أنماط الأشكال الرملية بقاع منخفض الخارجة

:تحليل جيومورفولوجي

د.ناصر عبد الستار عبد الهادي نوح

مقدمة:

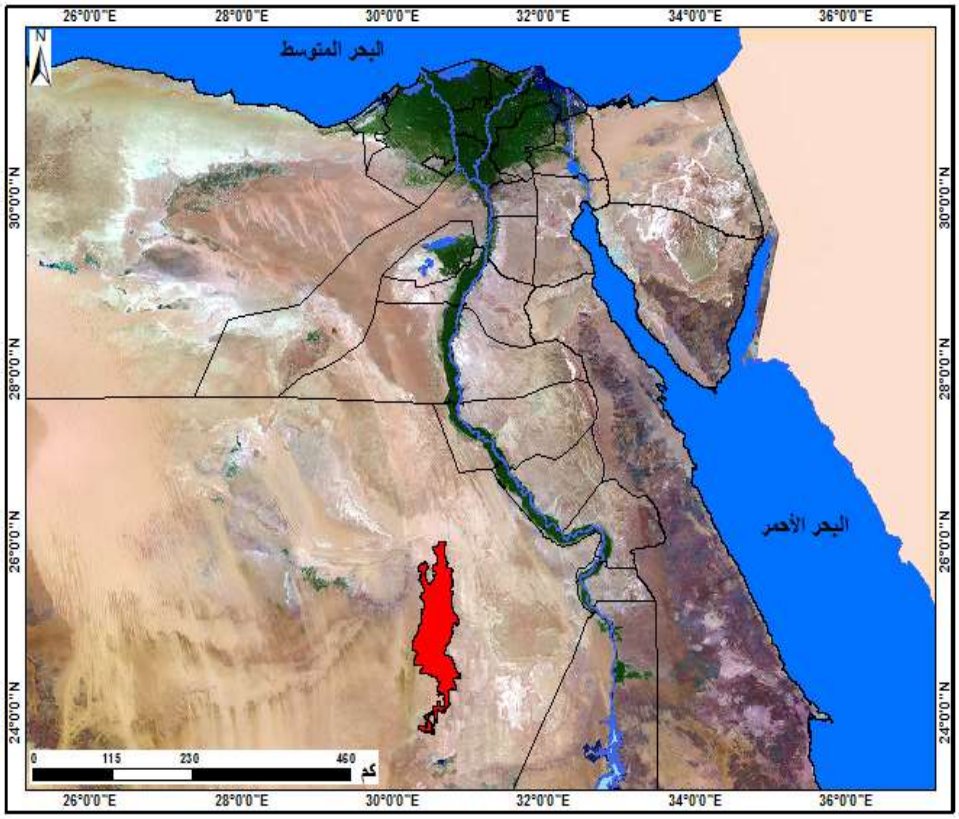
تعد أنماط الأشكال الرملية بقاع منخفض الخارجة من أهم الأشكال الجيومورفولوجية الإرسابية الناتجة عن الرياح، لذا تطرقت الدراسة إلى العوامل الجيومورفولوجية المؤثرة في تكوينها لاسيما وجود مصدر وفير من الرمال مع انتظام هبوب الرياح وندرة الغطاء النباتي،وميل قاع المنخفض إلى الأستواء.

وقد اتضح من فحص الخرائط الطبوغرافية والمرئيات الفضائية والدراسة الميدانية تعدد أنماط الأشكال الرملية في المنطقة وتباينها من حيث طريقة تكوينها، وأبعادها، وأحجامها، ودرجات انحدارها، ومن ثم أمكن التصنيف إلى عدة أنماط تشمل :الكثبان الطولية، والكثبان الهلالية، وحقول النباك، والفرشات الرملية التي تتشكل فوقها التموجات الرملية بأشكالها وأحجامها المختلفة.

موقع منطقة الدراسة:

يمتد قاع منخفض الخارجة بين دائرتي عرض ٣ً ١َ ٣ْ ٢٤ ، ٦ً ٤٨َ ٢٥ْ، وخطي طول ٥ً ٢١َ ٣٠ْ ، ٢ً ٤٩َ ٣٠ْ ، ويقل منسوبه عن ١٠٠ متر بالنسبة لمستوى سطح البحر، ويتفاوت منسوبه من منطقة إلى أخرى حيث يتميز بانخفاضه في الوسط في حين يرتفع بشكل تدريجي نحو جوانبه، وتبلغ مساحته ٧٣٤٦.٤ كم٢، ويمتد من الشمال إلى الجنوب لمسافة ٢٥٣.١ كم، ويوضح تحليل الخرائط الطبوغرافية والمرئيات الفضائية أن الأشكال الرملية تغطي معظم قاع المنخفض بمساحة تبلغ ٥٣٤٠.٥ كم٢، حيث تهبط الكثبان الرملية بانماطها المختلفة عبر الحافات المرتفعة المحيطة بقاع المنخفض لتغطي معظم نطاقاته ، كما تنتشر الأشكال

الرملية الأخرى المتمثلة في النباك والتموجات الرملية والفرشات لتشغل مساحات كبيرة إلى جانب الكثبان الرملية.



المصدر:-الصور الفضائية (E.T,M)

شكل (١) موقع منطقة الدراسة.

أهداف الدراسة:

١. محاولة التعرف على أنماط الأشكال الرملية السائدة بمنطقة الدراسة، ودراسة توزيعها الجغرافي وخصائصها المورفولوجية وعوامل تشكيلها.

٢. إلقاء الضوء على السمات الجيومورفولوجية المميزة لكل نوع من أنماط الأرساب الرملي والعوامل المسئولة عن تشكيلها. .

٣. إلقاء الضوء على الخصائص الحجمية والشكلية للأشكال الرملية المختلفة

٤. الوقوف على حركة الكثبان الرملية والأشكال الرملية الأخرى والأخطار المرتبطة بها.

مناهج وأساليب الدراسة:

إعتمد الباحث في دراسته على **المنهج الإقليمي** وهو أنسب المناهج لدراسة انماط عديدة للظاهرات الجيومورفولوجية في منطقة محددة،وهي قاع منخفض كبير، ويهدف هذا المنهج إلى تمييز أنماط الظاهرات الموجودة بقاع منخفض الخارجة من حيث توزيعها وخصائصها المختلفة، مع إلقاء الضوء على ظروف نشأتها ومراحل تطورها، بالأضافة إلى استخدام **المنهج التحليلي** لتحليل كافة جوانب الأشكال الرملية وتفاعلاتها المكانية مع بقية العناصربمنطقة الدراسة .

وإعتمد إعداد البحث على عدة طرق منها إجراء الدراسة الميدانية وعلى البيانات الإحصائية والرقمية من خلال القياسات الحقلية الدقيقة، واعتمد البحث على أسلوب التحليل منها التحليل المعملي للتعرف على خصائص حجم الحبيبات ومعامل التصنيف وخصائص شكل الحبيبات من حيث الأستدارة والكروية، والمعالجة الكمية للبيانات، وإعداد الرسوم البيانية باستخدام برنامج exel 10 وبرنامج spss2، ورسم الخرائط باستخدام برنامج arc gis10.3 وبرنامج corel draw x7.

مشكلة البحث:

تكمن مشكلة البحث في عدة تساؤلات من أهمها :.

١. ما الضوابط المتحكمة فى في نشأة وتشكيل أنماط الرمال بمنطقة الدراسة؟

٢. هل للخصائص المورفولوجية والجيولوجية والمناخية تأثير؟

٣. هل تتسم الأشكال الرملية بخصائص حجمية وشكلية متشابهة؟

٤. ما مصادر تذويد الأشكال الرملية بالرواسب في المنطقة؟

٥. ماهي طرق الحد من حركة الكثبان الرملية وحماية الأنشطة البشرية المختلفة؟

مصادر البحث:

إعتمد البحث في المقام الأول على الدراسة الميدانية بعد فحص وتحليل الاطلس الجيولوجي لجنوب الصحراء الغربية ١/٥٠٠.٠٠٠ لسنة ٢٠٠٥، والخريطة الجيولوجية مقياس ١/٥٠٠.٠٠٠ من إصدار كونكو كورال (١٩٨٧)، والخرائط الطبوغرافية المختلفة المقياس، والصور الجوية ١/٥٠.٠٠٠، والمرئيات الفضائية من نوع E.T.M والتي تبلغ قيمة التميز المكاني لنطاقاتها ٣٠م ، والمرئيات الفضائية images for GeoEye1 satellite داخل برنامج Terra Incognita v2.45 وبرنامج Sas Planet ،كما استخدمت نماذج الارتفاعات الرقمية من STRM الأصدار الثالث بدقة ٣ متر، ومن ثم أمكن التعرف على أنماط الأشكال الرملية السائدة وقياس الأبعاد المورفومترية لعدد من الكثبان الرملية الطولية والهلالية والنباك، ومسح مجموعة من القطاعات العرضية على الأشكال الرملية السائدة، مثل الكثبان الكثبان الرملية الهلالية، والكثبان الطولية، ، والتموجات الرملية، والفرشات الرملية والنباك، لتتبع التغيرات التي طرأت عليها خلال الفترات الزمنية المختلفة، بالإضافة تحديد مواضع العينات وتسجيل الملاحظلات والتقاط الصور الفوتوغرافية.

الدراسات السابقة:

هناك العديد من الدراسات التي أهتمت بدراسة الأشكال الرملية وأنماطها المختلفة، وقد شملت التوزيع الجغرافي للأشكال الرملية وأنماطها وأبعادها وانحدارتها وحركتها واتجاهاتها، ومن أهم هذه الدراسات:-

١. **دراسات غير عربية:-**

- **دراسة (Bagnold, 1941)** : بعنوان "فيزياء الرمال المثارة والكثبان الرملية الصحراوية"، والتي لا تزال من أهم الدراسات التي تناولت الكثبان الرملية وديناميكيتها، وميز فيها بين نوعين من الكثبان الرملية: الكثبان الهلاية، والكثبان الطولية.

- **دراسة (Fryberger,1978)**: بعنوان " تقنيات وأساليب لتقييم حركة الرمال في الصحاري" وتناولت استخدام تقنيات واساليب علمية لدراسة الأشكال الرملية وأنماطها وأبعادها، وحركة الكثبان الرملية والحد منها .
- **دراسة(Lancaster,1995)**: بعنون " جيومورفولوجية الكثبان الرملية "، وتناول خلالها كيفية تكوين الكثبان الرملية، ومقدار تغيرها، وأهميتها البيئية من خلال تحليل أنواع الكثبان الرملية وأنماطها وأبعادها، ورواسبها وديناميا تها وعملياتها على مستويات زمنية ومكانية مختلفة.
- **دراسة (Pye &Tsoar,2008)**:بعنوان " الرمال الهوائية والكثبان الرملية" وتناولت دراسة الكثبان الرملية وأشكالها وأنماطها وتحليل رواسبها وخصائصها الترسيبية والجيوكيميائية.
- دراسة **(Zheng,2009)**:بعنوان "ميكانيكية حركة الرمال بواسطة الرياح " وتناول خلالها النمذجة النظرية والمحاكاة الحسابية لرصد حركة الرمال، والمشاكل البيئية المتعلقة بحركتها .
- **دراسة (Hugenholtz et al.,2012)** تطبيق تقنيات الاستشعار عن بعد والتحليل المكاني لدراسة توزيع الكثبان الرملية ومراقبة حركتها.
- دراسة **(Azzaoui,etal.,2019)** عن مراقبة حركة الكثبان الرملية الطولية والهلالية باستخدام تقنية استخدام صور الأقمار الصناعية.

٢. **دراسات عربية:**

- دراسة**(أمبابي ،١٩٧٩)**: عن حركة الكثبان الرملية الهلالية وأثرها على العمران والتعمير في منخفض الخارجة.
- دراسة **(تهامي،٢٠٠٠)**: عن حركة الرمال شرقي قناة السويس وتأثيرها على النشاط البشرى.

- **(دراسة عبدالله،٢٠٠٥)**عن الأشكال الرملية شرق بحيرة البردويل دراسة جيومورفولوجية، وتناولت أبعاد الكثبان الرملية والسمات المورفومترية لسفوح الكثبان، والعوامل والعمليات المسئولة عن تكوينها.
- **دراسة (صالح ،٢٠١٠)**، عن الأشكال الرملية ومخاطرها بمنطقة الكوامل (سوهاج)، وتناولت دراسة أنواع الأشكال الرملية، وتوزيعها الجغرافي، والسمات المميزة للأشكال الرملية، والوقوف على حركة الكثبان الرملية.

محتويات البحث:

يتناول البحث الأنماط الرملية الممثلة في مجموعات الأشكال الرملية المتكررة والتي تعطينا في النهاية صورة الأنماط، وأقتصرت الدراسة على الأنماط المتكررة فقط في قاع منخفض الخارجة ،وذلك على النحو التالي:-

أولاً:الخصائص الطبيعية العامة لمنطقة الدراسة.

ثانياً:أنماط الكثبان الرملية وخصائصها.

ثالثاً: أنماط النباك وخصائصها .

رابعاً: أنماط التموجات الرملية وخصائصها ..

خامساً: الفرشات الرملية وخصائصها العامة.

سادساً: عوامل تكوين الأشكال الرملية بمنطقة الدراسة.

سابعاً :الأخطار المرتبطة بالأشكال الرملية بالمنطقة.

وفيما يلي دراسة لكل عنصر من هذه العناصر على النحو التالي:-

أولاً:-الخصائص الطبيعية العامة لمنطقة الدراسة:

١. الخصائص الجيولوجية العامة:

ترجع أقدم الصخور المكشوفة على سطح المنطقة إلى عصر الكريتاسي، وتمتد التكوينات عبر الأزمنة والعصور حتى تصل إلى الزمن الرباعي ممثلة في عصري البلاييوستوسين والهولوسين، وفيما يلي عرض لهذه التكوينات من الأقدم إلى الأحدث كما يلي:-

أ-تكوينات الكريتاسي الأعلى:

تمثل هذه الصخور الأساس القاعدي الذي ترسبت فوقه الصخور الرسوبية خلال العصور الجيولوجية المختلفة، كما تمثل جزءاً من الكتلة العربية الأفريقية التي فصل بينها أخدود البحر الأحمر، ونمت فوقها أراضي شبه الجزيرة العربية وشمال أفريقيا. وتنقسم تكوينات الكريتاسي الأعلى بمنطقة الدراسة إلى خمسة تكوينات على النحو التالي:.

١) -**تكوين صبايا** :- يتألف من حجر رملي ذو حبيبات متوسطة إلى خشنة مع تداخلات من الحجر الرملي ذو اللون الأبيض عند القاعدة مع طبقة من التربة القديمة(الأطلس الجيولوجي لجنوب الصحراء الغربية،٢٠٠٥،ص٢٨).

٢) -**تكوين مغربي**:يتكون في معظمه من رواسب طينية متوسطة الصلابة تتميز بألوانها الحمراء والتي ترجع إلى احتوائها على أكاسيد الحديد مع السلت.

٣) -**تكوين طارف**: تتألف صخوره من الحجر الرملي ذو حبيبات ناعمة إلى متوسطة الحجم ذو نشأة هوائية ونهرية وتتداخل معها أشرطة من السلت الرملي، وينقسم تكوين طارف إلى طبقتين إحدهما سفلى من طبقات الحجر الرملي مع تداخلات سلتية وطفلية وبها رخويات المياه العذبة مما يدل على ترسيب تكوين طارف في بيئة مائية، وأخرى علوية ممثلة لكثبان شاطئية تم تقطيعها بمجاري نهرية مضفرة (Abd Rabboh,1995,.p.13) .

٤) -**تكوين قصير**: يتكون من طبقات متعاقبة الحجر الطيني الضارب للأحمرار بسمك ٣٠ متر وحجر رملي كلسي متعدد الألوان في صورة طبقات متداخلة من طين رملي وطفل في الجزء العلوي .

٥) **-تكوين ضوي:** يتألف من طبقات من الفسفورايت مفصولة عن بعضها البعض بالطين والمارل والدلوميت مع حجر رملي وطفل رمادي مع طبقات دولوميتية تحتوى على محار، ويمتد على طولي شرق قاع المنخفض بجوار الحافة الشرقية لمنخفض الخارجة(Abd Rabboh,1995, p.15 .).

ب-تكوينات الباليوسين:

١) **-تكوين الداخلة:** يتألف هذا التكوين من الطفل مع تداخلات كلسية وطينية وحجر طيني مع طبقات غنية بسيليكات البوتاسيوم الحديدية يقع فوق رواسب الفوسفات من تكوين ضوي وأسفل تكوين كُركُر

٢) **-تكوين طروان:** يتألف من طبقات طباشيرية بيضاء نقية ورمادية مع تداخلات من الحجر الجيري الطباشيري الأبيض، والحجر الرملي المارلي، كما يحتوي على أحزمة من المارل وثنايا من الشيرت كما يتألف من الطفل والجبس الذي يشكل عروقاً للطفل من القمة إلى القاعدة، ويختفي هذا التكوين اسفل الكثبان الرملية بمنطقة الدراسة.

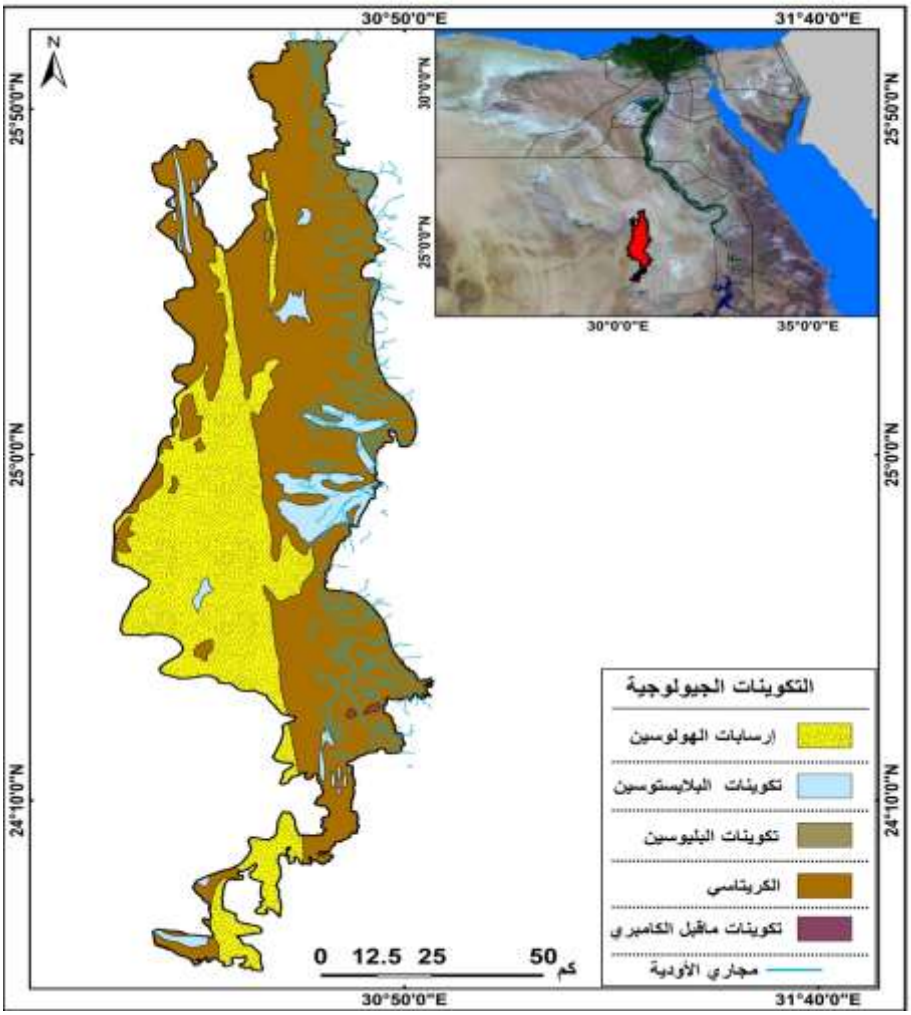
جـ - تكوينات البلايستوسين:

تغطي تكوينات الزمن الرابع مساحة كبيرة من منطقة الدراسة، وتتمثل في رواسب البلايا والكثبان الرملية، وهي عبارة عن رواسب سطحية تتألف من الحصى والحصباء وبعض الغطاءات الرملية القليلة السمك والطمي والصلصال، كما تتألف من قطع من الحجر الجيري المختلطة في كثير من الأحيان بطبقات الشيرت متماسكة بخليط من الرمال مع تداخلات من الطين.

د..تكوينات الهولوسين:

وتتمثل هذه التكوينات في رواسب طمي النيل الحديث والذي يتألف من الطمي والمارل والصلصال والرمال الناعمة المنتشرة في نطاقات مختلفة من منطقة الدراسة، والرواسب الريحية

والتي تتألف من رمال ناعمة تتميز رواسبها بالتجانس في شكلها وحجمها كما يتضح من شكل (٢).



المصدر : من عمل الباحث إعتماداً على خريطة كونكو مقياس ١/٥٠٠٠٠٠٠ عام ١٩٨٧، الأطلس الجيولوجي لجنوب الصحراء الغربية ١/٥٠٠٠٠٠ عام ٢٠٠٥

شكل (٢) التكوينات الجيولوجية السطحية بمنطقة الدراسة.

هـ -الصدوع:

ساهمت الصدوع فى إضعاف سطح المناطق المرتفعة بمنخفض الخارجة أمام عوامل التعرية ،فهناك العديد من الصدوع والطيات ذات الاتجاهات المتباينة والتي اثرت على الشكل العام لقاع المنخفض، كما توجد صدوع تأخذ اتجاه شمال غربي/جنوب شرقي تتحكم في اتجاه محاور الكثبان الرملية في منخفض الخارجة بوجه عام وفي قاع المنخفض بوجه خاص.

و-الطيات:

يوجد ثلاث أنظمة ألتوائية تتجه محاورها عامة من الشمال إلى الجنوب متضمنة طية وسط قاع المنخفض وطية شرقية، وطية غربية ، وتتمثل في شكل سلسلة من الطيات المحدبة الغاطسة كما تسود بعض الفواصل الشمالية/شمالية غربية ، والجنوبية/جنوبية شرقية، والتي تؤثر بشكل كبير على الأشكال التضاريسية التي تحيط قاع المنخفض ويمتد تأثيرها ليشمل الأشكال الرملية بقاع المنخفض(Abd Rabboh,1995,. p.23) .

وتعمل الطيات على رفع طبقات صخرية رسوبية إلى أعلى فتجعلها أكثر عرضة للنحت ونقل رواسبها إلى قاع المنخفض.

