة جيد ولكن هناك أثر لغمر مياه سيول الأودية المحلية فوق الطريق حسب شهادة سكان المنطقة.

صورة (3): عبارة وادي احزيز العبارة أنبوبية فتحتان، 05.06.2006م.



المصدر: عن (الحنفي، 2022)

(ج) عبارة وادي القوس : وهي عبارة من النظام الصندوقي بـ 6 فتحات ذات أبعاد 1×2م وعبارة من نوع أنبوبي ذات ثلاث فتحات تقع على الجانب الشرقي من العبارة الصندوقية وتوجد ثلاث عبارات أخرى على الجانب الشرقي تبعد عن الأولى نحو 200م تقريبا. صورة (4).

صورة (4): عبّارة وادي القوس الصندوقيّة، 11 أكتوبر 2025م.



(د) عبّارة وادي جبد العفريّة : وادي صغير بين وادي القوس ووادي بالعطر، بعد عبّارة القوس بنحو 2 كم، نوع العبّارة صندوقيّ، أبعاد العبّارة: 1 × 2 متر، سماكة الرواسب داخل العبّارة: 18 سم.

صورة (5): عبّارة وادي جبد العفريّة الصندوقيّة، 11 أكتوبر 2025م.



هـ) عبّارة وادي بلعطر : هناك مخرجان للوادي الأول عبّارة صندوقية ذات أبعاد 1.5×4 م بثلاث فتحات، والثانية بنفس النوع والأبعاد والمسافة بينهما نحو 358 متر، وجود تعرية للطريق أعلى العبّارة مع وجود نفايات عضوية من أغصان وفروع للأشجار عالقة منذ فترة فيضان دانيال، مع وجود رواسب الوادي في مجرى العبّارة، صورة (6).

صورة (6): عبّارة وادي بالعر العبّارة الصندوقية، 1.5×4 ، السبت 11 أكتوبر 2025م.



و) عبّارة وادي الخريف : العبّارة من النوع الصندوقي بها فتحتان، شبيهة من ناحية النوع والأبعاد مع عبّارة وادي بالعر 1.5×4 متر وعلى رغم التشابه بين عبّارتي الوادين فإن مساحة الحوضين وحجم التصريف فيهما مختلفة، ومن الملاحظ وجود أضرار طفيفة في أعلى العبّارة وأثر ساند الطرق. والأكتاف من جهة مخرج العبّارة، صورة (7).

صورة (7): إحدى عبّارات وادي الخريف العبّارة الصندوقيّة، ابعاد العبارة 1.5×4 ، السبت 11 أكتوبر 2025م.



ز) عبّارة وادي بوزايدة: نوع العبّارة صندوقيّة، وأبعاد فتحة العبّارة 2×4 متر، ثلاث فتحات لم تتأثر هذه العبّارة بسبب الحجم المناسب مع حوض التصريف للوادي الصغير، تم تحويل العبّارة من قبل الأهالي لاستعمال الفتحة الغربيّة للعبّارة لحزن الأعلاف للأنعام، صورة (8).

صورة (8): عبّارة وادي بوزايدة العبّارة صندوقيّة، أبعاد العبّارة 2×4 متر، 11 أكتوبر 2025م. درجة ميل العبّارة 0.0045 أي أن لكل متر هبط 4.5 ملم، 11 أكتوبر 2025م.



(ح) عبّارة وادي القرنة: نوع العبّارة صندوقية، أبعاد فتحة العبّارة 4×2 متر، بثلاث فتحات، يُعد وادي القرنة ثاني أكبر حوض من ناحية المساحة بعد حوض وادي الرملية، تأثرت العبّارة بمياه السيول والفيضانات الماضية خاصة فيضان دانيال واتسعت رقعة التأثير على جانبي العبّارة لمسافة تصل لعشرات الأمتار، نظرا لاتساع المروحة الإرسائية في الوادي، صورة (9).

صورة (9): عبّارة وادي القرنة، العبّارة صندوقية، أبعاد العبّارة 4×2 متر، انتشار رواسب الوادي حول العبّارة وداخلها، 22 سبتمبر 2025م.



جدول (5) الخصائص الطبيعية في منطقة الإرساب لأحواض بلطة الرملة

م	قناة التصريف (العبرة)	المساحة (كم ²)	أراضي الإرساب	الأراضي المبتلة كم ²	معامل الرشح %65
1	الرملة	950	119	53.00	34.45
2	القوس	132	40	8.00	5.2
3	بالعطر	104	40	5.10	3.31
4	الخريف	120	43	8.80	5.72
5	القرنة	207	113	27.00	17.55
6	الأودية البيئية	54	10	0.93	0.60
المجموع		1567	365	102.83	66.84
المتوسط		261.2	60.83	17.14	11.14

