

جيومورفولوجية البحر الميت



الدكتور عواد النواصرة

دكتوراه في الجيومورفولوجية التطبيقية

جيومورفولوجية البحر الميت

الدكتور عواد النواصرة

جامعة الزعيم الأزهري (الخرطوم)

دكتوراه في الجيومورفولوجية التطبيقية

عنوان المؤلف: عمان. المملكة الأردنية الهاشمية

٠٧٩٥٢٩٥١٤٣

Awad_naws@yahoo.com

فهرس المحتويات

رقم الصفحة	البيان
ط	قائمة الجداول
ي - ك	قائمة الاشكال
١٤-١	الفصل الاول المقدمة مشكلة البحث أهمية البحث فروض البحث حدود الدراسة المكانية الصعوبات التي واجهت البحث منهجية البحث الدراسة الميدانية
٤٠-١٥	الفصل الثاني الإطار النظري والدراسات السابقة التعريفات الدراسات السابقة تعليق على الدراسات السابقة السجل الجيولوجي للبحر الميت
٧٠-٤١	الفصل الثالث

	<p>الخصائص الطبيعية لمنطقة الدراسة</p> <p>موقع منطقة الدراسة</p> <p>المناخ</p> <p>الأمطار</p> <p>درجات الحرارة</p> <p>البنية الجيولوجية في منطقة الدراسة:-</p> <p>التركيب الصخري</p> <p>الصدوع</p> <p>تشكل الأغوار والبحر الميت</p> <p>تشكل البحر الميت</p> <p>بحيرة أصدام</p> <p>بحيرة السمرة</p> <p>بحيرة اللسان</p> <p>التربة والنبات الطبيعي</p>
١١٤-٧١	<p>الفصل الرابع</p> <p>الاشكال الجيومورفولوجية</p> <p>الخصائص التضاريسية:</p> <p>حفر الإذابة</p> <p>مراحل تشكل حفر الإذابة</p>
١٢٩-١١٥	<p>الفصل الخامس</p> <p>نتائج البحث</p>

	<p>المناقشة</p> <p>التوصيات</p> <p>المراجع</p> <p>أ. المراجع العربية</p> <p>ب. المراجع الأجنبية</p>
--	---

قائمة الجداول

رقم الصفحة	الجدول	الرقم
٣٤	المصادر المائية للبحر الميت قبل عام ١٩٦٠	١
٥٣	التكوينات الصخرية واعمارها	٢
٧٥	الخصائص التضاريسية لأحواض أودية الدراسة	٣
٧٨	الخصائص الانحدارية لأحواض أودية الدراسة	٤
٨٣	الخصائص الانحدارية لدلتا وادي الحسا	٥
٨٤	الخصائص الانحدارية لدلتا وادي النميرة	٦
٨٥	الخصائص الانحدارية لدلتا وادي الموجب	٧
٨٦	الخصائص الانحدارية لدلتا وادي الكرك	٨
٨٧	الخصائص الانحدارية لدلتا وادي المخيرص	٩
٨٨	الخصائص الانحدارية لدلتا وادي زرقاء ماعين	١٠
٩٣	درجة الانحدار والمسافة المكتسبة على حساب البحر	١١
٩٥	مقياس Wentworth، لتصنيف الرواسب	١٢

قائمة الاشكال

رقم الصفحة	الشكل	الرقم
٨	خريطة أودية الدراسة	١
٣٣	منسوب المياه التاريخي للبحر الميت	٢
٣٥	مرئية فضائية توضح انحسار المياه عن منطقة اللسان عام ١٩٨٩م	٣
٣٦	مرئية فضائية توضح انحسار المياه عن منطقة اللسان عام ٢٠٠٠م	٤
٣٧	خريطة تراجع خطوط ساحل البحر الميت الشمالي والجنوبي	٥
٣٩	مناطق ردف البحر الميت	٦
٤٠	خريطة أودية البحر الميت الشرقية	٧
٤٢	خريطة موقع الدراسة	٨
٤٤	المعدل السنوي للأمطار في منطقة الدراسة	٩
٤٥	المعدلات الشهرية للأمطار في منطقة الدراسة	١٠
٤٦	المنحنى التكراري للأمطار في منطقة الدراسة	١١
٤٧	تقدير المعدلات السنوية للأمطار في منطقة منتصف خط الساحل الشرقي للبحر الميت	١٢
٤٩	معدل درجات الحرارة الشهري في منطقة الدراسة	١٣
٥٤	الخريطة الجيولوجية لمنطقة الساحل الشرقي للبحر الميت والمناطق المحيطة	١٤
٥٧	الصدوع الرئيسية في منطقة البحر الميت	١٥
٥٨	الصدوع في منطقة الدراسة	١٦
٦٠	تشكل الأغوار وفق نظرية الحركة العمودية	١٧
٦١	تشكل الأغوار وفق الحركة الأفقية	١٨

٦٢	الصفحة الشرقية والغربية حسب الحركة الأفقية	١٩
٦٦	تشكل البحر الميت وفق النظرية الأفقية	٢٠
٦٨	تشكيلات الاملاح على شاطئ البحر الميت	٢١
٧٤	صورة جوية لوادي الموجب	٢٢
٧٧	الخريطة الموفومترية لمنطقة الدراسة	٢٣
٨١	الخريطة الجيومورفولوجية لمنطقة الدراسة	٢٤
٩٠	صورة جوية لبعض مناطق الساحل الشرقي للبحر الميت	٢٥
٩٧	الرواسب في دلتا وادي الكرك	٢٦
١٠١	أنماط تشكل حفر الإذابة في العالم	٢٧
١٠٣	حفرة إذابة في منطقة البحر الميت	٢٨
١٠٤	نموذج من حفر الإذابة في منطقة البحر الميت	٢٩
١٠٥	صور لحفر إذابة متجاورة	٣٠
١٠٧	الخريطة الجيولوجية لمنطقة تركيز حفر الإذابة	٣١
١٠٩	تتبع طبقات التربة في حفرة إذابة	٣٢
١١٠	حفر الإذابة في منطقة الدراسة	٣٣
١١٢	المرحلة الأولى لتشكيل حفر الإذابة	٣٤
١١٣	المرحلة الثانية لتشكيل حفر الإذابة	٣٥
١١٤	المرحلة الثالثة لتشكيل حفر الإذابة	٣٦

الفصل الأول

مقدمة الدراسة ومشكلتها

المقدمة

تشير الدراسات العلمية الحديثة إلى أن مستوى سطح البحر الميت قد انخفض بشكل واضح خلال الخمسين سنة الماضية بشكل ملفت للنظر، وقد أدت تلك العملية إلى ظهور الكثير من الآثار البيئية الجيومورفولوجية في البيئة المحيطة لساحل البحر الميت، تمثلت في ظهور حفر الإذابة في المناطق التي انحسرت عنها مياه البحر الميت مسببًا الكثير من الأضرار في الممتلكات العامة للمواطنين، إضافة إلى تزايد الحث الراسي والتراجعي للأودية التي تصب مباشرة في البحر الميت، وإعادة بث مرحلة التصابي في نهايات الأودية، ناهيك عن التأثير المباشر على قطاع السياحة بسبب تراجع المياه وانحسارها عن المنشآت السياحية وبقاء بعض الاستراحات والفنادق بدون شاطئ قريبة منها^(١). إضافة إلى العديد من الآثار البيئية الجيومورفولوجية والتي نتجت عن الانخفاض المباشر لمستوى سطح البحر الميت. فقد بلغت نسبة الانخفاض السنوي لمستوى سطح البحر الميت بحدود ٧٠ سم /سنويا، (Oroud،٢٠٠١). وبلغت كمية الانخفاض في مستوى سطح البحر

^١. محمد عبد الله الصالح ، بعض طرق قياس المتغيرات في أحواض التصريف ، مطابع الملك سعود ، الرياض ، ١٩٩٢م ، ص ١٦ .

الميت بحدود ٣٥م خلال الخمسين سنة الماضية. وقد رافق هذا الانخفاض تقلص واضح في مساحة البحر الميت والتي كانت قبل الخمسين سنة الماضية بحدود ١٠٩٦ كم^٢ وصلت في نهاية عام ٢٠١٣م بحدود ٦٠٠ كم^٢ (الدراسة الميدانية).

وتشير سجلات الجيولوجيا التاريخية أن مستوى البحر الميت تراوح بين ٣٣٥م إلى حوالي ٣٩٥م تحت مستوى سطح البحر خلال الألفي سنة الماضية (Klein، ١٩٨٢). وأن أكبر تغيير في منسوب مياه البحر الميت حدث بين 100 قبل الميلاد و 40 بعد الميلاد حيث ارتفع منسوب مياه البحر الميت حوالي ٧٠ م، من حوالي ٤٠٠ م إلى حوالي ٣٣٠ م تحت مستوى سطح البحر (Klein، ١٩٨٦). أما في الفترة من عام 1810 إلى ٢٠٠٦ فقد تعرض مستوى سطح البحر الميت لتذبذب بلغ ٣٠م، حيث بلغ عام ١٨١٠ بحدود ٣٩٩م تحت مستوى سطح البحر وصل إلى أقصى ارتفاع له عام ١٨٩٧ عندما بلغ ٣٨٩م تحت مستوى سطح البحر. أما حالياً فيبلغ منسوب البحر الميت ٤٢٦م تحت مستوى سطح البحر (شركة البوتاس العربية، ٢٠١٣). ويعود السبب في تذبذب منسوب مياه البحر الميت لغاية نهاية الخمسينيات من القرن الماضي إلى العوامل المناخية والتمثلة باختلاف كمية الأمطار من عام لآخر، وارتفاع معدل التبخر.

وقد توالى انخفاض مستوى سطح البحر الميت بشكل ملفت للنظر مع نهاية خمسينيات القرن الماضي نتيجة ظهور العامل البشري وتزايد تأثيره خلال السنوات اللاحقة. فقد حولت إسرائيل ما يزيد عن ٨٠٠ مليون متر مكعب من مياه نهر الأردن الرافد الرئيس المغذي للبحر الميت لري صحراء النقب (Abed,1990). إضافة إلى إنشاء السدود التخزينية على الأودية المغذية للبحر الميت على الجانب الأردني احتجزت ما يزيد عن ٣٠٠ مليون متر مكعب من المياه، (سلطة وادي الأردن، ٢٠١٠)^(٢) إضافة إلى النشاط الصناعي والمتمثل في استغلال أملاح البحر الميت لاستخراج البوتاس والأملاح الأخرى حيث يستهلك سنويا ما يزيد عن ٤٠٠ مليون متر مكعب من مياه البحر الميت نفسه. وفي المحصلة النهائية انخفضت كمية المياه الواصلة للبحر الميت من ١٦٠٠ مليون م^٣ عام ١٩٥٠م إلى حوالي ٣٠٠ مليون م^٣ في الوقت الراهن. (سلطة وادي الأردن، ٢٠١٠).

مشكلة البحث:-

قبل نهاية خمسينيات القرن الماضي كان التذبذب في مستوى سطح البحر الميت ناتجا عن عوامل طبيعية بحتة تمثلت في ارتفاع نسبة التبخر لإرتفاع درجة الحرارة واختلاف كميات الهطول السنوي للأمطار بين عام وآخر. وبعد تدخل العامل البشري في نهايات

^٢ . محمد عبد الله الصالح ، المرجع السابق ، ص ١٧ .

خمسينيات القرن الماضي والمتمثل في استغلال مصادر تزويد البحر الميت بالمياه، حدث خلل هائل في الموازنة المائية للبحر الميت. فقد تعرض مستوى سطح البحر الميت إلى تذبذب واضح خلال عدة آلاف من السنين الماضية، نتيجة عوامل طبيعية بحتة ناتجة عن تغيرات مناخية متعاقبة، ويعد تذبذب مستوى سطح البحر الميت مؤشرا واضحا على التقلبات المناخية التي سادت المنطقة لفترات طويلة من الزمن. فقد ارتفع مستوى سطحه خلال الفترة ١٧٠٠ - ١٩٠٠ نتيجة ازدياد التساقط المطري في الجزء الشرقي لحوض البحر المتوسط ليصل مستوى سطح البحر نهاية القرن التاسع عشر بحدود ٣٩٠ م تحت مستوى سطح البحر. وظل هذا الوضع قائما حتى بدا ينخفض سريعا في نهاية الخمسينيات نتيجة تحويل روافد نهر الأردن لري صحراء النقب من قبل إسرائيل، إضافة إلى النشاط الصناعي المتمثل في استغلال أملاح البحر الميت في الجانبين الأردني، والإسرائيلي، أسهم في التسريع في انخفاض مستوى سطح البحر الميت. ونتيجة الانخفاض المفاجئ في كمية المياه الواردة، حدث اختلال هائل في الموازنة المائية للبحر الميت، مما أدى إلى انخفاض مستوى سطحه بسرعة خلال الخمسين سنة الماضية. فقد كان مستوى سطح البحر الميت عام ١٩٥٥ بحدود ٣٩٢ م تحت مستوى سطح البحر وصل في منتصف عام ٢٠١٣ م إلى ٤٢٦ م تحت مستوى سطح البحر. (٣)

٣ . محمد محسوب ، جيورموفولوجيه الاشكال الارضية ، دار الفكر العربي ، القاهرة ، مديرية زراعة محافظة الكرك ، ٢٠١١م ، ص ٣ .

ومن هنا برزت مشكلة الدراسة ،فقد أدت عملية انخفاض مستوى سطح البحر الميت إلى التأثير الواضح على البيئة المحيطة تمثلت في تشكل حفر الإذابة (Sinkholes) بأعداد وأحجام مختلفة أثرت بشكل على بيئة استخدام الأرض في مناطق انتشارها وتحولت من خطر طبيعي إلى كارثة طبيعية. و أدى انخفاض مستوى سطح البحر الميت أيضا إلى التأثير الواضح على الأودية التي تصب بشكل مباشر في البحر الميت من حيث زيادة نشاط الحت الراسي والتراجعي وظهور التصابي النهري في نهايات الأودية، إضافة إلى زيادة درجات الانحدار وبالتالي زيادة خطر السيول على الممتلكات العامة وانجراف التربة والتساقط الصخري، وانتشار مخاريط الإرساب في المنحدرات المطلة على البحر الميت.

اسئلة الدراسة

تنير دراسة خط الساحل الشرقي للبحر الميت من الناحية الجيومورفولوجية مجموعة من الأسئلة أمام الباحث يمكن الإجابة عليها من خلال جمع المادة العلمية للدراسة، وتحليلها ومعرفة خصائصها المكانية من هذه الأسئلة:

١. ما هي الأسباب الطبيعية التي أدت إلى انخفاض مستوى سطح البحر الميت؟
٢. ما هي الأسباب البشرية التي أدت إلى انخفاض مستوى سطح البحر الميت؟
٣. كم يبلغ معدل الانخفاض السنوي لمستوى سطح البحر الميت؟

٤. كيف اثر انخفاض مستوى سطح البحر الميت على جيومورفولوجية دلتاوات الأودية؟

٥. ما هي العلاقة بين انخفاض مستوى سطح البحر الميت وتشكل حفر الإذابة؟

٦. ما علاقة انخفاض مستوى سطح البحر الميت وظهور القطاعات المحدبة والمقعرة؟

٧. كيف اثر انخفاض مستوى سطح البحر الميت على الخصائص الانحدارية على طول خط الساحل الشرقي للبحر الميت؟

٨. ما هو مستقبل البحر الميت في ظل الانخفاض المستمر في مستوى سطحه؟

أهداف البحث:-

ويهدف البحث إلى ما يلي :

١. التعرف على اهم الاثار السلبية لانخفاض مستوى سطح البحر الميت بالنسبة للدول المشاطئة.

٢. توضيح طبيعة العلاقة ما بين انخفاض مستوى سطح البحر الميت وكل من درجة الانحدار ومعدل الانحدار.

٣. التعرف على العلاقة ما بين انحسار مستوى سطح البحر الميت وتشكل حفر الاذابة. التعرف على الخصائص الانحدارية على اسطح دلتاوات الاودية وفي مجاري الاودية النشطة.

٤. معرفة اثر انحسار مستوى سطح البحر الميت والمسافة الافقية المكتسبة على حساب البحر.

أهمية البحث:

تأتي أهمية هذه الدراسة من خلال تقديم معلومات ميدانية مباشرة عن الأشكال الجيومورفولوجية السائدة في منطقة الدراسة، والخصائص الانحدارية للمنحدرات المطلّة على البحر الميت، إضافة إلى اختيار عينة دراسة مكونة من ستة أودية موزعة بالتساوي على طول الساحل الشرقي للبحر الميت وهي أودية من الشمال إلى الجنوب، وادي المخيرص، وزرقاء ماعين، وادي الموجب والكرك، وادي النميرة والحسا، ودراسة خصائصها الجيومورفولوجية للمجاري النشطة وما طرأ عليها من اختلافات خلال فترات زمنية مختلفة

تبرز أهمية الدراسة من خلال ما ستتطرق له من تأثير انخفاض مستوى سطح البحر الميت على البيئة المشاطئة للبحر، وتأثير ذلك الانخفاض على جيومورفولوجية البيئة المحيطة بمنطقة البحر الميت، خصوصا و أن منطقة الدراسة تعاني من هبوط واضح في مستوى سطح البحر الميت، والذي بلغ بحدود ٣٥م مما أدى إلى انحسار المياه عن مساحات واسعة من أراضي البحر شكلت بيئة خصبة للدراسة الميدانية. وتأتي أهمية الدراسة أيضا من خلال تحليل المخاطر البيئية لانحسار مياه البحر الميت وظهور ما يسمى حفر الإذابة والتي باتت تشكل خطر بيئي على النشاطات البشرية في منطقة البحر الميت.