٢. العناصر المناخية:

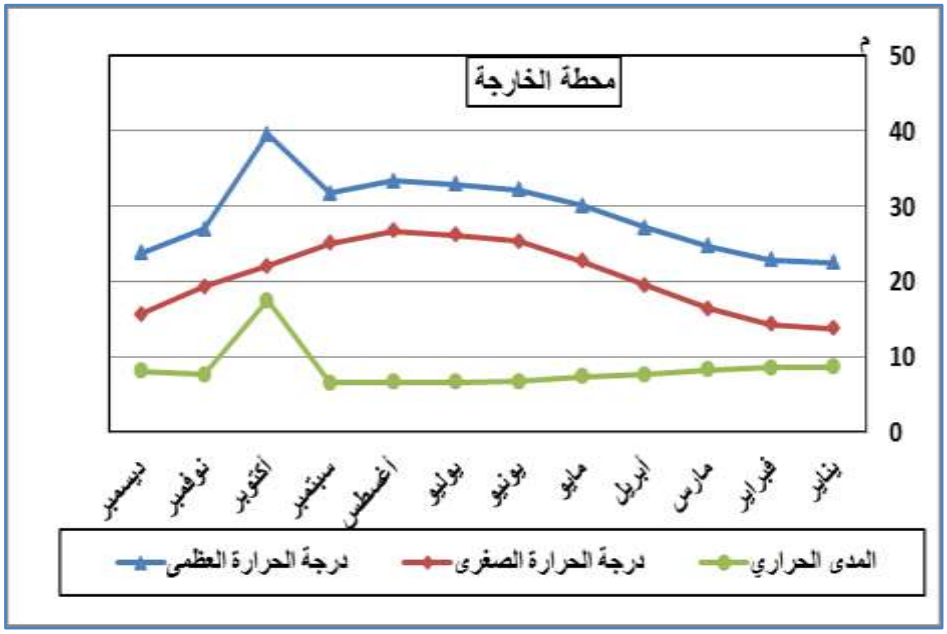
سوف تقتصر الدراسة على العناصر المناخية المؤثرة على الأشكال الرملية بمنطقة الدراسة، وهي عنصري الحرارة والرياح في ضوء البيانات المناخية لمحطة الخارجة في الفترة (١٩٨٠-٢٠٠٦)، وذلك على النحو التالي:-

أ- **الحرارة:**

- تعد الحرارة أحد أبرز العناصر المناخية تأثيراً بمنطقة الدراسة وذلك نظراً لوقوعها ضمن الإقليم الصحراوي الجاف الذي يتسم بالارتفاع في درجات الحرارة وسيادة ظروف الجفاف.

- يتراوح متوسط درجة الحرارة بين ١٨.١ ْم خلال شهر يناير، ٣٠.١ خلال شهر أغسطس، كما يصل المتوسط السنوى للحرارة إلى حوالي ٢٤.٤ ْم .

- كما يتميز مناخ منطقة الدراسة بارتفاع المدى الحراري حيث يبلغ متوسطه السنوي حوالي٨.٤°م، ويشير ذلك إلي تأثر منطقة الدراسة بالمناخ القاري، وبعدها عن تأثير البحر المتوسط، وندرة الغطاء النباتي، وانخفاض الرطوبة النسبية، ويتفاوت المدى الحراري خلال شهور السنة، حيث يبلغ أعلى معدل له خلال شهور أكتوبر ١٧,٥°م، بينما يعتبر شهر سبتمبر أدنى معدل للمدى الحراري حيث يبلغ ٦.٦° م، كما يتضح من شكل (٣).



المصدر الهيئة العامة للارصاد الجوية ،بيانات غير منشورة للفترة (١٩٨٠-٢٠٠٦)

شكل (٣) المتوسط الشهري للحرارة والنهايات العظمى والصغرى والمدى الحراري بمحطة الخارجة(١٩٨٠-٢٠٠٦)

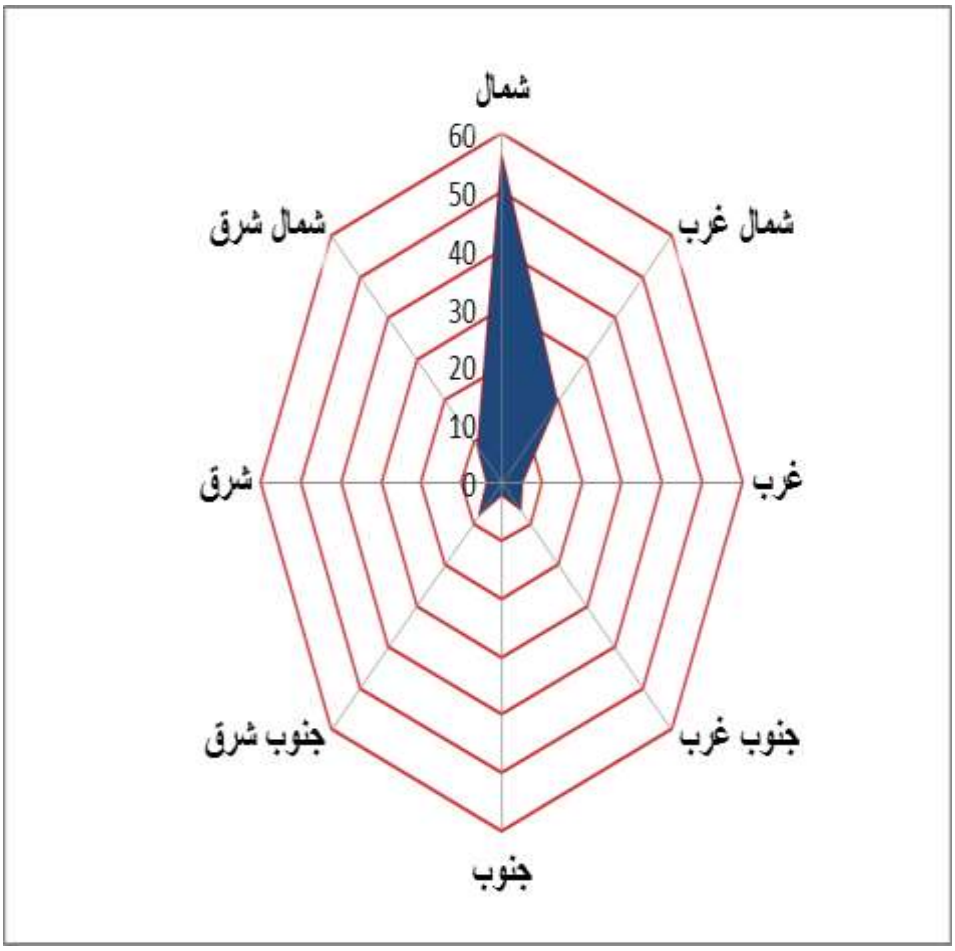
وتكمن أهمية دراسة عنصر الحرارة في مدى مساهمتها خلال فصل الصيف في سرعة تبخر الرطوبة التي قد تتكثف علي أسطح الكثبان الرملية، الأمر الذي يجعلها جافة ومفككة،وهذا يساعد علي تحركها، بالإضافة إلي أرتفاع درجات الحرارة التي تؤدي إلي زيادة التبخر لأي رطوبة بالمنطقة.

ب- الرياح:

- تهب الرياح على منطقة الدراسة من جميع الاتجاهات، ولكنها تتفاوت في نسب هبوبها من اتجاه لآخر كما يتضح من شكل (٤)، كما تختلف سرعتها بشكل واضح ويصل تأثيرها إلى جميع أجزاء قاع المنخفض.

- تعد الرياح الشمالية والشمالية الغربية والغربية هي الرياح السائدة بمنطقة الدراسة حيث يقدر المتوسط السنوي لهبوبها ٥٣.٥% من جملة هبوب الرياح، وهذا الاتجاه يتمشى مع الاتجاه العام لمحاور أنماط الاشكال الرملية بالمنطقة.

- تختلف نسب هبوب الرياح من فصل إلى آخر حيث تزداد نسب هبوب الرياح الشمالية والشمالية الغربية خلال فصل الصيف وهذا يتفق مع الاتجاه العام للكثبان الرملية بمنطقة الدراسة، في حين تزداد نسب الرياح الجنوبية والجنوبية الغربية في فصل الشتاء ، وهذا التباين في الأتجاه يعمل على إيجاد أنماط إرسابية مختلفة في أماكن متباعدة.



المصدر الهيئة العامة للارصاد الجوية ،بيانات غير منشورة للفترة (١٩٨٠-٢٠٠٦)

شكل(٤) النسب المئوية لاتجاهات هبوب الرياح بمنطقة الدراسة.

- ومن دراسة جدول (١)، وشكل(٣) عن المعدلات الشهرية والفصلية لسرعة الرياح بمحطة الخارجة، يتضح أن متوسط سرعة الرياح السنوية بمنطقة الدراسة يبلغ١٢.٩كم/الساعة، ويلاحظ أن أعلى سرعة للرياح سجلت كانت بفصل الخريف١٣.٩ كم/الساعة، بينما يقل متوسط السرعة في فصل الخريف ليصل هذا المتوسط إلى ١١.٨ كم/الساعة.

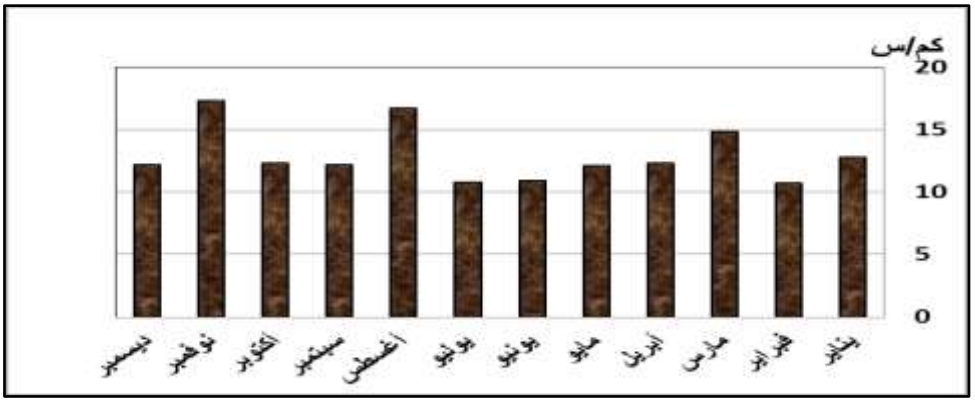
جدول(١) المعدلات الشهرية والفصلية والسنوية لسرعة الرياح السطحية في المنطقة (كم/ساعة).

الفصول	الشهور	سرعة الرياح(كم / ساعة)		المتوسط الشهري	المعدل الفصلي
الشتاء	ديسمبر	١٠-١	٨.٤	١٢.٨	١٢.٨
		١١فأكثر	٤.٤		
	يناير	١٠-١	٩.٩	١٠.٧	
		١١فأكثر	٥.٧		
	فبراير	١٠-١	٩.٥	١٤.٨	
		١١فأكثر	٥.٣		
الربيع	مارس	١٠-١	٨.٨	١٢.٣	١١.٨
		١١فأكثر	٣.٥		
	ابريل	١٠-١	٨.١	١٢,١	
		١١فأكثر	٤		
	مايو	١٠-١	٧.٩	١٠.٩	
		١١فأكثر	٤.٥		
الصيف	يونيو	١٠-١	٥.٦	١٠.٨	١٣.٢
		١١فأكثر	٥.٣		
	يوليو	١٠-١	٩.١	١٦.٧	
		١١فأكثر	٧.٦		
	أغسطس	١٠-١	٩.١	١٢.٢	
		١١فأكثر	٣.١		
الخريف	سبتمبر	١٠-١	٧.٥	١٢.٣	١٣.٩
		١١فأكثر	٤.٨		
	أكتوبر	١٠-١	٨.٦	١٧.٣	
		١١فأكثر	٨.٧		
	نوفمبر	١٠-١	٩.٢	١٢.٢	
		١١فأكثر	٣		
المتوسط السنوي	-	١٠-١	٨,٥	١٢.٩	١٢.٩
		١١فأكثر	٥		

الجدول من إعداد الباحث إعتماداً على الهيئة العامة للارصاد الجوية ،بيانات غير منشورة للفترة (١٩٨٠-٢٠٠٦).

- بلغ متوسط سرعة الرياح خلال فصل الشتاء ١٢.٨كم/الساعة، في حين بلغ المتوسط العام لسرعة الرياح ١١.٨ كم/س خلال فصل الربيع وهو أقل متوسط خلال فصول السنة، وبلغ المتوسط العام لسرعة الرياح ١٣.٢كم/س خلال فصل الصيف، في حين بلغ متوسط السرعة ١٣.٩كم/س في فصل الخريف وهو أعلى متوسط خلال فصول السنة، كما يتضح من شكل (٥).

- تتباين سرعة الرياح الشهرية سرعة الرياح الشهرية من شهر لآخر خلال العام فبلغت أقصاها خلال شهر أكتوبر ١٧.٣بمعدل كم/س، أما أقل معدل خلال فصول السنة كان خلال شهري يناير١٠.٧كم/س، ويونيو ١٠.٨ كم/س.



المصدر من إعداد الباحث إعتماداً على جدول (١)

شكل(٥) سرعة الرياح بمنطقة الدراسة.

- تشكل الرياح التي تتراوح سرعتها مابين ١-١٠كم/ س والتي تهب في معظمها في الأتجاه الشمالي والشمالي الغربي ٦٢,٢% ، ٧٦.١% على الترتيب وهي رياح محدودة الأهمية بالنسبة لتكوين ونمو وحركة الكثبان الرملية بمنطقة الدراسة، في حين تشكل الرياح التي تزيد سرعتها عن ١١كم/س في الاتجاه الشمالي والشمال الغربي نسبة ضئيلة تقدر بنحو ٣٧.٨% ، ٢٣.٩% وهي الرياح المسئولة عن تكوين وحركة الكثبان والسفي والتراكمات الرملية.

تكمن أهمية الرياح في أنها المسئولة عن تكوين وحركة الرمال وتجميعها في مساحات شاسعة، وتشكيل الأنماط الرملية المختلفة بقاع المنخفض، كما أنها مسئولة عن توجيه محاور الكثبان الرملية حيث تتفق إتجاهات محاورها مع اتجاهات الرياح.

ثانياً-أنماط الكثبان الرملية وخصائصها:

تعد الكثبان الرملية من أهم ملامح السطح المميزة لقاع منخفض الخارجة،حيث تتكون في ظل ظروف بيئية متعددة توافرت جميعها في منطقة الدراسة أهمها توافر مصادر الرمال المكونة للكثبان، والمناخ الجاف، وتعدد نظم الرياح السائدة، وطبيعة التضاريس المحلية في المنطقة ، ولدراسة الخصائص المورفولوجية للكثبان الرملية بمنطقة الدراسة تم تناولها تبعاً لأنماطها المختلفة وأبعادها وخصائصها الشكلية والحجمية.

١. **الكثبان الطولية:**

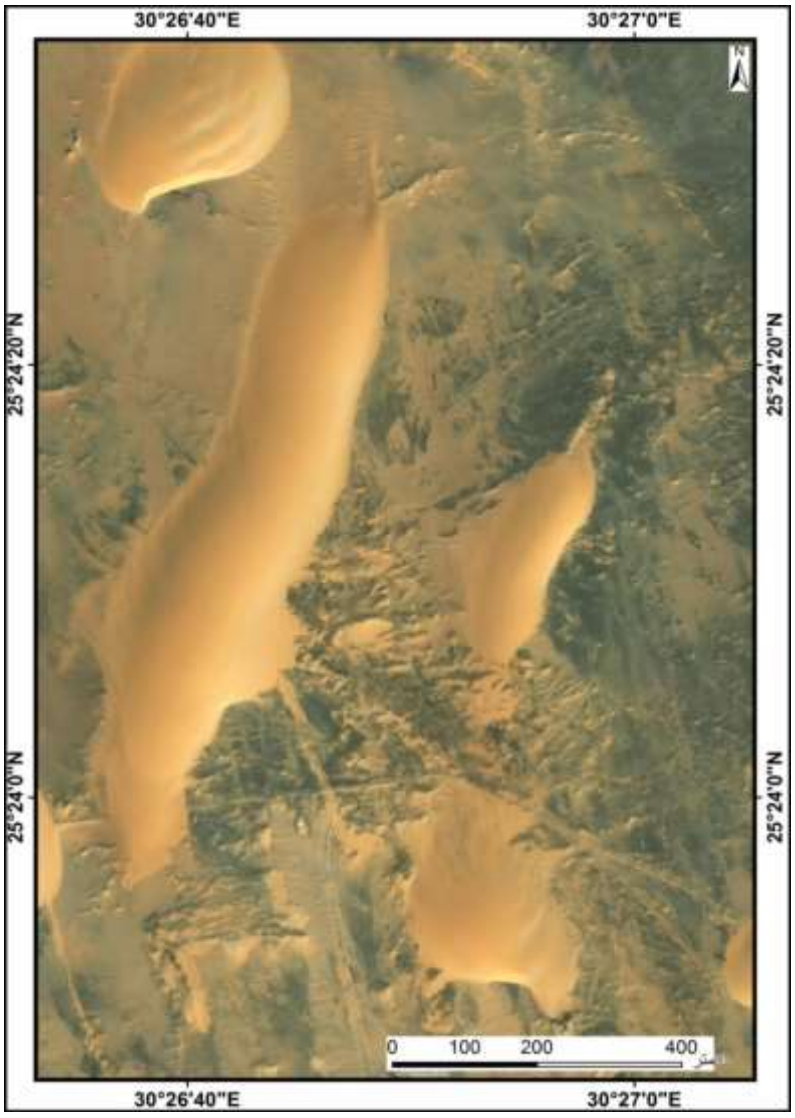
الكثبان الطولية هي تلك الأشكال الرملية التي يزيد طولها عن عرضها بكثير، وهي ذات جانبي انحدار يلتقيان في قمة واحدة، ويتسم بأن له جانبين ينحدران في اتجاهين متضادين ويلتقيان في قمة حادة، عادة ما تكون منبعجة بامتداد المحور الطولي للكثيب(إمبابي وآخرون، ١٩٨٣، ص٨٨).

وتعرف هذه الكثبان أيضاً باسم كثبان السيف، وذلك لأن القمة التي يلتقي عندها الجانبان تكون حادة، كما تتسم قمم الكثبان الطولية في منطقة الدراسة بكثرة التعرج، بسبب التغير الموسمي في اتجاه الرياح السائدة، كما تنخفض قمم الكثبان في بعض المواضع بسبب الإزالة نتيجة للاتجاه المعاكس للرياح حيث تبدو وكأنها عبارة عن قمم منفصلة عن بعضها البعض.

صورة (١) الكثبان الرملية الطولية وتعرج قممها بسبب التغير الموسمي في اتجاه الرياح.

ويمكن تمييز ثلاث أنماط من الكثبان الطولية:

النمط الأول: هو عبارة عن كثبان طولية معقدة ويكون اتجاهها العام يوازي اتجاه الرياح السائدة حيث تمتد صوب الشمال والشمال الغربي تاركة فيما بينها اراضي ما بين الكثبان خالية من الرمال، أوتتصل فيما بينها في مناطق أخرى بتراكمات رملية أو فرشات كما يتضح من الصورة الفضائية (٢).

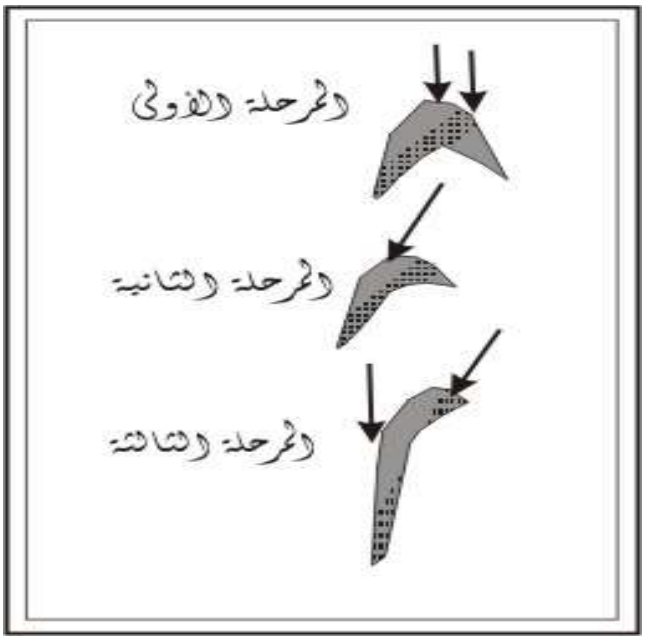


المصدر :- المرئيات الفضائية / بالاعتماد على مرئيات 1-Imagery Online In ArcGis -

2-Images for GeoEye1 - SAS Planet and Terra Incognita Program. satellite

صورة فضائية (٢) توضح نمط الكثبان الطولية المعقدة ذات القمم المحدبة.

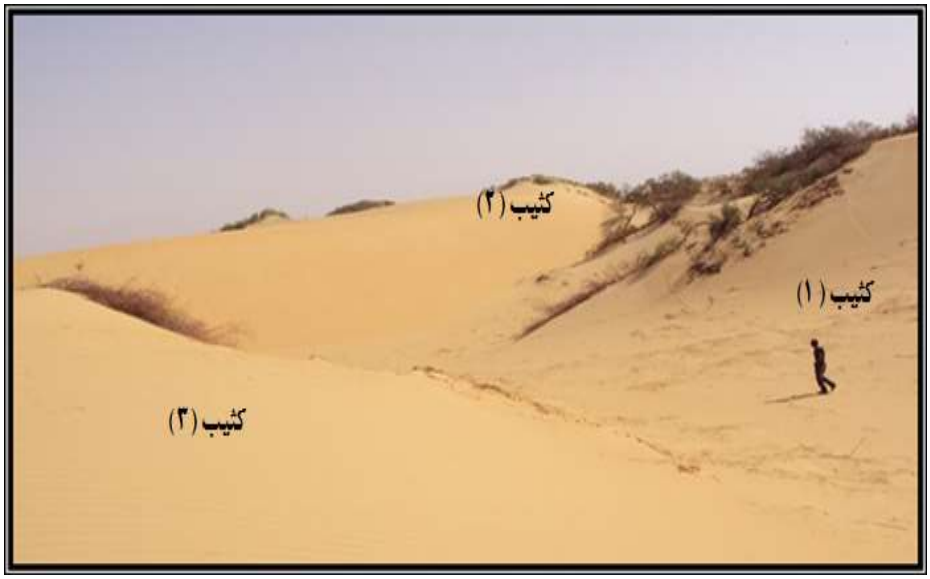
النمط الثاني :فيطلق عليه **الكثبان االمتحولة عن الهلالية المتطورة**، وتبدأ هذه الكثبان الطولية دورة حياتها الجيومورفولوجية بكثبان هلالية في الأصل، حيث يتعرض الكثيب الهلالي في بعض الأحيان لرياح جانبية، تتقاطع مع الاتجاه العام للرياح السائدة، لذا فإن أحد جانبيه يصبح أكثرطولاً من الجانب الآخر، فإذا ما تكرر هبوب الرياح الجانبية استمر الجانب الأطول في النمو والاستطالة مكوناً هذا النمط من الكثبان الطولية كما يتضح من الصورة الفضائية (٤) والشكل (٦).



شكل(٦) مراحل تغير وتحول الكثيب الهلالي إلى كثيب طولي.

النمط الثالث: وهي **الكثبان الطولية المتشعبة** والتي تتكون نتيجة التحام أو تفرع بعض الكثبان الطولية بزاوية حادة لتكون كثيباً واحداً، ويرجع تكوين هذا النمط من الكثبان الطولية إلى خشونة السطح المتمثل في السهول الحصوية، والخصائص الطبوغرافية، ومدى التباعد بين الكثبان الطولية بالدرجة التي تسمح لتعديل مورفولوجية الكثيب ليتوافق مع اتجاه الرياح الشمالية والشمالية الغربية السائدة وكذلك ظروف الارساب بقاع المنخفض كما في الصورة الفضائية (٥).

وتتوزع الكثبان الطولية في النطاق الجنوبي لمنطقة الدراسة حيث تمتد متأثرة بطبوغرافية الأرض التي تتسم بالاستواء ،ويمكن تصنيفها على أنها من النوع الطولي ذات قمم محدبة تغطيها النباتات كما في صورة (٣)، أو كثبان ذات قمم حادة قادرة على الحركة لعدم نمو النباتات بها ولذلك يطلق عليها الكثبان الخالية من النباتات(Wang,etal.,2012,p.1265).



صورة(٣) كثبان طولية ذات قمم محدبة تغطيها النبات.

