Sirte University Journal of Humanities **(SUJH)** مجلة جامعة سرت للعلوم الإنسانية
Source Homepage: http://journal.su.edu.ly/index.php/Humanities/index
https://doi.org/10.37375/sujh.v13i2.2418

التحليل الميكانيكي لرواسب التموجات الرملية في الحوض الأدنى لوادي تلال "دراسة جيومورفولوجية"

د. سليمان يحي السبيعي
dr.soliman.alsubaie@su.edu.ly
كلية الآداب/ جامعة سرت/ ليبيا

تاريخ الوصول:2023.10.23 تاريخ الموافقة: 2023.11.05

الملخّص

تهدف الدراسة إلى تحديد أحجام رواسب التموجات الرملية في الحوض الأدنى لوادي تلال في بيئات الترسيب الدقيقة عن طريق التحليل الميكانيكي. ولتحقيق هذا الهدف قام الباحث بتحليل عينات الرواسب معملياً باستخدام المنخل الكهربائي بطريقة النخل الجاف Dry Sieving، ثم حُسِبت النتائج بوحدة فاي Phi لمعالجتها ببرنامج Fraction V.3، وطُبِقت معادلات Folk & Ward لمعرفة وتقدير معاملات الحجوم، وفئات المعاملات الإحصائية لأحجام رمال الرواسب.

وتوصلت الدراسة إلى مجموعة من النتائج: أهمها أن فئة الرمل متوسط الحجم (1-2ø) تشكل حوالي 44.75% من وزن عينات رمال التموجات الرملية، وأن متوسط حجم الرمال يبلغ حوالي (1.698ø) وهي تقع في فئة الرمل المتوسط الحجم. وبلغ متوسط قيمة معامل الفرز (0.873ø)، وهو يقع في فئة التصنيف المتوسط، وتقع أغلب منحنيات التوزيع في فئة الالتواء الموجب جداً بمتوسط (0.336ø)، وبلغت قيمة معامل التفلطح (1.265ø). حيث يقع شكل منحنى التوزيع في فئة التفلطح المدبب.

الكلمات المفتاحية:
التحليل الميكانيكي، التموجات الرملية، وادي تلال، المنخل الكهربائي، معامل التصنيف.

Mechanical Analysis of Sand Ripples Deposits in the Lower Basin of Wadi Tilal "Geomorphological study"

Dr. Suleiman Yahya Al-Subaie

Faculty of Arts Sirte University, Libya

Abstract

The current study is set to determine the volumes of sand ripple deposits in the lower basin of Wadi Tilal in micro depositional environments by mechanical analysis. To do so, the present study analyzed samples of sediment in the laboratory using an electric sieve and the dry sieving method. The results were then calculated in the Phi unit to be processed using the Fraction V.3 program combined with the Folk & Ward equations in order to find out an estimation of the volume coefficients, and categories of statistical coefficients for the volumes of sediment sand.

The study's main findings was that the medium-sized sand category (1-2ø) constitutes about 44.75% of the weight of the ripple sand samples, and that the average sand size is about (1.698ø) and it falls within the medium-sized sand category. Moreover, the average value of the sorting coefficient was (0.873ø), which falls within the medium sorting category. In addition, most of the distribution curves fell within the high positive skewness category with an average of (0.336ø), and the value of the flattening coefficient was (1.265ø). The shape of the distribution curve falls within the category of flattened and sharpen end.

Keywords

Mechanical analysis, Sand ripple, Wadi Tilal, Electric Sieve, Sorting coefficient.

المقدمة

تعتبر دراسة الخصائص الطبيعية Natural characteristics لحبيبات رمال الأشكال الترسيبية Depositional forms من الموضوعات التي أثارت اهتمام علماء الجيولوجيا والجيومورفولوجيا، وقد كان لعلماء الجيولوجيا السبق في دراسة هذا الموضوع، بحكم قِدم علم الجيولوجيا عن علم الجيومورفولوجيا (كأحد فروع الجغرافيا الطبيعية). هذا وتدخل دراسة الخصائص الطبيعية للرواسب الرملية ضمن موضوع الجيومورفولوجيا الهوائية Aeolian Geomorphology وجيومورفولوجية السواحل Coastal Geomorphology.

وحيث إن علم الجيومورفولوجيا يهتم بكلٍ من البنية Structure والعملية Process في شرح كيفية نشأة أشكال سطح الأرض وتطورها والاختلافات المكانية بينها، فإن أي تفسير جيومورفولوجي لهذه الأشكال لا يشمل دراسة وتحليل الرواسب السطحية لها يعتبر قصوراً في فهم العلاقة بين البنية والعملية. فالرواسب السطحية لأشكال سطح الأرض تعتبر في الواقع نتاج التفاعل بين البنية والعملية، والتي

حدثت خلال دورات تحاتية مختلفة. ومن ناحية أخرى فإن دراسة الرواسب السطحية لسطح الأرض تعتبر في غاية الأهمية في الدراسات الجيومورفولوجية؛ حيث تعطينا صورة واضحة لمصدر هذه الرواسب وظروف إرسابها والبيئة الترسيبية Depositional environment التي حدثت فيها عملية الترسيب (سقا، 2002، ص3).

وتفيد دراسة أحجام حُبيبات الرواسب الرملية في التعرف على توزيع أحجام الحُبيبات وتصنيفها؛ بهدف معرفة خصائصها من جهة، ومحاولة معرفة مصدرها ووسائل نقلها، وترسيبها من جهة أخرى (أحمد، 2016).

ومن خلال دراسة خصائص توزيع أحجام الرواسب الرملية Granulometry على أجزاء التموجات الرملية يمكن أن نستخلص بعض النتائج الدالة على قدرة الرياح السائدة التي كّونت هذه التموجات، وكيف تمت عملية الإرساب عليها. فقد أثبتت التجارب المعملية باستخدام نفق الرياح Wind Tunnel أن حركة أو زحف الحبيبات الرملية بمختلف أحجامها تبدأ في صورة حركة فردية قفزاً أو زحفاً عندما تصل سرعة الرياح إلى 5.5 متر/الثانية، وتتوقف هذه العملية على سرعة الرياح وقوتها من جهة ومدى جفاف السطح، وتفكك حبيباته من جهة أخري.

وأتضح لكثير من الباحثين أن المعلومات الخاصة بعملية حركة الرمال، والانسياق الرملي لن تتكامل إلا بربطها بالخصائص الحجمية للحبيبات الزاحفة من الاتجاهات المختلفة، كما أن هناك دراسات وقوانين رياضية ونظريات متعددة أخذت في الاعتبار أهمية قطر (حجم) الحبيبة الرملية في تقدير كل من السرعة الأولية للرياح اللازمة لبدء الانسياق الرملي، وكمية الانسياق، ومدى تضرس السطح الرملي الذي تنساق عليه الرمال (بغدادي،2005، ص 103).

وقد أظهرت الدراسات التي قام بها (Bagnold, 1941) أن قطر حبة الرمال يؤثر تأثيراً بارزاً على السرعة الأولية الدنيا للرياح اللازمة لبدء الانسياق الرملي. وأن أحجام الحبيبات الرملية هي أكثر المتغيرات تأثيراً على السرعة الرياحية الأولية أو الحدية اللازمة لتحريك الحبيبات الرملية، فتصل السرعة الأولية الحدية إلى أقل مقدار لها مع أحجام الحبيبات الرملية الزاحفة التي تتراوح أقطارها من 0.10 إلى 0.25 ملم بينما تزيد هذه القيمة بشكل مميز مع الرمال التي تتراوح أقطارها من 0.51 إلى 2 ملليمتر أو تقل عن 10 ملم (أبو الخير، 1999، ص 11).

وتعتبر دراسة أحجام حبيبات الرواسب الرملية ذات أهمية بالغة، فهي تتيح قياسات وصفية لتفهم خصائصها، وبالتالي الاستفادة منها في التعرف على مصادر هذه الرواسب، وكذلك في فهم الميكانيكيات التي تعمل بها أثناء عمليات النقل والإرساب.

وقد وضعت العديد من التصنيفات لأحجام الحبيبات الرملية بشكل عام، ويعتبر التصنيف الذي وضعه (J.A. Udden, 1914) وعدله (C.K. Wentworth, 1922) من أكثرها شيوعاً وانتشاراً، وهو التقسيم الذي أصبح معروفاً باسم مقياس Udden-Wentworth. حيث قسما أحجام الحبيبات الرملية ووضعا المسميات الحجمية لها مثل (رمل خشن جداً، رمل خشن، رمل متوسط، رمل ناعم ...إلخ) ووضعت الفئات الحجمية لأحجام الحبيبات الفاصلة بين كل مسمى بوحدات مترية (مم). إلا أنه في عام 1934 أقترح Krumbein أن حجم الحبيبة الرملية يفضل التعبير عنه بوحدة الفاي (ø) Phi والتي تمثل اللوغاريتم السالب للأساس 2 لقطر الحبيبة بالملليمترات (حسن، 2002، ص 230).

وتعد الدراسات التي قام بها (Folk & Ward, 1957) باستخدام الحجوم الممثلة للنسب (ø50، ø25، ø16، ø5، ø95، ø84، ø75) في تعيين معاملات الحجوم Grain Size Parameters وهي الحجم المتوسط، والتصنيف (الفرز)، والالتواء، والتفلطح، معتمدة على قراءة النسب السابقة من المنحنى التراكمي.

1- مشكلة الدراسة:

تنبع مشكلة الدراسة من أهمية دراسة الخصائص الحجمية لرواسب التموجات الرملية في حوض وادي تلال، وما يطرأ عليها من تغيرات ترتبط بعوامل حددتها الظروف البيئية للحوض، ومنها ديناميكية حركة الرياح، والظروف المناخية الجافة ومورفولوجية السطح الذي تواضعت عليه تلك الرواسب، وعمليات التعرية السائدة وما تقوم به من إعادة توزيع هذه الرواسب وتغير أحجامها تبعاً لنوع العامل والعملية اللتان أثرتا في هذه الرواسب. وبالتالي يمكن صياغة مشكلة الدراسة وفق التساؤلات الآتية.

- ما الفئة الحجمية المنوالية السائدة في رواسب التموجات الرملية في منطقة الدراسة؟

- كيف تتوزع الحُبيبات الرملية حجمياً على أوجه التموج الرملي؟
- هل هناك تباين مكاني لأحجام رواسب التموجات الرملية في منطقة الدراسة؟
- هل يمكن تحديد العامل والعملية اللتان أثرتا على أحجام رواسب التموجات الرملية في حوض وادي تلال؟

2- الفرضيات:

بناءً على تساؤلات الدراسة يمكن صياغة الفرضيات على النحو التالي:

- تُشكِل فئة الرمال المتوسطة والناعمة النسبة الأكبر من أحجام الحبيبات الرملية في منطقة الدراسة.
- تتركز الحبيبات الخشنة في قمة التموج الرملي، في حين تستقر الحبيبات الناعمة في قاع التموج.
- تتباين أحجام حُبيبات الرواسب الرملية مكانياً في منطقة الدراسة.
- بناءً على الحجم السائد لحبيبات الرواسب الرملية؛ يمكن تحديد العامل والعملية التي نقلت ورسبت هذه الحُبيبات، هوائية كانت أو مائية.

3- أهمية الدراسة:

تُعد الدراسة الحالية بمثابة خطوةً في توفير إطار مرجعي في دراسة الخصائص الطبيعية للرواسب الرملية بمناطق أخرى من ليبيا. إذ يُلاحظ افتقار الدراسات الجيومورفولوجية المحلية إلى هذا الإطار، ما يعكس حاجة مُلحة لدي الباحثين إليه، كما أنها تُحدد العلاقة بين الخصائص الطبيعية للرواسب الرملية، وظروف البيئة الجافة وشبه الجافه التي تشكلت فيها.

ولعل ما يؤكد أهمية الدراسة الحالية أنه لا توجد دراسة محلية –في حدود علم الباحث – تناولت موضوع التحليل الميكانيكي لرواسب التموجات الرملية، أو غيرها من أشكال التكوينات الرملية الأخرى بمنطقة الدراسة، مما يُتيح الفرصة أمام الباحثين لتطوير دراسات مشابهة لهذه الدراسة في مناطق جُغرافية أخرى، ومن ثم سدّ الفجوة في الدراسات التي أغفلت موضوع التحليل الميكانيكي لرواسب الأشكال الرملية بشكل عام، والتموجات الرملية بشكل خاص. كما أن حُبيبات الرواسب الرملية تعتبر سجلاً جيومورفولوجياً يتم من خلاله وضع تصور للتطور الجيومورفولوجي للتكوينات الرملية، ويبين العلاقة بين هذه التكوينات والرواسب التي شكلتها.

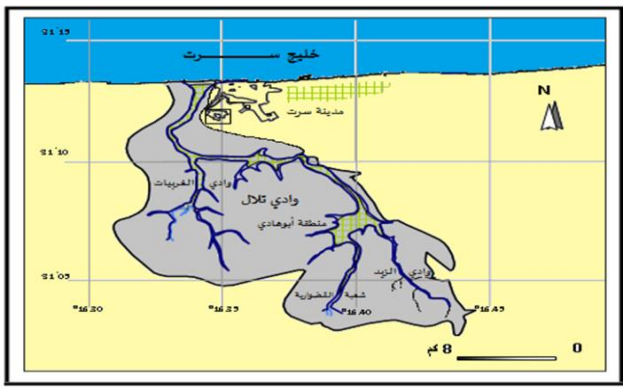
4- أهداف الدراسة: تسعى الدراسة إلى تحقيق الأهداف الآتية:

- دراسة أحجام رمال رواسب التموجات الرملية في بيئات الترسيب الدقيقة عن طريق التحليل الميكانيكي.
- تحليل التباين المكاني لأحجام رمال رواسب التموجات الرملية في حوض وادي تلال.
- تحديد نوع العامل والعملية الجيومورفولوجية التي كانت سائدة، وأثرها في نقل وترسيب حُبيبات الرواسب الرملية.
- التعرف على العمليات التي تعرضت لها حُبيبات الرواسب الرملية أثناء ترسيبها، وأثرت على أحجامها.

