جيرمورفولوجية الحفر الكارستيه

فى

النطاق الممتد بين القاهرة والسويس

إعداد

د/ أحمد السيد محمد معتوق

مدرس بجامعة حلوان

جيومورفولوجية الحفر الكارستية
في النطاق الممتد بين القاهرة والسويس

إعداد د/ أحمد السيد محمد معتوق - مدرس بجامعة حلوان

يغطى الحجر الجيرى - على اختلاف عمره الجيولوجى - مساحة واسعة من الأراضى المصرية؛ وعلى الرغم من ذلك لم يعتن الجيومورفولوجيون المصريون عناية كافية بدراسة الظاهرات الجيومورفولوجية المرتبطة بالصخور الكربونية بعامة والحجر الجيرى منها خاصة وهى الظاهرات التى تسمى اصطلاحاً باسم الظاهرات الكارستية . وجاءت فقط هذه الدراسات إما ضمن المضمون العام للدراسات الجيومورفولوجية الاقليمية أو حينما يكون للحجر الجيرى تأثير واضح على بعض خصائص المظهر الجيومورفولوجى ، أما الدراسات الكارستية (المباشرة) فهى قليلة ، وربّما يعود ذلك إلى أن ظاهرات الكارست فى مثل إقليمنا الذى نقع ضمنه (الجاف) ليس لها وضوح الظاهرات الأخرى التى تنتشر فى هذا الإقليم ، فضلاً عن أن توقف تطورها أو بطء هذا التطور ربما لا يغرى باحثى الجيومورفولوجيا للاهتمام بهذه المظاهر [1] .

وقد يمتد عدم الاهتمام كذلك ليشمل الظاهرات الجيومورفولوجية المرتبطة بأنواع أخرى من الصخور مثل : الصخور النارية بعامة والجرانيت منها خاصة ، والصخور البركانية كذلك، ورغم أن هذه الاهتمامات لا غنى

(١) يذكر « ثورنبري» أن أكثر جهات العالم التي تتميز بوضوح الظاهرات الكرستية هي النطاقات المدارية والمعتدلة الباردة : أنظر :
"Thornbury, W.D., (1969), "Principles of Greomorphology". John Wiley & Sons, Inc., U.S.A., 2nd Edit., P341.

عنها للجيومورفولوجى عند تأصيل المظاهر الجيومورفولوجية على أساس أنواع الصخر ونظامه أحد ركائز الدراسات الجيومورفولوجية ، فإن ذلك كله يجب أن يوليه الجيومورفولوجيون العناية اللائقة ، وهو بلا شك أمر يسهم فى إثراء الفكر الجيومورفولوجى .

وفى موضوع دراستنا الحالية يشير الباحث إلى أن نتائج دراسات جيومورفولوجيا الكارست فى منطقة معينة لا يجب أن تنطبق بالضرورة على منطقة أخرى ؛ ومن ثم يجب أن تكون الدراسات الكارستية تفصيلية وموضوعية وعلى أماكن محدودة ؛ ثم ليكن بعد ذلك جمع المتشابه منها فى نسق أو إطار واحد يمكن من خلاله معرفة مدى تشابك وتشابه العوامل والعمليات المختلفة التى تحدد جوانب كثيرة من خصائص المظهر الجيومورفولوجى الكارستى .

أسباب إختيار الباحث لهذا الموضوع :

١- قلة الدراسات الجيومورفولوجية التى تعالج جيومورفولوجيا الكارست فى مصر خاصة وأن عمليات التنمية المتصلة بالعمران والطرق والإنشاءات تقوم فى بعض المناطق التى تتألف من تتابعات صخرية من بينها الحجر الجيرى، وقد حدى ذلك بالباحث لتطبيق دراسته على منطقة شرق القاهرة وحول الطريق المرصوف بين المعادى والعين السخنة وبين ألماظة والسويس، وهى مناطق مفتوحة أمام العديد من المشروعات العمرانية (التجمع الخامس - القطامية - مدينة بدر - وغيرها) وجميعها بعد طفرة عمرانية .

٢- إن التنبيه إلى خصائص العمليات الكارستية وإماطة اللثام عن بعض ظاهرات الكارست عند مثل هذه المناطق ربما يساعد على درء بعض الأخطار المحتملة - أو على الأقل التقليل من آثارها - التى ربما تنشط مع عمليات التسوية والتمهيد، أو مع توفر كمية من مياه الصرف الصحى والتى بدورها تعمل على تنشيط العمليات الكارستية ، وينجم عن ذلك كله حدوث عمليات لها أخطارها كعمليات الانهيار والهبوط الأرضى أو تراجع الحواف أو حركة المفتتات فوق سفوح مثل هذه المناطق، ولا شك أن ذلك كله يهدد الأستخدامات البشرية التى تنشط مع تزايد حركة الإعمار والإستغلال بهذه المناطق.

٣- معرفة طبيعة العمليات الكارستية من حيث معدلات نشاطها وقدرتها التحاتية وبخاصة على تكوين ظاهرة (الحفر الكارستية) لا يكشف فقط عن علاقة صخور الحجر الجيرى بعناصر المناخ وبخاصة الحرارة والرطوبة ؛ وإنما يساعد فى تفسير مراحل التطور التى تنشأ بها ظاهرة أقراص الحفر الكارستية ، بل وتشير كذلك إلى إمكانية فهم مستقبل هذه الظاهرة ، آخذين فى الاعتبار العلاقات المتشابكة والمعقدة بين خصائص الحجر الجيرى وطبيعة العمليات التى تسهم فى تحديد ملامح وخصائص ظاهرات الكارست بعامة والحفر منها خاصة .

٤- أن الدراسات الجيومورفولوجية إن كانت تهتم بإبراز الملامح الجيومورفولوجية لظاهرات كبيرة الحجم فإنها لا يجب أن تغفل عن دراسة ومعالجة قضايا جيومورفولوجية الكبيرة الحجم .

٥- معرفة الخصائص العامة لتقييم وحفر الدحال الكارستى المرتبطة بالصخور الجيرية والتى تشبه مستعمرات عش النمل (أو أقراص العسل كما تسميها بعض الدراسات الجيومورفولوجية العربية انظر سمير سامى محمود، (١٩٨٩)).

٦- من نافلة القول أن يذكر الباحث أن قرب منطقة الدراسة بل وملاصقتها لمدينة القاهرة (شرق حى مدينة نصر وحى المعادى) وتوفر شبكة من الطرق المرصوفة والمدقات كان وراء تطبيق هذه الدراسة عند تلك المناطق، كما أنها من المناطق التى زارها الباحث فى دراسات ميدانية متعددة وتدريبية مع طلابه ببعض أقسام الجغرافيا وتوغل بهم ومعهم فى كثير من أنحائها.

ولإنجاز هذه الدراسة :

١- درس الباحث الخصائص الجيولوجية فى شرق القاهرة (تعتبر جزءاً من شمال غرب هضبة المعازه الجيرية) واستعان فى ذلك بالخرائط الجيولوجية والصور الجوية لقراءة وتفسير الملامح الجيولوجية العامة لهذه المنطقة نشأة وتطوراً، وركز على صخور الحجر الجيرى الإيوسينى (الأوسط والأعلى) الذى تطورت عليه ظاهرة الحفر الكارستية ، فضلاً عن دراسة الخصائص البنيوية والتراكيب المميزة لهذه الصخور وعلاقة ذلك كله بخصائص الظاهرة موضوع الدراسة .

٢- دراسة الملامح العامة للمناخين القديم والحديث خاصة عنصرى الحرارة والرطوبة، وإلى أى مدى يمكن أن يسهما فى تكوين وتشكيل وتطور ظاهرة الحفر الكارستية .

٣- الربط بين نتائج هذه الدراسات وبين الواقع الحقلى من خلال الدراسات الميدانية المتعددة إما للاستزادة والاستيضاح أو لإجراء القياسات المورفومترية الحقلية وكذلك لتأكيد ما انتهى إليه الباحث من نتائج .

٤- استلزم العمل الميدانى استخدام أدوات لقياس عناصر الظاهرة وأجزائها (مما يفيد فى عمليات التحليل المورفومترى) وإجراء الفحص الدقيق للعديد من هذه (الثقوب) على اختلاف أشكالها ومواقعها، والتقاط الصور الفوتوغرافية، وكذلك ملاحظة ودراسة خصائص التطور الذى تميزت به الثقوب ، ومن المهم أن نذكر أن موضوع هذه الدراسة لم يعتمد فقط على تحليل الخرائط والصور الجوية وإنما - يشكل أساسى - على نتائج الدراسات لميدانية والملاحظات الحقلية التى أولاها الباحث عناية خاصة .

هذا ويرى الباحث ضرورة توضيح أن موضوع الدراسة الحالية (حفر التحلل أو مستعمرات أقراص العسل) تختلف عن ظاهرة جيوب التحليل SOLUTION POCKETS التى ترتبط أساساً بصخور الطباشير ، وتنشأ أساساً على هيئة ثقوب ثم سريعاً ما تتطور نتيجة للخصائص التركيبية والمعدنية التى يتميز بها الطباشير حتى تبدو على هيئة جيوب متسعة ومتصلة ، كما أن ظاهرة (الحفر الكارستية) تختلف عن ظاهرات أحواض الكارست وهو أنه (دولينات) التى غالباً ما تنشأ فوق الأسطح الأفقية للصخور الجيزية ، بينما ظاهرة الحفر الكارستية من الظاهرات المميزة لحواف الحجر الجيرى .

وعموماً وحتى تسهل المقارنة بين ظاهرة الحفر الكارستية وظاهرات الكارست الأخـــرى يمكن القـــول أن ظاهرات الكارست تنقـــسم إلى : Jennings, J. N. (1985). PP 73-134

أولاً : الظاهرات الدقيقة السطحية وتحت السطحية سواء التي تتكون فوق الأسطح الجيرية العارية أو المغطاة جزئياً أو كلياً وتضم :

١- النقر الصغيرة سواء الناشئة عن عمليات تحلل (تسهم فيها النباتات والأشنات بدور رئيسى وفعال) ، أو الناجمة عن الارتطام المباشر لحبات المطر ثم إسالتها، وعادة ما تتميز هذه النقر بصفات لونية تعكس خصائص عمليات التحلل الكارستى، وإن كان معظم هذه الألوان تتمثل فى الأسود والأزرق والأخضر المائل للزرقة والرمادى .

٢- علامات التماوج الناجمة عن التحلل Solution ripples .

---

* فيما يتعلق بالدراسات الكارستية انظر أيضاً :

١- جودة حسنين جودة (١٩٨٨) .الجيومورفولوجيا- دراسة في علم أشكال سطح الأرض، دار المعرفة الجامعية ، الإسكندرية ، ص ص ٤٥٩- ٤٧٦ .

٢- حسن سيد أحمد أبو العنين (١٩٨١)، أصول الجيومورفولوجيا، دراسة الأشكال التضاريسية لسطح الأرض، الدار الجامعية للطباعة والنشر، ط٦،بيروت، ص ص ٤٩٩ - ٥٢٢ .

٣- سميح أحمد عوده (١٩٨٤)، جيمورفولوجية الهوات في الجبل الأخضر ، قسم الجغرافيا بجامعة الكويت والجمعية الجغرافية الكويتية ، نشرة رقم ٦٣ .