أما النطاق الاوسط لقاع المنخفض فتتوزع الكثبان الطولية في مواقع مختلفة، وتتكون نتيجة لعدة عوامل أهما الرياح الشمالية والشمالية الغربية السائدة بمنطقة الدراسة، وتمتد معظم الكثبان الطولية في هذا النطاق بطريقة متوازية في بعض الأحيان، أو تندمج حافاتها مع بعضها البعض مكونة حافة واحدة في أحيان أخرى، غير أنه في بعض الأحيان تفقد الكثبان استقامتها وتتعدد وتتعرج فوقها القمم عندما تنتهي إلى عائق طبوغرافي، وفي النطاق الشمالي لقاع المنخفض تمتد الكثبان الطولية بشكل أقل في الطول من النطاقين السابقين، كماتختلف في كل موقع من حيث الامتداد والاتجاه والشكل، وتنتشر في هذا النطاق نمط الكثبان الطولية القصيرة

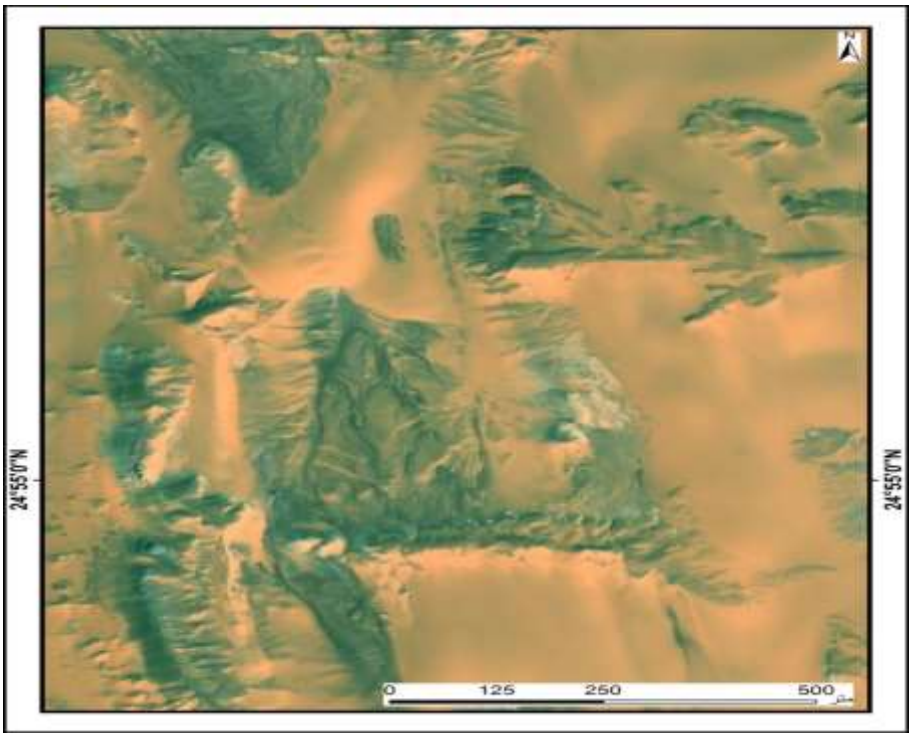
المتطورة من الكثبان الهلالية، كما تنتشر الكثبان الهلالية المعقدة ولكن بشكل أقل من النمط السابق.

المصدر:- المرئيات الفضائية بالاعتماد على مرئيات Imagery Online In ArcGis -1

2-Images for GeoEye1 -SAS Planet and Terra Incognita Program.

satellite

صورة فضائية (٤)نمط الكثبان الطولية المتحولة عن الكثبان الهلالية.



المصدر :- المرئيات الفضائية بالاعتماد على مرئيات 1-Imagery Online In ArcGis -

2-Images for GeoEye1 -SAS Planet and Terra Incognita Programe

satellite

صورة فضائية (٥)توضح نمط الكثبان الطولية المتشعبة بقاع المنخفض.

ومن خلال فحص المرئيات الفضائية والخرائط الطبوغرافية، والقياسات الميدانية اتضح أن الكثبان الطولية تتوزع في مواقع متعددة بمنطقة الدراسة مما يعطيها هيئة الأنماط التي يطلق عليها أنماط الكثبان الطولية، حيث تم قياس أبعاد مجموعة من الكثبان الطولية بهدف

التعرف عليها وعلى خصائصها المورفومترية، كما يتضح من جدول(٢) وشكل (٧)، و تبين من خلالهما ما يلي:

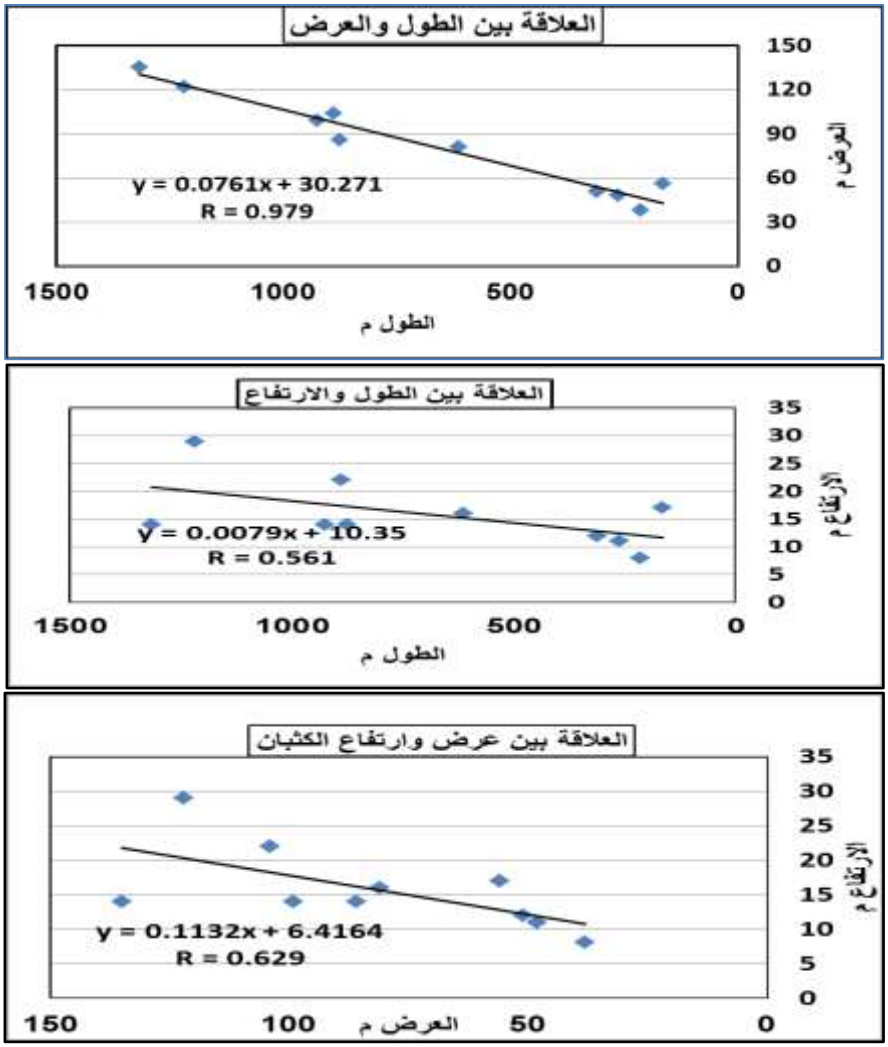
- تتخذ الكثبان الطولية في منطقة الدراسة شكل الحافات الرملية الطولية شبه المتوازية، وغالباً تكون الأراضي الفاصلة بينها مغطاة بالرمال، وتتراوح أطوالها بين ٢١٤ متراً و١٣١٧ متراً، ويبلغ متوسط الطول ٦٧٩.٤ متراً، بانحراف معياري قدره ٤٠٤.٢ لذ بلغ معامل الاختلاف ٥٩.٥% ، وهذا التباين متوسط بشكل عام وليس بالكبير مما يشير إلى نوع من التجانس النسبي.

جدول (٢)أبعاد الكثبان الرملية الطولية بقاع منخفض الخارجة.

موقع الكثيب	رقم الكثيب	الطول (م)	متوسط العرض(م)	الارتفاع(م)
النطاق الجنوبي	١	٨٩٠	١٠٤	٢٢
	٢	١٢١٨	١٢٢	٢٩
	٣	١٣١٧	١٣٥	١٤
	٤	١٦٥	٥٦	١٧
النطاق الأوسط	٥	٨٧٦	٨٦	١٤
	٦	٦١٤	٨١	١٦
	٧	٢٦٣	٤٨	١١
النطاق الشمالي	٨	٩٢٥	٩٩	١٤
	٩	٣١٢	٥١	١٢
	١٠	٢١٤	٣٨	٨
المتوسط	-	٦٧٩.٤	٨٢	١٥.٧
.المعياري	-	٤٠٤.٢	٣٣.٢	٦
معامل الاختلاف%	-	٥٩.٥	٤٠.٥	٣٨.٢

الجدول من حساب الباحث من خلال القياسات الميدانية وتحليل المرئيات الفضائية.

- يتراوح عرض الكثبان الطولية بين ٣٨متراً و ١٣٥ متراً بمتوسط ٨٢متراً ، وبانحراف معياري ٣٣.٢ ، ومعامل اختلاف ٤٠.٥% مما يدل على وجود تباين طفيف بين عرض الكثبان الطولية بمنطقة الدراسة.



شكل(٧) العلاقة الارتباطية بين أبعاد الكثبان الطولية منطقة الدراسة

- يتراوح ارتفاع الكثبان الطولية بين ٨ متر ، و ٢٩ متراً، بمتوسط ١٥ متراً ، وبانحراف معياري ٦، ومعامل اختلاف ٣٨.٢% مما يدل على التباين القليل للغاية بين ارتفاع الكثبان الطولية بالمنطقة.

- توجد علاقة طردية موجبة قوية بين أطوال الكثبان الطولية من جهة وعرضها وارتفاعها من جهة أخرى فكلما زادت أطوالها زادت قيم أبعادها المختلفة(العرض والارتفاع)، حيث بلغت قيم معامل الارتباط ٠.٩٧٩، ٠.٥٦١ على الترتيب.

- أن هناك علاقة طردية موجبة بين أرتفاع الكثبان الطولية وعرضها بلغت قيمتها ٠.٦٢٩، وهذا يعكس انه كلما زاد ارتفاع الكثبان زاد عرضها، وتتركز القيم حول خط الانحدار مما يدل على قوة هذه العلاقة .

وبصفة عامة يمكن القول بأن الكثبان الطولية بمنطقة الدراسة تتميز بكثافة عالية في المناطق التي تغطيها مقارنة بأراضي ما بين الكثبان والتي تغطيها فرشات رملية وسطوح حصوية خشنة ، لدرجة أنه يمكن ملاحظة صخور قاع المنخفض المكونة من من الحجر الجيري الطباشيري وقد ظهرت عليها الحزوز الناتجة عن الرياح وأثرفعلها في السطح الجيري.

١-الكثبان الرملية الهلالية:

تعد الشكل السائد للكثبان الرملية في منطقة الدراسة وذلك لتوافر عوامل تكوينها، والتي من أهمها سيادة الرياح الشمالية والشمالية الغربية، وتوافر مصادر الرمال التي تكون مفككة ومهيأة للنقل، وتتكون الكثبان الهلالية من جسم الكثيب الذي يتكون من جانب قليل الأنحدار في أتجاه الرياح ويسمى الكساح، وجانب آخر هو الجانب الحر للكثيب ويقع في ظل الرياح ويسمى الصباب(علي،٢٠٠١،ص ٦٨)، وعادة يلتقى الجانبان على طول حافة حادة، أو قد يلتقيان عند قمة الكثيب فى بعض الكثبان، ويقع الصباب في منصرف الرياح إما على أحد الذراعين إذا كان الكثيب ذو ذراع واحد أو بين ذراعين طوليين يعرفان باسم **قرنى الكثيب** اللذين يشيران إلى

اتجاه منصرف الرياح، وقد نشأ نتيجة لتباين سرعة الرياح عند أطرف الكثيب، ولذلك يتوقف طوله على سرعة الرياح ومدى انتظامها، وطبيعة التضاريس وحمولة الرياح من الرمال القادمة من بيئة تتوافر فيها الرمال الحرة التنقل، وغالباً ما يزيد طول إحداها عن الآخر(صالح، ٢٠٠٦، ص١٥).

أنماط الكثبان الهلالية:

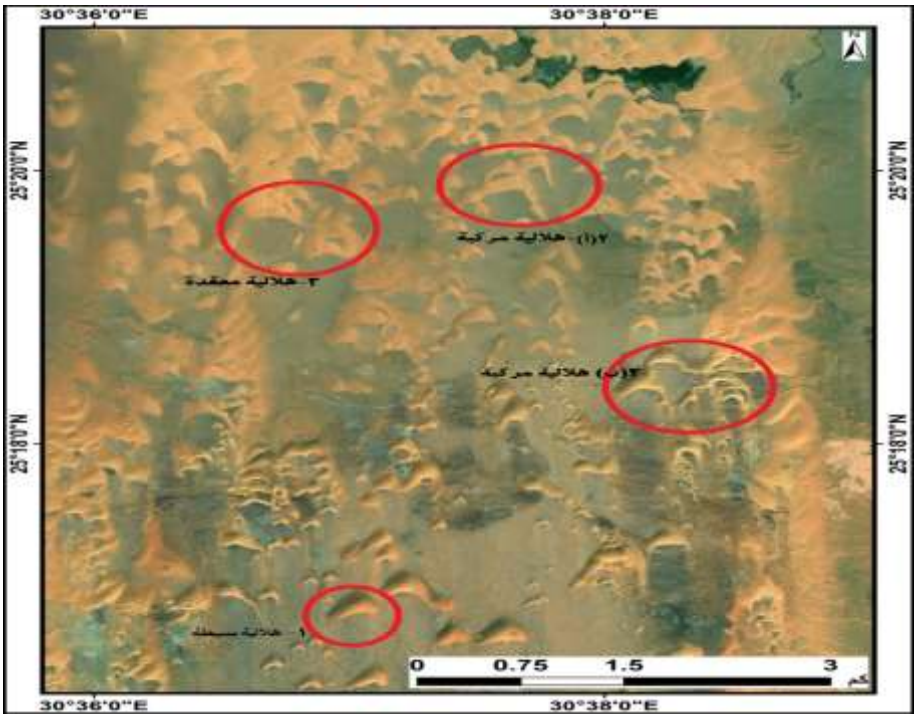
أ- **نمط الكثبان الهلالية البسيطة :**

تطورت هذه الكثبان عن أشكال قبابية أوبيضاوية لتأخذ الشكل الهلالي النموذجي، وهي كثبان منفردة لهاعدة خصائص أهمها أن لها جانبان منحدران فى اتجاهين متضادين، هما الجانب المواجه للرياح السائدة، ويكون لطيف الانحدار، يعرف باسم الكساح، ويتراوح انحدارها بين ١- ١٢°، ويغلب عليه الشكل المحدب المقعر، والجانب المظاهر للرياح، وهو شديد الانحدار نسبياً، ويعرف باسم الصباب، ويتراوح انحداره بين ٢٥°-٤٠°، ويسوده الشكل المستقيم، وغالباً ما يلتقي بسطح الأرض بوحدة انحدار مقعرة كما يتضح من صورة (٦).

صورة (٦) نمط الكثبان الهلالي البسيط بقاع المنخفض.

وقد تؤدي بعض العوامل إلى تعديل الشكل الهلالي البسيط النموذجي، مثل نمو النبات أمام أحد قرني الكثيب، مما يبطئ حركته ويطيل القرن الآخر، بالإضافة إلى موقع كل كثيب

بالنسبة للآخر، من حيث المسافة والاتجاه، إذ يؤدي اقتراب بعض الكثبان الرملية من بعض، وازدحامها إلى انتقال الرمال من أحدهما للآخر، بمعدلات أكبر مما لو كانت متباعدة ، وهذا يمثل عاملاً آخر من عوامل تعديل الشكل وإن كان هذا النمط قليل في أعداده في منطقة الدراسة كما يتضح من صورة (٧).



المصدر:- 1-Imagery Online In المرئيات الفضائية بالاعتماد على مرئيات ArcGis -

2-Images for GeoEye1 -SAS Planet and Terra Incognita Programe satellite

صورة(٧)الكثبان الهلالية بانماطها المختلفة بقاع منخفض الخارجة.

ب- نمط الكثبان الهلالية المركبة :

من أكثر أنماط الكثبان الهلالية انتشاراً في منطقة الدرسة، ويتكون هذا النمط من نوعين، **النوع الأول:** وينشأ عن التحام كثيب بآخر أو عدة كثبان معاً وعادة ما يكون أثنان أوثلاثة

كثبان، وغالباً مايكون الالتحام عند أحد قرني الكثيب، وتتعدد العوامل التي تؤدي إلى نشأة هذا النوع من الكثبان الهلالية، لكن أهمها: تباين معدلات الحركة التي تتقدم بواسطتها الكثبان في اتجاه منصرف الريح، فالكثبان الصغيرة تلحق بالكثبان الكبيرة، لأنها تتحرك أسرع، وقد يحدث العكس في حالة وجود عائق يقلل من حركة الكثبان الصغيرة (إمبابي، وعاشور، ١٩٨٣م، ص٨٢) فضلاً عن تغير أتجاه الرياح والذي من شأنه يخلق هذا النوع من الكثبان، وتنتشر في النطاق الجنوبي من من قاع المنخفض، أما **النوع الثاني** فيتكون من من كثيب كبير وعدد من الكثبان الصغيرة تقع أمام قرنيه، وفي هذا النوع تنفصل الكثبان الصغيرة من الكثبان الكبيرة، عن طريق إزالة الرياح لكميات من الرمال من قرني الكثيب، وإرسابها أمامه على هيئة كثبان قبابية، لا تلبث أن تتطور إلى الشكل الجنيني، ثم إلى الشكل الهلالي كما في صورة(٨) وينتشر هذا النوع من الكثبان في جنوب وشمال شرق النطاق الشمالي من قاع المنخفض كما يتضح من الصورة (٧).

صورة(٨) نمط الكثبان الهلالية المركبة.

ج- نمط الكثبان الهلالية المعقدة:

ويتكون هذا النوع من أكثر من قمة، وأكثر من جانب مظاهر للرياح، وقرون غير مدببة، يمتد بعضها بجوار بعض، بحيث يبتعد شكلها عن الشكل الهلالي وذلك نتيجة التحامها ببعض الكثبان الرملية الأخرى سواء من النوع نفسه أو من نوع آخر (Kocurek,etal.,2006, P.1397).

وأهم ما يميز هذه الكثبان أن ارتفاع بعضها يصل إلى أكثر من ٢٠م، وهذا يدل على أن هذه الكثبان تكونت خلال فترة زمنية طويلة، مع بطء معدل حركتها. ويمكن القول بأن هذا الشكل يميز مرحلة شيخوخة الكثبان الهلالية؛ إذ مما يحدد هذه المرحلة هو تراكم الكميات الهائلة من حبيبات الرمل غير المتجانسة (إمبابي، وعاشور، ١٩٨٣م، ص٨٥).

التوزيع المكاني للكثبان الهلالية:

تتوزع الكثبان الهلالية بإنماطها المختلفة في جميع نطاقات قاع منخفض الخارجة حيث يسود نمط الكثبان الهلالية البسيطة في جنوب غرب قاع المنخفض، في حين يسود نمط الكثبان الهلالية المركبة في في الجزء الغربي من النطاق الأوسط، والنطاق والجنوبي بالمنطقة بصفة رئيسية في النطاق الممتد بين قرية جناح وقرية الخرطوم، وقد ساعدت عدة عوامل على وجود بيئة مناسبة لتكوين الكثبان الهلالية بالمنطقة منها الانحدار البسيط واستواء السطح وهذا ما عكسته درجات الانحدار والتي تراوحت في معظمها ما بين صفر-٣ درجات ، في حين يوجد نمط الكثبان الهلالية المعقدة في الجزء الغربي من النطاق الشمالى،والجزء الشرقي من النطاق الجنوبي وتمتد على محور شمالي شرقي – جنوبي غربي من منطقة الدراسة.

الخصائص المورفومترية للكثبان الهلالية بالمنطقة:

تتباين الخصائص المورفومترية للكثبان الهلالية بقاع منخفض الخارجة، والتي يمكن أن نوجز أهمها من خلال دراسة مجموعة مكونة من ١٢ من الكثبان الهلالية بالمنطقة كما يتضح من الجدول (٣) وذلك على النحو التالي:-

- تتراوح أطوال الكساح بين ١٤.٥متراً، ٣١.٢ متراً بمتوسط عام ٢١.٢متراً ، وتتباين أطوال الصباب بين ٣.٨ متر ، و٦.٦ متر بمتوسط عام ٥ متر.
- تتسم قرون الكثبان الهلالية باتساقها بوجه عام نتيجة للتقارب الشديد بين أطوالها، حيث تتراوح أطوال القرون في جهة الغرب بين ٤.٨ متر، و١٨.٥ متراً بمتوسط عام ١٣,١ متراً، في حين تتراوح القرون في جهة الشرق بين ٣.٦ متر، ١٣.٤ متراً بمتوسط عام ٨.٥ متر.
- تتباين متوسط أطوال الكثبان الهلالية حيث يتراوح بين ٢٩ متراً ، و٤٢ متراً بمتوسط عام وصل إلى ٣٥.٢ متراً.
- يتباين عرض الكثبان الرملية ما بين ١٥.٢ متراً ، و٢٨ متراً ، بمتوسط عام وصل إلى ٢٠,٥ متراً، في حين تتباين إرتفاعات الكثبان الهلالية بين ٣.٢ متراً ، ٥.٢ متراً بمتوسط ٤ أمتار.

جدول (٣)الخصائص المورفومترية لبعض الكثبان الهلالية بقاع منخفض الخارجة.

أ.

م	طول الكساح (م)	طول الصباب (م)	القرن الغربي (م)	قرن الشرقي (م)	متوسط القرنين	لارتفاع	متوسط الطول(م)	متوسط العرض(م)
١	٢٦.٦	٤.١	١١,٥	٤.٣	٦.٤	٣.١	٣٦	١٧,٥
٢	٢٢.٣	٣.٨	١٤	٤	٩	٣.٥	٣٢	١٥,٥
٣	١٤.٥	٥.٥	١٦.٤	١٣.٤	١٤.٩	٤.٢	٢٩.٦	٢١.٢
٤	١٨.٤	٤.٤	١٩	١١.٥	١٥.٣	٣.٤	٣٣.٥	٢٦.٥
٥	١٦.٢	٤.٨	١٨.٥	٨.٩	١٧.٧	٤.٣	٣٩.٦	٢٨.٥
٦	١٩.٥	٦.٥	١٤.٩	١٢.٦	١٣.٨	٥.١	٣١.٤	٢٢.٦
٧	٢٤	٥.٢	١٢.٣	٩.٥	١٠.٩	٣.٨	٤١	١٩.٦
٨	٢١.٥	٤.٢	٤.٨	٣.٦	٤.٢	٣.٢	٣٢.٤	١٥.٢

٩	٢٦.٤	٥.٦	٩.٢	٦.٦	٧.٩	٤.٦	٣٦.٥	١٨.٣
١٠	١٨.٦	٣.٩	١١	٧.٥	٩.٣	٣.٧	٢٩	١٨.٥
١١	١٥.٤	٥.٤	١٦	١١	٢٣.٥	٣.٧	٣٨.٥	٢٣.٢
١٢	٣١	٦.٦	٩.٨	٨.٥	٩.٢	٥.٢	٤٢.٥	١٩.٦
توسط	٢١.٢	٥	١٣.١	٨.٥	١٢.٦	٤	٣٥.٢	٢٠.٥

الجدول من حساب الباحث من خلال القياسات الميدانية عام ٢٠١٦وتحليل المرئيات الفضائية.