5- موقع منطقة الدراسة:

يقع الحوض الأدنى لوادي تلال وسط الشمال الليبي على ساحل خليج سرت، ويمتد فلكياً بين خطي طول (16.28.10°-16.45.13°) شرقاً)، ودائرتي عرض (31.00.00°-31.12.37°) شمالاً)، حيث ينحدر الوادي من مجموعة الهضاب الواقعة جنوب وجنوب غرب مدينة سرت، ويمتد في البداية متخذاً اتجاهاً عاماً من الجنوب الشرقي إلى الشمال الغربي في جزئه الجنوبي حتى دائرة عرض 31.10° شمالاً تقريباً، حيث يلتقي به رافده وادي الغربيات، ثم يكونان مجرى واحد يسمى في هذا الجزء "وادي القنطري"، يتخذ اتجاه عام جنوبي شمالي، ليصب في مجموعة المنخفضات المحصورة بين الكثبان الرملية الساحلية التي تسد منطقة المصب وتحول دون وصوله إلى البحر في منطقة الزعفران إلى الغرب قليلا من مدينة سرت، وتقدر مساحته الحوضية بنحو 101.5 كم^2، في حين يصل طوله إلى حوالي 38.9 كم، خريطة رقم (1).

خريطة (1) الموقع الجغرافي لحوض وادي تلال.



المصدر: (السبيعي والمبروك، 2018، ص 233)

1- منهجية الدراسة:

لتحقيق أهداف البحث أتّبع الباحث في دراسته للخصائص الحجمية لرواسب التموجات الرملية في منطقة الدراسة عدة مناهج أهمها: **المنهج الموضوعي** الذي استخدمه الباحث في اختيار موضوع الدراسة وتحديده، **والمنهج الكمي** الذي تم الاعتماد عليه في التحليل الرقمي للظاهرة للوصول إلى نتائج أكثر دقة. كما تم اتباع **الأسلوب الإحصائي** في معالجة البيانات التي تم الحصول عليها من التحليل الميكانيكي لرواسب التموجات الرملية، باستخدام بعض البرامج الإحصائية مثل برنامج **SPSS وExcel** واستخراج علاقات الارتباط، والتوزيعات التكرارية، وتحويلها إلى رسوم وأشكال بيانية توضح الظاهرة موضوع الدراسة. كما تم استخدام برنامج Fraction v.3 في معالجة أحجام الحُبيبات الرملية الناتجة عن التحليل الميكانيكي بعد تحويلها إلى وحدات (فاي Ø) وتقدير معاملات الحجوم Grain Size Parameters وفئات ومسميات المعاملات الكمية لأحجام الرواسب الرملية وهي الحجم المتوسط، ومُعامل التصنيف (الفرز)، والالتواء، والتفلطح جدول (1) وفق المعادلات الآتية (Folk & Word, 1957, pp. 12-14):

$$M_Z = \frac{\emptyset_{16} + \emptyset_{50} + \emptyset_{84}}{3} \quad \ldots\ldots(1)$$

$$\sigma_1 = \frac{\emptyset_{84} - \emptyset_{16}}{4} + \frac{\emptyset_{95} - \emptyset_5}{6.6} \quad \ldots\ldots(2)$$

$$S_{K1} = \frac{\emptyset_{16} + \emptyset_{84} - 2(\emptyset_{50})}{2(\emptyset_{84} - \emptyset_{16})} + \frac{\emptyset_5 + \emptyset_{95} - 2(\emptyset_{50})}{2(\emptyset_{95} - \emptyset_5)} \quad \ldots\ldots(3)$$

$$K_G = \frac{\emptyset_{95} - \emptyset_5}{2.44(\emptyset_{75} - \emptyset_{25})} \quad \ldots\ldots(4)$$

حيث:

M_Z: المتوسط Mean.

σ_1 : مُعامل التصنيف "الفرز" Sorting or Standard Coefficient

S_{K1} : مُعامل الالتواء Skewness Coefficient

K_G : مُعامل التفلطح Kurtosis Coefficient

جدول (1) فئات ومسميات المعاملات الكمية لأحجام الرواسب الرملية. (التصنيف "الفرز"، الألتواء، التفلطح)

قيمة معامل الفرز "التصنيف" Ø	الوصف	قيمة معامل التفلطح Ø	الوصف	قيمة معامل الالتواء Ø	الوصف
أقل من 0.35	تصنيف جيد جداً	أقل من 0.67	تفلطح شديد	+1.0 : +0.30	التواء موجب جداً "ناعم جداً"
0.50 – 0.35	تصنيف جيد	0.90 – 0.67	مفلطح	+0.30 : 0.10	التواء موجب "ناعم"
0.71 – 0.50	تصنيف متوسط جداً	1.11 – 0.90	تفلطح متوسط	0.10 : -0.10	التواء متماثل
1.0 – 0.71	تصنيف متوسط	1.5 – 1.11	تفلطح مدبب	-0.10 : -0.30	التواء سالب "خشن"
2 - 1	تصنيف رديء	3.0 – 1.5	تفلطح شديد التدبب	-0.30 : -1.0	التواء سالب جداً "خشن جداً"
4 - 2	تصنيف رديء جداً	أكثر من 3.0	تفلطح حاد		
أكثر من 4	تصنيف سيء				

المصدر: (Pye, K. & Tsoar, H. 1990. P.58).

6- مصادر البيانات: اعتمد الباحث في دراسته على نوعين من المصادر هما:

1- **المصادر التاريخية:** وذلك بالاطلاع على ما توفر لدى الباحث من دراسات سابقة عن الظاهرة موضوع البحث، سواء كانت كتب أو بحوث علمية عربية –وإن كانت قليلة–أو أجنبية، بحيث وفرت إطاراً مرجعياً يمكن الاعتماد عليه في دراسة الخصائص الطبيعية لرواسب التموجات الرملية في منطقة الدراسة.

2- **الدراسة الميدانية:** وتعتبر الوسيلة الأبرز التي يستخدمها الباحث الجغرافي في الحصول على البيانات، وذلك من خلال التعرف على أنماط التموجات السائدة في منطقة الدراسة، ومن ثم جمع عدد 20 عينة من رواسب التموجات الرملية بمنطقة الدراسة، مع مراعاة أن تكون هذه العينات موزعة توزيعاً جغرافياً عادلاً على أجزاء منطقة الدراسة، وعلى أنواع الكثبان الرملية بالمنطقة. وكذلك على أوجه التموجات الرملية، بحيث تم جمع 2 عينات من كل تموج رملي؛ واحدة من قمة التموج (الكساح) والأخرى من قاع التموج (الحوض)، وقد تم استخدام جهاز GPS في تحديد مواقع العينات

بدقة. ونظراً لصغر مُسطح أوجه التموجات الرملية وصعوبة أخذ العينات منها، فإن جمع العينات يتطلب شيئاً من الحذر والدقة؛ لأنه إذا تعرض السرير الرملي المرسب طبيعياً للبعثرة بأي طريقة؛ فسيحدث تغييراً في توزيع الحُبيبات، فالمواد الناعمة تتسرب إلى الأسفل عبر جسم الرمل، أما الحُبيبات الأكبر فتتدحرج على جوانب المنحدرات الشديدة المتكونة بفعل البعثرة. ولذلك فقد استخدم الباحث أنبوب معدني مُجوف يتم دفعه بشكل أفقي في جسم التموج الرملي (القمة أو القاع)، إلى أن يمتلئ بالرواسب ويتم تفريغه في كيس العينة الذي يتم عليه تدوين بعض الملاحظات المهمة مثل (رقم العينة، الإحداثيات، موقع العينة، موضع العينة، نوع الكثيب الرملي الذي أخذت منه العينة، نمط التموج الرملي). وقد تم جمع العينات خلال يومي 15-17 أغسطس 2020.

7- طريقة الدراسة:

تم إجراء التحليل الحجمي (الميكانيكي) لعينات رواسب التموجات الرملية في معمل قسم الجغرافيا بكلية الآداب جامعة بنهاية شهر نوفمبر 2020، وتم التحليل بطريقة النخل الجاف Dry Sieving لعدد 20 عينة من رواسب التموجات الرملية بمنطقة الدراسة، مع مراعاة أن تكون هذه العينات موزعة توزيعاً جغرافياً عادلاً على أجزاء منطقة الدراسة، وعلى أنواع الكثبان الرملية بالمنطقة. وتمت عملية تجهيز العينات وتحليلها على النحو الآتي:

- وزن كمية 150 جرام من الرمال لكل عينة.
- غسل العينات بحمض الهيدروكلوريك المُخفف؛ للتخلص من الكربونات الموجودة بها، ومن ثم غُسِلت بالماء المقطر للتخلص من الأحماض والشوائب، وجُفِفت في الفرن الكهربائي على درجة حرارة 110° مئوية.
- اختيار مجموعة فتحات المناخل بسعة (2 مم، 1 مم، 0.5 مم، 0.25 مم، 0.125 مم، 0.063 مم، 0.032 مم) ووِضعت 100 جرام من كل عينة في الهزاز الكهربائي، وتم التحليل بطريقة النخل الجاف لمدة 15 دقيقة للعينة، ومن ثم وزن الأحجام المختلفة المستقرة بكل منخل من المناخل السابقة بواسطة ميزان رقمي يقيس لأجزاء من الجرامات. وتم حساب النسبة المئوية لكل فئة من إجمالي وزن العينة الواحدة.
- تم استخدام برنامج Fraction V.3 المصمم على المعادلات الإحصائية التي قدمها (Folk & Ward, 1957) والفئات الحجمية التي قدمها كل من (Wentworth, 1922) و (Krumbein, 1934).
- تمثيل بيانات كل عينة على هيئة هستوجرام لدراسة التويع التكراري لأوزان أحجام الرواسب المختلفة بالفاي Ø ثم تصنيفها إلى مجموعات. والتي تعتبر من أكثر الأساليب انتشاراً لتمثيل بيانات أحجام الحُبيبات.
- تم التحليل تبعاً لطريقة Folk & Ward, 1957 والتي تتلخص في حساب المتوسط والانحراف المعياري (معامل الفرز)، لقياس مدى تصنيف العينة، والالتواء Skewness لقياس مدى تماثل منحنى توزيع الأحجام، والتفلطح Kurtosis لقياس شكل المنحنى.

8- الدراسات السابقة:

من النادر أن نجد دراسة علمية تناولت موضوع الكثبان الرملية في أي منطقة من العالم؛ ولم تتناول التحليل الميكانيكي للرواسب الرملية المشّكِلة لهذه الكثبان، غير أن الدراسات التي تناولت موضوع التحليل الميكانيكي لرواسب التموجات الرملية كظاهرة مستقلة سواءً في منطقة الدراسة، أو غيرها من المناطق على المستوى المحلي والإقليمي تعتبر محدودة للغاية، وغالباً ما يتم دراسة التحليل الميكانيكي لرواسب التموجات الرملية كظاهرة مرتبطة بالأشكال الرملية الأخرى، ومن هذه الدراسات:

- دراسة (Bagnold, 1941) عن The Physics of Blown Sand and Desert Dunes، حيث أهتمت هذه الدراسة بفيزياء الرمال المذْرُوة والكثبان الصحراوية، وهذه الدراسة تُمثِل الإطار المرجعي لكل دارسي أشكال الكثبان الرملية، وديناميكية حركة الرواسب المشّكِلة لها. وقد صاغ Bagnold الكثير من القوانين الرياضية التي تحسب كمية واتجاه حركة الرواسب الرملية، وربطها بالسرعات الرياحية التي يبدأ عندها تحرك هذه الرواسب، بل وضبط الظروف الطبيعية التي تؤثر في هذه الحركة من خلال أنظمة المحاكاة في أنفاق الرياح. وقد اشتملت هذه الدراسة على مجموعة من المقالات العلمية والدراسات الحقلية التي أجراها الباحث في الصحاري العربية، وتحديداً في الصحراء الليبية المعروفة ببحر الرمال العظيم، ومن أهم هذه المقالات "The Size-grading of sand by wind"، حيث تناول في هذه المقالة التغيرات التي تحدث في الترتيب الحجمي

للحُبيبات عندما يتعرض الرمل للانتشـــال ثم النقل، ثم إعادة الإرسـاب بواسـطة الرياح مسـتخدماً المقياس اللوغارثمي في رسـم نتائج تجاربه عن هذه العمليات، ورســم وتحليل الترتيب الحجمي للحُبيبات الرملية.