٤- محمد صبري محسوب سليم (١٩٩٧)، جيومورفولوجية الأشكال الأرضية، ط١، دار الفكر العربي، القاهرة ، ص ص ٢٣٩- ٢٦٣ .

٥- محمد صفي الدين أبو العز (١٩٦٥)، قشر الأرض، ص ص .

** تدخل جميعها ضمن ما يعرف بظاهرة أحواض التحلل الصغير (small solution basins) وتسمي Kamenitza أنظر : (Stephen. T. . (1985) p55

٣- جداول التحلل ومسيلاته (يمكن تسميتها حزوز التحلل) Solution Flutes (Rillenkarren) وهى عبارة عن حزوز مستقيمة منحدرة صوب أسفل السفح تفصلها أعراف (ضلوع) واضحة rips sharp.

٤- حفر التحلل الملساء solution bevels التى تظهر عند نهاية أو بداية المسيلات أو الحزوز.

٥- أقماع التحلل solution funnel (beel steps) وتعرف بالألمانية (Trichter- Trittkarren) وترتبط بعمليات التحلل التى تسود أسفل بقع الجليد .

٦- مسيلات (حزوز) التحلل بفعل المطر rain salution runnels، وتنشأ فوق حواف الحجر الجيرى عند نهايات الضلوع التى تفصل بين الحزوز ، وهى أكثر أتساعاً بمرتين أو ثلاث عن مسيلات التحلل، وإن كانتا تتشابهان فى شكل مقطعيهما العرضى وتسمى بالألمانية Rinnenkarren ، وعادة ما تنشأ هذه المسيلات عن الأمطار أو الثلج أو من النباتات وكذلك بفعل المياه التى تتجمع عن عمليات الأرتشاح عبر الفواصل التى تكتنف الحجر الجيرى ، ومن ثم تتعدد أشكال هذه المسيلات مثل : المنثنية meanderingومسيلات الحواف wall solution runnels وهى أكثر عمقاً عن جريانات المطر ومسيلاته .

٧- فواصل التحلل المتسعة solution- widened joints (grikes) وتعرف فى الألمانية بأسم kluftkarren وهى فى العادة فواصل

مستقيمة وعميقة ومتسعة تنتظم على هيئة شبكة خطوطها بزاوية تبلغ نحو ٦٠°.

ثانياً : الأشكال الكارستية الكبيرة : مثل

١- الخوانق Gorges .

٢- كهوف أنثناءات الأودية Meander caves .

٣- الكبارى الطبيعية Natural bridges .

٤- الأودية العمياء وشبه العمياء Half-blind and blind valleys.

٥- حواف رؤوس الأودية Steepheads والتى تنشأ عن جيشانات الينابيع ومن ثم تصبح عملية التقويض الينبوعى Spring sapping هى العملية الرئيسية فى تكوين هذا النوع من الحواف، ويبدو مظهرها العام على هيئة حوائط عالية متراجعة، ولها مسميات محلية عديدة مثل : (world's end) cul de sacs, valclos reculees, steephead

٦- الأودية الجافة التى تميز مناطق الصخور الجيرية.

٧- الدولينات بأنواعها المختلفة (الحفر الكارستية على اختلاف أنواعها).

٨- الأعراف المسننه (الأعراف الكارستية).

٩- أبراج الكارست .

١٠- منخفضات الكارست المغلقة المتسعة Uvala (ذات قيعان متماوجه).

١١- أحواض الكارست الفسيحة المغلقة ذات القيعان المستوية وهذه لا يقل اتساعها عن ٤٠٠ م ويبدو بعضها ممتدا ومفتوحا.

١٢- النوافذ الكارستية .

١٣- السهول الكارستية .

١٤- الكهوف بأنواعها المختلفة.

على أيه حال فإن التصنيفات التأصيلية للمظاهر الكارستية التى أوردها الباحث هنا ليست هى الوحيدة، بل هناك تصنيفات أخرى وجميعها تشير إلى مدى تعقد المظهر الجيومورفولوجى الكارستى، حتى أن الفصل بين الكثير من الظاهرات المتشابهة يعد أمراً بالغ الصعوبة، وبخاصة إذا كانت عملية التمييز تعتمد على خصائص وصفات بالغة الدقة ومتناهية الصغر، كما يعود ذلك أيضا إلى طبيعة العمليات الكارستية وألياتها المسؤولة عن إكساب كل ظاهرة من ظاهرات الكارست تفصيلاتها، وقد انعكس ذلك كله بالطبع على صعوبة تمايز هذه الظاهرات، ومن ثم يرى الباحث أن تجمع هذه الظاهرات فى فئات أو مجموعات تضم الأنواع المتشابهة (أو القريبة التشابه) سواء فى خصائصها الشكلية أو فى الآليات المسؤولة عن تكوينها، وقد يمهد ذلك إلى دراسات أكثر تخصصاً عن ظاهرات الكارست على أرض مصر، وسوف يساعد ذلك بالطبع على تفهم طبيعة العلاقة بين خصائص هذه الظاهرات وبين العوامل والعمليات التى أسهمت فى إبراز هذه السمات والخصائص. وربما كانت الدراسة الإقليمية الكارستية محاولة للتغلب على صعوبة الدراسة الوضوعية لظاهرات الكارست المتنوعة.

ضوابط نشأة وتطور الحفر الكارستية :

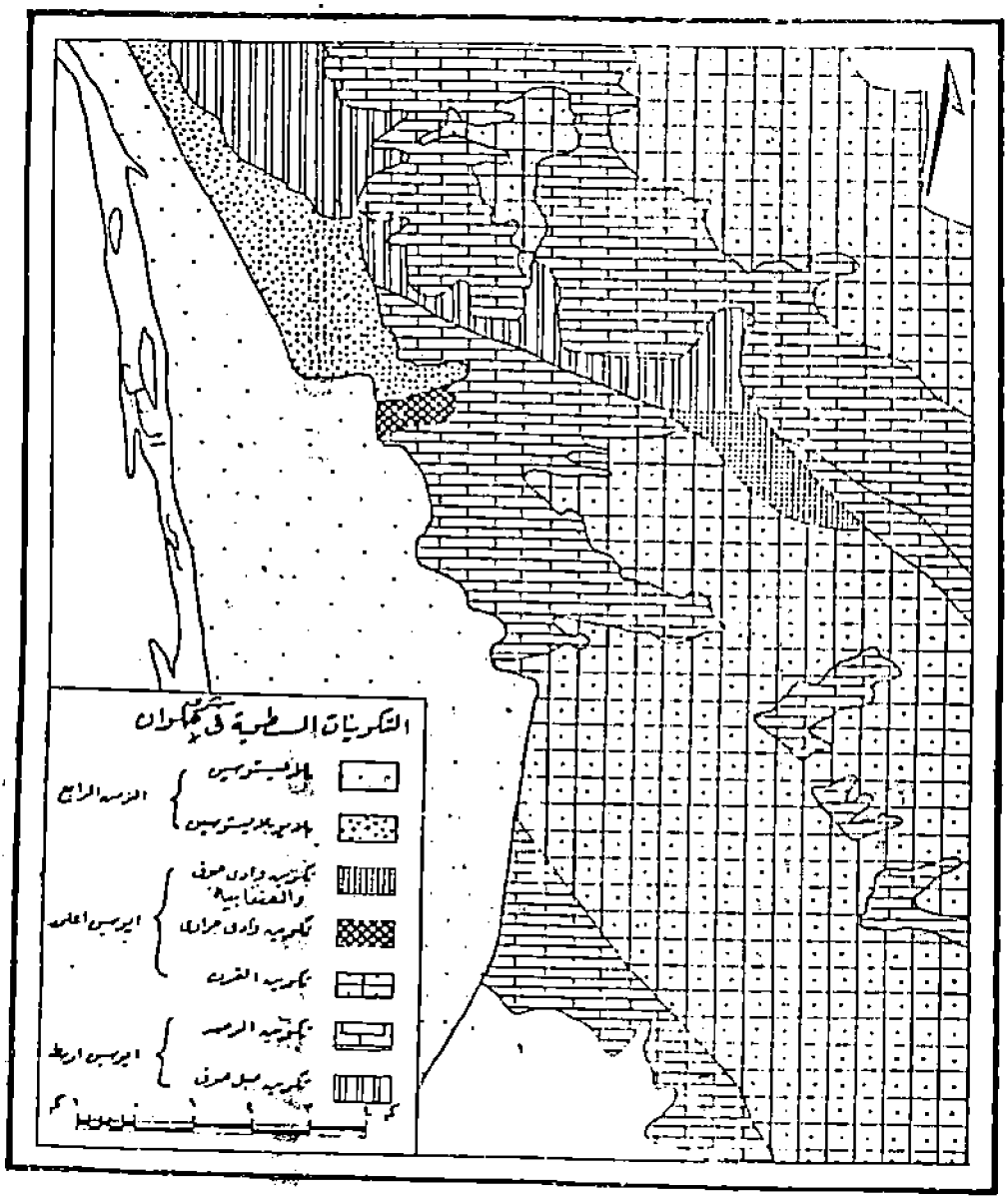
رأينا من العرض السابق مدى تباين أشكال الظاهرات الجيومورفولوجية الكارستية وتنوعها بين ظاهرات دقيقة وأخرى كبيرة وبالرغم من ذلك فإن هذه الظاهرات تخضع فى نشأتها وتطورها لمجموعة من الضوابط الحاكمة. تتمثل فى (Jennings, J.N.,(1985), Pp.70-73).

١- عوامل تختص بطبيعة الصخور ذاتها، ووجود أو عدم وجود غطاء المفتتات الصخرية، ويمكن تسميتها باسم العوامل الثابتة .