وتأتي أهمية الدراسة أيضا من خلال ما ستقدمه من تحليل لخصائص البحر الميت، وأسباب انحسار مياهه، إضافة إلى السجل الجيولوجي لمستوى سطح البحر الميت لسنوات طويلة مضت. وستقدم الدراسة أيضا معلومات مهمة عن هيدرولوجية البحر الميت ومصادر تغذيته بالمياه.

فروض البحث:-

تمثل الفرضيات التالية الفرضيات الرئيسة للدراسة ، وقد تم توضيح متغيراتها وطرق قياسها في منهجية الدراسة :

١. تأثرت المناطق المشاطئة للبحر الميت بانخفاض مستوى سطحه.
٢. هل توجد علاقة ما بين المسافة الأفقية وكل من درجة الانحدار ومعدل الانحدار؟

٣. ما مدى تشابه الخصائص الانحدارية بين دلتاوات الأودية عينة الدراسة بحسب مدلول وسطها الحسابي والانحراف المعياري؟
٤. هل توجد علاقة معينة بين انحسار مياه البحر الميت أفقيا أو عموديا وتشكل حفر الإذابة؟

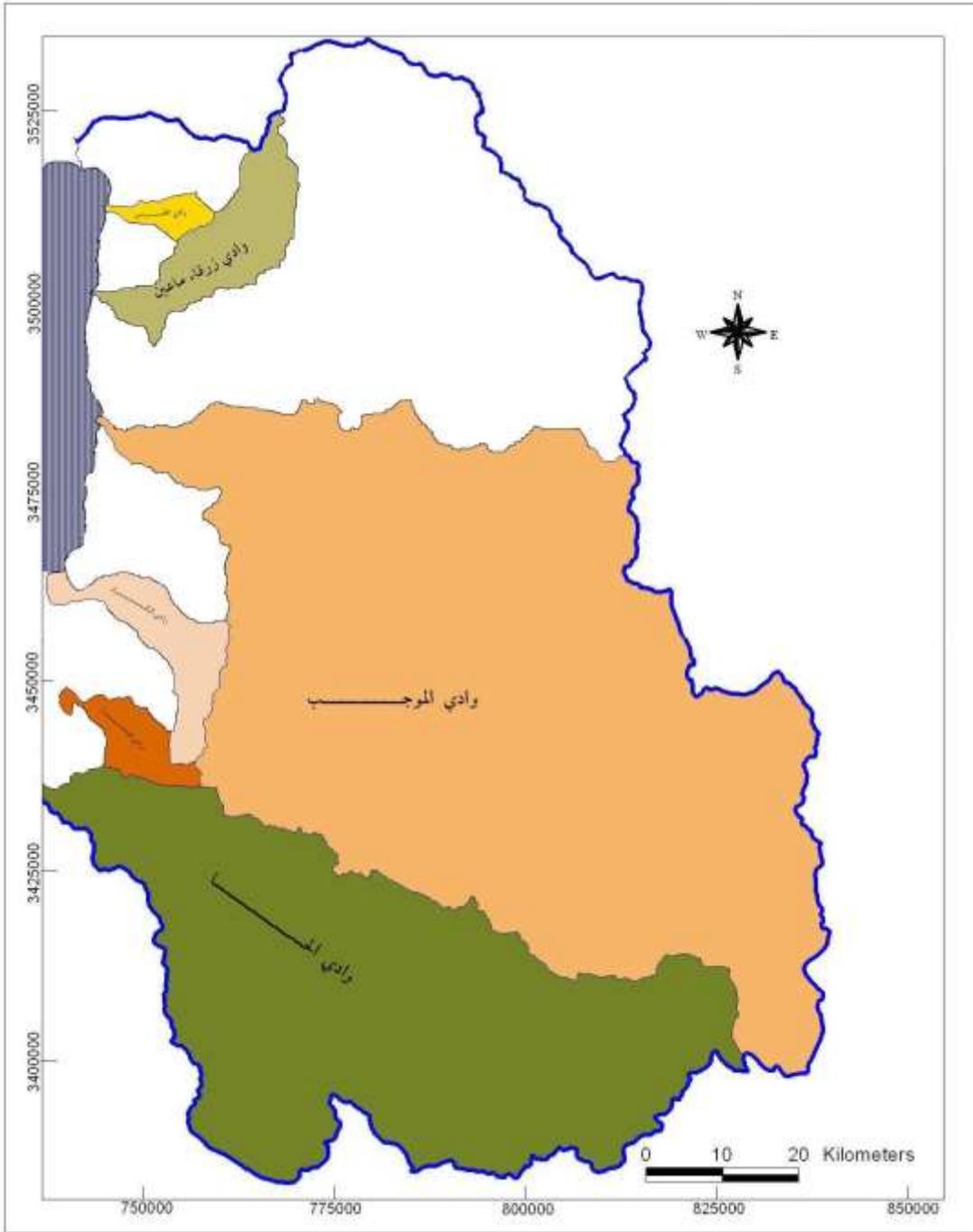
٥. ما طبيعة العلاقة من خلال تحليل نتائج معامل الارتباط ما بين درجة انحدار سطح الدلتا والمسافة المكتسبة على حساب البحر؟

٦. هل تتشابه الخصائص الانحدارية لأودية الدراسة من حيث التحدب والتعقر حسب نتائج معامل التقوس؟

حدود الدراسة المكانية

تمثلت الحدود المكانية لمنطقة الدراسة في خط الساحل الشرقي للبحر الميت، من منطقة غور سويمة شمالا الى غور فيفا والمعمورة جنوبا بطول حوالي ٩٠ كم. وقد اشتملت الدراسة حوضي البحر الميت الشمالي والجنوبي. وتم اختيار ستة اودية موزعة على طول خط الساحل الشرقي للبحر الميت، ففي شمال البحر الميت تم اختيار وادي المخيرص وزرقاء ماعين. وفي منطقة وسط خط الساحل الشرقي للبحر الميت تم اختيار وادي الموجب ووادي الكرك. اما في الحوض الجنوبي فقد نك اختيار وادي النميرة ووادي الحسا في النهاية الجنوبية الشرقية للبحر الميت. والشكل (١) موقع اودية الدراسة. وتم اختيار هذه الاودية بشكل يغطي منطقة الساحل الشرقي للبحر الميت كاملا. اضافة الى الاختلاف الواضح بين تلك الاودية سواء في مساحة حوض التصريف، والجريان الدائم والموسمي. حيث ان كل من وادي الموجب والكرك والنميرة والحسا ذات جريان مائي دائم. ووادي زرقاء ماعين يحتوى على جريان مائي معدني، ووادي المخيرص ذي الجريان المائي الوقتي اي وقت سقوط الامطار. وتحتوي جميع اودية الدراسة على جريان مائي غزير وقت سقوط الامطار على المرتفعات الشرقية والتي تعتبر منطقة ردف لتلك الاودية سواء بالمياه او الرواسب.

الشكل (١) خريطة اودية الدراسة



المصدر: الخرائط الطبوغرافية ١/٥٠٠٠٠/١٩٩٧م لوحات الكرك والطقيلة وعمان.

حدود الدراسة الزمانية:-

امتدت حدود الدراسة الزمانية من خلال تتبع السجل الجيولوجي للبحر الميت عبر عدة الاف من السنين الماضية. وركزت الدراسة على الفترة الزمنية من عام ١٩٦٠م حتي عام ٢٠١٣م .

الصعوبات التي واجهت البحث:-

نظرا لوقوع البحر الميت في مناطق ذات حساسية خاصة بين الدول الثلاث المشاطئة للبحر الميت وهي: الاردن، وفلسطين، ودولة الاحتلال اسرائيل، فقد واجهت الباحث الكثير من الصعوبات في التنقل في مناطق الدراسة، وان استخدام بعض الاجهزة والمعدات الازمة للدراسة بحاجة الى اذن مسبق من اصحاب الاختصاص خصوصا جهاز GPS. اضافة الى صعوبة الحصول على الصور الجوية والفضائية لسنوات سابقة تغطي كامل منطقة الدراسة بسبب عدم توفرها، وان توافرت بعضها فهي مرتفعة الثمن، ولا تباع لا في مراكز عسكرية.

وقد واجهت الدراسة صعوبات اخرى تمثلت في عدم وجود محطات رصد للبيانات المناخية في منطقة وسط البحر الميت، مما اضطر الباحث الى تقديرها بالطرق الرياضية المعروفة. اضافة الى صعوبة الوصول الى بعض المناطق نظرا لوعورتها الشديدة.

وتعتبر الصعوبات المادية من اهم المعوقات التي واجهت هذه الدراسة والمتمثلة في ارتفاع تكاليف الحصول على الصور الجوية والفضائية.

ومن الصعوبات الى واجهت الدراسة قلة الدراسات العلمية التي عالجت الناحية الجيومورفولوجية في خط الساحل الشرقي للبحر الميت وان وجدت فهي قديمة مقارنة بمقدار الانحسار الكبير في مستوى سطح البحر الميت في الوقت الراهن. اضافة الى انعدام الدراسات للحوض الجنوبي من البحر الميت والذي جف تماما في الوقت الراهن، حيث لم نجد اية دراسة عالجت انحسار مستوى البحر الميت في الحوض الجنوبي الا محاولة واحدة للباحث نفسة في كتاب سدوم وعمورة: دراسة في تشكل البحر الميت وحادثة الخسف عام ٢٠١٠م.

منهجية البحث:-

نظرا لاتساع مساحة منطقة الدراسة، وتعدد مصادر المعلومات، والحاجة الماسة إلى إجراء دراسات ميدانية لمنطقة خط الساحل الشرقي للبحر الميت، إضافة إلى صعوبة الوصول إلى بعض المناطق لغايات المسح الميداني نظرا لوعورتها الشديدة، فقد تم إتباع أساليب بحثية متعددة لتحقيق الهدف من الدراسة. فقد إتباع المنهج التاريخي للتعرف على فترات تراجع منسوب البحر الميت، ومتابعة السجل الجيولوجي التاريخي للبحر الميت من حيث النشأة والتكوين. وتم أيضا استخدام المنهج التحليلي والمنهج الوصفي، لتحليل و وصف البيانات التي تم الحصول عليها من مصادر عدة منها: المسح الميداني والخرائط الجيولوجية والطبوغرافية، ونتائج الدراسات السابقة عن المنطقة في مختلف الحقول العلمية. تم الحصول على

مصادر بيانات الدراسة من خلال الأبحاث المنشورة عن البحر الميت وبمختلف الحقول العلمية. وقد درست المنطقة من قبل عدة باحثين ومن جنسيات مختلفة مما اوجد صعوبة في التوفيق بين بعض مصطلحات الدراسة لاختلافها من باحث الآخر. وتم الرجوع إلى العديد من الدراسات السابقة المشابهة من حيث المنهج أو الموضوع لإحاطة الدراسة بنوع من الشمولية، ونظرا لافتقار مناطق واسعة من خط الساحل الشرقي للبحر الميت من دراسات سابقة فقد تم الاعتماد على الدراسة الميدانية المباشرة، وتحليل معطيات الصور الجوية والفضائية، للتغلب على هذه المشكلة.

ولتحقيق أهداف الدراسة تم استخدام ما يلي:

١. لغايات التعرف على طبوغرافية منطقة الدراسة والتراكيب الصخرية والجيولوجية، وإنتاج الخرائط اللازمة للدراسة، تم استخدام الخرائط الطبوغرافية والجيولوجية المختلفة، والتي تظهر الساحل الشرقي لمنطقة البحر الميت والمناطق الشرقية والتي تعتبر منطقة ردف لمنطقة الدراسة بما يهطل عليها من أمطار تتدفق إلى الأودية والتي تصب بدورها بشكل مباشر في البحر الميت. وتم استخدام لوحات الكرك، الرية، والطفيلة، عمان، بواقع ثلاث لوحات لكل منطقة بمقاييس وسنوات مختلفة.

٢. الصور الجوية والفضائية وذلك من اجل الاستفادة منها في تحليل الأشكال الأرضية باستخدام جهاز الستيريوسكوب وتوقيع الأشكال

الأرضية على خريطة الأساس التي سيتم إعدادها للمنطقة. بحيث يتم استخدام عدة أغطية من الصور الجوية لمنطقة الساحل الشرقي للبحر الميت ولسنوات متعددة بمقياس: ١: ٢٥٠٠٠ غير ملونة عام ١٩٥٣. ١: ١٠٠٠٠٠ غير ملونة عام ١٩٧٧. ١: ٢٥٠٠٠ غير ملونة عام ١٩٨٤. والصور الملونة: ١: ٢٥٠٠٠ عام ٢٠٠٠.

٣. استخدام برامج نظم المعلومات الجغرافية GIS لإنتاج خرائط الدراسة وتخزين المعلومات واسترجاعها عند الضرورة

٤. استخدام نظام التربيع الأردني (JTM) Jordan Transverse Mercator لتوقيع إحداثيات الخرائط، إضافة إلى جهاز Global Positioning System نظام تحديد الموقع العالمي، لتحديد المواقع بدقة والارتفاعات عن سطح البحر.

الدراسة الميدانية:-

لغايات تحقيق أهداف الدراسة، تم عمل دراسة ميدانية موسعة لمنطقة خط الساحل الشرقي للبحر الميت اشتملت على ما يلي:

١. دراسة مناطق تشكل حفر الإذابة بشكل عام ومناطق تركزها في غور الحديثة ومنطقة اللسان، حيث تم قياس محيط الحفر، وأعماق بعضها، وعمل مقاطع عمودية للرواسب في بعض الحفر غير الخطيرة. ودراسة توزيعها الجغرافي وأشكال انتشارها، وتم عمل سيناريو مقترح لتشكل الحفر من قبل الباحث، إضافة الي إنتاج خريطة لتوزيع الحفر في مناطق تركزها.

٢. قياس احجام عينات من رواسب الاودية النشطة على اسطح دلتاوات اودية الدراسة، بواقع ١٨٠٠ عينة موزعة على ستة اودية بواقع ٣٠٠ عينة لكل وادي من اودية الدراسة، واشتمل القياس على قياس الطول والعرض، والارتفاع لكل عينة . ثم استخراج المتوسط الحسابي لاحجام العينات. تم اعتماد معدل أنصاف أقطار الرواسب بدلالة الحجم كما يلي: (٤)

$$R = \left(\frac{3V}{4\pi} \right)^{\frac{1}{3}}$$

R = نصف القطر

V = الحجم

٣. عمل قياسات ميدانية لعينة من أودية البحر الميت لحساب المسافة المكتسبة على حساب البر الميت من الأراضي التي هجرها البحر بسبب انخفاض مستوى سطحه. إضافة إلى دراسة الرواسب على أسطح الدلتاوات وفي مناطق التعميق الراسي على سطح الدلتا للتعرف على طبيعة الترسيب، وحجم الرواسب.

٤. التقاط الصور الفوتوغرافية لبعض مناطق خط الساحل الشرقي للبحر الميت بهدف توضيح بعض الأشكال الأرضية والاستشهاد بها أينما كان ذلك ضروري.

٤ . محمد محسوب ، المرجع السابق ، ص ٤ .

الصيغ الرياضية والإحصائية:-

ولغايات تحقيق أهداف الدراسة تم استخدام العديد من الصيغ الرياضية ومنها: درجة الانحدار، معامل التقوس والتحدب، حساب المسافة المكتسبة على حساب البحر.

$$S = \left[\square h \left(\frac{180^\circ}{\pi} \right) \right] / L$$

الصيغة الآتية لحساب درجة الانحدار:

S. درجة الانحدار

$\square h$ الفرق في الارتفاع بين نقطتين

L. طول المجرى المائي.

$$T = \frac{\beta_1 - \beta_2}{L}$$

T. معامل التقوس

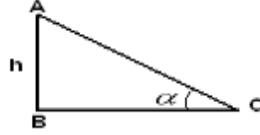
β_1 درجة الانحدار السفلى

β_2 درجة الانحدار العليا

L. طول المجرى المائي بين النقطتين (م)

ولحساب المسافة المكتسبة على حساب البحر تم استخدام الصيغة الآتية: (°)

° . المرجع السابق ، ص ٧ .



$$BC = \frac{h}{\tan \alpha}$$

وتم قياس نسب تكور الرواسب حسب معادلة التكور الصيغة

الرياضية الآتية:

$$\text{Sphericity} = \sqrt[3]{\frac{(L)^2}{w \cdot h}}$$

)

(الصالح، ١٩٩٢)

L . السمك

h . الطول

w . العرض

تم استخدام بعض الأساليب الإحصائية في هذه الدراسة لتحليل البيانات والربط بين متغيرات الدراسة المختلفة سواء التابعة أو المستقلة والتي تؤثر بشكل مباشر على المتغيرات التابعة وتم اعتماد مستوى سطح البحر الميت و لعدة سنوات متغير مستقل، إضافة إلى درجة الحرارة والأمطار، ومقدار الجريان السطحي للأشهر. وتم اعتبار المتغيرات الأخرى تابعة ومنها طول محيط الدلتا، والمسافة المكتسبة على حساب البحر، إضافة إلى مساحة الدلتا، وأحجام الرواسب،

وشكل وطبيعة الانحدارات السطحية، وحفر الإذابة. وتم استخدام عدة صيغ إحصائية لقياس علاقة الارتباط بين المتغيرات التابعة والمستقلة. إضافة إلى استخدام اختبار المعنوية الإحصائية لمعامل الارتباط ومستوى الدلالة الإحصائية، وإجراء مقارنة بين قيمة معامل الارتباط المحسوبة بالجدول الخاصة بالتوزيع للوصول إلى نتائج علمية تمكن من الخروج بنتائج دقيقة تمكن من تفسير بعض الظواهر المدروسة.