- دراسة (Folk, R. L. & Ward, W. C. 1957)، بعنوان Barzos River Bar: A study in The Significance of Grain Size Parameters، وتعتبر من أهم الدراسـات التي وضـعت العديد من التصـنيفات لأحجام الحبيبات الرملية بشـكل عام، وأكثرها شـيوعاً وانتشـاراً، حيث قسمت أحجام الحبيبات الرملية، ووضعت المسميات الحجمية لها مثل (رمل خشـن جداً، رمل خشـن، رمل متوسـط، رمل ناعم ...إلخ) ووضعت الفئات الحجمية لأحجام الحبيبات الفاصلة بين كل مسـمى بوحدة الفاي (ø) Phi). وتعيين الحجوم الممثلة للنسـب (5ø، 16ø، 25ø، 50ø، 75ø، 84ø، 95ø) في تقدير معاملات الحجوم Grain Size Parameters وهي الحجم المتوسط، والانحراف المعياري البياني الشامل، والالتواء البياني الشـامل، والتفلطح البياني الشـامل. وأوضـح الباحثان أن الخصـائص التركيبية للرواسـب هي التي تحدد حجم الحبيبات المتوسـط، ويمكن تمييز الرواسـب الناتجة عن الإرسـاب الهوائي من خلال التفلطح الموجب، والفرز الجيد للحبيبيات الرملية.
- دراسة (Sharp, R. P, 1963) عن Wind ripples، حيث قَسّـمَ التموجات الرملية إلى نوعين هما: التموجات الناعمة، والتموجات الخشـنة. ويرى Sharp بأن تكوين التموجات الرملية الخشـنة يرتبط بعملية التذرية والاكتسـاح Defilation حيث تقوم الرياح بإزالـة المواد النـاعمـة أولاً، في حين تبقى الحبيبـات الخشـــنة على الســـطح لعدم قدرة الرياح على تذريتها، وهذه التموجات تبدو أكثر انتظاماً وتناسـقاً في موجاتها من التموجات الرملية الناعمة، خاصة مع التدفق المنتظم للرياح.
- دراســة (Pye, K. & Tsoar, H. 1990)، بعنوان Aeolian Sand and Sand Dunes، وهو من أهم الأُطر العلمية التي تقود دراسات الرواسب الهوائية والكثبان الرملية، وقد أفردت هذه الدراســة فصــلاً كاملاً لتأطير طرق دراســة خصائص الرواسب الريحية، والمقاييس المستخدمة في تصنيف هذه الرواســب، وطرق تعيين معـاملات الحجوم Grain Size Parameters، والرسوم البيانية المناسبة لتمثيل بيانات أحجام الحُبيبات الرملية.
- دراســة (Tsoar, H. 1990)بعنوان Grain-size characteristics of wind ripples on a desert seif dune، حيث درس خصــائص أحجام الحُبيبات الرملية المكونة للتموجات الرملية، من خلال تحليل 90 عينة من رواسب التموجات الرملية في صــحراء النقب، واســتنتجت الدراســة أن الحبيبات الرملية الخشـنة تميل للاسـتقرار في قمة التموجات الرملية بسـبب عملية الزحف واكتسـاح الرياح للحبيبات الرملية الناعمة والدقيقة. بينما تكون رواسـب قيعان التموجات الرملية مكونة من الحبيبات الناعمة التي تبقى في مكانها بســبب وقوعها في منطقة الظل بالنسبة لقمة التموجات الرملية، ومحمية من تدفق تيار الهواء.
- دراســـــة (Lancaster. 1995) عـــن Geomorphology of Desert Dunes، حيـث درسـت التموجات الرملية كأحد الأشـكال الرملية الدقيقة المرتبطة بالكثبان الرملية، وأوضـحت بأن رواسـب التموجات الرملية تتسـم بالخشـــونة وانخفاض جودتها مقارنة برواســـب التكوينات الرملية الأخرى؛ لأنها تحتوي على حُبيبات رملية نُقِلت بواســطة عمليتي زحف التربة وعملية القفز.
- دراسـة بغدادي (2005) بعنوان الأشـكال الأرضـية الناتجة عن فعل الرياح في منخفض الواحات البحرية، حيث قام الباحث بعمل تحليل ميكانيكي لعينات من رواســب التموجات الرملية، وتوصل إلى ارتفاع نسبة الحبيبات الرملية الخشنة والخشـنة جداً في عينات قمم التموجات الرملية، حيث بلغت حوالي 57.7 % من وزن العينات، في حين وصــلت نســبة الرمال الناعمة في قيعان التموجات إلى حوالي 48.6 % من وزن العينات.
- دراســة الجيلاني (2016) بعنوان التحليل الحجمي (الميكانيكي) للرواســب الفيضــية في بعض أودية الجبل الأخضــر، وذلك من خلال تحليل 42 عينة من الرواسب الناعمة للمصاطب الرسوبية والسـهول الفيضية ومصبات الأودية الرئيسية بالمنطقة، وتوصلت الدراسة إلى سيادة نسبة الرمال المتوسطة الحجم بنسبة 45.23% إجمالي حجم العينات، تليها الرمال الخشنة بنسبة 28.57% من إجمالي حجم العينات.

- دراسة منصور (2022) بعنوان جيومورفولوجية الأشكال الرملية في المنطقة الممتدة بين ميناء الزويتينة شمالاً والبريقة الجديدة جنوباً. ومن خلال عمل تحليل ميكانيكي لرواسب التموجات الرملية، استنتجت الدراسة أن قمم التموجات الرملية تتشكل في معظمها من الرمال الخشنة والمتوسطة، حيث بلغت نسبتها حوالي 83.4% من إجمالي وزن عينات قمم التموجات الرملية، في حين تشكل الرمال الناعمة والناعمة جداً حوالي 80.9% من إجمالي وزن عينات قيعان التموجات الرملية.
- دراسة الضراط (2022) بعنوان الكثبان الرملية في منطقة المرصص شمال شرق ليبيا، ومن خلال التحليل الميكانيكي لعينات من رواسب الكثبان الرملية – من بينها التموجات الرملية – خلُصت الدراسة إلى سيادة فئة الرمال الناعمة والمتوسطة في معظم عينات الرواسب، حيث بلغت حوالي 84.58% من إجمالي العينات، وأن حوالي 73.4% من العينات تقع في فئة الالتواء السالب والسالب جداً، وتركز أغلب حُبيبات الرمال في حجم واحد تقريباً.

9-جيولوجية منطقة الدراسة:

تمثل التكوينات الجيولوجية مادة أصل الرواسب الرملية في منطقة حوض وادي تلال، وبالتالي فإن دراسة التكوينات الجيولوجية تمثل جانب مهم في فهم الخصائص الطبيعية لهذه الرواسب، ويظهر من خلال الخريطة الجيولوجية لمنطقة الدراسة (الشكل رقم 2)، أنها تتميز ببساطة تركيبها الجيولوجي، حيث لا يظهر على سطحها سوى تكوين الخمس الذي ينتمي إلى صخور الحقب الثالث (الميوسين الأوسط)، بالإضافة إلى تكوين قرقارش البحري الذي ينتمي إلى صخور الحقب الرابع (البليستوسين)، بالإضافة إلى رواسب الهولوسين المختلطة. وتتمثل أهم التكوينات الجيولوجية في الحوض الأدنى لوادي تلال فيما يلي:

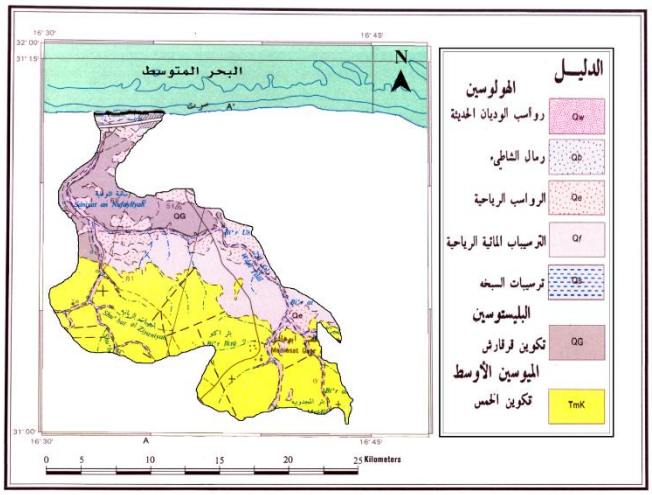
عصر الميوسين: (تكوين الخمس):

يغطي تكوين الخمس Al Khums Formation الأجزاء الجنوبية والجنوبية الغربية من منطقة الدراسة، ويعد من أكثر التكوينات الجيولوجية انتشاراً في المنطقة، حيث يغطي مساحة 36.2 كم^2 أي ما نسبته 35.8% من مساحة الحوض، ومن حيث التركيب الجيولوجي فهو يتألف ليثولوجياً من حجر جيري، وحجر جيري رملي مختلط بالمارل في جزئه الأدنى، بينما يختلط الحجر الجيري في هذا التكوين بالطفْل في جزئه الأعلى (مركز البحوث الصناعية، 1977، ص 6). ليعكس بذلك اختلافا في بيئة الترسيب من بيئة بحرية ضحلة إلى بيئة شاطئية. ومن الوجهة الاستراتيجرافية يتبع التكوين مجموعة صخور مرادة، والتي تتسم بأوضاع طباقية تكاد تكون أفقية مع ميول هينة طفيفة صوب شمال الشمال الشرقي (جودة، 1985، ص 253).

عصر البليوستوسين: (تكوين قرقارش):

يغطي تكوين قرقارش Gargaresh Formation مساحة 10.6 كم^2 أي ما نسبته 10.4% من مساحة منطقة الدراسة (قياسات الباحث، 2023)، ويُظهِر التوزيع الجغرافي لتكوين قرقارش انتشاره حول المجرى الرئيس من جهتي الشرق والغرب، ويلي تكوين الخمس بالاتجاه شمالا وحتى الحدود الجنوبية للطريق الساحلي الذي يخترق مدينة سرت، ويمتد على نطاق أوسع بالاتجاه جنوباً شرقي الوادي، ويرجع عدم ظهوره بامتداده الأوسع في هذا الاتجاه؛ لاختفائه تحت التكوينات الهولوسينية الأحدث. ويتألف تكوين قرقارش من التكوينات الكلسية، المعروفة بالكالكارينيت Calcareniteالمحتوي على الرخويات البحرية، وتداخلات من الرمال الرياحية أو الغرين الجيري، ويتراوح سمكه في الغالب بين 10-20سم (السبيعي، 2016، ص 31).

خريطة (1) جيولوجية منطقة الدراسة



المصدر: إعداد الباحث اعتماداً على: مركز البحوث الصناعية، خريطة ليبيا الجيولوجية، قصر سرت، لوحة ش د 33-4، طرابلس، 1977.

عصر الهولوسين:

وتتمثل تكوينات هذا العصر في رواسب السبخات المتناثرة على شكل بؤر محدودة المساحة على طول الشاطئ الخلفي لمنطقة المصب وتشغل مساحة 5.7 كم^2 أي ما نسبته 5.6% من مساحة حوض الوادي. وتتمثل أيضا في الرواسب المائية الرياحية Fluvioeolian

deposits التي تتكون من الغرين والرمال الناعمة، وتنتشر في الأماكن المسطحة أو المنخفضات أو تملأ بطون الأودية كوادي الغربيات والغازي وشعبة القضوارية وغيرهما (Industrial Research Centre, 1977, P 39)، وتشغل مساحة 17.3 كم^2 أي ما نسبته 17% من مساحة حوض الوادي. ورواسب الأودية الحديثة من حصى ورمال ناعمة وغرين، والتي تنتشر بقيعان مجاري الأودية، وتشغل مساحة 3.2 كم^2 أي ما نسبته 3.1% من مساحة حوض الوادي، وتختلط عند مخرج الوادي بالرواسب البحرية (رمال الشاطئ)، وتمتد الأخيرة على هيئة حزام ضيق على الشاطئ، وتشغل مساحة 4.6 كم^2 أي ما نسبته 4.5% من مساحة حوض الوادي. وأخيرا تنتشر الرواسب الرياحية Aeolian deposits التي أرسبتها الرياح في بعض البقاع الحوضية الجنوبية بالقرب من منطقة أبوهادي، وتشغل مساحة 23.9 كم^2 أي ما نسبته 23.6% من مساحة منطقة الدراسة، ويأتي هذا التكوين في المرتبة الثانية من حيث المساحة بعد تكوين الخمس، وتتكون الرواسب الرياحية من الكثبان والغطاءات الرملية التي تأخذ في الغالب اتجاه شمال شرق – جنوب غرب أو في اتجاه شرق – غرب.

