حـــوض وادي الزيتـــون بهضبة الدفنة شمال شـــــرق ليبيا
دراســـة مورفومترية باستخدام نظـــم المعلومات الجغرافيـــة

د. الدّامي هـلال لامين بوحويش ـ قسـم الجغرافيا ـ كلية التربية - جامعة طبرق .

الملخص :

إن دراســـة أحـــواض وشبكات التصريف لأي منطقة ذات أهمية في الدراسات الجيولوجية والجيومورفولوجية Geomorphology ، ويمكن استخدام نتائجها في التعرف على نوع الصخور والتراكيب الجيولوجية، وميل الطبقات، والخصائص الهيدرولوجية للأحواض، كما يمكن من خلالها استنتاج التطور الجيومورفولوجي للأشكال الأرضية بها.

يعد حوض وادي الزيتون من أهـــم الأحواض التي تمتد في الجزء الشمالي الشرقي من هضبة الدفنة، ولتحقيق أهداف دراسة حوض الوادي، تم استخدام المنهج الوصفي والمنهج التحليلي الكمي الإحصائي، وقد اعتمدت الدراسة على الخرائط الجيولوجية والطبوغرافية وصور الأقمار الصناعية بالإضافة إلى الدراسة الميدانية، كما اعتمدت أيضا على نظم المعلومات الجغرافية وتقنية الاستشعار عن بعد لتحديد أهم المعالم حوض الوادي، وفيما يخص دراسة الخصائص المورفومترية Morphometric properties لوادي الزيتون، تم الاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي DEM بدقة 12 متر من المرتبة الفضائية SRTM من خلال تحديد حدود الحوض، وبناء شبكات التصريف ورسم خطوط الكنتور، وذلك باستخدام برنامج Arc Gis 10.2 كما تم رسم القطاع الطولي والعرضي للوادي في برنامج Global Mapper-16.

مقـدمـــــة :

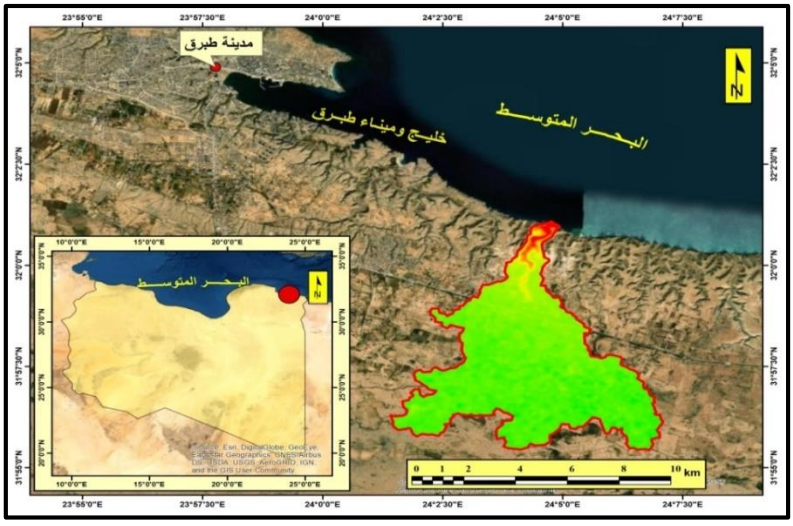
تعد دراسة الأبعاد المورفومترية لحوض التصريف، ودراسة خصائص الشبكة من الأسس المهمة في الدراسات الجيومورفولوجية ولاشك أن الأحواض ذات الأبعاد المتشابه مورفومترية، توحي بتشابه ظروف نشأة وتشابه العوامل التي أثرت في تشابها، مثل نوع الصخر والظروف المناخية.

لدراسة الخصائص المورفومترية لحوض وادي الزيتون، تم الاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي DEM من المرتبة الفضائية SATM الخصائص المورفومترية لحوض التصريف، إضافة إلى تحليل شكل الحوض والخصائص التضاريسية للحوض ثم الخصائص المورفومترية لشبكات التصريف، شبكات التصريف النهري.

موقع منطقة الدراسة :

يقع حوض وادي الزيتون في بهضبة الدفنة شمال شرق ليبيا إلى الشرق من مدينة طبرق بمسافة تقدر بحوالي 25 كم ومنبعه من الجنوب إلى الشمال ليصب في البحر المتوسط، يحده من الغرب حوض وادي الغواصة ووادي بوخطيطه ووادي رأس بياض، ومن ناحية الشرق يحده حوض وادي الجرفة ووادي العدسة وحوض وادي بوجليلي ومن الجنوب تحده منطقة القعرة، فلكيا يقع ما بين خطي طول 38 59 23 شرقا 49 04 24 شرقا وخطي عرض 44 001 32 شمالا و 36 27 00 32 شمالا، وتبلغ مساحة حوض وادي الزيتون 40.5 كم شكل (1) ويتميز الوادي بشدة تضرسه وخاصا في القطاعات العرضية التي تؤدي إلى ظهور شبه خوانق، إضافة إلى وجود الكتل الصخرية والمفتتات التي تنتشر بشكل كبير في الجزء الاوسط من مجري الوادي.

شكل (1) موقـــــــع منطقة الدراسة



المصدر : اعداد الباحث من المرئية الفضائية باستخدام برنامج ARS Gis 10.2

الهدف من الدراسة:

تهدف دراسة مورفومترية حوض وادي الزيتون إلى :

- أظهار الخصائص المورفومترية لحوض وادي الزيتون.

- أيجاد العلاقة بين اتجاهات الشقوق والفواصل الجيولوجية واتجاهات شبكة التصريف.
- رسم خريطة مورفومترية لحوض الوادي.
- دراسة شبكة التصريف وإمكانية استغلالها والاستفادة منها في الأغراض المختلفة.

الدراســـــات السابقة:

منطقة الدراسة تناولتها العديد من الدراسات الجيولوجية والهيدرولوجية والإقليمية، ونذكر منها ما يلي:

- **دراسة: (مركز البحوث الصناعية، 1977):** وهي عبارة عن خريطة جيولوجية (لواحة البردية) مقياس 1: 25,000، تناولت الدراسة التفصيلية لخصائص صخور الزمن الثالث الذي يمثلها تكوين الجغبوب والفائدية، كما تناولت الدراسة الخطوط العامة للبنية الجيولوجية، وترسبات الزمن الرابع التي يمثلها تكوين اجدابيا والرواسب الهوائية والمائية.
- **دراسة (معهد الثروة المائية بلغراد يوغسلافيا 1974)**: البحوث والدراسات عن 25 واديا في منطقة طبرق الساحلية، وكان الغرض الأساسي من الدراسة هو تكوين قاعدة من البيانات الجيولوجية والمناخية بغرض أنشاء سدود على مصبات الأودية.
- **دراسة (الهيئة المصرية الاستشارية لتنمية موارد المياه 1974)**: دراسة تصميم وأشراف على مشروعات الأودية بمنطقة طبرق، والهدف من الدراسة تنمية المناطق الزراعية داخل مجاري الأودية، وعمل مشروع الري الزراعي، كما تناولت الدراسة جيولوجية الأودية بشكل مختصر.
- **دراسة (جودة حسنين جودة 1975)**: أبحاث في جيومورفولوجية الأراضي الليبية، تناول البحث الأول برقة والبطنان في أواخر الزمن الثالث وأثناء الزمن الرابع، دراسة في الجيومورفولوجية المناخية، وتطرق إلى التطور الجيومورفولوجي لإقليم برقة والبطنان، وتناول الأشكال الجيومورفولوجيا الرئيسية، كما تناول نشأة الأرصفة البحرية.
- **دراسة (محمود علي المبروك صالح 2013):** هضبة الدفنة الساحل الشمالي الشرقي من ليبيا، رسالة دكتوراه (غير منشورة) جامعة عين شمس، قسم الجغرافيا، كلية الآداب) وتناولت الخصائص الجيولوجية والمناخية والجوية وبعض من الأودية بالهضبة .

