استخدام نظم المعلومات الجغرافية فى تقييم ونمذجة اختيار أنسب المواقع لحصاد الأمطار فى المنطقة من فوكة لرأس علم الروم بالساحل الشمالى الغربى لمصر.

بحث منشور لاستكمال متطلبات الحصول على درجة الدكتوراه فى الجغرافيا

إعداد

إيمــان جمال فتحي خضر

مدرس مساعد بقسم الجغرافيا

كلية الآداب جامعة الزقازيق

الملخص:

تعتبر منطقة الدراسة التى تقع على الساحل الشمالى الغربى لمصر من المناطق التى تتميز بهطول أمطار شديدة التباين زمنياً ومكانياً، والتى تسقط بشكل فجائى بكميات كبيرة تصل الى (١٧٢ملم) كمتوسط سنوى، ويعتمد الساحل الشمالى الغربى بصورة عامة على مياه الأمطار اعتماداً كلياً فى كل من الزراعة والرعى والشرب والاستخدامات المنزلية، لذلك فالسكان فى هذة المناطق يتأثرون بنقص المياه وغالباً مايكون لديهم سُبل عيش غير آمنة، لذلك يلجأون الى حصاد مياه الأمطار للاستفادة منها فى فترات انقطاع الامطار، لذلك تهدف هذة الدراسة الى تقييم امكانية توظيف تقنيات نظم المعلومات الجغرافية Geographical Information Systems (GIS) في اختيار المواقع المثلى لحصاد مياه الامطار فى المنطقة ما بين فوكة و رأس علم الروم، من خلال تحليل ومعالجة البيانات الاولية والثانوية لمنطقة الدراسة وتحديد الشروط والمعايير التى يتم تطبيقها في النمذجة المكانية لاختيار أفضل هذه المواقع، و قد شملت المعايير المختارة جيولوجية المنطقة وتحديد الأحواض واتجاهات الجريان وخصائص المناخ (الأمطار، درجة حرارة الهواء، التبخر) وخصائص السطح (البنية والتركيب الجيولوجى، درجات الانحدار) والتربة، والخصائص الهيدرولوجية (كمية الامطار، التسرب خلال زمن التباطؤ، التسرب خلال زمن التصريف، حجم الجريان، صافى الجريان)، والخصائص الطبوغرافية (شبكة الطرق، الآبار والخزانات الحالية، والكتلة العمرانية). جُمعت هذة المعلومات وحُللت وفُسرت باستخدام بيئة نظم المعلومات الجغرافية، وتحديد مدى ملائمة كل عنصر لاختيار أفضل المواقع، وتم الوصول الى النتائج وتحديد عدد من المواقع تعبر هى الانسب لحصاد مياه الأمطار. فجاءت المنطقة التى تُمثل الدرجة المثالية لحفر الآبار والخزانات بمساحة تقدر ب ٣١٠,٤٨ كم٢ بنسبة ١٣,٦% من مساحة المنطقة وتمثلت هذه المنطقة فى المناطق الأكثر مطراً والأقل تبخراً بالاضافة الى انها من ناحية البنية تقع في منطقة صخور صلبة الى حد ما وهى منطقة جنوب رأس الحكمة وأجزاء من حوض فوكة.

الكلمات المفتاحية : الجريان السطحى، الآبار والخزانات، نظم المعلومات الجغرافية، الملائمة المكانية، الساحل الشمالى الغربى.

مقدمة: Introduction

تعد الأمطار أهم مورد طبيعي في البيئات الجافة وشبة الجافة. حيث يؤثرالنقص في كميات الهطول علي مستوي الجريان السطحي، و تحت السطحي، كما يؤثر علي القدرات الإنتاجية للأراضي الزراعية. لذلك يعد تحسين كفاءة استخدام مياه الأمطار أمراً بالغ الأهمية في بيئات الشح المائى، و مما يفاقم من هذه التأثيرات طبيعة الأمطار في البيئات الجافة و شبه الجافة، و التي تتميز بتباياتها المكانية و الزمنية الشديدة، وبالتالي ضعوبة التنبؤ بها، حيث يرتبط بها غالبا جريان سيلي مفاجيء، مما يسبب تأثيرات سلبية علي البينية التحتية ، و شبكات النقل، و المراكز العمرانية، فضلاً عن التأثير في حياة الأفراد (Negm, A. M. et all 2020). لذلك فيعد بناء السدود في الأودية لتجميع مياه الأمطار والحث على التغذية الاصطناعية للمياه الجوفية وبناء مستجمعات لحصاد مياه الامطار أحد الحلول المتاحة للتغلب على نقص المياه في البيئات الجافة وشبة الجافة (Adham, A., et all. 2018)

وقد عرف الإنسان أهمية حصاد مياه الأمطار منذ القدم، فبدأ بتشييد السدود والخزانات على مجاري الأودية، حرصاً على الاستفادة المثلى من مياه السيول. و قد تزايدت أهمية حصاد المياه في العصر الحديث، حيث أظهر حصاد مياه الأمطار بالنسبة للزراعة إمكانيات واعدة لمضاعفة إنتاج الغذاء، حيث تُمارس الزراعة البعلية في ٨٠٪ من مساحة الأراضي الزراعية في العالم ، وتنتج ٦٥-٧٠٪ من الأغذية الأساسية في العالم. (UNPEP, 2009).

وتستند فكرة حصاد المياه على تجميع مياه الأمطار خلال موسم سقوطها وخزنها للاستفادة منها خلال فترة انقطاعها. وقد عرفت المنظمة العربية للتنمية الزراعية (٢٠٠٣) الحصاد المائى على أنه أى عملية مورفولوجية أو كيميائية أو فيزيائية تنفذ على الأرض من أجل الاستفادة من مياه الأمطار بشكل مباشر، يعمل على تمكين التربة من تخزين أكبر قدر ممكن من مياه الأمطار المتساقطه عليها، وتخفيف سرعة الجريان لتقليل معدلات انجراف التربة أو بشكل غير مباشر من خلال تجميع مياه الجريان السطحي في منطقة تصريف وتخزين غير معرضة للانجراف وإعادة استخدامها عند الحاجة إليها، وذلك بهدف الشرب أو الري التكميلي أو سقاية الحيوان أو تغذية المياه الجوفية. وبذلك يضمن نظام حصاد المياه الإفادة من نسبة كبيرة من مياه الأمطار قبل هدرها، و قد تتم عملية حصاد مياه الامطار نفسها بشكل طبيعى من خلال تدفق مياه الجريان عقب العواصف المطرية الشديدة من المناطق المرتفعه نحو المناطق المنخفضة، علي الجانب الآخر، وقد تتم عملية الحصاد بتتدخل العنصر البشرى، وذلك عن طريق تهيئة الظروف المناسبة لتسريع الجريان او تهدئته للاستفادة منه للأغراض الزراعية،وكما يمكن تطويره لتزويد الانسان والحيوان بمياه الشرب، فضلاً عن الاستخدامات المنزلية. و من ثم يمكن القول بأن عملية حصاد المياه هي عملية تهدف إلي تجميع المياه فى عدة أشكال خلال فترة

زمنية معينه من الدورة الهيدرولوجية، و التي تبدأ من سقوط الأمطار وحتى مرحلة الجريان السطحي للمياه على شكل سيول، و ذلك بغرض الاستفادة من هذة المياه فى أوقات انعدام سقوط الأمطار أو قلتها عن المعدلات الطبيعية.

و تشير الأدبيات إلي أن حصاد مياه الأمطار يتم من خلال ثلاثة مكونات رئيسة، وهي منطقة المستجمع المائي (Catchment area)، مرفق التخزين (Collection)، فضلاً عن المنطقة المستهدفة (Target area) صورة (١) حيث تشير منطقة المستجمع المائي الى جزء من الأرض يسهم ببعض أو كامل حصته من مياه الأمطار لصالح المنطقة المستهدفة الواقعة خارج حدود ذلك الجزء، ويمكن أن تكون منطقة المستجمع المائى صغيرة لاتتجاوز مساحتها بضعة أمتار مربعة، أو منطقة كبيرة تصل إلى عدة كيلومترات مربعة، كما أنها يمكن أن تكون أرضاً زراعية، أو صخرية، أو هامشية، أو حتى سطح منزل، بينما يشير مرفق التخزين (Collection) إلي المكان الذي تحتجز فيه المياه الجارية من وقت جمعها وحتى استخدامها، ويمكن أن يكون التخزين في خزانات أرضية أو تحت أرضية مثل الخزانات، أو في التربة ذاتها كرطوبة تربة، أو في مكامن المياه الجوفية، وعلى الجانب الآخر تشير المنطقة المستهدفة (target area) إلي المنطقة التي تستخدم فيها المياه التي تم تجميعها من خلال عملية الحصاد، بغرض استخدامها لأغراض الاستخدام السكني (المنزلي) أو الزراعي أو غيرها.

المصدر: من تصوير الباحثة، وتجميعها.

صورة (١): صورة مُجمعة لمكونات نظم الحصاد المائى فى الساحل الشمالى الغربى.

ويركز هذا البحث على دراسة حصاد مياه الأمطار وطرق استغلالها والبحث عن أفضل الأماكن لبناء مستجمع لحصاد مياة الأمطار(آبار وخزانات) بالإستعانة بتقنية نظم المعلومات الجغرافية Geographic Information System (GIS) فى منطقة الدراسة، الأمر الذى ينعكس ايجابياً على الحياه الإجتماعية والاقتصادية لسكان منطقة الدراسة خاصة وأن مصدر المياه الجوفية لايمكن الاعتماد علية بسبب تسرب مياه البحر فى طبقات المياه الجوفية الساحلية ولكن من الممكن حفر بعض الآبار لأغراض رى محاصيل وأشجار تتحمل الملوحة بنسبة معينة (Usama Massoud , et all., 2015) ويمكن استخدام مياه الأمطار المحصودة في مجالات شتى الزراعية منها وفي تربية المواشى وحتى للاستخدام البشرى وحسب الطريقة المنفذة لحصاد هذه الأمطار ويمكن التعامل مع هذا الماء المحصود إما بتحويله مباشرة الى أراضى زراعية لغرض الإرواء أو يتم خزنه بإحدى طرق الخزن المتمثلة بـ (قطاع التربة، إنشاء خزانات سطحية او تحت سطحية (آبار النشو فى المنطقة).

وتعتمد منطقة الساحل الشمالي الغربي لمصر بشكل أساسي على مياه الأمطار الشتوية، كمصدر رئيسي لمياه شرب الإنسان والحيوان، فضلاً عن زراعة حاصلات رئيسة كالتين والزيتون واللوز والشعير، حيث يبلغ متوسط المعدل السنوي لسقوط الأمطار ١٤٠ مم، وبالتالي تعد هذه المنطقة من المناطق الواعدة في حصاد مياه الأمطار، خاصة مع انتظام سقوط الأمطار بها – مقارنة بغيرها من الأراضي المصرية، و قد استغلها الرومان قديماً في انشاء لخزانات الرومانية، بغرض زراعة القمح، و عرفت تلك المنطقة آنذاك بانها سلة غذاء العالم. و قد بذلت جهودا حديثة لتنفيذ عدد من المشروعات للاستفادة من حصاد مياه الأمطار، عن طريق حصادها في آبار، فقد أشار (سيد خليفة) مدير المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة "أكساد" إلى أنه من خلال مشاريع حصاد مياه الامطار تم توفير ١٧٢ ألف متر مكعب من مياه الشرب للإنسان والحيوان والري التكميلي في منطقة جافة (منطقة الساحل الشمالي الغربي) تعتمد بشكل أساسي على مياه الأمطار كمصدر رئيسي ووحيد للمياه لشتى الاستخدامات، وتظهر الحاجة الملحة لتعظيم امكانات الاستفادة من حصاد مياه الأمطار في هذا الاقليم، خاصة مع توجه الدولة لتنمية الساحل الشمالي الغربي، و في ظل نقص مصادر المياه الجوفية في هذا الاقليم، أو تسرب مياه البحر الي بعض طبقات المياه الجوفية الساحلية.

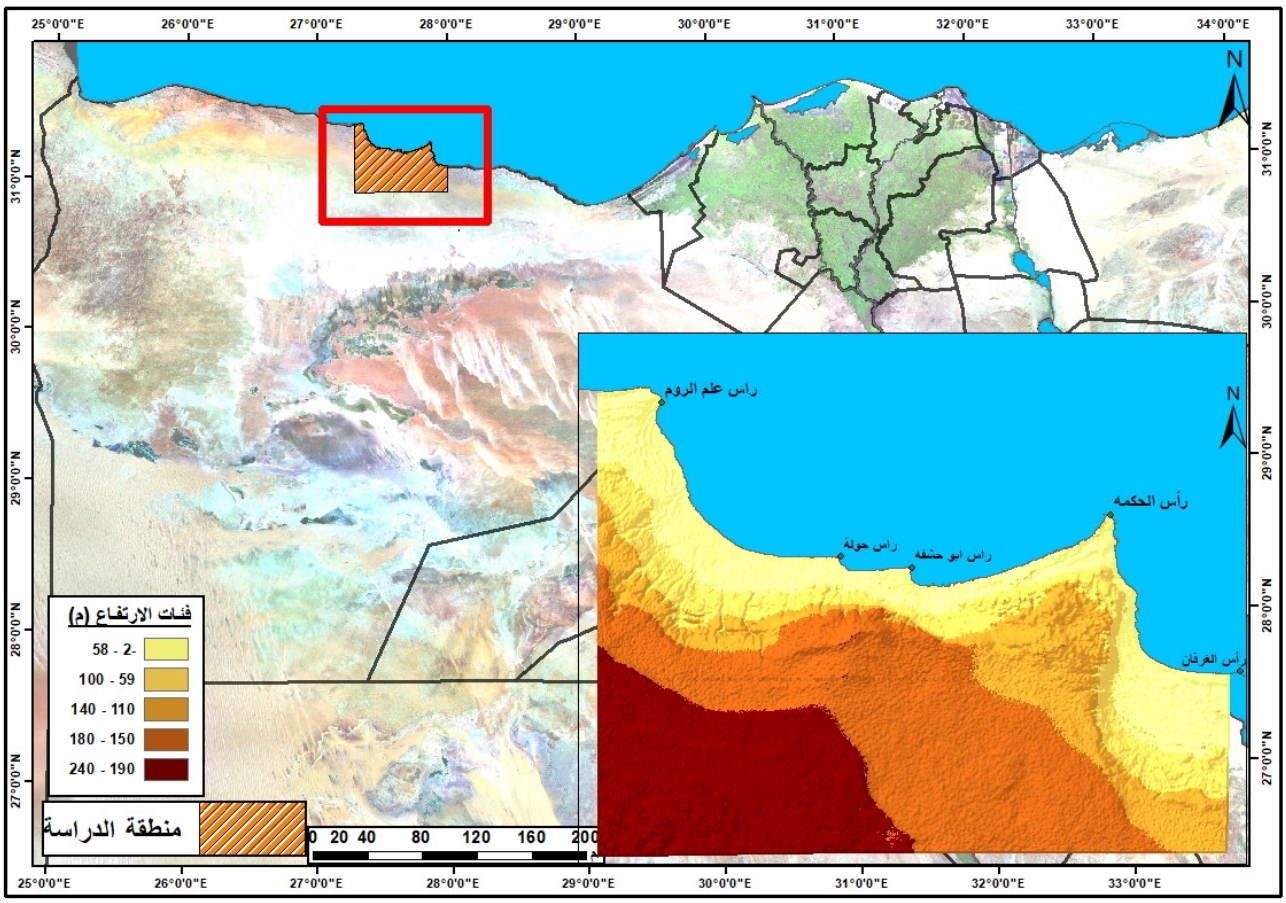
أهداف البحث:

- يهدف البحث إلي إقتراح افضل الاماكن لتجميع مياه الامطار والجريان فى منطقة، بغرض الاستفادة المثلى منها لاحقاً، وذلك اعتماداً علي تقنية نظم المعلومات الجغرافية (GIS) Geographic Information Systems .
- كما يهدف البحث إلي إنتاج خريطة للمواقع المثلى والجيدة للحصاد المائي بمنطقة االدراسة وتحديد المناطق المناسبة لآبار وخزانات التخزين، من خلال دراسة حصاد مياه الأمطار وطرق استغلالها، والبحث عن أفضل الأماكن لبناء مستجمع لحصاد مياة الأمطار (آبار وخزانات). وبمكن أن يكون لنتائج هذه الدراسة تاثيرات اقتصادية و اجتماعية ايجابية علي سكان هذا الاقليم، الأمر الذي قد يساهم في تحقيق الأمن المائي والادارة المتكاملة لموارد المياه في هذا الاقليم الذي يعاني من الشح المائي.