الفصل الثاني

الإطار النظري والدراسات السابقة

التعريفات:

ثبل الدخول في موضوع الاطار النظري للدراسة نود ان نعرض بعض التعريفات وهي^(٦):

المراوح الفيضية (Alluvial Fans): هي أجسام إرسابية تأخذ شكل المروحة اليدوية، فتكون عند مخارج الأودية والتقائها بمناطق خفيفة الانحدار التي تمثل قيعان الأحواض.

الدلتا (Delta) هي تكوين أرضي مثلث الشكل يتكون عند مصب النهر، عندما يلقي النهر بما يحمله من مواد إرسابية نتيجة انخفاض سرعته مما يؤدي إلى تراكم ترسبات النهر مع الزمن وأخذ اسم دلتا من الحرف الرابع للأبجدية اليونانية Δ والذي ينطق دلتا

مستوى القاعدة (Base Level): هو منسوب أو ارتفاع المصب الذي ينتهي إليه النهر وقد يكون هذا المستوى مستوى عاماً مثل منسوب سطح البحر محلياً .

تكوين البرج (Burj Dolomite) يعود إلى عصر الكمبري الأوسط ويتكون من الدولومايت والحجر الرملي والجيري، وتنشط فيه حركة التساقط الصخري والانهيارات الأرضية وينتشر مثل هذا التكوين في الأودية الجنوبية الشرقية للبحر الميت مثل أودية عسال والنميرة.

^٦ . يحي فرحان (واخرون) دراسات في جيومورفولوجية جنوب الاردن ، الجامعة الاردنية ، عمان ، ١٩٨٩م ، ص ٢٣ .

تكوين العصر الكمبري (Cambrian Rocks) يمثل تكوين عصر الكمبري بأقسامه الأوسط والأعلى، الأقدم في خط الساحل الشرقي للبحر الميت حيث يزيد عمره عن ٥٠٠ مليون سنة. ويضم هذا التكوين مجموعة رم والتي تتمثل بتكوين البرج وأم عشرين الرملي الرمال الخشنة المفككة (coarse loose sand) أهم الرسوبيات التي وجدت في الحوض الجنوبي وعلى أعماق مختلفة والتي تتميز بقلّة المواد اللاحمة بين أجزائها في معظم القطاعات وتزداد سمكا بالاتجاه إلى أطراف الحوض الجنوبي.

تكوين عصر الكريتاسي (Cretaceous Rocks) يتألف هذا التكوين من مجموعتان، مجموعة الكربن الأحمر، ومجموعة عجلون، ويتكون في معظمه من رمل متطبق متعدد الألوان يغلب عليه اللون البني والأصفر وينتشر في مناطق متعددة من الساحل الشرقي للبحر الميت خصوصا أودية الموجب وجنوب زرقاء ماعين وبعض الصخور المطلة على البحر الميت خصوصا في منطقة الخرزة غرب الكرك.

تكوين الدردور (Dardour Formation) ويتكون من جير الدولومايت والمارل الأسود المصفر مع الحجر الرملي المتقطع في المنطقة المحيطة بوادي الدردور، والذي يتميز بوجود انزلاق الواضح تبعا لطبيعة التكوين الهشة. وتنتشر بعض تكوينات الدردور ما بين وادي المخيرص في الشمال إلى وادي ابو خشبة في الجنوب وتنتشر الحبيبات الرملية البيضاء الناعمة والمتطبقة و حبيبات الكوارتز الحمراء الناعمة فيما يسمى بتكوين ماعين الرمل، وتكوين عين موسى.

البحر الميت (Dead sea) اشد المسطحات المائية ملوحة على سطح الأرض إذا يبلغ معدل ملوحة مياهه ٣٣/غم/لتر. وقد تكون قبل ١١ ألف سنة مضت. ويبلغ أقصى عمق لمياه البحر الميت بحدود ٤٠٠م وأقصى عرض ١٧كم بينما يبلغ طوله بحدود ٩٠كم وينقسم إلى حوضين شمالي وجنوبي تفصل بينهما شبه جزيرة اللسان والحوض الشمال اكبر من الحوض الجنوبي أما الحوض الجنوبي فقد جف تقريبا عام ١٩٩٠م . ويبلغ مستوى سطح البحر الميت حاليا ٤٢٦م تحت مستوى سطح البحر^(٧).

حوض البحر الميت الجنوبي (Dead Sea Basin.(N)) يبدأ من شبه جزيرة اللسان في غور المزرعة إلى النهاية الجنوبية للبحر الميت قرب وادي خنيزيرة بطول ٣٥كم وعرض ١٥كم وعمق ٦م .

حوض البحر الميت الشمالي (Dead Sea Basin.(S)) يبدأ من غور سويمية في الشمال إلى شبه جزيرة اللسان في الجنوب ويبلغ طوله حوالي ٦٠كم وعرض لا يتجاوز ١٧كم وأعمق نقطة ٤٠٠م .

الجيومورفولوجية (geomorpholog) فرع من فروع الجغرافية الحديثة، يهتم بدراسة سطح الأرض وصفاً وتحليلاً وتفسيراً، وكلمة جيومورفولوجية تعبير مشتق من عدة كلمات يونانية قديمة وهي geo ومعناها الأرض، و morphe ومعناها الشكل، logos ومعناها علم أو دراسة.

المتبخرات والرواسب البحرية (evaporites lucstrine) تتكون من الجبس، الارغوانيت، ويميل لونها إلى الأبيض مشابهة

^٧ . يحي فرحان (وآخرون) ، المرجع السابق ، ص ٢٤ .

بخصائصها العامة تكوينات اللسان، حيث تعد الأكثر انتشارا في منطقة الحوض الجنوبي و تحتاج إلى وقت أطول من غيرها في حدوث عملية الترسيب لأنها تترسب بشكل كيميائي.

الترسبات الناعمة (fine sediment) تتكون بشكل أساسي من أملاح رمادية اللون في أجزاء السطح العليا المكشوفة والرمال الناعمة، والصلصال، إضافة إلى الحمولة الناعمة الناجمة عن فيضانات الأودية والتي اختلطت مع رواسب اللسان والأملاح^(٨).

السهول الفيضية (Flood Plain) : هو شريط من الأراضي المنبسطة التي يطغى عليها النهر خلال مواسم الفيضان.

نظرية الحركة الأفقية (Horizontal Tectonics) إحدى نظريات تشكل الأغوار فتبين طبيعة الحركة على طول الصدع إلى الأمام أو إلى الخلف، و يتحرك جزء من الأرض أفقيا بالنسبة لجزء آخر لا يتحرك، فتحدث بذلك إزاحة جانبية بين نقطتين كانتا في الأصل نقطة واحدة فأصبحتا نقطتين تفصل بينهما مسافة أفقية تعتمد على مقدار الحركة، وتتم هذه الحركة في منطقة الأغوار على طول صدع يمتد على الجانب الشرقي للبحر الميت ووادي عربة، والأغوار بشكل عام^(٩)

بحيرة اللسان (Lisan Lake) امتدت من أطراف بحيرة طبرية في الشمال وحتى ٣٨ كم جنوبي البحر الميت الحالي. وقد تكونت هذه البحيرة، قبل حوالي ٥٠ ألف سنة، وقد وصل أعلى مستوى لبحيرة

^٨ . محمد محسوب ، جيومورفولوجية الاشكال الارضية ، مرجع سابق الذكر ، ص ١٨ .

^٩ . مرجع سابق الذكر ص ٢٠ .

اللسان بحدود ١٨٠م تحت مستوى سطح البحر، اعتماداً على انتشار تكوينات مارل اللسان.

شبه جزيرة اللسان (Lisan peninsula) تفصل الحوض الشمالي عن الحوض الجنوبي للبحر الميت وتتكون رقائق بيضاء اللون تحتوى على معادن الارغوانيت ورقائق رمادية من الجبس والطين والطباشير تكوين العصر الرباعي (Pleistocen) يتألف مجمل هذا التكوين من حصى مختلفة الأحجام والأشكال وتعرف بالكنجولومرات (conglomerates) بعضها جيد التماسك بفعل المواد اللاحمة. اما النوع الثاني من تكوين العصر الرباعي فيعرف باسم مارل اللسان وهو من بقايا رواسب بحيرة اللسان والتي كانت تغطي منخفض البحر الميت في العصر الرباعي الأعلى أي قبل ٧٠ الف سنة مضت وهي اما رقائقية من الكالست والارغوانيت او من الجبس السميك والرواسب الحطامية.

بحيرة السمرة (Samra Lake) امتدت بطول ٩٠ كم، ابتداءً من بيسان شمالاً وحتى عين الحصب جنوب البحر الميت، ويقدر عمرها بأكثر من ٧٠ ألف سنة وكانت تتخفض ٢٥٠م تحت مستوى سطح البحر المتوسط وسميت بهذا الاسم لان رسوبياتها تنتشر في منطقة خربة السمرة شمال شرق منطقة أريحا. ويعتقد ان أودية البحر الميت الحالية قد بدأت بالتشكل في تلك المرحلة^(١٠).

جبل اصدم (Sodom Mountain) يقع في الجهة الجنوبية الغربية للحوض الجنوبي للبحر الميت حيث يزيد ارتفاعه عن ٢٠٠م فوق مستوى سطح البحر وبعرض يزيد عن ٣كم وظهر هذا الجبل نتيجة

^{١٠} . محمد محسوب ، مرجع سابق الذكر ، ص ٢٦ .

الحركات التكتونية بعدما كان غارقا تحت مياه الحوض الجنوبي في فترات سابقة. ويحتوي على ما يزيد عن بليون طن من الملح الصافي. صدع البحر الميت الرئيس (The Dead Sea Transform Fault) أدى هذا الصدع إلى تطور خليج العقبة والأغوار بكامل الامتداد، والذي يبدأ من جبال طوروس شمالا وحتى هضبة البحيرات الإفريقية جنوبا ليشمل بذلك الأغوار الأردنية والبحر الأحمر، ويفصل هذا الصدع ما بين الصفيحة الشرقية والتي تشمل كل من الأردن وسوريا وشبة الجزيرة العربية عن الصفيحة الغربية والمتمثلة بصحراء سيناء وفلسطين.

تكوين ام عرنة الرملي (Umm Irna Sand Stone Formation) ينتشر في شمال وادي الموجب، وبعض الجروف المطلة على البحر الميت. والذي يتكون من الحجر الرملي المغطي بالطين.

تكوين ام عشرين (Umm Ishrin Sand Stone Formation) يعود هذا التكوين إلى عصر الكامبري الأسفل التأخر خصوصا في مناطق المجرى الأدنى لأودية الموجب والشقيق ووادي ابوخشبة. ويتالف هذا التكوين من حبيبات رملية ذات لون بني إلى اصفر ذات فواصل افقية.

بحيرة أصدام (Usdom Lake) تكونت بحيرة أصدام في مرحلة البلايوسين أي قبل حوالي ٣ إلى ٧ مليون سنة، وهي منخفض لم يهبط كثيرا عن مستوى البحر المتوسط الذي زودها بالمياه عن طريق اتصاله بها بعدد من الجروف وقد كانت المياه تتبخر مخلقةً أملاحاً

وصل سمكها إلى حوالي ٤٠٠٠م، ويعتقد أنها السبب الرئيس في ملوحة البحر الميت

نظرية الحركة العمودية (Vertical Tectonics) إحدى نظريات تشكل الأغوار حيث تقوم فكرة نظرية الحركة العمودية على أساس أن هنالك صدوع متوازية في اتجاه شمال جنوب من غور الأردن، تؤدي هذه الصدوع إلى حدوث عملية هبوط صغيرة عندما تتحرك الصخور إلى الأعلى أو إلى الأسفل باتجاه الصدع (عموديا) مما يشكل في النهاية منطقة منخفضة تمتد على شكل انهدام الأغوار

وادي النميرة (Wadi Numeira) يقع وادي النميرة ما بين غور عسال وغور الصافي في الجهة الشرقي من الحوض الجنوبي للبحر الميت ويبلغ طوله بحدود ٢٠كم ومساحة حوض التصريف ٨٥كم^٢ ويحتوي على جريان مائي دائم.

وادي المخيرص (Wadi Almkhirs) يقع وادي المخيرص في الجهة الشمالية من البحر الميت، وتبلغ مساحة حوضه تصريفه حوالي ٤٩كم^٢ ويبلغ طوله ١٨كم، وتشغل مساحة الدلتا للوادي حاليا مجموعة من الفنادق السياحية في البحر الميت.

وادي زرقاء ماعين (Wadi Blue Ma'in) يقع وادي زرقاء ماعين في الجهة الشمالية من البحر الميت وتبلغ مساحة حوض تصريفه بحدود ٢٧٠كم^٢ وطوله بحدود ٢٣ كم ويحتوي على تصريف مائي دائم ومياهه معدنية.

وادي الموجب (Wadi Mujib) يعتبر وادي الموجب من أكبر الأودية التي تصب في البحر الميت وتبلغ مساحة حوض تصريفه

بحدود ٢٦٨٠٠ كم وطوله ١٣٥ كم ويحتوي على تصريف مائي دائم ويقع في منتصف البحر الميت.

وادي الكرك (Wadi Karak) ويعتر وادي الكرك آخر الأودية التي تصب في الحوض الشمالي وتبلغ مساحة حوض تصريفه بحدود ٢٢١٦ كم وطوله حوالي ٤٥ كم ويحتوي على تصريف مائي دائم.

وادي الحسا (Wadi Hasa) من اكبر الأودية التي تصب في الحوض الجنوبي للبحر الميت وتبلغ مساحة حوض تصريفه بحدود ٢٣٧٠ كم، وطوله بحدود ٦٠ كم ويحتوي على تصريف مائي دائم.

الدراسات السابقة:

نظرا لأهمية التاريخية للبحر الميت عبر العصور، وأهمية الاقتصادية في الوقت الراهن. فقد تعددت الدراسات التي أجريت على مناطق البحر الميت وبحقول علمية مختلفة. ولكن جميع هذه الدراسات لم تعالج موضوع انحسار مستوى سطح البحر الميت بحوضيه الشمالي والجنوبي، وما نتج عن هذا الانحسار من آثار جيومورفولوجية وبيئية مختلفة عقب الانحسار الكبير الذي تعرض له

مستوى سطح البحر الميت خلال الخمسين عاما الماضية. وقد عالجت جميع الدراسات السابقة بعض أجزاء خط الساحل الشرقي الشمالي والأوسط للبحر الميت، ولم تتطرق إلى الحوض الجنوبي والذي يعتبر جزءاً لا يتجزأ من البحر الميت فجاءت هذه الدراسة لتكمل الجهود السابقة للباحثين في هذا المجال مشكلتنا إضافة نوعية من حيث طبيعة وأسلوب الدراسة المتبع. وقد عالجت العديد من الدراسات السابقة بعض المشاكل البيئي والمناخية الجيومورفولوجية لمنطقة البحر الميت ومن هذه الدراسات.

دراسة سلامة، (١٩٨٥) بعنوان: جيومورفولوجية الحافة الصدعية الشرقية لغور وادي الأردن. حيث تم تحديد ارتباط الحركات الصدعية التي شهدتها المنطقة قديماً، بالحافة الصدعية الشرقية لغور وادي الأردن، إضافة إلى تعرض المنطقة لحت مائي بفعل الأودية أسهم في إيجاد حافة صدعية من النوع الهدمي.

و درست الهلسة (١٩٨٦) حوض وادي الكرك: دراسة جيومورفولوجية، وقد ركزت الدراسة على التطور الجيومورفولوجي والجيولوجي الأشكال سطح الأرض، والإشارة إلى أماكن التعرية وانجراف التربة و أكدت الدراسة على أن حوض وادي الكرك بشكله وامتداده الحالي نتج عن حركات تكتونية، وتغيرات مناخية عبر العصور الجيولوجية المختلفة.

كما قام عوده، (١٩٨٧) بدراسة عنوانها: خرائط دلتاوات الساحل الشرقي للبحر الميت وخصائصها من منظور جيومورفولوجي. وقد تناولت الدراسة مجموعة العوامل التي ساهمت في التغير المساحي للدلتاوات على الساحل الشرقي للبحر الميت، خلال الفترة الزمنية الممتدة بين عامي ١٩٥١—١٩٨١، وقد درس الباحث هذه الظاهرة من خلال مقارنة صور جوية مختلفة للمنطقة من حيث تاريخ التقاطها، وقد تم إعداد خرائط لتسع عشر دلتا، و توصلت الدراسة إلى أن الاختلاف في مستوى سطح البحر الميت من أهم العوامل المؤثرة في تغير مساحات الدلتا لعدد من المجاري المائية في منطقة الدراسة وبينت الدراسة عدم وجود تناسق ما بين مساحة حوض التصريف، ومساحة الدلتا لوادي الموجب.

كما درس غنيم، عثمان، (١٩٨٧) جيومورفولوجية دلتا وادي زرقاء ماعين من اجل تقييم العوامل والعمليات التي أسهمت في تشكل وتطور الدلتا من حيث عمليات الهدم والبناء، والتطور المساحي وربطها مع منسوب البحر الميت لفترات سابقة.