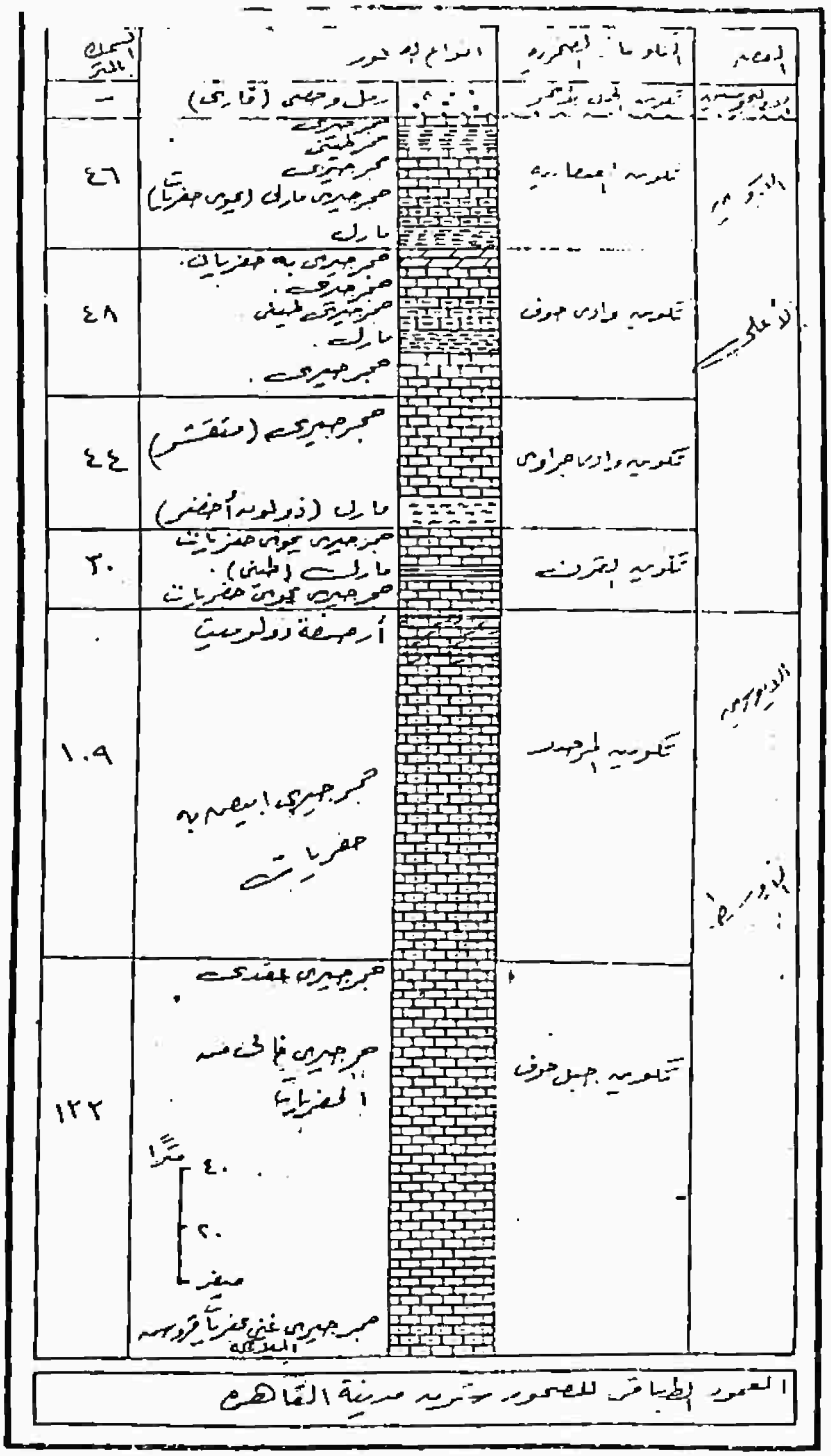
٢- المناخ والنبات الطبيعى (عوامل متغيرة) ويمكن تسميتها كذلك باسم العوامل المتغيرة النشطة.

٣- عوامل تاريخية وتعبر عن مدة النشاط التى تعرضت له الظاهرة منذ نشأتها الأولى، ومن ثم فإن ملامح الظاهرة هى فى الحقيقة انعكاس لعامل الزمن، ويدخل ضمن هذه العوامل التداخل البشرى وإلى أى مدى أسهم هذا التدخل فى زيادة النشاط أو تعديله، وربما يؤدى ذلك إلى القضاء على الظاهرة التى تكونت تماماً.

وفيما يلى محاولة لدراسة أثر كل عامل من هذه العوامل على حده، مع الأخذ فى الاعتبار - ابتداء - أن هذه الدراسة التفصيلية وعلى هذا المستوى هى محاولة لفهم دور كل عامل على حدة للوقوف على مدى ما أسهم به فى تكوين أو تطوير ظاهرة الحفر الكارستية، ومن الجدير بالذكر أن الحقائق الجيومورفولوجية تؤكد أن دور أية عامل من العوامل الجيومورفولوجية -



نقلاً عن : سيد عبد الخالق السيد، (١٩٩٥).



عن : Abd-El-Tawab, S., 1986. شكل رقم (٢)

لوحة رقم (١) ناظراً صوب الجنوب الغربى

توضح اللوحة :

أولا : الخصائص الجيولوجية :

تنتمى صخور الحجر الجيرى التى ترتبط بها ظاهرة الحفر الكارستية فى منطقة الدراسة إلى عصر الأيوسين وبخاصة قسماه الأوسط والأعلى شكل رقم (١) وشكل رقم (٢) اللذان يضمان مجموعة من الأعضاء (تكوينات) على النحو التالى ومن الأقدم إلى الأحدث :

١- الأيوسين الأوسط ويضم تكوينى جبل حوف والمرصد ويبلغ سمكهما معاً نحو ٢٤٢م.

٢- الأيوسين الأعلى ويضم تكوينات :

٤- المعنقابية ٤٦متر.

٣- وادى حوف ٤٨ متر.

٢- وادى جزاوى ٤٤ متر.

١- القرن ٣٠ متر.

ويتألف الأيوسين الأوسط من صخور الحجر الجيرى الذى يتميز بلونه الأبيض الناصع وصلابته الواضحة ويتداخل معه طبيقات رقيقة من المارل وبخاصة أجزاؤه السفلى، ويعلوه حجر جيرى أبيض غنى بحفريات النيموليت، ويغطيها جميعاً أربع طبيقات من الدولوميت بسمك يتراوح بين نصف المتر والمتر الواحد (Abd-El-Tawa, S., 1986, pp. 26-38)

وقد أوضحت نتائج الدراسة الميدانية بالاستعانة بالخريطة الجيولوجية ندرة ظاهرة الحفر الكارستية على واجهات مكاشف الحجر الجيرى التابع

للأيوسين الأوسط، ويعود ذلك لاندماج الحجر الجيرى وصلابته وقلة احتوائه على الفواصل والشقوق، كما تقل كذلك على صخور الدولوميت التى تؤلف الأجزاء العليا من الأيوسين الأوسط (لوحة ١).

أما الحجر الجيرى الذى ينتمى للأيوسين الأعلى فيبدو مختلطا بالرمال، ويتداخل فيه طبيقات مارلية وحجر طينى (انظر العمود الجيولوجى ش رقم ٢) ولذا تميل ألوانه إلى اللون البنى.

وقد لاحظ الباحث أثناء دراسته الميدانية أن معظم الحفر الكارستية ترتبط بصخور الحجر الجيرى الأيوسينى الأعلى، ويعود لذلك لكثرة الفواصل والشقوق التى تكتنف وحداته الصخرية، فضلاً عن أن وجود طبيقات المارل والحجر الجيرى المارلى والحجر الطينى والتى يتوفر عنها رطوبة تحتفظ بها لمدة أطول ويسهم فى توغل نشاط عمليات التحلل والإذابة فى صخور الحجر الجيرى وتكوين الحفر الكارستية، بل لقد ساعد ذلك فى تطوير أشكال هذه الحفر حينما اتصلت بعضها بالبعض الآخر، ومن ثم بدت أكبر حجماً وأكثر اتصالاً، ولاشك أن توفر غطاء المفتتات التى تتوج أسطح أراضٍ ما بين الأودية التى تقطع فى صخور الأيوسين الأوسط والأعلى قد ساهم كذلك فى هذا الفعل، إذ أدى وجود هذه المفتتات إلى تقليل فرص التبخر ومن ثم أزدادت مدة نشاط التحلل الذى تعرض له الحجر الجيرى أسفل هذه الغطاءات.

وعلى أية حال فإن استجابة الصخور الجيرية لعمليات التحلل تعتمد على الخصائص الطبيعية والتركيب الكيميائى لهذه الصخور، ويتوقف ذلك

أيضاً على سهولة (أو صعوبة) تغلغل النشاط داخل جسم الصخر، والذى يتوقف بدوره على : خصائص النسيج الصخرى، ومدى ما يكتنف هذه الصخور من فواصل وشقوق وأسطح انفصال طبقى وخطوط صدوع ومحاور التواءات وجميعها بلاشك تشير إلى بعض معانى التركيب الصخرى structure والذى يبدو منه أهمية نفاذية ومسامية هذه الصخور . (Trudgill, s., (1985), pp. 7-25).

كما أن طبيعة الصخور الجيرية من حيث سرعة استجابتها لعملية التحلل والذوبان يعتمد فى الأساس على علاقة الجير بالمياه الحمضية وهى المياه الذائب فيها ثانى أكسيد الكربون، وطبيعى أن ندرة الغطاء النباتى الذى يعد من سمات منطقة الدراسة كان له دور سلبى، ومن ثم أصبح لغاز ثانى أكسيد الكربون الموجود بالهواء قرب سطح الأرض الدور الرئيسى فى حامضية مياه الأمطار الساقطة، ومن ثم يشتد تأثيرها الكيميائى فى تحلل وإذابة المواد الجيرية وتكوين الحفر الكارستية، بل وظاهرات الكارست الأخرى بشرط استمرار وبقاء الظروف التى تسهم فى استمرار وبقاء نشاط التحلل (Ritter, D.F., (1978), pp.465-509).

كما أن تباين نشاط عمليات الإذابة والتحلل بحيث تبدو معه بعض أجزاء الصخر منحوته وبعضها الآخر ليست كذلك مما ينعكس بالتالى ليس فقط على نشأة هذه الحفر الكارستية، بل وتطوير مظهرها العام، ويتوقف ذلك أيضا على مدى تماسك الصخور الجيرية واندماجها مما يقلل من فرص توغل عمليات التحلل والإذابة بشكل واضح، ومن ثم تقل حفر التحلل الكارستى وترتبط فقط بمكشف الصخر كما هو الحال فى منطقة الدراسة

على مكاشف الحجر الجيرى الأيوسينى الأوسط، ومعظم حفر التحلل التى درسها الباحث على الحجر الجيرى الأيوسينى الأوسط كانت مرتبطة بأسطح الانفصال الطبقى، وتميزت بصغر أحجامها وقلة أعدادها وربما لم تتطور كثيراً عن ظروف نشأتها الأولى رغم ما يبدو على بعضها من تأثر بفعل البرى والاكتساح بواسطة الرياح، وقد أورد «جون شميد» June c.schmid فى ترجمته الإنجليزية عن العالم الألمانى «الفريد بوجلى» Alfred Bögli بعض خصائص الحجر الجيرى وسماته التى تسهم فى نشأة وتطوير الأشكال الكارستية بشكل عام وحفر التحلل أحدها بالطبع على النحو الذى يوضحه الجدول التالى (*) :

جدول رقم (١) خصائص الصخور الجيرية ومدي استجابتها للعمليات الكارستية

نوع الصخر	نسبه الشوائب ٪	الاستجابة للعمليات الكارستية
الـ حجر جيري / طين Clay†		
حجر جيرى نقى جداً	صفر – ٥	ممتاز
حجر جيرى	٥ – ١٠	جيد
حجر جيرى مارلى	١٠ – ٣٠	تكوين الحزوز الكارستية والدوليات (جيد)، الشوايب ٢٠٪ (كهوف صغيرة)، أما إذا زادت الشوائب عن ٢٠٪ فقد لاتتمثل فيه الظاهرات الكارستية.

(*) (أنظر : Bögli, A., (1912), Karsthydrographie und physische speläologie Translated by : Schmid, J.C., (1980), "karst hydrology and physical speleology, springer - verlag, Berlin., 4-11.