الخصائص الحجمية والشكلية لرواسب الكثبان الرملية.

لتحديد خصائص رواسب الكثبان الرملية بمنطقة الدراسة، تم تحليل عشرعينات منها أربع عينات ممثلة للكثبان الطولية، وست عينات ممثلة للكثبان الهلالية، وقد روعي أن تكون هذه العينات ممثلة لكل من قمم الكثبان وقيعانها وأراضي ما بين الكثبان، وادرجت نتائج التحليل في جدول (٤)، وشكل(٧)، والتي يتضح منهما ما يلي:-

- تمثل فئة الرمل المتوسط ٢٢.٢%للكثبان الطولية ١٨.٨% للكثبان الهلالية ، أي أن الرمال المتوسطة والرمال الناعمة تمثل٨٨.٢. % من إجمالي عينات الكثبان الطولية ، ٩١.٣% من إجمالي عينات الكثبان الهلالية، مما يشير إلى أن الكثبان الرملية بقاع المنخفض تتكون في معظمها من الرمال المتوسطة والناعمة ومن ثم تستطيع الرياح تحركها من مكان إلى آخر وهذا يوضح سبب تحرك الكثبان الرملية باستمرار نتيجة لهبوب الرياح عليها.

جدول(٤) نتائج التحليل الميكانيكي لرواسب الكثبان الرملية بقاع منخفض الخارجة

الخصائص / موقع العينات	رمل خشن جداً	رمل خشن	رمل متوسط	رمل ناعم	رمل ناعم جداً	طمي وصلصال	الوزن الإجمالي	معامل الالتواء	معامل التفلطح
عينة ١ كثيب طولي	–	١٦.٥	١٩.٥	٢٤	١٩.٢	٢٠.٨	١٠٠	-٠.٤٣	١.٢
عينة ٢ كثيب طولي	–	١٢	١٨.٥	٢٨.٤	٢٤.٥	١٦.٦	١٠٠	٠.١٩	١.٢
عينة ٣كثيب طولي	–	١١	٢١	٣٦	١٦	١٦	١٠٠	١,٥	٢.٦
عينة ٤ كثيب طولي	٢	٥.٥	٢٩	٣٤	١٩.٥	٩	١٠٠	٠.٣٥	-٠.٢
المتوسط للطولي	٠.٥	١١.٣	٢٢.٢	٣٠	١٩.٧	١٥.٦	١٠٠	-٠.٣	٠.٤
عينة ٥ كثيب هلالي	–	٩.٥	٢٥	٢٦.٥	٣٥.٢	٣.٨	١٠٠	-٠.٢٩	-١.٩
عينة ٦ كثيب هلالي	–	–	١٩.٥	١٥	٣٥.٥	٣٠	١٠٠	٠.١	-٣.٤
عينة ٧ كثيب هلالي	٤	٦	١١.٥	٢٥	٢٦	٢٧.٥	١٠٠	-٠.١٧	-٢.٧
عينة ٨ كثيب هلالي	–	٥	١٦,٥	٣٥	٣١.٥	١٢	١٠٠	٠.١٩	-٢.٣
عينة ٩ كثيب هلالي	–	١٩	٢٢	٢١.٥	٢٨	٩.٥	١٠٠	-٠.٩	١.٩
ة ١٠كثيب هلالي	–	٨.٥	١٨	٢١.٥	٣٨	١٤	١٠٠	١.٢	٢
توسط للهلالي	٠	٨	١٨	٢٤	٣٢	١٦	١٠	٠.١	٠.٤

المصدر:- من عمل الدراسة الميدانية للباحث

- من خلال دراسة المدرجات التكرارية شكل (٨) لتوزيع أحجام الرواسب بعينات الكثبان بقاع منخفض الخارجة، أتضح أن كل عينات الكثبان الطولية أحادية التصنيف،حيث تسود فئة الرمال الناعمة في كل العينات المختارة، في حين تسود فئة الرمل الناعم جداً في

جميع العينات المختارة من الكثبان الهلالية، فالرمل الناعم والرمل الناعم جداً هو المكون الرئيسي لمعظم عينات الكثبان الرملية بقاع منخفض الخارجة.

– تتراوح قيم معامل الالتواء لعينات الرواسب المشكلة للكثبان الرملية الطولية بين –٠.٤٣، ١.٥ ، ومتوسط –٠.٣ وتتراوح ما بين –٠.٩ ، ١.٢ بالنسبة للكثبان الهلالية ولذلك تتصف هذه الرواسب بالالتواء السالب جداً كما يتضح من جدول (٥). ، كما يتصف تصنيفها بأنه جيد ، وترجع هذه الجودة إلى تناسق أحجام رواسبها مع وصفها بالالتواء الناعم والذي يمثل التصنيف الجيد للرواسب.

جدول(٥)التعبيرات الوصفية لفئات التواء منحنى توزيع رواسب الكثبان الرملية.

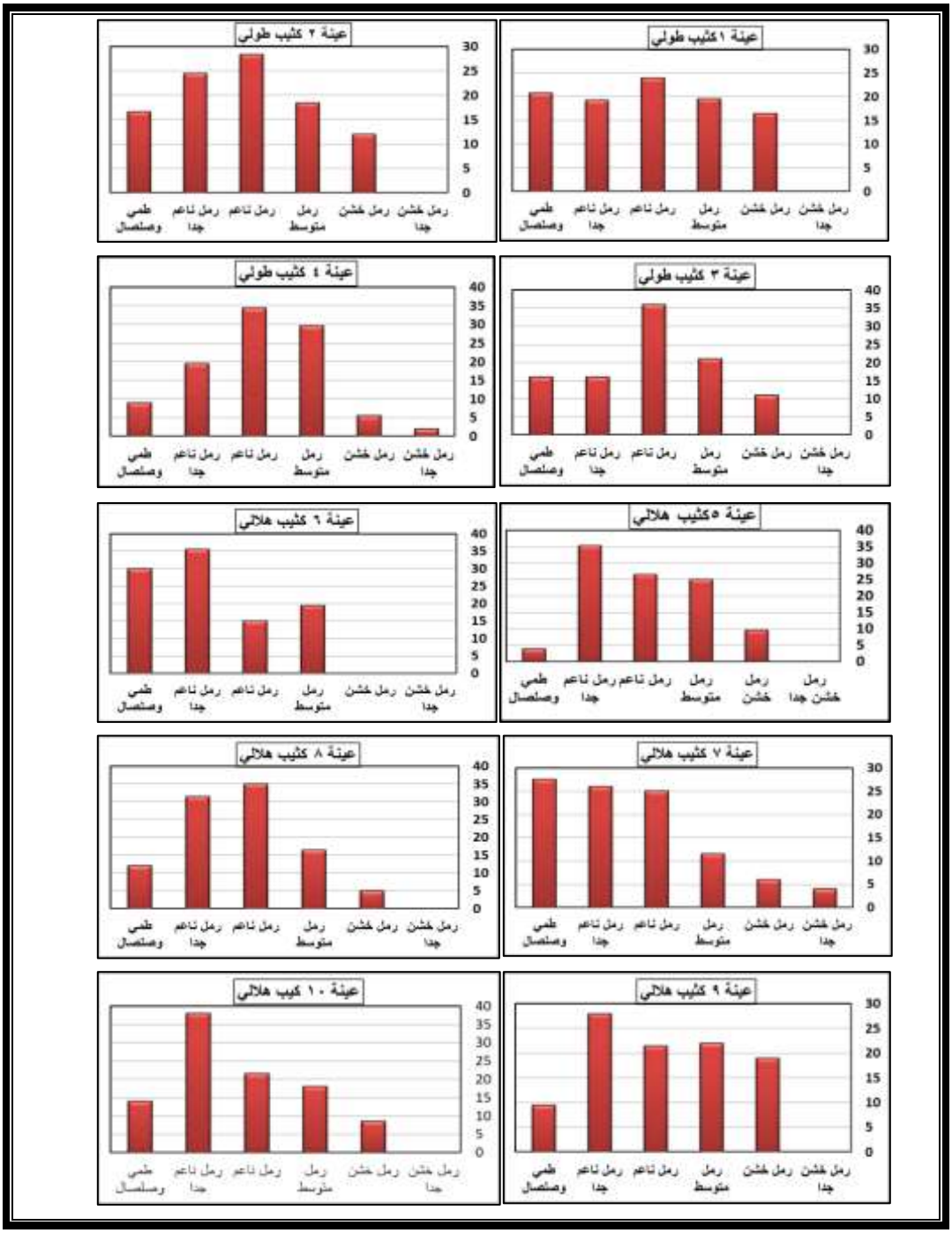
نوع الكثبان	التواء سالب جداً		التواء سالب		التواء متماثل		التواء موجب		التواء موجب جداً		المجموع	
	عدد	%	العدد	%	عدد	%	عدد	%	عدد	%	عدد	%
طولي	١	٢٥	--		–	–	١	٢٥	٢	٥٠	٤	١٠٠
هلالي	١	١٦.٧	٢	٣٣.٣	–	–	٢	٣٣.٣	١	١٦.٧	٦	١٠٠

– بينما بلغ متوسط قيم معامل التفلطح φ٠.٤ بالنسبة للكثبان الطولية، وتصل إلى – φ ٠.٤ للكثبان الهلالية مما يدل على أن رواسب االكثبان الرملية تأخذ الشكل المفلطح المدبب وشديد التدبب كما يتضح من جدول(٦)، ويدل هذا على جودة تصنيف الرواسب المشكلة للكثبان الرملية، وترجع هذه الجودة إلى تناسق أحجام رواسبها مما يؤكد أن الرياح هي العامل الرئيسي في تشكيلها.

جدول(٦)التعبيرات الوصفية لفئات تفلطح رواسب الكثبان الرملية.

نوع الكثبان	تفلطح شديد		مفلطح		تفلطح متوسط		تفلطح مدبب		تفلطح شديد التدبب		المجموع	
	عدد	%	العدد	%	عدد	%	عدد	%	عدد	%	عدد	%
طولي	١	٢٥	–	–	–	–	٢	٥٠	١	٢٥	٤	١٠٠
هلالي	٤	٦٦.٧	–	–	–	–	–	–	٢	٣٣.٣	٦	١٠٠

الجدول من إعداد الباحث اعتماداً على نتائج الجدول(٤)



شكل (٨) مُركّب التحليل الميكانيكي لرواسب الكثبان الرملية بمنطقة الدراسة.

ثالثاً: أنماط النباك وخصائصها الشكلية والحجمية

تمثل النباك أحد الأنماط الرملية التي ترتبط بوجود النباتات والشجيرات السائدة، وتتشكل النباك[١] عندما تعترض النباتات حركة الرياح المحملة بالرمال وتصيدها وتراكمها حولها، كما ترتبط النباك أيضاً بمظاهر السطح المحلية مع توافر قدر مناسب من الرمال، وتختلف أحجامها تبعاً لاختلاف أحجام تلك النباتات ويندر أن تتجاوز ارتفاعها عن ثلاث أمتار وقد يقل عن نصف المتر أحياناً، وتأخذ النباك عدة أشكال منها المستطيلة والدائرية والطولية والقبابية والمنبعجة وأتجاهها أو محورها بشكل عام مع أتجاة منصرف الريح.

التوزيع الجغرافي لحقول النباك بقاع منخفض الخارجة:

تتوزع النباك في عدة أماكن بمنطقة الدراسة فقد تظهر بأعداد قليلة متناثرة في أماكن مختلفة، أو على هيئة حقول صغيرة في نطاقات مختلفة من منطقة الدراسة حيث تتخذ النباك أشكالاً متنوعة حسب طبيعة طبوغرافية المنطقة التي نشأت عليها والعوامل التي أثرت في نشأتها وتطورها ونوع النباتات المنتشرة بالمنطقة ويمكن تمييز عدة حقول كالتالي:-

١- **حقل شمال غرب قرية جناح:**يقع شمال غرب قرية جناح، وتبلغ مساحته حوالي ٢.٨كم٢، وتوجد النباك متباعدة عن بعضها البعض بمسافات تتراوح ما بين ٥-١٥ متراً، ويتراوح متوسط ارتفاعها ما بين ٠.٧-١.١ متر، ويتراوح انحدار جوانبها الخلفية ما بين ٤-٨ درجة ، وجوانبها الأمامية ما بين ١٤-٤١ درجة، وتتخذ النباك في هذا الحقل أشكالاً قبابية، ونباك هذا الحقل لها ذيل بحيث يمتد ذيلها بانحدار خفيف خلف العائق في اتجاه منصرف الرياح وقد يختفي الذيل فتتخذ النباك في هذه الحالة شكلاً بيضاوياً وتظهر جميع المراحل

[١] ويطلق على النباك عدة مسميات مثل التلال من أصل نباتي plytogenic hills و رمال الظل sand shadow (Emababi,1971,p.68)، كثبان الكدوات Hummock وكثبان النبكة Nebkha dunes (Hugget,R,2012.p.296) والتلال الشجيرية Bush mounds، أو الكثبان الرملية الشجيرية shurb coppice dunes (Breckle& Maik Veste,2008.P.p22)

التطورية التي يمر بها النباك في هذا الحقل وإن كان معظمها في مرحلتي الشباب واالنضج كما يتضح من صورة(٩).

٢- **حقل نباك شمال شرق الناضورة:** تبلغ مساحته حوالي ١.٥كم٢، والنباك في هذا الحقل تتميز بأنها قزمية ومتوسطة الحجم حيث تتراوح أطوالها ما بين ٤متر إلى ١٦ متراً ولايزيد عرضها عن ٤ متر.

صورة (٩) النباك بحقل شمال غرب قرية جناح

٣- **حقل نباك شرق بولاق:** يقع شرق قرية بولاق، وتبلغ مساحته ٢.٥كم٢ والنباك في هذا الحقل متباعدة عن بعضها البعض وهي أكبر من الحقل السابق من حيث الحجم والأبعاد.

٤- **حقل نباك جنوبي غرب جيورمشين:** تبلغ مساحته حوالي ٣كم ٢، ويسود في هذا الحقل النباك ذات الشكل القبابي والذيلي ، وتوجد النباك متباعدة عن بعضها البعض بمسافات تتراوح ما بين ١٠-٢٠ متراً، ويتراوح أطوالها ما بين ٢ - ١٢ متراً، أما ارتفاعها فيتراوح ما بين ٠.٧ متر -١.٤ متر، ومعظم النباك في هذا الحقل في مرحلة نضج متأخرة وهي مرحلة أكثر تطوراً للنباك نتيجة ورود كميات إضافية من الرمال إلى أجسام النباك المتوسطة الحجم بالإضافة إلى زيادة نمو النبات الطبيعي حيث يتميز هذا الحقل بكثافة النبات الطبيعي وزيادة كساؤه الخضري الأمر الذي يساعد بشكل رئيسي في زيادة نمو أبعاد النباك المختلفة تدريجياً مكونة هذا النوع من النباك.

الأبعاد المورفومترية للنباك:

لتوضيح الخصائص المورفولوجية للنباك بمنطقة الدراسة تم قياس الأبعاد المختلفة(المساحة، والطول، والعرض، والارتفاع)،ومعامل الشكل، والانحدار الأمامي والأنحدار الخلفي، وتختلف النباك فيما بينها من حيث الأبعاد ودرجة الانحدار، فمعظم النباك بحقول منطقة الدراسة تزيد أطوالها بدرجة كبيرة عن عرضها، كما أن ارتفاع النباك ليس ثابتاً حيث يزيد في الوسط ويقل الارتفاع عند الذيل والمقدمة، أما انحدار سطحها فيختلف فيما بينها، فهناك سطوح ذات انحدارات خفيفة وأخرى شديدة، وقد تم قياس أبعاد أربعة عشر نبكة وتم تحليلها إحصائياً، شمل هذا التحليل أقصى قيمة وأدنى قيمة لكل متغير، وحساب المتوسط الحسابي والانحراف المعياري، ومعامل الأختلاف، ومعامل الألتواء، كما يتضح من جدول(٧)، وشكلي(٩)، (١٠)

١. تتراوح مساحات النباك بمنطقة الدراسة بين ٢.١ –٨١.٣ متر٢، وبمتوسط ٢٣.٩ متر٢، وبانحراف معياري قدره ٢٦.٦متر٢، ومعامل اختلاف ٩٨.٩%، وهي نسبة تعكس التباين الواضح بين مساحات النباك الموجودة بمنطقة الدراسة والذي يعكس تفسيره بأنه نتيجة تغير العامل المساعد وهو النبات الطبيعي سواء في النوع أو العمر.

٢. تتراوح أطوال النباك بمنطقة الدراسة ما بين ١.٩– ١٤.٣م وبمتوسط ٧.١ متر، وبانحراف معياري قدره ٣.٩ متر، ومعامل اختلاف ٥٥ %، ومعامل التواء ٠.٤، ويلاحظ من الجدول أن أقل النباك طولاً توجد في حقل النباك شرقي بولاق.

٣. يتراوح عرض النباك ما بين ١.١متر بحقل نباك شرقي بولاق، ٦.٣متر حقل نباك جنوبي غرب جيورمشين، وبمتوسط ١.١ متر، وانحراف معياري ١.٧متر، ولذا يبلغ معامل الاختلاف نحو ٥٧% وهو مقدار متوسط من حيث الاختلافات، وهي نسبة تعكس وجود تباين قليل بين عرض النباك بمنطقة الدراسة ،ويرجع هذا التباين نتيجة اختلاف متوسط حجمها وأمتدادها خاصة في أتجاه منصرف الرياح ..

٤. يتراوح أرتفاع النباك ما بين ٠.٤ –١.٤ متر، بمتوسط ٠.٨ متر، وبانحراف معياري ٠.٣ متر، ومعامل أختلاف ٣٨%، ويرجع التباين القليل نسبياً في ارتفاع النباك إلى التباين في ارتفاع النباتات وأختلاف أنواعها، حيث أنه كلما زاد نمو النبات وزادت حيويته وأخضراره زادت مقدرته على تصيد الرمال ومن ثم زيادة أبعادها المختلفة بما فيها ارتفاعها(كليو والشيخ،١٩٨٦،ص ٧٣).

جدول (٧) الأبعاد المورفومترية للنباك بمنطقة الدراسة(الانحدار والدرجة).

النباك	لمساحة م٢	الطول م	متوسط العرض م	الارتفاع م	معامل الشكل	الانحدار الخلفي	الانحدار الأمامي	دلالة الشكل
نبكة ١	٢٠	٨	٢.٥	١.١	٠.٣١٣	٧°	٢٨°	مستطيل
نبكة ٢	٨.٦	٥.٤	١.٦	٠.٨	٠.٢٩٥	٤°	١٦°	مستطيل
نبكة ٣	٨.٤	٥.٦	١.٥	٠.٧	٠.٢٨٦	٥°	١٧°	مستطيل
نبكة ٤	١٥.٥	٧.٤	٢.١	٠.٩	٠.٢٨٣	٦	١٩°	مستطيل
نبكة ٥	٧١.٣	١١.٥	٦.٢	١	٠.٥٣٩	١٢	٣٣	شبه دائري
نبكة ٦	٣٧	٨.٤	٤.٤	٠.٩	٠.٥٢٤	٩°	٢٣°	شبه مستطيل
نبكة ٧	٤.٥	٢.٥	١.٨	٠.٦	٠.٧٢٠	٥°	١٥	شبه مستدير
نبكة ٨	٢.١	١.٩	١.١	٠.٥	٠.٥٨٢	٦	١٤	شبه مستدير
نبكة ٩	٨١.٣	١٢.٩	٦.٣	١.٤	٠.٤٤٩	٨°	٤١	شبه مستطيل
نبكة ١٠	٢١.٨	٦.٨	٣.٢	٠.٩	٠.٤٧١	٦°	١٨°	شبه مستطيل
نبكة ١١	٢.٩	٢.٢	١.٣	٠.٤	٠.٥٩٩	٤	٩°	شبه مستدير
نبكة ١٢	٦١.٥	١٤.٣	٤.٣	١.١	٠.٣٠١	٩°	٢٤	مستطيل
نبكة ١٣	٣٣.٤	٨.٨	٣.٨	٠.٩	٠.٤٣١	٦	١٩	شبه مستطيل
نبكة ١٤	٨.٥	٣.٤	٢.٥	٠.٥	٠.٧٦١	٥	١٦	شبه مستدير
أعلى قيمة	٨١.٣	١٤.٣	٦.٣	١.٤	٠.٧٦١	١٢°	٤١	–
أدنى قيمة	٢.١	١.٩	١.١	٠.٤	٠.٢٨٣	٤	٩	–

المتوسط	٢٦.٩	٧.١	٣	٠.٨	٠.٤٦٨	٦.٦	٢٠.٩	-
أ.المعياري	٢٦.٦	٣.٩	١.٧	٠.٣	٠.١٦١	٢,٢	٨,٤	-
م.الاختلاف	%٩٨.٩	%٥٥	%٥٧	%٣٨	%٣٤.٤	%٣٣.٣	%٤٠.٢	--

المصدر: الجدول من إعداد الباحث بناءً على الدراسة الميدانية .

٥. -يتميز سفح النباك المواجه للرياح (الانحدار الأمامي) بأنه أشد انحداراً مما هو عليه السفح الواقع في ظل الرياح (الانحدار الخلفي)، حيث تتراوح زاويا الانحدار الأمامي ما بين ٩ – ٤١ درجة ، وبمتوسط زاوية انحدار ٢٠.٩ درجة وانحراف معياري ٨.٤ ، ولذا بلغت قيمة معامل الاختلاف نحو ٤٠.٢%، وهي نسبة تعكس تبايناً متوسطاً بين سفوح النباك المواجهة للرياح.

٦. أما الانحدار الخلفي للنباك بمنطقة الدراسة فتتراوح زاوية انحداره ٤ – ١٢ وبمتوسط ٦.٦، وانحراف معياري قدره ٢.٢.

٧. تذيد قيم الأنحراف المعياري في أطوال النباك وعرضها عن قيم الأنحراف المعياري في الأرتفاع مما يدل على وجود تباين في اطوال لنباك وعرضها، و قلة التباين في قيم الأرتفاع للنباك.

٨. ترتفع قيم الانحراف المعياري للانحدار الأمامي للنباك عن قيم انحراف الانحدار الخلفي، ممايشير إلى مدى التشتت الكبير بين القيم والذي يرجع إلى وجود تفاوت كبير بين أحجام النباك.