- **دراسة (محمود محمد محمود سليمان 2014)**: المناخ وأثره على النشاط الزراعي في القسم الشرقي من ليبيا (إقليم البطنان) جامعة الدول العربية، معهد البحوث والدراسات العربية القاهرة 2014 .
- **دراسة (احمد سعيد الشريف وآخرون 1990)**: المسح الاقتصادي الشامل لإقليم البطنان، نشر الدراسة مركز البحوث والاستشارات بجامعة بنغازي، تحتوي الدراسة على 229 صفحة موزعة على ثمانية فصول تشمل السكان والقوى العاملة والتراكيب الجيولوجية والموارد الطبيعية، والموارد المائية، والتربة والمناخ والزراعة والصناعة، وكان الهدف من الدراسة تقييم الوضع الاقتصادي والاجتماعي للإقليم بغرض التطوير واستغلال الموارد الطبيعية في أنشاء المشاريع الاقتصادية.

مناهج وأساليب الدراسة :

اتبعت الدراسة عدة مناهج من أهمها :

- المنهج الوصفي: في وصف التكوينات الجيولوجيا والخصائص المناخية ووصف الأشكال الجيومورفولوجية .
- المنهج التحليلي: استخدم في تحليل القياسات الحقلية والتحليل المورفومتري لشبكات تصريف الأودية عن طريق نموذج الارتفاع الرقمي DEM وذلك بحساب مجموعة من المعاملات المورفومترية الخاصة بدراسة شبكات التصريف باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، عن طريق تفسير نموذج الارتفاع الرقمي DEM للتضرس واشتقاق المعلومات الجيومورفولوجية والهيدرولوجية لشبكات التصريف لحوض وادي الزيتون (شكل 2) طريقة استخلاص شبكة التصريف المائي في برنامج Arc G 5 10 2 وتحليل الانحدارات واتجاهاتها وإنشاء خطوط الكنتور، إضافة إلى أنشاء قاعدة بيانات Geodatabase من نافذة Arc catalog .

الخصائص الجيولوجية بمنطقة الدراسة :

التتابع الطبقي :

أقدم التكوينات الجيولوجية التي ظهرت في منطقة الدراسة تنتمي إلى الزمن الثالث والزمن الرابع، من الكريتاسي العلوي إلى الميوسين، مكونة من الصخور الكربونية، وهي صخور جيرية، تظهر بها الطبقات غنية بالحفريات، تتداخل معها طبقات طينية ورملية، إضافة إلى صخور الكالكاربنيت الجيرية، واللون السائد ابيض مائل إلى

الاصفرار، ويتميز النصف الأعلى منها بوجود طبقات من الصخور الجيرية، التي تظهر بوضوح في المقاطع الجانبية لمنحدرات الأودية (1).

نلاحظ أن التوزيع الجغرافي للتتابع الطبقي لهضبة الدفنة يتباين بشكل واضح، فنجد تكوينات الكريتاسي والاوليجيوسين ينحصر في نطاقات محدودة من الشريط الساحلي بمنطقة الدراسة، متمثلة في تكوين (الخويمات، والفائدية) بينما تنتشر تكوينات الميوسين في جميع أنحاء منطقة الدراسة متمثلة في تكوين الجغبوب،(2)، وتنكشف على سطح منطقة الدراسة صخور ذات خصائص متباينة، وتشكل الصخور الجيرية حوالي 90% وقد ترسبت على الحواف الجنوبية لبحر تيثس، ويرجع عمرها إلى الزمن الثالث كما تعطي رواسبه الزمن الرابع مساحات شاسعة من منطقة الدراسة.

التكوينات الجيولوجية : أغلب التكوينات الجيولوجية التي تظهر على السطح هي من الصخور الجيرية (حجر جيري مارلي رملي إلى دولوميتي إلى حجر جيري طيني إلى طفلي) وهي متجانسة التركيب تظهر بها الطبقات بوضوح، وعلى ذلك فقد قسمت الصخور الجيرية في منطقة الدراسة إلى التكوينات الجيولوجية الآتية:

تكوينات الزمن الثالث :

1. **تكوين الخويمات (العصر الايوسيني الأعلى – الاوليجوسيني الاسفل):** إن أقدم وحدة صخرية بالمنطقة يمثلها هذا التكوين الذي لا يظهر منه سوى الجزء العلوي، وتمثل الأحجار الجيرية والدولوميتية والطفلة، طبقات هذا التكوين التي تميل إلى اللون الرمادي والأصفر، وتظهر هذه التكوينات على الشريط الساحلي على امتداد الحافة الشمالية الأولى، حيث تتواجد وتظهر في مناطق محددة جدا بالقرب من مدينة طبرق ويصل سمكها إلى حوالي 30م عند شمال غرب البردي شرق مدينة طبرق .
2. **تكوين الابرق (العصر الاوليجوسيتي الأوسط إلى العلوي):** يمثل تكوين الابرق دورة ترسيب منفردة ، ويتميز بصخور الكالكارينايت التي يغلب عليها اللون البني المشرب بلون الصدى، وتتسم ترسيبات هذا التكوين بطابعها الدلوميتي إلى حد ما، وقد تبين من نتائج الفحص الحفري أن ترسيبات تكوين الابرق تعود إلى الفترة ما بين العصر الاوليجوسيتي الأوسط إلى العلوي كما أن سمك طبقات تكوين الابرق حوالي 20 متر وترسبت فوق تكوين الابرق طبقات من تكوين الفائدية.
3. **تكوين الفائدية (الاوليجوسيتي الأعلى – المايوسيني السفلي):** يمثل كل من الحجر الجيري الطباشيري الغني بالحفريات والطفل والطين عناصر طبقات هذا التكوين ، وتظهر هذه الطبقات في شمال شرق المنطقة وفي أماكن محددة جدا على امتداد

المنحدرات على الشريط الساحلي شمال منطقة البردية مباشرة ويفصلها عن طبقات الخويمات الموجودة أسفلها سطح عدم توافق ويغطيها من أعلاها طبقات تكوين الجغبوب بسطح توافقي، ويصل أقصى سمك لهذا التكوين 55 مترا تقريبا، (3).