مارل / اردواز مارلى	٣٠ – ٧٠٪	مصمت (لا يوجد كارست)
طين مارلى	٧٠ – ٨٥٪	مندمج / مصمت / لدن Plastic
طين Clay	٨٥ – ١٠٠ ٪	مندمج / مصمت / لدن Plastic
ب- حجر جيري / كيريتي Limeston / SiO2†		
حجر جيرى	صفر – ١٠	ممتاز – جيد
حجر جيرى/ صوان	٥ – ٣٠	جيد
حجر جيرى مع رمال ناعمة كوارتزية	١٠ – ٣٠	صلب متماسك (ربما لا يوجد به كارست)
حجر جيرى كوارتيزى	٣٠ – ٥٠	لا يوجد كارست
حجر رملى كوارتيزى مع خليط من الحجر الجيرى	٥٠ –٩٠	لا يوجد كارست
حجر رملى كوارتيزى كوارتزيت	٩٠ – ١٠٠	لا يوجد كارست
جـ – حجر الفراغات volume of poures %		
جرانيت	٠,٠٥ – ٠,٨٦	(مضغوط pressed)
الاردواز	٠,٠٥٤ – ٠,٧	
حجر رملى	٣,٣٢ – ٣٩,٨	
حجر رملى صلب	٤	
حجر جيرى	٠,٦٧ – ٢,٥٥	خالى من الفواصل
طباشير	١٤,٤ –٤٣,٩	
دولوميت	١,٥ – ٢٢,١٥	خالى من الفواصل
رخام	٠,١١ – ٠,٥٩	خالى من الفواصل
رمال خشنة	٣٩ –٤١	
رمال ناعمة	٤٤ – ٤٩	
اللوم	٥٠ – ٥٤	

د- الكثافة : الحجر الجيرى ٢,٥ جم / سم٣ ويماثله الجبس. الحجر الجيرى المسامى أقل من ٢,٣جم/ سم٣. الطباشير أقل من ١,٦ جم/ سم٣.
هـ- مقاومة الضغط (مقاومة الطرق) وتحدد ك. ب / سم٢ وتتراوح فى الحجر الجيرى بين ١٠٠ - ٣٤٠٠
و - الذوبان فى حامض الهيدروكلوريك البارد (جيد الذوبان) والدافى (واضح الذوبان)

ويتطبيق بعض هذه الخصائص على الحجر الجيرى الأيوسينى الأوسط والأعلى فى منطقة الدراسة يتضح قابلية هذه الصخور لتكوين بعض نماذج الظاهرات الكارستية، ولكن خصائص هذه الظاهرات تخضع لطبيعة التفاعل بين خصائص الصخور الجيرية والظروف الهيدرولوجية المساعدة على تحلل هذه الصخور، فضلا عن أن استمرار تأدية هذه العمليات لدورها يتوقف على استمرار الأحوال المناخية التى أدت إلى تكوين هذه الظاهرات.

ثانيا : الخصائص المناخية والنبات الطبيعى :

لا ترتبط نشأة الحفر الكارستية وتطورها بخصائص الصخور الجيرية فحسب، بل إن آلية التكوين والتطور تعتمد على طبيعة الظروف المناخية التى

تسود على مناطق الصخور الجيرية، ولا يمكن على وجه الدقة تحديد العمليات المختلطة التى تتضافر - أو تتنافر - لتكوين وتطوير هذه الظاهرات حتى ولو تم ذلك فى ضوء النتائج التي تتوفر عن التجارب الجيومورفولوجية، لأن ذلك عادة ما يتم وفق ظروف تتفق مع متطلبات التجربة وأهداف البحث.

وعلى أية حال فإن نشأة الحفر الكارستية تعتمد كما سبق الذكر على خصائص الصخور الجيرية نوعاً ونظاماً، وعلى الدور الذى تلعبه الظروف المناخية وبخاصة عنصرى الحرارة والرطوبة، ويمكن التعبير عن ذلك فى ضوء الجوانب القياسية (مورفومترية) لخصائص الحفر بمعدل التحلل الكارستيى، ويشير هذا المعدل إلى أن زيادة معدلات ذوبان الحجر الجيرى تعتمد على زيادة محتوى المياه من غاز ثانى أكسيد الكربون، وتزيد قدرة المياه على إذابة هذا الغاز كلما كان الماء أكثر برودة، دون إغفال ما يسهم به النبات من مواد عضوية تساعد على توفير فرص أفضل لسرعة التحلل (*):

(*) أورد June C. Rchmid فى كتابه المترجم عن Bögli ص ص ٤٦ - ٤٩ أن : معدل التحلل الكارستى على النحو التالى:

$$K = \frac{KG}{PA\ 10^{6}}$$

حيث : K تشير إلى معدل التحلل الكارستى (مم / لكل ١٠٠٠ سنة).

KG = إجمالى الموارد الجيرية التى تحللت ويمكن الحصول عليها من تحليل المياه الجوفية القريبة.

A = المساحة (كم٢)

وأورد كذلك أسباب عدم الاعتماد مباشرة على نتائج مثل هذه المعادلات، خاصة وأن هذه النتائج تعتبر مؤشرات عامة فقط، ويجب أن تدرس خصائص الكارست ومعدلات التحلل فى كل حالة أو منطقة دراسة خاصة :

$$\text{معدل التحلل الكارستى} = \frac{٤ \times \text{معدل المطر الصافى} \times \text{متوسط المحتوى الكربونى للمياه الجوفية}}{١٠٠}$$

– معدل المطر الصافى = المعدل السنوى للمطر (مم) مطروحا منه متوسط كمية البخر السنوى (مم)

– اعتبر الباحث أن متوسط المحتوى الكربونى للمياه الجوفية = ٥,٢ ملجم / ل.

– المعادلة نقلا عن: محمد قائد حاج حسن (١٩٩٦)، ص ص ١٠٢ – ١٠٣وص ٣٦٤.

وقبل أن ندخل فى دراسة خصائص معدل التحلل الكارستى وعلاقته بتشكيل حفر الكارست فى منطقة الدراسة يحسن أن نشير إلى ظروف المناخ الراهن، مما يساعد فى تفسير وتأريخ هذه الظاهرة.

تتميز منطقة الدراسة الحالية بارتفاع درجة الحرارة، إذ يبلغ المتوسط السنوى نحو ٢٥°م ، يزداد إلى نحو ٢٧,٨°م صيفا ويقل شتاء فيبلغ نحو ١٤,٤° م وبانحراف لكليهما عن المتوسط يبلغ +٦,٧° – ١٢,٥° للفصلين على الترتيب، مما يشير إلى الفارق الواضح بين درجة حرارة كل من الصيف والشتاء، ويسقط عليها أمطار سنوية تبلغ نحو ٢٤مم معظمها فى الشتاء (١٠,٥مم) بينما ينعدم المطر صيفاً.

أنظر أيضا : Ollier. C. D. (1979). PP. 242-252.

* بالاعتماد على بيانات الهيئة العامة للأرصاد الجوية، المعدلات المناخية، محطة أرصاد حلوان حتى عام ١٩٩٩م (وقد اعدت بناء على طلب خاص من الباحث وعلى نفقته لأغراض البحث العلمى، إضافة إلى جداول المعدلات لمحطة أرصاد حلوان (من سنة ١٩٣١ – سنة ١٩٦٠) Table A1 & A2 ص ص ٧٠ – ٩٠.

وظروف مناخية على هذا النحو ليست كافية إطلاقاً لتكوين ظاهرات الحفر الكارستية، ذلك أن معدل التحلل الكارسيتى (كل ألف سنة) وفق هذه الظروف والذى قام الباحث بحسابه اتضح أنه معدل ضئيل للغاية، وقد بلغ ٢,٦مم/ ١٠٠٠ سنة، حتى ولو بلغ هذا المعدل ٤٠مم/ ١٠٠٠ سنة كما جاء في بعض الدراسات (جنوب فرنسا انظر محمد فائد، ١٩٦٩، ص ٣٦٤**) فهو أيضا معدل ضئيل للغاية ولا يكفى لتكوين هذه الحفر، ولعله يساعد فقط على تطوير الأشكال الدقيقة ببطء، ومعنى ذلك أن ظاهرة الحفر الكارستيه موضوع الدراسة الحالية لا تعود للظروف المناخية الراهنة ولكنها ظاهرات موروثة تنتمى إلى فترات أغزر مطراً.

ولتوضيح العلاقة بين معدل التحلل الكارسيتى وحجم الحفر والمدة اللازمة لتكوينها نورد الجدول التالى :

جدول رقم (٢) المدة الزمنية اللازمة لتكوين الحفرة الكارستية حينما يكون معدل التحلل الكارستى

حجم الحفرة مم٣	أ : ٢,٦ مم/ ١٠٠٠ سنة	ب : ٤٠مم / ١٠٠٠ سنة
١٠٠٠	٣٨٥ سنة	٢٥ سنة
١٠٠٠٠	٣٨٤٦ سنة	٢٥٠ سنة
١٥٠٠٠	٥٧٦٩ سنة	٣٧٥ سنة
٢٠٠٠٠	٧٦٩٢ سنة	٥٠٠ سنة
٢٥٠٠٠	٩٦١٥ سنة	٦٢٥ سنة
٣٠٠٠٠	١١٥٣٨ سنة	٧٥٠ سنة

الجدول من إعداد الباحث.

** (تتباين سرعة التحلل الكارستى باختلاف النطاقات المناخية والعمر، نفس المرجع . ص ص ٣٤٧ - ٣٧٩).

ويوضح ذلك أنه كلما كان حجم الحفرة كبيراً فإنها تحتاج لمدة زمنية طويلة لكي تتكون، مما يعنى أيضا أن الحفر الكارستية الكبيرة الحجم أقدم نشأة، كما أن زيادة معدل التحلل الكارستى يتبعها قلة فى المدة الزمنية اللازمة لتكوين حفر الكارست.

وربما كانت هذه النتائج صحيحة إلى حد كبير، بمعنى أن حجم الحفرة الكارستية يعد مدلولا على زيادة معدلات التحلل الكارستى أو نقصه، ولكنه فى رأى الباحث لا يعبر عن العمر النسبى لهذه الحفر إلا فى حدود ضيقة، فربما يكون كبر حجم الحفر الكارستية ناجم عن تلاحم بعضها بالبعض الآخر، أو ربما تكون الفواصل والشقوق سببا آخر، وقد شاهد الباحث العديد من هذه النماذج أثناء دراسته الميدانية، حتى بدى بعض هذه الحفر كفتحات الكهوف (لوحة رقم ٢)، أو على هيئة مظلة صخرية (لوحة رقم(٣).