10-المناقشة والنتائج:

أولاً: أحجام الرمال المُشكّلة لرواسب التموجات الرملية في الحوض الأدنى لوادي تلال:

من خلال بيانات جدول (2) الذي يوضح النسب المئوية لأوزان حجم حُبيبات رواسب التموجات الرملية في الحوض الأدنى لوادي تلال والأشكال (1-5) يتضح ما يلي:

- تقع رمال منطقة الدراسة في الفئة متوسطة الحجم (1-2 ø) والتي تشكل ما نسبته 44.75% من إجمالي وزن العينات، حيث تراوحت نسبة هذه الفئة في عينات منطقة الدراسة بين 25.2-63.8% من إجمالي وزن العينات. شكل (1).
- تأتي فئة الرمل الخشن (صفر-1 ø) في المرتبة الثانية، حيث بلغت نسبتها 23.9% من إجمالي وزن العينات، وتتركز هذه الفئة في عينات قمم التموجات الرملية. ثم تأتي فئة الرمل الناعم (2-3 ø) في المرتبة الثالثة، حيث تشكل هذه الفئة ما نسبته 21% من إجمالي وزن العينات.
- تشكل فئة الحصى الناعم (-2:-1 ø) أقل نسبة من وزن عينات رواسب التموجات الرملية بمنطقة الدراسة، حيث لم تتجاوز 0.37% من إجمالي وزن العينات. وتليها فئة الطين والصلصال (4-5 ø) التي لم تتجاوز نسبتها 1.14% من إجمالي وزن عينات رواسب التموجات الرملية في منطقة الدراسة.
- ترتفع نسبة الرمال الخشنة (صفر-1 ø) في عينات قمم التموجات الرملية لتصل إلى حوالي 38.18% من إجمالي وزن عينات قمم التموجات الرملية. على الرغم من سيادة الرمال متوسطة الحجم في هذه العينات والتي بلغت نسبتها حوالي 41.32% من إجمالي وزن عينات القمم. في حين تقل نسبة الرمال الخشنة في عينات قاع التموجات الرملية، حيث لم تتجاوز نسبتها 9.62% من إجمالي وزن عينات قيعان التموجات الرملية. شكل (2).
- ترتفع نسبة الرمال الناعمة (2-3 ø) في عينات قيعان التموجات الرملية لتصل إلى حوالي 29.17% من إجمالي وزن عينات قيعان التموجات الرملية، على الرغم من سيادة الرمال متوسطة الحجم في هذه العينات، والتي بلغت نسبتها حوالي 48.21% من إجمالي وزن عينات القاع. شكل (3)
- ترتفع نسبة الرمال الخشنة في عينات قمم التموجات الرملية المتوازية عنها في قمم التموجات الرملية المظفرة، حيث تتراوح في الأولى بين 43.3-52.1% من إجمالي وزن عينات قمم التموجات الرملية المتوازية، وفي الثانية تتراوح بين 18.7-31.4% من إجمالي وزن عينات قمم التموجات الرملية المظفرة. شكل (4)، شكل (5).
- ترتفع نسبة الرمال المتوسطة الحجم (1-2 ø) في عينات رمال التموجات المظفرة المأخوذة من كساح الكثبان الهلالية بمنطقة الدراسة، فتبلغ حوالي 50.11% من إجمالي وزن هذا النمط من التموجات، في حين تنخفض نسبة هذه الفئة الحجمية إلى 39.42% في عينات رمال التموجات المتوازية المأخوذة من سطح الفرشات الرملية بمنطقة الدراسة.
- تتوزع أحجام رمال رواسب التموجات الرملية في حوض وادي تلال بيانياً توزيعاً أُحادياً ضيقاً، ما يعني سيادة أحجام معينة وهي الرمال المتوسطة والخشنة والناعمة، في حين تكاد تختفي بقية الأحجام الأخرى من عينات الرمال.

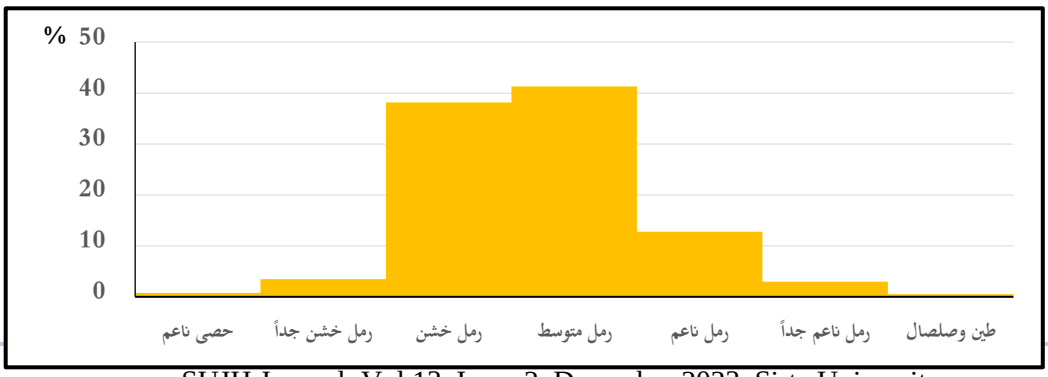
Sirte University Journal of Humanities **(SUJH)** مجلة جامعة سرت للعلوم الإنسانية
Source Homepage: http://journal.su.edu.ly/index.php/Humanities/index
https://doi.org/10.37375/sujh.v13i2.2418

جدول (2) النسب المئوية لأوزان حجم حُبيبات رواسب التموجات الرملية بالحوض الأدنى لوادي تلال

المنطقة	رقم العينة	الموضع من التموج	وصف وأحجام الحبيبات بالفاي (ø)							الجملة %
			حصى ناعم -1:-2	رمل خشن جداً -1:صفر	رمل خشن صفر:1	رمل متوسط 2:1	رمل ناعم 3:2	رمل ناعم جداً 4:3	طين وصلصال 5:4	
وادي الغازي	1	قمة	0.0	1.2	30.7	53.4	12.7	2.00	0.0	%100
	2	قاع	0.0	0.6	3.3	46.0	39.3	10.1	0.7	%100
	3	قمة	1.2	5.4	43.3	34.3	11.6	3.6	0.6	%100
	4	قاع	0.0	0.8	0.9	54.8	34.5	7.9	1.1	%100
وادي الغويزي	5	قمة	0.0	0.8	30.4	51.6	15.1	2.1	0.0	%100
	6	قاع	0.0	2.8	3.4	57.6	21.2	13.9	1.1	%100
	7	قمة	0.8	3.1	51.3	26.2	15.4	2.4	0.8	%100
	8	قاع	0.0	0.8	10.2	49.1	29.6	8.5	1.8	%100
وادي الزيد	9	قمة	0.5	2.2	18.7	63.8	13.4	1.4	0.0	%100
	10	قاع	0.0	2.9	17.8	42.2	27.1	8.2	1.8	%100
	11	قمة	3.9	5.2	48.1	25.2	12.4	4.5	0.7	%100
	12	قاع	0.0	3.7	15.1	47.9	20.9	10.8	1.6	%100
وادي الغريبات	13	قمة	0.0	1.6	30.5	49.2	14.7	2.5	1.5	%100
	14	قاع	0.0	0.2	14.3	42.1	26.1	13.6	3.7	%100
	15	قمة	0.3	4.6	52.1	31.3	7.7	3.5	0.5	%100
	16	قاع	0.0	0.2	8.1	49.7	27.2	13.3	1.5	%100
شعبة القضوارية	17	قمة	0.0	0.9	31.4	49.9	12.9	4.2	0.7	%100
	18	قاع	0.0	0.2	10.2	45.3	38.4	3.7	2.2	%100
	19	قمة	0.7	9.7	45.3	28.3	12.1	3.2	0.7	%100
	20	قاع	0.0	2.3	12.9	47.4	27.4	8.2	1.8	%100
متوسط أحجام عينات القمة			0.74	3.47	38.18	41.32	12.8	2.94	0.55	%100
متوسط أحجام عينات القاع			0.0	1.45	9.62	48.21	29.17	9.82	1.73	%100
المتوسط العام			0.37	2.46	23.9	44.75	21.0	6.38	1.14	%100
دليل الألوان				ظهر فرشات رملية (تموجات متوازية)			كساح كثيب هلالي (تموجات مظفرة)			

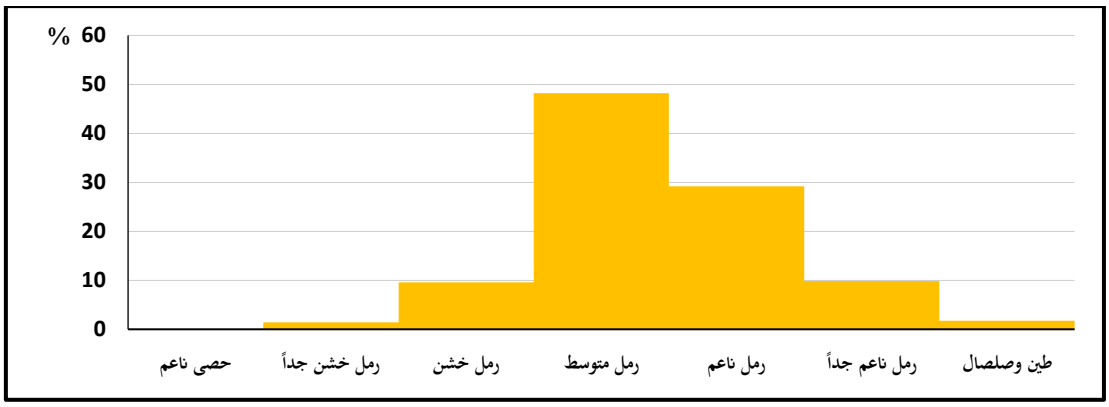
المصدر: إعداد الباحث إعتماداً على نتائج التحليل الميكانيكي لرواسب التموجات الرملية.

شكل (1) المتوسط العام لأحجام الرمال في رواسب التموجات الرملية بالحوض الأدنى لوادي تلال.



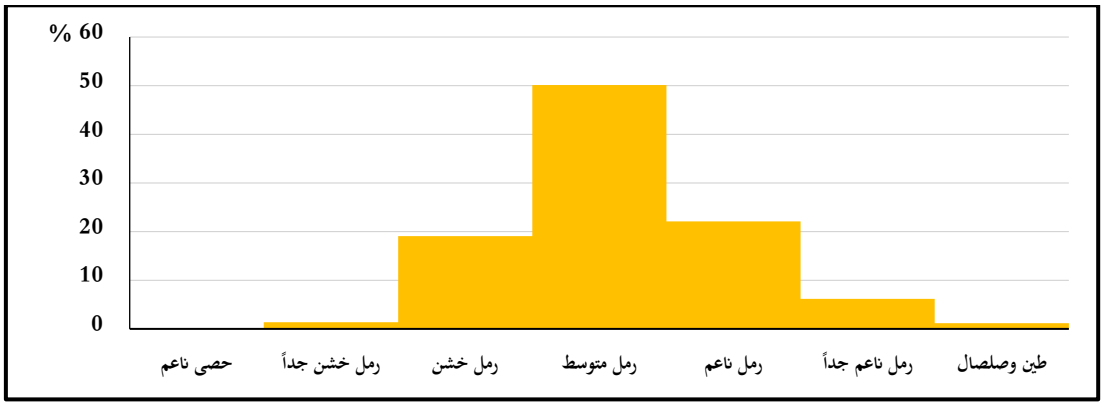
المصدر: إعداد الباحث إعتماداً على بيانات الجدول رقم (2).

شكل (3) متوسط أحجام رواسب قيعان التموجات الرملية في الحوض الأدنى لوادي تلال



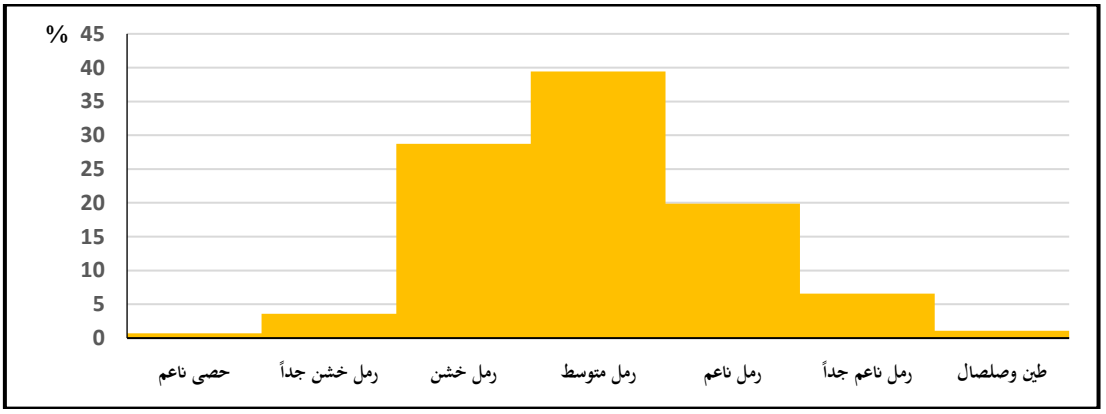
المصدر: إعداد الباحث إعتماداً على بيانات الجدول رقم (2).

شكل (4) متوسط أحجام رواسب التموجات الرملية المُظفرة في الحوض الأدنى لوادي تلال.



المصدر: إعداد الباحث إعتماداً على بيانات الجدول رقم (2).

شكل (5) متوسط أحجام رواسب التموجات الرملية المتوازية في الحوض الأدنى لوادي تلال.



المصدر: إعداد الباحث إعتماداً على بيانات الجدول رقم (2).

ثانياً: المعاملات الإحصائية لأحجام حُبيبات رواسب التموجات الرملية:

1- المتوسط Mean: وهو يمثل القيمة التي تتركز حولها أغلب القيم الحجمية الأخرى، ويعتبر من الأساليب المهمة لإبراز التوزيع الحجمي لعينات الرواسب الرملية، ويتم من خلاله التعرف على النمط الحجمي السائد في العينات المختلفة، ويُحسب باستخدام المعادلة (1). ومن خلال بيانات الجدول (3) يتضح أن المتوسط العام لحجم حُبيبات رواسب التموجات الرملية في منطقة الحوض الأدنى لوادي تلال يبلغ حوالي 1.698 ø، أي أن رمال منطقة الدراسة تقع في الفئة متوسطة الحجم، ويتراوح متوسط الحجم بين 0.67-2.49ø، أي يتراوح بين فئة الرمال الخشنة والناعمة. وتبلغ نسبة العينات ذات الحجم المتوسط حوالي 35% من إجمالي

عينات منطقة الدراسة، في حين تبلغ نسبة العينات ذات الحجم الناعم حوالي 40% من إجمالي عدد العينات، ونسبة العينات التي تقع في فئة الرمال الخشنة حوالي 25% من إجمالي عدد العينات.