4. **تكوين الزمن الرابـــــع:** تنتشر معظم رواسب الزمن الرابع على امتداد مجري الوادي، وتتمثل عناصر تكوينات الزمن الرابع في الوحدات الآتية:

- **رواسب السبخات:**

عبارة عن إرسابات مفككة تتكون من مواد ملحية وطين ملحي وغرين ورمل طيني ناعم إلى متوسط الحبيبات مع جبس، وهي رواسب ريحية ومائية حملتها المياه الجارية إلى السبخات (4) وأحيانا تغطي السبخات لقشرة من الملح والجبس الناتج عن التبخر خلال فترات الجفاف صيفا.

- **الرواسب المائية:**

تظهر على هيئة مسطحات، تتكون من التربة الطينية المائلة إلى اللون الأحمر أو على شكل رواسب من التربة الرملية، حيث يكون لها امتدادات محدودة العمق ضحلة مختلطة بالحصى والجلاميد لونها بني مع رواسب من الحجر الجيري والطفل الرملي

رواسب الوديان الحديثة :

تتكون رواسب الوديان الحديثة من غرين وحصى ورمال وجلاميد والطفل الرملي حيث تملئ هذه الرواسب قيعان الأودية وتتراكم هذه الإرسابات نتيجة للتغيير التدريجي في سرعة التيارات المائية السائدة عند سقوط الأمطار، ومساحة هذه الرواسب 419.1 كم2 وبنسبة 50%.

- **رمال الشاطئ :**

تتكون رمال الشاطئ من حبيبات من الجير والكوارتز وفتات القواقع البحرية بنسبة 0.05% .

التراكيب الجيولوجية :

أولا- الصدوع : تتأثر منطقة الدراسة بالعديد من حركات التصدع التي حدثت في الزمن الثالث، ومن دراسة التراكيب الجيولوجية للمنطقة نجد أن الميل العام قليل، وغالبا ما تكون الطبقات أفقية في معظم الأماكن، وتزداد درجات الميل وتتغير في الاتجاه بالقرب من خطوط التصدع وتصل إلى 3-4 درجات، وتتأثر منطقة الدراسة من ناحية الشمال بنطاق من التصدع العادي، وأحيانا تأخذ شكل الأخاديد الصغيرة، واختلفت التصدعات في المنطقة من حيث اتجاهاتها وأطوالها وكذلك توزيعها، ومن خلال المرئية الفضائية

والخرائط الجيولوجية والطبوغرافية والدراسة الميدانية، نلاحظ أن الصدوع بمنطقة الدراسة غالبا ما تكون طولية ومستقيمة وموازية في معظمها لخط الساحل، وبلغ عدد الصدوع في المنطقة حوالي 75 صدعا، تأخذ اتجاهات شرق وغرب إلى شمال غرب، جنوب شرق، ومعظمها من النوع العادي، كما يلاحظ وجود صدوع صغيرة تأخذ اتجاها من الشمال إلى الجنوب متفقة ومتوازية مع محاور الأودية (شكل 3) وبلغت جملة أطوال الصدوع بالمنطقة حوالي 39.4 كم ويختلف امتداد الصدوع من 0.50 – 25 كم (5) وتشكل الصدوع الرئيسية أربع حافات حيث تكون الاتجاهات السائدة هي شرق، غرب وشمال غرب، جنوب شرق وتمتد موازية مع امتداد خط الساحل .

ثانيا – الشقوق والفواصل : الشقوق والفواصل من الأشكال التي تنشأ عن عمليات التشقق والالتواء، وهي تنتشر في معظم التكوينات الصخرية بالحوض (وادي الزيتون)، وعادة ما تكون على شكل خطوط طولية بحيث تزداد بالقرب من الحافات والجروف البحرية، حيث تنشط عمليات التجوية والتعرية وتؤدي إلى فصل الكتل الصخرية، مما كان له اثر على حركة المواد على المنحدرات، وفي تشكيل بعض الظاهرات الجيومورفولوجية على طول الحافات الصدعية وحافات مجاري الأودية، وحافات الجرف البحرية، وتوجد علاقة قوية بين اتجاهات الشقوق والفواصل واتجاهات الصدوع حيث اتضح سيادة الاتجاهات / شرق/ غرب/ شمال غرب / جنوب شرق ، واتجاه شمال / جنوب / شمال شرق / جنوب غرب.

أما من حيث الاتساع والمسافة الفاصلة بين الشقوق والفواصل فقد تراوح متوسط اتساع الفواصل ما بين 3 - 6 سم بمسافة فاصلة تتراوح مابين 0.75 – 2 متر، وعادة ما تكون على شكل خطوط طولية، وتتراوح درجات انحدار الشقوق والفواصل مابين الشديدة والجرفية، وان الكثير من الفواصل ممتلئة بالرواسب اغلبها مفتتات جيرية مع بعض الأتربة، وتنمو بعض النباتات داخل الشقوق والفواصل مثل نبات الرمث والقطف.

الخصائص المناخية :

تتأثر منطقة الدراسة بعدة عوامل طبيعية أعطتها خصائص مناخية ميزتها عن الأقاليم المجاورة لها، كالموقع ومظاهر السطح واتجاه الساحل، فالموقع جعل المنطقة يختلف مناخها من شبه المتوسطي الحار جاف صيفا الدافئ متذبذب الأمطار شتاءً، بسبب وقوعه في ظل المطر.

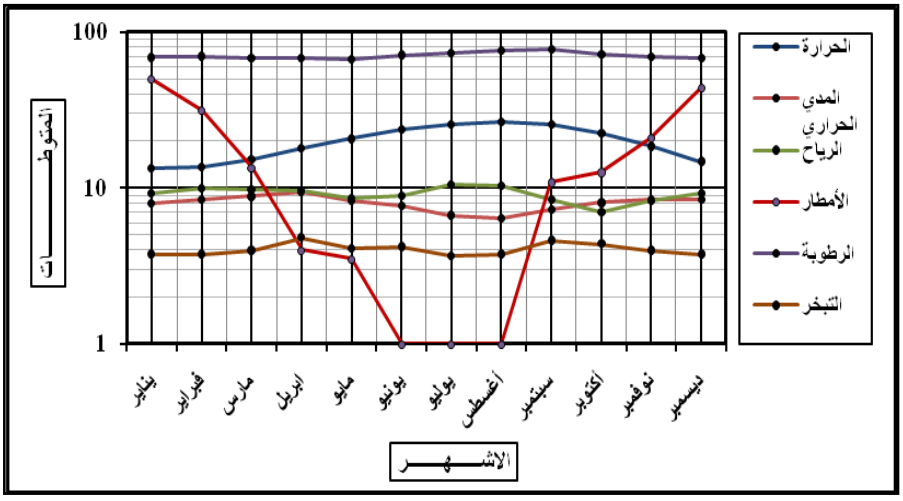
وكان اثر الارتفاع على المنطقة محدود إلى حد كبير، لان منطقة الدراسة عبارة عن هضبة قليلة الارتفاع لا يزيد متوسط ارتفاعها عن 200 متر .