وقد تم حساب قيم معامل الأرتباط Correlation Cofficient لدراسة العلاقة بين المساحة التي تشغلها النباك بمنطقة الدراسة وبين أبعادها النباك كما يتضح من جدول (٨) وشكلي (٩) ، (١٠)، وقد تبين:-

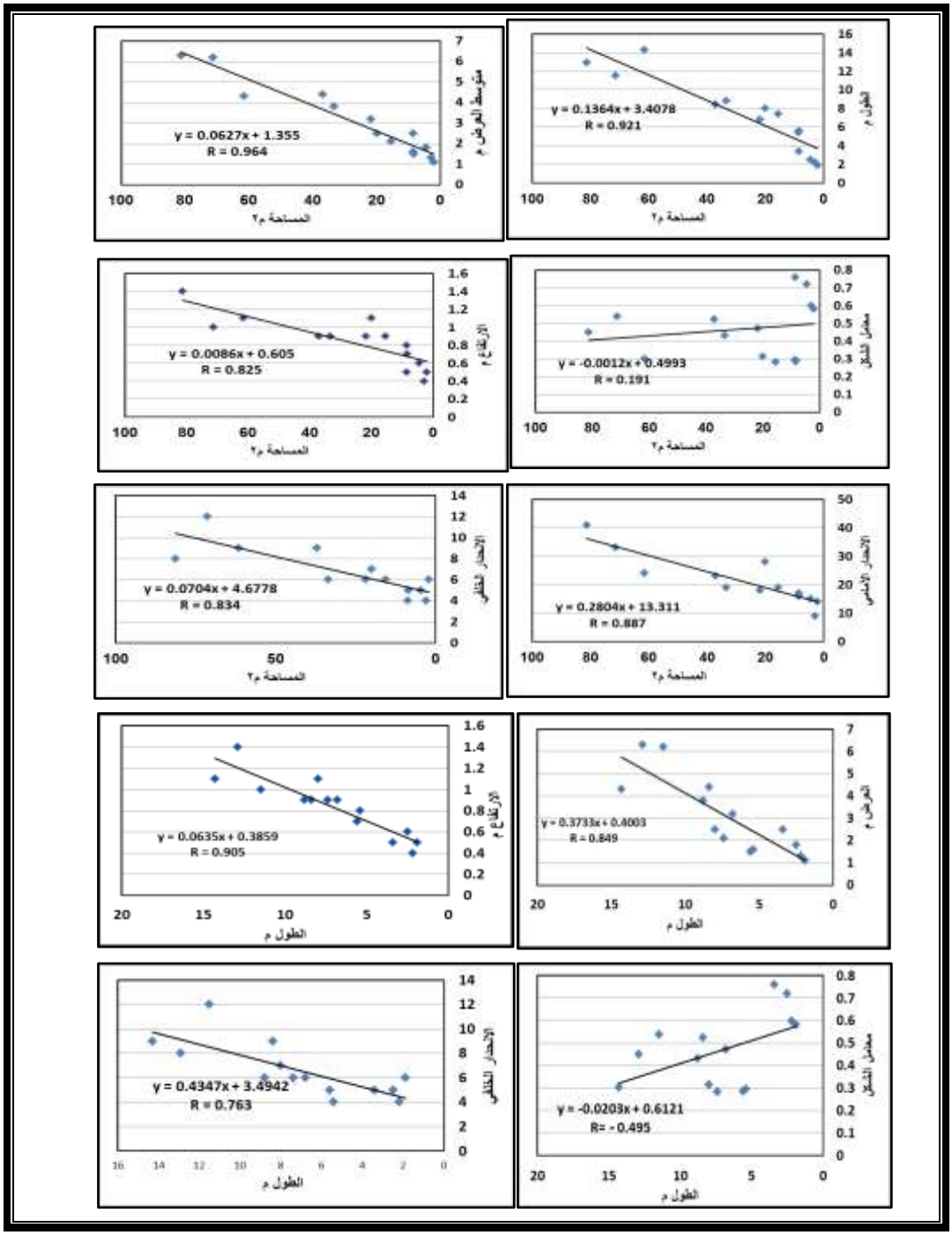
١. أن هناك علاقة طردية قوية بين مساحة النباك وطولها وعرضها وارتفاعها فكلما زادت مساحتها زادت قيم أبعادها المختلفة(الطول والعرض والارتفاع)، حيث بلغت قيم معامل الارتباط ٠.٩٢١، ٠.٩٦٤، ٠.٨٢٥ على الترتيب.

٢. أن هناك علاقة طردية بين أرتفاع النباك وعرضها بلغت قيمتها ٠.٧٦٩، فكلما زاد ارتفاع النبكة زاد عرضها ، وتتركز القيم حول خط الانحدار مما يدل على قوة هذه العلاقة

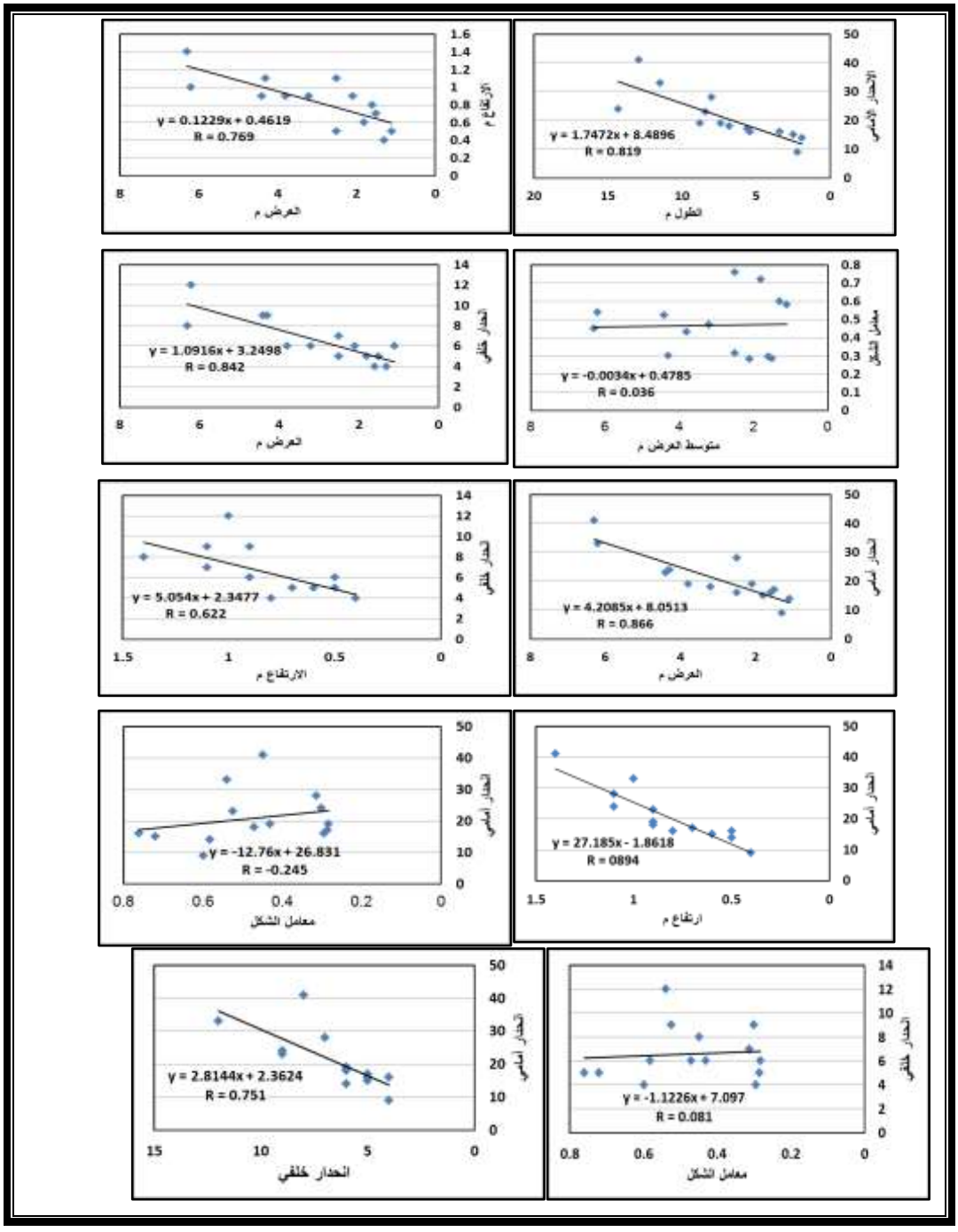
جدول (٨) مصفوفة الأرتباط لأبعاد النباك بمنطقة الدراسة

معامل الأرتباط	لمساحة م٢	لطول م	العرض م	الارتفاع م	معامل الشكل	نحدار خلفي	انحدار أمامي
المساحة م٢	١	٠.٩٢١	٠.٩٦٤	٠.٨٢٥	٠.١٩١	٠.٨٣٤	٠.٨٨٧
الطول م		١	٠.٨٤٩	٠.٩٠٥	-٠,٤٩٥	٠.٧٦٣	٠.٨١٩
العرض م			١	٠.٧٦٩	٠.٠٣٦	٠.٨٤٢	٠.٨٦٦
الأرتفاع م				١	-٠.٥٤٧	٠.٦٢٢	٠.٨٩٤
معامل الشكل					١	٠.٠٨١	-٠.٢٤٥
أنحدار خلفي						١	٠.٧٥١
أنحدار أمامي							١

٣. كما توجد علاقة طردية قوية بين ارتفاع النباك وطولها بلغت قيمتها ٠.٩٠٥ ، فكلما زاد ارتفاع النباك زاد طولها.



شكل(٩) تحليل الانحدار بين أبعاد النباك بين منطقة الدراسة



شكل(١٠) تحليل الانحدار بين أبعاد النباك بين منطقة الدراسة

٤. يمكن القول بأن مساحة النباك وارتفاعها بمنطقة الدراسة من العوامل الرئيسية المتحكمة في باقي ابعاد النباك.

٥. توجد علاقة ارتباطية موجبة بين الانحدار الأمامي للنباك وعرض وارتفاع النباك حيث بلغت قيم معامل الأرتباط ٠.٨٦٦ ، ٠.٨٩٤ على الترتيب حيث أنه كلما زاد عرض وارتفاع النباك بمنطقة الدراسة زاد الانحدار الامامي حيث تتركز القيم حول خط الانحدار مما يدل على قوة هذه العلاقة الإرتباطية.

٦. توجد علاقة ارتباطية موجبة بين الانحدار الخلفي للنباك وعرض وارتفاع النباك بلغت قيمتها ٠.٨٤٢ ، ٠.٦٢٢ على الترتيب حيث انه كلما زادت قيم عرض وارتفاع النباك زادت درجة انحدارها الخلفي.

ومن خلال دراسة الخصائص المورفولوجية للنباك من حيث المساحة والأبعاد(الطول والعرض والارتفاع)،المرحلة الجيومورفولوجية التي تمر بها، أمكن تقسيمها حسب الحجم إلى ثلاثة أنماط رئيسية :-

أ- **نمط النباك القزمية:**

وهي عبارة عن نباك صغيرة الحجم لاتزيد مساحتها عن ٥ م^{٢}، ولايزيد طولها عن ٥ أمتار، وعرضها عن مترين ، ويقل ارتفاعها عن ٦٠ سم، وتتميز جوانبها بقلة انحدارها حيث لا يزيد درجة انحدارها عن ٥ درجة وتمثل النباك في مرحلتي الشباب والشيوخة، كما يتضح من صورة(١٠)، وترتبط النباك القزمية بأنواع معينة من النبات الصحراوية الصغيرة الحجم، وتوجد هذه الظاهرة بوضوح في حقل شرق بولاق وحقل شمال شرق الناضورة.

صورة(١٠) النباك القزمية بمرحلتي الشباب الشيوخة في حقل نباك شرق بولاق.

ب- نمط النباك متوسطة الحجم :

وهي أكبر من النمط السابق من حيث مساحتها وحجمها وأبعادها المختلفة حيث تتراوح مساحتها ما بين ٥-٤٠ م^{٢} ، ويتراوح طولها ما بين ٥-١٠ أمتار، وعرضها ما بين ٢-٤ متر، ويظهر هذا النوع من النباك بميع حقول منطقة الدراسة وإن كان يظهر بشكل واضح في حقل شمال شرق قرية جناح ويمثل هذا النوع من النباك مرحلتي الشباب والنضج .

ج- نمط النباك كبيرة الحجم :

تزيد مساحتها عن ٤٠ م^{٢} وأطوالها عن ١٠ أمتار، وعرضها عن ٤ متر، وتظهر بشكل واضح في حقل شرق قرية بولاق، ويمثل هذا النوع من النباك مرحلة نضج متأخرة وهي مرحلة أكثر تطوراً للنباك متوسطة الحجم نتيجة ورود كميات إضافية من الرمال إلى أجسام النباك المتوسطة الحجم بالإضافة إلى زيادة نمو النبات فوقها لا سيما مع وفرة المياه الأرضية والرطوبة، مما يعمل على انتعاش واخضرار الكساء النباتي، وبالتالي نمو أبعاد النباك تدريجياً مكونة هذا النوع من النباك الكبير الحجم.

التحليل الميكانيكي لرواسب النباك:

لتحديد خصائص رواسب النباك تم إجراء التحليل الميكانيكي لعدد ١٢ عينة لرواسب مقدمات ومؤخرات النباك ، وأضحت نتائج التحليل كما يتبين من جدول (٩) ، وشكل (١٠) مايلي:-

- بلغت نسبة المواد الخشنة ٣٠.١% في حين بلغت نسبة المواد الناعمة ٦٩.٩% من أجمالي وزن العينات المختارة ويفسر ارتفاع نسبة المواد الخشنة زيادة سرعة الرياح والتي باستطاعتها حمل هذه الرواسب في المنطقة.

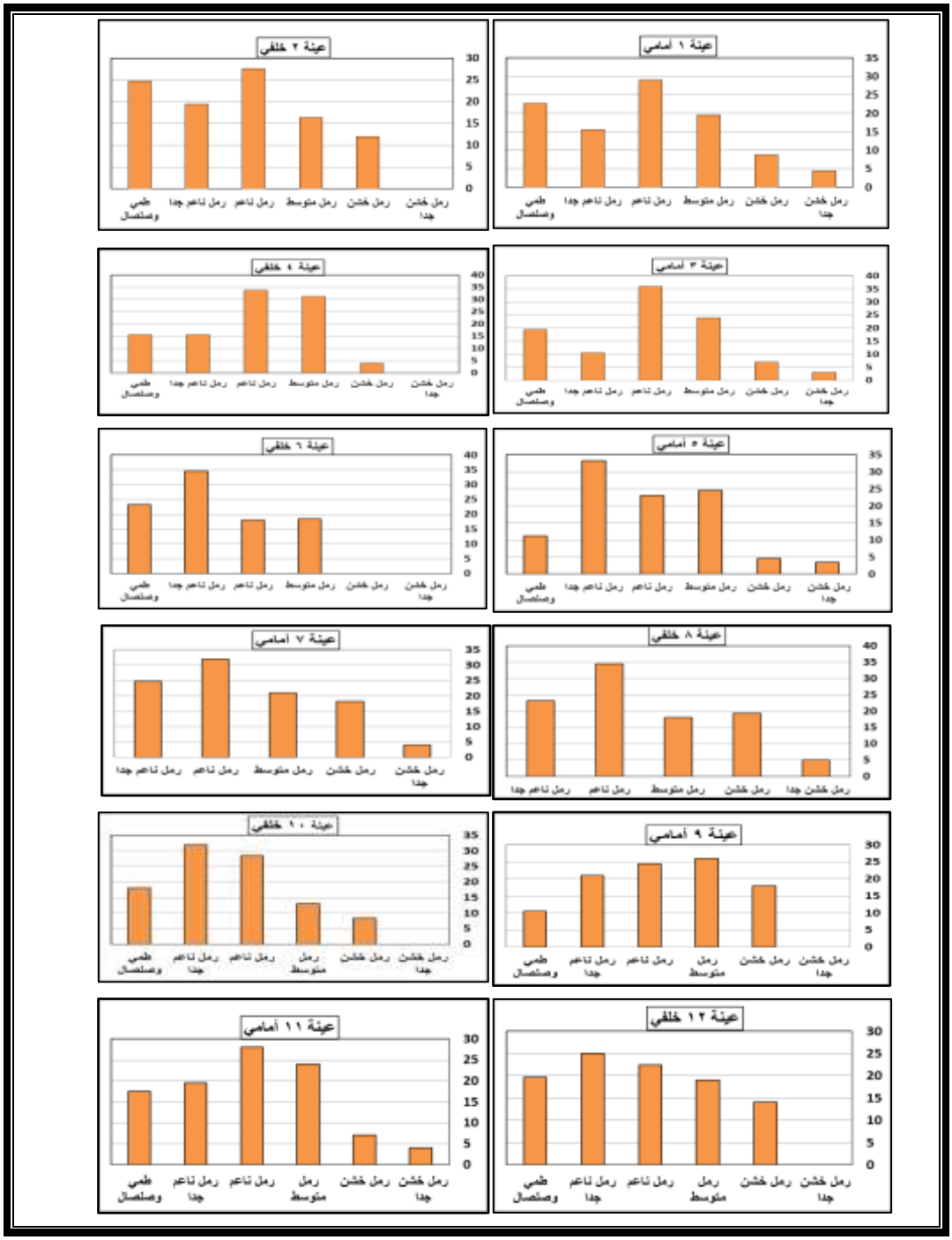
- تختلف أحجام الرمال ما بين مقدمة النباك ومؤخراته في قاع منخفض الخارجة، ففي مقدمات النباك وصلت متوسط نسبة الرمل الخشن والرمل الخشن جداً والمتوسط حوالي ٣٣.٤%، في حين أرتفعت نسبة الرمل الناعم والناعم جدا والطمي والصلصال إلى ٦٦.٦%، وفي مؤخرات النباك وصلت متوسط نسبة الرمل الخشن والخشن جداً والمتوسط حوالي٢٥.٩%، في حين ارتفعت نسبة الرمل الناعم والناعم جدا والطمي والصلصال إلى ٧٤.١%، ويرجع زيادة نسبة المواد الخشنة في مقدمة النباك عنها في مؤخرتها إلى عملية الإرساب التدريجي للرواسب المحمولة بالرياح حيث ترسب المواد الأقل في خشونتها عندما يعترضها عائق نباتي ثم ترسب المواد الأقل في خشونتها في اتجاه منصرف الرياح(مؤخرة النباك)ن وهنا يختلف الترسيب على سفوح النباك حسب مواجهة لرياح(علام، ٢٠٠١، ص ١٢٩).

جدول(٩) نتائج التحليل الميكانيكي لرواسب النباك بقاع منخفض الخارجة

الخصائص / موقع العينات	رمل خشن جداً	رمل خشن	رمل متوسط ٠.٢٥-٠.٥ مم	رمل ناعم ٠.١٢٥-٠.٢٥	رمل ناعم جداً ٠.٠٨٣-٠.١٢٥	طمي وصلصال أقل من ٠.٠٨٣	الوزن الإجمالي	معامل الالتواء	معامل التفلطح
عينة ١ أمامي	٤.٤	٨.٨	١٩.٦	٢٩	١٥.٦	٢٢.٦	١٠٠	-٠.٠٦	-٠.٩
عينة ٢ خلفي	-	١٢	١٦.٣	٢٧.٦	١٩.٤	٢٤.٧	١٠٠	-٠.٠٣	-١.٤
عينة ٣أمامي	٣	٧	٢٤	٣٦	١٠.٥	١٩.٥	١٠٠	٠.٦٧	-٠.٣
عينة ٤خلفي	--	٣.٩	٣١.٢	٣٣.٨	١٥.٥	١٥.٦	١٠٠	-٠.٠٧	-١.٦
عينة ٥ أمامي	٣.٥	٤.٦	٢٤.٥	٢٣	٣٣.٢	١١.٢	١٠٠	٠.٢	-١.٨
عينة ٦ خلفي	-	-	١٨.٤	١٨	٣٧.٥	٢٦.١	١٠٠	١.٢	٠.٣
عينة ٧ أمامي	-	٤	١٨.٢	٢١	٣٢	٢٤.٨	١٠٠	-٠.٩	١.٤
عينة ٨ خلفي	-	٥	١٩,٣	١٨	٣٤.٥	٢٣.٢	١٠٠	٠.٢	٠.٧
عينة ٩ أمامي	-	١٨	٢٦	٢٤.٥	٢١	١٠.٥	١٠٠	-٠.٩	٠.٦
عينة ١٠ خلفي	-	٨.٤	١٣	٢٨.٥	٣٢	١٨.١	١٠٠	٠.٢	-٢.٣.
عينة ١١أمامي	٤	٧	٢٤	٢٨	١٩.٥	١٧.٥	١٠٠	-٠.٤	-١.٥
عينة ١٢ خلفي	-	١٤	١٩	٢٢.٤	٢٥	١٩.٦	١٠٠	-٠.٥	٠.٥
المتوسط	١.٢	٧.٧	٢١,٢	٢٥.٨	٢٤.٦	١٩.٦	١٠٠	-٠.٦	-٢.١

التحليل الميكانيكي من العينات المختارة من خلال الدراسة الميدانية للباحث وتم التحليل الميكانيكي بكلية العلوم- الفيوم.

- أظهرت دراسة معامل الالتواء أن قيمه تراوحت ما بين- ٢.٣ φ، ٠.٧φ، ومتوسط- ٢.١ φ ،في مقدمة النباك ومؤخراته ، مما يدل على أن رواسب النباك سالبة التصنيف حيث أن معظم رواسب النباك تصنيفها سالب جداً والتي يبلغ عددها ٧ عينات بنسبة ٥٨.٣% ،مما يدل على زيادة المواد الناعمة وقلة المواد الخشنة في الرواسب كما يتضح من جدول(٩)



شكل (١٠) مُركّب التحليل الميكانيكي لرواسب النباك بمنطقة الدراسة.

جدول(١٠)التعبيرات الوصفية لفئات التواء منحنى توزيع رواسب النباك الرملية.

التواء سالب جداً		التواء سالب		التواء متماثل		التواء موجب		التواء موجب جداً		المجموع	
عدد	%	العدد	%	عدد	%	عدد	%	عدد	%	عدد	%
٧	٥٨.٣	–	–	–	–	١	٨.٣	٣٣.٤	–	١٢	١٠٠

المصدر:اعتمادا على بينات الجدول (٩)

– أظهرت دراسة معامل التفلطح أن قيمه تراوحت بين –٢.٣ φ ، φ١.٤ ومتوسط – ٢.١ φ في مقدمة النباك ومؤخراته مما يدل على أن رواسب النباك ذات تفلطح شديد كما يتضح من جدول(١١).

جدول(١١)التعبيرات الوصفية لفئات تفلطح رواسب النباك الرملية.

تفلطح شديد		مفلطح		تفلطح متوسط		تفلطح مدبب		تفلطح شديد التدبب		المجموع	
عدد	%	العدد	%	عدد	%	عدد	%	عدد	%	عدد	%
١٠	٨٣.٣	١	٨.٣	–	–	١	٨.٣	–	–	١٢	١٠٠

المصدر:اعتمادا على بينات الجدول (٩)

رابعاً: أنماط التموجات الرملية وخصائصها الشكلية والحجمية.

تعد التموجات الرملية من الأشكال الرملية صغيرة الحجم والتي تنشأ فوق معظم الأشكال الرملية كالكثبان الطولية والعرضية والهلالية وكذلك فوق الفرشات الرملية ، وهي عبارة عن رمال مفككة متجانسة الحجم نسبياً تأخذ هيئة مموجة على أسطح الأشكال الرملية، وتأخذ اتجاهات متأثرة باتجاه الرياح وسرعة الرياح ، حيث تزيد طول التموجات بزيادة سرعة الرياح، وتتباين ارتفاعات وأطوال التموجات الرملية بمنطقة الدراسة، ويرجع هذا التباين إلى الاختلاف في قوة الرياح التي تحدد المسافة التي تقطعها كل حبة رمل خلال عملية القفز من ناحية، وإلى الاختلافات الضئيلة في انحدار السطح الذي تتكون فوقه التموجات من ناحية أخرى(دسوقي، ٢٠٠٤ ، ص ١٢٦).

وطبقاً للنموذج الذي قدمه باجنولد فإن تكوين هذه التموجات يبدأ بوجود تموجات خفيفة غير منتظمة عن طريق انتقال الرمال بطريقتي الجر والقفز وعندما تهبط الحبيبة من عملية

القفز فإنها تضرب السطح بزاوية ضيقة ،ويؤدى ذلك إلى إزاحة وتحريك الحبيبات أخرى فى نفس مسار حركة الرياح على طول الجانب الموجه للرياح ،فى حين تسقط فى حركة دحرجة أثناء حركتها على الجانب المظاهر للرياح و تنتقل الحبيبات على الجانب المواجه للرياح،إما عن طريق الزحف أو القفز أو كليهما ،وذلك فى إتجاه قمة الموجة(صالح،٢٠١٠، ص ٤٠٣)، كما يتضح من صورة (١٤)

ويرتبط نشأة وتطور التموجات الرملية بمتوسط طول ممر القفز التي تمر خلاله الرياح والتي تعد القوى المحركة لعملية قفز الحبيبات ومع التباين في سرعة الرياح وحجم الحبيبات الرملية نجد أن الحبيبات الأكبر حجماً تتراكم وتنتقل ببطء شديد فتخلق حاجزاً يتصيد المواد الأقل حجماً، ومع تزايد حجم الحبيبات يزداد معدل صيد الرمال الناعمة حتى تتكون التموجات الرملية وتأخذ شكلها المعروف على هيئة تموجات رملية (Lämmel,etal., 2018.,P.26).