2- مُعامل التصنيف "الفرز" Sorting or Standard Coefficient: يقيس هذا المعامل درجة تصنيف أو تجانس Uniforming أو عدم تجانس توزيع حجم الحُبيبات؛ لمعرفة اتجاه أحجام جميع الحُبيبات سواءً كانت العينة تتألف من حُبيبات ذات رُتبة حجمية واحدة، أي جيدة التصنيف أو الفرز، أم أنها تتألف من حُبيبات ذات أحجام مختلفة فتكون رديئة التصنيف، ففي التوزيع الطبيعي يقع 68 % من العينات داخل إنحراف معياري واحد (بالموجب أو بالسالب) حول المتوسط. ويُحسب باستخدام المعادلة (2): ومن خلال تطبيق المعادلة وبيانات جدول (3) يتضح أن قيم معامل التصنيف (الفرز) في منطقة الدراسة تتراوح بين 0.31-1.5ø بمتوسط عام حوالي 0.873ø، وهذا يعني أن عينات رمال منطقة الدراسة تقع في فئة التصنيف المتوسط، حيث بلغت نسبة العينات التي تقع ضمن هذه الفئة إلى حوالي 40% من إجمالي عدد عينات رمال التموجات الرملية، في حين تقع حوالي 35% من العينات في فئة التصنيف الجيد، و20% في فئة التصنيف الرديء، وحوالي 5% في فئة التصنيف الجيد جداً.

ويتضح مما سبق ضيق المدى الذي تنتشر فيه رمال التموجات الرملية في منطقة الدراسة، حيث تقع بين التصنيف المتوسط والجيد؛ وقد أرجع (Mason & Folk, 1958) ضيق المدى الذي تنتشر فيه الرمال إلى تقارب أحجام الرمال في المصدر الذي تُستمد منه هذه الرمال، في حين أرجع (إمبابي وعاشور، 1985) ذلك إلى أن العوامل المحلية لها القدرة على إيجاد نوع من التجانس الحجمي بين الحُبيبات. ويعتقد الباحث أن تصنيف رمال التموجات الرملية في منطقة الدراسة يرجع إلى تأثير الرياح وقدرتها على حمل مفتتات ذات أحجام معينة دون الأخرى أضافة إلى تأثير طبوغرافية السطح.

ويرى (Folk & Ward, 1957) أن الرواسب ذات التصنيف المتوسط ترجع إما إلى رواسب ذات أصل فيضي أو رواسب موضعية النشأة. أما الرواسب جيدة التصنيف فأنها ترجع أساساً إلى الأصل الهوائي.

وهذا يعني أن رمال رواسب التموجات الرملية في الحوض الأدنى لوادي تلال ذات أصول ترسيبية مختلفة، وتكون على الأرجح ذات أصل فيضي أو ريحي (هوائي).

3- مُعامل الالتواء Skewness Coefficient: يشير معامل الالتواء إلى الجانب الذي تشغله أغلبية حُبيبات العينة من حيث النعومة والخشونة، ويقيس هذا المعامل درجة عدم تماثل التوزيع لحُبيبات رواسب العينات، واتجاه تركز قيم أحجام الحُبيبات، فإذا كان منحنى الالتواء يميل نحو الجانب الأيمن، أي أن هناك فائضاً في الحُبيبات الناعمة؛ كان الالتواء موجباً وناعماً، وإذا كان منحنى الالتواء يميل نحو الجانب الأيسر، أي أن هناك فائضاً في الحُبيبات الخشنة؛ كان الالتواء سالباً وخشناً، أما إذا كان جانبي منحنى الالتواء متماثلين، ففي هذه الحالة يكون الالتواء مُتماثلاً. وكلما ابتعدت القيمة عن الصفر زادت درجة عدم تماثل التوزيع، ويتم حساب مُعامل الالتواء من المعادلة (3). ومن خلال تطبيق المعادلة، ونتائج الجدول (3) يتضح أن قيم معامل الالتواء في عينات منطقة الدراسة تراوحت بين (-0.35-0.95ø) أي بين الالتواء المتماثل والالتواء الموجب جداً (ناعم جداً) بمتوسط عام بلغ حوالي 0.336ø أي التواء موجب جداً (ناعم). حيث بلغت نسبة العينات التي تقع ضمن هذه الفئة حوالي 42% من إجمالي عدد عينات رمال التموجات الرملية، في حين تقع حوالي 35% من العينات في فئة الالتواء المتماثل، و 15% في فئة الالتواء السالب (الخشن)، وحوالي 8% في فئة الالتواء السالب جداً (خشن جداً). وبهذا فإن حُبيبات رواسب التموجات الرملية بمنطقة الدراسة تميل أغلبها إلى الالتواء الموجب أو المتماثل، حيث يشير الالتواء الموجب إلى قلة المواد الناعمة في الرواسب، أما الالتواء السالب فيدل على قلة المواد الخشنة (الجيلاني، 2017، ص 7).

وقد أشار (Ahlbrandt, 1979) إلى أن الالتواء السالب Negative Skewness يكون نادر الارتباط بالرمال الهوائية، ويؤكد (Pettijohn, 1949, p 24) أن الرمال سالبة الالتواء ترتبط بالرواسب النهرية، وبالتالي فهي غير جيدة التصنيف وتزيد بها نسبة الرمال الناعمة عن الرمال الخشنة جداً.

ويرى باجنولد (Bagnold, 1941) أن اتجاه منحنى حجم الحُبيبة الرملية نحو الالتواء السالب ينتج عن الرياح الدائمة، ما ينتج عنه سرعة تقدم السطح الزاحف من الكثيب نتيجة الخشونة.

وتعتبر قيم معامل الالتواء من أهم المؤشرات الإحصائية التي يمكن أن تُساعد في معرفة ظروف بيئة الترسيب فقد أوضح (Moson & Folk, 1958) أن أي اختلاف في قيم الالتواء يدل على وجود رواسب ذات أصول مختلفة، وعليه فإن سيادة قيم الالتواء المتماثل يشير إلى بيئة هوائية وساحلية، وفي حال سيادة قيم الالتواء السالبة والموجبة فإنها تدل على تداخل ظروف بيئية مختلفة في تكوين هذه الرواسب (موسى، 1017، ص 372).

4- مُعامل التفلطح Kurtosis Coefficient: يقيس هذا المعامل النسبة بين التصنيف في طرفي التوزيع والتصنيف في القطاع

الأوسط من منحنى التوزيع، فإذا كان القطاع الأوسط أفضل تصنيفاً من الطرفين؛ فإن المنحنى التكراري في هذه الحالة يكون مدبباً للغاية. أما إذا كان الطرفان أفضل تصنيفاً من القطاع الأوسط؛ فإن المنحنى في هذه الحالة يكون مُفلطح القمة PlatyKurtic ويتم حساب مُعامل الالتواء من المعادلة (4).

ومن خلال تطبيق المعادلة على نتائج التحليل الميكانيكي لحُبيبات رواسب التموجات الرملية بمنطقة الدراسة، والتي تظهر نتائجها في بيانات جدول (3) يتضح أن شكل منحنى التوزيع يتراوح بين 0.26-2.66ø أي يتراوح بين المفلطح جداً والمدبب جداً، بمتوسط عام يبلغ حوالي 1.265ø تقريباً. أي أن شكل منحنى التوزيع يقع في فئة التفلطح المدبب. وهذا يعني أن القطاع الأوسط لمنحنى التوزيع أفضل تصنيفاً من الطرفين. وتمثل المنحنيات متوسطة التفلطح نسبة 30% تقريباً من إجمالي عدد العينات، يليها المنحنيات ذات التفلطح المدبب جداً التي تشغل حوالي 25% من إجمالي العينات، ثم فئتي التوزيع المفلطح والتفلطح المدبب بنسبة 20% لكل منهما. ولا تمثل المنحنيات ذات التفلطح الشديد أكثر من 5% فقط من جملة منحنيات التوزيع.

وتتفق هذه النتائج مع النتائج التي توصلت إليها كل من (سعد، 2013)، و(أحمد، 2016). حيث أظهرت دراستهما أن المتوسط العام لشكل منحنى التوزيع في عينات التموجات الرملية يقع في فئة التفلطح المدبب.

ثالثاً: خصائص أحجام حُبيبات رواسب التموجات الرملية طبقاً لبيئة الترسيب:

1- خصائص أحجام حُبيبات رواسب التموجات الرملية المُظفرة على كساح الكثبان الهلالية:

من خلال تحليل عدد 10 عينات لرمال التموجات الرملية التي تشكلت على كساح الكثبان الهلالية في منطقة الدراسة وهي العينات (1، 2، 5، 6، 9، 10، 13، 14، 17، 18) والتي تظهر نتائجها في الجدولين (2، 3) والشكل رقم (4) يتضح ما يلي:

- إن فئة الرمال المتوسطة (1-2ø) تشكل نسبة 50.11% من إجمالي وزن العينات. تليها فئة الرمال الناعمة (2-3ø) التي تشكل ما نسبته 22.09% من إجمالي وزن العينات. في حين تشكل الرمال الخشنة (0-1ø) حوالي 19.07% من إجمالي وزن العينات. في حين تقل نسبة بقية الفئات الحجمية الأخرى، حيث لم تتجاوز نسبتها مجتمعة حوالي 8.73% من إجمالي وزن العينات.
- بلغ متوسط حجم الحبيبات 1.678ø أي أنها تقع في فئة الرمال المتوسطة بنسبة 20%، بينما تمثل الرمال الناعمة 40%، وتتراوح أحجام الرمال بين (0.67-2.49 ø).
- تتراوح قيم معامل التصنيف (الفرز) بين (0.43-1.29 ø) بمتوسط قدره (0.751 ø)، وهي بذلك تقع في الفئة متوسطة التصنيف، وتشغل العينات متوسطة التصنيف 40% من جملة عينات تموجات الكثبان الهلالية، بينما تمثل فئة التصنيف الجيد 30%.
- تتراوح قيم معامل التفلطح بين (0.76-2.66 ø) بمتوسط عام يبلغ حوالي (1.275ø)، وهذا يعني أن شكل منحنى التوزيع يقع في فئة التفلطح المدبب، بحيث يشغل التفلطح المتوسط 40% من جملة العينات، والتفلطح المدبب والمدبب جداً والمفلطح 20% لكل منها.
- تتراوح قيمة معامل الالتواء بين (0.09-0.75 ø) بمتوسط عام يبلغ حوالي (0.353 ø)، وهي بذلك تقع في فئة الالتواء الناعم (الموجب)، ويمثل الالتواء الناعم حوالي 37% من جملة العينات، وهذا يعني أن معظم حُبيبات الرمال تتجمع نحو الطرف الناعم للأحجام، وأن هنالك فائضاً في الحُبيبات الرملية الناعمة، يليه الالتواء المتماثل بنسبة 34%، ثم الالتواء الناعم جداً بنسبة 18%، والالتواء الخشن بنسبة 11%.

2- خصائص أحجام حُبيبات رواسب التموجات الرملية المتوازية على ظهر الفرشات الرملية:

من خلال تحليل عدد 10 عينات لرمال التموجات الرملية التي تشكلت على ظهر الفرشات الرملية في منطقة الدراسة وهي العينات (3، 4، 7، 8، 11، 12، 15، 16، 19، 20) والتي تظهر نتائجها في الجدولين (2، 3) والشكل رقم (5) يتضح ما يلي:

- تشكل فئة الرمال المتوسطة (1-2ø) ما نسبته 39.42% من إجمالي وزن عينات رمال التموجات الرملية على ظهر الفرشات الرملية. تليها فئة الرمال الخشنة (0-1 ø) التي تزيد نسبتها عن 28.73% من إجمالي وزن العينات، وتأتي فئة الرمال الناعمة (2-3ø) في المرتبة الثالثة بنسبة 19.88% من إجمالي وزن العينات، في حين تشغل فئة الرمال الناعمة جداً (3-4 ø) نسبة 6.59% من وزن العينات. بينما تشكل فئات الحصى الناعم والرمال الخشنة جداً والطين والصلصال النسبة المتبقية.

بلغ المتوسط العام لحجم حبيبات رواسب التموجات الرملية المتشكلة على ظهر الفرشات الرملية (1.718 ø) وهي بذلك تقع في فئة الرمال المتوسطة، حيث شغلت هذه الفئة ما نسبته 42% من إجمالي عدد العينات، تليها فئة الرمال الناعمة التي شغلت ما نسبته 38% من إجمالي عدد العينات، بينما تشغل فئة الرمال الخشنة حوالي 20%، وتتراوح أحجام الرمال بين (0.78-2.48 ø).

جدول (3) المعاملات الإحصائية لأحجام حُبيبات رواسب التموجات الرملية

المنطقة	رقم العينة	الموضع	المتوسط (ø)	الفرز التصنيف (ø)	التفلطح (ø)	الالتواء (ø)
وادي الغازي	1	قمة	1.11	0.73	0.76	0.31
	2	قاع	2.12	0.60	0.86	0.61
	3	قمة	0.83	1.5	2.40	0.68
	4	قاع	1.80	0.31	2.04	0.11
وادي الغويزي	5	قمة	1.16	0.43	1.19	0.23
	6	قاع	2.49	0.93	2.11	0.39
	7	قمة	1.40	1.02	1.74	0.35-
	8	قاع	2.21	0.56	1.04	0.33
وادي الزيد	9	قمة	0.67	1.29	1.17	0.75
	10	قاع	2.31	0.98	2.66	0.45
	11	قمة	1.43	1.08	0.26	0.95
	12	قاع	2.48	0.93	1.16	0.93
وادي الغربيات	13	قمة	0.85	0.73	1.07	0.14
	14	قاع	2.45	0.61	0.94	0.09
	15	قمة	1.78	0.69	1.06	0.29
	16	قاع	2.31	1.3	0.85	0.11-
شعبة القضوارية	17	قمة	1.48	0.72	1.06	0.12
	18	قاع	2.14	0.49	0.93	0.44
	19	قمة	0.78	1.47	0.67	0.68
	20	قاع	2.16	1.09	1.33	0.32
متوسط عينات القمة			1.149	0.966	1.138	0.38
متوسط عينات القاع			2.247	0.78	1.392	0.356
المتوسط العام			1.698	0.873	1.265	0.368
دليل الألوان				ظهر فرشات رملية (توجات متوازية)		كساح كثيب هلالي (توجات مطفرة)

المصدر: إعداد الباحث بالإعتماد على تطبيق المعادلات الإحصائية (1، 2، 3، 4).