المصدر: الدراسة الميدانية 2025

جدول (6) أبعاد العبارات عند مخارج أودية حوض بلطة الرملة

م	الوادي	منسوب الارتفاع (م)	نوع العبارة	عدد الفتحات	أبعاد العبارة (متر)		
					العرض* الارتفاع	مساحة المقطع	طول العبارة
1	الرملة	200	6	3	15×7	315	12
2	احنيش	202	1	1	1	1	15
3	احزيز	204	1	3	1	3	15
4	احزيز	203	1	1	1	1	15
5	جبد العفريته	206	1	6	1	6	15
6	س1 س4	211	1	4	1	4	15
7	القوس	207	2	6	1×2	12	15
8	القوس	205	1	3	1	3	15
9	القوس	204	1	3	1	3	15
10	القوس	205	1	3	1	3	15
11	القوس	203	1	2	1	2	15
12	س5	204	2	2	1×2	4	15
13	س6	206	1	2	1	2	15



م	الوادي	منسوب الارتفاع (م)	نوع العبارة	عدد الفتحات	أبعاد العبارة (متر)	م	الوادي
14	س7	202	1	2	1	2	15
15	س8_س9	203	1	4	1	4	15
16	بالعطر	212	1	1	1	1	15
17	بالعطر	211	3	3	1.5×4	18	15
18	بالعطر	211	3	3	1.5×4	18	15
19	س10_س11	223	1	5	1	5	15
20	الحريف	229	1	1	1	1	15
21	الحريف	229	2	6	1×2	12	15
22	الحريف	236	3	3	1.5×4	18	15
23	الحريف	238	3	3	1.5×4	18	15
24	الحريف	239	1	1	1	1	15
25	س12_س14	244	1	3	1	1	15
26	س15	244	1	1	1	1	15
27	س16	241	1	1	1	1	15
28	بو زائدة	254	4	3	2×4	24	15
29	بو زائدة	248	1	1	1	1	15
30	القرنة	251	4	3	2×4	24	15
المجموع		8085	64	79	179	507	567
المتوسط		219	1.68	2.08	4.70	13.34	14.9

المصدر: الدراسة الميدانية 2025. زيارات ميدانية لتوثيق جريان أودية جنوب الجبل الأخضر، أنواع العبارات: العبارة الدائرية = 1

(1 متر × 1 متر)، العبارة الصندوقية 2 (عرض 2 متر × الارتفاع 1 متر)، العبارة الصندوقية 3 (العرض 4 × الارتفاع 1.5

متر)، العبارة الصندوقية 4 = (العرض 4 × الارتفاع 2 متر)، العبارة الصندوقية 5 = (العرض 15 متر × الارتفاع 7 متر).

مناقشة النتائج

1) تقدير حجم بطريق خطوط تساوي المطر (Isohyet)

طريقة خطوط تساوي المطر (Isohyet) هي رسم خطوط وهمية على الخريطة تربط النقاط التي تتلقى نفس كمية الأمطار خلال فترة زمنية معينة. ولإنشاء هذه الخريطة، أولاً تُرسم مواقع محطات قياس المطر على خريطة أساسية مع تدوين الكميات المسجلة عند كل محطة. ثم تُرسم خطوط متساوية المطر بتحديد القيم المتساوية من هطول الأمطار، مع افتراض أن المطر يتغير خطياً بين المحطات، إلا إذا دلت التضاريس على عكس ذلك. بعد ذلك تُحدد المساحات بين

كل خطي هطول متجاورين، ويُحسب متوسط هطول الأمطار في كل مساحة، ثم يُضرب هذا المتوسط في مساحة تلك المنطقة.

تُقدم هذه الطريقة تقديرًا دقيقًا لأنماط هطول الأمطار مع الأخذ في الاعتبار تأثير التضاريس وخبرة المحلل.

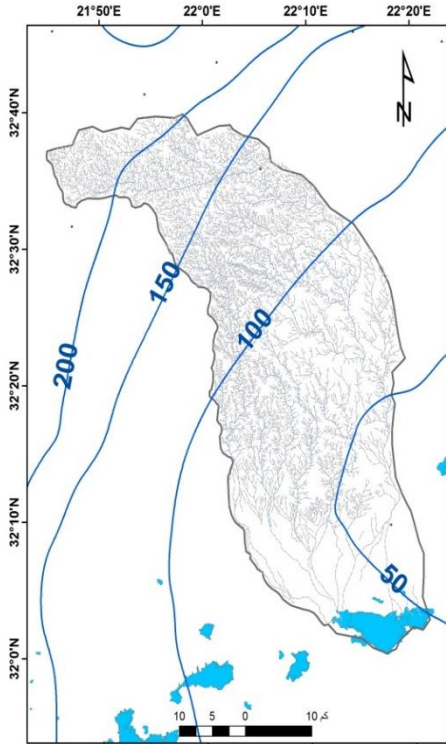
بناءً على تحليل وتقديرات محطات الرصد الفضائية في أوروبا وأمريكا التي رصدت عاصفة دانيال في 9-10 سبتمبر 2023 كان متوسط الهطول في حوض البلطة نحو 122 ملم، وحجم الهطول 191 مليون متر مكعب بينما حجم الجريان نحو 50 مليون متر مكعب. جدول (7).