ومن خلال الشكل (2) الذي يوضح المتوسطات الشهرية لدرجات الحرارة المئوية العظمى والصغرى من محطتي طبرق وناصر للأرصاد الجوية 1985 – 2009 يلاحظ الآتي:

- أن متوسطات درجات الحرارة الصغرى خلال شهور فصل الربيع ترتفع تدريجيا عنها في فصل الشتاء ، ففي محطة طبرق بلغت خلال شهر مارس 10 درجات مئوية وابريل 13 ومايو 15.8 درجة مئوية، بينما في محطة ناصر 10.3 ، 12.7 ، 15.6 درجة مئوية على التوالي .
- ترتفع متوسطات درجات الحرارة العظمى تدريجيا خلال شهور فصل الربيع، ففي شهر مارس متوسط الحرارة العظمى في محطة طبرق 20 درجة مئوية، وفي ابريل 22.8 درجة مئوية، ومايو 24.9 درجة مئوية، بينما محطة ناصر بلغت 20.6 – 21.7 – 24.8 درجة مئوية .
- بلغ المعدل السنوي للنهايات العظمى في محطة طبرق 23.96 درجة مئوية وفي محطة ناصر 23.8 درجة مئوية، أما المعدل السنوي للنهايات الصغرى في محطة طبرق 15.43 درجة مئوية وفي محطة ناصر 14.9 درجة مئوية .
- بلغ المدى الحراري السنوي في محطة طبرق 21 درجة مئوية وفي محطة ناصر يزيد عن 23.8 درجة مئوية .
- الرياح السائدة هي الرياح الغربية العكسية، بلغت أعلى نسبة هبوب لمحطة طبرق في شهر يناير 54.3%، يليها الرياح الشمالية الغربية بنسبة 20.8%، والرياح الشمالية 11.2%، ثم الرياح الشمالية الشرقية بنسبة 1.8%، والرياح تتوقف على مدى قوة سرعتها في تكوين الأشكال الجيومورفولوجية في منطقة الدراسة من كثبان رملية ونبات وغيرها من الأشكال الرياحي .
- بلغ المعدل السنوي للرطوبة النسبية في محطة طبرق 71.3% ، وفي محطة ناصر 68.1%.
- المتوسط الشهري لكمية التبخر يبلغ حوالي 4.4 مم وتظهر أثار عملية التبخر على سطح منطقة الدراسة في تكوين أشكال من التشققات الطينية وفي تكوين القشرات الملحية على سطح السبخات في فصل الصيف.(6)
- المعدل الشهري للأمطار في محطتي طبرق وناصر للأرصاد الجوية تختلف من شهر لأخر ومن فصل إلى أخر، فأكثر الفصول مطرا (فصل الشتاء)، وأكثر الشهور مطرا شهر يناير، فمعدل المطر في شهر يناير 47 مم في محطة طبرق

للأرصاد، بينما في محطة ناصر 32.4 مم، أما فصل الخريف وصلت معدلات المطر في محطة طبرق 46.2 مم، وفي محطة ناصر 43.6 مم، وأكثر الشهور مطرا شهر نوفمبر وأكتوبر وسبتمبر، ويلاحظ من التوزيع النسبي لكميات الأمطار على شهور السنة أن فصل الشتاء يستولي على 70% من جملة الأمطار التي تسقط خلال فصول السنة .

شكل (2) المتوسطات الشهرية للبيانات المناخية محطة إرصاد طبرق



الخصائص المورفومترية لحوض التصريف :

أن دراسة أحواض وشبكات التصريف ذات أهمية في الدراسات الجيولوجية والجيومورفولوجية ويمكن استخدام نتائجها في التعرف على نوع الصخور والتركيب الجيولوجي وميل الطبقات، واستنتاج التطور الجيومورفولوجي للأشكال الأرضية، ولدراسة الخصائص المورفومترية ثم الاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي DEM من المرئية الفضائية SRTM من خلال تحديد حدود الحوض وبناء شبكات التصريف، وذلك باستخدام برنامج Gis 10.2، كما تم رسم القطاع الطولي للوادي في برنامج Global Mapper 16، وتشمل الخصائص المورفومترية لحوض التصريف مجموعة من المتغيرات، المساحة، الطول، العرض، المحيط ، إضافة إلى تحليل شكل الحوض، وذلك بحساب معدل الاستطالة ومعدل الاستدارة، معامل شكل الحوض، ونسبة الطول والعرض للحوض .

1- الخصائص المساحية : (Areas Morphometric) :

أ- مساحة حوض التصريف : تعد المساحة الحوضية من أهم المعاملات المورفومترية التي تقوم عليها كافة التحليلات المورفومترية الأخــرى، من خلال الجدول (1) تبلغ مساحة حوض تصريف وادي الزيتون شرق مدينة طبرق حوالي 40.5 كم^2، ويعتبر من الأحواض صغيرة المساحة بصفة عامة ويرجع ذلك إلى وقوعه على الحافات القريبة من المنطقة الساحلية والتي انعكس انحدارها على مجاري الوادي مما لا يعطي الفرص لتطور هذه المجاري وزيادة مساحتها الحوضية ، كما تأثر الوادي بمجموعة من الصدوع الموازية لمجرى الوادي والعمودية عليها ، كما أن الظروف المناخية لها دور كبير في تفاوت مساحة الحوض .

جدول (1) الخصائص المساحية لحوض الوادي

الحوض	المساحة	الطول	العرض	المحيط
وادي الزيتون	40.5	11.8	8.5	47.6

المصدر قياسات من الفضائية DEM باستخدام برنامج ARS Gis 10.2 .

ب- طول الحوض Basin Length: يعد طول الحوض من الأبعاد التي يتم قياسها لحساب بعض المعاملات المورفومترية، مثل دراسة أشكال الأحواض أو إيضاح خصائصها التضاريسية (7)، يتراوح طول حوض وادي الزيتون 11.8 كم ، ويرجع قصر طول الحوض إلى صغر مساحته وتأثره بالعديد من الصدوع الطولية التي عملت على تحديد منابع الوادي، كما أن الظروف المناخية في الوقت الحاضر كان لها دور في عدم زيادة طول مجاري الوادي، أي انه توجد علاقة طردية موجبة مابين مساحة الحوض وطوله.

جـ- عرض الحوض Basin Width: يبلغ متوسط عرض حوض وادي الزيتون 8.5 كم، يتميز بقلة عرضه ويرجع ذلك إلى طبيعة نشأة المنطقة وشدة انحدار حافاتها الساحلية التي عملت على تصريف المياه بشكل خطوط مستقيمة وعمودية على واجهات الحافات وهذا ما تظهر عليه الأودية بشكل خطوط متوازية وذات جوانب شديدة الانحدار (8) .

د- محيطات الأحواض Basin Perimeter: يقصد بمحيط الحوض هو طول خط تقسيم المياه بين حوض ما ، وما يجاورها من أحواض، ويبلغ محيط حوض وادي الزيتون حوالي 47.6 كم، ويتميز بكثرة تعرجات خط تقسيم المياه، ويدل بشكل عام على قصر طول محيط الوادي، وهذا يعد انعكاسا طبيعيا لصغر مساحة الحوض، وتوجد علاقة طردية موجبة بين مساحة الحوض وأبعاده مثل الطول، العرض ، المحيط، أي كلما زادت المساحة الحوضية زادت الأبعاد الأخرى .