كما أن سرعة التحلل الكارستى وزيادة معدلات تعتمد على كثير من العوامل، يتصل بعضها بخصائص الحجر الجيرى الذى يتعرض لعمليات التحلل : سواء ما يتعلق بدرجة نقائه (جدول رقم ١) أو بكثرة الفواصل والشقوق وخطوط الصدوع التى تكتنفه، ومدى توفر الغطاء النباتى الذى يسهم إلى حد واضح فى حامضية المياه فتزداد قدرتها على احداث الذوبان والتحلل بارتفاع هذه الحامضية، كما يتعلق الأمر كذلك بخصائص الأمطار الساقطة من حيث حجم حبيبات قطراتها، وفى هذا الشأن ذكر (Ritte. D.F. 1978. pp. 405-509)، أن الأمطار الرذاذية أكثر قدرة على إحداث التحلل عن قطرات المطر الكبيرة الحبات، ويعتمد ذلك أيضا على مدة

التساقط واستمراريته، وتوزيعه وشدته، وعلاقة خصائص الأمطار بدرجة الحرارة (التبخر)، هذا فضلا عن طبيعة الانحدار العام للسطح الذى تسقط عليه الأمطار، فكلما كانت درجة انحداره هينة كلما توفرت الفرصة لبقاء الماء مدة أطول على السطح ومن ثم تزيد فرصة التحلل والذوبان، أما إذا كانت درجة الانحدار شديدة فإن ذلك يساعد على تطوير أشكال كارستية خطية Karren وأقنية مائية وجداول تساعد على انصراف المياه صوب المنحدرات (المرجع السابق).

على أية حال فإنه وفى ضوء ظروف الجفاف الحالى (ندرة سقوط الأمطار وربما انعدام التساقط ولفترة زمنية طوية وارتفاع درجة الحرارة) وعدم توفر غطاء نباتى، كلها من العوامل التى تؤكد انتماء حفر الكارست إلى ظروف أغزر مطراً مما هى عليه الآن، ومن ثم يتوفر عنها معدلات تحلل كارستى أعلى، ويكفى للظروف الراهنة الفرصة الضئيلة لإحداث تطور بطئ وبمعدلات تحلل كارستى منخفضة، ورغم محدودية هذا الدور (وبخاصة فعل الضباب والندى والرياح) إلا أنه دور لا ينكر.

الحفر الكارستية : النشأة والتطور :

درس الباحث على صخور الحجر الجيرى الأيوسينى الأوسط والأعلى فى مناطق شرق القاهرة عدداً كبيراً من حفر التحلل الكارستية(*)، وشملت هذه الدراسة جوانب مورفومترية عديدة لتحديد ملامح هذه الحفر وفق نموذج خاص أعده الباحث لهذا الغرض (ملحق ٢) وتبعاً لنتائج القياس الحقلى المباشر يمكن تصنيف حفر التحلل الكارستى إلى :

* بلغ عدد الحفر التى تم دراستها حقليا أكثر من ٥٠٠ حفرة.

لوحة رقم (٢)

جدول رقم (٣)

تصنيف حفر التحلل الكارستى حسب الحجم *

الوصف	الحجم (م٣)	ملاحظات
دقيقة	أقل من ٥٠٠ م٣	
صغيرة	٥٠٠ – ١٥٠٠ م٣	
متوسطة	١٥٠٠ – ٣٠٠٠ م ٣	
كبيرة	٣٠٠٠ – ٤٥٠٠ م ٣	
ضخمة	أكبر من ٤٥٠٠ م٣	

١ – الحفر الدقيقة وهذه بلغ متوسط طولها ١٠ مم ومتوسط العرض نحو ٢٠مم، على حين بلغ متوسط عمقها نحو ٥ مم، وتظهر معظم هذه الحفر على صخور الأيوسين الأسفل (الحجر الجيرى المندمج الصلب) وكذلك على صخور الدولوميت، وإن كانت تتميز بوفرة أعدادها فوق صخور الحجر الجيرى عن الدولوميت، وقد أظهر الفحص الميدانى أنها تتميز بميلها لاتخاذ شكل دائرى، ويخلو قاعها من أى مفتتات كما تتميز جوانبها بلونها الفاتح، ويرى الباحث أن مثل هذا النمط ربما نشأ حديثاً جداً، فهى بهذه الأبعاد تناهز حجماً يبلغ نحو ١٠٠٠ م٣ ومثل هذا الحجم يمكن أن ينشأ فى مدة زمنية لا تزيد كثيراً عن ٢٥ سنة بمعدل تحلل كارستى ٤٠مم/ ١٠٠٠سنة، ويبدو مظهرها العام على هيئة حفر صغيرة ذات جوانب ملساء ناعمة، وربما

* الجدول من إعداد الباحث بالاعتماد على نتائج القياس الحقلى لأجزاء وعناصر هذه الحفر، ونظراً لكثرة أعداد الحفر المقاسة حقليا رأى الباحث تصنيفها على النحو الوارد بالجدول.

تكون قد نشأت فى بادئ الأمر على هيئة ندب ارتطام مطر Rain print ثم تطورت بما توفر من رطوبة محدودة بفعل الندى والضباب الذى يحدث أحياناً، مما يعطى الفرصة (المحدودة) لتطوير خصائص الشكل التى تتسم به هذه الحفر، وهنا لا نغفل على أثر الرياح الهابة فى نحت وبرى جوانب وقاع هذه الحفر واكتساح مفتتات التحلل الناعمة، ومن ثم تبرز عملية تعميق وتوسيع هذه الحفر. كما لا نغفل كذلك أثر بعض عمليات حركة المفتتات وبخاصة عمليات التساقط والزحف فى تطوير وتوضيح مثل هذه الحفر.

لوحه رقم (٣-أ) - أعلى

لوحة رقم (٣- ب) - أعلى

٢- الحفر الصغيرة والمتوسطة : وترتبط هذه الحفر بنوعى الصخور الجيرية والدولوميتية سواء التابعة للأيوسين الأوسط أو الأعلى، وهى الحفر التى تتراوح أحجامها بين ١٠٠٠ مم٣ - ٤٥٠٠٠ مم٣، وهذه الحفر نشأت أصلاً على هيئة حفر دقيقة، ثم تلاحم بعضها بالبعض الآخر، فبدت أكبر حجماً وأكثر وضوحاً، وإن كانت تتميز كذلك بجوانبها الملساء وبوجود بقايا ضلعية (حزوز نحيفة غائرة فيما بين جنبات الحفرة الواحدة) مما يدل على أن عملية النمو نجمت عن إتصال الحفر بعضها بالبعض الآخر، وإن كان الفحص الميدانى أبرز وجود بعض أتربة التحلل (مواد جيرية دقيقة وناعمة ملتصقة بجنبات الحفرة وبعضها الآخر على القاع) مما يدل كذلك على استمرار تأثرها بعمليات التحلل ولكن على نطاق محدود، وقد عثر الباحث بين ثنايا بعض الحفر على بقايا رملية أخشن من المفتتات الجيرية ويدل ذلك على تأثرها بفعل الرياح الهابة والتى ساهمت فى برى هذه الحفر وتذرية مواردها الناعمة وربما تخلف عن ذلك ارساب بعض الرمال التى كانت ضمن حمولة الرياح*.

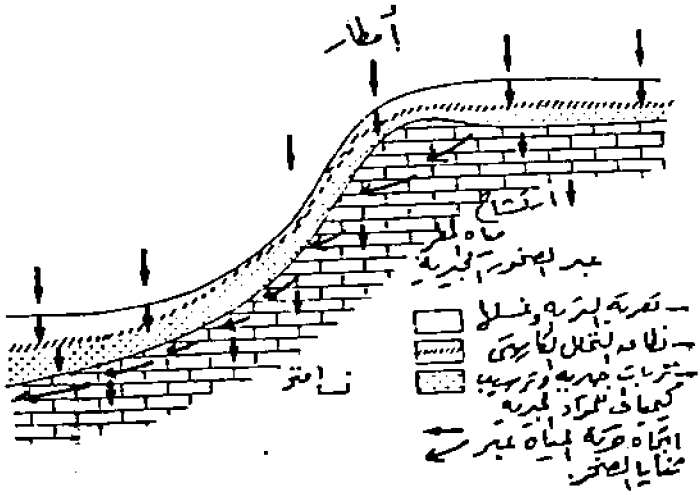
٣- الحفر الكبيرة : وهى التى يزيد حجمها عن ٤٥٠٠ مم٣ وقد أتضح من الدراسة الميدانية أن هناك نوعان من هذه الحفر (لوحات أرقام ٣ ، أ و ٣ب، ٤ و ٥ ، ٦ و ٧).

النوع الأول : وهو مرتبط بالفواصل والشقوق، بمعنى أن توغل عمليات التحلل داخل ثنايا الفواصل والشقوق مما عمل على زيادة تعميقها

---

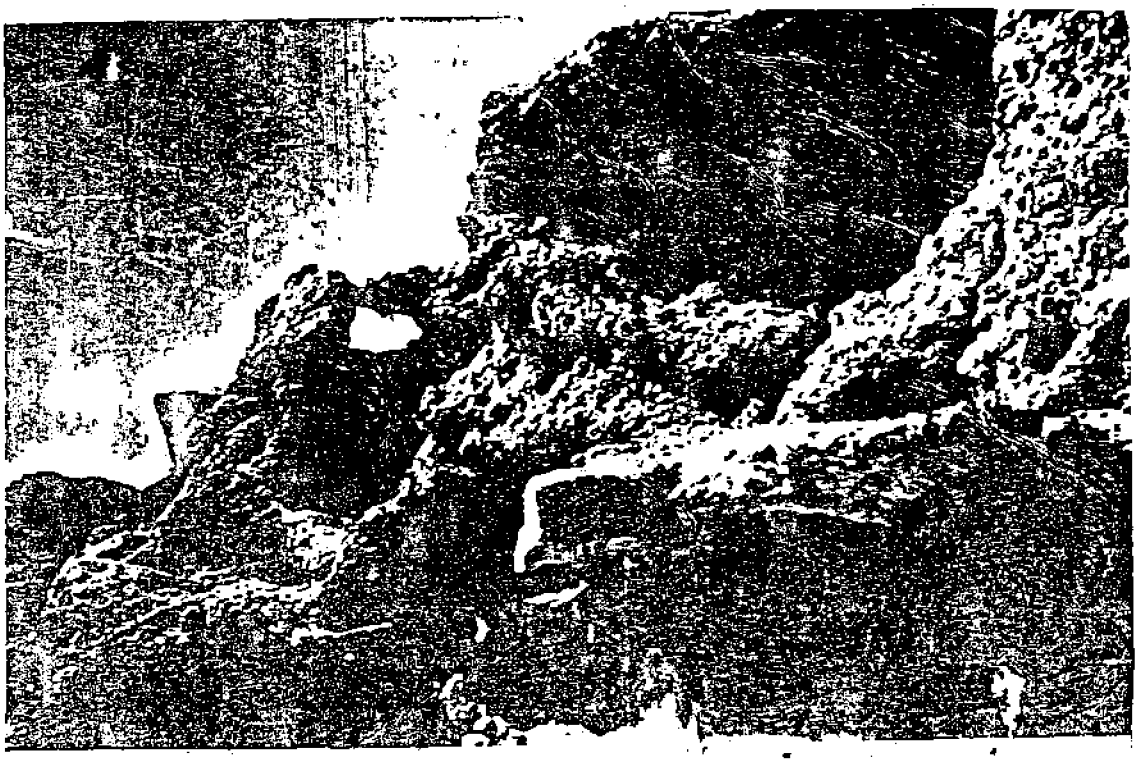
* الرياح السائدة شمالية شرقية وشمالية غربية وتتراوح نسب الهبوب فى هذين الاتجاهين بين ١٩,٥٪ - ٢١,٣٪ و ٧,٦٪ - ١٧,٨٪ لهما على الترتيب (أنظر ملحق رقم ١).