دول (7) متوسط الهطول لعاصفة دانيال في حوض وادي الرملة، حسب النموذج الأوروبي

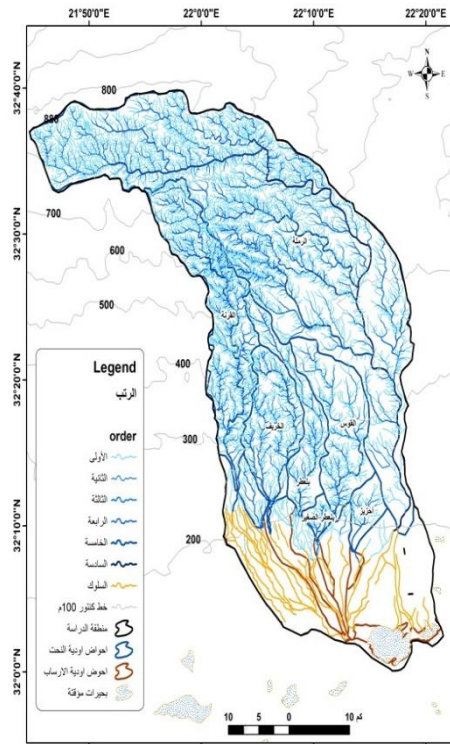
قطاع الهطول	مساحة المقطع (كم ²)	متوسط الهطول (ملم)	حجم الهطول مليون (م ³)	حجم الجريان بمعامل الجريان %50	معامل الرشع 50%
أقل من 50	209	25	5.225	2.6125	2.6125
50 - 100	1072	75	80.4	40.2	40.2
100 - 150	392	125	49	24.5	24.5
150 - 200	184	175	32.2	16.1	16.1
أكثر من 200	118	210	24.78	12.39	12.39
المجموع	1975	-	191.6	95.80	95.80
المتوسط	395	122	38.32	19.16	19.16

المصدر : الدراسة الميدانية، 2025، قياس خطوط تساوي المطر لعاصفة الأمطار المتوسطية دانيال سبتمبر 2023، حسب النموذج الأوروبي، في، 10.8. ARCMAP 2023.

شكل (4): خطوط تساوي المطر لعاصفة الأمطار المتوسطة دانيال 10 سبتمبر 2023، حسب النموذج الأوروبي. المصدر: صورة رقمية من المركز الأوروبي للتنبؤات الجوية المتوسطة المدى EZMW، 2023



شكل (3): شبكة التصريف المائية لأودية حوض بلطة الرملية، حوض النحت في الأعلى وحوض الإرساب في الأسفل. (التواقي، 2019)



. المصدر: صورة رقمية من المركز الأوروبي للتنبؤات الجوية المتوسطة المدى EZMW، 2023

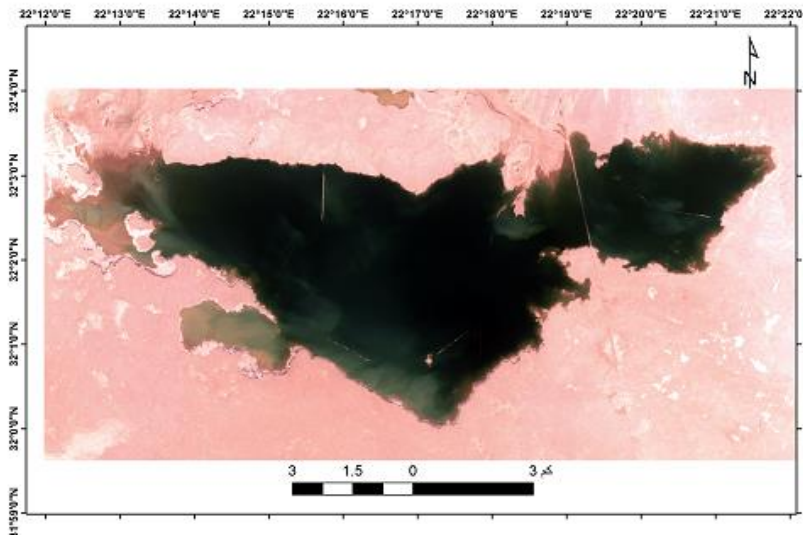
2) طريقة حساب المساحة في الارتفاع .