2- الخصائص الشكلية Shapes Morphometric:

أ- شكل الحوض Basin Shape: تفيد دراسة شكل حوض التصريف في توضيح التطور الجيومورفولوجي للوادي ، كما يمكن مقارنة شكل الحوض بأشكال مثل المربع والمثلث ، كما أن أشكال أحواض التصريف ومساحتها تختلف تبعا لتفاوت الفترة الزمنية التي قطعتها تلك الأحواض من دورتها التحاتية (9) .

جدول (2) الخصائص الشكلية لحوض وادي الزيتون

الحوض	معدل الاستطالة	معدل الاستدارة	معامل الشكل	الطول/العرض
وادي الزيتون	0.43	0.22	0.85	1.3

المصدر قياسات من الفضائية DEM باستخدام برنامج ARS Gis 10.2

ب- معدل الاستطالة Elongation Ratio: يوضح معدل الاستطالة مدى التشابه بين مساحة الحوض والشكل المستطيل ويعد هذا المعدل من اكبر المعاملات المورفومترية دقة في قياس أشكال أحواض التصريف ، ويتم حسابه بالمعادلة التالية : (10) .

$$\text{معدل الاستطالة} = \frac{\text{قطر الدائرة المساوية لمساحة الحوض كم}}{\text{اقصى طول للحوض كم}}$$

تتراوح قيمة النتائج ما بين الصفر والواحد الصحيح ، وكلما انخفض المعدل واقترب من الصفر دل ذلك على شدة الاستطالة والعكس، بلغ متوسط معدل الاستطالة بحوض وادي الزيتون 0.43، وهذا يدل على أن حوض التصريف يميل إلى الاستطالة بوجه عام، ولا يمكن وصفه بأنها شبه مستديرة أو قريبة من الاستدارة، وهذا يؤكد أن قطاعاتها الطولية تبدو خطية شديدة الاستقامة، كما أن الشكل الطولي للأودية يزيد من فرص تغذية المخزون الجوفي ويقلل من خطر الفيضانات.

جـ- معدل الاستدارة Circularity Ratio: تشير الاستدارة إلى نسبة تقارب أو تباعد شكل الحوض عن الشكل الدائري ، وتدل القيمة المرتفعة لهذه النسبة والتي تقترب من الواحد الصحيح إلى وجود أحواض مائية مستديرة أو شبه مستديرة ، ويتم حساب معدل الاستدارة بالمعادلة التالية :

$$\text{معدل الاستدارة} = \frac{\text{مساحة الحوض كم 2}}{\text{مساحة الدائرة التي لها نفس محيط الحوض كم}}$$

يبلغ معدل الاستدارة لحوض وادي الزيتون 0.22 ، وهذا يدل على أن الحوض بعيد عن الاستدارة .

د- معامل شكل الحوض Form Factor Ratio: يعطي هذا المعامل مؤشر إلى مدى تناسق الشكل العام للحوض ، وتشير القيمة المنخفضة إلى انخفاض المساحة الحوضية

بالنسبة لطول الحوض ، ويعني زيادة الطول النسبي لأحد بعدي الحوض على حساب الأخر ، ويتم حساب معامل شكل الحوض (11) بالمعادلة التالية :-

معامل شكل الحوض = مساحة الحوض كم 2

مربع طول الحوض كم

ويميل حوض وادي الزيتون بصفة عامة إلى الابتعاد عن التناسق وعدم الانتظام في شكله ، حيث يتراوح معامل الشكل 0.85 ، وهذا يتفق مع ما توصلنا إلى اتخاذ الأحواض الشكل المستطيل .

هـ- معدل الطول / العرض الحوضي Length - Width Ratio : من المعاملات المورفومترية لقياس مدى استطالة أشكال الأحواض ، وهي تتشابه مع نتائج معدل استطالة الأحواض ، حيث تدل القيم المرتفعة على زيادة نسبة الطول الحوضي على حساب عرضه ، بالتالي اقتراب الأحواض من الشكل المستطيل والعكس ، ويتم حساب معامل نسبة الطول / العرض الحوضي بالمعادلة التالية :-

نسبة الطول / العرض الحوضي = طول الحوض كم

عرض الحوض كم

يبلغ متوسط نسبة الطول إلى العرض حوالي 1.3، وهذا يدل على زيادة الطول الحوضي على حساب عرضه ، وانه مازال في مرحلة مبكرة من دورته التحاتية قبل أن تدركه ظروف المناخ الجاف.

3- الخصائص التضاريسية للحوض (Basin Relief Characterizes) :

تدل الخصائص التضاريسية على نشاط عامل التعرية ، واثر الاختلافات البنيوية على الصخور، والمرحلة العمرية من التطور الجيومورفولوجي ، وتعد نسبة التضرس والتكامل الهيبيسومتري وقمة الوعورة ومعدل النسيج الحوضي من أهم المعاملات في معرفة الخصائص التضاريسية لحوض الوادي .

أ- معدل التضرس Relief Ratio : هو النسبة بين فارق الارتفاع في الحوض وبين الطول الحوضي ، ويشير بصورة مباشرة إلى درجة انحدار الحوض التي تتناسب طرديا مع فارق الارتفاع ، ويشير انخفاض نسبة التضرس إلى كبر المساحة الحوضية ، مما يدل على نشاط عملية النحت والتراجع نحو المنبع ، وغالبا ما تكون الأحواض الصغيرة عالية التضرس ونشطة في عملية النحت وما تزال في المرحلة الأولى من دورته التحاتية ويمكن حساب نسبة التضرس بالمعادلة التالية :-

نسبة التضرس = تضرس الحوض (الفرق بين أعلى وأدنى نقطة في الحوض بالمتر) الطول الحوضي كم

جدول (3) الخصائص التضاريسية لحوض وادي الزيتون

الحوض	نسبة التضرس	التكامل الهيبسومتري	قمة الوعورة	معدل النسيج
وادي الزيتون	12.3	0.27	0.33	5.5

المصدر قياسات من الفضائية DEM باستخدام برنامج ARS Gis 10.2

يتضح من الجدول (3) الخصائص التضاريسية لحوض وادي الزيتون، أن حوض وادي الزيتون يتميز بشدة نسبة التضرس والتي تبلغ 12.3 م/كم ويرجع انخفاضها إلى زادة الفارق الرأسي ما بين المنبع والمصب، حيث أن ارتفاع الهضبة لم يتجاوز 175 متر فوق مستوى سطح البحر، إضافة إلى تشابه التكوينات الجيولوجية والبنيوية التي عملت على أنشاء حافات متوسطة الارتفاع تسودها الانحدارات الشديدة والمتوسطة، كما يمكن إرجاع شدة نسبة التضرس إلى الانحدار العام للهضبة واقتراب حافات الهضبة من المنطقة الساحلية.