وتوسيعها فبدت على هيئة حفر أكبر، وزاد من وضوحها تأثر هذه الحفر باكتساح الرياح لنواتج التحلل والذوبان، كما أن حركة المواد Mass Movement صوب حضيض السفح عملت هى الأخرى على تعرية قيعان هذه الحفر، ومن ثم تصبح باستمرار عرضة للتأثير المباشر لعمليات التحلل، سواء من المياه المرتشحة من أعلى السفح متتبعة ثنايا الفواصل والشقوق (شكل رقم ٣) أو من المياه المتبقية عن الندى والضباب الحاليين، كما أنها تصبح كذلك تحت التأثير المباشر للرياح الهابة بريا ونحتاً ونقلاً مما يزيد من اتساع واستطالة وعمق هذه الحفر، وبالتالى زيادة أحجامها. ويضاف إلى هذا النوع تلك الحفر التى تنشأ حينما تتوغل المياه المرتشحة على أعلى السفح متتبعة خطوط الصدوع (لوحة رقم ٦) (لوحة رقم أ و ب).



شكل رقم (٣) حركة المياه فوق سفوح الحجر الجيرى وآثارها الجيومورفولوجية

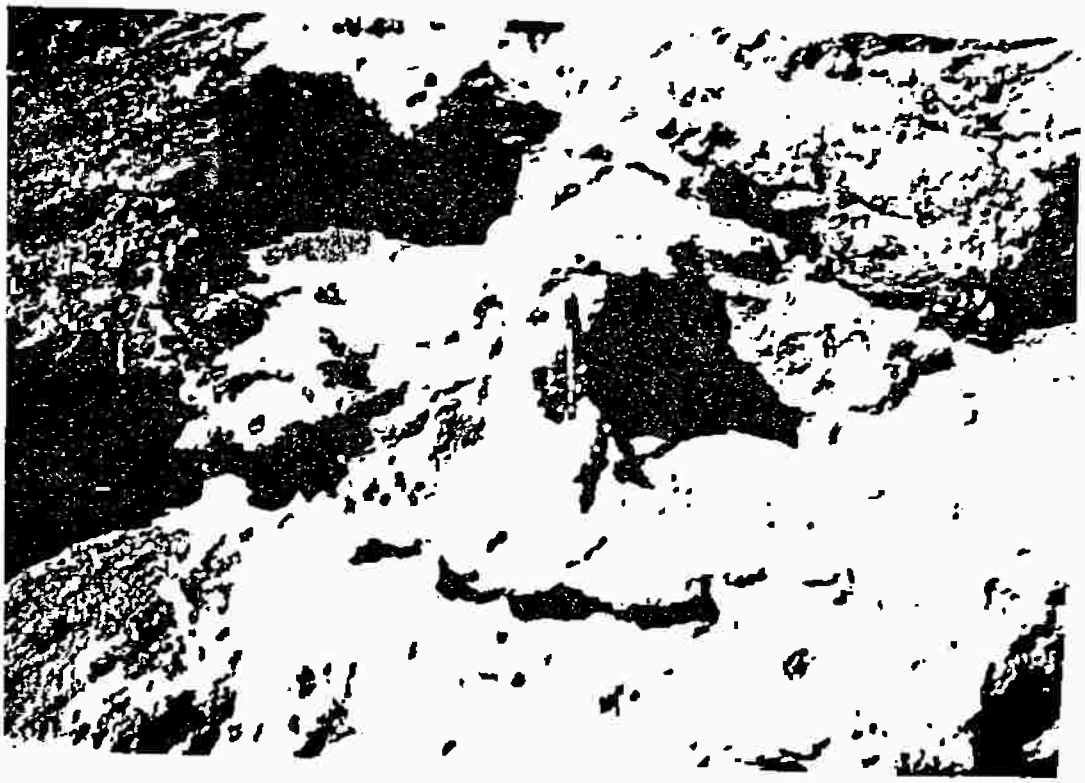
بتصرف عن : Trudgill, S., (1985), P. 48. مع الأخذ فى الاعتبار أن نطاق التحلل الكارستى هو النطاق النشط.



لوحة رقم (٤)

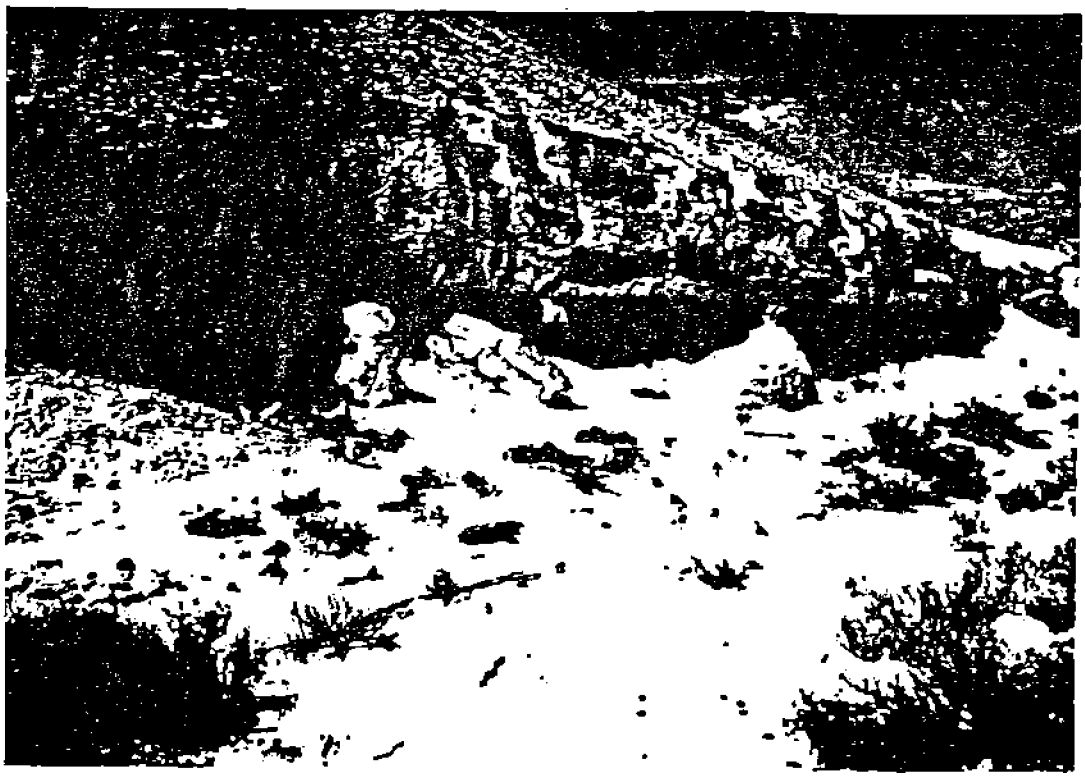
لوحة رقم (٥)

لوحة رقم (٦-أ)



لوحة رقم (٦–ب)

لوحة رقم (٧)



لوحة رقم (٨ – أ)

لوحة رقم (٨ – ب)

أما النوع الثانى : فهى الحفر التى نشأت متتبعة أسطح الانفصال الطبقى (لوحة ٣ب)، وفى هذا النوع يبدو أن حفر التحلل الكارستى نشأت عن ارتشاح المياه فوق السفوح الهينة الانحدار أعلى الهيئات التضاريسية وتمكنت من الوصول إلى أسطح الانفصال الطبقى على واجهة المنحدر، وساعد ذلك على نشاط عمليات التحلل فى فترات غزارة المطر بالطبع، وحينما أعقب ذلك ذبذبة مناخية دفيئة تبخرت المياه مخلفة وراءها مفتتات جيرية ناعمة كانت من الضعف والليونة حتى أنها تعرضت للتذرية بفعل الرياح الهابة، ونجم عن ذلك تكوين حفر صغيرة ومستطيلة تتفق مع أسطح الانفصال الطبقى، ومع تكرار حدوث هذه الظروف المناخية بين غزارة الأمطار ثم ارتفاع درجة الحرارة والجفاف واستمرار عمليات التحلل ثم اكتساح وتذرية مفتتات التحلل ازداد اتساع وامتداد وتعميق هذه الحفر حتى بلغت امتداداً يفرق فى بعض الأحيان بضعة أمتار وبعمق يصل إلى نحو نصف المتر (لوحات أرقام ٣ ، ٩)، وقد تتصل بعض الحفر حتى أنها لتبدو على هيئة كوه (النافذة الصغيرة) (لوحة رقم ٤)، هذا مع الأخذ فى الاعتبار كذلك أن الفترات التى ارتفعت فيها درجة الحرارة لم يعطل أثناءها نشاط التحلل الكارستى تماماً، ولكن يمكن القول أنه كان بطيئا وذلك نظراً لعدم توفر الرطوبة الكافية لإحداث عمليات الإذابة والتحلل، بل وربما ساعدت عمليات حركة المواد فوق السفوح على إكساب هذه الحفر بعض خصائصها الشكلية وبخاصة عمليات تساقط المفتتات وزحفها صوب حضيض المنحدر، فضلا عن تأثرها بالرياح الهابة كما سبق الذكر. وبناء على اعتبار حجم هذه الحفر فى ضوء معدل التحلل الكارستى المحسوب (جدول رقم ٣) يمكن

إرجاع الحفر المتوسطة الحجم إلى عمر يناهز ٣٠٠٠ عام حيث كانت الظروف أكثر رطوبة، وقبل أن تحل ظروف المناخ الجاف الحالى. (انظر محمد فائد، ص ٦١). بينما تعود الحفر الكبيرة (تبلغ حجماً أكبر من ٤٥٠٠ م٣) إلى نهاية البلايوستوسين وبداية الهولوسين *.

على أية حال فإن تكوين هذه الحفر فضلا عن أنه ظاهرة جيومورفولوجية مميزة، إلا أنه ساهم فى إبراز خصائص وملامح جروف الحجر الجيرى الأيوسينى الأعلى الذى يتميز بوجود هذه الحفر، فضلا عن تعرضه لعمليات تقويض واضحة حينما تمكنت عمليات الإذابة من تطوير أشكال الحفر وتكوين ستائر أو أغشية التحلل (مواد ضعيفة يسهل إزالتها) التى تغطى بعض أجزاء من الواجهات الحرة لجروف الحجر الجيرى الأيوسينى الأعلى.

* فيما يتعلق بالظروف المناخية أثناء البلايوستوسين يمكن الرجوع إلى :
جودة حسنين جودة ، ١٩٩٨، الجغرافيا الطبيعية للزمن الرابع، دار المعرفة الجامعية – الاسكندرية

لوحه رقم ١

نو. عد (٩ – ب)

لوحة رقم (٩ – جـ)

وساعد وجود مفتتات التحلل ضمن نواتج تفكك وتحلل صخور الحجر الرملي على توفير تربة محلية نمى عند بعضها نباتات وأعشاب (فقيرة) ربما يتوفر عنها ثانى أكسيد الكربون الذى يسهم بدور فعال فى استمرار وتنشيط حدوث عمليات الإذابة والتحلل بشرط ضرورة توفر المياه.