تُعد طريقة تقدير حجم الجريان بمعلومية المساحة ومتوسط ارتفاع مياه البحيرة من أكثر الأساليب المباشرة والبسيطة في الدراسات الهيدرولوجية، حيث تقوم على مبدأ أن حجم المياه المخزونة أو المتجمعة في بحيرة بلطة الرملية يساوي حاصل ضرب مساحة سطح البحيرة في متوسط عمقها أو ارتفاع منسوب المياه. وتُستخدم هذه الطريقة عادة عند توفر بيانات دقيقة

عن مساحة المسطح المائي من صور الأقمار الصناعية أو القياسات الميدانية صورة (3)، إلى جانب تقدير متوسط العمق من خلال المسوحات الطبوغرافية أو أجهزة القياس المباشر. وتمثل هذه المعادلة الأساسية (الحجم = المساحة × الارتفاع)، أداة كمية فعالة لتقدير حجم الجريان السطحي المتجمع، ما يجعلها مناسبة لتقييم كميات المياه الناتجة عن العواصف المطرية أو الفيضانات المفاجئة في الأحواض المائية.

الحجم = 47 كم³ (مساحة البحيرة) × 1.5 (متوسط عمق البحيرة) = 70.5 مليون م³

صورة (3): مساحة بلطة الرملة عقب فيضانات وسيول عاصفة دنيال، بلغت مساحتها 49 كم²، فهي تستوعب حوالي نحو 70 مليون م³، القمر الأوروبي Sentinel 2، تاريخ الصورة 2023/09/22.



المصدر: باستخدام برنامج 10.8 arcmap، الإسقاط الجغرافي (LGD2006, UTM Zone 34N)، الصورة من القمر الأوروبي 2SENTENEL موقع <https://soaratlas.com/satellites/sentinel>

3) حجم الجريان السطحي (Runoff Volume) لوادي الرملية عند عبارة المخيلي، يمكننا استخدام المعادلة التالية:

$$V = P \times A = \text{حساب الحجم الكلي للمياه المتساقطة}$$

حساب معدل التدفق خلال ذروة الهطول = سرعة التصريف ÷ زمن التصريف

$$Q = \frac{V}{t}$$

ليست كل المياه تتجمع فعلياً في الحوض؛ لأن جزءاً يتبخر أو يتسرب إلى التربة. نستخدم معامل الجريان (Runoff Coefficient) الذي يعتمد على نوع التربة والتضاريس:

نوع السطح	معامل الجريان (C) تقريبي
تربة رملية أو نفاذة	0.2 – 0.3
تربة طينية أو مناطق زراعية	0.4 – 0.6
مناطق حضرية أو جبلية	0.7 – 0.9

إذا افترضنا (C = 0.5):

$$C \times V_{\text{effective}} = V$$

حجم الجريان (Runoff Volume) = كمية الهطول × المساحة × C

حيث:

- متوسط الهطول 125 ملم = 0.125 متر
- المساحة (حوض الرملية) = 950 كم² = 950 × 10⁶
- C = معامل الجريان (Runoff Coefficient)، يعتمد على نوع التربة والانحدار، يتراوح عادة بين 0.1 إلى 0.7
- سنختار C = 0.5 كقيمة وسطية مناسبة للأودية ذات التربة شبه نفاذة.

الخطوة 1: حساب الحجم النظري للجريان في حوض زادي الرملة
الحجم = $0.125 \times 950 \times 10^6 = 59.37 \times 10^6$
 $60 \approx 59.4$ مليون متر مكعب

مقارنة بالواقع.

- الحجم الفعلي المخزن في بحيرة بلطة الرملة $68.9 \approx 70$ مليون م³، كما أن حوالي 123 مليون متر مكعب ضاعت في سهول الفيضية بين مخارج الأودية وبحيرة بلطة الرملة بسبب الرشح العالي في أرضية هشة شديدة الجفاف.

إذن فالحساب النظري متقارب جداً مع الواقع، مما يشير إلى أن:

- مساحة أحواض النحت لبلطة الرملة = 1530 كم²
- معامل الجريان المختار (0.5) مناسب
- حجم الهطول المحسوب = 191.8 مليون م³
- حجم الجريان السطحي المحسوب $95.8 \approx 95.8$ مليون م³ (في حوض بلطة الرملة).
- التخزين الفعلي $70 \approx 70$ مليون م³
- نسبة الجريان المحقق 98% من الحساب النظري

وهو يتطابق تقريباً مع حجم المياه المتجمعة في بحيرة بلطة الرملة.