تتراوح قيم معامل تصنيف (فرز) تموجات الفرشات الرملية بين (0.31-1.5 ø) بمتوسط قدره (0.995 ø)، وهي بذلك تقع في فئة التصنيف أو الفرز المتوسط، ويقع حوالي 60% من إجمالي عدد عينات تموجات الفرشات الرملية في الفئة ذات الفرز أو التصنيف الرديء. بينما يشغل 30% من عدد العينات فئة التصنيف المتوسط، في حين لا تتجاوز نسبة العينات ذات التصنيف الجيد جداً 10% من إجمالي عدد العينات.

- تتراوح قيم معامل التفلطح بين (0.26-2.4 ø) بمتوسط عام يبلغ حوالي (1.255ø)، وهذا يعني أن شكل منحنى التوزيع يقع في فئة التفلطح المدبب، ويشغل التفلطح المتوسط والتفلطح شديد التدبب ما نسبته 30% لكل منهما، في حين يشغل منحنى التوزيع المفلطح ما نسبته 20% من عدد المنحنيات، ويشغل منحنى التوزيع ذو التفلطح المدبب والتفلطح الشديد ما نسبته 10% لكل منهما من إجمالي منحنيات التوزيع.
- تتراوح قيمة معامل الالتواء بين (-0.35-0.95 ø) بمتوسط عام يبلغ حوالي (0.32 ø)، وهي بذلك تقع في فئة الالتواء الموجب (الناعم)، ويمثل الالتواء الموجب جداً (الناعم جداً) حوالي 50% من إجمالي عدد العينات، في حين يمثل الالتواء السالب (الخشن) حوالي 30% من إجمالي عدد العينات، ويمثل الالتواء الموجب (الناعم) حوالي 20% من إجمالي عدد العينات.

رابعاً: خصائص أحجام حُبيبات رواسب التموجات الرملية طبقاً لموضع الترسيب:

1- خصائص أحجام رمال قمم التموجات الرملية:

من خلال تحليل عدد 10 عينات تم جمعها من قمم التموجات الرملية في مناطق مختلفة من الحوض الأدنى لوادي تلال، وهي العينات (1، 3، 5، 7، 9، 11، 13، 15، 17، 19) والتي تظهر نتائجها في الجدولين (2، 3) والشكل رقم (2) يتضح ما يلي:

- تشكل فئة الرمال المتوسطة (1-2ø) ما نسبته 41.32% من إجمالي وزن عينات رمال قمم التموجات الرملية. تليها فئة الرمال الخشنة (0-1 ø) التي تزيد نسبتها عن 38.18% من إجمالي وزن العينات، وتأتي فئة الرمال الناعمة (2-3ø) في المرتبة الثالثة بنسبة 12.8% من إجمالي وزن العينات، في حين تشغل فئة الرمال الخشنة جداً (-1-صفرø) نسبة

3.47% من وزن العينات. بينما تشكل فئات الحصى الناعم والرمال الناعمة جداً والطين والصلصال النسبة المتبقية.

- بلغ المتوسط العام لحجم حبيبات رواسب قمم التموجات الرملية (1.149 ø) وهي بذلك تقع في فئة الرمال المتوسطة، حيث شغلت هذه الفئة ما نسبته 60% من إجمالي عدد العينات، تليها فئة الرمال الخشنة التي شغلت ما نسبته 40% من إجمالي عدد العينات، وتتراوح أحجام حُبيبات الرمال بين (0.67- 1.78 ø).
- تتراوح قيم معامل تصنيف (فرز) حُبيبات قمم التموجات الرملية بين (0.43-1.5 ø) بمتوسط عام يبلغ حوالي (0.966 ø)، وهي بذلك تقع في فئة التصنيف المتوسط، ويقع حوالي 50% من إجمالي عدد عينات قمم التموجات الرملية في الفئة ذات الفرز أو التصنيف الرديء. بينما يشغل 30% من عدد العينات فئة التصنيف المتوسط، في حين تشغل فئات الفرز (التصنيف) المتوسط جداً والجيد ما نسبته 10% لكل منهما.
- تتراوح قيم معامل التفلطح بين (0.26-2.4 ø) بمتوسط عام يبلغ حوالي (1.138ø)، وهذا يعني أن شكل منحنى التوزيع يقع في فئة التفلطح المدبب، ويشغل التفلطح المتوسط ما نسبته 30% من إجمالي عدد العينات، في حين يشغل كل من التفلطح المدبب جداً والمفلطح وذو التفلطح المدبب ما نسبته 20% لكل منها، ولا تزيد نسبة التفلطح الشديد عن 10% من إجمالي عدد منحنيات التوزيع.
- تتراوح قيمة معامل الالتواء بين (-0.35-0.95 ø) بمتوسط عام يبلغ حوالي (0.38 ø)، وهي بذلك تقع في فئة الالتواء الموجب جداً (الناعم جداً)، ويمثل الالتواء الموجب جداً (الناعم جداً) حوالي 60% من إجمالي عدد العينات، بينما يمثل الالتواء الموجب (الناعم) حوالي 30% من إجمالي عدد العينات. في حين يمثل الالتواء السالب (الخشن) حوالي 10% من إجمالي عدد العينات.

2- خصائص أحجام رمال قيعان التموجات الرملية:

من خلال تحليل عدد 10 عينات تم جمعها من قيعان التموجات الرملية في مناطق مختلفة من الحوض الأدنى لوادي تلال، وهي العينات (2، 4، 6، 8، 10، 12، 14، 16، 18، 20) والتي تظهر نتائجها في الجدولين (2، 3) والشكل رقم (3) يتضح ما يلي:

- تشكل فئة الرمال المتوسطة (1-2ø) ما نسبته 48.21% من إجمالي وزن عينات رمال قيعان التموجات الرملية. تليها فئة الرمال الناعمة (2-3ø) التي تزيد نسبتها عن 29.17% من إجمالي وزن العينات، ثم فئتي الرمال الناعمة جداً (3-4ø) والخشنة (0-1 ø) بنسبة 9.82% و9.62% لكل منهما على التوالي. بينما تشكل فئتي الطين والصلصال، والرمال الخشنة جداً النسبة المتبقية.
- بلغ المتوسط العام لحجم حبيبات رواسب قيعان التموجات الرملية (2.247 ø) وهي بذلك تقع في فئة الرمال الناعمة، حيث شغلت هذه الفئة ما نسبته 90% من إجمالي عدد العينات، في حين تشغل فئة الرمال المتوسطة نسبة 10% المتبقية. وبهذا فإن عينات قيعان التموجات الرملية تمتاز بضيق المدى الذي تنتشر فيه أحجام رواسب الرمال، وتتراوح أحجام حُبيبات الرمال بين (1.8-2.49 ø).
- تتراوح قيم معامل تصنيف (فرز) حُبيبات قيعان التموجات الرملية بين (0.31-1.3 ø) بمتوسط عام يبلغ حوالي (0.78 ø)، وهي بذلك تقع في فئة التصنيف المتوسط، وتشغل هذه الفئة من التصنيف المتوسط، إضافة لفئة التصنيف المتوسط جداً ما نسبته 30% من إجمالي عدد عينات قيعان التموجات الرملية لكل منهما، في حين تشغل فئة التصنيف الرديء حوالي 20% من إجمالي عدد العينات، وتشغل فئتي الفرز أو التصنيف الجيد والجيد جداً ما نسبته 10% من إجمالي عدد عينات قيعان التموجات الرملية لكل منهما على حده.
- تتراوح قيم معامل التفلطح بين (0.85-2.66 ø) بمتوسط عام يبلغ حوالي (1.392ø)، وهذا يعني أن شكل منحنى التوزيع يقع في فئة التفلطح المدبب، ويشغل التفلطح المتوسط ما نسبته 20% من إجمالي عدد العينات، في حين يشغل كل من التفلطح المدبب والتفلطح المدبب جداً ما نسبته 30% من إجمالي عدد العينات لكل منهما. ويشغل منحنى التوزيع المفلطح نسبة 20% من إجمالي عدد عينات رمال قيعان التموجات الرملية.
- تتراوح قيمة معامل الالتواء بين (-0.11-0.93 ø) بمتوسط عام يبلغ حوالي (0.356 ø)، وهي بذلك تقع في فئة الالتواء الموجب جداً (الناعم جداً)، ويمثل الالتواء الموجب جداً (الناعم

جداً) حوالي 70% من إجمالي عدد العينات، وتشغل فئات الالتواء المتماثل والموجب (الناعم) والسالب (الخشن) حوالي 10% من إجمالي عدد العينات لكل منها على حده.

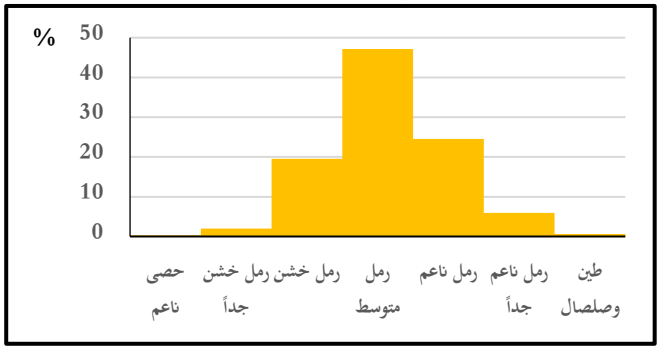
خامساً: خصائص أحجام حُبيبات رواسب التموجات الرملية طبقاً للموقع الجغرافي لبيئة الترسيب:

1- خصائص أحجام رمال التموجات الرملية في وادي الغازي:

من خلال تحليل عدد 4 عينات تم جمعها من رمال التموجات الرملية في منطقة وادي الغازي، وهي العينات (1، 2، 3، 4) والتي تظهر نتائجها في الجدولين (2، 3) والشكل رقم (6) يتضح ما يلي:

- تشغل فئة الرمال المتوسطة (1-2ø) ما نسبته 47.125% من إجمالي وزن عينات رمال التموجات الرملية في منطقة وادي الغازي. تليها فئة الرمال الناعمة (2-3ø) التي تزيد نسبتها عن 24.525% من إجمالي وزن العينات، وتأتي فئة الرمال الخشنة (صفر-1ø) في المرتبة الثالثة بنسبة 19.55% من إجمالي وزن العينات، في حين تشغل فئة الرمال الناعمة جداً (3-4ø) نسبة 5.9% من وزن العينات. بينما لا تتعدى نسبة فئات الحصى الناعم والرمال الخشنة جداً والطين والصلصال 2.9% مجتمعةً.
- بلغ المتوسط العام لحجم حبيبات رواسب التموجات الرملية في منطقة وادي الغازي حوالي (1.465 ø) وهي بذلك تقع في فئة الرمال المتوسطة، حيث شغلت هذه الفئة ما نسبته 50% من إجمالي عدد العينات، تليها فئتي الرمال الخشنة والناعمة اللتان شغلتا ما نسبته 25% من إجمالي عدد العينات لكل منهما، وتتراوح أحجام حُبيبات الرمال بين (0.83-2.12 ø).
- تتراوح قيم معامل تصنيف (فرز) حُبيبات رمال التموجات الرملية بين (0.31-1.5 ø) بمتوسط عام يبلغ حوالي (0.785 ø)، وهي بذلك تقع في فئة التصنيف المتوسط، ويقع حوالي 50% من إجمالي عدد عينات التموجات الرملية في وادي الغازي في الفئة ذات الفرز أو التصنيف الجيد جداً. بينما تشغل فئات التصنيف (الفرز) المتوسط والرديء ما نسبته 25% لكلٍ منهما بالتساوي.
- تتراوح قيم معامل التفلطح بين (0.76-2.4 ø) بمتوسط عام يبلغ حوالي (1.515ø)، وهذا يعني أن شكل منحنى التوزيع يقع في فئة التفلطح شديد التدبب، ويشغل كل من المنحنى ذو التفلطح المدبب جداً والمنحنى المفلطح ما نسبته 50% من إجمالي عدد العينات لكلٍ منهما بالتساوي.
- تتراوح قيمة معامل الالتواء في تموجات وادي الغازي بين (0.11-0.68 ø) بمتوسط عام يبلغ حوالي (0.435 ø)، وهي بذلك تقع في فئة الالتواء الموجب جداً (الناعم جداً)، ويمثل الالتواء الموجب جداً (الناعم جداً) ما نسبته 75% من إجمالي عدد العينات، في حين يمثل الالتواء الموجب (الناعم) حوالي 25% من إجمالي عدد العينات.

شكل (6) متوسط أحجام رواسب التموجات الرملية في وادي الغازي



المصدر: إعداد الباحث إعتماداً على بيانات الجدول رقم (2).