منطقة الدراسة Study Area

وتقع منطقة الدراسة فلكياً بين دائرتى عرض ٥٥ ´ ٣٠° و ٢٣ ´ ٣١° شمالاً وخطى طول ١٧ ´ ٢٧° و ٠٠ ´ ٢٨° شرقاً كما هو مبين فى الشكل (١)، ويحد المنطقة من الشمال ساحل البحر المتوسط بطول ٧٥ كم، بينما تمتد فى الداخل بمتوسط عمق ٣٣ كم متر، وتبلغ المساحة الكلية للمنطقة بنحو ٢٢٨٧,٥ كم٢، تمتاز منطقة الدراسة جيولوجياً بحداثة تكويناتها، حيث تنتمى التكوينات الجيولوجية لمنطقة الدراسة إلى الزمنين: الثالث (الميوسين الأوسط – البلايوسين) والرابع (البلايستوسين – الهولوسين)(محمد،٢٠١١، صـ١)، تمتد منطقة الدراسة موازية لساحل البحر المتوسط، حيث يضيق السهل ويتسع كلما تقدمت أو تقهقرت الهضبة الميوسينية الجنوبية، ومن ملاحظة الخريطة الجيولوجية الشكل (٢) ونموذج الإرتفاع الرقمى للمنطقة (شكل ١) يتضح أن حافة الهضبة الميوسينية تقترب إقتراباً شديداً من البحر فى بعض المواضع مثل محطة جلال وسيدى شبيب ورأس الحكمة، حيث نجد أن مياه البحر ترتطم بحضيضها، أما فى المواضع الأخرى التى تبتعد فيها الهضبة عن البحر فتظهر التلال الجيرية البويضية والتى تنحصر بينها المنخفضات؛ و التي تعتبر من أكثر المواضع خصوبة فى منطقة الدراسة، حيث يتم زراعتها على مياة الأمطار التى تتجمع بها، ويؤثر الموقع الجغرافى لمنطقة الدراسة فى تحديد مدى قارية وبحرية مناخها، حيث تمتد منطقة الدراسة شمال دائرة عرض ٢٨° شمالاً؛ جعلها خاضعة للمؤثرات البحرية القادمة من البحر المتوسط شمالا، كما ساعدت هذه المؤثرات علي سقوط الأمطار شتاءً في هذا الاقليم (شحاتة سيد أحمد، ١٩٩٠، صـ٢)، كما لموقع المنطقة على

البحر المتوسط تأثير كبير في درجات الحرارة، حيث يعمل البحر على تلطيف درجات الحرارة خلال فصل الصيف؛ نتيجة لهبوب الرياح الشمالية المحمله ببخار الماء صوب الجنوب، أما فى فصل الشتاء فإنة يعمل على اعتدال درجة الحرارة نسبياً،و يقل هذا التأثير كلما إتجهنا جنوباً، حيث تسود المؤثرات القارية، وتزداد كمية الأمطار بالقرب من الساحل، وتقل بالإتجاه جنوباً، نتيجة لسقوط الأمطار على الساحل الشمالى الغربى بصفة عامة، تسود الزراعة البعلية، حيث يعتمد السكان على حصاد مياه الأمطار لإستخدامها فى الزراعة والشرب والاغراض المنزلية. ومع سقوط هذة الامطار يتشكل الجريان السطحى فى أحواض المنطقة، حيث الامطار المصدر الرئيسى للجريان السطحى، وتتأثر كمية الجريان بكمية الامطار، فكلما زادت كمية الأمطار المتساقطة يزداد حجم الجريان السطحى و العكس.



شكل (١): موقع منطقة الدراسة.

منهجية الدراسة وأساليبها Methodology

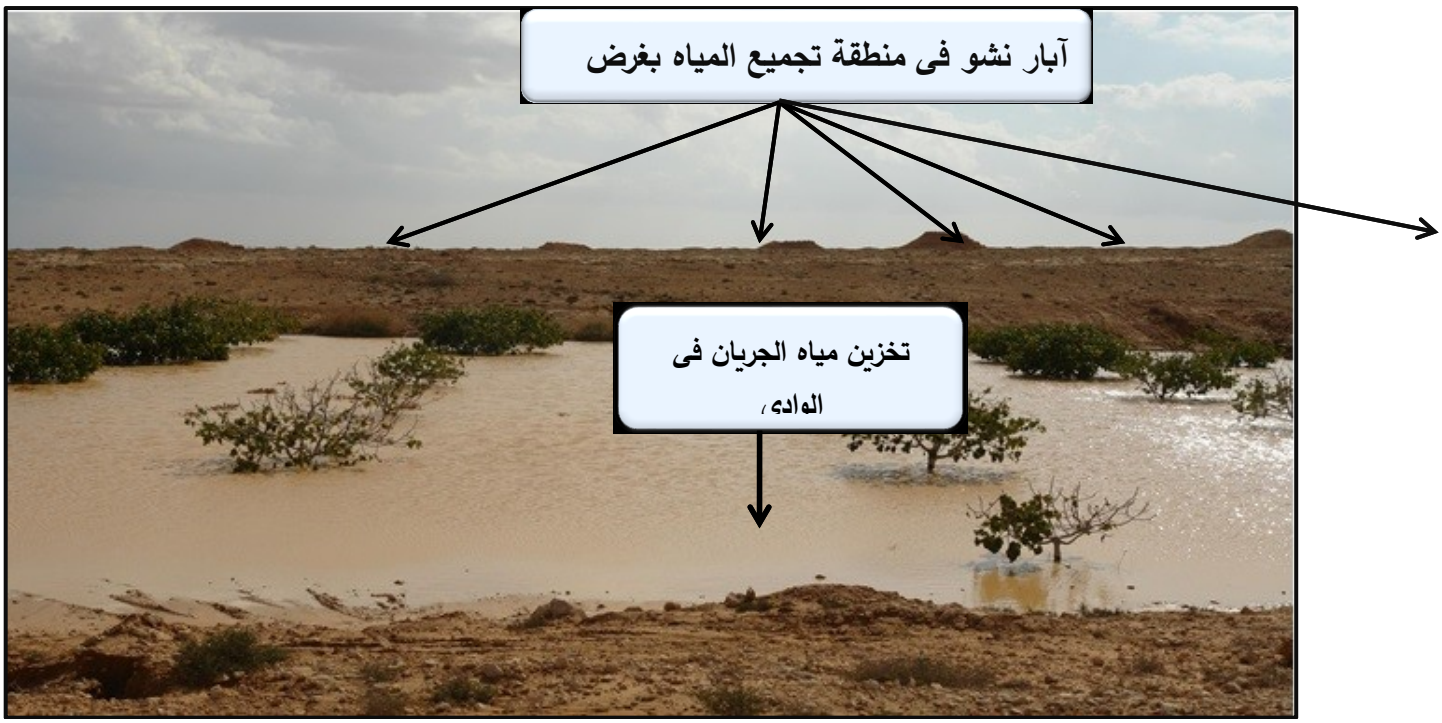
لتحضير القاعدة المعلوماتية الخاصة بموضوع الدراسة وتحليل المعطيات واستخلاص النتائج الخاصة في تحديد المواقع المثلى لأنظمة حصاد المياه، استخدمت مجموعة من الانظمة البرمجية مثل ArcGIS10.3 و ERDAS Imagine 8.6 و ArcHydro9 و Google

Earth pro وTerra Incognita Program وذلك في تحضير الخرائط والمخططات والصور الفضائية وتوجيهها ومعالجتها، ثم تفسيرها من الناحية البنيوية والجيولوجية والجيومورفولوجية وإعداد الخرائط الضرورية اللازمه، واتُّبعت المنهجية عملية جمع المعلومات والخرائط والمخططات: وتضمنت المعطيات المكانية الخاصة بالاستشعار عن بعد المستخلصة من الصور الفضائية من نوع ETM (Landsat8) بقدرة تمييز مكانية ٣٠م)، ونموذج الارتفاع الرقمى DEM (Digital Elevation Model) فى تمثيل فئات الارتفاع عن سطح الارض وحساب زوايا الانحدارات Slope واتجاهاتها Aspect، والخرائط الطبوغرافية بمقياس (١: ٥٠٠٠٠ و ١: ٢٥٠٠٠). والخرائط الجيولوجية مقياس(١:٥٠٠٠٠٠) لوحةالاسكندرية.

ثم بعد ذلك تم عملية مسح الخرائط وقراءتها ضوئياً: وتمثل المرحلة الأساسية في بناء قاعدة البيانات، إذ تتضمن عملية إدخال الخرائط والمخططات وتحويلها من الصيغة الورقية (Hard Copy) إلى صيغة رقمية (Digital Format)، ثم بعد ذلك تأتى عملية الارجاع المكاني (Geo-referencing)، والتى تهدف الى توجية الخرائط وربطها جغرافياً واسناد الظاهرات الجغرافية الى احداثياتها الحقيقية (Y،X) باستخدام انظمة الاسقاط المعروفة، وفى هذا البحث تم استخدام مسقط مركيتور العالمى (UTM،WGS-84) نظراً إلى اعتماده في أنظمة تحديد المواقع وفي الصور الفضائية المستخدمة. ثم تأتى بعد ذلك عملية ترقيم الظواهر الجغرافية من الصور والخرائط المستخدمة وتحويلها من الصيغة الخلوية (الشبكية Raster) الى الصيغة الخطية (Vector)، وقد استخدم برنامج Arc GIS 10.3 لهذة الغاية، ثم ربطت البيانات المكانية (Spatial Data) بالبيانات الوصفية (Attribute Data) وأنشئت قاعدة البيانات الجغرافية. ثم تأتى خطوة تحليل البيانات (Analysis Data) وتصنيفها (Classification and Reclassification) وتتضمنت عملية الفرز والتصنيف وعمليات النمذجة والتحليل، إنتاج الخرائط الغرضية، مثل خريطة استخدامات الأراضي، ونتائج النمذجة الهيدرولوجية، وقد اِستُخلص العديد من المعلومات المهمة بشكل آلي عن الأحواض المائية لمنطقة الدراسة بالاستعانة بنظم المعلومات الجغرافية (GIS) في اجراء العمليات التحليلية اللازمة، وتحديد مدى ملائمة الظروف الطبيعية والبشرية لاختيار أفضل المواقع واستخدام أداة بناء النموذج الهيكلي (Model Builder) فى برنامج Arc GIS10.3 فى تحديد أفضل المواقع لحصاد مياه الأمطار. وصولاً فى النهاية الى انتاج الخرائط وبناء قاعدة بيانات والتوصل الى نتائج خاصة بموضوع البحث.

معايير نموذج اختيار المواقع Criteria

يتبى سكان منطقة الدراسة والمزارعون مجموعة من أنظمة حصاد مياه الامطار والتى تتكون من أربعة مكونات رئيسية وهى (منطقة المستجمع المائى ووسيلة لتحويل الجريان السطحى ومرفق التخزين والمنطقة المستهدفة) فهناك طريقتان لتخزين مياه الامطار فى المنطقة (in situ water harvesting system) إما عن طريق تخزين مياه الجريان السطحى فى مجارى الأودية خلف السدود الترابية أو الحجرية وتعتبر التربة فى هذة الحالة بمثابة وعاء لتخزين مياه الأمطار يمكن استغلالها لمدة تصل الى ٤أشهر بعد انتهاء موسم الأمطار فى شهر مارس، ويسمى بنظام الزراعة المباشرة، حيث يتم تخزين مياه الجريان السطحى فى تربة منطقة زراعة المحاصيل أثناء هطول الأمطار، أما النظام الثانى فيسمى بنظام الحصاد التكميلى، حيث يتم تخزين المياه المجمعة خارج الموقع فى خزانات يمكن استخدامها لاحقًا لرى محصول معينة فى المنطقة كما هو واضح فى الصورة (٢)



صورة (٢): توضح طرق حصاد مياه الامطار بغرض الزراعة فى المنطقة.

ويستخدم البدو في المنطقة نوعين مختلفين من الخزانات الترابية، الأول عبارة عن خزانات مبطنة مبنية وفقًا لأسس هندسية واستخدام مواد من خارج المنطقة مثل (الخرسانة أو الحديد) هذه الأنواع من الخزانات باهظة الثمن وعادة ما يتم بناؤها من قبل الإدارة المحلية لمحافظة مطروح، أما النوع الثانى من الخزانات هو ما يسميه البدو "آبار نشو". كما هو واضح فى الصورة (٣) وهى عبارة عن صهاريج مُنشأة تحت سطح الهضبة بسبب ظروف التربة الطبوغرافية (حيث تُحفر هذة الآبار فى صخور ذات تكوين جيولوجى صلب)، لذلك فإختيار المكان المناسب لبناء مثل هذا الخزان له أهمية كبيرة. البدو لديهم خبرة كافية فى هذا المجال، وتحفر هذة الآبار

لأغراض الشرب والرعى (Nasr, M., 1999). وقد اعتمدت الباحثة معايير محددة لاختيار أفضل المواقع لإنشاء هذة الابار والخزانات من أجل عملية الحصاد المائى، وذلك بما يتلاءم مع واقع الدراسة، حيث يتوقف نجاح أنظمة حصاد مياه الامطار(RWH) بشكل كبير على تحديد المواقع المناسبة والتصميم الفنى لها (Adham, A., et al, 2017)، وتم الاخذ بعين الاعتبار كلا من العوامل ذات العلاقة، وهي الوضع الطبوغرافي، والوضع الجيولوجي والتربة وخصائص المناخ والوضع الهيدرولوجى، واستعمالات الأرض. وقامت الباحثة بتطبيق هذه المعايير على طبقات (Layers) تم استنباطها باستخدام برنامج Arc GIS10.3 هذه الطبقات خضعت لتصميم مقياس الاولوية الذى يحدد مدى أهمية كل معيار وكانت هذة المعيار مقسمة الى خمس درجات (١- ٥ درجات)، كانت الدرجة ٥ تعبرعن الاولوية القصوى، بينما تعبر الدرجة ١ عن الأقل أولوية، وبعد ذلك تم عمل تصنيف لكل طبقة من طبقات المعايير بحسب مقياس الاولوية، ثم بعد ذلك تم دمج جميع طبقات المعايير فى طبقة واحدة واعطاء كل طبقة أو عنصر وزن معين أو مايعرف بعملية التطابق الموزون (Weighted Overlay) للمساعدة فى تحديد المواقع المُثلى لحصاد المياه. وهذة المدخلات هى كما يلى :

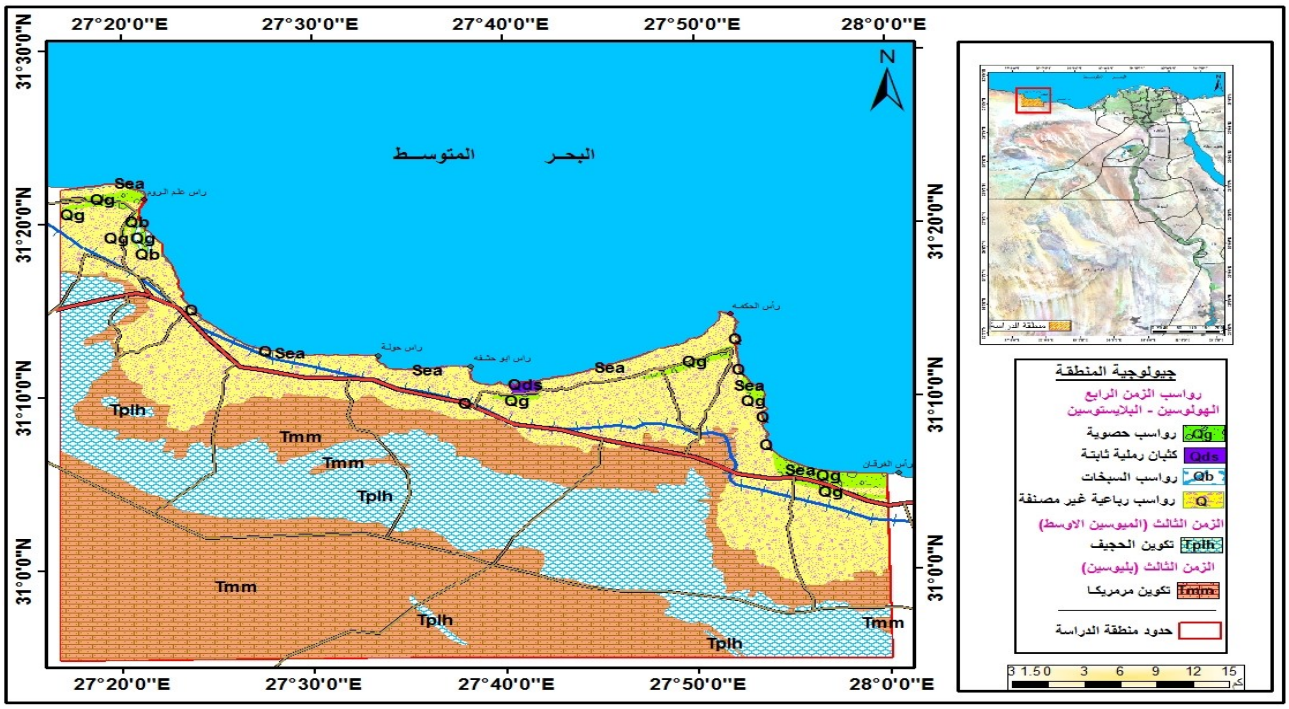
١- خصائص السطح Land Surface

لخصائص السطح تأثيراً كبيراً على الوضع الهيدرولوجى فى منطقة الدراسة، وبالتالى على عمليات حصاد مياه الأمطار، وتهدف الدراسة فى هذا الجزء إلى تتبع التكوينات الجيولوجية في المنطقة، وذلك لما لهامن تأثير كبير على الوضع الهيدرولوجى، وذلك من خلال الكشف عن مواضع تسرب مياة الأمطار، كما تؤثر هذة التكوينات أيضاً على التربة وأشكال السطح، وذلك من خلال معرفة أنواع الصخور وخصائصها وبنيتها. فمنطقة الدراسة تتميز بحداثة تكويناتها الجيولوجية، حيث تنتمى التكوينات الجيولوجية لمنطقة الدراسة إلى الزمنين: الثلاثى (الميوسين الأوسط – البلايوسين) والرباعى (البلايستوسين – الهولوسين). (عن صلاح حسن محمد،٢٠١١، صـ١).