ب- التكامل الهيبسومتري Hypsometric Integral : من المعاملات المورفومترية التي تقيس الفترة الزمنية المقطوعة من الدورة التحاتية، أي أن التكامل الهيبسومتري يتناسب طرديا مع الفترة التي قطعتها الأحواض من دورتها التحاتية والعكس ويمكن حساب التكامل الهيبسومتري بالمعادلة التالية :

التكامل الهيبسومتري = المساحة الحوضية كم2

التضاريس الحوضية م

ومن خلال الجدول (3) تتراوح قيمة التكامل الهيبسومتري لحوض وادي الزيتون 0.27، وهذا يدل على صغر مساحة حوض الوادي، ومازال في مرحلة مبكرة من دورته التحاتية قبل أن تدركه ظروف المناخ الجاف .

جـ قمة الوعورة Ruggedness Number : يعبر هذا المعامل عن العلاقة بين تضرس الحوض، وطول مجارى الشبكة التصريفية ويعد من المعاملات التي تقيس المرحلة التطورية التي وصلت إليها أحواض التصريف ويتم حساب قمة الوعورة بالمعادلة الآتية :-

قمة الوعورة = التضاريس الحوضية (م) X الكثافة التصريفية كم / كم2

1000

تتراوح قمة الوعورة لحوض وادي الزيتون 0.33، وهذا يدل على انه ذات وعورة منخفضة، وذات معدلات تضرس منخفضة، بحيث لم تتجاوز قيم الوعورة عن الواحد الصحيح.

د- معدل النسيج Texure Ratio: يتأثر معدل النسيج الحوضي بمجموعة من العوامل أهمها المناخ المتمثلة في كمية الأمطار والتكوينات الصخرية ونظامها ونوعية التربة ونفاذيتها ودرجة التضرس والتطور الجيومورفولوجي الذي وصلت إليه الأحواض، ويتم حساب معدل النسيج الحوضي بالمعادلة التالية:

$$\text{معدل النسيج الحوضي} = \frac{\text{مجموع أعداد المجاري}}{\text{طول محيط الحوض كم}}$$

تصنيف الأحواض بحسب نتائج المعادلة ومعدل نسيجها إلى الفئات حددها:

- الأحواض ذات النسيج الخشن، وهي التي يقل معدل نسيجها عن 4.
- الأحواض ذات النسيج المتوسط، وتتراوح معدلات نسيجها مابين 4 – 10.
- الأحواض ذات النسيج الناعم، وهي التي يزيد نسيجها عن 10.

ومن خلال الجدول (3) الخصائص التضاريسية لحوض وادي الزيتون، تتراوح معدلات النسيج الحوضي 5.5، أي أن الحوض من الأحواض متوسطة النسيج ، وهذا يدل على اختلاف عدد المجاري في الحوض وتباين معدلات النحت، بسبب اختلافات معدلات الانحدار داخل الحوض.

4- الخصائص المورفومترية لشبكات التصريف:

Morphometric Charactristics for Drainage Network

شبكات التصريف النهري:

هي الصورة التي تشكلها مجموعة المجاري المائية الموجودة في حوض ما أو عدة أحواض متجاورة، ويتوقف هذا التصريف على التكوينات الصخرية للأحواض ومدى تجانسها ودرجة صلابتها وطبيعة انحدار سطح الأرض، إضافة إلى نوع المناخ السائد.

تقوم دراسة شبكة التصريف على حساب مجموعة من المتغيرات المورفومترية، وقد تم تصنيف مجاري شبكات تصريف الأودية إلى رتب نهرية وهي كالآتي :-

أ- رتب وأعداد المجاري: دراسة رتب وأعداد المجاري تعطي صورة واضحة عن مورفومترية شبكة التصريف ومن خلال الجدول رقم (4) الذي يوضح رتب وأعداد مجاري حوض وادي الزيتون ومن (شكل 3) يتضح **الآتي:**

- أن شبكات التصريف المائية لحوض وادي الزيتون وصلت إلى الرتبة الخامسة.

- يبلغ مجموع أعداد المجاري المائية بحوض وادي الزيتون 262 مجرى.
- يبلغ مجموع مجاري الرتبة الأولى حوالي 191 مجرى، يعادل 73% تقريبا من مجموع المجاري، يبلغ مجموع مجاري الرتبة الثانية حوالي 88 مجرى بنسبة 21% من أجمالي أعداد المجاري.
- يبلغ مجموع أعداد مجاري الرتبة الأولى والثانية معا حوالي 246 مجرى بنسبة 93.89% من أجمالي أعداد المجاري ، وهذا يؤكد وجود علاقة بين الرتبة النهرية وأعدادها ، فمهما اختلفت مساحة الحوض فأن نسبة ما تساهم به الرتبة الأولى والثانية يزيد عن 90% من أجمالي عدد المجاري بالحوض .

جدول (4) الخصائص التضاريسية لحوض وادي الزيتون

الحوض	الرتبة					المجموع
	1	2	3	4	5	
وادي الزيتون	191	55	12	3	1	262

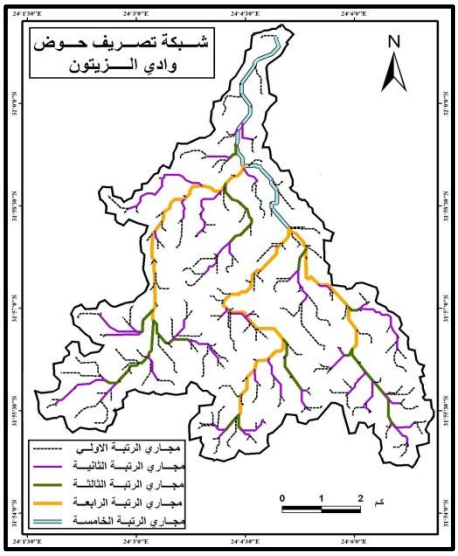
المصدر قياسات من المرئية الفضائية DEM باستخدام برنامج ARC Gis 10.2

- يبلغ مجموع عدد مجاري الرتبة الثالثة 12 مجرى بنسبة 4.58% من أجمالي أعداد المجاري، وتضم الرتبة الرابعة عدد (3) مجاري بنسبة 1.14% ، والباقي رتبة واحدة وهي المجرى الرئيسي للوادي .