أولاً: كمية الهطول الكلية (قبل أي فاقد)

الكمية الكلية للمياه الناتجة عن الهطول = كمية الهطول × المساحة

$$191.25 \times 10^6 = 10^6 \times 1530 \times 0.125 =$$

ثانياً: كمية الجريان المحققة (التي وصلت إلى بحيرة بلطة الرملة)

$$70 \times 10^6 \text{ m}^3$$



ثالثًا: كمية الفاقد = كمية الهطول - حجم الجريان (كمية الفاقد الضائعة في سهول جنوب منطقة المخلي)

$$191.25 - 70 \times 10^6 = 121.25 \times 10^6 m^3$$

رابعًا: نسبة الفاقد من العاصفة

$$63.39\% \approx 100 \times \left(\frac{121.25}{191.25} \right) = \text{نسبة الفاقد}$$

خامسًا: نسبة الاستفادة (المياه المتجمعة)

$$36.6\% \approx 100 \times \left(\frac{70}{191.25} \right) = \text{نسبة الاستفادة}$$

- الفاقد يشمل: الترشيح داخل التربة، التبخر، امتصاص النبات، التخزين الأرضي المؤقت.
- نسبة الاستفادة جيدة جدًا، ويدل على أن تضاريس الوادي مناسبة لتجميع المياه.

جدول (8) تقدير حجم الجريان السطحي لأحواض النحت عقب عاصفة دانيال الرملية

اسم الوادي	مساحة الحوض كم ²	معدل الهطول	حجم الهطول م ³	حجم الجريان الفعلي c=0.5	مدة الهطول ساعة	المعدل التدفق التقريبي م ³ /ث
الرملية	950	125	113.75	56.9	3	10500
القوس	132	125	16.5	8.3	3	1527.8
بالعطر	104	125	13	6.5	3	1203.7
الخريف	120	125	15	7.5	3	1388.9
القرنة	207	125	25.875	12.9	3	2395.8
المجموع	2383	750	297.9	149.0	18	17059.2
المتوسط	397.2	125.0	49.6	24.8	3.0	2843.2

المصدر : الدراسة الميدانية، 2025

تصميم العبارات (culverts) المستخدمة لتصريف مياه الأمطار والسيول تحت الطرق بناءً على حجم التصريف (Q)

خطوات منهجية مختصرة متبعة عادة في الهندسة الهيدروليكية لتصميم العبارات:

تحديد حجم التصريف (Q):

يُحسب باستخدام طرق الهيدرولوجيا (مثل طريقة Rational Method أو منحنيات IDF).

يجب أن يُعتمد التصريف الأقصى التصميمي (Design Discharge) مع فترة عودة مناسبة (مثلاً 25-50 سنة حسب أهمية الطريق).

2. اختيار نوع العبارة:

قد تكون مستطيلة (Box Culvert) أو أنبوبية (Pipe Culvert) أو قوسية (Arch Culvert).

الاختيار يعتمد على حجم التصريف، وارتفاع الردميات، وطبيعة التربة، والتكلفة.

3. حساب القطر/الأبعاد المبدئية:

يتم استخدام معادلات التصريف مثل معادلة ماننغ (Manning's equation):

$$Q = \frac{1}{n} A(R)^{\frac{2}{3}}(S)^{\frac{1}{2}}$$

حيث:

Q : التصريف (م³/ث)

n : معامل ماننغ (0.013 للخرسانة عادة)

A : مساحة المقطع المبتل (م²)

R : نصف القطر الهيدروليكي (P = A / P المحيط المبتل)

S : الميل الهيدروليكي

التحقق من الغمر والسرعة:

يجب التأكد أن سرعة الجريان ليست عالية تسبب النحر (Erosion) ولا منخفضة

جداً تسبب الترسيب.

المدى المناسب عادة بين (0.6 – 3.0 م/ث).

5. تقدير عدد الأنابيب/الصناديق:

إذا كان قطر أو مقطع واحد غير كافٍ، يمكن توزيع التدفق على عدة أنابيب أو صناديق

العبارة الصندوقية أبعادها $150 \times 7 \times 8$ م

أي طول العبارة من المدخل إلى المخرج 8 م، وعرض الفتحة الواحدة 50 متر (العبارة ثلاث فتحات = 150 متر)، ارتفاع العبارة 7 أمتار.

6. تصميم المدخل والمخرج (Inlet & Outlet):

إضافة أكتاف جانبية (Wing walls) أو مداخل مفلطحة (Flared Inlet) لتحسين التدفق وتقليل فقدان الطاقة.

توفير حماية ضد النحر في المخرج (Riprap أو خرسانة).

7. التحقق الإنشائي:

بعد اعتماد الأبعاد الهيدروليكية، يكون التحقق إنشائياً (تسليح، سماكة، قدرة تحمل التربة، إلخ).

ملاحظة: في المشاريع الفعلية يكون الرجوع لدلائل التصميم مثل:

AASHTO Drainage Manual

Hydraulic Design of Highway Culverts (FHWA HDS5)

تصميم أبعاد العبارة الملائمة لتصريف مياه أكثر من $2800 \text{ م}^3/\text{ث}$

نتحدث الآن عن عبارة صندوقية (Box Culvert) للتصريف الكبير $Q = 5400$

$\text{م}^3/3$ ، هذا الحجم ضخم جداً (بحجم نهر)، وغالباً يتطلب عدة صناديق متجاورة أو إلى

جسر مائي، لكن دعنا نحلها هندسياً كتصميم أولي لعدد وأبعاد الصناديق.