وتعتبر خصائص السطح نتاجاً لتفاعل العوامل الجيومورفولوجية مع الخصائص البنيوية والعوامل الجيولوجية والمناخ، لذلك فالتضاريس الأرضية لها تأثير مباشر فى طبيعة الجريان السطحى والحصاد المائى، وذلك من خلال تحديد مواضع تسرب مياة الأمطار، كما تؤثر هذة التكوينات في التربة وأشكال السطح، وذلك من خلال معرفة أنواع الصخور وخصائصها وبنيتها، ويعتبر الإرتفاع أو الإنخفاض عن مستوى سطح البحر من العوامل المؤثرة فى عناصر المناخ بصفة عامة، وعلى الأمطار بصفة خاصة، و قد تم استخلاص المتغيرات الطبوغرافية من نموذج

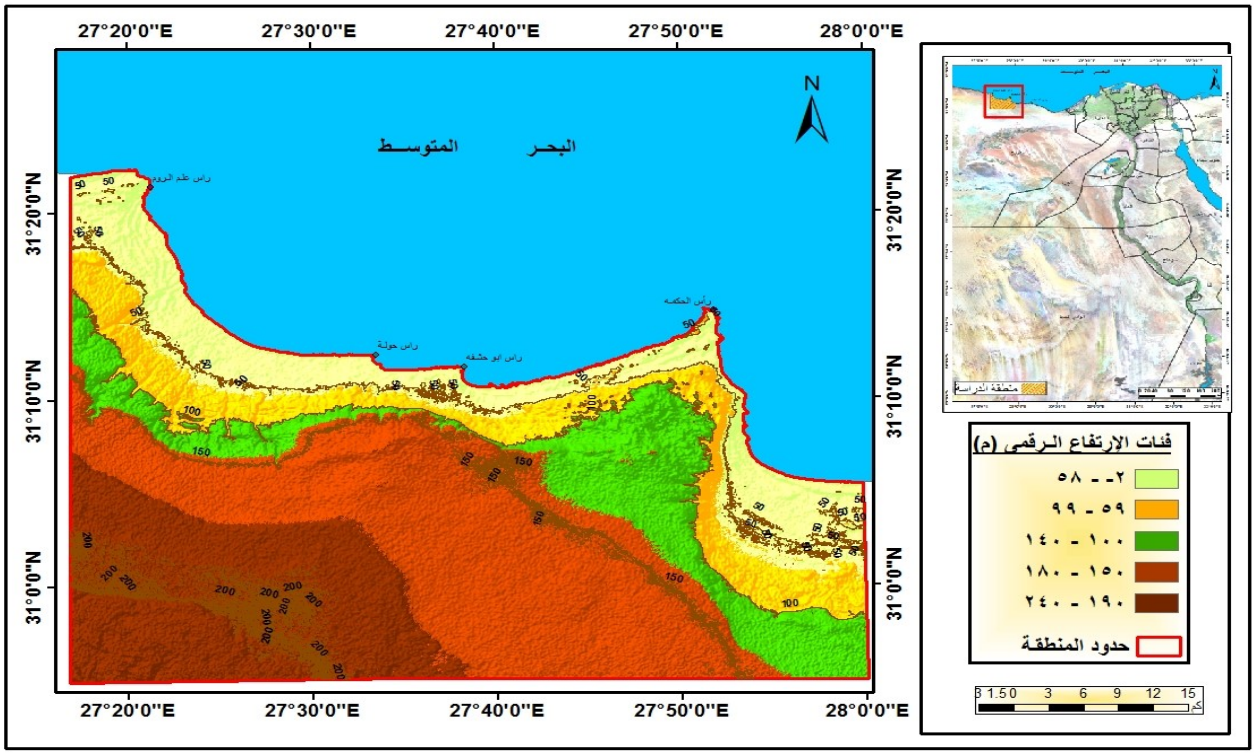
الإرتفاع الرقمى (DEM)، وبقدرة تحليلة مكانية لمنطقة الدراسة بدقة ١٠ متر. وقد تبين من تحليل الشكل (٣) مايلى :

– نجد أن منطقة الدراسة تتمد موازية لساحل البحر المتوسط، حيث يضيق السهل ويتسع كلما تقدمت أو تقهقرت الهضبة الميوسينية الجنوبية، ومن ملاحظة الخريطة الجيولوجية الشكل (٢) ونموذج الإرتفاع الرقمى للمنطقة فى الشكل (٣) نجد أن حافة الهضبة الميوسينية تقترب إقتراباً شديداً من البحر فى بعض المواضع مثل محطة جلال وسيدى شبيب ورأس الحكمة حيث نجد أن مياه البحر ترتطم بحضيضها، أما فى المواضع الأخرى التى تبتعد فيها الهضبة عن البحر فتظهر التلال الجيرية البويضية والتى تنحصر بينها المنخفضات؛ تعتبر من أكثر المواضع خصوبة فى منطقة الدراسة، حيث يتم زراعتها على مياة الأمطار التى تتجمع بها.



المصدر: الهيئة المصرية العامة للبترول، خرائط كونكرال، لوحة الاسكندرية مقياس ١:٥٠٠٠٠٠، باستخدام برنامج ARC GIS 10.3.

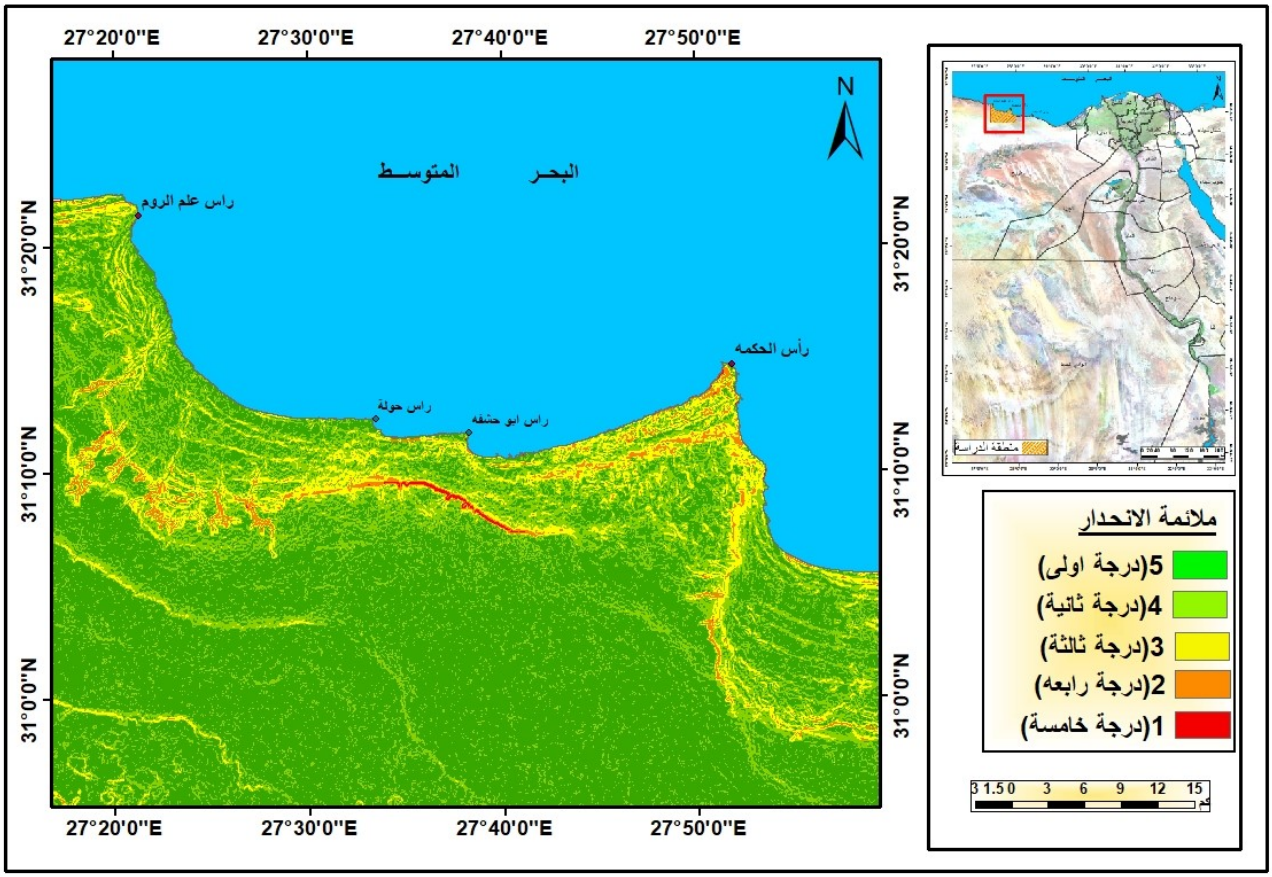
شكل (٢) الخريطة الجيولوجية للمنطقة.



شكل(٣): نموذج الإرتفاع الرقمى لمنطقة الدراسة.

أما درجة الإنحدار Slope.

اهتمت الدراسة بتقييم درجات الانحدار والتعرف على طبيعته في منطقة الدراسة، لما له من أهمية كبيرة في اختيار مواقع حصاد المياه في أحواض المنطقة، حيث أن درجة الانحدار تتناسبً طردياً مع سرعة الجريان، فكلما زادت درجة الإنحدار زادت سرعة الجريان المياة أثناء حدوث أمطار أو سيول، وسرعة الجريان تقلل فى قيمة التسريب والتشبع؛ مما يؤدى إلى زيادة صافى الجريان وبالتالى تغذية الخزانات الجوفية التى تقع فى مصبات التى تقع فى مصبات الأودية (Girish, M., 2008)، وبتحليل الشكل (٤) والجدول (١) تبين مايلى:



الشكل (٤): درجة الانحدار في منطقة الدراسة .

وطبقاً لتقسيم (Young, 1972) لفئات الانحدار، تبين أن المنطقة يسود فيها الإنحدار البسيط أو الخفيف وإنحدار متوسط، لذلك نجد أن درجة الانحدار تتناسب تناسباً طردياً مع سرعة الجريان، فكلما زادت درجة الإنحدار زادت سرعة الجريان المياة أثناء حدوث أمطار أو سيول، وسرعة الجريان تقلل فى قيمة التسريب والتشبع؛ مما يؤدى إلى زيادة صافى الجريان وبالتالى تغذية الخزانات الجوفية التى تقع فى مصبات التى تقع فى مصبات الأودية.

❖ **تقييم المنطقة وفقاً للبنية والتركيب الجيولوجى لنشأة آبار وخزانات لحصاد المياه:**

تم تقييم المنطقة وفقاً للبنية والتركيب الجيولوجى لنشأة آبار وخزانات لحصاد المياه، فبالنسبة **لنشأة الآبار** والتى يتم حفرها يدوياً بواسطة الإنسان نجد أنها تحتاج الى مناطق ذات تكوين جيولوجى قوى حتى لاتسمح بأى انهيارات أرضية، كما يجب أن تكون هذة الطبقات مصمتة لاتسمح بتسريب المياه أو يتم تبطينها ومعالجتها من الداخل. كما فى الصورة (٣)، وعند تقييم منطقة الدراسة لنشأة آبار جديدة فنجد أنة كما هو موضح فى الجدول (١) والشكل (٥) أن معظم مساحة منطقة الدراسة ملائمة وفق بنيتها الجيولوجية لنشأة الآبار، حيث نجد أنة مايقرب من

نصف مساحة المنطقة (٤٥%) تقع فى درجة الملائمة الأولى، واستخوذت الأجزاء الجنوبية من منطقة الدراسة على النصيب الأكبر، نتيجة لإنتشار مكون مرمريكا المتماسك من حيث التكوين، بينما بلغت مساحة الدرجة الثانية نحو ٢٨,٤% والدرجة الثالثة ٢٥,٠%، بينما انخفضت المساحات الممثلة للدرجة الرابعة والخامسة من حيث الملائمة، فبلغت نسبتهما معاً حوالي ٢% من إجمالي مساحة المنطقة، وذلك لصغر مساحة هذة التكوينات فى المنطقة.

صورة (٣): توضح نموذج للآبار(آبار النشو) فى المنطقة .

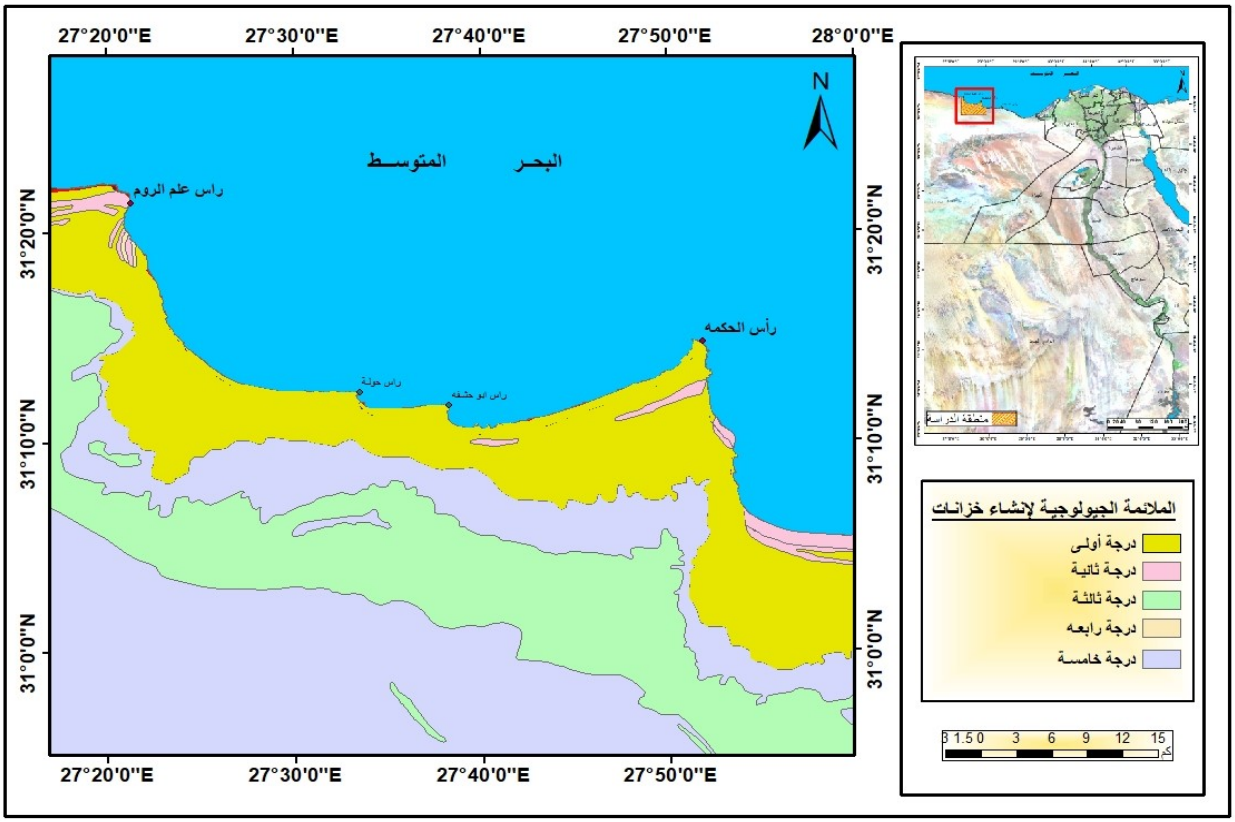
أما بالنسبة **لنشأة خزانات جديدة** فإنها تحتاج الى تكوينات جيولوجية لينة، حيث يتم حفرها آلياً، وعلى مساحات كبيرة، ويتم تبطينها من الداخل لعدم تسرب المياه كما هو مبين بالصورة (٤)، وطبقاً لتقييم المنطقة لمدى ملائمتها لنشأة الآبار وفق البنية الجيولوجية كما يوضحة الجدول (١) والشكل (٥) نجد أن حوالى ربع منطقة الدراسة تمثل المنطقة المثلى لنشأة الخزانات لتجميع مياه الامطار والتى تصل سعتها أحياناً لـ ١٠٠٠م^{٣}، بنسبة (٢٥%) من مساحة المنطقة فى التكوينات اللينة جيولوجياً، بينما حوالى ثلث مساحة المنطقة تقع فى الدرجة الثانية والثالثة وهى الاقرب الى المثالية بنسبة (٣٠,٢%).