وفي دراسة عودة، سميح، وسلامة حسن (١٩٨٨) بعنوان : التغيرات الجيومورفولوجية الإرسابية لوادي المخيرص على الساحل الشرقي للبحر الميت، حيث بينت الدراسة أهم الآثار التي ترتبت على التغيرات في منسوب البحر الميت وتحديد خصائص الأشكال

الأرضية ونوعية الرواسب وأهمية تلك التغيرات فيما يتعلق باستغلال موارد البحر الميت و إقامة المشاريع الاستثمارية.

دراسة الشلالدة ١٩٩٢م بعنوان جيومورفولوجية حوض وادي زرقاء ماعين حيث تناولت الدراسة حوض وادي زرقاء ماعين من حيث خصائص التصريف المائي للحوض، والخصائص الانحدارية، والوحدات الجيومورفولوجية في الحوض وخلصت الدراسة إلى توضيح الخصائص الجيومورفولوجية والمورفومترية للحوض وتوضيح الأشكال الجيومورفولوجية المنتشرة في الحوض المائي لمنطقة الدراسة.

كما درس عوده، (١٩٩٤)، دلتا الموجب وأفادت الدراسة أن دلتا الموجب قد تأثرت بالظروف الطبيعية مثل خشونة الحمولة النهرية، وزيادة حدة العمليات النهرية على البحرية، إضافة إلى تذبذب مستوى البحر الميت، وهبوط مستواه، وكيف أثرت تلك العوامل مجتمعة على مساحة دلتا وادي الموجب. وقام كل من عودة وسلامة، (١٩٩٦) بدراسة عنوانها:

Geomorphologic Effects Of Lowering Dead

Sea Levels Upon Mujib Delta during, 1953-1993. وقد

أوضحت الدراسة أن الخصائص الرسوبية لدلتا وادي الموجب قد تأثرت بظروف المناخ القديم، وان محتواها من المواد الرسوبية يختلف من مقطع إلى أخرى وان بيئة الترسيب مائية، وقد تم ذلك عن طريق تحليل لقطاعات ارسابية لمكونات الدلتا.

وقام سلامة (١٩٩٧) بدراسة تحت عنوان Geomorphology of the eastern coast of the dead Sea Jordan. وتم في هذه الدراسة التعرف على الخصائص والتغيرات الجيومورفولوجية للساحل الشرقي للبحر الميت من خلال الصور الجوية والدراسات الحقلية. وقد تم الربط ما بين التغيرات المناخية والعوامل البنائية في التأثير على جيومورفولوجية منطقة الدراسة من خلال النظام الفيضي للأودية، و خلصت الدراسة إلى أن التغيرات الجيومورفولوجية للساحل الشرقي للبحر الميت ناتجة عن المناخ السائد، والعوامل التكتونية، وهبوط مستوى الأساس في منطقة الدراسة.

وفي دراسة أبو غزالة، (٢٠٠٠)، بعنوان: تغير خط الساحل الشرقي للبحر الميت في الفترة ما بين ١٩٥٠ - ١٩٩٨. تناولت فيها التغيرات في خط الساحل الشرقي للبحر الميت والهبوط السريع لمستوى البحر الميت الناجم عن عوامل بشرية ومجموعة من العوامل المناخية، والهيدرولوجية، والجيولوجية. كما أشارت الباحثة إلى الآثار المترتبة على التغيرات المورفولوجية في منطقة الدراسة فيما يختص بأخطار البيئة واستثمار الموارد. وقد خلصت الدراسة إلى مجموعة من النتائج من أبرزها؛ أن الظروف الجوية التي سادت في فترات مختلفة، والحركات التكتونية الحديثة، والنشاطات البشرية، العوامل المسؤولة بالدرجة الأولى عن تذبذب مستويات البحر الميت. وأن أعلى معدل للهبوط السنوي للبحر الميت في القرن العشرين قد بلغ

٠,٩٥ م و ٠,٩٢ م سنويا. مما أدى إلى زيادة مساحة الدلتاوات في فترة الثمانينات بنسبة ٢٤,٨% والتسعينات ٤٤,٢%.

كما درست خرفان، (٢٠٠٤)، انحسار البحر الميت وتأثيره على المنطقة المحيطة. وقد ألفت الدراسة الضوء على أهم التغيرات التي طرأت على البحر الميت والمنطقة المحيطة به منذ عام ١٩٦٢ إلى عام ٢٠٠١ وقد أوضحت الدراسة أن مساحة البحر الميت قد تناقصت من ٩٨٣ كم ٢ عام ١٩٦٤ إلى ٦٤٨ كم ٢ عام ٢٠٠١، وذلك بسبب النشاطات البشرية. وقد تم الاعتماد على الصور الفضائية من القمر الصناعي لاندسات خلال عدة سنوات متعاقبة باعتبارها مصدر معلومات يمكن الاعتماد عليه في مثل هذا النوع من الدراسات.

وفي دراسة Y، Bartov.et al (٢٠٠٥) بعنوان: Morphological controls on Lake Lisan levels. تبين أن مستوى بحيرة اللسان كان يتذبذب ارتفاعا وانخفاضا، في فترة عمر البحيرة والتي سبقت مرحلة البحر الميت الحالي، من خلال تتبع مصاطب البحيرة. وقد تراوح مستوى بحيرة اللسان من ٣٣٠ و ١٨٠ م تحت مستوى سطح البحر، خلال ٥٥ ألف سنة مضت ، حيث تراوح مستوى البحيرة بحدود ٣٣٠ تحت مستوى سطح البحر في الفترة من ٣٠ إلى ٤٠ ألف سنة و ٢٨٠ م تحت مستوى سطح البحر في آخر

فترات بحيرة اللسان، وبينت الدراسة أن تذبذب بحيرة اللسان ناتج عن التقلبات المناخية في تلك الفترة .

وفي دراسة العواودة (٢٠٠٥) بعنوان: الآثار الجيومورفولوجية لعدم الاستقرار على بعض أودية البحر الميت. بينت الدراسة أن انخفاض مستوى سطح البحر الميت قد أدى إلى تكون مصاطب على جوانب الأودية بفعل استمرار عمليات التعميق الرأسية، وقد بينت الدراسة أيضا أن أسباب عدم الاستقرار في منطقة الساحل الشرقي للبحر الميت مردها إلى الحركات البنائية والعوامل البشرية.

ومن الدراسات التي تناولت حفر الإذابة على الساحل الشرقي للبحر الميت دراسة الوحوش، خلدون (٢٠٠٤) بعنوان : حفر الإذابة في جنوب شرق البحر الميت، حيث بينت الدراسة أن تراجع مستوى سطح البحر الميت سبب رئيس في تشكل حفر الإذابة، وعرضت الدراسة العديد من الصور الطبيعية والنماذج المقترحة لتشكيل الحفر في المنطقة.

ودرس Closson. Abou karaki (٢٠٠٨) حفر الإذابة في منطقة البحر الميت تحت عنوان: Human-induced geological hazard along the dead sea coast. وبينت الدراسة ان علاقة البحر الميت بتكون حفر الإذابة علاقة برزت من نهاية ثمانينيات القرن الماضي مع توالي الانخفاض في مستوى سطح البحر الميت وبعد ذلك التاريخ توالى تشكل الانخفاضات الأرضية

وحفر الإذابة بشكل سريع تزامن مع السرعة الكبيرة في انخفاض مستوى سطحه. وفي دراسة أخرى لكل من Itamar, (2000). ,
A. and Reizmann Yu تحت عنوان : Air photo survey of sinkholes in the Dead Sea area حيث بينت انتشار حفر الإذابة على طول الساحل الغربي للبحر الميت حيث اعتمدت الدراسة على الصور الجوية من الطائرات وبينت أيضا أن انخفاض مستوى سطح البحر الميت هو السبب الرئيس في تشكل تلك الحفر. ودرس كل من Closson. Abou karak (٢٠٠٣) منطقة حفر الإذابة في البحر الميت بدراسة تحت عنوان: Subsidence hazards in dead sea area وقد بينت الدراسة أن منطقتي البحر الميت شهدت العديد من تشوهات وأخطار نتيجة الانخفاض المطرد في مستوى مياه هذا البحر منذ أواسط الستينيات من القرن المنصرم باتت تترجم عمليا على هيئة انهيارات خسفية تهدد الإنسان و البنية التحتية في المنطقة مما يفرض ضرورة إجراء الدراسات الصارمة و الكاملة قبل الشروع بأعمال إنشائية في المناطق المهددة التي شهدت حتى الآن مجموعة من الحوادث لعل أهمها انهيار سد البوتاس رقم ١٩ عام ٢٠٠٠ و الاستغناء عمليا عن استخدام السد ١٨ لخطورة وضعه وتأثره بالانهيارات.

ومن الدراسات التي تناولت تبخر الماء من البحر الميت، ودور هذا العامل على التوازن المائي في البحر الميت، دراسة

Oroud ، (1999) بعنوان Temperature and evaporation dynamics of saline solutions .. حيث بينت الدراسة من خلال تحليل نظري، أن هناك علاقة وثيقة بين كمية التبخر من المحاليل المالحة كما هو الحال بالنسبة للبحر الميت، ومستوى ملوحة هذه المحاليل. وأشارت الدراسة إلى أن التبخر سينخفض بصورة ملموسة عند ازدياد ملوحة هذه المياه.

وفي دراسة لنفس الباحث Oroud ، (٢٠٠١) بعنوان: Evaporation From .the Dead Sea :past ,Present and Future Trends . أشار إلى أن ازدياد ملوحة البحر الميت ستخفض بشكل كبير من كمية التبخر من هذا المسطح المائي وقد أشار في بعض جوانب بحثه إلى أن التبخر من البحر الميت قد انخفض من ١٦٠٠--١٥٠٠ ملم/السنة قبل تحويل روافد نهر الأردن، عندما كانت كثافة البحر بحدود ١,١٧ غم/سم^٣ إلى أقل من ١٢٠٠ ملم/السنة في الوقت الراهن. وتتنبأ النموذج الذي طوره إلى أن كمية التبخر السنوية من البحر الميت ستستمر بالانخفاض في المستقبل.

وقد بينت دراسة، et al ، N . Lenskin (٢٠٠٥) بعنوان: .Water, Salt, and energy balances of the Dead Sea ، بالاعتماد على المعلومات المناخية والهيدرولوجية عن البحر الميت للسنوات من ١٩٩٦ إلى ٢٠٠١، أن معدل التبخر في البحر الميت قد بلغ ما بين ١١٠٠ إلى ١٢٠٠ /ملم/ السنة، ومعدل المياه الواردة للبحر يتراوح ما بين ٢٦٥ إلى ٣٢٥ م^٣/السنة.

ودرس النواصرة، عواد ٢٠٠٦م البحر الميت من منظور جيومورفولوجي بعنوان اثر انخفاض مستوى سطح البحر الميت على

جيو مورفولوجية الأودية ، وقد اختار خمسة أودية علة الساحل الجنوبي الشرقي للبحر الميت،، وقد أثبتت تلك الدراسة وأكدت على اثر توالي انخفاض منسوب البحر الميت على الأودية عينة الدراسة.

تعليق على الدراسات السابقة:-

وعلى الرغم من تعدد الدراسات التي تناولت بعض الخصائص الجيومورفولوجية للأودية الشرقية للبحر الميت، عقب الانحسار الكبير لمستوى سطح البحر الميت، فقد جاءت هذه الدراسة لتضيف جزءاً مكملاً لتلك الدراسات. وذلك بأنها الدراسة الأولى التي تتطرق إلى الحوض الجنوبي للبحر الميت ، إضافة إلى الحوض الشمالي والذي درسه العديد من الباحثين على اختلاف جنسياتهم. علماً أن لهذه الدراسة أهمية نظرية وتطبيقية في آن واحد. فمن الناحية النظرية فإنها تلقي الضوء على استجابة الأودية للانخفاض الكبير في البيئة الإرسابية وديناميكية هذه الاستجابة عقب الانحسار الكبير لمستوى سطح البحر الميت. إضافة إلى أثر التصريف النهري على ديناميكية النحت والنقل والإرساب. وتشكل حفر الإذابة في المنطقة . أما من الناحية التطبيقية فان الدراسة توضح كيفية استجابة الأشكال الأرضية من تعميق وحت وإرساب، وإعادة تشكيل، ضمن مصبات الأودية المختلفة(الدلتاوات) والتي تستخدم حالياً لغايات إقامة المنشآت السياحية، أو المناطق الزراعية كما في دلتا وادي الموجب. وتم استخدامها أيضاً لإنشاء الجسور والعبارات على الطرق الرئيسية.

تختلف هذه الدراسة عن الدراسات السابقة التي أجريت على منطقة البحر الميت، حيث ركزت الدراسات السابقة على مناطق محددة من

البحر الميت، إضافة الي عدم شمولية تلك الدراسات على مخاطر ما بعد انحسار مستوى البحر الميت، وعدم شمول الحوض الجنوبي للبحر الميت بأية دراسة سابقة، علما بان الحوض الجنوبي كان السبب الرئيس بملوحة البحر الميت، ودليل ذلك وجود جبل أصدام في النهاية الجنوبية للبحر الميت.

وتتشابه هذه الدراسة مع الدراسات السابقة بإظهار عناصر المناخ والتربة والتكوينات الصخرية لمنطقة الدراسة، إضافة الي التشابه بدراسة السجل الجيولوجي للبحر الميت ولسنوات طويلة. وقد أظهرت هذه الدراسة تميزا عن الدراسات السابقة في أنها كانت أكثر شمولية من غيرها من الدراسات التي ناقشت موضوع البحر الميت بمختلف الحقول العلمية. فقد تناولت هذه الدراسة بعدا مكانية ميزها عن غيرها حيث تم إضافة الحوض الجنوبي إلى الحوض الشمالي وشموله بهذه الدراسة كأول محاولة من هذا النوع. واعتقد بان السبب الرئيس لابتعاد الدراسات السابقة عن الحوض الجنوبي هو عدم توفر دراسات سابقة ذات منهجية علمية للاعتماد عليها، إضافة إلى اتساع منطقة الدراسة مما يتسبب بزيادة الجهد المبذول، والتكلفة على الباحث.

السجل الجيولوجي للبحر الميت

يشير السجل الجيولوجي لمنطقة البحر الميت شماله وجنوبه، تكون العديد من البحيرات قبل أن يتخذ البحر الميت شكله الحالي، وهذه البحيرات، متباينة من حيث الامتداد الأفقي والارتفاع عن

مستوى سطح البحر، إضافة إلى التباين من حيث فترة الاستمرار (Neev and emery,1967)^(١١). وتعتبر بحيرة أصدام أول البحيرات التي شغلت منخفض الأغوار في مرحلة البليوسين أي قبل حوالي ٣ إلى ٧ مليون سنة، وقد شغلت مساحة البحر الميت الحالي واكبر قليلاً وهي منخفض لم يهبط كثيراً عن مستوى البحر المتوسط الذي زودها بالمياه عن طريق اتصاله بها بعدد من الجروف، ويعتقد أن وادي جرزيل ما بين حيفا وطبريا كان إحدى الجروف التي توصل البحر المتوسط مع منخفض البحر الميت وتزوده بالمياه، والتي كانت تتبخر مخلقةً أملاحاً وصل سمكها إلى حوالي ٤٠٠٠م، ويعتقد أنها السبب الرئيس في ملوحة البحر الميت (عابد، ١٩٨٥). وقد شبه الباحث نظام بحيرة أصدام بنظام تكون الشطوط أو السبخات في المناطق الصحراوية حيث أنها ذات مياه ضحلة من حيث العمق، حيث تتبخر المياه في فترات الجفاف مخلقة أملاح وأراضي ملحية، (النواصرة، ٢٠٠٦).

وأطلق العلماء على ثاني البحيرات التي تشكلت في منخفض البحر الحالي اسم بحيرة السمرة، والتي امتدت بطول ١٩٠ كم، ابتداءً من بيسان شمالاً وحتى عين الحصب جنوب البحر الميت، ويقدر عمرها بأكثر من ٧٠ ألف سنة (Bentor,1961). وكانت تتخفّض

^{١١} . شهرزاد أبو غزالة ، تغير خط الساحل الشرقي للبحر الميت في الفترة من (١٩٥٠-١٩٩٧م) رسالة ماجستير غير منشورة ، الجامعة الاردنية ، عمان الاردن .

٢٥٠م تحت مستوى سطح البحر المتوسط ويعتقد بأن مياهها عذبة بسبب انقطاع الاتصال مع البحر المتوسط. وسميت بهذا الاسم لان رسوبياتها تنتشر في منطقة خربة السمرة شمال شرق منطقة أريحا. ويعتقد أن أودية البحر الميت الحالية قد بدأت بالتشكل في تلك المرحلة، (عابد، ١٩٨٢) (١٢).

أما آخر البحيرات الحقيقية والتي سبقت تشكل البحر الميت الحالي فهي: بحيرة اللسان، وقد امتدت من أطراف بحيرة طبرية في الشمال وحتى جرف خنيزيرة ٣٠ كم جنوب الحوض الشمالي للبحر الميت بطول ٢٢٠ كم (عابد، ١٩٨٦). وقد استمرت البحيرة حوالي ٥٠ ألف سنة، إذ تكونت قبل ٧٠ ألف سنة وانتهت قبل ١٦ ألف سنة منذ الآن، (Y، Bartov، et al, 2000). وقد وصل أعلى مستوى لبحيرة اللسان بحدود ١٨٠م تحت مستوى سطح البحر، اعتمادا على انتشار تكوينات مارل اللسان، (Neev and Emery, 1967). أما مياه بحيرة اللسان فقد كانت عذبة في فترات الرطوبة ومالحة في فترات الجفاف . ويرى الكثير من الباحثين أن بحيرة اللسان آخر البحيرات الكبيرة التي سبقت تشكل البحر الميت الحالي

ومع نهاية فترة بحيرة اللسان سادت بحيرة اصغر بكثير من بحيرة اللسان وهي بحيرة دامية (نسبة إلى انتشار رواسبها حول منطقة

^{١٢} . شهرزاد ابو غزالة ، مرجع سابق الذكر ، ص ٩٠ .