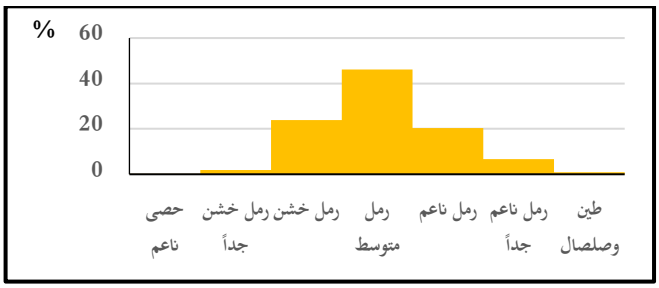
2- خصائص أحجام رمال التموجات الرملية في وادي الغويزي:

من خلال تحليل عدد 4 عينات تم جمعها من رمال التموجات الرملية في منطقة وادي الغويزي، وهي العينات (5، 6، 7، 8) والتي تظهر نتائجها في الجدولين (2، 3) والشكل رقم (7) يتضح ما يلي:

- تشغل فئة الرمال المتوسطة (1-2ø) ما نسبته 46.125% من إجمالي وزن عينات رمال التموجات الرملية في منطقة وادي الغويزي. تليها فئة الرمال الخشنة (صفر-1ø) التي تزيد نسبتها عن 23.825% من إجمالي وزن العينات، وتأتي فئة الرمال الناعمة (2-3ø) في المرتبة الثالثة بنسبة 20.325% من إجمالي وزن العينات، في حين تشغل فئة الرمال الناعمة جداً (3-4ø) نسبة 6.725% من وزن العينات. بينما لا تتعدى نسبة فئات الحصى الناعم والرمال الخشنة جداً والطين والصلصال 3% مجتمعةً.

- بلغ المتوسط العام لحجم حبيبات رواسب التموجات الرملية في منطقة وادي الغويزي حوالي (1.815 ø) وهي بذلك تقع في فئة الرمال المتوسطة، وينحصر متوسط أحجام الرمال في منطقة وادي الغويزي بين فئتي الرمال المتوسطة، والرمال الناعمة، حيث تشغل هاتين الفئتين من الحجم ما نسبته 50% من إجمالي عدد العينات لكلٍ منهما بالتساوي، وتتراوح أحجام حُبيبات الرمال بين (1.16-2.49 ø).
- تتراوح قيم معامل تصنيف (فرز) حُبيبات رمال التموجات الرملية بين (0.43-1.02 ø) بمتوسط عام يبلغ حوالي (0.735 ø)، وهي بذلك تقع في فئة التصنيف المتوسط، وتتوزع حُبيبات الرمال في منطقة وادي الغويزي بين أربعة فئات فرز رئيسية وهي الفرز الجيد، والفرز المتوسط جداً، والفرز المتوسط، والفرز الرديء، وتشغل كل فئة منها ما نسبته 25% من إجمالي عدد العينات.
- تتراوح قيم معامل التفلطح بين (1.04-2.11 ø) بمتوسط عام يبلغ حوالي (1.52ø)، وهذا يعني أن شكل منحنى التوزيع يقع في فئة التفلطح المدبب جداً، وتشغل هذه الفئة من التفلطح ما نسبته 50% من إجمالي عدد العينات، في حين تشغل كل من فئتي التفلطح المدبب والتفلطح المتوسط ما نسبته 25% لكل منها بالتساوي.
- تتراوح قيمة معامل الالتواء بين (0.35-0.39- ø) بمتوسط عام يبلغ حوالي (0.15 ø)، وهي بذلك تقع في فئة الالتواء الموجب (الناعم)، ويمثل الالتواء الموجب جداً (الناعم جداً) حوالي 50% من إجمالي عدد العينات، ويمثل كل من الالتواء الموجب (الناعم) والالتواء السالب جداً (الخشن جداً) ما نسبته 25% من إجمالي عدد العينات لكل منهما بالتساوي.

شكل (7) متوسط أحجام رواسب التموجات الرملية في وادي الغويزي



المصدر: إعداد الباحث إعتماداً على بيانات الجدول رقم (2).

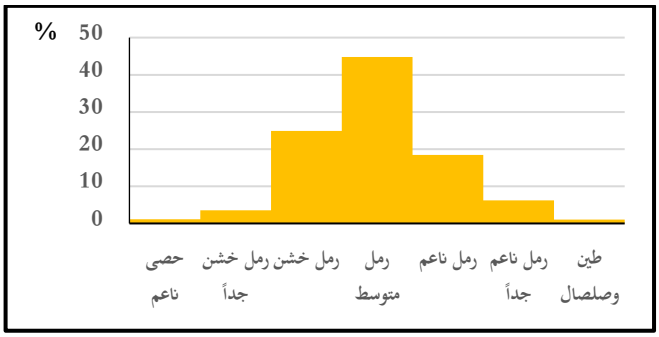
3- خصائص أحجام رمال التموجات الرملية في وادي الزيد:

من خلال تحليل عدد 4 عينات تم جمعها من رمال التموجات الرملية في منطقة وادي الزيد، وهي العينات (9، 10، 11، 12) والتي تظهر نتائجها في الجدولين (2، 3) والشكل رقم (8) يتضح ما يلي:

- تشغل فئة الرمال المتوسطة (1-2ø) ما نسبته 44.775% من إجمالي وزن عينات رمال التموجات الرملية في منطقة وادي الزيد. تليها فئة الرمال الخشنة (صفر-1ø) التي تزيد نسبتها عن 24.925% من إجمالي وزن العينات، وتأتي فئة الرمال الناعمة (2-3ø) في المرتبة الثالثة بنسبة 18.45% من إجمالي وزن العينات، في حين تشغل فئة الرمال الناعمة جداً (3-4ø) نسبة 6.225% من وزن العينات. بينما لا تتعدى نسبة فئات الحصى الناعم والرمال الخشنة جداً والطين والصلصال مجتمعةً حوالي 4.70%.
- بلغ المتوسط العام لحجم حبيبات رواسب التموجات الرملية في منطقة وادي الزيد حوالي (1.722 ø) وهي بذلك تقع في فئة الرمال المتوسطة، حيث شغلت فئة الرمال الناعمة (2-3ø) ما نسبته 50% من إجمالي عدد العينات، تليها فئتي الرمال الخشنة والمتوسطة اللتان شغلتا ما نسبته 25% من إجمالي عدد العينات لكل منهما بالتساوي، وتتراوح أحجام حُبيبات الرمال بين (0.67-2.48 ø).
- تتراوح قيم معامل تصنيف (فرز) حُبيبات رمال التموجات الرملية في وادي الزيد بين (0.93-1.29 ø) بمتوسط عام يبلغ حوالي (1.07 ø)، وهي بذلك تقع في فئة التصنيف الرديء، وتتوزع أحجام حُبيبات الرمال في منطقة وادي الزيد بين فئتي التصنيف المتوسط والرديء، حيث تشغل كل فئة منهما ما نسبته 50% من إجمالي عدد العينات.
- تتراوح قيم معامل التفلطح بين (0.26-2.66 ø) بمتوسط عام يبلغ حوالي (1.312ø)، وهذا يعني أن شكل منحنى التوزيع لأحجام حُبيبات رمال التموجات الرملية في وادي الزيد يقع في فئة التفلطح المتوسط، وتشغل فئة التفلطح المدبب ما نسبته 50% من إجمالي عدد العينات، في حين تشغل فئتي التفلطح الشديد والتفلطح المدبب جداً ما نسبته 25% لكلٍ منهما بالتساوي.
- تتراوح قيمة معامل الالتواء بين (0.45-0.95 ø) بمتوسط عام يبلغ حوالي (0.77 ø)، وهي بذلك تقع في فئة الالتواء

الموجب جداً (الناعم جداً)، وتقع جميع منحنيات التوزيع لأحجام الحُبيبات الرملية لتموجات منطقة وادي الزيد في فئة الالتواء الموجب جداً (الناعم جداً) بنسبة 100%.

شكل (8) متوسط أحجام رواسب التموجات الرملية في وادي الزيد.



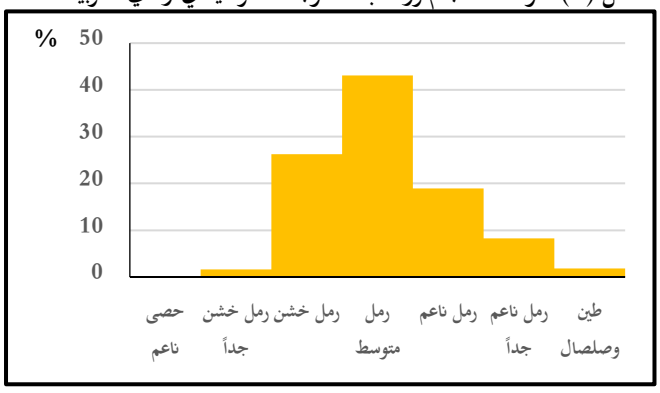
المصدر: إعداد الباحث إعتماداً على بيانات الجدول رقم (2).

4- خصائص أحجام رمال التموجات الرملية في وادي الغربيات:

من خلال تحليل عدد 4 عينات تم جمعها من رمال التموجات الرملية في منطقة وادي الغربيات، وهي العينات (13، 14، 15، 16) والتي تظهر نتائجها في الجدولين (2، 3) والشكل رقم (9) يتضح ما يلي:

- تشغل فئة الرمال المتوسطة (1-2ø) ما نسبته 43.075% من إجمالي وزن عينات رمال التموجات الرملية في منطقة وادي الغربيات. تليها فئة الرمال الخشنة (صفر-1ø) التي تزيد نسبتها عن 26.25% من إجمالي وزن العينات، والتي تعتبر أعلى نسبة لفئة الرمال الخشنة على مستوى منطقة الدراسة، وتأتي فئة الرمال الناعمة (2-3ø) في المرتبة الثالثة بنسبة 18.925% من إجمالي وزن العينات، في حين تشغل فئة الرمال الناعمة جداً (3-4ø) نسبة 8.225% من إجمالي وزن العينات. بينما لا تتعدى نسبة فئات الحصى الناعم والرمال الخشنة جداً والطين والصلصال مجتمعةً 3.525% مجتمعةً.
- بلغ المتوسط العام لحجم حبيبات رواسب التموجات الرملية في منطقة وادي الغربيات حوالي (1.847 ø) وهي بذلك تقع في فئة الرمال المتوسطة، وينحصر متوسط أحجام الرمال في منطقة وادي الغويزي بين فئتي الرمال المتوسطة، والرمال الخشنة، حيث تشغل فئة الرمال المتوسطة ما نسبته 75% من إجمالي عدد العينات. في حين تشغل فئة الرمال الخشنة (صفر-1ø) ما نسبته 25% من إجمالي عدد العينات. ويتراوح متوسط أحجام حُبيبات الرمال في وادي الغربيات بين (0.85-2.45 ø).
- تتراوح قيم معامل تصنيف (فرز) حُبيبات رمال التموجات الرملية في وادي الغربيات بين (0.61-1.3 ø) بمتوسط عام يبلغ حوالي (0.832 ø)، وهي بذلك تقع في فئة التصنيف المتوسط، وتشغل فئة الفرز أو التصنيف المتوسط جداً ما نسبته 50% من إجمالي عدد العينات، في حين تشغل فئتي الفرز أو التصنيف المتوسط والرديء ما نسبته 25% من إجمالي عدد العينات لكلٍ منهما بالتساوي.
- تتراوح قيم معامل التفلطح لمنحنيات التوزيع لأحجام رمال التموجات الرملية في وادي الغربيات بين (0.85-1.07 ø) بمتوسط عام يبلغ حوالي (0.98ø)، وهذا يعني أن شكل منحنى التوزيع يقع في فئة التفلطح المتوسط، وتشغل هذه الفئة من التفلطح ما نسبته 75% من إجمالي عدد العينات، في حين يشغل منحنى التوزيع المفلطح ما نسبته 25% من إجمالي عدد العينات.
- تتراوح قيمة معامل الالتواء بين (-0.11-0.29 ø) بمتوسط عام يبلغ حوالي (0.102 ø)، وهي بذلك تقع في فئة الالتواء المتماثل، وتشغل فئة الالتواء الموجب (الناعم) ما نسبته 50% من إجمالي عدد العينات، في حين تشغل فئتي الالتواء السالب (الخشن) والالتواء المتماثل ما نسبته 25% من إجمالي عدد العينات لكل منهما بالتساوي.

شكل (9) متوسط أحجام رواسب التموجات الرملية في وادي الغربيات



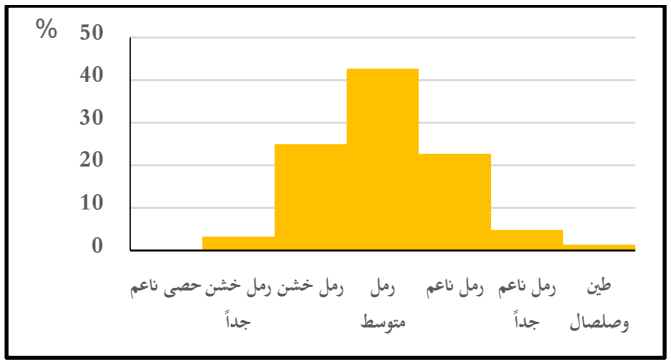
المصدر: إعداد الباحث إعتماداً على بيانات الجدول رقم (2).