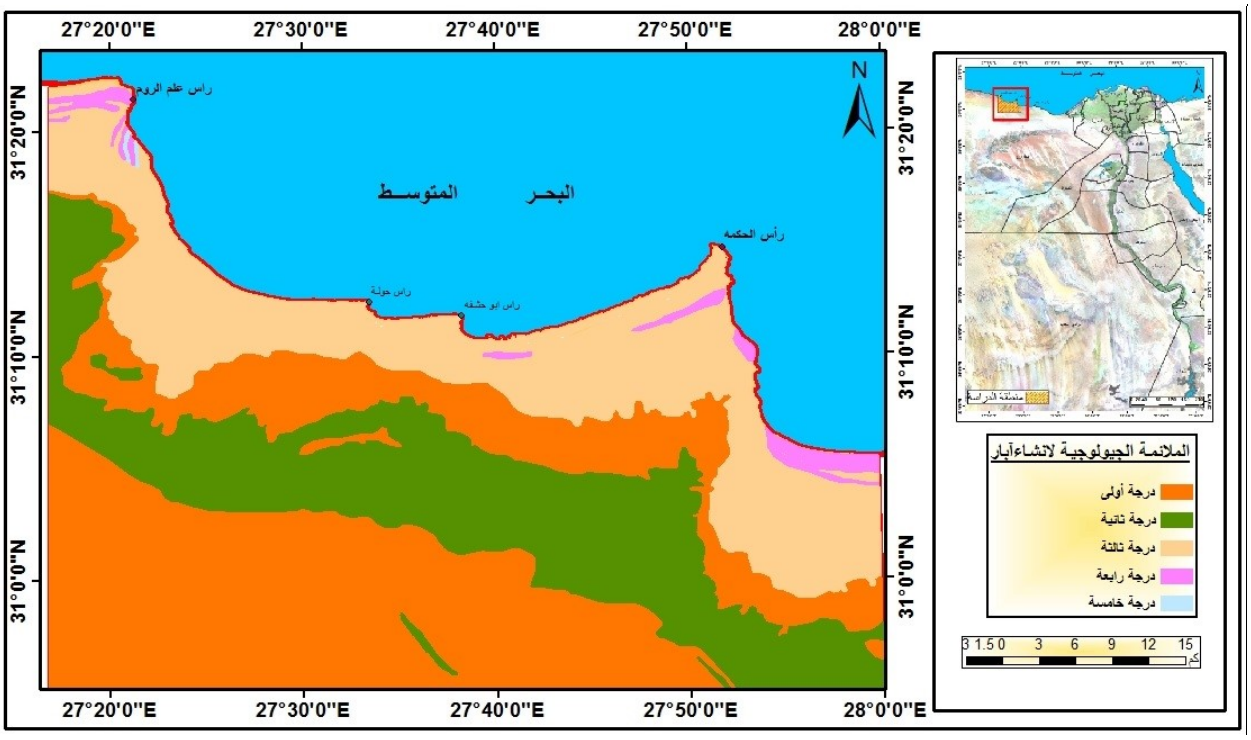
صورة (٤): توضح نموذج للآبار فى المنطقة

جدول (١): تقييم منطقة الدراسة لمدى ملاءمتها لحفر آبار وخزانات وفق خصائص البنية الجيولوجية.

المعيار	التكوين الجيولوجى السائد	درجة الملائمة	الوزن	المساحة كم٢	النسبة %
الملائمة الجيولوجية لنشأه آبار	تكوين مرمريكا	درجة أولى	٥	١٠٢١,٤١	٤٤,٧
	تكوين الحجيف	درجة ثانية	٤	٦٤٩,٩٨	٢٨,٤
	الرواسب الرباعية غير المصنفة	درجة ثالثة	٣	٥٧٠,٨١	٢٥,٠
	الرواسب الحصوية	درجة رابعه	٢	٤٠,٤٩	١,٧٧
	رواسب السبخات	درجة خامسة	١	٤,٨٤	٠,٢١
الاجمالى				٢٢٨٧,٥٢٣	%١٠٠
الملائمة الجيولوجية لنشأه خزانات	الرواسب الرباعية غير المصنفة	درجة أولى	٥	٥٧٠,٨١١	٢٥,٠
	الرواسب الحصوية	درجة ثانية	٤	٤٠,٤٨٩	١,٧٧
	تكوين الحجيف	درجة ثالثة	٣	٩٨.٦٤٩	٢٨,٤
	رواسب السبخات	درجة رابعه	٢	٤,٨٤	٠,٢١
	تكوين مرمريكا	درجة خامسة	١	١٠٢١,٤١	٤٤,٧
الاجمالى				٢٢٨٧,٥٢٣	%١٠٠
درجة الانحدار	أقل من ٢°	درجة أولى	٥	١٤٩٤,٨	٦٥,٣
	٥	درجة ثانية	٤	٥٧١,٠٩	٢٥,٠
	٨	درجة ثالثة	٣	١٨٠,٢٣	٧,٩
	١٨	درجة رابعه	٢	٣٨,٦١	١,٧
	أكثر من ١٨	درجة خامسة	١	٢,٧٩	٠,١
الاجمالى				٢٢٨٧,٥٢٣	%١٠٠

المصدر : من إعداد الطالبة اعتمادا على Arc GIS 10.3 .





المصدر: من اعداد الطالبة باستخدام Arc GIS 10.3

شكل (٥): تقييم منطقة الدراسة طبقاً لمدى ملاءمتها لحفر آبار وخزانات وفق خصائص البنية الجيولوجية.

من ضمن المتغيرات الجيولوجية التي اخذتها الدراسة بعين الاعتبار متغير **المسافة من الصدوع والفوالق**، حيث تحدد الصدوع والفواصل مواقع تسرب المياه فى الطبقات التحتية، كما تساعد هذه الصدوع على نشأة آبار وخزانات بكلفة اقتصادية أقل، وقد بلغ عدد الصدوع فى المنطقة بلغ نحو ٨١ صدعاً بإتجاهات مختلفة، ويعد القرب من موضع الصدع أو الفالق هو الموضع الأمثل لنشأة الآبار والخزانات، وطبقاً للجدول (٢) والشكل (٦) واللذان يوضحان تقييم منطقة الدراسة طبقا لمدى ملاءمتها لنشأة آبار وخزانات جديدة وفق المسافة من الصدوع والفوالق، فقد اتضح أن الدرجة الملائمة الأولى (المُثلى) لنشأة الآبار والخزانات انخفضت بشكل ملحوظ حيث تركزت على مواقع الصدوع والفوالق وتبتعد لمسافة أقل من ٥٠ متر فقط من الفالق أو الصدع، ومثلها الدرجة الثانية والثالثة، بينما جاءت الدرجة الرابعة هى المنطقة الاكثر من حيث درجة الملائمة وهى المناطق التى تبتعد عن الفالق أو الصدع مسافة ١- ٧ كم.

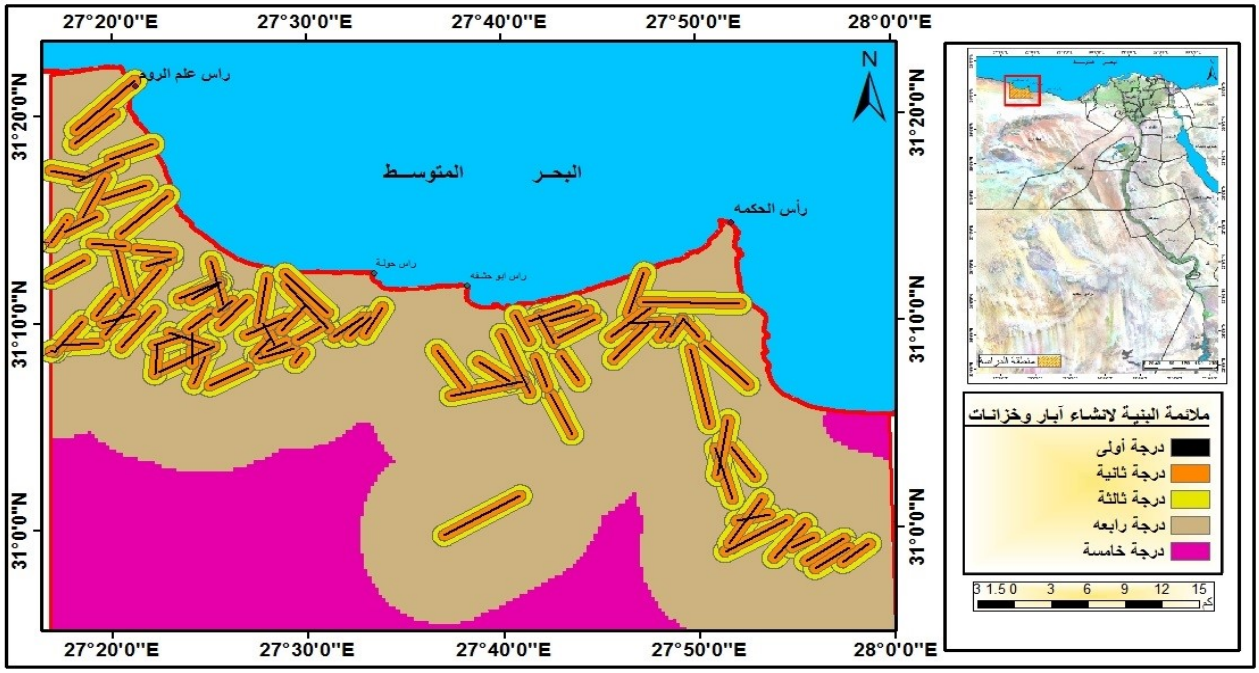
جدول (٢) : تقييم منطقة الدراسة طبقا لمدى ملاءمتها لنشأة آبار وخزانات جديدة وفق المسافة من الصدوع والفوالق.

المسافة من الفوالق والصدوع	درجة الملائمة	الوزن النسبى
أقل من ٥٠متر	الدرجة الاولى	٥
من ٥٠ ــ ٥٠٠ متر	الدرجة الثانية	٤
من ٥٠٠ ــ ١٠٠٠متر	الدرجة الثالثة	٣
من ١ كم ــ ٧ كم	الدرجة الرابعة	٢
أكثر من ٧ كم	الدرجة الخامسة	١

المصدر: من اعداد الطالبة باستخدام Arc GIS 10.3

٢- المتغيرات المناخية:

تتأثر عملية الحصاد المائى بخصائص المناخ وخاصة الاشعاع الشمسي، ودرجة الحرارة، والتبخر، والرطوبة، وكمية الامطار، حيث تساعد زيادة كميات الاشعاع الشمسى ودرجة الحرارة والتبخر على فقد كميات من المياة السطحية، وكلما زادت قيمتها ارتفع تأثيرها، بينما تعد الرطوبة والأمطار متغيرات مناخية ذات تاثير ايجابي فى عمليات الحصاد المائى، حيث تعتبر الامطار المسؤل الرئيسى عن كميات المياه السطحية فى المنطقة، كما تعد مصدراً رئيسياً لإعادة تغذية طبقات المياه الجوفية في المنطقة الساحلية الشمالية الغربية للبحر المتوسط، وبالتالي تعد محدداً رئيساً لكمية المياه المخزنة في طبقات المياه الجوفية. (Yousif, M., et all, 2013)، أما الرطوبة فتأثيرها الايجابى يتمثل فى انها تقلل من عمليات التبخر.



المصدر: من اعداد الطالبة باستخدام Arc GIS 10.3

شكل (٦): تقييم منطقة الدراسة طبقا لمدى ملاءمتها لحفر آبار وخزانات جديدة وفق المسافة من الصدوع والفوالق.

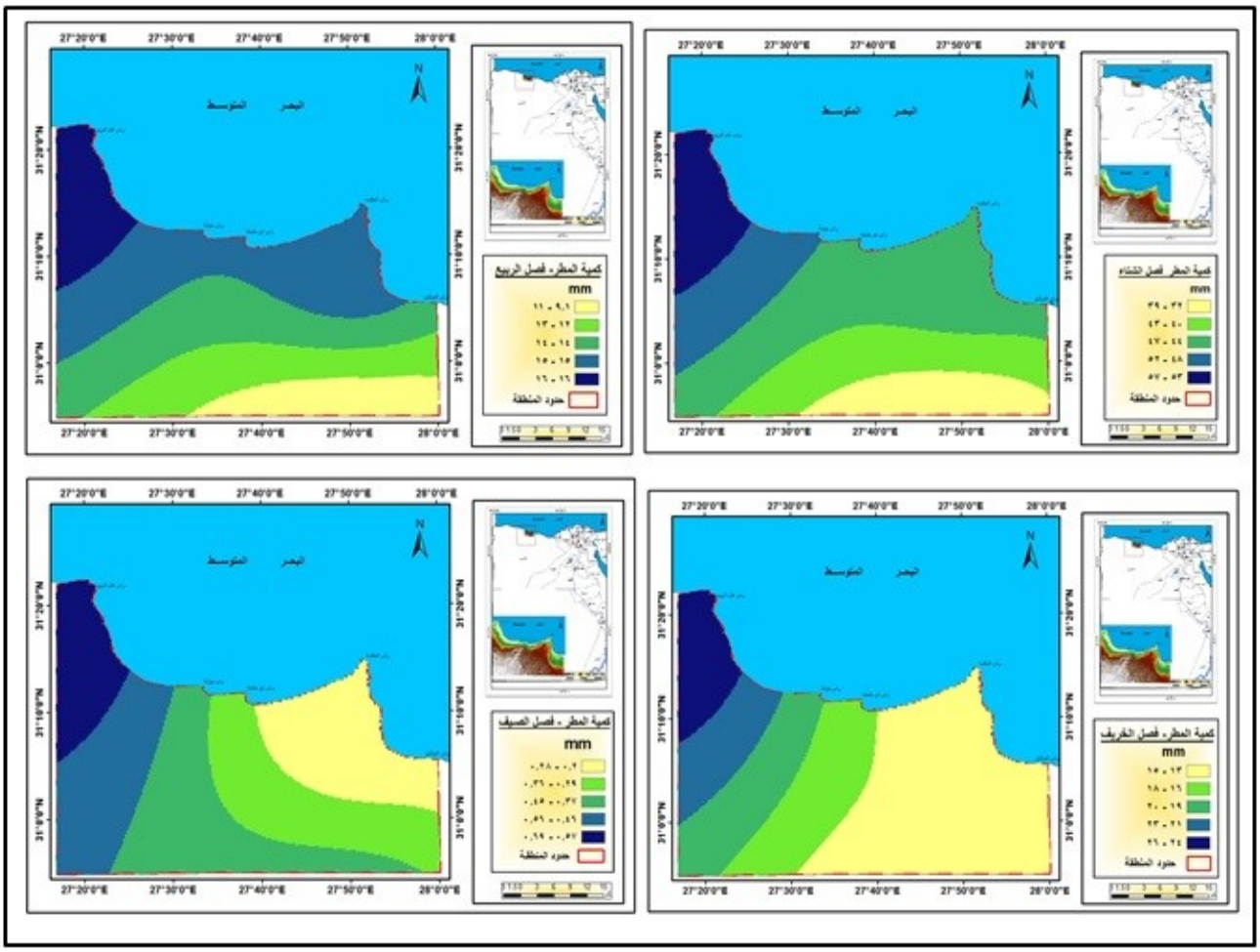
❖ الأمطار Rainfall

من الواضح أن محطات الساحل الشمالى لمصر بصورة عامة يسقط بها أعلى كمية للمطر، وتتناقص هذه الكميات بصورة عامة كلما اتجهنا من الشمال الى الجنوب، حيث سجلت كميات الأمطار فى محطات الساحل الشمالي الغربي فى كل من الأسكندرية (١٩٢,٨ملم)، والضبعه (١٢٣,٤ملم)، ومرسى مطروح (١٥٣,٢ملم) والسلوم (١١٥,٨ملم)، وسيوة (٥,١ملم).(بيانات هيئة الارصاد الجوية فى الفترة من ٢٠٠٠ – ٢٠١٩م). ونتيجة لسقوط الأمطار على الساحل الشمالى الغربى بصفة عامة بشكل غزير، ترتكز الزراعة بالأساس على هذة الأمطار ويعتمد السكان على حصاد هذة المياة لإستخدامها فى الزراعة والشرب والاغراض المنزلية. ومع سقوط هذة الامطار يتشكل الجريان السطحى فى أحواض المنطقة، حيث الامطار المصدر الرئيسى للجريان السطحى، وتتأثر كمية الجريان بكمية الامطار فكلما زادت كمية الأمطار المتساقطة يزيد حجم الجريان السطحى ويحدث العكس مع إنخفاض كمية الأمطار.

- اختلف المتوسط السنوى لكميات الأمطار فى محطات المنطقة حيث بلغ فى محطة الضبعة (١٢٣,٤ملم) وفى محطة مرسى مطروح (١٦٥,٩ملم)، وفى محطة رأس الحكمة (٢٢٧ ملم)؛ ويرجع السبب فى زيادة كميات الأمطار فى محطة رأس الحكمة عن محطتى الضبعة

ومرسى مطروح إلى تأثير اتجاة خط الساحل حيث يبرز خط الساحل تجاة الشمال وتعامد الرياح الممطرة عليه.