وبالتالي يمكن القول بأن نشأة وتطور التموجات الرملية يرتبط بمجموعة من العوامل التي لها تأثيرها على طولها وارتفاعها من أهمها سرعة واتجاه الرياح وخصائص السطح وطبيعة حركة المواد وخصائص المواد المنقولة.

وهناك العديد من الدراسات[1] التي تناولت هذه الظاهرة بشكل تفصيلي من حيث أبعادها المختلفة، ودرجات انحدارها، ونشأتها وتطورها، وطريقة تكوينها ،والتي تم الاعتماد عليها بشكل كبير في دراسة هذه الظاهرة بمنطقة لدراسة.

---

(1)

1. Bagnold,. 1938,P.P- 282–291.
2. Rousseaux &etal 2004,PP.213-219.
3. Langlois &. Valance, A., 2007,PP.201-208.
4. Lorenz& Valdez., 2011.P.P.1-10.
5. Durán, &etal,2014,p.p.15665–15668.
6. . McKenna &etal., 2017,P.P.749-762.

أنماط التموجات الرملية من حيث الحجم:

من خلال الدراسة الميدانية اتضح أن هناك ثلاث أنماط للتموجات الرملية بمنطقة الدراسة، وهي على النحو التالي:-

١. **نمط التموجات الرملية الدقيقة:**هي تموجات رملية سريعة التكون سريعة الزوال تنتشر في أجزاء متفرقة من منطقة الدراسة خاصة فوق الفرشات الرملية غرب وشمال قرية جناح ، وتتراوح أطوالها بين ٥سم و ٢٥سم، وارتفاعها بين ١.٥- ٣ سم، وتتراوح زوايا انحدارها بين ٢-٣ درجات على الجانب المواجه للرياح، وبين ٣-٥ درجات في الجانب المظاهر لها كما في صورة(١١).

صورة(١١) التموجات الرملية الصغيرة الحجم بمنطقة الدراسة.

٢. **نمط التموجات الرملية المتوسطة الحجم:**- تتألف هذه التموجات من الرمال الناعمة والمتوسطة ذات التصنيف الجيد وهى ترتبط عادة بالأشكال الرملية الأخرى مثل الكثبان والنباك والفرشات الرملية، وهذا النمط من التموجات الرملية يرتبط تكوينه بمورفولوجية وخصائص الكثيب الذى تتشكل عليه تلك التموجات، ففى أعالى الكثيب تنتشر التموجات ذات القمم القصيرة، أما الأجزاء المنحدرة سواء فى جوانب الكثيب أو فى هوامشه فتتكون تموجات ذات قمم

7. Lämmel, M &etal., 2018,pp.22-30.
8. Vinent &etal.,2019,p.p.349-355.

مستقيمة غير مزدوجة أو غير مضفرة، ثم تتحول بالتدريج ناحية قمة الكثيب إلى تموجات ذات قمم متعرجة، و تتراوح أطوالها بين ١٥- ٥٠ سم، وارتفاعها بين ٣-٥ سم، وتتراوح زوايا انحدارها بين ٢-٤ درجات على الجانب المواجه للرياح، وبين ٣-٧ درجات في الجانب المظاهر لها، ويتكون سطح هذه التموجات من خليط من الرمال ناعمة والرمال خشنة تتراكم عند قمة الموجة

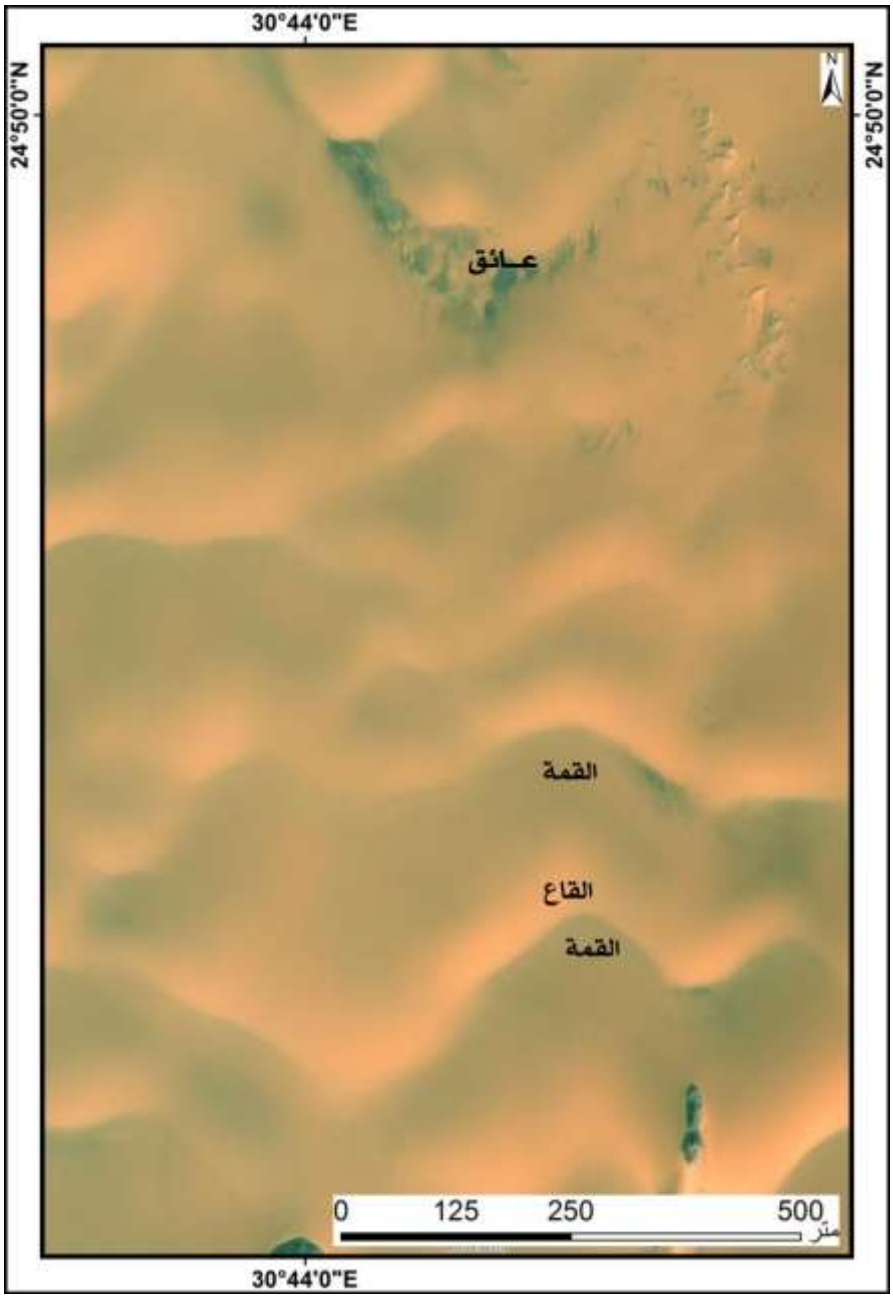
٣. **نمط التموجات الرملية كبيرة الحجم**:تظهر هذه التموجات متتالية ومستعرضة، تتعامد على اتجاه الرياح السائدة، وهذه التموجات عادة ما تتجمع فى قممها الحبيبات الخشنة بينما الرمال الناعمة فتوجد فى قيعان المنخفضات التى تفصل بين قممها Hanes,etal 2001, . (p. 22590)، ويتراوح ارتفاعها بين ٥-٢٠سم، وأطوالها بين ٥٠-١٥٠سم، وتتراوح زوايا انحدارها بين ٤ْ- ١١ْ درجات على الجانب المواجه للرياح، وبين ٦- ١٥ْ درجات في الجانب المظاهر لها ،كما يتضح من صورة (١٢)، وصورة فضائية (١٣).

صورة(١٢) التموجات الرملية المتوسطة والكبيرة الحجم بمنطقة الدراسة.

المصدر:- المرئيات الفضائية بالاعتماد على مرئيات 1-Imagery Online In ArcGis –

2-Images for GeoEye1 -SAS Planet and Terra Incognita Programe satellite

صورة (١٣)نموذج لنمط التموجات الرملية الكبيرة بقاع منخفض الخارجة.



المصدر:- المرئيات الفضائية بالاعتماد على مرئيات 1-Imagery Online In ArcGis -

2-Images for GeoEye1 -SAS Planet and Terra Incognita Programe satellite

صورة(١٤)نمط التموجات الرملية في النطاق الجنوبي لقاع المنخفض

الأبعاد المورفومترية للتموجات الرملية:

تتباين التموجات الرملية بمنطقة الدراسة في أشكالها وخصائصها من حيث الطول والعرض والانحدار وذلك حسب أرتباطها بالأشكال التي تنمو عليها، وبقوة وأتجاه الرياح السائدة، وبأحجام الرواسب التي تتشكل منها، وبطبيعة السطح الذي تتشكل فوقه، فالتموجات الرملية تتطور فوق الأسطح الرملية التي تتميز بوجود تضرس نسبي لسطحها، مما يؤدي إلى حدوث تباين في معدل حركة الحبيبات على تلك الأسطح المواجهة للرياح على الأسطح المظاهرة لها، كل هذه العوامل ساعدت على تغير أبعادها المورفومترية وخصائصها الشكلية واختلاف معدلات انحدارها.

ومن جدول (١٢) وشكل (١١) يمكن التعرف على خصائص التموجات الرملية في قاع منخفض الخارجة وذلك على النحو التالي:-

١. تتراوح أطوال التموجات الرملية ما بين ٥ – ١٥٠سم، وبمتوسط ٥٤.٤ سم وانحراف معياري ٤٨.١، لذا نجد أن معامل الاختلاف ٨٨.٤% وهو معدل مرتفع يعكس وجود تباين واضح بين أطوال التموجات الرملية .

جدول (١٢) الأبعاد المورفومترية للنباك بمنطقة الدراسة.

خصائص التموجات الرملية	ل الموجة(سم)	ارتفاع موجة(سم)	شر التموج	انحدار مقتبل الريح	حدار ظهير الريح
أعلى قيمة	١٥٠	٢٠	٧.٤	١١°	١٦
أدنى قيمة	٥	١.٥	٠.٨	٢	٣
المتوسط	٥٤.٤	٩.٢	٤.٨	٤.٣	٦.٩
الانحراف المعياري	٤٨.١	٦.١	١.٧	٢.٥	٣.٢
معامل الاختلاف	%٨٨.٤	%٦٦	%٣٥	%٥٨	%٤٦.٤

المصدر: الجدول من إعداد الباحث بناءً على الجدول السابق رقم (٩)

٢. تتراوح ارتفاعات التموجات الرملية ما بين ١.٥ – ٢٠ سم وبمتوسط ٩.٢ سم ، وانحراف معياري ٦.١ ، لذا نجد أن معامل الاختلاف ٦٦% مما يعكس وجود تباين بين ارتفاعات التموجات الرملية بمنطقة الدراسة ،وتتأثر أطوال التموجات الرملية وأرتفاعها بعدة عوامل أهمها الرياح والتي تعد القوى المحركة لعمليات قفز الحبيبات ، وتضاريس المنطقة ، وحالة حركة الرمال، وطبيعة عملية القفز، وحجم وخصائص الحبيبات الرملية والسطح.

٣. تراوحت قيم مؤشر التموج[١] ما بين ٠.٨ ، ٧.٤ وبمتوسط ٤.٨ ، وانحراف معياري ١.٧، لذا وصل معامل الاختلاف ٣٥% وهي نسبة قليلة للغاية تعكس وجود تباين طفيف بين

(١) مؤشر التموج. طول الموجة / ارتفاع الموجة (Hints & Miidel,2008,p.12)

وإذا زاد الناتج عن القيمة ١٧ فهذا يعطي مؤشراً على الأصل الهوائي للرمال، وإذا قل عن ١٧ فإن أصل الرمال يتأثر بعوامل أخرى أهمها العامل الطبوغرافي والمياه الجارية.

قيم مؤشر التموج، وبما أن متوسط معدل التموج يقل عن القيمة ١٧ فإن ذلك يفسر بأن أصل الرمال ليست الرياح وحدها بل أن هناك عوامل أخرى تدخلت فيها أهمها العامل الطبوغرافي.

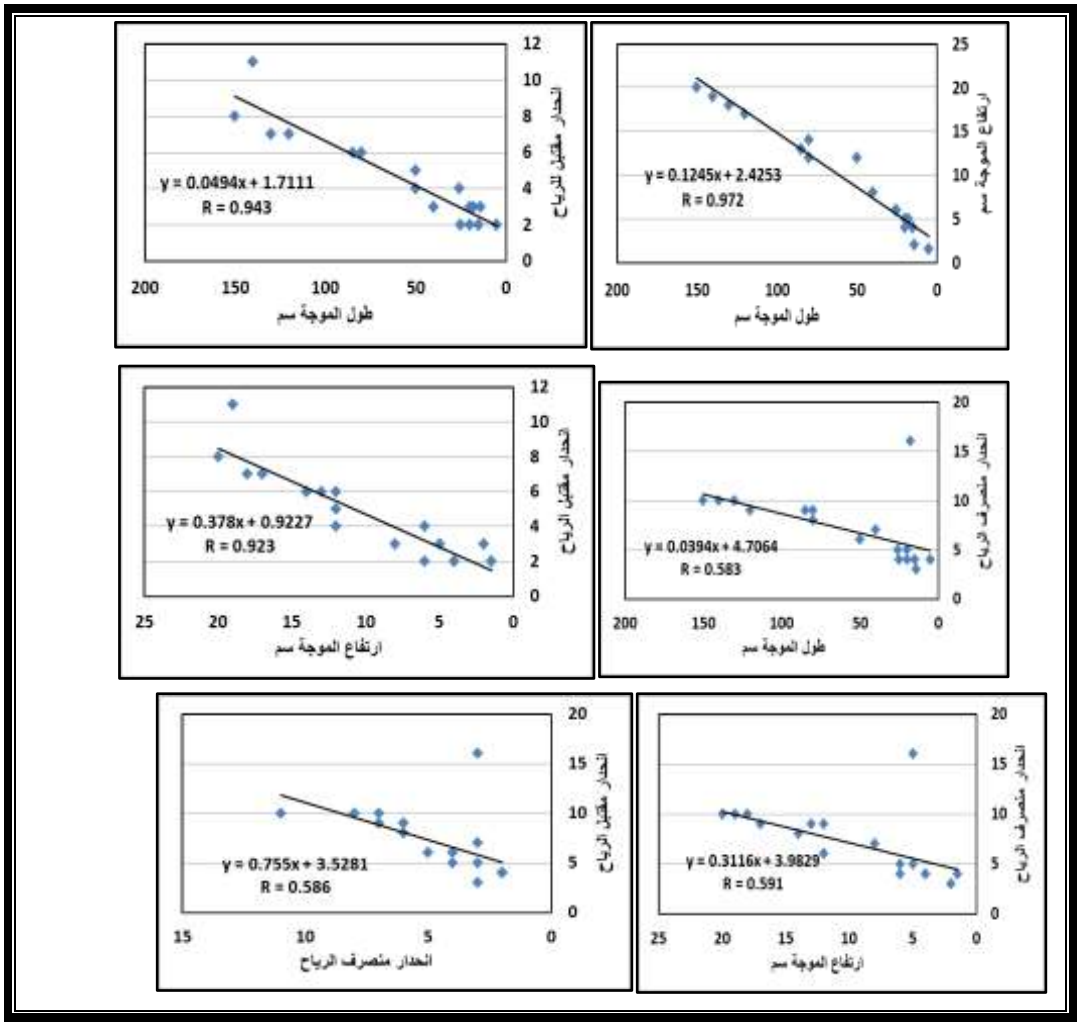
٤. تتميز كل موجه بوجود جانبين ينحدران في اتجاهين متضادين، ويلتقيان في قمة حادة، فالجانب المواجه للرياح يكون قليل الانحدار حيث يتراوح انحداره بين ٢- ١١ درجة ، و يسود عليه الشكل المحدب- المقعر، أما الجانب المظاهر للرياح فإن الجزء العلوي منه يكون أشد انحداراً حيث يتراوح انحداره بين ٣ و ١٦ درجة، و يسود عليه الشكل المقعر.

جدول (١٣) مصفوفة الأرتباط لأبعاد التموجات الرملية بمنطقة الدراسة

معامل الأرتباط	**ل الموجة(سم**	**ارتفاع لموجة(سم)**	**انحدار مقتبل الرياح**	**ندار ظهير الرياح**
طول الموجة (سم)	١	٠.٩٧٢	٠.٩٤٣	٠.٥٨٣
ارتفاع الموجة(سم)		١	٠.٩٢٣	٠.٥٩١
انحدار مقتبل الريح			١	٠.٥٨٦
انحدار ظهير الريح				١

٥. هناك علاقة طردية بين انحدار الموجة المواجه للرياح وارتفاع الموجة وطولها بلغت ٠.٩٤٣ ، ٠.٩٢٣ على التوالي فكلما زاد طول الموجة وارتفاعها زادت درجة انحدارها المواجه للرياح كما يتضح من جدول (١٣).

٦. هناك علاقة طردية بين انحدار الموجة المظاهر للرياح وارتفاع الموجة وطولها بلغت ٠.٥٨٣ ، و ٠.٥٩١ على التوالي فكلما زاد طول الموجة وارتفاعها زادت درجة انحدارها المظاهر للرياح.



شكل(١١) تحليل بين أبعاد التموجات الرملية بين منطقة الدراسة

خصائص رواسب التموجات الرملية:

من خلال التحليل الميكانيكي لعينات التموجات الرملية بمنطقة الدراسة، وجد أن هناك تباين واضح في حجم الحبيبات بين قمم التموجات وقيعانها حيث تتراكم الرمال الخشنة جداً والخشنة على قمم التموجات، بينما تتكون قيعانها من الرمال الناعمة والناعمة جداً، كما أن

قطاع كل موجة يتكون من أربعة أجزاء هي، جانب مقتبل الرياح والقمة، وجانب منصرف الرياح، والمنخفض الفاصل بين كل موجتين متتاليتين، وتتميز التموجات الرملية بقاع المنخفض بعدم انتظامها، وتباين أحجام حبيباتها، واختلاف طول موجاتها ويتوقف ذلك على سرعة الرياح،وقد تم تحليل ست عينات لرواسب التموجات الرملية بمنطقة الدراسة ،وقد أوضحت نتائج التحليل جدول(١٤)، وشكل (١٢) ما يلي:-

- تمثل الرمال الخشنة والمتوسطة نسبة ٣٦.٥%من رمال قمم التموجات الرملية ، بينما تشكل الرمال الناعمة والناعمة جداً ٦٣.٥% وهي نسب قليلة مقارنة برمال قيعان التموجات حيث تمثل الرمال الناعمة والناعمة جداً والطمي ٧٨.٣% ، في حين تمثل الرمال الخشنة والمتوسطة ٢١.٧% ، ويرجع زيادة الرمال الخشنة المتوسطة في رمال قمم التموجات إلى فعل الرياح البطيء حيث تزيل المواد الناعمة، أولا بينما الرواسب الخشنة لا تتمكن من حملها فتظل باقية فوق قمم التموجات الرملية.

- تتباين أحجام الرمال في عينات التموجات الرملية حيث يبلغ متوسط نسبة الرمال الخشنة والمتوسطة ٣١.٦ %، في حين تبلغ نسبة الرمل الناعم والناعم جداً والطمي والصلصال إلى ٦٨.٤% ،وهذا يفسر أن معظم التموجات الرملية المشكلة بواسطة الرياح تضم ٦٣% من الحبيبات الناعمة.

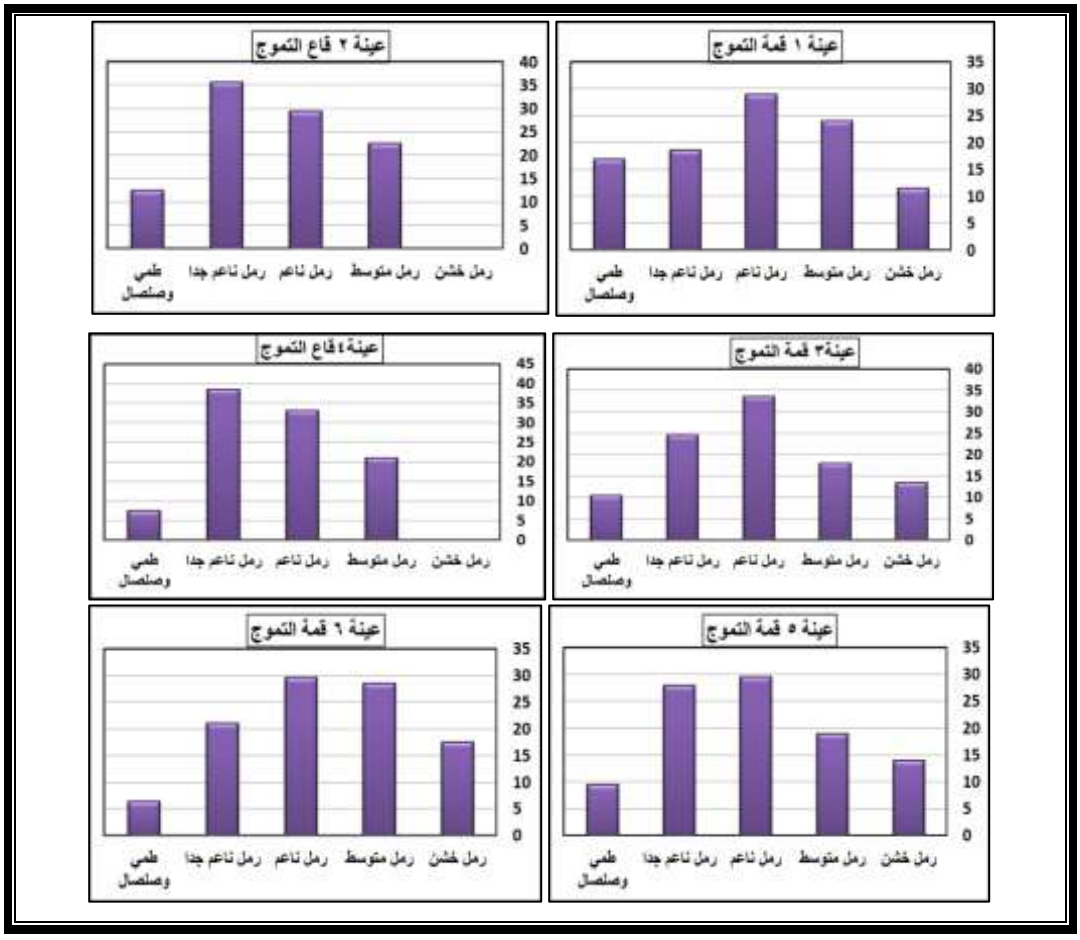
جدول(١٤) يوضح نتائج التحليل الميكانيكي لرواسب التموجات الرملية.