ب- نسب التشعب Bifurcation Ratio : نسبة التشعب من المعاملات المورفومترية التي تتحكم في حجم التصريف وزمن تركيز وصول المياه إلى المجاري الرئيسية، فكلما قلت نسبة التشعب زاد خطر الفيضان، ونتيجة لاختلاف العوامل الطبيعية المؤثرة في شبكات التصريف، فأن نسبة التشعب تكون ثابتة من رتبة إلى الرتبة التي تليها، وتتراوح ما بين 3 - 4 ، ويتم حساب نسبة التشعب بالمعادلة التالية :

$$\text{نسبة التشعب} = \frac{\text{عدد المجاري التابع لرتبة معينة}}{\text{عدد المجاري التابع للرتبة التالية لها}}$$

شكل (3) شبكة تصريف حوض وادي الزيتون



المصدر قياسات من المرئية الفضائية DEM باستخدام برنامج ARC Gis 10.2

جدول (5) نسبة التشعب لحوض وادي الزيتون

الحوض	الرتبة				المتوسط
	2 -1	3 – 2	4 -3	5 -4	
وادي الزيتون	3.4	4.5	4.0	3.0	3.7

من خلال الجدول (5) نسبة التشعب لحوض وادي الزيتون يتضح أن متوسط نسبة التشعب بالوادي 3.7، وهذا يدل على زيادة أعداد المجاري في الرتبة الأولى والثانية بشكل واضح، نتيجة لجريانها قرب الحافات حيث نميل الأودية إلى تكوين مجاري من الرتبة الأولى والثانية ويكون معظمها عبارة عن مسيلات مائية قصيرة في الطول وتصب مباشرة في المجرى الرئيسي وتراوحت مابين 3.4 للرتبة الأولى /الثانية و4.5 للرتبة الثالثة / الرابعة، ويرجع هذا التباين في قيم معدلات نسبة التشعب بين الرتب إلى زيادة أعداد المجاري في الرتبة الأولى والثانية والتي تتسم بقصر أطوالها واستقامتها واتصالها برتبة أعلى منها .

جـ أطوال المجاري Streams Length :

من خلال الجدول (6) يتضح ما يلي: يبلغ مجموع أطوال المجاري بحوض وادي الزيتون 113.3كم، ومجموع أطوال مجاري الرتبة الأولى 62.6 كم، في حين بلغ أطوال مجاري الرتبة الثانية 17.5 كم والرتبة الثالثة 11 كم وسجلت أطوال مجاري

الرتبة الرابعة 15.6 كم في حين سجلت أطوال مجاري الرتبة الخامسة 5.7 كم، نلاحظ أن أعداد المجاري ترتفع في الرتبة الدنيا وتنخفض في الرتبة العليا وعلى الرغم من قصر أطوال مجاري الرتبة الأولى، إلا أن أطوال مجاريها تبلغ أكثر من نصف طول المجاري بالحوض ويرجع ذلك لارتفاع نسبة أعداد المجاري بالرتبة الأولى.

جدول (6) أطوال المجاري المائية لحوض وادي الزيتون

الحوض	1	2	3	4	5	المجموع
وادي الزيتون	62.6	17.5	11.9	15.6	5.7	113.3

المصدر قياسات من المرئية الفضائية DEM باستخدام برنامج ARC Gis 10.2 .

د- كثافة التصريف Drainage Density :

تعكس كثافة التصريف تأثير كل من نوع الصخر ونظامه والتربة ونفاذيتها ودرجة الانحدار إضافة إلى تقطع الحوض بالمجاري المائية ويتم حساب الكثافة التصريفية بالمعادلة الآتية :-

$$\text{كثافة التصريف} = \frac{\text{مجموع أطوال المجاري كم}}{\text{المساحة الحوضية كم2}}$$

جدول (7) خصائص شبكات التصريف

الحوض	الكثافة التصريفية	تكرار المجاري	بقاء المجاري	نسب التشعب
وادي الزيتون	2.7	6.4	0.35	3.7

من خلال الجدول رقم (7) أعلاه يتضح ما يلي: كثافة التصريف في حوض وادي الزيتون بلغت 2.7 كم/كم2 وبصفة عامة أن كثافة التصريف منخفضة، لان شبكة التصريف لم تكتمل إلى الصورة النهائية، نتيجة لظروف المناخ الجاف الذي يسود المنطقة مع وجود مساحات داخل الأحواض تغطيها الرواسب الحديثة ذات نفاذية عالية وقليلة الانحدار الذي انعكس دورها على انخفاض الكثافة التصريفية داخل الحوض.

هـ - معدل تكرار المجاري :

هذا المعدل يوضح النسبة بين أعداد المجاري والمساحة الحوضية ، فالمجاري المائية بمختلف رتبها تعمل على زيادة المساحة الحوضية عن طريق النحت الذي تزداد كثافته للرتبة الدنيا ، ويتم حساب تكرار المجاري(12) بالمعادلة التالية :

$$\text{تكرار المجاري} = \frac{\text{مجموع أعداد المجاري}}{\text{المساحة الحوضية كم2}}$$

من خلال الجدول رقم (10) يتضح تكرار المجاري في حوض وادي الزيتون 6.4 مجرى /كم2 وبعد معدلا منخفض جدا

أنماط التصريف لشبكات الأودية :

تأتي أهمية دراسة أنماط التصريف لشبكات الأودية كونها تعكس تأثير كل من الخصائص اللثيولوجية للصخور وميل طبقاتها وطبيعة انحدارها ، واثر حركات التصدع واتجاهاتها ، إضافة إلى نوع المناخ السائد والغطاء النباتي ، والتطوير الذي وصلت إليه أحواض التصريف ، ومن خلال دراسة أنماط التصريف التي توضحها شبكة تصريف حوض وادي الزيتون تتمثل بالاتي :-

نمط التصريف الشجري :

يمكن وصف حوض وادي الزيتون بصفة عامة بأنها ذا نمط تصريف شجري متوازي ، حيث يعتبر هو النمط السائد والأكثر انتشارا ومنه تلتقي الروافد ببعضها بطريقة غير منتظمة في كثير من الاتجاهات بحيث تصنع شبكات وروافد الأودية شكلا أشبه بفروع الأشجار تماما ، ويظهر هذا النمط في الطبقات الصخرية الأفقية والمائلة ميلا خفيفا بحيث يتفق الجريان مع الانحدار العام لسطح المنطقة بشكل متوافق مع الظروف البنيوية

القطاعات الطولية والعرضية للأودية :

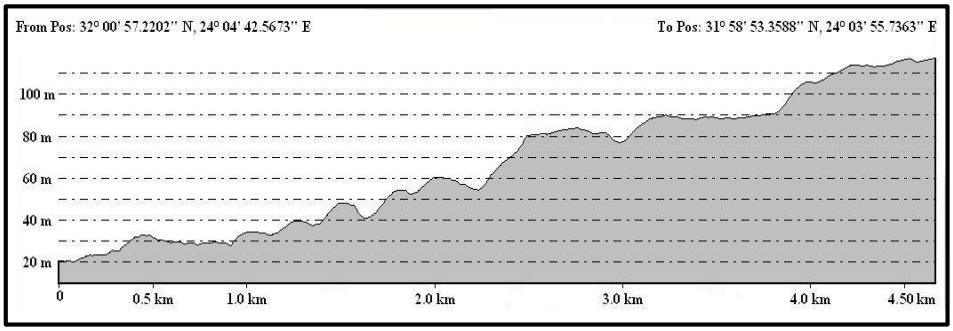
اثر الاختلافات اللثيولوجية للتكوينات الصخرية تظهر على طول القطاعات الطولية للأودية ، في صورة عدم انتظامها في الانحدار بشكل عام مما يفيد في معرفة المرحلة التحاتية التي وصلت إليه ودرجة تطورها ، ومن خلال شكل(4) نلاحظ أهم السمات العامة والخصائص التي تتسم بها :-