- أما بالنسبة للتوزيع الشهرى والفصلى لكمية الأمطار، فطبقاً للشكل (٧)، يبدأ موسم المطر مع بداية وصول المنخفضات الجوية فى منتصف سبتمبر تقريباً، ويمتد حتى مارس، وتزداد كمية المطر كلما إقتربنا من شهور فصل الشتاء، حتى تصل إلى الذروة فى شهرى ديسمبر ويناير، ثم تبدأ بعد ذلك بالتناقص التدريجى خلال فصل الربيع، ومع انتهاء شهر مايو ينتهى موسم المطر فى المنطقة وتبدأ شهور فصل الصيف الجاف.



المصدر: من اعداد الطالبة اعتماداً على بيانات الهيئة العامة للأرصاد الجوية باستخدام Arc GIS 10.3

شكل (٧): التوزيع الفصلى لكميات الأمطار فى المنطقة فى الفترة (٢٠٠٠- ٢٠١٩م).

- وبالنسبة لتقييم المنطقة لمدى ملائمتها لنشأة آبار وخزانات لحصاد مياه الامطار، فقد وضعت درجات الملائمة حسب الأفضلية من ناحية كمية الأمطار طبقاً للجدول (٣) والشكل (٨)، فالمناطق الاكثر مطراً والتى يزيد مجموع كمية الامطار فيها عن ٢١٠ ملم فى السنة

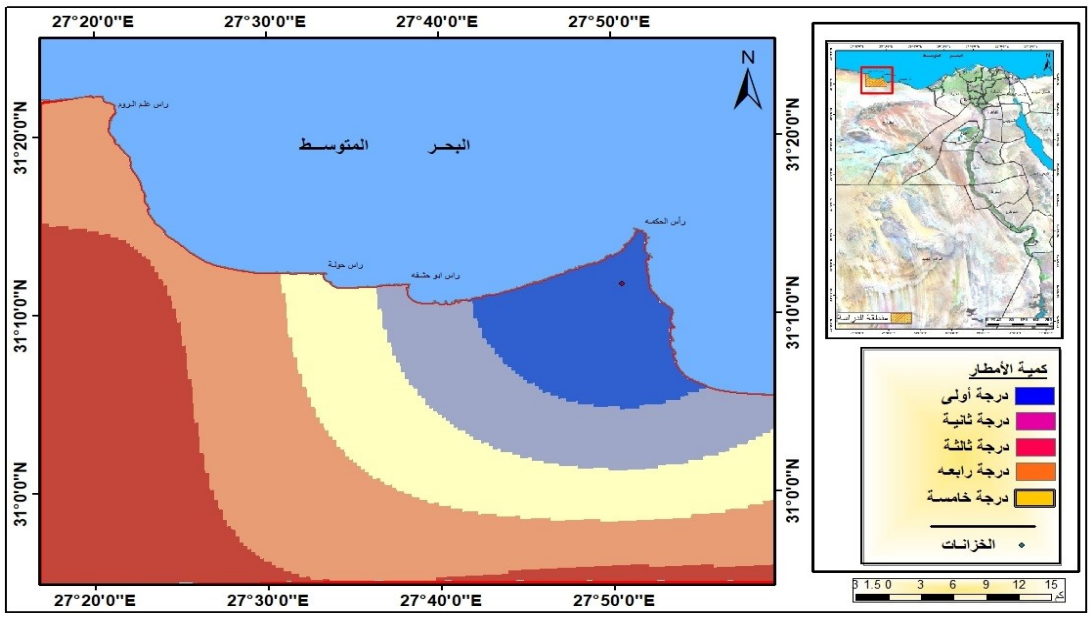
هى المناطق المفضلة والتى تُعطى درجة الملائمة الاعلى وهى الدرجة الاولى وتمثلت هذة الفئة فى منطقة رأس الحكمة حيث أنها أكثر اجزاء المنطقة استقبالاً لكمية الامطار ولكن مساحتها محدودة، حيث لاتتجاوز ٢٤٨,١٩ كم٢ بنسبة (١٠,٨%) من مساحة المنطقة، بينما انتشرت الدرجة الثانية والثالثة والأقرب الى المثالية فى مساحة قدرت بنحو(٢٩٨,٢ كم٢ و ٤٢٢,٧كم٢) على الترتيب بنسبة (١٣,١% و ١٨,٥%) على التوالى.

- وهنا يمكن ملاحظة أن جنوب منطقة الدراسة تنخفض فيها درجة الملائمة لحفر الآبار والخزانات، وذلك نتيجة لإنخفاض كمية الأمطار والبعد عن مؤثرات البحر، فهذة المنطقة جاءت فى الدرجة الرابعة والخامسة من حيث كمية الامطار وبالتالى تنخفض فيها درجة الملائمة لنشأة مستجمعات لمياه الأمطار.

جدول (٣): تقييم المنطقة طبقاً لمدى ملائمتها لنشأة آبار وخزانات وفق كمية الأمطار (ملم)

العنصر	الفئة	درجة الملائمة	الوزن النسبى	المساحة كم٢	النسبة %
الأمطار	أكثر من ٢١٠	درجة أولى	٥	١٨٥.٢٤٨	١٠,٨
	٢١٠-١٩٠	درجة ثانية	٤	١٩٨.٢٩٨	١٣,١
	١٩٠-١٧٠	درجة ثالثة	٣	٧١٢.٤٢٢	١٨,٥
	١٧٠-١٥٠	درجة رابعه	٢	٧٢٢.٧٢٣	٣١,٦
	أقل من ١٥٠ملم	درجة خامسة	١	٧٠٦.٥٩٤	٢٦,٠
الاجمالى				**٢٢٨٧,٥٢٣**	**١٠٠**

المصدر: من اعداد الطالبة باستخدام Arc GIS 10.3

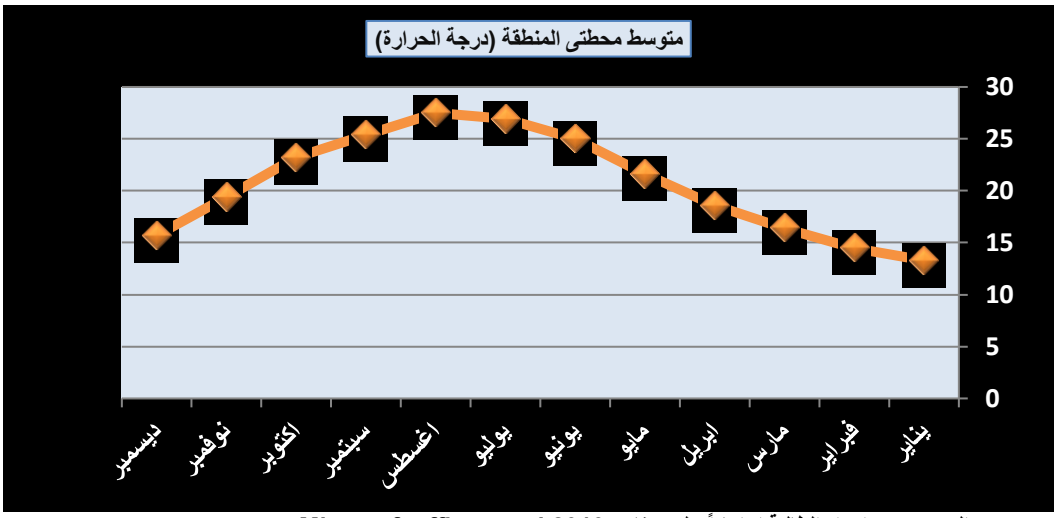


المصدر: من اعداد الطالبة اعتماداً على بيانات الهيئة العامة للأرصاد الجوية باستخدام Arc GIS 10.3

شكل (٨): تقييم المنطقة طبقاً لمدى ملاءمتها لحفر آبار وخزانات وفق كميات الأمطار (ملم).

❖ درجات الحرارة : Temperature

تعتبر من أهم العناصر المناخية فى الدراسات الهيدرولوجية؛ وذلك لدورها الكبير فى التأثير على كافة العناصر المناخية الاخرى بصفة عامة وفى الأمطار بصفة خاصة، حيث تؤثر درجات الحرارة فى كميات مياة الامطار التى يمكن أن تنصرف إلى الخزان الجوفى، ومايمكن أن يُحتفظ منها خلف السدود الصناعية أو الترابية والهرابات، وكما تؤثر درجات الحرارة فى معدلات التبخر والنشاط الزراعى، هناك العديد من العوامل التى تؤثر وتعدل فى درجات الحرارة من أهمها الموقع الفلكى، والقرب والبعد من المسطحات المائية وعامل الإرتفاع (صلاح عماشة، ٢٠١٢، صـ١٨) وكل هذة العوامل لها تأثير على درجة حرارة المنطقة .



المصدر: من اعداد الطالبة إعتماداً على برنامج Microsoft office excel 2010

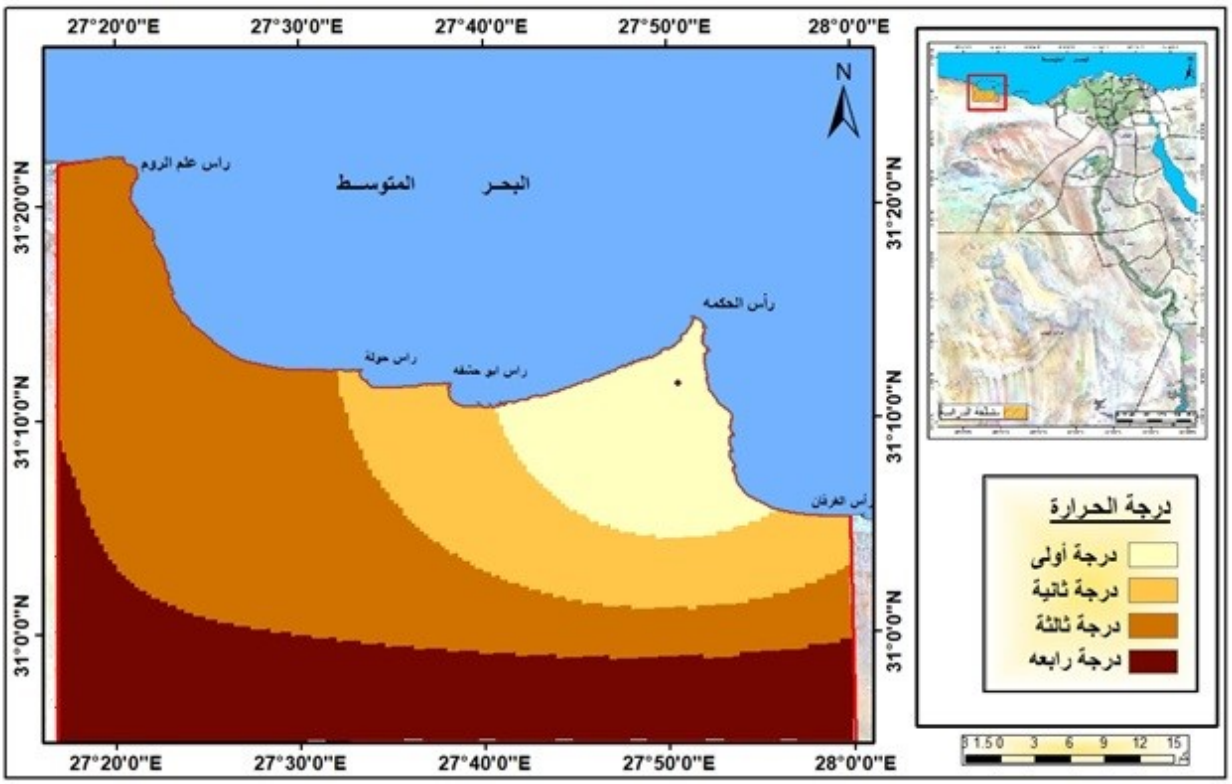
شكل (٩): المتوسطات الشهرية لدرجات الحرارة فى المنطقة فى الفترة (١٩٩٠-٢٠١٩م).

❖ وتعتبر درجة الحرارة من المؤشرات المهمة التى يعتمد عليها فى اختيار المواقع المثلى للأبار والخزانات، فكلما زادت درجة الحرارة كلما قلت درجة الملائمة لنشأة الآبار والخزانات، وطبقاً للجدول (٤) والشكل(١٠) اللذان يوضحان تقييم ملائمة المنطقة وفقاً لدرجة الحرارة لنشأة آبار وخزانات اتضح أن الملائمة تقل كلما اتجهنا جنوب المنطقة تبعاً لقلة درجة الحرارة. فنجد أن الاجزاء الشمالية من المنطقة وخاصة منطقة رأس الحكمة هى المنطقة المثلى لاقامة آبار وخزانات حيث قلت مساحة هذة المنطقة فبلغت نحو ٢٦٣,٠٨ كم٢ بنسبة ١١,٥% من اجمالى مساحة المنطقة. بينما تقل الملائمة كلما اتجهنا جنوباً مع ارتفاع درجة الحرارة، إذ جأت الأجزاء الوسطى من المنطقة فى ضمن درجة الملائمة الثانية والثالثة بنسبة (١٦,٥% و ٤٢,٧%) من اجمالى مساحة المنطقة على التوالى.

جدول (٤): تقييم المنطقة طبقاً لمدى ملائمتها لنشأة آبار وخزانات وفق درجة الحرارة .

العنصر	الفئة (م°)	درجة الملائمة	الوزن النسبى	المساحة كم٢	النسبة %
درجة الحرارة م°	أقل من ٢٠	درجة أولى	١	٢٦٣,٠٨	١١,٥
	٢٠,٤	درجة ثانية	٢	٣٧٨,٥٥	١٦,٥
	٢٠,٩	درجة ثالثة	٣	٩٧٧,٦٨	٤٢,٧
	أكبر من ٢٠	درجة رابعة	٤	٦٦٨,٢١٣	٢٩,٣
الاجمالى				٢٢٨٧,٥٢٣	١٠٠

المصدر: من اعداد الطالبة اعتماداً على بيانات الهيئة العامة للأرصاد الجوية باستخدام Arc GIS 10.3



المصدر: من اعداد الطالبة باستخدام Arc GIS 10.3 .

شكل (١٠): تقييم المنطقة طبقاً لمدى ملائمتها لحفر آبار وخزانات وفق درجة الحرارة.

❖ التبخر Evaporation

يعتبر التبخر أحد عناصر الدورة الهيدرولوجية والتى له أثر مباشر على الجريان السطحى، حيث أنه يمثل نوعاً من أنواع الفقد المائى، ويعتبر المحصلة النهائية لتفاعل العناصر المناخية مع بعضها حيث يتأثر بالعناصر المناخية الأخرى والتى تلعب دوراً كبيراً فى تحديد معدلات التبخر من الأسطح المائية، أو النتح من التربة والغطاء النباتي، وبصفة عامة فإن عملية التبخر تتسبب فى نقص الماء فى الأقاليم الجافة (صلاح معروف عماشة،٢٠٠٧،صـ٨٥) .

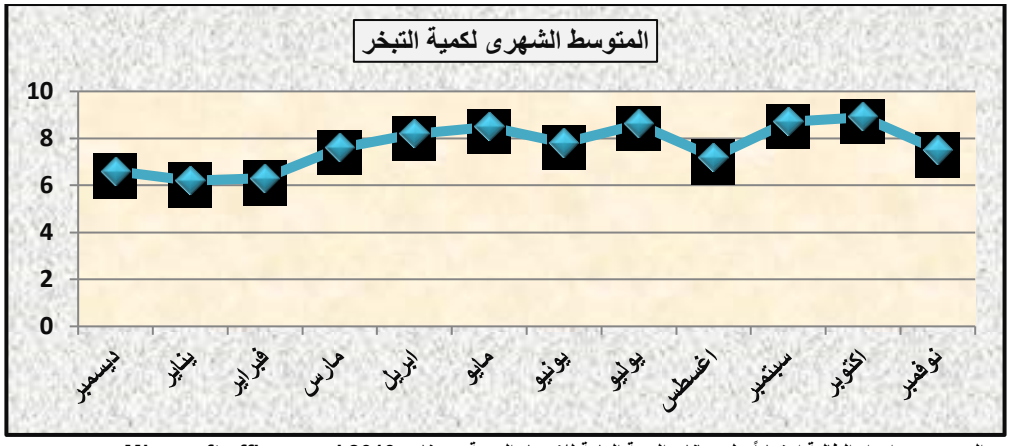
فكمية التبخر فى أى منطقة تتوقف على عدة عوامل أهمها درجة الحرارة، الرطوبة النسبية، وسرعة الرياح. لذلك فالتبخر فى المناطق الساحلية أقل منه فى المناطق الداخلية، وفى فصل الشتاء اقل منه فى الصيف.

فالفقر فى المياة السطحية ليس فقط لقلة الامطار فى المنطقة ولكن أيضاً نتيجة لشدة التبخر، ويزداد تأثير التبخر فى إحداث فاقد مستمر بعد توقف المطر، كما أنه يؤثر فى أشكال التخزين السطحى للمياة فى المنطقة. فإنة أيضاً يشكل فاقداً مما يتجمع أمام السدود فى الأودية. لذلك فالتبخر يعتبر عنصراً مناخياً هاماً عند حساب الموازنة المائية فى المنطقة.