الخصائص / العينات	رمل خشن	رمل متوسط	رمل ناعم	رمل ناعم جداً	طمي وصلصال	الوزن الإجمالي	معامل الالتواء	معامل التفلطح
عينة ١قمة التموج	١١.٥	٢٤	٢٩	١٨.٦	١٦.٩	١٠٠	٠.٢	-٠.٦
عينة ٢ قاع التموج	-	٢٢.٥	٢٩.٤	٣٥.٦	١٢.٥	١٠٠	-٠.٥	-٠.٥
عينة ٣قمة التموج	١٣.٥	١٨	٣٣.٦	٢٤.٥	١٠.٤	١٠٠	٠.٨	-٠.٣
عينة ٤قاع التموج	-	٢١	٣٣	٣٨.٥	٧.٥	١٠٠	-٠.٦	-١.٣
عينة ٥قمة التموج	١٤	١٩	٢٩.٥	٢٨	٩.٥	١٠٠	-٠.٠١	-٢.٣
عينة ٦قمة التموج	١٧.٥	٢٨.٥	٢٩.٦	٢١	٦.٤	١٠٠	٠.٨	٠.١٣
المتوسط	٩.٤	٢٢,٢	٣٠	٢٨	١٠.٤	١٠٠	٠.٠٢	-٥.٨

- أن عينات رواسب التموجات الرملية أحادية التصنيف في كل من قاع التموجات وقمتها، حيث تعد فئة الرمل الناعم جداً هي الفئة المنوالية السائدة في عينتي قاع التموجات الرملية، في حين تعد فئة الرمل الناعم الفئة المنوالية السائدة في عينات قمة التموجات الرملية بالمنطقة.

- تتصف الرواسب المشكلة للفرشات الرملية بالالتواء المتماثل حيث بلغ متوسط قيم معامل الالتواء ٠.٠٢φ ، بينما بلغ متوسط قيم معامل التفلطح -٥.٨φ مما يدل على أن رواسب الفرشات الرملية تتصف بالتفلطح الشديد، ويدل هذا على جودة تصنيف الرواسب

المشكلة للفرشات الرملية وترجع هذه الجودة إلى تناسق أحجام رواسبها مما يؤكد أن الرياح هي العامل الرئيسي في تشكيلها.



شكل (١٢) مُركّب التحليل الميكانيكي لرواسب التموجات الرملية بمنطقة الدراسة.

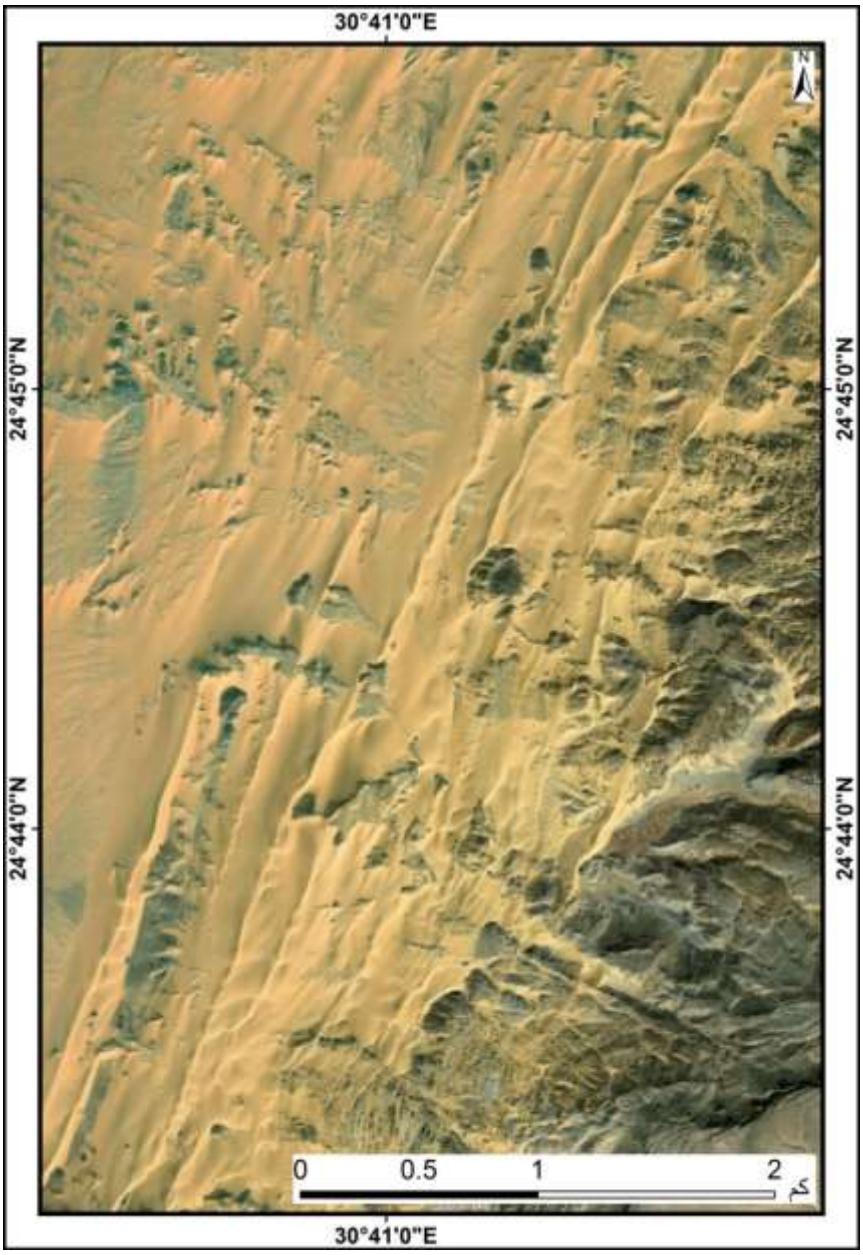
خامساً: الفرشات الرملية وخصائصها العامة:

هي عبارة عن طبقة رقيقة من الرمال يتراوح سمكها بين ٢٠-٤٠ سنتيمتر، وتغطي معظم السطوح المستوية بقاع منخفض **الخارجة**، وتتوزع هذه الأشكال في العديد من المواضع،

وتتركز في النطاق الجنوبي والنطاق الشمال الغربي والنطاق الأوسط بمنطقة الدراسة حيث تعد مصدراً رئيسياً للأشكال الرملية كافة عن طريق حركتها، كما يتضح من صورة (١٥).

وتعتبر الفرشات الرملية من الأشكال الارسابية الهوائية التي تتميز باستوائها إلى حد كبير مع تواجد العديد من أنماط التموجات الرملية فوق أسطحها، إذ يتراوح انحدارها ما بين صفر – ثلاث درجات، بينما يتموج بعضها فيتراوح انحدار سطحها بين ٣–١٠ درجات، وتتكون الفرشات الرملية بمنطقة الدراسة إذا ما توافرت كمية كبيرة من الرمال، ورياح متوسطة إلى عالية السرعة، وسطح مستو أو مموج تموجاً لطيفاً، وتتفق هذه النتيجة مع ما توصل إليه Bagnold1941 من أن الفرشات الرملية أحد الأشكال المتراكمة المرتبطة برياح عالية السرعة ومصدر وفير من الرمال، ورمال متجانسة الأحجام إلى حد كبير(Bagnold, 1941, P.34).

وتتكون الفرشات الرملية بمنطقة الدراسة من عدة طبقات قد تصل لثلاث طبقات في مناطق، وأربعة طبقات في مناطق أخرى، فتغطيها طبقة سطحية من الحصى و الرمال الخشنة يتراوح سمكها ما بين ٢٠–٤٠ سم، ترتكز فوق طبقة تتكون من الرمال المتماسكة ذات اللون البني المحمر، وتعلو هذه الطبقة طبقة أخرى تتشكل من الرمال المتماسكة ذات اللون البني المائل للاصفرار يبلغ سمكها ٢–١٠سم مكونة من الحبيبات الخشنة والناعمة بها بعض جذور النباتات القديمة، وقد يرجع وجود هذه الحبيبات الخشنة إلى تعرضها إلى رياح شديدة أثناء ترسيبها ، أما جذور النباتات القديمة فربما ترجع إلى أن رمالها ترسبت في ظروف كانت بها نباتات بعكس الوضع الحالي الذي يتميز بندرة النباتات فوق اسطح هذه الفرشات إلا في مناطق محدودة مكونة ظاهرة النباك بمنطقة الدراسة (Chang,etal.,2018,p.2)، أما الطبقة السفلية والتى ترتكز عليها الطبقات السابقة فيبلغ سمكها تقريباً ٣٠ سنتيمتر من الرمال المجواه الخشنة مختلطة مع الحصى (Said, 1990, p. 4.93)، ويُرجع سعيد هذه الطبقة السفلية من الفرشات الرملية فى مصر إلى الفترة الحديثة من الهولوسين .



المصدر:- المرئيات الفضائية بالاعتماد على مرئيات 1-Imagery Online In ArcGis

-

2-Images for GeoEye1 - SAS Planet and Terra Incognita Programe satellite

صورة (١٥) توضح الفرشات الرملية في النطاق الأوسط لقاع المنخفض.

التوزيع الجغرافي للفرشات الرملية بمنطقة الدراسة:

تعتبر الفرشات الرملية أكثر مظاهر الإرساب الرملي انتشاراً بمنطقة الدراسة،خاصة في الجنوب الغربي ،.كما تتوزع بوسط وشمال المنطقة علي هيئة بقع متناثرة ، وهذه الفرشات الرملية ليست عديمة الملامح تماماً بل نجد في كثير من الأحيان أن سطحها يتغطى بعلامات النيم المختلفة الأبعاد.

الخصائص الحجمية لرواسب الفرشات الرملية :

تم التحليل الميكانيكي لأحجام حبيبات بعض رمال الفرشات الرملية، وذلك لعدد ست عينات أخذت من مواقع مختلفة بمنطقة الدراسة، وبعد الانتهاء من عملية التحليل الميكانيكي لعينات الرمال المختارة تم تفريغ نتائج هذا التحليل في جدول (١٥) بعد حساب النسب المئوية لأحجام رواسب الرمال المختلفة في كل عينة على حدة، و يبين شكل (١٣) المدرج التكراري لأحجامها، ومن دراستها يتضح الآتي:

- تمثل متوسط نسبة المواد الخشنة بعينات الفرشات الرملية نحو ٣٢.٥٪ ،وهي نسبة مرتفعة بالنسبة لعينات الفرشات الرملية وقد يرجع ذلك لعدم قدره الرياح على حمل المواد الخشنة إلى مسافات بعيدة فتقوم بترسيبها على السطح .

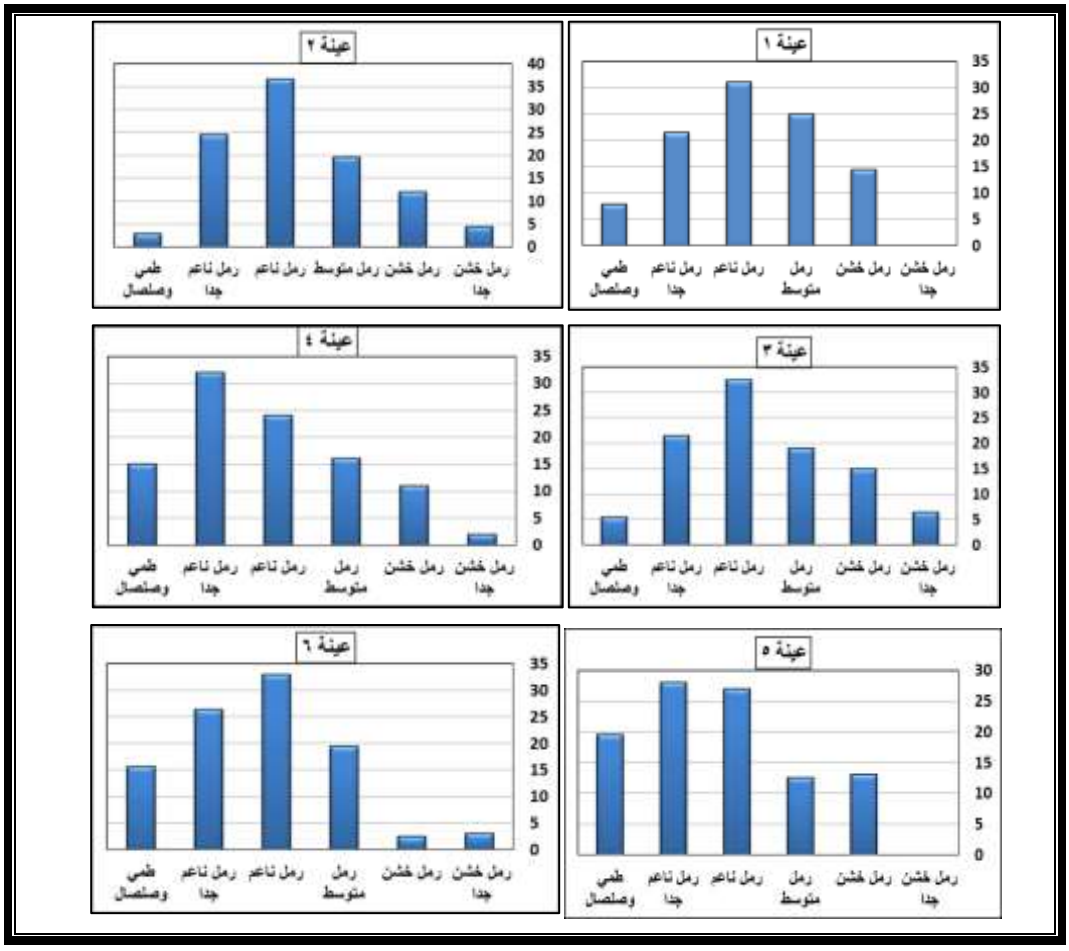
جدول(١٥) نتائج التحليل الميكانيكي لرواسب الفرشات الرملية.

الخصائص / العينات	رمل خشن جداً	رمل خشن	رمل متوسط	رمل ناعم	رمل ناعم جداً	طمي وصلصال	الوزن الإجمالي	معامل الالتواء	معامل التفلطح
عينة ١	–	١٤.٥	٢٥	٣١	٢١.٥	٨	١٠٠	٠.٣-	٠.٦-
عينة ٢	٤.٥	١٢	١٩.٥	٣٦.٦	٢٤.٥	٢.٩	١٠٠	٠.٦	٠.٩-
عينة ٢	٦.٥	١٥	١٩	٣٢.٥	٢١.٥	٥.٥	١٠٠	٠.٥	٠.٢-
عينة ٤	٢	١١	١٦	٢٤	٣٢	١٥	١٠٠	٠.٢	٠.١
عينة ٥	–	١٣	١٢,٥	٢٧	٢٨	١٩.٥	١٠٠	٠.٦-	٢.١-
عينة ٦	٣	٢.٥	١٩.٥	٣٣	٢٦.٤	١٥.٦	١٠٠	٠.٠٢-	١.٥-
المتوسط	٢.٥	١١.٤	١٨.٦	٣٠.٧	٢٥.٧	١١.١	١٠٠	٠.١	١-

المصدر:التحليل الميكانيكي للرواسب

– تبلغ نسبة المواد الناعمة نحو ٦٧.٥٪ من جملة العينات المدروسة، وقد يرجع ذلك إلى أن الرياح يسهل عليها نقل الرمال الناعمة والرواسب الطينية.

– تتصف الرواسب المشكلة للفرشات الرملية بالالتواء الموجب حيث بلغ متوسط قيم معامل الالتواء φ٠.١ ، بينما بلغ متوسط قيم معامل التفلطح φ٠.١- مما يدل على أن رواسب الفرشات الرملية تتصف بالتفلطج الشديد، ويدل هذا على جودة تصنيف الرواسب المشكلة للفرشات الرملية وترجع هذه الجودة إلى تناسق أحجام رواسبها مما يؤكد أن الرياح هي العامل الرئيسي في تشكيلها.



شكل (١٣) مُركّب التحليل الميكانيكي لرواسب الفرشات الرملية بمنطقة الدراسة.

سادساً:عوامل تكوين الأشكال الرملية وأنماطها بقاع المنخفض:

إتضح من خلال الدراسة الميدانية، والخرائط الطبوغرافية، وفحص المرئيات الفضائية أن الأشكال الرملية بمنطقة الدراسة تتباين فيما بينها تبايناً كبيراً في أحجامها وأشكالها المختلفة، كما تتباين من حيث طريقة تكوينها فبعضها يرتبط بالأجزاء المنخفضة من سطح الأرض، وبعضها يرتبط بوجود النباتات، ومصدر دائم للرمال، الأ أن الرياح هي القاسم المشترك في

تكوين جميع انماط الأشكال الرملية بقاع المنخفض، وفيما يلي دراسة لأهم العوامل التي ساهمت في نشأة الأشكال الرملية بمنطقة الدراسة.

١-مورفولوجية قاع المنخفض:

يعد قاع المنخفض جزءً من منخفض الوحات الخارجة، و يمثل تجويفاً طبوغرافياً مستطيلاً يتجه ناحية الشمال، ويحيط به من الشمال والشرق حافات حادة الأنحدار مفككة بارتفاع ٢٠ م، ويبتعد عن وادي النيل الذي يجاوره من الشرق بفاصل من تكوينات الحجر الجيري الايوسيني التي تبرزها جيولوجية المنخفض، ويتصل غرباً بمنحفض الداخلة عبر الأجزاء المفتوحة من الحافة الغربية.

وقاع المنخفض عبارة عن حوض مغلق من جميع الجهات وبالتالي يعد بيئة مناسبة لأصطياد الرمال خاصة النطاقات الغربية منه والمطلة على الحافة الغربية للمنخفض، حيث تلتزم الارسابات الهوائية الجانب الغربي والأوسط في النطاق الجنوبي من قاع المنخفض تحت تأثير الرياح الشمالية والشمالية الغربية المؤثرة.

ويتميز قاع المنخفض بالانحدارات الخفيفية بوجه عام، حيث يتراوح انحداره ما بين صفر-٣،ومع ذلك توجد بعض التبايانات الرأسية المرتفعة التي تؤدي إلى تعديل مسارات تدفق الهواء سواء بالتقارب أو التباعد مما ينشأ عنها حركة حلزونية حول العقبات فترسب ما تحمله من رمال مكونة بعض الأشكال الرملية بالمنطقة، الأ أنه بشكل عام يمكن القول بأن منطقة الدراسة تمثل مناطق سهلية أو متموجة تساعد على الترسيب الرملي بكميات كبيرة، الأمر الذي أدى بدوره إلى نشأة العديد من أنماط الأشكال الرملية المختلفة في مجموعات وفقاً لاتجاه الرياح السائدة من الشمال الغربي إلى الجنوب الشرقي.

٢-توافر مصادر الرمال :

يتوقف توفر مصادر الرمال بقاع المنخفض على **مصادر داخلية** تتمثل في نوع وخصائص التكوينات الصخرية بالحافات المحيطة به، والرواسب المفككة الناتجة عن نشاط عمليات النحت التي تعمل على تفكك الصخور ونقلها من مصادرها وترسيبها في عدة أنماط للأشكال الرملية، **ومصادر خارجية** تتمثل في الرمال القادمة إليه من مناطق تقع خارج حدود المنخفض وتحديداً منخفض القطارة وغرد أبو محرك الذي يبلغ طوله ٥٠٠ كم ابتداء من الطرف الشمالي الشرقي لمنخفض البحرية حتى المدخل الشمالي لمنخفض الخارجة ، وكذلك الأودية المنحدرة على حافة المنخفض الشمالية والشمالية الشرقية والجنوبية والجنوبية الشرقية حيث تمتلأ بطونها من الرمال من سطح الهضاب المجاورة للترسب داخل المنخفض في شكل مجموعة من الكثبان الطولية والكثبان الهلالية والأشكال الرملية الأخرى.

٣-الرياح:

تعد الرياح من العوامل الأكثر تأثيراً في تشكيل الكثبان الرملية بأنماطها المختلفة ولاسيما في منطقة الدراسة، فهي العامل المسئول عن عملية إزالة الرواسب المفككة الناتجة عن عوامل التجوية ونقلها إلى أماكن أخرى.

وتتفاوت سرعة الرياح واتجاهها وقدرتها على تشكيل التجمعات الرملية في النطاقات المختلفة بقاع المنخفض فالرمال الصحراوية الناعمة تفقد استقرارها عندما تتجاوز سرعة الرياح١١كم/س، ومن دراسة جدول(١)، ووردة الرياح شكل (٤)عن المعدلات الشهرية والفصلية لسرعة الرياح بمحطة الخارجة، يتضح أن متوسط سرعة الرياح السنوية بمنطقة الدراسة يبلغ ١٢.٩/الساعة، في حين بلغ متوسط سرعة الرياح خلال الشتاء ١٢.٨كم/الساعة، في حين بلغ المتوسط العام لسرعة الرياح ١١.٨ كم/س خلال فصل الربيع وهو أقل متوسط خلال فصول

السنة، وبلغ المتوسط العام لسرعة الرياح ١٣.٢كم/س خلال فصل الصيف، في حين بلغ متوسط السرعة ١٣.٩كم/س في فصل الخريف وهو أعلى متوسط خلال فصول السنة.

كما أتضح أن معظم الرياح السائدة هي الشمالية والشمالية الغربية والتي تقدر بنحو ٣٧.٨% ، ٢٣.٩% من إجمالي هبوب الرياح على المنطقة هي الرياح المسئولة عن تكوين وحركة الكثبان والسفي والتراكمات الرملية، ونقل الارسابات الرملية من مكان إلى آخر داخل قاع المنخفض، كما تعمل حركة الرياح على تغير أشكال الكثبان الرملية وأحجامها وتغير نمط توزيع أحجام حبيباتها على سطح الكثيب.

وتكمن أهمية الرياح في أنها المسئولة عن تكوين وحركة الرمال وتجميعها في مساحات شاسعة، وتشكيل الأنماط الرملية المختلفة بقاع المنخفض، كما أنها مسئولة عن توجيه محاور الكثبان الرملية حيث تتفق إتجاهات محاورها مع اتجاهات الرياح ،كما أنها القوة الميكانيكية الأساسية التي تلعب دوراً كبيراً في عملية نشأة وتشكيل النباك وتحديد الاتجاه العام لها وكذلك خصائصها الشكلية من خلال اتجاه الرياح وسرعتها.

٤-الغطاء النباتي ومستوى الماء الأرضي والرطوبة:

مما ساعد الرياح في تشكيل الكثبان الرملية في قاع المنخفض هو قلة الغطاء النباتي الذي يرتبط بعلاقة عكسية مع الرياح حيث تزداد الرياح مع ندرة الغطاء النباتي وهذا ما يزيد من قدرتها على عمليتي النحت والترسيب.

ومن جانب آخر تساهم النباتات خاصة الطرفاء والأسل والرطريط والفرقد والتي لها القدرة على تصيد الرمال وتحديد مواضع ترسيبها بدورٍ كبيرٍ في تكوين حقول النباك في بعض نطاقات منطقة الدراسة ، حيث تعمل العوائق النباتية على احتجاز الرمال المتحركة مع الهواء بفضل فروعها وأوراقها التي تصد الرمال السافية ومن ثم تمثل العامل الرئيسي في عمليات تشكيل النباك بقاع المنخفض (Zhao,2019,p.p 4-6) كما أن هناك علاقة قوية بين استمرار ظاهرة النباك أو أزالتها بقاع المنخفض وبين مستوى الماء الأرضي والرطوبة، حيث

تعتبر التغذية المائية مسؤولة عن استمرار نمو النباتات وبالتالي زيادة حجم النباك أو بقائه، وعدم تمكن النبات من حصوله على الماء يعني موته ، وبالتالي تعرض النبكة لعمليات الإزالة أو الاندثار.