1. يظهر القطاع الطولي لوادي الزيتون مقعرة بشكل عام إلى أعلى وتنخفض درجة الانحدار بشكل عام على طول القطاع الطولي للوادي من المنبع حتى المصب .
2. تنتشر على طول القطاع الطولي للوادي العديد من نقاط تغير الانحدار وهي من أهم مظاهر عدم انتظام القطاع الطولي للوادي وهي مناطق يتغير فيها الانحدار بصورة فجائية نتيجة عبور الأودية تكوينات جيولوجية تختلف في خصائصها الليثولوجية أو تعرضها لعمليات تصدع تؤدي إلى تغير في مستوى القاعدة ، حيث تنشط عمليات النحت المائية الرأسية وتبدو الطبقات الصخرية الصلبة على هيئة مساقط مائية ذات جهات شديدة الانحدار .
3. على طول القطاع الطولي للوادي مغطى بكميات كبيرة من الرواسب وتتمثل في الكتل الصخرية الكبيرة والحصى والجلاميد والطين والرمال وتتسم اغلبها بالخشونة .
4. تمثل فئة الانحدار شبه المستوية والخفيفة والمتوسطة للقطاعات العرضية في قيعان الأودية وعلى المصاطب المستوية وفي الأجزاء الدنيا من القطاعات ، لذلك فقد

استغلت معظم المصاطب الرسوبية في الزراعة ، كما تتناقص هذه الفئات في الأجزاء الوسطى من قطاعات الأودية بسبب ضيق بطون الأودية واختفاء المصاطب الرسوبية وتركيز الأودية على النحت الرأسي بدلا من النحت الحالي .

5. تشكل فئة الانحدار الشديد نسبيا والشديد والجرفية اغلب الأجزاء الوسطى من الأودية خاصة المجرى الرئيسي من الوادي .

شكل (4) القطاع الطولي لحوض وادي الزيتون



الخلاصـــــــــــة :

- نلاحظ أن الصخور الجيرية التي تنكشف على سطح المنطقة ما بين الزمن الثالث (من الأوليجوسين – الموسين) إلى الزمن الرابع الذي يتكون من الأحجار الجيرية والدولومينية والطفلة الغني بالحفريات، وتظهر مكاشف هذه الصخور في بعض المقاطع الجانبية للأودية وعلى الحروف البحرية .
- الوادي تأثر بمجموعة من الصدوع واغلبها من النوع العادي في الجزء الشمالي من منطقة الدراسة ويعد الاتجاه السائد هو شرق / غرب / جنوب شرق / شمال غرب، وقد انعكس أثرها بشكل واضح على أشكال السطح في انتشار الحافات الصدعية، إضافة إلى العديد من الفواصل والشقوق الصخرية .
- تقع المنطقة ضمن المناخ الجاف وشبه الجاف ، الذي يتسم بارتفاع المدى الحراري اليومي والسنوي وتتفاوت فيها درجات الحرارة على مدار السنة .
- شبكات التصريف المائية لحوض وادي الزيتون وصلت إلى الرتب الخامسة وبلغ مجموع أعداد المجاري المائية 262 مجرى، ومجموع أعداد مجاري الرتبة الأولى والثانية معا حوالي 246 مجرى بنسبة 93.89% من أجمالي أعداد المجاري، وهذا يؤكد وجود علاقة بين الرتبة النهرية وأعدادها ومهما اختلفت مساحة الحوض فأن نسبة ما تساهم به الرتبة الأولى والثانية يزيد عن 90% من أجمالي أعداد المجاري

بالحوض، ومجموع أطوال المجاري بحوض وادي الزيتون 113.3 كم، وان متوسط نسبة التشعب بحوض وادي الزيتون 3.7، وهذا يدل على زيادة أعداد المجاري في الرتبة الأولى والثانية بشكل واضح .

- القطاع الطولي لوادي الزيتون يظهر مقعر بشكل عام إلى أعلى، وتنخفض درجة الانحدار بشكل عام على طول القطاع الطولي للوادي من المنبع حتى المصب.

التوصيات :

- الاستفادة من المياه أثناء سقوط الأمطار وذلك بإنشاء السدود الخراسانية على مجاري الأودية، إضافة إلى السدود الحجرية والترابية والاهتمام بصيانة الآبار الرومانية خاصة المنتشرة في منخفضات السقايف بمنطقة الدراسة وكذلك الصهاريج الخراسانية .
- يطلب أجراء دراسات هيدرولوجية لمعرفة وتقدير كمية المياه المتسربة من الوادي ووضع جدوى اقتصادية لتحديد كميتها والاستفادة منها.

الهوامـــــــش :

1. مركز البحوث الصناعية، خريطة ليبيا الجيولوجية (1974)، لوحة درنة، مقياس 1:250.000.
2. خليفة احمد الشحومي، 2003، مورفولوجية الكارست في المنطقة الممتدة من درنة إلى سوسة بالجبل الأخضر، شمال شرق ليبيا، رسالة ماجستير (غير منشورة) ، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة قاريونس، بنغازي.
3. احمد سعيد الشريف وآخرون، 1990، المسح الاقتصادي الشامل لإقليم بلدية البطنان، مركز البحوث والاستشارات، جامعة قاريونس ، بنغازي .
4. Industria Research Centre Tarabulus , 1984 , Geological ، Map of (Libya Explanatory Book at Ajdabiya sheet , 1:250,000 .
5. Geological Map of Libya Al Bardia Sheet 1:250000 1977
6. المركز الوطني للأرصاد الجوية، بيانات المناخ، محطة أرصاد طبرق للفترة من (1985 – 2007) (بيانات غير منشورة) .
7. جودة حسنين جودة، محمود محمد عاشور وآخرون، 1991، وسائل التحليل الجيومورفولوجي، دار المعارف، القاهرة ، الطبعة الأولى .
8. حسن رمضان سلامة، 1982، الخصائص الشكلية ودلالاتها الجيومورفولوجية، دورية علمية محكمة تعنى بالبحوث الجغرافية يصدرها قسم الجغرافيا بجامعة الكويت والجمعية الجغرافية الكويتية، العدد 43.
9. احمد احمد مصطفى ، 1987، الخريطة الكنتورية تفسيرها وقطاعاتها، دار المعرفة الجامعية الإسكندرية، الطبعة الأولى.
10. فتحي احمد الهرام، مجدي تراب، 1990، التطور الجيومورفولوجي لبعض أودية الجبل الأخضر باستخدام التحليل المورفومتري، مجلة قاريونس العلمية تصدر عن جامعة قاريونس بنغازي، العدد الرابع.

11. محمود محمد عاشور، 1986، طرق التحليل المورفومتري لشبكات التصريف المائي، دورية كلية الإنسانيات والعلوم الاجتماعية، جامعة قطر، العدد التاسع
12. حسن رمضان سلامة، 2004، أصول الجيومورفولوجيا، دار المسيرة للنشر والتوزيع والطباعة