تتباين كمية التبخر السنوية فى المنطقة من شهر لأخر ومن فصل لأخر، وطبقاً للجدول (٤-١) وشكل (١١) فبلغ المتوسط السنوى للتبخر فى المنطقة (٧,٦ملم)، وتتباين هذة الكمية نتيجة لتغير عناصر المناخ المرتبطة بالتبخر، كالرطوبة النسبية ودرجات الحرارة والاشعاع الشمسى، وتبين من جدول (٥) أن شهر أكتوبر يعتبر أكثر شهور السنة تسجيلاً لكمية التبخر فى المنطقة حيث سجل (٨,٩ملم)؛ ويرجع سبب ذلك الى تأثير العناصر المناخية الأخرى وخاصة درجة الحرارة والأمطار والرطوبة. بينما سجل شهر يناير أدنى قيمة لمعدلات التبخر (٦,٢ملم)؛ ويرجع السبب فى ذلك إلى أن هذا الفصل هو الأقل فى درجات الحرارة على مستوى العام حيث سجل (١٣,٣°م).

جدول (٤-١):المتوسط الشهرى والفصلى للتبخر (مم) فى مطروح خلال الفترة (١٩٩٠-٢٠١٦م).

الشهور	ديسمبر	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيو	يوليو	اغسطس	سبتمبر	اكتوبر	نوفمبر	المتوسط السنوى
الفصول	فصل الشتاء			فصل الربيع			فصل الصيف			فصل الخريف			٧,٦
	٦,٦	٦,٢	٦,٣	٧,٦	٨,٢	٨,٥	٧,٨	٨,٦	٧,٢	٨,٧	٨,٩	٧,٥	
المتوسط الفصلى	٦,٤			٨,١			٧,٩			٨,٤			



المصدر: من اعداد الطالبة إعتماداً على بيانات الهيئة العامة للارصاد الجوية. وبرنامج Microsoft office excel 2010

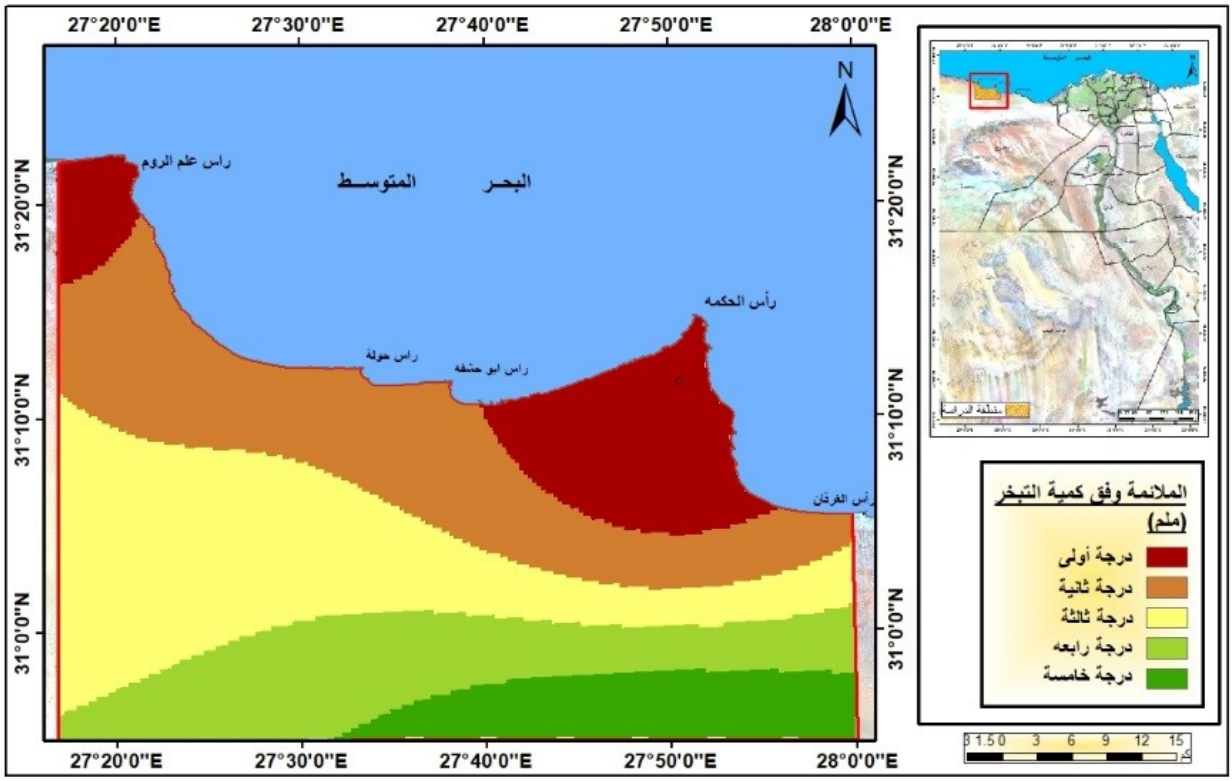
الشكل(١١): كمية التبخر الفصلى فى منطقة الدراسة فى الفترة (١٩٩٠-٢٠١٦م).

وطبقاً لتقييم المنطقة لمدى ملائمتها وفق كمية التبخر والتى يعد من العوائق والمشكلات التى تواجة نشأة آبار وخزانات طبقاً للجدول (٥) والشكل (١٢) نجد أن مايزيد عن ثلث مساحة المنطقة تأتى فى الدرجة الاقرب الى المثالية وهى الدرجة الاولى والثانية بنسبة (١٤,٠٣% و ٢٦,٤%) على التوالى وتأتى الاجزاء الشمالية من المنطقة فى الدرجة الأولى لنشأة الآبار وفق كمية التبخر تقل بالاتجاة جنوباً .

جدول (٥): تقييم المنطقة طبقاً لمدى ملائمتها لنشأة آبار وخزانات وفق كمية التبخر (ملم) .

العنصر	الفئة	درجة الملائمة	الوزن النسبى	المساحة كم٢	النسبة %
كمية التبخر ملم	أقل من ٧,٤	درجة أولى	٥	٣٢٠,٩٥	١٤,٠٣
	٧,٨	درجة ثانية	٤	٦٠٤,٥١	٢٦,٤
	٨,١	درجة ثالثة	٣	٦٩٧,٢٠	٣٠,٥
	٨,٥	درجة رابعة	٢	٤٣٢,٢٠	١٨,٩
	أكبر من ٨,٥	درجة خامسة	١	٢٣٢,٦٦	١٠,٢
الاجمالى				٢٢٨٧,٥٢٣	١٠٠

المصدر: من اعداد الطالبة باستخدام Arc GIS 10.3 .



المصدر: من اعداد الطالبة باستخدام Arc GIS 10.3 .

شكل (١٢): تقييم المنطقة طبقاً لمدى ملائمتها لنشأة آبار وخزانات وفق كمية التبخر .

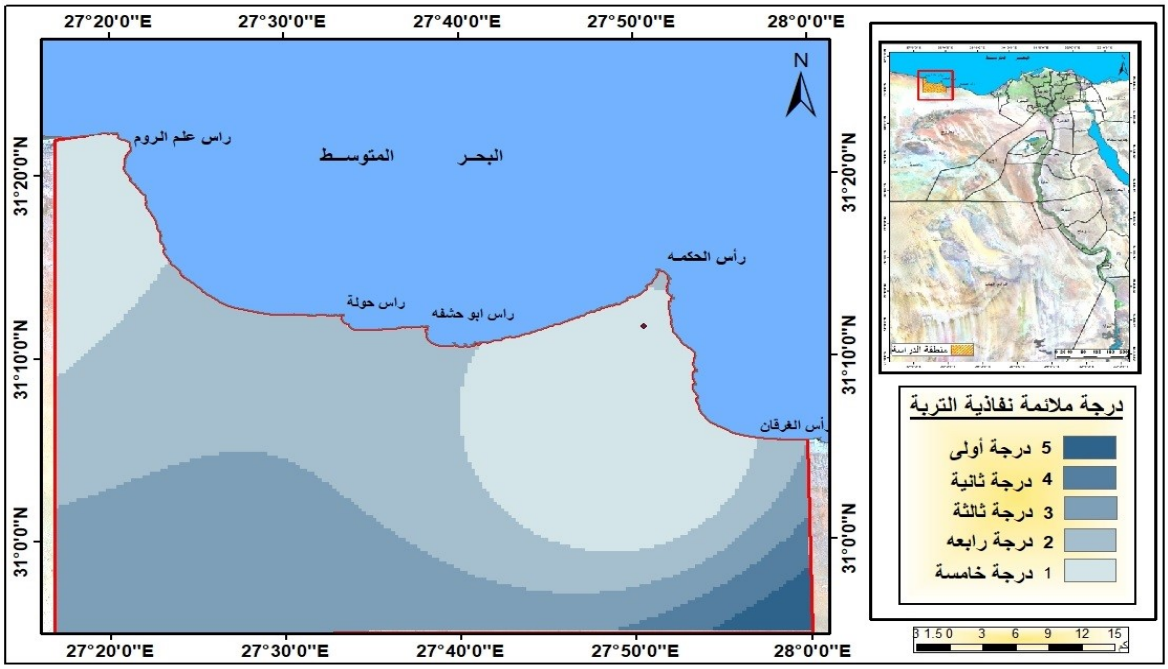
٣- خصائص التربة (Soil):

تعتبر التربة ذات أهمية فى الدراسات الهيدرولوجية؛ وذلك بسبب تأثيرها فى جريان المياه السطحية وأيضاً فى تخزين المياه الجوفية، فالتربة القليلة النفاذية تعمل على تقليل كمية المياه المتسربة الى باطن الارض والعكس بالنسبة للتربة عالية النفاذية، فنوع التربة وقوامها ودرجة نفاذيتها فى أى منطقة تؤثر على كميات حصاد مياه الامطار فإذا كانت التربة ذات درجة نفاذية عالية فتقل فيها درجة الملائمة لنشأة آبار وخزانات جديدة، وتأخذ وزن نسبى (١)، والعكس اذا كانت التربة ذات نفاذية أقل فتزيد درجة ملائمتها وتأخذ وزن نسبى (٥) والجدول (٦) والشكل (١٣) يوضحان درجات ملائمة نفاذية التربة فى المنطقة لنشأة آبار وخزانات جديدة.

جدول (٦):درجات الملائمة لمناطق الحصاد المائى تبعاً لمعيار نفاذية التربة.

سم / ساعه	وصف النفاذية	درجة الملائمة
أقل من ٠,٥	بطيئة وبطيئة جدا	٥
٠,٥ ــ ٢,٠	معتدلة البطء	٤
٢ - ٦	معتدلة السرعه	٣
٦ - ١٢	سريعة	٢
أكثر من ١٢	سريعة جدا	١

(Guidelines for Soil Discretion، 2006،p. 57)



المصدر: من اعداد الطالبة باستخدام Arc GIS 10.3 .

شكل (١٣): تقييم المنطقة طبقاً لمدى ملائمتها لنشأة آبار وخزانات وفق نفاذية التربة.

المتغيرات الهيدرولوجية:

وتعد أحواض التصريف فى أى منطقة من أهم المواقع لاستقبال مياه الأمطار، لذلك فالخصائص الهيدرولوجية تعتبر من أهم العوامل التى يمكن الاعتماد عليها لتقييم مدى ملائمة أى منطقة لنشأة الآبار والخزانات الجديدة، و من اهم هذه الخصائص كمية التسرب خلال زمن التباطؤ، والتسرب خلال زمن التصريف، وحجم الجريان، وصافى الجريان.

❖ **التسرب خلال زمن التباطؤ:**

ويعرف بأنة التسرب الأولى الذي يحدث أثناء فترة سقوط المطر ويستمر حتى تظهر المياه على السطح، وبالتالي تحدث عملية الجريان، ويلاحظ أنه بعد حدوث عملية التسرب الأولية أو مايعرف بإسم التسرب خلال زمن التباطؤ نجد أن التسرب يستمر أيضاً بعد حدوث عملية الجريان السطحى ولكن يكون بمعدل أقل من معدل التسرب خلال زمن التباطؤ(صلاح هاشم، ٢٠١٥، صـ٢١٣)

فالتسرب خلال هذا الزمن له أهمية كبيرة من الناحية الهيدرولوجية، حيث أنه كلما زاد هذا الزمن كلما تم الحفاظ على مياه الأمطار من الضياع، وبالتالى امكانية تجميعها وحصادها، ووفقاً لهذا المتغير، تم تقييم المنطقة حسب درجة الملائمة الأولى والثانية، حيث بلغت نحو ٢١٦,٩كم٢

والتى تمثل نسبة (٥١,٥%) من مساحة أحواض المنطقة، بينما مثلت أحواض الدرجة الثالثة والرابعة مساحة ضئيلة مقارنة بالدرجة المثالية حيث بلغت ٥٠,٤كم٢ بنسبة (١٢%)، بينما الدرجة الخامسة أبعد للمثالية وتمثوجاءت بنسبة ٣٦% من اجمالى مساحة أحواض المنطقة.

❖ **التسرب خلال زمن التصريف:**

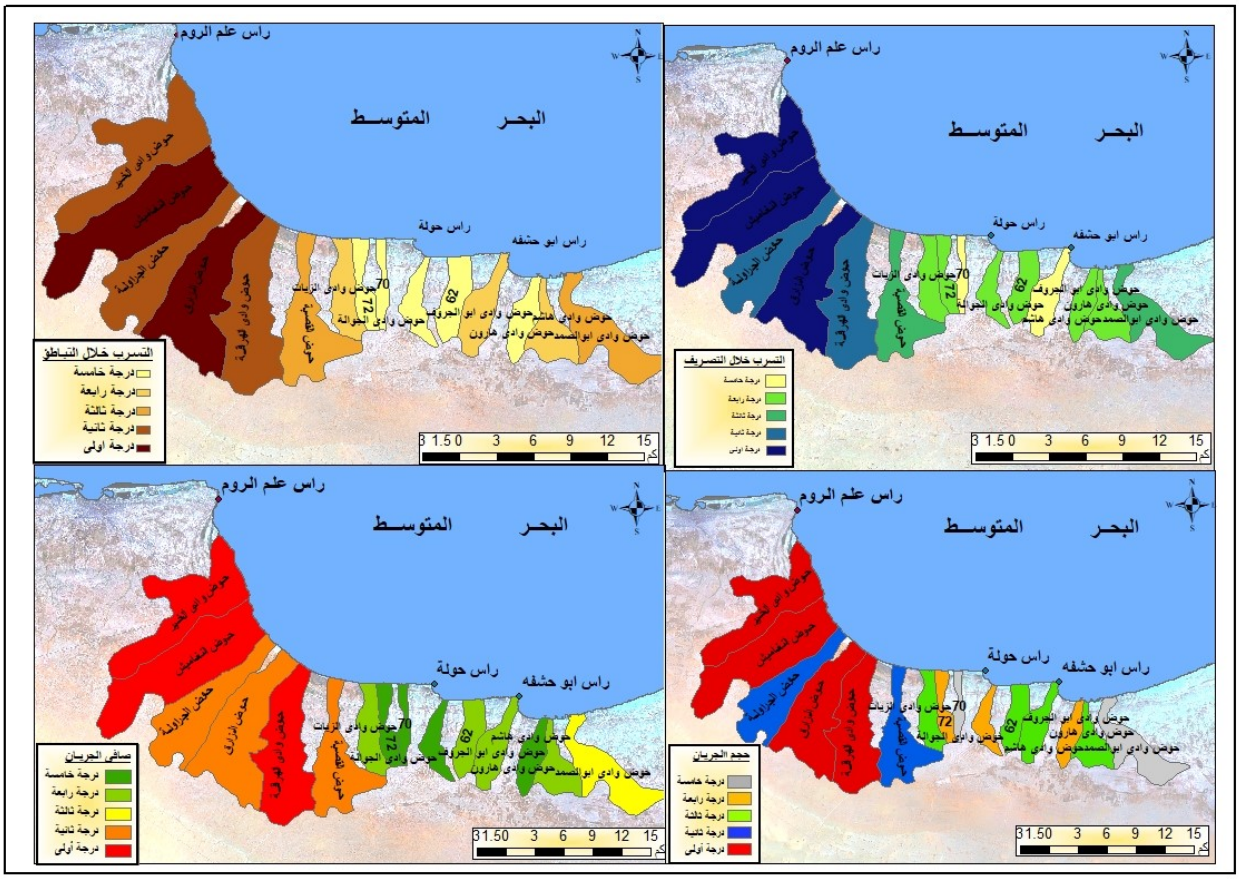
وعلي الجانب الآخر، تم تقييم المنطقة من خلال هذا العامل، حيث نجد أن الأحواض التى تمثل درجة الملائمة الأولى لمنشأت حصاد المياه مثلت نحو نصف (٥١%) مساحة أحواض المنطقة ، بينما مثلت أحواض الدرجة الثالثة والرابعة من حيث درجة الملائمة نحو ٤٤% من اجمالى مساحة المنطقة، بينما اقتصرت أحواض الدرجة الخامسة علي حوضين فقط بنسبة ٥%.