● المعطيات:

1. حجم التصريف: $Q = 2800 \text{ م}^3/\text{ث}$

2. الميل الهيدروليكي المفترض: $S = 0.0015$ (ميل منخفض لأن الجريان في مناطق

منبسطة عادة).

3. معامل مانغ للخرسانة: $n = 0.015$ (للاحتياط مع صناديق كبيرة).

4. الشكل: عبارة صندوقية مربعة أو مستطيلة (Box Culvert).

المعادلة (مانغ):

$$Q = \frac{1}{n} A(R)^{\frac{2}{3}}(S)^{\frac{1}{2}}$$

$A = B \times H$ (العرض $\times$ الارتفاع)

$P = 2(B + H)$ (المحيط المبتل)

$R = A/P$ (نصف القطر الهيدروليكي)

الخطوات:

1. اختيار مقطع مبدئي:

لنبدأ بتجريب مقطع 10×8 م (عرض 10 م وارتفاع 8 م):

$$A = 10 \times 8 = 80 \text{ م}^2$$

$$P = 2(10 + 8) = 36 \text{ م}$$

$$R = 80/36 = 2.22 \text{ م}$$

2. التعويض في مانغ:

$$Q \approx 66.7 \times 80 \times (2.22)^{0.667} (0.0015)^{\frac{1}{2}}$$

$$Q \approx 351 \text{ م}^3$$

3. حساب عدد الصناديق (فتحات العبّارات):

$$N = \frac{5400}{351} \approx 15.4$$

لتصريف $2800 \text{ م}^3/3$ ثا نحتاج إلى 16 صندوق بأبعاد 10×8 لكل منها لتحقيق التصريف المطلوب

أو يمكن تعديل الأبعاد (مثلاً 12×8 م) لتقليل العدد، لكن عادةً التصميم يعتمد على ظروف الموقع، وعرض الطريق، والاقتصاد.

عند هذه الأحجام، أحياناً يكون الجسر الخرساني أو الفولاذي أكثر جدوى من العبّارات الصندوقية الكثيرة.

ويمكن تعديل أبعاد العبّارة من 12×8 الي 10×15 لاختيار الأنسب.



إن حجوم التصريف عالية وقت الفيضانات فتصل نحو 5000 م³/ث في وادي الرملة الذي يمثل ثلثي مساحة حوض بلطة الرمل، حيث يقدر حجم التصريف لجميع الأودية بنحو 7000 م³/ث، وهذه الحجوم الاستثنائية لا تتوافق مع فتحات العبّارات فهي مصممة للجريانات منخفضة الشدة، جدولين (9) و (10) يبينان الفارق بين سعة المجرى في فترات الجريانات العادية وفيضان دانيال عام 2023.

جدول (9) أبعاد العبّارات في حوض وبلطة الرمل حسب التقديرات المقاسة باستخدام المعادلات

م	قناة التصريف (العبّارة)	المساحة (كم ²)	QP	TL	QP	فترة التصريف	كمية المطول	معامل الجريان	الأراضي المبتلة*
1	الرملة	950	71	30	6182.92	2429.6	150	0.5	53.00
2	القوس	132	6.6	30	79.86	337.6	100	0.5	8.00
3	بالعطر	104	5.2	30	49.57	266.0	100	0.5	5.10
4	الخريف	120	6	30	66.00	306.9	100	0.5	8.80
5	القرنة	207	10.4	30	196.39	529.4	100	0.5	27.00
	أودية بينية	54	2.0	30	10.02	138.1	75	0.5	0.93
	المجموع	1567	101.2	180	6584.8	4007.6	625	3	102.83
	المتوسط	261.2	16.9	30	1097.5	667.9	104.2	0.5	17.1

المصدر: الدراسة الميدانية، 2025، *الأراضي السهلية في بيئة الإرساب الواقعة بين مخارج الأودية والبحيرات المؤقتة (البلط).

جدول (10) مساحة مقطع العبارة وحجم التصريف مقارنة بين عرض الوادي الرئيس مع عرض الوادي وقت الفيضان.