جسر دامية) استمرت قرابة ٢٠٠٠ عام (Abed,1984) ومع نهايتها شهدت المنطقة فترة شديدة الجفاف مما أدى إلى جفاف معظم الأجسام المائية في الأغوار، مما أدى إلى تقدم مسار السيول والأودية إلى ابعدها مما كانت عليه من قبل. وقد تشكل البحر الميت عقب انحسار البحيرات سابقة الذكر في نفس المكان قبل ١١ ألف سنة مضت. وقد أكدت بعض الدراسات أن البحر الميت قد تشكل بعد تكون عدة بحيرات سبقت مرحلة البحر الميت الحالي وان بعض هذه البحيرات كانت ذات مياه عذبة ومن الذين تم الاسترشاد بنتائج دراساتهم عن البحر الميت ، Bentor,1961,Picard,1941, Begin,1974,Bowman,1971, ، إضافة إلى عابد ١٩٨٥، والياس سلامه، والريماوي، ١٩٨٦، وغيرهم الكثير من العلماء وقد اتفقوا على انخفاض البحر الميت قد شغله عدة بحيرات سبقت تشكل البحر الميت الحالي وهي بحيرة أصدام، بحيرة السمرة، بحيرة اللسان ، وبحيرة دامية ، والبحر الميت الحالي (١٣).

يشير السجل الجيولوجي طويل الأمد لمستوى سطح البحر الميت أن مستوى سطح البحر القديم قد مر في عدة مراحل. ففي الفترة الزمنية التي امتدت من ٨٣٠٠ ق. م لغاية ٦٠٠٠ ق. م وصل فيها معدل مستوى سطح البحر الميت بحدود ٣٤٠ م تحت مستوى

^{١٣} . حسن رمضان سلامة ، التحليل الجيومورفولوجي للخصائص المورفومترية المائية في الاردن ، دراسات ، مجلد رقم ٧ - ١١٤ - ١٩٨٠ ، ص ٧٩ .

سطح البحر. ومن ٤٠٠٠ ق.م إلى ٢٩٠٠ ق.م تراوح معدل مستوى سطح البحر الميت حول ٣٧٠م تحت مستوى سطح البحر. وطوال الفترة التاريخية الممتدة من ١٤٠٠ ق.م إلى ٨٠٠ ق.م وصل فيها مستوى سطح البحر بحدود ٣٨٥م تحت مستوى سطح البحر. ومن ٣٠٠ ق.م إلى ١٠٠ ق.م ارتفع مستوى سطح البحر الميت إلى ٣٩٢م تحت مستوى سطح البحر. ومن القرن الأول للميلاد إلى عام ١٩٥٠م تراوح معدل مستوى سطح البحر الميت حول ٣٩٢م تحت مستوى سطح البحر، وتعد العوامل المناخية والمتمثلة في تقلبات الأمطار، وارتفاع معدل التبخر هي المسؤولة عن هذا الانخفاض في مستوى سطح البحر الميت، (Frumkin, A. et al. 2001). وقد حدث أكثر ارتفاع في مستوى سطح البحر الميت في الفترة ما بين ١٠٠ قبل الميلاد و ٤٠ بعد الميلاد، وكان بحدود ٧٠ متر (١٩٨٥، Klein)، شكل (٢).

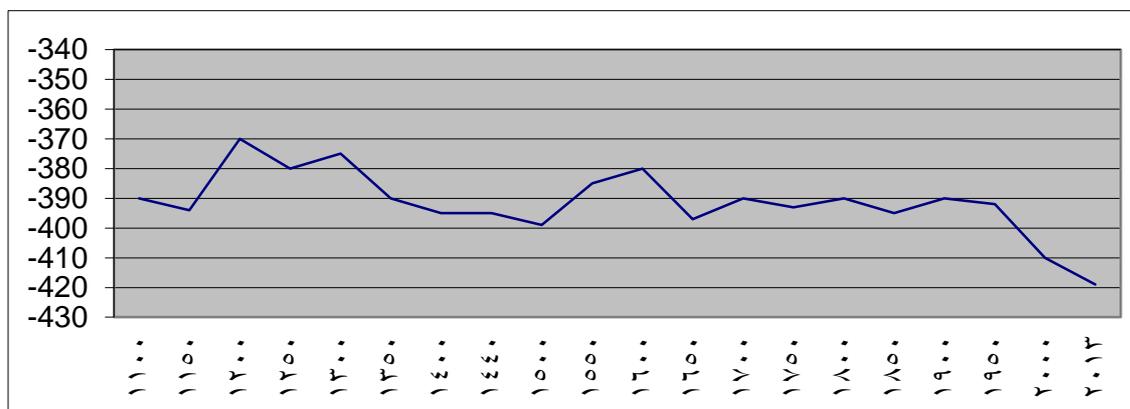
وقد استمر مستوى سطح البحر الميت يتذبذب ارتفاعا وانخفاضا حتى أواخر الخمسينيات من القرن الماضي نتيجة عوامل مناخية والمتمثلة في تذبذب كميات الأمطار السنوية، ودليل ذلك أن الهبوط في منسوب مياه البحر الميت خلال أعوام ١٩٣٤ و١٩٥٤، تطابق مع فترة هبوط معدل الأمطار الهاطلة على الحوض المغذي للبحر الميت. علما بأن مستوى البحر الميت طوال تلك الفترة قد تآرجح حول ٣٩٥م تحت مستوى سطح البحر، وذلك لان معدل التبخر من

سطحه مساويا لكمية المياه الواصلة إليه أي أن سطح البحر الميت كان ينخفض بمقدار ١٦٠ سم تعوضه كميات الأمطار الهائلة سنويا،(Oroud،٢٠٠١)^(١٤) .

^{١٤} . حسن رمضان سلامه ، مرجع سابق الذكر ، ص ٨٠ .

شكل (٢) منسوب المياه التاريخي للبحر الميت منذ القرن

الأول للميلاد وحتى عام ٢٠١٣



المصدر: الباحث معدل عن Klein، ١٩٨٥.

ومنذ عام 1964 اضطرت العلاقة التاريخية بين المطر ومنسوب البحر الميت بعد قيام إسرائيل بتحويل ما بين ٦٠٠ إلى ٧٠٠ مليون م^٣ من مياه نهر الأردن لغايات الزراعة، والشرب في الأراضي التابعة لإسرائيل في وادي عربة (Abed, 1990). كما عملت الأردن على إقامة السدود المائية على نهر اليرموك والأودية الشرقية في الأردن بسعة تخزينية بحدود 230 مليون م^٣. كما عملت سوريا أيضا عدة مشاريع زراعية تخزينية للمياه على نهر الأردن، مما

أدى إلى خفض كمية المياه الواصلة للبحر الميت من ١٦٠٠ مليون م^٣ إلى حوالي ٣٠٠ مليون م^٣ في الوقت الراهن. (سلطة وادي الأردن، ٢٠٠٦). وجدول (٢) يعرض كمية المياه التي كانت تصل إلى البحر الميت قبل عام ١٩٦٠. وهناك عامل آخر أدى إلى المزيد من الانخفاض في مستوى البحر الميت والمتمثل في قيام الصناعات المعتمدة على أملاح البحر الميت على الجانب الأردني والإسرائيلي. فقد تراوحت كميات المياه المستهلكة من قبل شركة البوتاس العربية على الجانب الأردني ما بين ١٨٠ إلى ٢٠٠ مليون م^٣ سنوياً (شركة البوتاس العربية، ٢٠٠٦). وقد أدت العوامل السابقة مجتمعة إلى أن يصل مستوى سطح البحر الميت حالياً ٤٢٦ م تحت مستوى سطح البحر. والاشكال ٣، ٤، مرئية فضائية توضح انحسار المياه في منطقة اللسان بين عام ١٩٨٩ م وعام ٢٠٠٠ م. حيث نلاحظ مدى تسارع انحسار المياه عن منطقة اللسان خلال ١١ عام فقط والشكل (٥) خريطة خطوط تراجع البحر الميت.

جدول (١) المصادر المائية للبحر الميت قبل عام ١٩٦٠

المصدر	الكمية م م ٣
بحيرة طبريا	542
منطقة رافد البحر الميت الشرقية	826
منطقة رافد البحر الميت الغربية	212
وادي عربة	81
المجموع	1661

المصدر: سلطة وادي الأردن، ٢٠٠٦ م

الشكل (٣) مرئية فضائية توضح انحسار المياه عن منطقة اللسان

عام ١٩٨٩م



المصدر: المركز الجغرافي الملكي الاردني ٢٠٠٦م

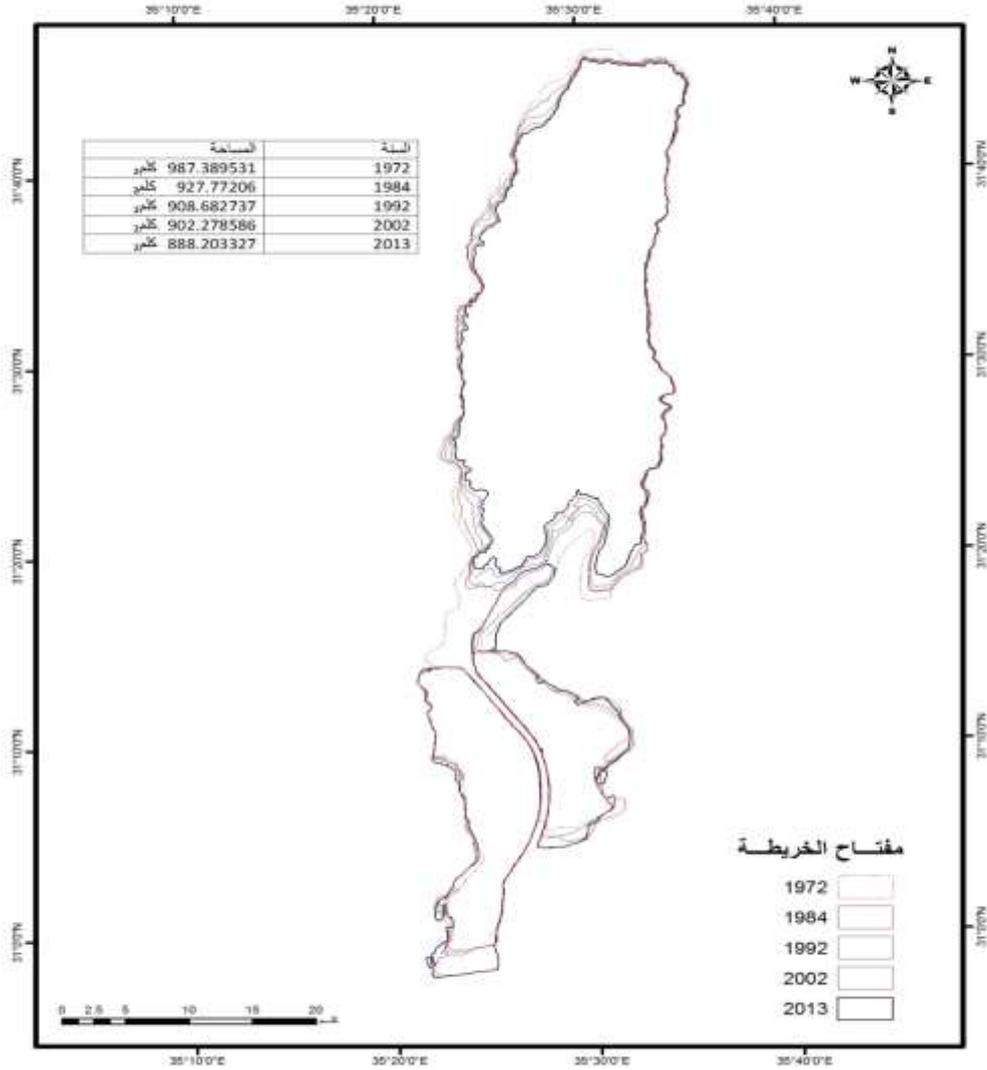
الشكل (٤) مرئية فضائية توضح انحسار المياه عن منطقة اللسان

عام ٢٠٠٠م



المصدر: المركز الجغرافي الملكي الاردني ٢٠٠٦م

الشكل (٥) خريطة تراجع خطوط ساحل البحر الميت الشمالي والجنوبي من عام ١٩٧٢م و لغاية عام ٢٠١٣م



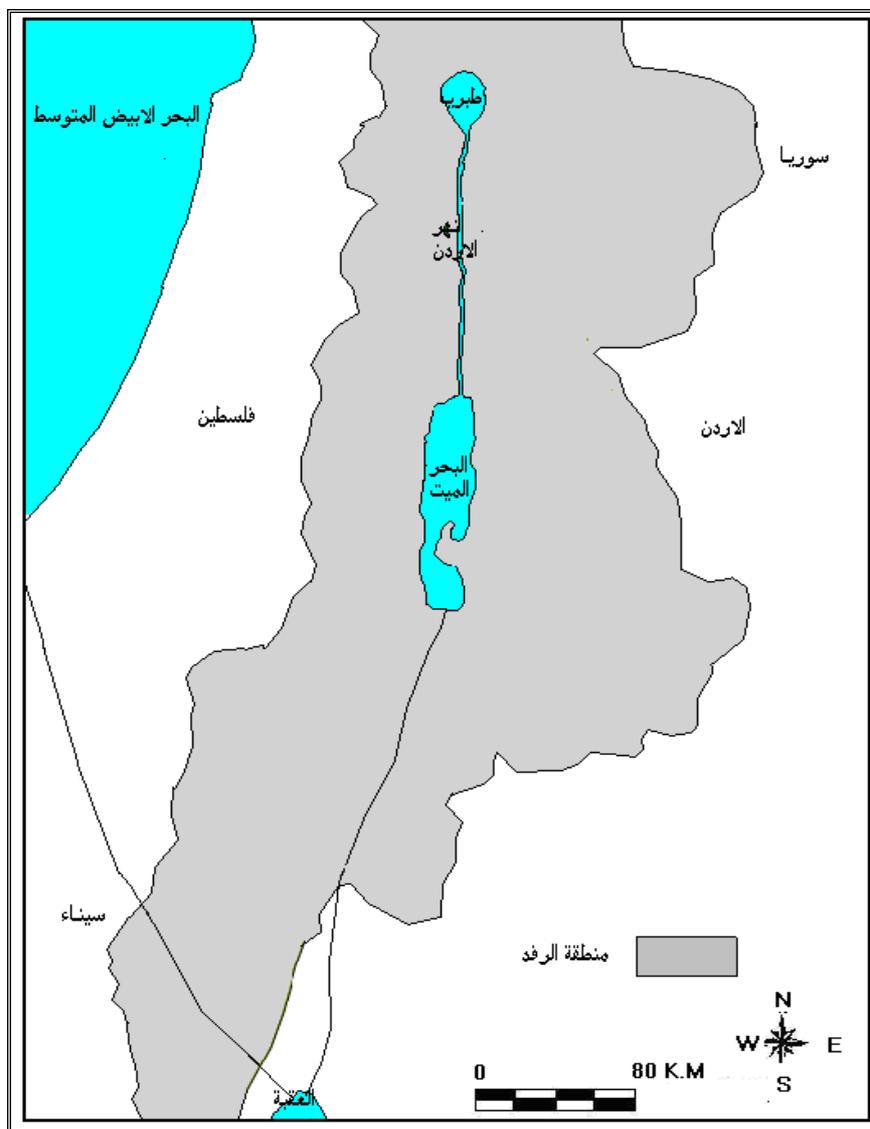
المصدر: عدة أغطية من الصور الفضائية للسنوات

المذكورة

وتبلغ مساحة المجاري المائية المغذية للبحر الميت حوالي ٤٠ ألف كم^٢ الشكل (٦). وتأتي معظم تدفقات المياه للبحر الميت من مناطق ذات الكثافة المطرية النسبية لمجرى نهر الأردن من الشمال والمنحدرات الشرقية والغربية المحيطة بالبحر الميت. ويصل المعدل المطري فوق البحر الميت بحدود ٩٠ ملم/السنة. ومعدل درجة الحرارة ٢٥س والتبخّر السنوي المحتمل ٣٠٠ ملم (Oroud, 2001).

وتقسم مصادر المياه التي ترفد البحر الميت إلى عدة أقسام وأهمها نهر الأردن والذي كان يزود البحر الميت بقرابة ١٢٠٠ مليون متر مكعب من المياه سنويا في الخمسينيات من القرن الماضي. وتأتي مياه نهر الأردن من عدة انهار أهمها بانياس والحاصباني والدان. ومجموع المياه من تلك الأنهار تصب في بحيرة طبريا ثم يتابع سيره إلى أن يصب في البحر الميت، وقبل ذلك ترفده عدة أودية وانهار صغيرة من الجانب الشرقي وأهما نهر اليرموك، نهر الزرقاء، وادي شعيب وحسبان. ومن مصادر المياه للبحر الميت مجموعة الأودية الشرقية التي تصب مباشرة في البحر الميت سواء جريان دائم أو موسمي أثناء فيضانات تلك الأودية ومنها زرقاء ماعين، مياه الزارة، والكرك، وابن حماد، النميرة وعسال والحسا حيث ترفد تلك الأودية البحر الميت سنويا ما مجموعه ٤٠٠ مليون متر مكعب سنويا (Bentor, 1961).