❖ **حجم الجريان :**

تم حساب متغير حجم الجريان، و الذي يعرف بأنه الكمية التى يمكن أن تصرفه شبكة تصريف الحوض خلال أودية تلك الشبكة، فكلما زاد حجم الجريان كلما كلما كان هناك أولوية مثلى لتجميع مياه الأمطار وحصادها، وكما يتبين من الشكل (١٤) أن أحواض الملائمة المثلى أو أحواض الدرجة الأولى بلغت مساحة نحو ٢٢٦,٣كم٢ بنسبة ٥٣,٨% من اجمالى مساحة أحواض المنطقة، بينما تمثلت أحواض الدرجة الثانية والاقرب الي المثالية ت فى مساحة تقدر بنحو ٧٤,٢كم٢ بنسبة ١٧,٦%، وإجتمعت الأحواض الباقية فى الدرجات الثالثة والرابعة والخامسة، بنسبة ٢٨,٥% للفئات الثلاثة مجتمعة.

❖ **صافى الجريان :**

كما تم تقييم صافى الميزانية الهيدرولوجية لاحواض التصريف فى المنطقة؛ للتعرف على كمية المياه المتبقة واختيار افضل المواقع للخزانات والآبار، حيث وجد أن الأحواض التى زاد فيها صافى الجريان عن ٣٠٠٠م٣ هى الاحواض التى تمثل درجة الملائمة الأولي لتجميع وحصاد المياه، بينما الأحواض التى يقل صافى الجريان فيها عن ١٠٠٠م^{٣} مثلت الدرجة الخامسة من حيث ملائمة تجميع المياه.



شكل (١٤): تقييم المنطقة طبقاً لمدى ملائمتها لنشأة آبار وخزانات وفق الخصائص الهيدرولوجية.

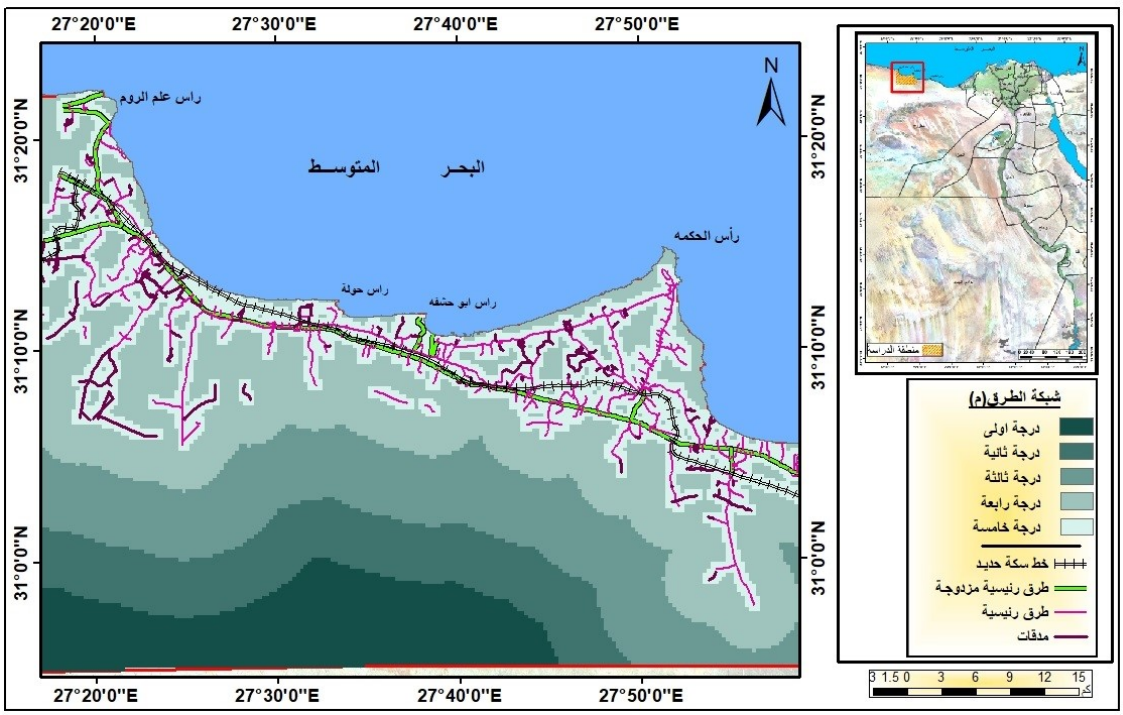
٤-المتغيرات العمرانية والاقتصادية والاجتماعية:

تتمتع المنطقة بشبكة طرق متنوعة مابين الطرق الدولية والمرصوفة والممهدة والمدقات الصالحة لمرور العربات، وهى ذات كثافه مرتفعة فى منطقة الدراسة والساحل الشمالى الغربى كلة مقارنة بمحافظة مطروح، وبذلك فإن الجريان السيلى يكون له مواضع خطر على الطرق لابد من رصدها. وتمثل هذة الطرق عائقاً أمام عمليات حصاد مياه الأمطار، فلابد من تجميع أكبر قدر من المياه قبل الوصول لهذة الطرق،فطبقاً للجدول (٧) والشكل (١٥) أعطيت المناطق القريبه من الطرق بمسافة أقل من ٥٠٠م درجة أولوية أخيرة لتجميع المياه وهى الدرجة الخامسة بوزن نسبى (١ من ٥ درجات)، وهذه الفئة من درجة الملائمة غطت مساحة تقدر بنحو ٥٦٨,٦٧ كم٢ بنسبة ٢٤,٩% من اجمالى مساحة المنطقة، وهى مساحة كبيرة نسبياً حيث تمثل نحو ثلث مساحة المنطقة، بينما انخفضت مساحة درجة الملائمة الأولي أو المُثلى (وهى التى تبتعد عن شبكة الطرق بمسافة تساوى ٢٠كم فأكثر) حيث بلغت نحو ١٣,٩% ، أما الدرجة الثالثة والرابعة

من حيث الملائمة فجأت بنسب متقاربة فكانت (٢٠,٢%، ٢٧,٩%) على الترتيب وهى الأماكن التى تبتعد بمسافة (١٠كم و ٤ كم) لكل من الفئتين على التوالي.

جدول (٧): تقييم المنطقة طبقاً لملائمتها لنشأة آبار وخزانات وفقاً للمسافة من شبكة الطرق

العنصر	الفئة	درجة الملائمة	الوزن النسبى	المساحة كم٢	النسبة %
شبكة الطرق	أقل من ٥٠٠ متر	الدرجة الخامسة	١	٥٦٨,٦٧	٢٤,٩
	٤٠٠٠م	الدرجة الرابعة	٢	٦٣٨,٦١	٢٧,٩
	١٠٠٠٠م	الدرجة الثالثة	٣	٤٦٢,٧٧	٢٠,٢
	٢٠٠٠٠م	الدرجة الثانية	٤	٢٩٨,٣٨	١٣,٠
	أكثر من ٢٠٠٠٠م	الدرجة الاولى	٥	٣١٩,١٠	١٣,٩
الاجمالى				٢٢٨٧,٥٢٣	١٠٠

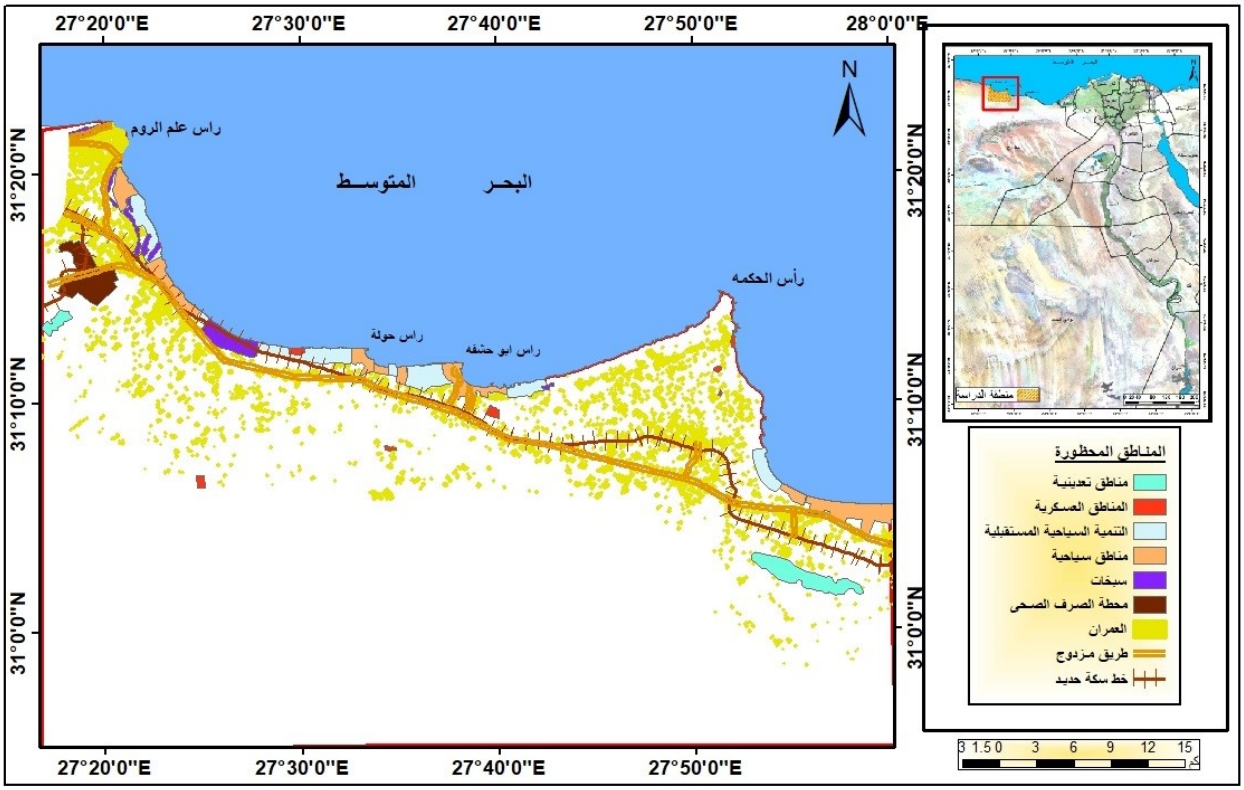


شكل (١٥): تقييم المنطقة طبقاً لملائمتها لحفر آبار وخزانات وفقاً للمسافة من شبكة الطرق.

٥- الكتلة العمرانية :

تعتبر الكتلة العمرانية عائقاً أساسياً أمام عمليات تجميع مياة الأمطار وحصادها وتخزينها، ففى عملية النمذجة لاختيار أفضل المواضع لحصاد المياه تعد خصائص الكتلة العمرانية من أهم المدخلات التى يجب أن تؤخذ في الاعتبار عند بناء نموذج مكاني مناسب لتجميع المياه، فيجب أن تكون المواضع المُختارة لعمليات حصاد المياه تكون بعيدة عن المناطق العمرانية، أي أن

المناطق العمرانية، و عليه فقد تم تصميف المناطق العمرانية في منطقة الدراسة إلي مناطق محظورة (الدرجة الخامسة) بوزن نسبى (١ درجة من ٥ درجات)، وقد وجد أن منطقة الدراسة بصورة عامة تعانى من انخفاض الكتلة العمرانية بدرجة كبيرة، حيث بلغت المساحة المأهولة بالعمران فقط مساحة تقدر بـ ٣٨,٨ كم٢ أى بنسبة تقدر بنحو ١,٧% من اجمالى مساحة منطقة الدراسة، وهنا تجدر الإشارة إلي أنه قد تم وضع مناطق أخرى ضمن المناطق المحظورة، مثل منطقة محطة الصرف الصحي في أقصي غرب المنطقة (منطقة علم الروم)، ومناطق السبخات، والمناطق السياحية، ومناطق التنمية السياحية المستقبلية، والمناطق التعدينية، والمناطق العسكرية، والتى تمثل جميعها ٤,٦ % من اجمالى مساحة منطقة الدراسة.



شكل (١٦): المناطق العمرانية والمناطق المحظورة فى المنطقة

٦- المسافة من الآبار والخزانات الحالية :

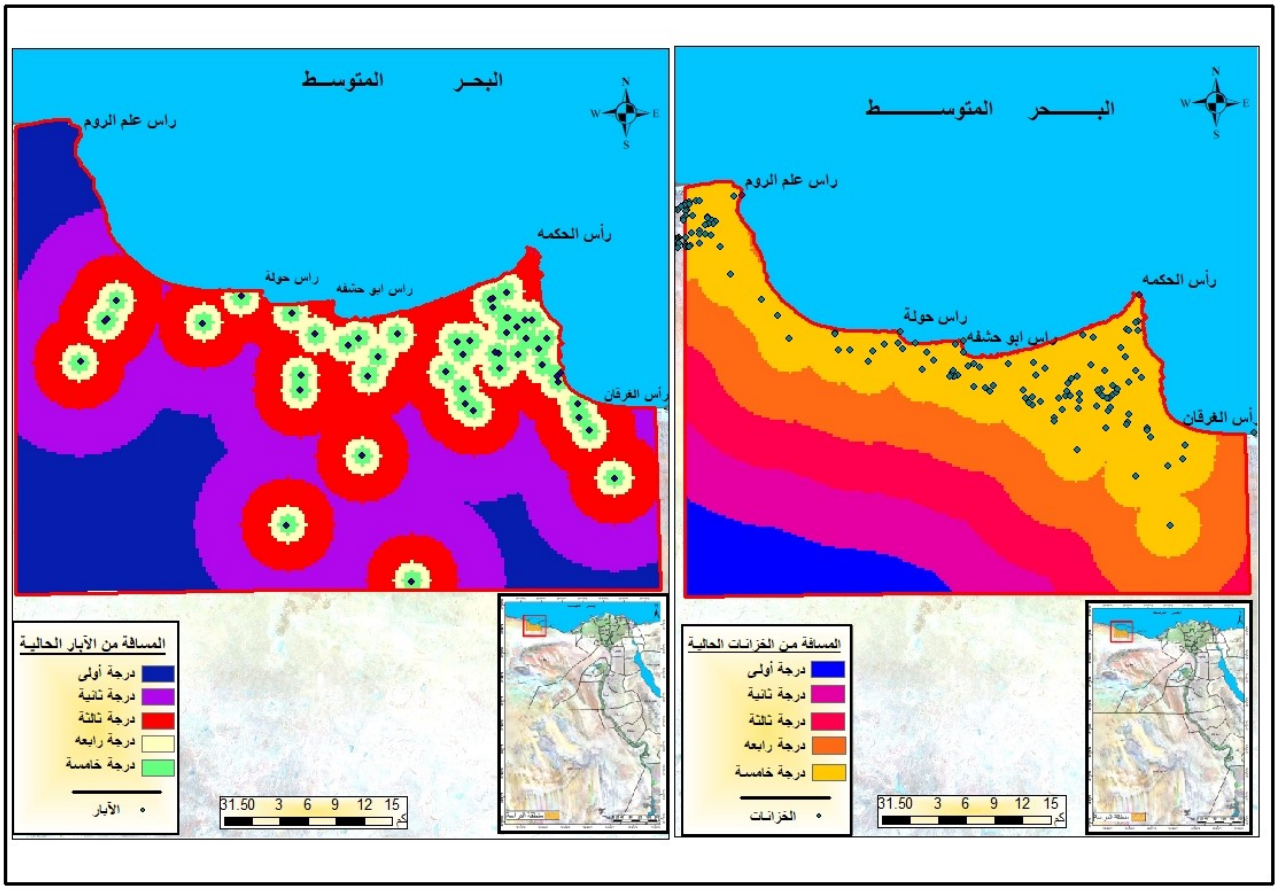
عند اختيار مواقع لمنشآت حصاد المياه مثل الآبار والخزانات فلابد من الوضع فى الإعتبار مواقع الآبار والخزانات المقامة بالفعل فى المنطقة، وذلك لضمان كفاءة توزيع هذة المواقع، وقد تم تقييم منطقة الدراسة كما فى الشكل (١٧) وفقاً لمواقع الآبار والخزانات القائمة بالفعل.

فبالنسبة للآبار فقد جاء حوالى ربع مساحة المنطقة كبيئة مثالية لحفر آبار، وهى منطقة درجة الملائمة الأولى، وهى المناطق التى تبتعد عن الآبار الحالية بنحو ١٠كم، كما هو موضح فى الجدول (٨)، بينما الدرجة الثانية والثالثة والتى تكون أقرب الى حد ما من الدرجة المثالية جاءت بنسبة ٦٠% أي حوالى ثلثى منطقة الدراسة، بمساحة تقدر ب ١٣٧٦,١١كم٢، بينما المواضع القريبة جداً من الآبار الحالية والتى تساوى أقل من ٢كم، جاءت بنسبة ضئيلة جداً ضمن درجتى الملائمة الرابعة والخامسة.

أما الخزانات، فجاءت مواضع الملائمة لها عكس الآبار تماماً، حيث كانت مواضع درجة الملائمة الأولى هى الأقل مساحة (٩,٧% من اجمالى مساحة المنطقة)، بينما استحوذت درجتي الملائمة الرابعة والخامسة – وهى البعيدة تماماً عن درجة المثالية – نحو ٦٠% من مساحة المنطقة؛ ويرجع السبب فى ذلك الى أن المواضع التى تحفر فيها الخزانات تختلف تماماً عن مواضع حفر الآبار جيولوجياً، فالخزانات تُحفر فى مناطق ذات صخور لينة لانها تُحفر آلياً بينما تحفر الآبار في مناطق الصخور الصلبة بشكل يدوي.

جدول(٨): تقييم المنطقة طبقاً لملائمتها لنشأة آبار وخزانات وفقاً للمسافة من الابار والخزانات الحالية .