سابعاً :الأخطار المرتبطة بالأشكال الرملية:

تتعدد الأشكال الرملية بمنطقة الدراسة وفقاً لطبوغرافية السطح وطبيعة الانحدار وسرعة واتجاه الرياح الأمر الذي انعكس بدوره على حركة وانتقال الرواسب الرملية من مكان وتجميعها في مكان آخر متضمنة هيئات مختلفة، منها الرمال المسطحة والتي تعرف بفرشات الرمال، والرمال المتجمعة بشكل غير منتظم والرمال المتراكمة في أشكال جيومورفولوجية منتظمة عرف بالكثبان الرملية(التركماني،٢٠٠٨، ص ١٣٢).

وقد تعددت طرق حركة الرياح والتي يمكن تقسيمها إلى قسمين رئيسيين هما:**عملية سفي الرمال** وتتمثل في انتقال الحبات الرملية سواء عن طريق الزحف أو القفز أو التعلق وذلك من مصادر تتوفر بها التكوينات الرملية إلى مناطاق أخرى تتوفر فيها مقومات الارساب، و**عملية زحف الكثبان الرملية** وتتمثل في انتقال الحبات الرملية من مكان إلى آخر في اتجاه منصرف الرياح عن طريق الزحف والقذف مع التيارات العالية السرعة والتي تعمل إزالة الرمال من الكساح وارسابها على الصباب(مصلح،٢٠١٠، ص ٤٠٦).

وتشير الدراسات الميدانية وفحص وتحليل المرئيات الفضائية [1] إلى أن حركة الكثبان الرملية بمنطقة الدراسة تكاد تكون ثابتة المسار والاتجاه وقد بلغ متوسط معدل حركتها حوالي ١٤.٢ متراً خلال العام وبمعدل ٣.٦ متر خلال الفصل الواحد ،إن اختلف هذا المعدل من فترة

[1] تم الاعتماد في قياس حركة الكثبان الرملية على كل تحليل المرئيات الفضائية **E.T.M** التي التقطت خلال فترات ٢٠٠٧ وكان معدل الحركة ١٣.٤ م، ٢٠٠٩ وكان معدل الحركة ١٣.٨م، ٢٠١١ وكان معدل الحركة ١٥.٤ م باستخدام برنامج **ERDAS IMAGIN** من خلال قياس حركة الرمال ، كما تم متابعة حركة بعض الكثبان من خلال وضع بعض العلامات على أجزاء مختلفة منها بشكل دوري كل ٤ شهور وتم المتابعة ثلاث مرات خلال عام ٢٠١٥.

زمنية إلى أخرى وذلك وفقاً لاتجاه وسرعة الرياح السائدة وابعاد الكثبان الرملية المختلفة وطبوغرافية قاع المنخفض ودرجة الانحدار وغيرها من العوامل التي سبق الإشارة إليها.

وتختلف حركة الكثبان الرملية بمنطقة الدراسة مكانياً وزمانياً حيث يختلف مقدارالحركة ومعدلها داخل النطاقات المختلفة لقاع المنخفض حيث تزيد معدلات حركة الرمال في النطاق الشمالي عنه في النطاقين الأوسط والجنوبي.

ويؤدي حركة الرمال والكثبان الرملية بمنطقة الدراسة إلى وجود ثلاث مشكلات رئيسية وهي طغيان الكثبان الرملية على المناطق السكانية، والأراضي الزراعية، وكذلك طغيانها على الطرق الرئيسية والفرعية بقاع المنخفض.

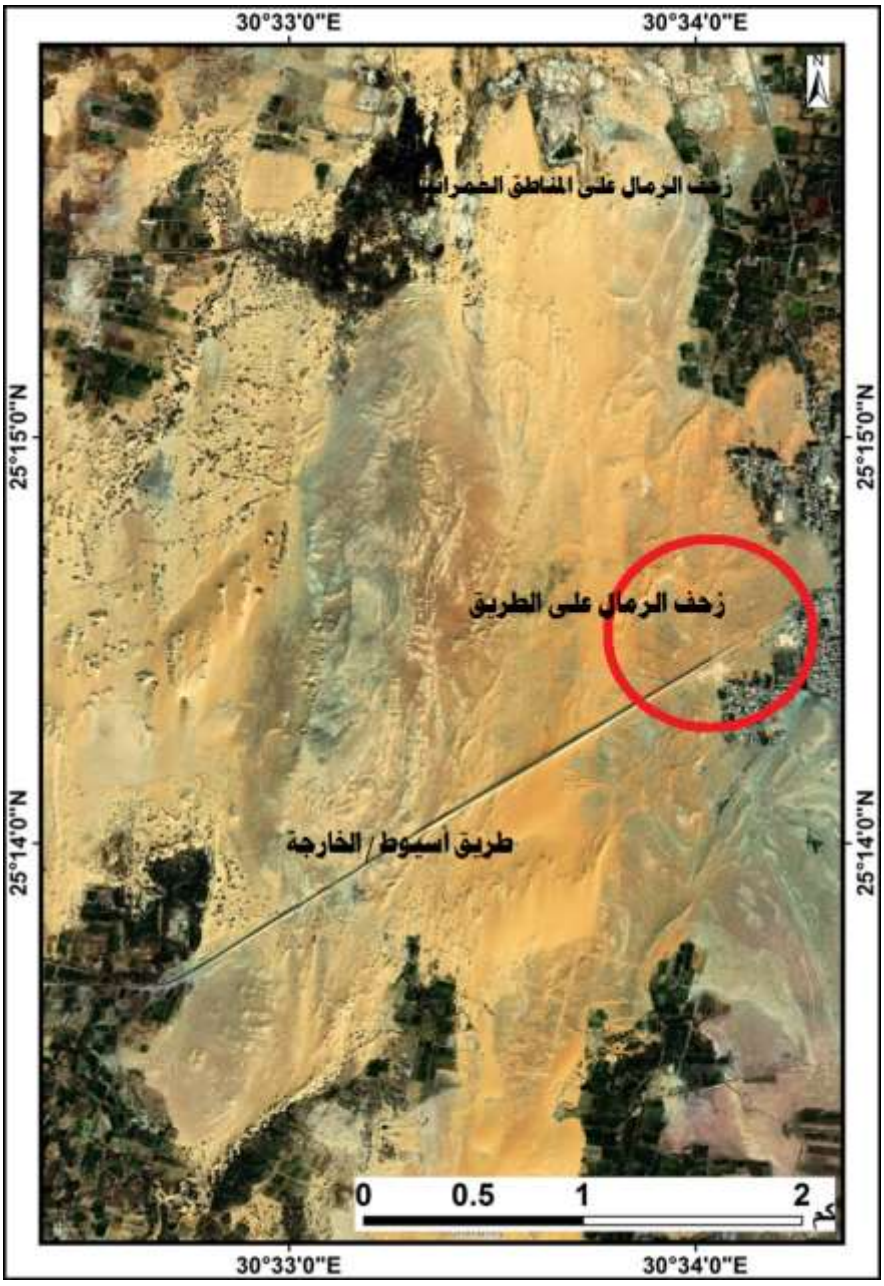
١-زحف الكثبان الرملية على المناطق السكنية:

تعاني الكثير المناطق السكنية في قاع منخفض الخارجة من زحف الكثبان الرملية، وتتعرض الكثير من القرى مثل قرى جناح وبولاق والقصر وناصر والجزائر وغيرها لزحف الرمال لتغطي منازل بأكملها كما تغطي بعض الدور السكنية أو تتراكم الرواسب الرملية بالقرب منها أو في شكل غبار يغطي أسطح ونوافذها، فعند هبوب الرياح السائدة الشمالية والشمالية الغربية فإنها تمر باتجاه مناطق انتشار الكثبان الرملية، لذا تنقل معها رواسب الكثبان الرملية وترسيبها على أسطح وواجهات المنازل السكنية التي تعترضها أو قد تكون مناطق انتشار الكثبان الرملية قريبة من الدور السكنية، كما موضح في الصورة (١٦) فتزحف باتجاهها مسببه إضرار كبيرة تتمثل في صعوبة التنقل والسير على هذه الرواسب الرملية.

صورة(١٦) زحف الكثبان الرملية على قريتي جناح وبولاق.

٢- زحف الكثبان الرملية على طرق النقل:

تتأثر الكثير من الطرق الرئيسية والفرعية وخط السكك الحديدية في منطقة الدراسة بحركة وزحف الكثبان الرملية لأن اتجاه زحف الكثبان الرملية يكون موازي لمعظم اتجاهات طرق المواصلات، وتتميز شبكة الطرق بمنطقة الدراسة بقلة كثافتها ومن ثم كانت أخطار حركة الرمال متباينة على هذه الطرق وإن كان يوجد بشكل واضح على طريق الخارجة–أسيوط صورة(١٧)، كما يتعرض الطريق ما بين الخارجة وقرية باريس لزحف الرمال حيث تتحرك الكثبان الرملية باتجاهه خاصة فيما بين قريتي ناصر و بولاق.



المصدر :- المرئيات الفضائية بالاعتماد على مرئيات 1-Imagery Online In ArcGis -

2-Images for GeoEye1 -SAS Planet and Terra Incognita Programe satellite

صورة فضائية (١٧) جركة الرمال وأثرها على القرى والأراضي الزراعية والطرق الرئيسية بقاع المنخفض.

٣-تصحر الأراضي الزراعية:

تتعرض مناطق الاستصلاح الزراعى بقاع المنخفض لزحف الرمال مما ترتب عليها الإضرار بالتربة والمحاصيل الزراعية في قرى جناح وبولاق والناقورة وجلستومة وقصر الغويطة وبخاصة عندما تهب رياح الخماسين، كذلك تتعرض الأراضي الزراعية إلى الشمال الغربي من جرمشين وباريس لزحف الرمال وردمها للآبار بشكل دائم.

صورة (١٨) زحف الرمال على المناطق الزراعية ومزارع النخيل بقاع المنخفض.

الحماية من أخطار حركة الرمال:

- **حماية اللمناطق العمرانية:**

-يجب الأخذ في الاعتبار عند تصميم المنازل والمنشأت ان تكون أرضيتها على مستوى أعلى من مناسيب الشوارع المجاورة، وأن تكون فتحات النوافذ والأبواب عكس اتجاه الرياح السائدة.

-يجب أخذ الأحتياطات اللازمة عند إقامة أي مشروعات سكنية وذلك بتفادي مسار حركة الكثبان الرملية أو أماكن تراكمها.

- **حماية الأراضي الزراعية:**

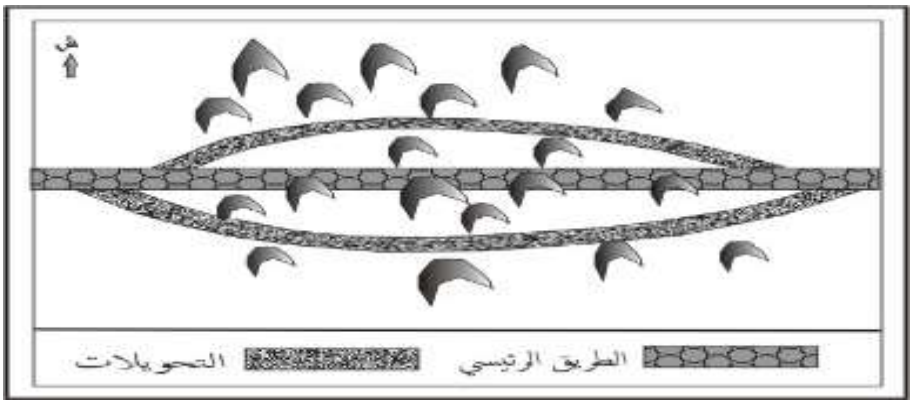
–ضرورة زراعة حزام شجرى حول القرى الموجودة بقاع المنخفض مثل قرى جناح وبولاق والقصر وناصر والجزائر حتى يكون بمثابة سياج حماية لها لمنع سفي الرمال من الكثبان ، ويلزم اختياره من الأنواع المقاومة للرياح الشديدة وأن تتحمل ضعف خصوبة التربة. وتكون متعددة الاستخدامات كإنتاج أخشاب الوقود وأعمال النجارة البسيطة ، ويقترح زراعة أشجار الكازورينا والأثل والفيكس مثلما حدث عند منطقة بئر القطارة وكذلك عند قرية جدة .

–عمل مصدات خرسانية أوركامية في الجانب المواجه لرياح بحيث لايتعدى ارتفاعها ٢متر على غرار المصدات الشجرية.

- **صيانة الطرق البرية والسكك الحديدية:**

–تغطية أسطح الرمال بتربة طفيلية وهي طريقة بسيطة وغير مكلفة وتتم في بعض المواضع الكثيبية على الطرق بقاع المنخفض مثل طريق الخارجة –أسيوط وطريق الخارجة – باريس ، بالإضافة إلى اكتساح الرمال ونقلها إلى أماكن بعيدة بشكل دوري خاصة في مواضع على طول خط السكك الحديدية الذي يتجه من الخارجة باتجاه قنا.

– أقترح إنشاء كباري علوية أو أنفاق في المسافات التي تقطعها نطاقات الكثبان الهلالية ، ولايختلف اتساع النطاقات في المناطق التي تقطع فيها هذه الطرق من وقت إلى أخر، وفي منخفض الخارجة قد اتجه التفكير إلى حلول أخرى منها ما يعرف باسم (التحويلات)، أي تحويل الطريق إلى المسافات البينية بين الكثبان والتي تقع إلى الشمال أو الجنوب من الجزء التي طغت عليه الكثبان ثم العودة مرة أخرى إلى الطريق الأصلي عندما يتخطى الكثيب أو الكثبان الجزء الذي طغت عليه كما يتضح من شكل(١٥) وهذه الطريقة لتفادي الكثبان تتناسب مع استغلال زراعي محدود وحركة غير كثيفة على الطريق(امبابي،١٩٧٧، ص ١٧٠)



عن امبابي ١٩٧٧ ص ١٧١مع التعديل.

شكل(١٥) طريقة تفادي الكثبان الهلالية المتحركة على الطريق(التحويلات).

الخاتمة

١. يتسم قاع منخفض الخارجة بانخفاضه في الوسط مع الارتفاع التدريجي نحو الاتجاهات الأربعة كما يتميز بالتموج مع انحدار واضح نسبياً على طول امتداد محوره الطولي من الجنوب إلى الشمال والذي ساعد بدوره على تكوين الأشكال الرملية المختلفة بمنطقة الدراسة.

٢. تعد الرياح الشمالية والشمالية الغربية هي السائدة طول العام ويرجع ذلك إلى الاتجاه العام للمنخفض من الشمال إلى الجنوب، وهذه الرياح هي المسئولة عن تكوين وحركة الرمال بأشكالها المختلفة بالمنطقة.

٣. تتوزع أنماط الأشكال الرملية في نطاقين هما قاع وحواف قاع منخفض الخارجة وأهم هذه الأشكال : الكثبان الرملية الطولية، والكثبان الهلالية والنباك، والفرشات الرملية، والتموجات الرملية.

٤. تعد الكثبان الرملية بأنماطها المختلفة من أهم ملامح السطح المميزة لقاع منخفض الخارجة،حيث تكونت في ظل ظروف بيئية متعددة توافرت جميعها في منطقة الدراسة أهمها توافر مصادر الرمال المكونة للكثبان، والمناخ الجاف، وتعدد نظم الرياح السائدة، وطبيعة التضاريس المحلية في المنطقة.

٥. تمثل الرمال المتوسطة والرمال الناعمة ٩٠.١ % من إجمالي العينات، مما يشير إلى أن الكثبان الرملية بقاع المنخفض تتكون في معظمها من الرمال المتوسطة والناعمة ومن ثم تستطيع الرياح تحركها من مكان إلى آخر وهذا يوضح سبب تحرك الكثبان الرملية باستمرار نتيجة لهبوب الرياح عليها.

٦. تتوزع النباك في عدة أماكن بمنطقة الدراسة فقد تظهر بأعداد قليلة متناثرة في أماكن مختلفة، أو على هيئة حقول صغيرة في نطاقات مختلفة من منطقة الدراسة.

٧. أما الفرشات والتموجات الرملية فتنتشر على معظم أسطح الأشكال الرملية بمنطقة الدراسة وتتباين في أبعادها وخصائصها المورفومترية باختلاف سرعة الرياح السائدة بالمنطقة.

٥-تؤثر حركة الرمال بمنطقة الدراسة على المناطق السكنية والطرق الرئيسية والفرعية وكذلك الأراضي الزراعية القديمة والمستصلحة.

المراجع:

١. إمبابي، نبيل سيد (١٩٧٧): استغلال المياه الجوفية في واحات الصحراء الغربية بمصر(مع الاشارة بوجه خاص الى الواحات الخارجة والداخلة، مجلة البحوث والدراسات العربية،العدد الثامن.

٢. _____ (١٩٧٩):حركة الكثبان الرملية الهلالية وأثرها على العمران والتعمير في منخفض الخارجة، مجلة الشرق الأوسط، مركز بحوث الشرق الأوسط، جامعة عين شمس، العدد ٦، القاهرة.

٣. _____،وعاشور، محمود محمد(١٩٨٣):الكثبان الرملية في شبه جزيرة قطر، الجزء الأول، مركز الوثائق والدراسات الإنسانية، جامعة قطر.

٤. التركماني،جودة فتحي(٢٠٠٨) :الجغرافيا التطبيقية أسس ومجالات وتطبيقات، الطبعة الثالثة، دار الثقافة العربية، القاهرة.

٥. دسوقي، صابرأمين (٢٠٠٤):دراسات في جيومورفولوجية الأراضي المصرية، الجزء الأول، منشأة المعارف، الأسكندرية.

٦. صالح، كريم مصلح (٢٠٠٦):الكثبان الهلالية غرب محافظة سوهاج وأثرها علي تربة الأراضي الزراعية بالسهل الفيضي، مجلة كلية الآداب بسوهاج، العدد التاسع والعشرون، الجزء الثاني.

٧. _____(٢٠١٠):الأشكال الرملية ومخاطرها بمنطقة الكوامل (سوهاج)، مجلة الجمعية الجغرافية المصرية، العدد السادس والخمسون، الجزء الثاني.

٨. عبدالله، عزة أحمد(٢٠٠٢):الأشكال الرملية شرق بحيرة البردويل دراسة جيومورفولوجية، مجلة كلية الآداب، جامعة الزقازيق

٩. علام، عبد الله علام عبده (١٩٩٣): جيومورفولوجية الساحل الشرقي للبحرالأحمر فيما بين رأس مسعود ورأس أم ربيس في المملكة العربية السعودية، الإنسانيات كلية الآداب فرع دمنهور، جامعة الإسكندرية، العدد التاسع.

١٠. عقل، ممدوح تهامي(٢٠٠٠): حركة الرمال شرقي قناة السويس وتأثيرها على النشاط البشرى (دراسة في الجيومورفولوجيا التطبيقية)، الإنسانيات، كلية الآداب بفرع دمنهور، العدد ١٩.

١١. على، أحمد عبد السلام ،١٩٩٩، جيومورفولوجية الكثبان الطولية شمال شرق منخفض البحرية (الصحراء الغربية – مصر). المجلة الجغرافية العربية، الجمعية الجغرافية المصرية ، الجزء الثاني ، العدد ٣٤ ، القاهرة

١٢. كليو، عبدالحميد أحمد – الشيخ ،محمد إسماعيل (١٩٨٦) :نباك لساحل الشمالي في دولة الكويت " دراسة جيمورفولوجية " الكويت.

13. **Abd-Rabboh, A.M.(1995**:Structural and Geological studies on the Area North of Dakhla- Kharga Oasis ,El-Mansoura university, faculity of science

14. **Azzaoui,etal.,(2019)**: detection of crescent sand dunes contours in satellite images using an active shape model with a cascade classifier, 5th International Conference on Geoinformation Science – GeoAdvances, 10–11 October 2018, Casablanca, Morocco.

15. **Bagnold, R.A.,(1938)**:The measurement of sand storms. Proc. R. Soc. Lond. Ser. A-Math. Phys. Sci., 167, 282–291

16. **Bagnold, R.A.,(1941)**: The Physics of Blown Sand and Desert Dunes, Methuen and Co., Ltd., London.

17. **Breckle,S&, Aaron,M, 2008** : Arid Dune Ecosystems The Nizzana Sands in the Negev Desert Springer, Berlin/Heidelberg.

18. **Chang,Z,etal.,(2018)**: Correlation between nebkhas formation ability and silhouette layer parameters of desert plants, : Earth and Environmental Science 191.

19. **Daniel M, etal.,(2001)**: Wave-formed sand ripples at Duck, North Carolina, Journal of Geographical Research, Vol. 106, No. C10, P.P. 22,575-22,592

20. **Durán, O,etal.,(2014)**: numerical simulations of aeolian sand ripples. Proc. Natl. Acad.Sci., 111,p.p- 15665-15668

21. **Embabi,N,S.,(1971)**: Structure of barchan dunes at Kharga Oasis depression thewestren desert , Egypt , Bull ., Soc., Geo., d'egypt , Tome 34,PP.53-71.

22. **Fryberger, S.G, (1978)**: Techniques for the Evaluation of Surface Wind Data in Terms of Aeolian Sand Drift, U.S. Geol. Survey, Open file report, 78-405: 1-25.

23. **Hints ,L & Miidel,A.,(2008)**: Ripple marks as indicators of Late Ordovician sedimentary environments in Northwest Estonia, Estonian Journal of Earth Sciences, 57, 1, 11-22

24. **Hugenholtz CH, etal., (2012):** Remote sensing and spatial analysis of aeolian sand dunes: a review and outlook. Earth-Science Reviews 111: 319-334

25. **Hugget,R. , (2012):** Fundamentals of Geomorphology, Third edition Routledge,Newyork.

26. **Kocurek,G, etal.,(2006):** Development of spatially diverse and complex dun –field patterns :Gran Desierto Dune Field Sonora ,Mexico ,sedimentology ,53.

27. -**Lancaster, N., (1995):** A geomorphology of Desert Dunes Routledge, London. 290

28. **Lämmel, M,etal.,(2018):**. Aeolian sand sorting and megaripple formation. Nat. Phys. 14, 22–30.

29. **Langlois ,V &. Valance, A., (2007):** Initiation and evolution of current ripples on a flat sand bed under turbulent water flow,The European physical Journal ,Springer, Berlin/Heidelberg

30. **Lorenz RD& Valdez A.(2011):** Variable wind ripple migration at GreatSand Dunes National Park and Preserve, observed by timelapse im-aging.Geomorphology133:1–10.

31. **McKenna N C& Bédard O., (2017):**Awind tunnel investigation of particle segregation, ripple formation and armouring within sandbeds of systematically varied texture Earth Surface Processes and Landforms 42: 749–762

32. **Pye,k&Tsoar,H.,(2008)**: Aeolian Sand and Sand Dunes, Springer Science & Business Media.

33. **Rousseaux H, etal.,(2004)** :Granular size segregation in underwater sand ripples ,The European physical Journal ,Springer, Berlin/Heidelberg.

34. **Said,R.,(1990)** : The Geology of Egypt , A ,A . Balkema , Rotterdam , nether lands

35. **Vinent ,D, Andreotti, B, Claudin, P, Winter, C. A.,(2019)**: unified model of ripples and dunes in water and planetary environments. Nat. Geosci., 12, 345

36. **Wang,x,Quan,G, ,etal., (2012)**: Comparison of Hydraulic behviour of unvegetated and vegetation-stablizided sand dunes in arid desert ecosystems , Wiley online library.

37. **Zhao,Y,etal.,(2019)**: Effects of wind velocity and nebkha geometry on shadow dune formation, Journal of Geophysical Research: Earth Surface,china.

38. **Zheng,X,(2009)**:Mechanics of Wind-blown Sand Movements,Springer Science &Business Media,p.309.