م	قناة التصريف (العبارة)	المساحة (كم ²)	مساحة مقطع العبارة	التصريف م ³ /ث	عرض المجرى الرئيس	عرض الوادي فترة الفيضان
1	الرملة	950	315	10500	200	1500
2	القوس	132	27	1525	100	500
3	بالعطر	104	37	1203	90	600
4	الحريف	120	50	1400	120	1000
5	بوزائدة	-	25	-	-	-
6	القرنة	207	25	2395	140	550
	أودية بينية	54	29	-	-	-
	المجموع	1567	508	17023	650	4150
	المتوسط	261.2	72.57	3404.60	130.00	830.00

المصدر: الدراسة الميدانية، 2025

يُظهر تحليل بيانات الأودية أن التصريف المائي كما في جدول (10) أعلاه تفاوت حسب مساحة الحوض وشدة الانحدار، إذ بلغ المتوسط العام للتصريف نحو 3400 م³/ث، ومساحة المقطع الوسطية حوالي 73 م². وبناءً على ذلك، يُقترح تصميم عبارة صندوقية (Box Culvert) متعددة الفتحات تتألف من ثلاث فتحات بأبعاد تقريبية 6×3 م لكل فتحة، لتأمين مرور السيول الموسمية بأمان وكفاءة.

هذا التصميم يحقق توازناً بين القدرة الاستيعابية والتكلفة، مع توصية باستخدام خرسانة عالية المقاومة (C40) وتنفيذ حماية حجرية عند المداخل والمخارج للحد من النحر وضمان استدامة المنشأ في مواجهة الجريان الفيضي. جدول (11).

جدول (11) التصميم المناسب لكل عبّارة لمخارج الأودية عدا وادي الرملية

البند	القيمة المقترحة	الملاحظات
طبيعة الجريان	غير دائم (سيول موسميّة)	يتطلب مقاومة نحر عالية
نوع العبّارة	Box Culvert مستطيلة متعددة الفتحات	مناسبة لوديان متغيّرة العرض
عدد الفتحات	3 فتحات رئيسية	لتحقيق مرونة في مرور الجريان والرسوبيّات
أبعاد الفتحة الواحدة	العرض = 6 م × الارتفاع = 3 م	تعطي مساحة $\approx 18 \text{ م}^2$ لكل فتحة
إجمالي مساحة المقطع	$18 \times 543 \text{ م}^2 =$	يقارب المتوسط المطلوب (72 م ²) مع هامش أمان 25%
تصريف التصميم (Q _{design})	حوالي 3500–4000 م ³ /ث	يعادل المتوسط العام للأودية
انحدار القاع (S)	0.002–0.004	وفق طبيعة الأودية الرملية/الخصوية
سرعة الجريان التصميمية	2.5–3.0 م/ث	ضمن حدود آمنة للخرسانة المسلحة
نوع الخرسانة	C40 مع تسليح مضاعف ضد النحر	للمحافظة على المتانة
أعمال حماية مدخل ومخرج	حجر مرصوص أو كتل خرسائيّة مع حاجز طاقة (stilling basin)	لتقليل النحر والتآكل

المصدر: الدراسة الميدانيّة، 2025، باستخدام برامج الذكاء الاصطناعي. Chat GPT scholar.

إن المواصفات التصميميّة المقترحة لعبّارات مخارج الأودية - باستثناء وادي الرملية - هي عبّارة صندوقيّة مستطيلة متعددة الفتحات (Box Culvert) مكونة من 3 فتحات (أبعاد الفتحة الواحدة 3×6 م) بإجماليّ مساحة مقطع تبلغ 54 م²، وذلك للتعامل مع طبيعة الجريان غير الدائم والسيول الموسميّة. ويتضمن التصميم الهيدروليكيّ استيعاب تصريف تصميميّ يتراوح بين 3500 إلى 4000 م³/ث، بسرعة جريان آمنة (2.5–3.0 م/ث) وانحدار للقاع يتراوح بين 0.002 و0.004؛ ولضمان متانة المنشأة ومقاومة النحر والتآكل، حددت الدراسة

استخدام خرسانة من نوع 40C بتسليح مضاعف، مع تدعيم المدخل والمخرج بحجر مرصوص أو كتل خرسانية وحاجز طاقة (stilling basin).

الخلاصة

مما سبق نستنتج أن العبارات المنشأة في السابق غير قادرة على استيعاب حجوم مياه الأودية خلال الفيضانات المهمة وقد بينت الدراسة أن هناك أضراراً جسيمة لحقت بالمنشآت المائية المتمثلة في العبارات خاصة عبارة المخيلي حيث جرف السيل الطريق بجانب العبارة بطول 100 متر ، وتفككت إحدى دعائم العبارة من الجهة الغربية، وتأثرت عبارات كل من وادي الخريف والقرنة، واتسعت المروحة الإرسائية وتراجعت كما هو مبين في صور الأقمار الاصطناعية، لذا من المهم صيانة هذه العبارات، وتصميم عبارات ذات قدرة أكبر على استيعاب السيول الجارفة المتوقع حدوثها في المستقبل القريب، ويفضل تصميم عبارات بأبعاد أكبر مما هو موجود حالياً.