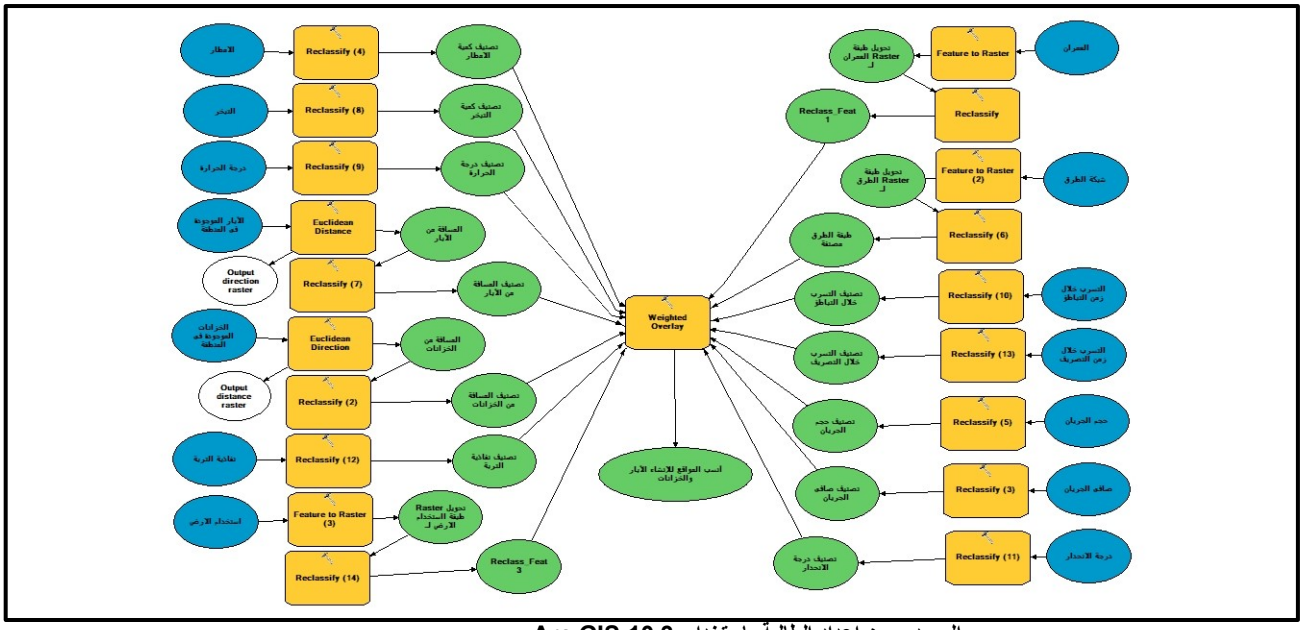
المتغير	الفئة	درجة الملائمة	الوزن النسبى	المساحة كم٢	النسبة %
المسافة من الخزانات الحالية	أكثر من ٢٣٠٠٠م	درجة أولى	٥	٢٢٥,٤	٩,٧
	٢٣٠٠٠م	درجة ثانية	٤	٣٠٦,٢	١٣,٧
	١٦٠٠٠م	درجة ثالثة	٣	٣٧٢,٦	١٦,٣
	١٠٠٠٠م	درجة رابعه	٢	٥٨٧,٦	٢٤,٩
	أقل من ٤٠٠٠	درجة خامسة	١	٧٩٥,٧	٣٥,٤
الاجمالى				٢٢٨٧,٥٢٣	١٠٠
المسافة من الابار الحالية	أكثر من ١٠٠٠٠م	درجة أولى	٥	٥٥٦,٥١	٢٤,٤
	١٠٠٠٠م	درجة ثانية	٤	٧٢٣,٦٥	٣١,٦
	٥٠٠٠م	درجة ثالثة	٣	٦٥٢,٤٦	٢٨,٥
	٢٠٠٠م	درجة رابعه	٢	٢٢١,٤٨	٩,٧
	أقل من ١٠٠٠م	درجة خامسة	١	١٣٣,٤٣	٥,٨
الاجمالى				٢٢٨٧,٥٢٣	١٠٠



شكل (١٧): ملائمة المنطقة لنشأة آبار وخزانات وفقاً للمسافة من الابار والخزانات الحالية.

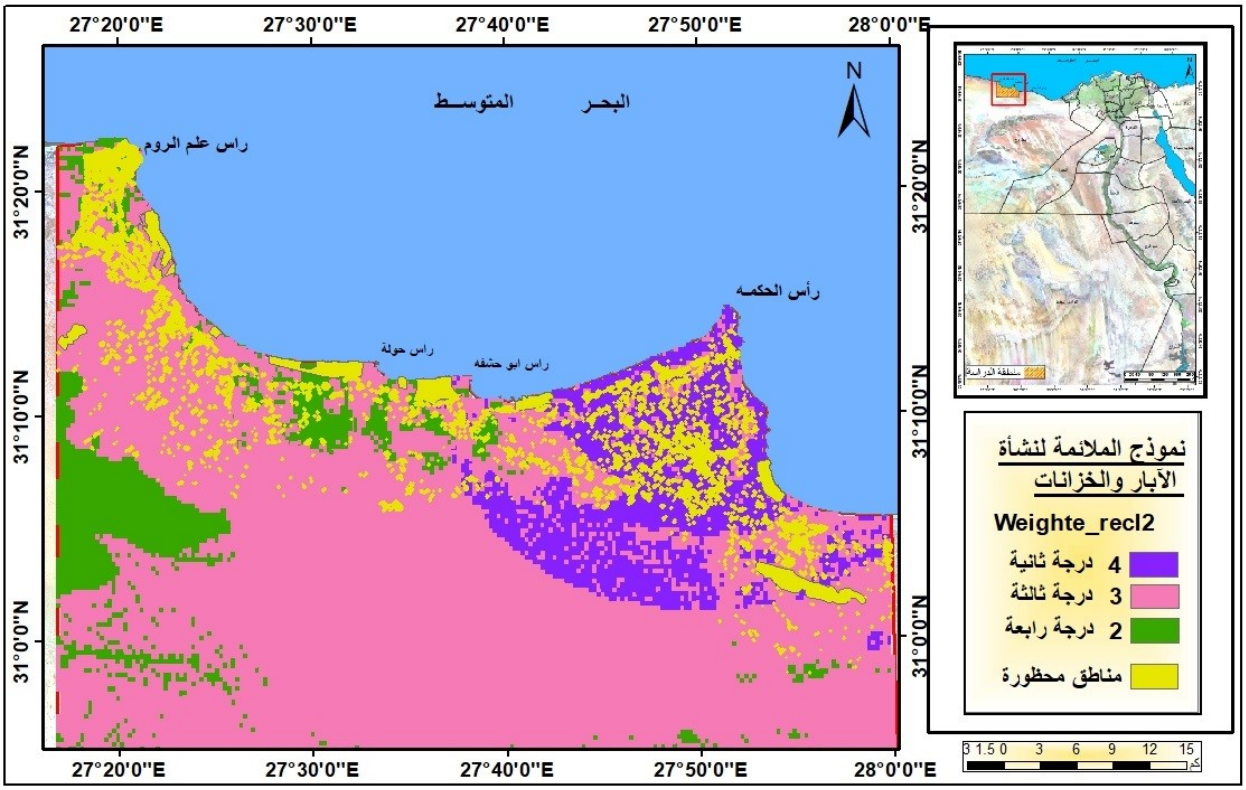
٧- تطبيق النموذج Model Builder والحصول على أنسب مكان للإنشاء آبار وخزانات فى المنطقة:

بعد تحديد المعايير السابقة ثم عمل التصنيفات اللازمة (Classification and Reclassification)، ثم بناء النموذج الكارتوجرافى Model Builder فى برنامج Arc GIS10.3 لتبسيط المشكلة وصياغة طرق لحلها من خلال مايسمى بالتخطيط البيانى لمراحل العمل Flow Chart . تم تصميم مقياس الأولوية الذى يحدد كل معيار من المعايير السابقة وكان هذا المقياس مقسماً الى ٥ درجات، حيث أن الدرجة ١ تعتبر عن أقل أولوية أما الدرجة رقم ٥ كان تعبر عن الاولوية القصوى. فنعطى الدرجة ٥ للمعيار المطلوب والدرجة ١ للمعيار المرفوض، ثم نقوم بدمج جميع طبقات المعايير فى طبقة واحدة وإعطاء وزن لكل طبقة على حدة على حسب درجة أهميتها لتنتج طبقة جديدة مقسمة على حسب درجة أولويتها للمواقع المثلى، ثم يتم تحديد الاماكن التى تأخذ الدرجة رقم ٥ لتكون هى الاماكن المثلى لمنشأت حصاد المياه.



المصدر: من اعداد الطالبة باستخدام Arc GIS 10.3.

شكل (١٨):الخطوات المتبعة لتحديد أفضل المواقع لنشأة الآبار والخزانات فى المنطقة وفق المعايير المُحددة.



المصدر: من اعداد الطالبة باستخدام Arc GIS 10.3

شكل (١٩): تصنيف منطقة الدراسة طبقاً لملائمتها لحفر آبار وخزانات لحصاد مياه الامطار طبقاً للنموذج Model Builder.

جدول (٩): تصنيف منطقة الدراسة طبقاً لملائمتها لحفر آبار وخزانات لحصاد مياه الامطار طبقاً للنموذج Model Builder

درجات الملائمة	الوزن النسبى	المساحة (كم٢)	النسبة (%)
الدرجة الثانية	٤	٣١٠,٤٨	١٣,٦
الدرجة الثالثة	٣	١٤٥٠,١٨	٦٣,٣٩
الدرجة الرابعه	٢	٣٨٢,٤٣١	١٦,٧
المناطق المحظورة	٠	١٤٤,٤٤	٦,٣

النتائج :

بعد الانتهاء من اعداد النموذج، تم اقتراح أفضل المواقع لإنشاء آبار وخزانات لتجميع مياه الامطار بناء على الشكل السابق (١٩) لتجميع مياه الأمطار فور سقوطها وقبل أن تفقد عن طريق التسرب والتبخر، أو أن يحدث لها جريان وتصل الى البحر. وقد اتضح من خلال النموذج والشكل (١٨) أن المنطقة تفتقد الدرجة المثاليه أو درجة الملائمة الاولى فى التصنيف لنشأة آبار وخزانات تجميع المياه؛ وكان السبب فى ذلك أن المنطقة بشكل عام تفتقد المكان التى يضم كافة الشروط والمعايير، بينما انخفضت مساحة الدرجة الثانية وهى الأقرب الى الدرجة المثالية حيث ظهرت بمساحة تقدر ب ٣١٠,٤٨ كم^{٢} بنسبة ١٣,٦% من مساحة المنطقة وتمثلت هذه المنطقة فى المناطق الأكثر مطراً والأقل تبخراً بالاضافة الى انها من ناحية البنية تقع في منطقة صخور صلبة الى حد ما وهى منطقة جنوب رأس الحكمة وأجزاء من حوض فوكة. بينما جاءت درجة الملائمة الثالثة بأكبر مساحة من منطقة الدراسة حيث استحوذت على مساحة تقدر ب ١٤٥,١٨كم^{٢} بنسبة تقدر ب ٣٦,٣٩% من اجمالى مساحة المنطقة وتمثلت هذة المناطق فى الأجزاء الجنوبية للمنطقة حيث هضبة مرمريكا التى تتميز بصلابة صخورها.

المراجع :

- **المنظمة العربية للتنمية الزراعية (٢٠٠٣):** تعزيز استخدام تقانات حصاد المياه في الدول العربية، التجربة السورية. الخرطوم، السودان، ص٤٤.
- **شحاتة سيد أحمد طلبة (١٩٩٠):** المطر فى مصر " دراسة فى الجغرافيا المناخية "، رسالة ماجستير غير منشورة،قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة القاهرة.
- **صلاح معروف عماشة (٢٠١٢):** الضوابط المناخية للعجز المائى فى شبة جزيرة سيناء، سلسلة البحوث الجغرافية، الجمعية الجغرافية المصرية، العدد ٥١.

- **صلاح معروف عماشة(٢٠٠٧):** الموارد المائية وتقييم التربة فى منطقة عيون موسى بسيناء، مجلة الجمعية الجغرافية المصريه، العدد التاسع والاربعون، الجزء الأول.
- **فهمى هلالى أبو العطا (١٩٩٦):** الطقس والمناخ دراسة فى طبيعة الجو وجغرافية المناخ، دار المعرفة الجامعية، الأسكندرية.
- **صلاح هاشم (٢٠١٥):** أخطار الجريان السيلى بالجانب الشرقى لوادى النيل بين وادى غراب جنوباً والرشراش شمالاً، دراسة فى الجيومورفولوجيا التطبيقية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد، رسالة ماجستير، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة المنيا.
- **صلاح حسن محمد أحمد (٢٠١١):** مصادر المياه ومشكلاتها فى محافظة مطروح " دراسة تطبيقية" رسالة دكتوراه غير منشورة، جامعة الدول العربية، معهد البحوث العربية، قسم البحوث الجغرافية.
- **بيانات الهيئة العامة للأرصاد الجوية فى الفترة من ١٩٩٠ حتى ٢٠١٩م**

- **Abu Risha, U. A. & Sturchio, N., (2018):** The impact of hydrogeological setting on the protection of coastal groundwater aquifers, El Dabaa, North western Coast, Egypt. Journal of Basic and Environmental Sciences, 5, pp.(174-186).
- **Adham, A. & Riksen, M. & Ouessar, M. & Abed, R., &Ritsema, C., (2017):** Development of methodology for exisiting rainwater harvesting assessment in semi- arid regions. In water and Land Security in Dry lands, pp. (171- 184).
- **Adham, A., Sayl, K, N., Abed, R., Abdeladhim, M, A., et all (2018):** A GIS-based approach for identifying potential sites for harvesting rainwater in the Western Desert of Iraq. International Soil and Water Conservation Research. 6, pp. (297 – 304).
- **Gado, T. A. & D. E. El-Agha (2020):** Feasibility of rainwater harvesting for sustainable water management in urban areas of Egypt. Environmental Science and Pollution Research, 27, 32304-32317.
- **Girish, M.,(2008):** Delineation of Potential Sites for Water Harvesting Structures Using Remote Sensing and GIS, India Journal Soc. Remote Sensing Des., Pp. (323-334).

- **Greogory , K. J., & Walling , D.E., (1979):** Drainage Basin , Form and Process , A Geomorphological Approach , Edward & Arnold , London .
- **Guidelines for Soil Description (2006) :** Food and Agriculture Organization of the United Nation، Rome، Fourth edition.
- **Horrock, N.c.,(1964):** Physical Geography and Climatology،New York.
- **Massoud, U. N. & Soliman, M. & Taha, A & Salah, H. (2015) :** 1D and 3D inversion of VES data to outline a fresh water zone floating over saline water body at the northwestern coast of Egypt. National Research Institute of Astronomy and Geophysics (NRIAG), 11421 Helwan, Cairo, Egypt, 4:2, pp. (283-292).
- **NARSS (2005):** National authority for remote sensing & space sciences, environmental evaluation of land resources in the Northwestern Coast of Egypt, using space data and land information systems, Phase II: Area from Sedi Abd EL-Rahman to Marsa El-Assi Fainal report, No. 101/SR/ENV/04-0, June 2005. NARSS, Cairo, Egypt.
- **Nasr, M., (1999):** Assessing Desertification and Water Harvesting in the Middle East and North Africa. ZEF Bonn Zentrum für Entwicklungsforschung Center for Development Research. Discussion Papers on Development Policy. Universität Bonn.
- **Negm, A. M. & E.-S. E. Omran. (2020):** Update, Conclusions, and Recommendations for "Flash Floods in Egypt". In Flash Floods in Egypt, 383-393. Springer.
- **Pareta, K. & Pareta, U., (2011):** Quantitative Morphometric Analysis of a Watershed of Yamuna Basin, India using Aster (DEM) Data and (GIS), International Journal of Geomatics and Geosciences Volume 2,No1.
- **Science for a changing world. (2006):** San Francisco Bay Region Geology & Geologic Hazard: What is a Fault?.
- **Strahler, A. N., (1958) :** Dimensional analysis applied to fluvially Eroded land forms , Geol soc. Amer . Bull. Vol. 69.
- **UNPEP (United Nations Environment Programme), (2009):** Rainwater harvesting: a lifeline for human well-being. A report prepared for UNEP by Stockholm Environment Institute.

- **Ward, R, C., (1975):** Principles of Hydrology, McGraw-Hill, UK. pp 256–262.
- **Young, A., (1972):** Slopes. Edinburgh: Oliver & Boyed.
- **Yousif M. & Bubenzer O., (2011)**: Integrated remote sensing and GIS for surface water development. Case study: Ras El Hekma area, northwestern coast of Egypt. Arab J Geosci. Doi: 10.1007.
- **Yousif, M. & El Abd, E. & Baraka, A., (2013):** Assessment of water resources in some drainage basins, northwestern coast, Egypt. Appl Water Sci 3:439–452.
- http://earthexplorer.usgs.
- http://matrouh.gov.eg.
- http://en.tutiempo.net/climate/egypt.htm.