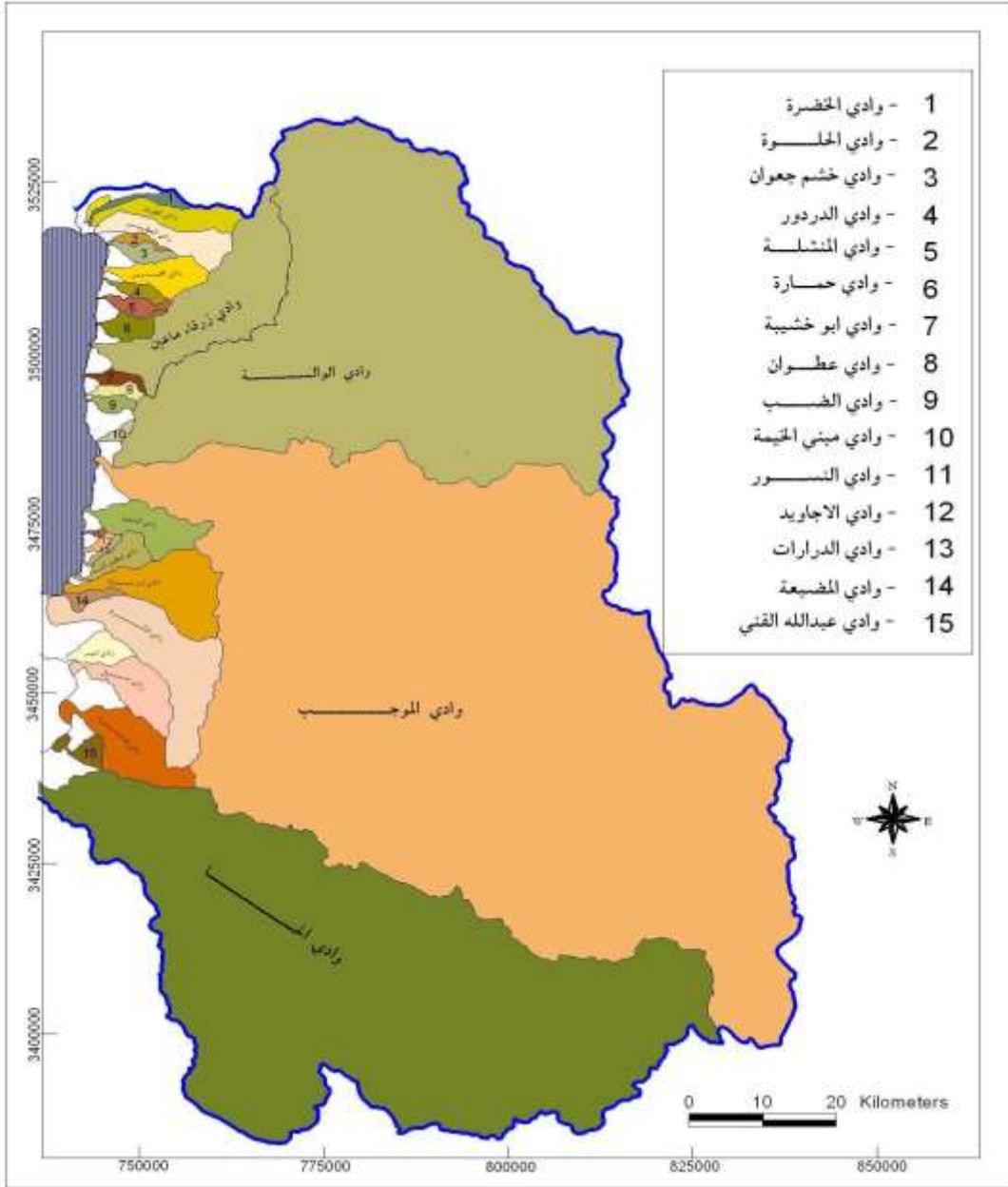
والشكل (٧) الأودية التي تصب في البحر الميت من الجهة الشرقية^(١٥). الشكل (٦) مناطق ردف البحر الميت



المصدر: سلامة، ١٩٨٠، والاطلس المناخي الاردني

^{١٥}. سامر الرواشدة ، كفاءة استخدام مياه الري في حوض وادي الكرك الاوسط ، رسالة ماجستير غير منشوره ، جامعة مؤتة ، الكرك الاردن ، ٢٠٠٤م ، ص ٢٣ .

الشكل (٧) خريطة أودية البحر الميت الشرقية



المصدر الخرائط الطبوغرافية ٥٠٠٠٠/١ عام ١٩٩٧. لوحات الكرك،

الطفيلة ، عمان. المركز الجغرافي الملكي

الفصل الثالث

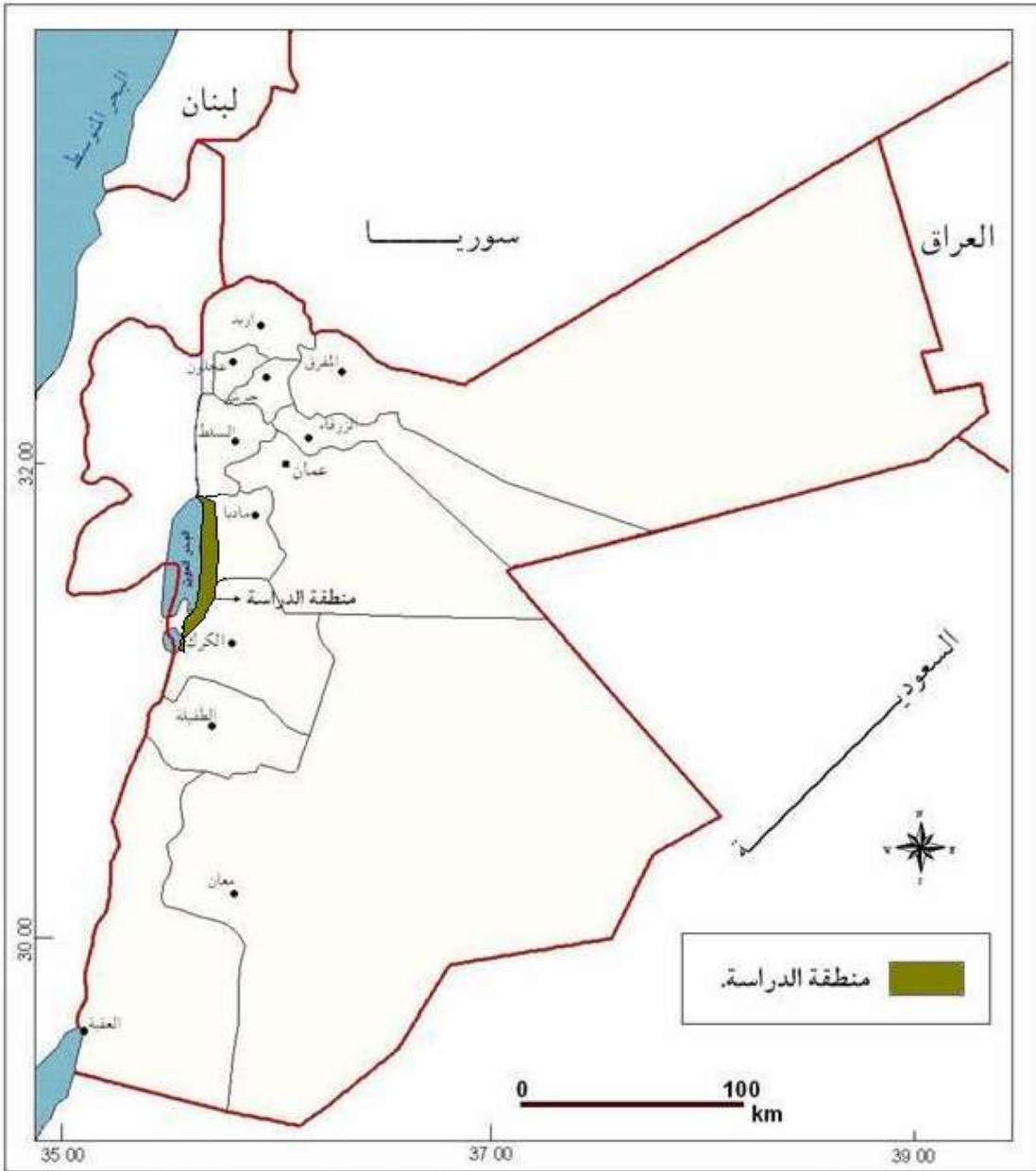
الخصائص الطبيعية لمنطقة الدراسة

موقع منطقة الدراسة:-

تقع منطقة الدراسة على طول خط الساحل الشرقي للبحر الميت. وتبدأ من غور السويمة في الشمال إلى غور فيفا والمعمورة في الجنوب بطول ٩٠ كم وعرض لا يتجاوز ٥ كم. ويتكون البحر الميت من حوضين الحوض الشمالي بطول ٦٠ كم وهو الحوض الرئيس الذي يحتوي على المياه ويبدأ من غزر السويمة في الشمال إلى غور المزرعة في الجنوب، أما الحوض الجنوبي وهو حوض جاف حالياً وتستخدم أنابيب الضخ المليئة بالياه لأغراض الصناعة واستخراج أملاح البحر الميت المختلفة وطوله ٣٠ كم ويبدأ من غور المزرعة شمالاً إلى غور فيفا و المعمورة جنوباً وسوف تعالج الدراسة مناطق خط الساحل الشرقي للبحر الميت بحوضية الشمالي والجنوبي. وتتركز الدراسة بشكل رئيس على الحوض الشمالي وذلك لتعدد الأشكال الجيومورفولوجية وبروزها بشكل واضح في الحوض الجنوبي الأقدم تشكل من الحوض الشمالي بحوالي ٧ آلاف سنة مضت (النواصرة، ٢٠١٠). وتقع منطقة الدراسة فلكياً بين دائرتي عرض ٤٥ ٣١ و ٢٨ ٣١ شمالاً، وخطي طول ٢٤ ٣٥ و ٣١ ٣٥ شرقاً. وتم اختيار منطقة الدراسة نظراً لقلّة الدراسات وندرتهما والتي تناولت البحر الميت بحوضية الشمالي والجنوبي. والشكل (٨) موقع منطقة الدراسة على خريطة الأردن^(١٦).

^{١٦} . حسن رمضان سلامه ، مرجع سابق الذكر ، ص ٣٥ .

الشكل (٨) خريطة موقع الدراسة



المصدر: خريطة المملكة الاردنية الهاشمية ٢٥٠٠٠١

المناخ:-

تعد منطقة الدراسة من المناطق الجافة قليلة الأمطار حيث لا يتجاوز معدل الأمطار عن ١٠٠ ملم في السنة. تصنف منطقة الدراسة حسب تصنيف كوبن للمناخ العالمي (Koppen) (Climate Classification System ضمن المناخ المداري الحار الجاف (Bwh). حيث ترمز B إلى المناخ الجاف أو شبه جاف، وليست له حدود حرارية خاصة. أما W فتترمز إلى فصل جاف في الشتاء. و h إلى المناخ الجاف شديد الحرارة. ويبلغ معدل درجة الحرارة السنوي في منطقة الدراسة ٢٥ C ومعدل الأمطار السنوي ما بين 50 إلى 100 ملم سنويا. ويسود في منطقة المرتفعات المطلة على البحر الميت والتي تمثل منطقة في غاية الأهمية نظرا لتأثر منطقة الدراسة بالأمطار الهائلة عليها بسبب السيول وتدفقات المياه من المرتفعات حيث يسود، المناخ الحار والجاف صيفا، المعتدل الماطر شتاء، الذي يمكن تصنيفه ما بين مناخ البحر المتوسط (Csa) إلى مناخ شبة جاف (Bsh) أو شبة جاف بارد (Bsk).

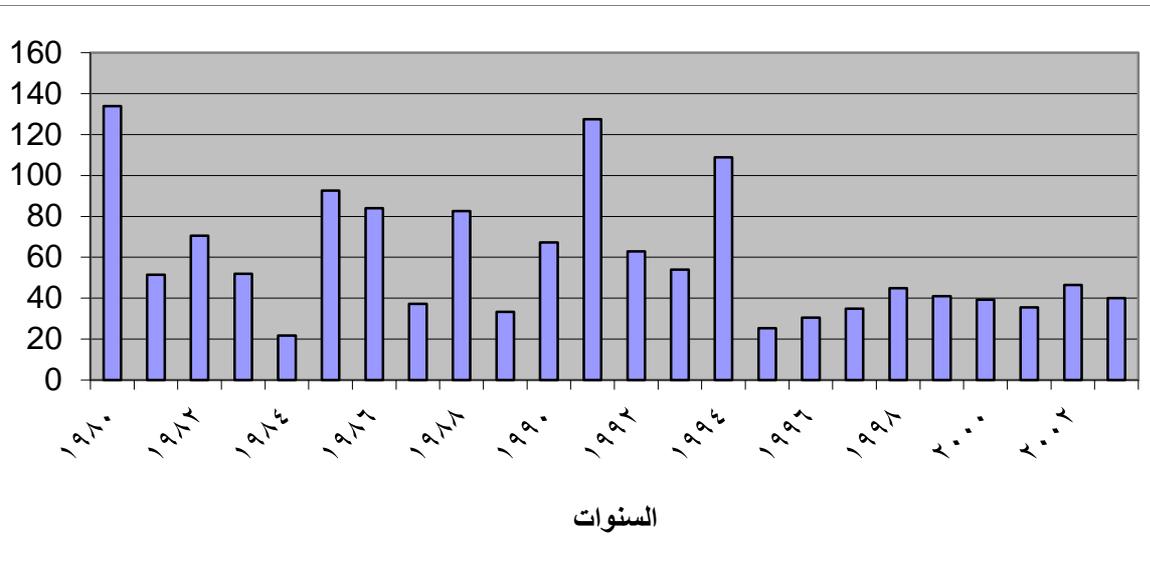
(terjung. W.H. 1970)

الأمطار:-

تهطل الأمطار على منطقة الدراسة أواخر فصل الخريف إلى نهاية شهر نيسان. وعند تحليل المعدل السنوي لكميات الأمطار في منطقة الدراسة اعتمادا على بيانات محطة الشونة الجنوبية في شمال البحر الميت ومحطة البوتاس في منطقة اللسان، إضافة إلى^(١٧) محطة غور الصافي جنوب البحر الميت نجد أن كميات الهائلة على منطقة الدراسة تتعرض إلى تذبذب واضح من سنة إلى أخرى وان الأمطار تزداد بالاتجاه من الجنوب إلى الشمال لتصل إلى ١٠٠ ملم في شمال البحر الميت وتقل عن ٦٠ ملم في جنوب البحر الميت الأشكال ٩، ١٠. فمن شكل (١١) يتبين اتجاه قيم تكرار الأمطار نحو السنوات الأكثر جفافا مما يعني تذبذب الأمطار من سنة لأخرى في منطقة الدراسة وان أكثر معدلات الأمطار تقل عن ٧٠ ملم في السنة. وتشير قيم الوسط الحسابي والانحراف المعياري لمعدل الأمطار السنوي لمحطات الرصد المطري في منطقة الدراسة إلى تقارب القيم مما يعني اختلاف بسيط في كميات الأمطار ضمن منطقة الدراسة.

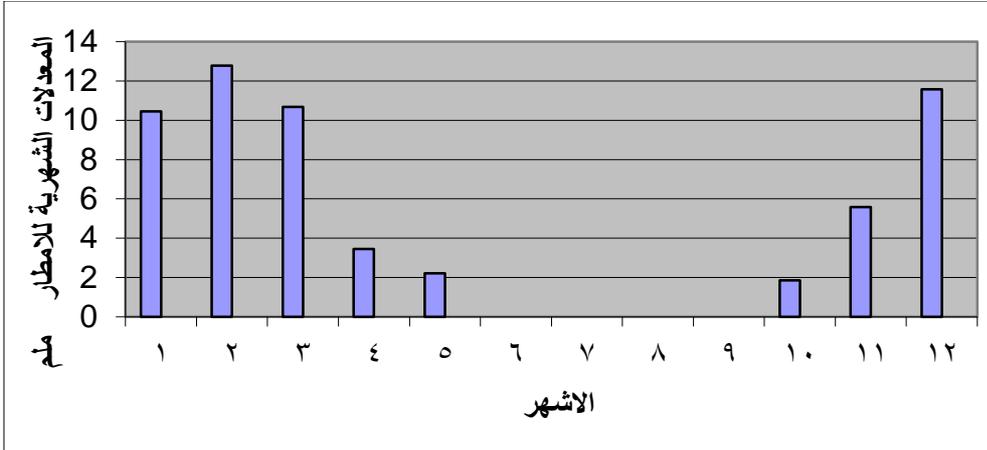
الشكل (٩) المعدل السنوي للأمطار في منطقة الدراسة من عام ١٩٨٠ إلى عام ٢٠٠٢م

^{١٧} . مرجع سابق الذكر ، ص ٣٦.



المصدر: محطات رصد البوتاس عام ٢٠٠٠م.