ومن المشاهدات الميدانية للباحث أن عمليات تطوير حفر الكارست نجم عنها توفر كمية من المفتتات التى تحركة صوب أدنى السفح فى صورة تساقط صخرى (لوحتان ٧ أ و ب) أو زحف لهذه المفتتات صوب أدنى السفح كذلك، ويمثل ذلك خطراً يهدد سلامة الحركة على الطرق التى توجد فى المنطقة مثل طريق مرصد القطامية (طريق مرصوف) وهو من الطرق الحيوية التى تخدم عمليات نقل نواتج المحاجر العديدة المنتشرة فى هذه الأرجاء إلا أن إزالة هذه النواتج باللوادر لضمان استمرار كفاءة هذه الطرق فى تأدية وظيفة الحركة الآمنة عليها يمكن أن يتسبب عنه خلل فى منظومة العلاقات المتشابكة التى تضمن استقرار وثبات السفح (أحمد معتوق ١٩٩٣ ص ص ٤٢ -٤٣)، هذا ويرى الباحث كذلك أن أية مشروعات لتنمية المنطقة وما حولها تنمية متواصلة ومستدامة يجب أن تأخذ بعين الاعتبار آثار عمليات تحلل وإذابة الحجر الجيرى (القديمة والحديثة) درءاً للأخطار التى ربما تقلل من كفاءة واستمرارية هذه المشروعات.

خاتمة

نوجز فيما يلى نتائج هذه الدراسة :

١- يجب أن نوجه فى الجيومورفولوجيا عناية خاصة بالظاهر الجيومورفولوجية التى يلعب نوع الصخر ونظامه دوراً بارزاً فى تح ملامح وصفات هذه الظاهرات، وذلك حتى لا يكون الاهتمام ف بالإقليمية الجيومورفولوجية أو تأثير العامل أو العملية فى ، الدراسات.

٢- رغم أن الحجر الجيرى يغطى مساحة كبيرة من أرض مصر، إلا الباحث يرى أن هناك عدداً محدوداً ممن اهتموا بالدراس الجيومورفولوجية المتخصصة فى الحجر الجيرى بالذات.

٣- لا يجب كذلك أن تستحوذ الظاهرات الجيومورفولوجية الكبيرة . اهتمام دارس الجيومورفولوجيا، على حساب دراسة الظاهرات الدق وربما يساعد الفهم الصحيح لخصائص وملامح هذه الظاهرات . تحديد ملامح وخصائص الظاهرات الأكبر.

٤- ظاهرة الحفر الكارستية فى مناطق الحجر الجيرى الأيوسينى الأو والأعلى تظهر فى مناطق متفرقة فى شرق القاهرة (المنطقة التى د الباحث دراسته عليها) على الواجهات الحرة لسفوح منحدرات الح الجيرى.

٥- لا تعود ظاهرة الحفر الكارستية إلى الظروف المناخية الراهنة التى تت بندرة سقوط الأمطار وارتفاع درجة الحرارة (ظروف جفاف)، بل

ظاهرة حفرية ربما تعود إلى آخر فترة مطيرة، أى منذ نهاية البلايوستوسين ومعنى ذلك أن أعمارها ربما تعود إلى نحو ١٥ – ٢٠ ألف سنة، حيث كانت ظروف المطر أغزر والنبات الطبيعى أكثف (مع تسليمنا بأن الغابة المتحجرة (جبل الخشب) هى للنباتات التى كانت موجودة)، ومن ثم يساعد ذلك على تنشيط عمليات التحلل والإذابة فى صخور الحجر الجيرى الأيوسينى الأوسط والأعلى.

٦- أن هذه الظاهرة متباينة الخصائص والملامح تبعاً للضوابط التى أسهمت فى تحديد هذه الملامح، فبعضها حديث جداً نشأ عن عمليات ارتطام حبات المطر بالواجهة الصخرية ثم حدثت عمليات التحلل بعد ذلك، وهنا يلعب توجيه المطر بالنسبة للهيئة التضاريسية دوراً لا يغفل، إذ يظهر معظم هذه الحفر على السفوح الشمالية.

٧- عمليات الجريان السطحى فوق قسم القمة وبالاتجاه نحو الواجهة الحرة ساعد على تنشيط عمليات إذابة محدودة ساعدت على اتساع بعض الثقوب وبخاصة التى تقترب صوب أعلى السطح.

٨- ساعد ارتشاح المياه وتسربها داخل فتحات الفواصل والشقوق على تكوين حفر كارستية واضحة مرتبطة بهذه الفواصل، كما أن ارتباط بعض الحفر بأسطح الانفصال الطبقى يمكن تفسيره أيضا بعمليات الإذابة التى تمت على امتداد هذه الأسطح، وينطبق ذلك أيضا على الحفر التى ارتبطت بخطوط الصدوع.

٩- لا يمكن إغفال دور الرياح الهابة فى نحت وبرى جوانب هذه الحفر

وقيعانها، ثم اكتساح نواتج هذا الفعل وساعد ذلك على زيادة اتساع وتعميق هذه الحفر وتطوير خصائصها الشكلية.

١٠- لعل التعرض لرخات المطر المحدودة الحالية أمر يجب أن يؤخذ في الاعتبار لتفسير الاستمرار (المحدود) لعمليات الإذابة، وإن كان توفر فرص الرطوبة من خلال الندى والضباب أكثر أهمية (فى رأى الباحث) فى استمرار هذا الدور، مع الأخذ فى الاعتبار قلة وجود الغطاء النباتى وارتفاع درجة الحرارة مما يقلل من فرصة تطوير هذه الأشكال الجيومورفولوجية الدقيقة.

١١- رغم بطء عمليات التحلل الحالية إلا أن القديمة منها تطورت بشكل واضح فبدت مثل المظلات الصخرية (الأسقف)، كما ساعد ذلك أيضا على إحداث عمليات تقويض لقاعدة السفح، وتوفر عن مجمل النشاط مفتتات الحجم والشكل والتى بدورها تحركت إما على هيئة تساقط أو زحف صخرى، مما يهدد عمليات التنمية التى تتم فى المنطقة.

١٢- إن عمليات التنمية المتصلة والمستدامة فى هذه المناطق يجب أن تأخذ بعين الاعتبار أية احتمالات حتى ولو كانت ضئيلة للأخطار الناجمة عن تطوير الحفر الكارستية بفعل عمليات الإذابة والتحلل.

ورغم صعوبات جمة صادفها الباحث إلا أنه تمكن بفضل الله وبمعاونة بعض من يفهمون طبيعة البحث العلمى ومشاقه من التغلب على بعضها وتبقى مسألة التكلفة المادية لبعض الأغراض التى تعين على استجلاء الصورة الجيومورفولوجية وبيان جميع جوانبها من الأمور التى ستظل عقبة

كداء فى هذا الطريق ما لم يتم التغلب عليها ولذا يرجو الباحث ويأمل :

١- أن تكون مراكز الأبحاث فى خدمة مثل هذه الدراسات لإجراء التحليلات اللازمة مثل تحليل العناصر المشعة التى يمكن الاستفادة منها فى معرفة العمر النسبى للظاهرة.

٢- التحليلات الكيميائية للمياه ولعينات الصخور.

٣- التحليلات الفيزيائية لمعرفةإجهادات الصخور الجيرية.

كما يقترح الباحث كذلك :

١- إنشاء محطات رصد مناخية ومزودة بأجهزة حديثة فى بعض المناطق القريبة من القاهرة (مرصد القطامية - جبل الخشب - التل الأبيض).

٢- اتخاذ تدابير ووسائل تحد أو تقلل من أخطار تساقط وزحف وانهيار الصخور، وقد شاهد الباحث مثل هذه الوسائل على سفوح جبل عسير بالمملكة العربية السعودية.

٣- تضافر جهود العلماء فى مجالات عديدة وبخاصة الهيدرولوجيا (السطحية والجوفية) والجيوفيزياء والمهندسون والجيومورفولوجيون وغيرهم ممن يمكن الاستفادة من خبراتهم عند التخطيط الشامل لمثل هذه المناطق لضمان استمرار وتنشيط عمليات التنمية فى مجالاتها المتعددة .

المراجع العربية:

أحمد السيد معتوق، الملامح الجيومورفولوجية للانزلاقات، جامعة الإمام محمد بن سعود الإسلامية (مقبول للنشر).

جودة حسنين جودة، ١٩٨٨م، الجغرافيا الطبيعية للزمن الرابع، دار المعرفة العربية، الإسكندرية.

جودة حسنين جودة، ١٩٨٨م، الجيومورفولوجيا- دراسة فى علم أشكال سطح الأرض، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية.

حسن سيد أحمد أبو العينين، ١٩٨١م، أصول الجيومورفولوجيا - دراسة الأشكال التضاريسية لسطح الأرض، الدار الجامعية للطباعة والنشر، ط ٦، بيروت.

سميح أحمد عودة، ١٩٨٤م، جيمورفولوجية الهوات فى الجبل الأخضر، قسم الجغرافيا بجامعة الكويت والجمعية الجغرافية الكويتية، نشرة رقم ٦٣.

سمير سامى محمود محمد، ١٩٨٩م، منطقة جنوب شرق القاهرة (شرق المعادى وحلوان) دراسة، جيمورفولوجية، رسالة - ماجستير غير منشورة - كلية الآداب - جامعة القاهرة.

سيد عبد الخالق سيد، ١٩٩٥م، دلتا وادى حوف كمركز استقرار فى عصر ما قبل التاريخ، دراسة فى الجغرافيا التاريخية، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الآداب، جامعة القاهرة.

محمد صبرى محسوب سليم، ١٩٩٧م، جيمورفولوجية الأشكال الأرضية، ط١، دار الفكر العربى، القاهرة.

محمد صفى الدين أبو العز، ١٩٦٥م، قشرة الأرض، القاهرة.

محمد فائد حاج حسن، ١٩٩٥م، أسس الجيومورفولوجيا المناخية منشورات جامعة دمشق.

المراجع الأجنبية :

Bögli, A., (1912), Karsthydrographie und physische speläologie Translated by : Schmid, J.C., (1980), "karst speleology, springer - verlag, hydrology and physical Berlin., 4-11.

Jennings, T.N., (1985), "Karst Gemorphology", Basil Black well Inc., U.S.A., N.Y.

Ollier. C. D. (1979). Weathering, Longman, London..

Ritter, D.F., (1978), "Process geomorphology", Wm.c. Brown Compant Pub., U.S.A.

Thornbury, W.D., (1969), "Principles of Greomorphology". John Wiley & Sons, Inc., U.S.A., 2nd Edit., P341.

Trudgill, S., (1985), Limestone Geomorphology, Longman, U.S.A., N.Y.

لوحة رقم (١) ناظراً صوب الجنوب الغربى

توضح اللوحة : ندرة حفر التحلل الكارستى فوق أرصفة الدولوميت بوادى المرصد.

لوحة رقم (٢) ناظراً صوب الجنوب

توضح اللوحة تباين اتساع حفر الكارست فوق صخور الحجر الجيرى الأيوسينى الأعلى حيث تبدو صغيرة ومتزاحمة (أعلى يسار الصورة) بينما تبدو فتحات بعض هذه الحفر على هيئة متسعة حينما ترتبط بالفواصل والشقوق، ويوضح اللون الفاتح داخل الحفرة (حيث يجلس الباحث) آثار حديثة لعمليات تساقط صخرى جرف صوب أدنى السفح. الحفر الكبيرة ذات أشكال قمعية.