5- خصائص أحجام رمال التموجات الرملية في شعبة القضوارية:

من خلال تحليل عدد 4 عينات تم جمعها من رمال التموجات الرملية في منطقة شعبة القضوارية، وهي العينات (17، 18، 19، 20) والتي تظهر نتائجها في الجدولين (2، 3) يتضح ما يلي:

- تشغل فئة الرمال المتوسطة (1-2ø) ما نسبته 42.725% من إجمالي وزن عينات رمال التموجات الرملية في منطقة شعبة القضوارية. تليها فئة الرمال الخشنة (صفر-1ø) التي تزيد نسبتها عن 24.95% من إجمالي وزن العينات، وتأتي فئة الرمال الناعمة (2-3ø) في المرتبة الثالثة بنسبة 22.7% من إجمالي وزن العينات، في حين تشغل فئة الرمال الناعمة جداً (3-4ø) نسبة 4.825% من إجمالي وزن العينات. وتشغل فئة الرمال الخشنة جداً (-1-صفرø) ما نسبته 3.275% من إجمالي وزن العينات، بينما لا تتعدى نسبة فئات الحصى الناعم والطين والصلصال نسبة 1.525% من إجمالي وزن العينات.
- بلغ المتوسط العام لحجم حبيبات رواسب التموجات الرملية في منطقة شعبة القضوارية حوالي (1.64 ø) وهي بذلك تقع في فئة الرمال المتوسطة، وتشغل فئة الرمال الناعمة (2-3ø) ما نسبته 50% من إجمالي عدد العينات، بينما تشغل فئتي الرمال متوسطة الحجم والرمال الخشنة ما نسبته 25% من إجمالي عدد العينات لكلٍ منهما بالتساوي. ويتراوح متوسط أحجام حُبيبات الرمال في شعبة القضوارية بين (0.78- 2.16 ø).
- تتراوح قيم معامل تصنيف (فرز) حُبيبات رمال التموجات الرملية في شعبة القضوارية بين (0.49-1.47ø) بمتوسط عام يبلغ حوالي (0.942 ø)، وهي بذلك تقع في فئة التصنيف المتوسط، وتشغل فئة الفرز أو التصنيف الرديء ما نسبته 50% من إجمالي عدد العينات، في حين تشغل فئتي الفرز أو التصنيف المتوسط والجيد ما نسبته 25% من إجمالي عدد العينات لكلٍ منهما بالتساوي.
- تتراوح قيم معامل التفلطح لمنحنيات التوزيع لأحجام رمال التموجات الرملية في شعبة القضوارية بين (0.67-1.33 ø) بمتوسط عام يبلغ حوالي (0.997ø)، وهذا يعني أن شكل منحنى التوزيع يقع في فئة التفلطح المتوسط، وتشغل هذه الفئة من التفلطح ما نسبته 50% من إجمالي عدد العينات، في حين تشغل فئتي التوزيع المفلطح والمدبب ما نسبته 25% من إجمالي عدد العينات لكلٍ منهما بالتساوي.
- تتراوح قيمة معامل الالتواء في منحنيات التوزيع لعينات رمال التموجات الرملية في شعبة القضوارية بين (0.12-0.68 ø) بمتوسط عام يبلغ حوالي (0.39ø)، وهي بذلك تقع في فئة الالتواء الموجب جداً (الناعم جداً)، وتشغل هذه الفئة من الالتواء ما نسبته 75% من إجمالي منحنيات توزيع العينات التي تم جمعها من شعبة القضوارية، في حين تشغل فئة الالتواء الموجب (الناعم) ما نسبته 25% من إجمالي عدد العينات.

شكل (10) متوسط أحجام رواسب التموجات الرملية في شعبة القضوارية



المصدر: إعداد الباحث إعتماداً على بيانات الجدول رقم (2).

سادساً: النتائج:

من خلال التحليل الميكانيكي (الحجمي) لرواسب التموجات الرملية في الحوض الأدنى لوادي تلال، أمكن الوصول إلى مجموعة من النتائج أهمها:

- شغلت فئة الرمال متوسطة الحجم (1-2 ø) الفئة المنوالية التي تتركز فيها أغلب أحجام حُبيبات رواسب التموجات الرملية في الحوض الأدنى لوادي تلال، حيث شكلت هذه الفئة الحجمية ما نسبته 44.75% من إجمالي وزن العينات، وتراوحت نسبة هذه الفئة بين 25.2-63.8% من إجمالي وزن العينات.
- ارتفعت نسبة الرمال الخشنة (صفر-1 ø) في عينات قمم التموجات الرملية لتصل إلى حوالي 38.18% من إجمالي وزن عينات قمم التموجات الرملية. على الرغم من سيادة الرمال متوسطة الحجم في هذه العينات والتي بلغت نسبتها حوالي 41.32% من إجمالي وزن عينات القمم.
- ارتفعت نسبة الرمال الناعمة (2-3 ø) في عينات قيعان التموجات الرملية لتصل إلى حوالي 29.17% من إجمالي وزن

عينات قيعان التموجات الرملية، على الرغم من سيادة الرمال متوسطة الحجم في هذه العينات، والتي بلغت نسبتها حوالي 48.21% من إجمالي وزن عينات قيعان التموجات الرملية.

- بلغ المتوسط العام لحجم حُبيبات رواسب التموجات الرملية في منطقة الحوض الأدنى لوادي تلال حوالي 1.698 ø، أي أن رمال منطقة الدراسة تقع في الفئة متوسطة الحجم، ويتراوح متوسط الحجم بين 0.67-2.49ø، أي يتراوح بين فئة الرمال الخشنة والناعمة.
- بلغت قيمة معامل الفرز (التصنيف) في رمال رواسب التموجات الرملية بالحوض الأدنى لوادي تلال حوالي 0.873ø، وهذا يعني أن عينات رمال منطقة الدراسة تقع في فئة التصنيف المتوسط، حيث بلغت نسبة العينات التي تقع ضمن هذه الفئة إلى حوالي 40% من إجمالي عدد عينات رمال التموجات الرملية، في حين تقع حوالي 35% من العينات في فئة التصنيف الجيد، و20% في فئة التصنيف الرديء، وحوالي 5% في فئة التصنيف الجيد جداً. وبشكل عام تراوحت قيم معامل التصنيف (الفرز) في منطقة الدراسة بين 0.31-1.5ø .
- بلغت قيمة معامل الالتواء في رمال رواسب التموجات الرملية بالحوض الأدنى لوادي تلال حوالي (0.336ø) أي التواء موجب جداً (ناعم). حيث بلغت نسبة العينات التي تقع ضمن هذه الفئة حوالي 42% من إجمالي عدد عينات رمال التموجات الرملية، في حين تقع حوالي 35% من العينات في فئة الالتواء المتماثل، و 15% في فئة الالتواء السالب (الخشن)، وحوالي 8% في فئة الالتواء السالب جداً (خشن جداً). وبشكل عام تراوحت قيم معامل الالتواء في عينات منطقة الدراسة (-0.35-0.95ø) أي بين الالتواء المتماثل والالتواء الموجب جداً (ناعم جداً).
- بلغت قيمة معامل التفلطح في رمال رواسب التموجات الرملية بالحوض الأدنى لوادي تلال حوالي 1.265ø تقريباً. أي أن شكل منحنى التوزيع يقع في فئة التفلطح المدبب. وهذا يعني أن القطاع الأوسط لمنحنى التوزيع أفضل تصنيفاً من الطرفين. وتمثل المنحنيات متوسطة التفلطح نسبة 30% تقريباً من إجمالي عدد العينات، يليها المنحنيات ذات التفلطح المدبب جداً التي تشغل حوالي 25% من إجمالي العينات، ثم فئتي التوزيع المفلطح والتفلطح المدبب بنسبة 20% لكل منهما. ولا تمثل المنحنيات ذات التفلطح الشديد أكثر من 5% فقط من جملة منحنيات التوزيع.
- من خلال قيم معامل الالتواء ومُعامل الفرز (التصنيف) واللذان يعتبران من أهم المؤشرات الإحصائية التي يمكن أن تُساعد في معرفة ظروف بيئة الترسيب، يمكن القول: إن رمال رواسب التموجات الرملية في الحوض الأدنى لوادي تلال ذات أصول ترسيبية مختلفة، وهي على الأرجح ذات أصل فيضي أو ريحي (هوائي). ويبقى ذلك افتراض –مع التحفظ– لأن تحديد مصدر الرمال بدقة يجب أن يستند إلى الكثير من الأدلة والمؤشرات الجيومورفولوجية، والمعدنية، والجيوكيميائية، والتأريخ الكربوني للرواسب إلى جانب الأدلة والمؤشرات الترسيبية؛ لكي نستطيع تكوين صورة عامة لأصل ومنشأ هذه الرواسب، الأمر الذي لا يتسع له مجال هذه الدراسة.

المراجع

- أبوالخير، يحيى محمد شيخ (1999)، "منظومة النماذج الرياضية للرياح والعواصف الرملية – المفاهيم والمحددات العددية – دراسة في جيومورفولوجية الرمال"، رسائل جغرافية، وحدة البحث والترجمة، قسم الجغرافيا بجامعة الكويت والجمعية الجغرافية الكويتية، العدد 227.
- أحمد، فاطمة عبدالرافع محمد (2016)، جيومورفولوجية الكثبان الرملية وأخطارها بمنخفض الخارجة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد، رسالة دكتوراه (غير منشورة)، قسم الجغرافيا، كلية الدراسات الإنسانية، جامعة الأزهر – فرع البنات، القاهرة.
- الجيلاني، الصيد صالح الصادق (2017)، "التحليل الحجمي (الميكانيكي) للرواسب الفيضية في بعض أودية الجبل الأخضر: دراسة جيومورفولوجية"، مجلة البحث العلمي في الآداب، كلية البنات للآداب والعلوم والتربية، جامعة عين شمس. مجلد 2017، العدد 18.
- السبيعي، سليمان يحي (2016)، جيومورفولوجية حوض وادي تلال في ليبيا باستخدام الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، رسالة دكتوراه (غير منشورة)، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة بنها، مصر.
- السبيعي، سليمان يحي، المبروك، محمود علي (2018)، "جيومورفولوجية التموجات الرملية في حوض وادي تلال"، مجلة أبحاث، مجلة علمية محكمة نصف سنوية، كلية الآداب، جامعة سرت، العدد 11، مارس 2018.
- إمبابي، نبيل سيد، وعاشور، محمود محمد (1985)، الكثبان الرملية في شبه جزيرة قطر، الجزء الثاني، مركز الوثائق والبحوث الإنسانية، جامعة قطر، الدوحة، قطر.
- بغدادي، محمود إبراهيم دسوقي (2005)، الأشكال الأرضية الناتجة عن فعل الرياح بمنخفض الواحات البحرية دراسة جيومورفولوجية، رسالة ماجستير (غير منشورة)، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة المنوفية.

- جودة، حسنين جودة (1985)، صحاري العرب، دراسات في الجيومورفولوجيا المناخية، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية.
- حسن، أشرف أبو الفتوح مصطفى (2002)، الكثبان الرملية المتاخمة للسهل الفيضي للنيل فيما بين جنوب وادي الريان وديروط الصحراء الغربية – مصر، رسالة ماجستير (غير منشورة)، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة عين شمس.
- سقا، عبد الحفيظ محمد سعيد (2002)، "خصائص استدارة وتكور حبيبات الرمل في المنطقة الغربية بالمملكة العربية السعودية (دراسة جيومورفولوجية لبعض الأشكال الترسيبية)"، رسائل جغرافية، دورية علمية محكمة تعنى بالبحوث الجغرافية يصدرها قسم الجغرافيا بجامعة الكويت والجمعية الجغرافية الكويتية، رسالة رقم 260.
- مشرف، محمد عبد الغنى (1987)، أسس علم الرسوبيات، إصدارات عمادة شؤون المكتبات، جامعة الملك سعود، الرياض.
- مركز البحوث الصناعية، (1977)، خريطة ليبيا الجيولوجية مقياس رسم 250.000:1 لوحة قصر سرت NH 33-4، الكتيب التفسيري، الطبعة الأولى، طرابلس.
- منصور، عصام أوري سيد (2022)، "جيومورفولوجية الأشكال الرملية في المنطقة الممتدة بين ميناء الزويتينة شمالاً والبريقة الجديدة جنوباً باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد"، مجلة كلية الآداب والعلوم الإنسانية، مجلة علمية محكمة تصدر عن كلية الآداب والعلوم الإنسانية بجامعة قناة السويس، المجلد 5، العدد 42.
- موسى، عواد حامد محمد (2017)، "الخصائص الطبيعية لرواسب الكثبان الرملية في منخفض الداخلة: دراسة جيومورفولوجية"، مجلة كلية الآداب، مجلة دورية علمية محكمة (نصف سنوية) تصدر عن كلية الآداب بجامعة بنها، العدد 48.
- قياسات الباحث من الخريطة الجيولوجية مقياس رسم 250000:1 لوحة قصر سرت.

- *Bagnold, R.A ., (1941): The Physics of Blown Sand and Desert Dunes, Methuen, London.*
- *Folk, R. L. & Ward, W. C. (1957), Barzos River Bar: A Study in The Significance of Grain Size Parameters, Jour. Sed. Petrology, Vol. 27.*
- *Industrial Research Centre,(1977): Geological Map of Libya, Explanatory Booklat, Qasr Sirt sheet, 1:250.000,.Tripoli.*
- *Mason C. C & Folk. R. L., (1958), Differentiations of Beach, Dun and Eolian Flat Environments by Size Analysis, Mustang island Texas, Jour, Sad, Petrol, 28.*
- *Muhs, D.R., Buch, G.A., Cowheed, S., (1995), Geomorphic and Geochemical evidence for the source of sand in the Algodones dunes, southeastern California, in Tchakerian V.P., (Edi.) Desert Aeolian processes, Chapman & Hall, London.*
- *Pettijohn, F. J.(1949): Sedimentary rocks (1st Ed.), 526 p. New York: Harper.*
- *Pye, K., and H .Tsoar., (2009): Aeolian Sand and Sand Dunes . Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Germany.*
- *Tsoar, H.,(1990), Grain-size characteristics of wind ripples on a desert seif dune. Geogr. Res. Forum 10.*