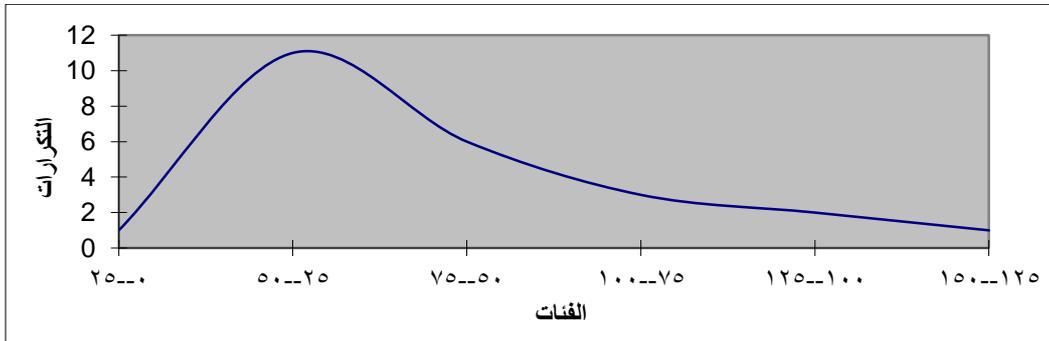
الشكل (١٠) المعدلات الشهرية للأمطار في منطقة الدراسة من عام ١٩٨٠ إلى عام ٢٠٠٢م



المصدر: بيانات شركة البوتاس العربية محطات رصد خاصة في

منطقة اللسان،

شكل (١١) المنحنى التكراري للأمطار في منطقة الدراسة من عام ١٩٨٠ إلى عام ٢٠٠٢م.



المصدر: بيانات شركة البوتاس العربية محطات رصد خاصة في

منطقة اللسان،

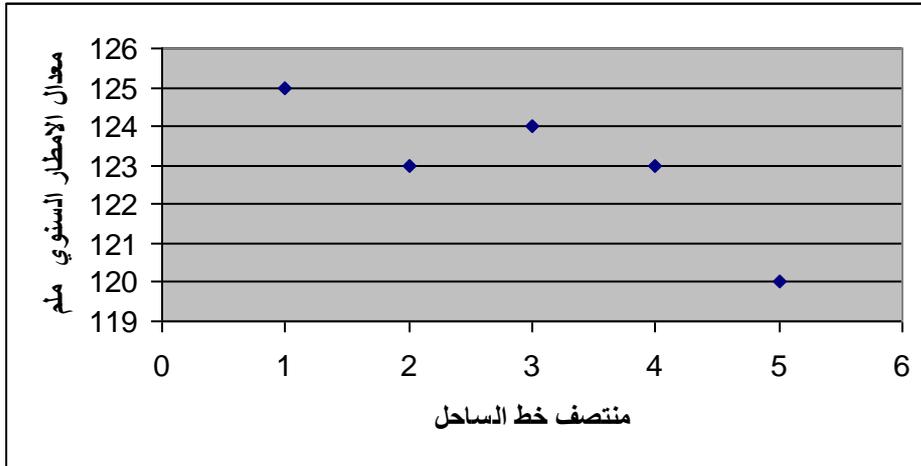
وقد قام الباحث بتقدير معدلات الأمطار السنوية في مناطق وسط البحر الميت نظرا لخلوها من محطات الرصد الجوي حسب طريقة Isohyetal method ، وتم اختيار خمسة مناطق متقاربة (٥كم) يفصل بينها اكم لتقدير معدلات الأمطار في منطقة خط منتصف الساحل الشرقي للبحر الميت قرب منطقة الزارة فقد تم الاعتماد على خطوط تساوي المطر في المناطق التي لا يوجد بها محطات قياس ضمن الأطلس الأردني لعام ٢٠٠٢ وأطلس الأردن المناخي للعام ١٩٧١، حيث اعتمدت قيم خطوط تساوي المطر لحساب معدلات الأمطار $p_1+p_2+...p_1$ والمساحة المحصورة بين كل خط والذي يليه لحساب المساحات $A_1+A_2+...A_1$ ، وتم تقدير معدلات الأمطار في مناطق منتصف خط الساحل الشرقي للبحر الميت الدراسة على النحو الآتي:

$$P_{av} = \frac{A_1(P_1 + P_2) + A_2(P_2 + P_3) + \dots}{2(A_1 + A_2 + \dots)}$$

(الصالح، ١٩٩٢)

P_{av} = متوسط كميات الأمطار الهاطلة على الحوض
 p_1, p_2, p_3 = قيم خطوط تساوي المطر التي تحد المناطق
 الثانوية
 A_1, A_2, A_3 = مساحات مناطق الحوض الثانوية

وتم التوصل إلى النتائج المبينة في شكل (١٢) شكل رقم (١٢) تقدير المعدلات السنوية للأمطار في منطقة منتصف خط الساحل الشرقي للبحر الميت.



المصدر: الباحث ٢٠١٣م

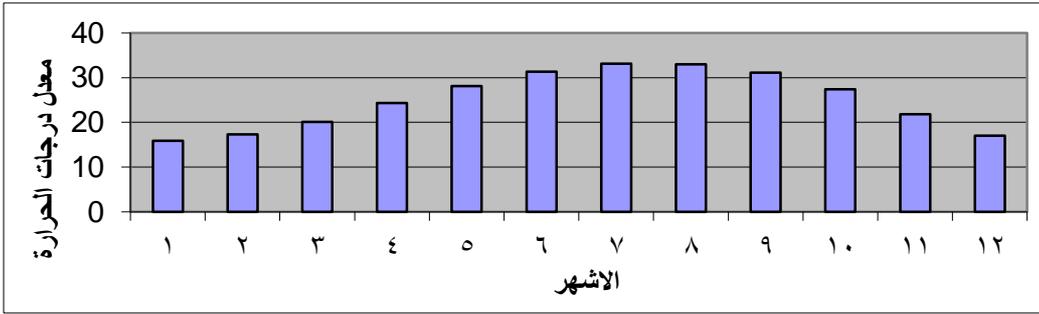
وقد بينت الدراسة أن المناطق الشمالية للبحر الميت أكثر في معدلات الأمطار من المناطق الجنوبية وهو امتداد حقيقي إلى ألفي سنة مضت، بعد حالة التقلب المناخي الذي ساد المنطقة من رطب أدى إلى فيضانات كبيرة في البلايستوسين الأدنى، إلى انتقالي تتخلله فترات من الجفاف والرطوبة في البلايستوسين الأوسط، إلى أن استقرت الظروف المناخية كما هي عالية في الوقت الراهن، (Bender, 1974).

درجات الحرارة

نظرا لوقوع منطقة الدراسة تحت منسوب مستوى سطح البحر الميت، فقد تأثرت بوقوعها في المناطق الأشد حرارة في المنطقة حيث يصل المعدل السنوي لدرجة ٢٥C ومعدل درجة الحرارة العظمى ٣١C في حين يبلغ معدل درجة الحرارة الصغرى ١٩C. وقد تم الاعتماد على محطة غور الصافي المناخية ومحطة الشونة الجنوبية في تحليل درجات الحرارة في منطقة الدراسة بسبب وقوعهما على نفس المنسوب فيما يتعلق بالارتفاع عن سطح البحر شكل (١٣)^(١٨).

الشكل (١٣) معدل درجات الحرارة الشهري في منطقة الدراسة

من عام ١٩٦٤ إلى عام ٢٠٠٢ م.



المصدر وزارة المياه والري ٢٠٠٢ م

^{١٨}. ماريا خرفان ، انحسار البحر الميت وتأثيره على المنطقة المحيطة ، مجلة المقياس ، ١٧٤ ، المركز الجغرافي الملكي الاردني ، عمان ٢٠٠٠ ص ١٠٤٧ .

البنية الجيولوجية في منطقة الدراسة:-

التركيب الصخري:-

لقد تم دراسة التراكيب الجيولوجية في منطقة خط الساحل الشرقي للبحر الميت من قِبَل العديد من الباحثين ومن جنسيات مختلفة مما أوجد العديد من الأسماء للتراكيب الصخرية، والتكوينات الجيولوجية، وسوف يتم استخدام تسميات سلطة المصادر الطبيعية الأردنية، وبعض التسميات التي أطلقها الباحث عبدالقادر عابد، وبعض الباحثين الرئيسيين الأجانب الذين درسوا المنطقة. وسيتم دراسة المنطقة من الشمال إلى الجنوب ابتداءً من منطقة السويمة بداية الحوض الشمالي حتى منطقة غور الصافي الحوض الجنوبي للبحر الميت.

تنتشر العديد من التراكيب الصخرية في منطقة الدراسة وتقسّم إلى قسمين هما: صخور قديمة قبل تشكل الأغوار والبحر الميت، الصخور الأحدث بعد تشكل الأغوار والبحر الميت^(١٩).

تنتشر صخور الحقبة القديمة في منطقة الساحل الشرقي للبحر الميت ومن أهمها: صخور ما قبل الكامبري (Pre-Cambrian)، ويعتبر هذا النوع من التكوين الجيولوجي الأقدم في المنطقة حيث يزيد عمره الزمني عن ٥٧٥ مليون سنة، ويظهر بشكل

¹⁹ . Abed Abdulkader ,Distribution and aeology aypsum Horizonin west . central Jordan . aeology of Jordan Hdjacent hreas p.p.396.419.

واضح في منطقة شرق غور الصافي، وتنتمي إلى تكوين مجموعة السرموج، وتتألف من كنجلومرات، وصخور رملية (عابد، ١٩٨٥). أما مجموعة العصر الكامبري بأقسامه: الأوسط والأعلى Middle and Upper Cambrian فتنشر هذه التكوينات في أقصى الجنوب الشرقي للبحر الميت، على شكل صخور بنية اللون ذات قوام سميك نسبيا وهي من صخور حقبة الحياة القديمة Paleozoic في الكامبري الأوسط، والأعلى تتألف من الحجر الرملي، وصخور طينية ورملية كلسية، وتحتوي في معظمها رسوبيات بحرية وتظهر فيها علامات التموج، (عابد، ١٩٨٥). يطلق عليها اسم مجموعة البرج وتكوين ورم وتنشر في وادي الموجب صخور العصر الترياسي Triassic rock وتزداد في السماكة في الاتجاه من الجنوب إلى الشمال، وتغلب عليها الصخور الرملية الصلبة، وتحتوي على بعض التكوينات من الصخور النارية القاعدية، وتظهر جليا في أودية المخيرص والدردور، وتشكل صخور العصر الترياسي في معظمها غلافا لمجموعة الكرب والبقاء، والذي يعرف برمل صويلح (Kurnub)، وهي صخور رملية وطينية، وصخور جيرية، وصوان، ومارل، والتي تعود إلى عصر الكريتاسي الأسفل، و تتواجد في الأجزاء الوسطى، والشرقية من منطقة الدراسة خصوصا في منطقة وادي الموجب، والشقيق، وتزداد سماكة بالاتجاه إلى الشرق.

أما التكوينات الأحدث بعد تشكل البحر الميت، والتي ترجع إلى عصر الأيوسين فيقل وجودها في منطقة الدراسة ما عدا بعض الانتشار البسيط فتظهر، في مجرى وادي الكرك الأدنى الجزء الملتوي في غور الذراع، ووادي ابن حماد، وبعض مناطق عيسال.(عابد، ١٩٨٢). وتوجد في منطقة البحر الميت طبقة سميكة من الملح الصخري، ويقدر العلماء سماكة هذه الطبقة بحوالي ٤٠٠٠م، وقد بدأ هذا التكوين في مرحلة أصدام، ويتكون من صخور ملحية ومارلية وطينية ومكان التركيز في جميع مناطق البحر الميت، وبدايات التكون في منطقة الحوض الجنوبي في العصر الثلاثي قبل (٧) مليون سنة (Bentor, 1961)، ويوجد جبل أصدام في النهاية الجنوبية الغربية للبحر الميت كدليل واضح على هذا التكوين، أما كنجلومرات الشاغور ذات الطابع السميكة (shagur Formation) فهي حبات ملتحمة كبيرة الحجم كتلية جيرية توجد في أقصى شمال البحر الميت، والتي قد تحتوي على بعض المستحاثات^(٢٠)، وتعود إلى عصر البلايستوسين (Huckreid, 1966)، أما تكوينات السمرة فتظهر فيها تكوينات الكنجلوميرات مختلفة الأحجام مع الرواسب الطينية، وتختلط مع رسوبيات بحيرة اللسان وذلك لتعاقب فترات الترسيب، إضافة إلى الحجر الرملي والرمال الصواني والجيري، ولعل أبرز تكوين واضح لفترة السمرة فيوجد في منطقة أريحا شمال البحر

^{٢٠} . المرجع السابق الذكر ، ص ٤١٩ .

الميت في منطقة خربة السمرة، ويزيد عمر هذه الصخور عن ٧٠ ألف سنة،(عابد،١٩٨٥).

أما ترسبات اللسان وهي من آخر البحيرات الرئيسة التي سادت المنطقة قبل تشكل البحر الميت الحالي فتظهر على شكل صخور طرية بشكل أخدود في شبه جزيرة اللسان، والتي تفصل الحوض الشمالي عن الجنوبي، وتتكون من الجبس والارغوانيت. وقد تم تسميتها بمارل اللسان، وهي رسوبيات متجانسة في الجنوب وغير متجانسة في شمال البحر الميت بسبب طبيعة الترسيب والتي يزيد أعمارها عن ٦٠ ألف سنة مضت،(Kaufman, 971). والجدول (٢) يوضح التكوينات الصخرية وأعمارها الجيولوجية في منطقة البحر الميت. والشكل (١٤) الخريطة الجيولوجية لمنطقة الساحل الشرقي للبحر الميت والمناطق المحيطة^(٢١).

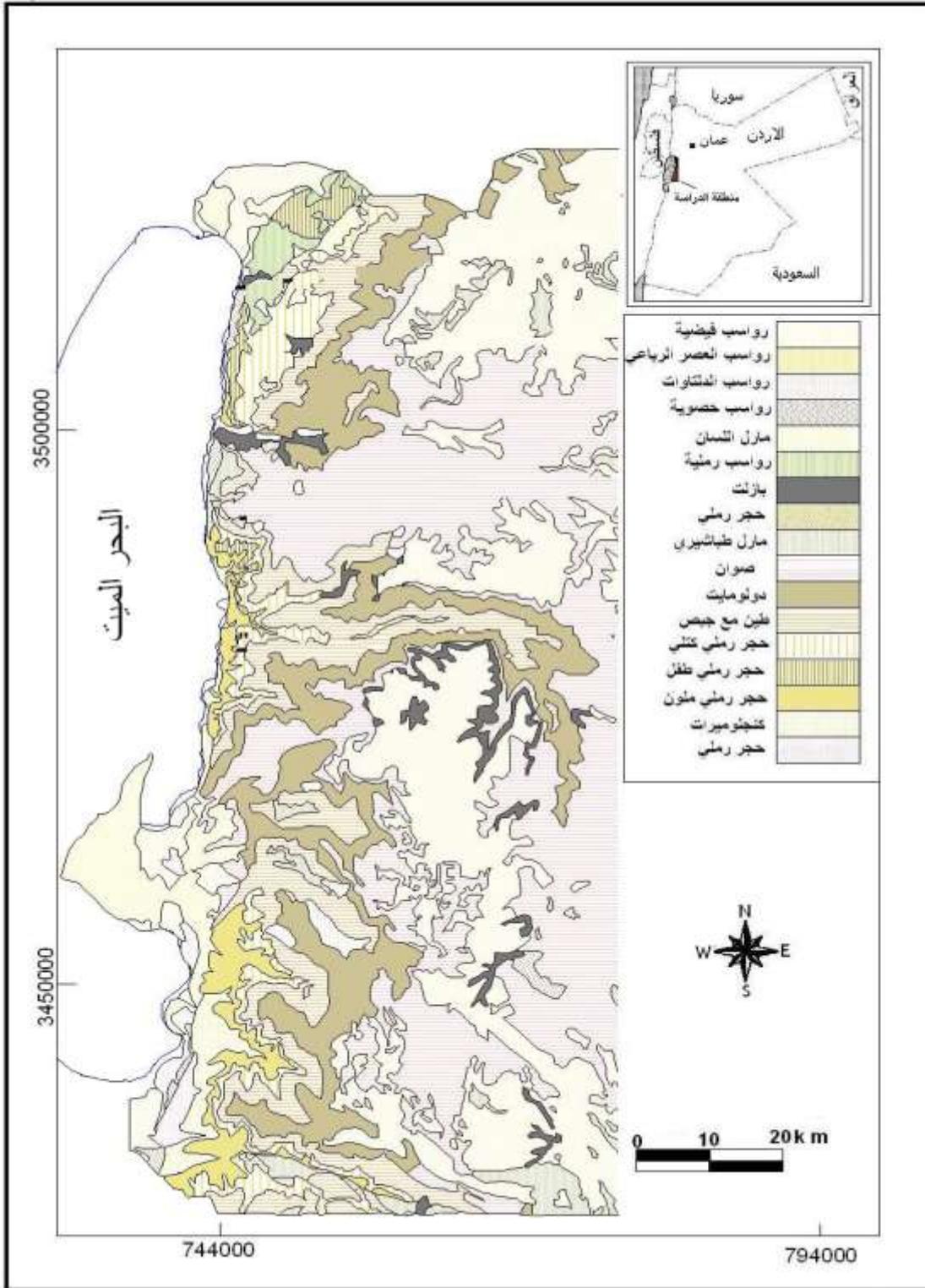
جدول (٢) التكوينات الصخرية وأعمارها الجيولوجية

^{٢١} . عبد القادر عابد ، جيولوجية البحر الميت ، مكتبة الجامعة الاردنية ، عمان ، ١٩٨٥م ص ١٤ .