لوحة رقم (٣ أ) أعلى : (ناظراً صوب الجنوب الغربى)

توضح اشتداد عمليات التحلل الكارستى على سفوح الحجر الجيرى الأيوسينى الأعلى بامتداد أسطح الانفعال الطبقى ربما ساعد على تطوير أشكال الحفر الكارستية فبدت على هيئة مظلة صخرية.

لوحة رقم (٣ ب) أسفل - ناظراً صوب الجنوب

حفر الكارست على امتداد أسطح الانفصال الطبقى وقد اتصلت بعض الحفر الكارستية ببعضها البعض الآخر، بينما لم يزل بعض آخر من هذه الحفر على انفراد، لاحظ نمو بعض النباتات عند حضيض السفح.

لوحة رقم (٤) ناظراً صوب الجنوب الشرقى

- نماذج من الحفر الدقيقة والصغيرة والمتوسطة.

ويلاحظ كثرة أعداد الحفر الدقيقة فوق واجهات الحجر الجيرى الأيوسينى الأعلى، على حين نمت الحفر الصغيرة والمتوسطة وازداد حجمها امتداداً وعمقاً واتساعاً حتى بدى بعضها على هيئة كرة، يلاحظ كذلك أثر الفواصل والشقوق فى زيادة أحجام الحفر الكارستية.

لوحة رقم (٥) ناظراً صوب الشمال

رغم ما يكتنف الحجر الجيرى الأيوسينى الأعلى من حفرة صغيرة، إلا أن وجود الفواصل والشقوق ساعد على توغل عمليات التحلل داخل ثنايا هذه الفواصل وعمل ذلك على تكوين حفر كارستية أكبر.

لوحة رقم (٦ أ) اتجاه النظر رأسى

تأثرت بعض حفر التحلل الكارستى بالرياح الهابة، حيث تمكنت الرياح من صقل ويرى جوانب وقيعان الحفر، ونقلت بعض المواد بينما تخلفت المواد الأخشن داخل بعض الحفر.

لوحة رقم (٦ ب) إتجاه النظر جنوباً

ترسبت داخل بعض حفر التحلل الكارستى مواد رملية خشنة (رواسب هوائية)، كما توضح اللوحة كذلك إمكانية نمو حفر التحلل الكارستى واتصالها بعضها بالبعض الآخر وتكوين حفر أكبر حجماً.

لوحة رقم (٧) ناظراً صوب الشرق

حجر جيرى أيوسينى أعلى ينفصل بطبقات نحيفة من المارل، تأثر بالصدوع وعلى امتداد خط الصدع ازدادت عمليات التحلل وترسبت المواد الجيرية التى كانت ذائبة ونمى فوقها بعض النبات، ونجم عن توغل عمليات التحلل على امتداد خط الصدع تكوين حفر تحلل كارستى، يلاحظ كذلك عمليات التعرية والإزالة التى أصابت الواجهة الصخرية ومن ثم يبدو لونها فاتحًا.

- عدد الحفر قليل لصلابة واندماج الحجر الجيرى.

لوحة رقم (٨) أ ، ب

حجر جيرى أيوسينى أعلى يكتنفه الفواصل والشقوق الرأسية وتزركش حفر التحلل الكارستى.

يلاحظ تأثر مكاشف الحجر الجيرى بعمليات التساقط الصخرى.

لوحة رقم (٩) أ ، ب ، جـ

نماذج متباينة لأنواع الحفر الكارستية.

أ : الدقيقة وقد اتصل بعضها بالبعض الآخر، كما يظهر تأثرها باكتساح الرياح لبعض موادها الدقيقة.

ب : الصغيرة والمتوسطة التى ارتبطت بإتساع الفواصل والشقوق.

جـ : الحفر التى نشأت على امتداد خط الصدع.

تابع ملحق رقم (١) السنة المئوية لعدد ساعات هبوب الرياح السطحية (بالعقدة) من الاتجاهات المختلفة (بالدرجات).

ملحق رقم (١)

المعدلات والمتوسطات الشهرية لبعض العناصر الجوية لمحطة أرصاد «حلوان»

البيانات / الشهور	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيه	يوليه	اغسطس	سبتمبر	اكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
درجة الحرارة (درجة مئوية)	١٨,٧	٢٠,١	٢٣,٧	٢٨,١	٣٢,٣	٣٢,٦	٣٤,٦	٣٤,٨	٣٢,٥	٣٠,٠	٢٦,٣	١٩,٧
المدى الحرارى (درجة مئوية)	١٠,٤	١٠,٢	١١,٦	١٣,٩	١٤,٦	١٢,٨	١٣,٥	١٣,٣	١٢,٤	١١,٧	١٢,٠	١٢,٦
درجة الحرارة الصغرى (درجة مئوية)	٨,٣	٩,٩	٢١,١	١٤,٢	١٧,٧	١٩,٨	٢١,١	٢١,٥	٢٠,١	١٨,٣	١٤,٣	٧,١
المتوسط (درجة مئوية)	١٣,٥	١٥	١٧,٩	٢١,٢	٢٥	٢٦,٢	٢٧,٩	٢٨,٢	٢٦,٣	١٩,٢	٢٠,٣	١٣,٤
الرطوبة النسبية (٪)	٥٩	٥٣	٤٨	٤١	٤٠	٤٣	٥٢	٥٥	٥٥	٥٥	٥٩	٦٠
مجموع كمية المطر منذ سنة ١٩٣١ سنة ١٩٦٠ (م)	٢,٨	٤,٢	٢,٥	٠,٧	٣,٥	–	–	–	اثر	١,٤	٣,٦	٦,٧
مجموع كمية المطر منذ سنة ١٩٦٠ سنة ١٩٩٩ (م)	٣,٨	٣,٦	٢,٤	٠,٩	١,٨	اثر	صفر	صفر	صفر	٠,٧	٢,٩	٥,٥
مدة سطوع الشمس (ساعة / شهر)	٧,٢	٧,٩	٨,٦	٩,١	١٠,٣	١١,١	١١,٣	١٠,٩	١٠,١	٩,٥	٨,٢	٦,٧
الضغط لمستوى سطح البحر (هيكتوبسكال)	١٠١٩,٣	١٠١٧,٩	١٠١٥,٦	١٠١٣,١	١٠١١,٩	١٠١٠,٧	١٠٠٨,٦	١٠٠٨,٧	١٠١٢,٠	١٠١٥,٥	١٠١٨,١	١٠١٩,٦

أثر = كمية من المطر < ١,٠ ميلليمتر

عن الهيئة العامة للأرصاد الجوية، إدارة المناخ.

– المتوسطات والمدى : من حساب الباحث بالاعتماد على البيانات الواردة بالملحق

– تغطى بيانات محطة حلوان منطقة نصف قطرها ٥٠ كم.

– حسب الباحث قرنية الجفاف واتضح أنها = ٠,٧ مما يدل على شدة جفاف هذه المنطقة

تابع ملحق رقم (١)

النسبة المئوية لعدد ساعات هبوب الرياح السطحية (بالعقدة) من الاتجاهات المختلفة (بالدرجات)*

الاتجاه (°) السرعة (د)	١-٣	٤-٦	٧-١٠	١١-١٦	١٧-٢١	٢٢-٢٧	٢٨-٣٣	٣٤-٤٠	٤١-٤٧	٤٨-٥٥	٥٦-٦٣	اكبر من ٦٣	المجموع	ملاحظات
يسكون													٥,٧	
ليس لها- اتجاه محدد	٠,١	٠,١	٠,١	-	-	-	-	-	-	-	-	-	٠,٣	
٣٤٠ - ٠١٤	١,٢	٣,٣	٧,٠	٧,٠	٠,٨	٠,١	-	-	-	-	-	-	١٩,٥	الشماليات
٠١٢ - ٠٤٤	١,١	٣,١	٦,١	٨,٥	٢,٠	٠,٤	-	-	-	-	-	-	٢١,٣	
٠٤٠ - ٧٤	٠,٥	١,٣	٢,٥	٣,٣	٠,٩	٠,٢	-	-	-	-	-	-	٨,٧	
٧٥ - ١٠٤	٠,٥	١,٠	١,١	٠,٦	٠,١	-	-	-	-	-	-	-	٣,٣	
١٠٥ - ١٣٤	٠,٦	١,١	٠,٦	٠,٢	-	-	-	-	-	-	-	-	٢,٥	الشرقيات
١٣٥ - ١٦٤	٠,٥	١,٠	٠,٨	٠,٢	-	-	-	-	-	-	-	-	٢,٥	
١٦٥ - ١٩٤	٠,٥	٠,٨	٠,٩	٠,٤	٠,١	-	-	-	-	-	-	-	٢,٧	
١٩٥ - ٢٢٤	٠,٤	٠,٧	٠,٨	٠,٦	٠,١	-	-	-	-	-	-	-	٢,٨	الجنوبيات
٢٢٥ - ٢٥٤	٠,٤	٠,٦	٠,٤	٠,٤	٠,١	-	-	-	-	-	-	-	١,٩	
٢٥٥ - ٢٨٤	٠,٥	٠,٩	٠,٩	٠,٨	٠,٢	-	-	-	-	-	-	-	٣,٣	
٢٨٥ - ٣١٤	٠,٨	١,٨	٢,٦	٢,٣	٠,٣	-	-	-	-	-	-	-	٧,٨	الغربيات
٣١٥ - ٣٤٤	١,٢	٣,٦	٦,٤	٦,١	٠,٥	-	-	-	-	-	-	-	١٧,٨**	
المجموع	٨,٢	١٩,٤	٣٠,٢	٣٠,٤	٤,٩	٠,٧	-	-	-	-	-	-	-	

* عن : جداول الهيئة العامة للارصاد الجوية – محطة أرصاد حلوان – للفترة من ١٩٦٨ – ١٩٩٨م.

** يمثل الاتجاه السائد لمحطة ارصاد حلوان

ملحق رقم (٢)

نموذج مقترح لجدول بيانات القياسات الحقلية للحفر الكارستية

مسلسل	الموقع	شكل الحفرة	أكبر طول للحفرة		أكبر اتساع للحفرة		العمق (سم)	نوع الصخر وخصائصه	غطاء المفتتات فوق السفح	نباتات	رطوبة الحفرة	ملاحظات
			طول سم	اتجاه	طول سم	اتجاه						

- من تصميم الباحث وهو النموذج الذى استخدامه فى هذه الدراسة.
- تحديد الاتجاه باستخدام البوصلة المنشورية.
- فى خانة الملاحظات كان الباحث يدون خصائص كثيرة مثل وجود الفواصل والشقوق وأسطح الانفصال الطبقى ومدى ارتباط الحفر بهذه البنية، خصائص الألوان المميزة للصخور، أحتواء قاع الحفرة على المفتتات ، وحجم المفتتات، ورطوبتها، البقايا العضوية، بالاضافة إلى أية ملاحظات أخرى تساعد على توضيح أية مميزات لهذه الحفر مثل الكثافة مثلاً، شكل توزيع الحفر ومواقعها على السفوح ... الخ.