3- المراجع :

1. التواتي، محمود الصديق، (2019)، الخصائص المورفومترية لأودية حوض بلطة الرملية في جنوب الجبل الأخضر، باستخدام تقنيات GIS، المؤتمر الجغرافي الخامس عشر، منشورات جامعة سرت، سرت، ليبيا.
2. التواتي، محمود الصديق، المبروك، عطية أكرم، (2023)، تراجع مساحة بحيرة بلطة الرملية الموسمية عقب فيضان 27 سبتمبر 2018م، كتاب بحوث المؤتمر الجغرافي السابع عشر، المجلد الأول، منشورات جامعة بني وليد، بني وليد، ليبيا.
3. الحنفي، محمد غازي، التواتي، محمود الصديق (2015)، اختبار قابلية المواد الناعمة من السلت والطين للامتصاص الماء في بلطة الرملية الغربية: للمشاركة في المؤتمر العلمي الأول للعلوم الأساسية 29.11 إلى 01.12.2015، كلية العلوم - جامعة عمر المختار، البيضاء.
4. الحنفي، محمد غازي، وآخرون (2020)، "أبحاث ودراسات ميدانية تطبيقية في جغرافيا و موارد مياه حوض إقليم الجبل الأخضر في ليبيا"، منشورات جامعة عمر المختار، البيضاء، ليبيا. ص 1243.
5. الشبلاق، محمد منصور، عمار عبد المطلب عمار، (2014)، الهيدرولوجيا التطبيقية، منشورات جامعة عمر المختار، البيضاء، ليبيا.
6. التواتي، محمود الصديق، 2019، التحليل المورفومتري لبحاوض بلطة الرملية، جنوب الجبل الأخضر، مجلة الجمعية الجغرافية الليبية، أبحاث المؤتمر الجغرافي الخامس عشر، جامعة سرت، سرت، ليبيا.
7. مصلحة المساحة، 1977، خرائط طبوغرافية، لوحة المخيلي، لوحة ماجن بشادة، مقياس رسم 1:50000، طرابلس، ليبيا.
8. جودة، جودة حسنين. (2003). الجيومورفولوجيا: علم أشكال سطح الأرض: مع التطبيق بأبحاث في جيومورفولوجيا العالم العربي (ط. 1). دار المعرفة الجامعية.
9. . Haider, H., et al. (2019). Integrated flood management and rainwater harvesting in arid regions. Environmental Science and Policy, 100, 86-98. https://doi.org/10.1016/j.envsci.2019.06.002

10. Nabinejad, M., & Schüttrumpf, H. (2023). Adaptation strategies for flood risk reduction using culvert design optimization under climate change. *Journal of Hydrology*, 619, 129356. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2023.129356>
11. Abdrabo, M. A., et al. (2020). Assessing the impact of flash floods on urban infrastructure in arid and semi-arid regions. *Journal of Environmental Management*, 260, 110107. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.110107>
12. Abdullah Othman a, Waleed A. El-Saoud b, Turki Habeebullah , Fathy Shaaban , Abotalib Z. Abotalib Risk assessment of flash flood and soil erosion impacts on electrical infrastructures in overcrowded mountainous urban areas under climate change, *Reliability Engineering & System Safety* Volume 236, August 2023, 109302.
13. Abegaz, F., et al. (2024). Hydraulic performance assessment of culverts under extreme rainfall conditions. *Water*, 16(2), 295. <https://doi.org/10.3390/w16020295>
14. Arlab consulting, (1980), Annex 4, Hydrology, Wadi Ramlah legend of flood recordings, record 1979/1980.
15. EOS, <https://eos.com/landviewer> , بتاريخ 30/10/2018
16. Esmeray, M., & Hamedy, R. (2025). Eco-friendly culvert design for sustainable stormwater management in dry urban environments. *Sustainable Cities and Society*, 113, 105002. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2025.105002>
17. Franlab consulting, (1976), Annex 2, Hydrology, Wadi Muallaq- Upstream station, legend of flood recordings, record 1974/1975.
18. Othman, A., et al. (2023). Hydrological modeling of flash flood hazards in arid environments using GIS and remote sensing. *Natural Hazards*, 117(3), 2231–2254. <https://doi.org/10.1007/s11069-023-05820-5>](<https://doi.org/10.1007/s11069-023-05820-5>)
19. Schoener, T. (2022). Urban expansion and flood risk: The role of impermeable surfaces in semi-arid cities. *Environmental Research Letters*, 17(12), 124012. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac9d4a>



20. Gourley, J. J., Flamig, Z. L., Hong, Y., & Howard, K. W. (2014). Evaluation of past, present and future tools for radar-based flash-flood prediction in the USA. *Hydrological Sciences Journal*, 59(7), 1377–1389.

21. Pappas, S., et al. (2023). Battling the extreme: lessons learned from weather-induced disasters on electricity distribution networks and climate change adaptation strategies. *Hydrology Research*, 54(10), 1196–1215

Horton, R. E. (1945). Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. *Geological Society of America Bulletin*, 56(3), 275–370.