الحقب والزمن بملايين السنين		العصور		التكوينات في منطقة البحر الميت	
حقب الحياة الحديثة	الحقب الرابع ١١,٠ إلى ١,٦ م سنة	عصر التويجين .	(1) الهولوسين	ترسبات بعد تشكل البحر الميت، وتشمل تكوينات اللسان، السمرة، رسوبيات الوديان المروحية	
			(2) البلاستوسين		
			(3) البليوسين		تكوين اصدام ، ملح صخري
			(4) الميوسين		
	الحقب الثالث 38 م سنة	عصر الباليوجين 38 مليون سنة	(5) الاوليغوسين	صخور جيرية	
			(6) الايوسين		
			(7) الباليوسين		
حقب الحياة الوسطى من 220 إلى 65 م سنة الكريتاسي والترياسي		(8) العصر الطباشيري	تكوين الكربن البلقاء، وتشمل صخور طينية وصوان ومارل		
		(9) العصر الجوراسي			
		(10) العصر الثلاثي			
حقب الحياة القديمة أقدم من 570 م سنة		(11) العصر البرمياني	تكوين البرج ويشمل صخور رملية وكتلية، وحجر رملي		
		(12) العصر الكربوني الحديدي			
		(13) العصر الديفوني			
الكامبري الأوسط والأعلى		(14) العصر السيلوريني	تكوين السرموج وتشمل كنجلومرات، صخور رملية		
		(15) العصر الاوردوفيشي			
		(16) العصر الكامبرياني			
حقب الحياة العتيقة ما قبل الكامبري 1850 م سنة		(17) طلائع الحياة			
		(18) عصر نشوء الكرة الأرضية			

المصدر: الشمالي، ٢٠٠١، عابد،، ١٩٨٥م بتصرف.

الشكل (١٤) الخريطة الجيولوجية لمنطقة الساحل الشرقي للبحر
الميت



المصدر: الخرائط الجيولوجية ٥٠٠٠٠/١ لعام ١٩٩٧م
لوحات الكرك، الطفيلة، عمان.

الصدوع:-

تتعدد أنواع الصدوع في منطقة البحر الميت ما بين صدوع عرضية (Transverse Faults) وصدوع جانبية (Border Faults) بالنسبة للصدوع الجانبية يوجد صدعان جانبيين باتجاه شمالي جنوبي. صدع شمالي جنوبي على الضفة الشرقية للبحر الميت، وآخر على الضفة الغربية، وبشكلان معاً امتداد للصدع الرئيس للبحر الميت، والذي يفصل صفيحة فلسطين وسيناء في الغرب عن الصفيحة العربية في الشرق، (Bender, 1974)، ويظهر الصدع الشرقي على شكل قطع في الصخور باتجاه شمالي جنوبي^(٢٢).

أما صدع البحر الميت الرئيس (The Dead Sea Transform Fault) والذي أدى إلى تطور خليج العقبة والأغوار بكامل الامتداد، و يبدأ من جبال طوروس شمالا وحتى هضبة البحيرات الأفريقية جنوبا ليشمل بذلك الأغوار الأردنية والبحر الأحمر، ويفصل هذا الصدع ما بين الصفيحة الشرقية والتي تشمل كل من الأردن وسوريا وشبة الجزيرة العربية عن الصفيحة الغربية

^{٢٢}. حسن سلامة ، اصول الجيومورفولوجيا ، دار المسيره للنشر ، عمان ، عمان ٢٠٠٤م ، ص ٦١ .

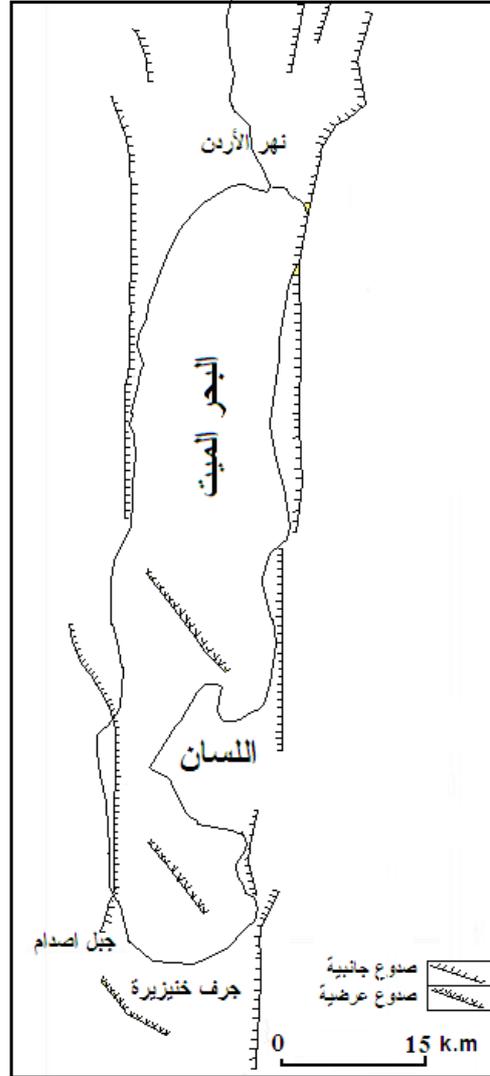
والمتمثلة بصحراء سيناء وفلسطين.

(Bender,1974،Qunenell,1956,Burden1959) ويرى

الباحثين السابق ذكرهم أن هناك حركة أفقية على طول الصدع الرئيس للبحر الميت والمتمثلة بالزحزحة الأفقية والتي قدرت بنحو ١٠٧ كم ودليلهم على ذلك عدم تناظر الحواف الشرقية والحواف الغربية للأغوار ووادي عربة، أما الصدوع العرضية فقد تكونت نتيجة حركة التضغوط للحركة الأفقية والتي تتخذ اتجاه شرق غرب وتظهر مثل تلك الصدوع في وادي خنيزيرة في غور فيفا وشمال وجنوب تكوين اللسان في غور الحديثه(عابد،١٩٨٥). ومن خلال الدراسة الميدانية للساحل الشرقي للبحر الميت بحوضية الشمالي والجنوبي تبين أن الأودية الشرقية الرئيسية والتي تصب في البحر الميت ما هي إلا تتبع للصدوع العرضية من جهة الشرق والغرب وإلا أين ذهبت رواسب بحجم البحر الميت وأكثر، نقلتها أودية الكرك والحسا والنميرة وهذه الرواسب كافية لتغطية كامل مساحة الحوض الجنوبي بناتجها الرسوبي لولا تتبع الأودية للصدوع لتخذها مجاري رئيسة لها. وشكل (١٥) الصدوع الرئيسية في منطقة البحر الميت^(٢٣). والشكل (١٦) الصدوع في منطقة الدراسة.

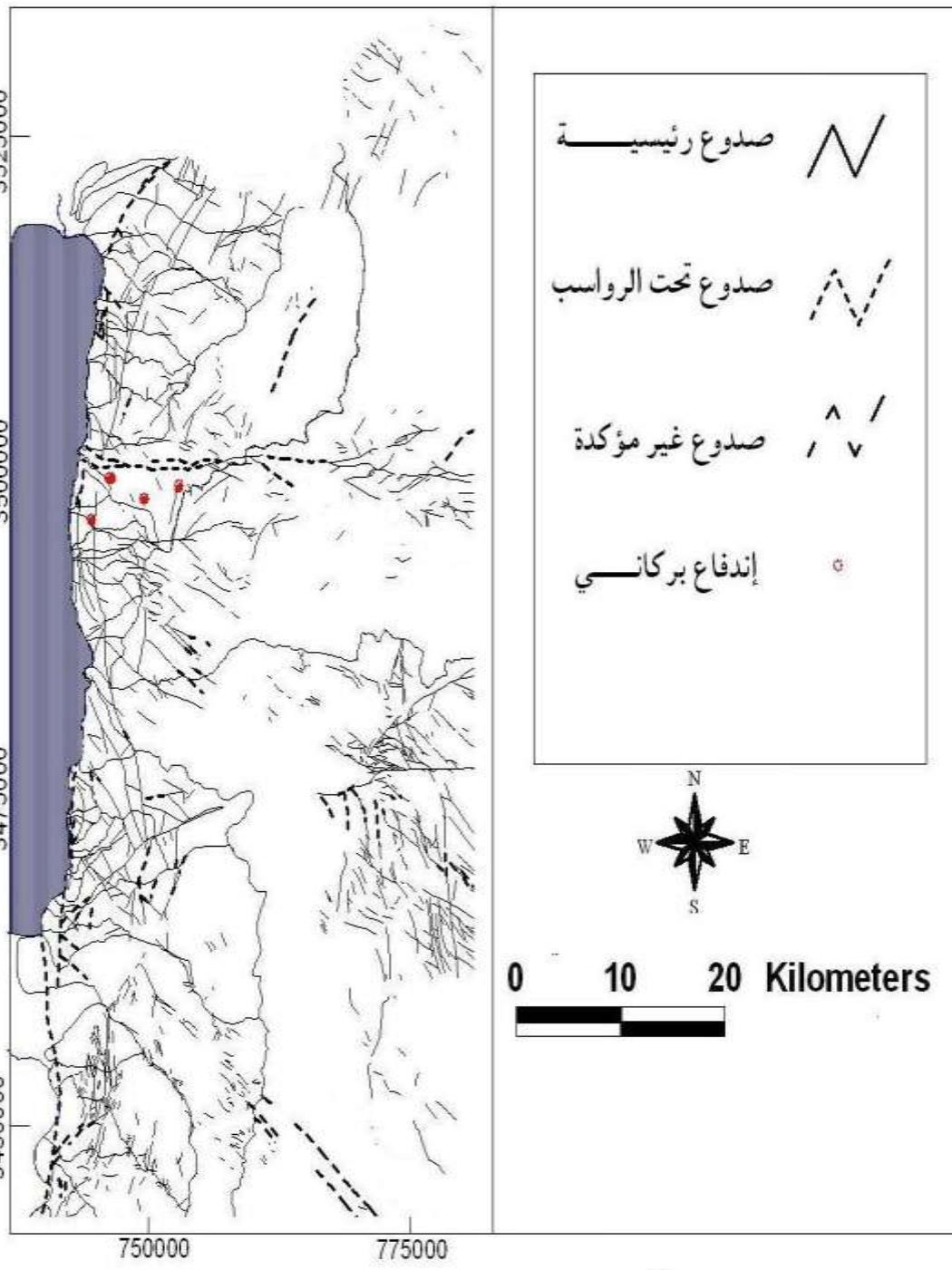
^{٢٣} . المرجع السابق الذكر ، ص ٦٢ .

شكل (١٥) الصدوع في منطقة البحر الميت



المصدر: Neev.Emery.1967. الشكل (١٦) الصدوع

في منطقة الدراسة



المصدر: الخرائط الجيولوجية ٥٠٠٠٠/١ لعام ١٩٩٧م لوحات الكرك، الطفيلة، عمان.

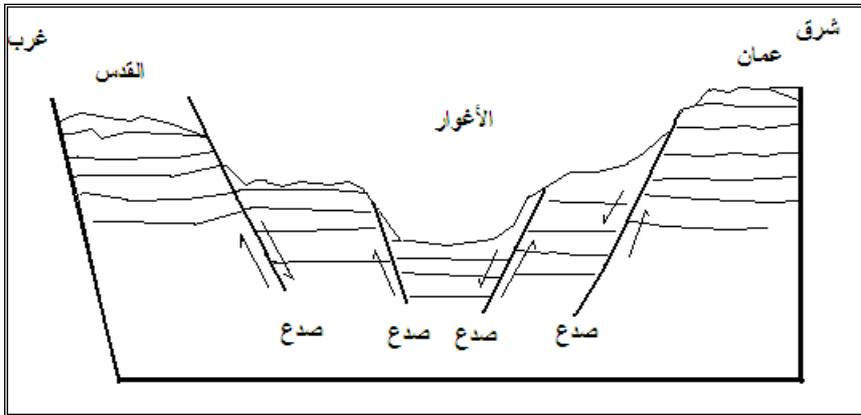
تشكل الأغوار والبحر الميت:-

تشير السجلات الجيولوجية التاريخية إلى أن البحر الميت لم يتشكل مع حفرة الانهدام الآسيو- أفريقي العظيم، ولم يتخذ شكله الحالي إلا بعد زمن طويل، وأنه قد مر بمراحل متعددة ابتداءً بالبحيرات التي شغلت أجزاء من أغوار الأردن إلى أن اتخذ البحر الميت شكله الحالي قبل ما يزيد ١١ الف سنة مضت. ومن المفيد هنا التعرض لما أورده العلماء على اختلاف حقولهم العلمية عن كيفية تشكل الأغوار والمراحل الجيولوجية التي تلت ذلك مما أفضى إلى تشكل البحر الميت بوضعه الحالي. فقد شغل تشكل الأغوار آراء العلماء منذ القدم واختلفت التفسيرات حول كيفية تشكل الأغوار أو حفرة الانهدام الآسيو-أفريقي العظيم إلى أن استقرت الآراء أخيراً على نظريتين حول تشكل الأغوار وهما نظرية الحركة العمودية Vertical (Tectonics) ونظرية الحركة الأفقية Horizontal (Tectonics)^(٢٤).

^{٢٤} . محسن عواوده ، الآثار الجيومورفولوجية لعدم الاستقرار على بعض أودية البحر الميت في الاردن ، رسالة دكتوراه .

اذ تقوم فكرة نظرية الحركة العمودية على أساس أن هناك صدوعا متوازية في اتجاه شمال جنوب من غور الأردن ، تؤدي هذه الصدوع إلى حدوث عملية هبوط صغيرة ، عندما يتحرك الصخر إلى أعلى أو إلى أسفل باتجاه الصدع (عموديا) مما يشكل في نهاية منطقة منخفضة تمتد على شكل انهدام الأغوار. ومن دعائم النظرية العمودية وجود الصدوع المتجه شمالا وجنوبا موازية للأغوار على طول الحافة الشرقية للبحر الميت، وقد بلغ امتداد الحركة العمودية في منطقة وادي عربة ما يزيد عن ١٠٠ م (عابد، ١٩٨٥،) شكل(١٧) يوضح تشكل الأغوار وفق نظرية الحركة العمودية^(٢٥).

الشكل (١٧) تشكل الأغوار وفق الحركة العمودية



المصدر، Quennell، 1956،

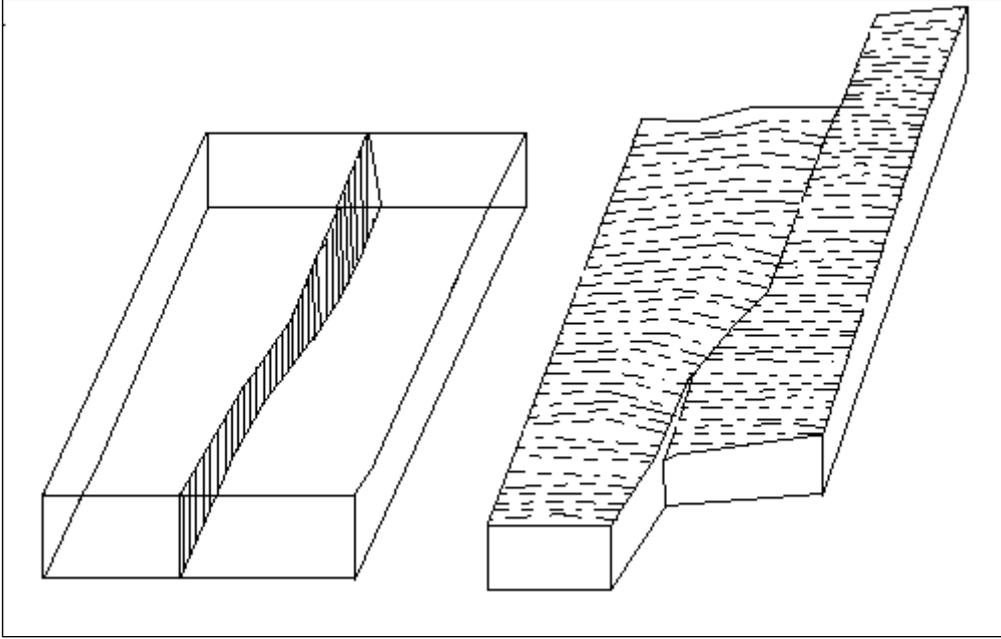
^{٢٥} . مرجع سابق الذكر ، ص ٣٣.

أما نظرية الحركة الأفقية فتبين طبيعة الحركة على طول الصدع إلى الأمام أو إلى الخلف ، حيث يتحرك جزء من الأرض أفقياً بالنسبة لجزء آخر لا يتحرك، فتحدث بذلك إزاحة جانبية بين نقطتين كانتا في الأصل نقطة واحدة فأصبحتا نقطتين تفصل بينهما مسافة أفقية تعتمد على مقدار الحركة، وتتم هذه الحركة في منطقة الأغوار على طول صدع يمتد على الجانب الشرقي للبحر الميت ووادي عربة، والأغوار وبشكل عام وتمتد هذه الحركة نحو الشمال والشمال الشرقي بالنسبة لسيناء وفلسطين ولبنان وغرب سوريا بحوالي ١٠٧ كم منها ٦٧ كم حدثت في بدايات الميوسين و٤٥ كم حدثت منذ أواسط البلايستوسين ومازالت مستمرة حتى الآن (Burdon,1959) وهناك بعض الأدلة على هذه الحركة ونذكر منها:

عدم تناظر الخامات المعدنية والتكوينات الصخرية على جانبي حفر الانهدام، حيث أجرى بعض العلماء دراسة على حفرة الانهدام في منطقة وادي عربة تبين أن التربة والتراكيب المعدنية غير متناظرة من حيث الموقع بين الجبال الشرقية والغربية من وادي عربة. إضافة إلى ارتباط انهدام بالبحر الأحمر وخليج عدن والذي يرتبط بظهور أواسط المحيطات وقد أدى ذلك إلى حركة أفقية في منطقة

البحر الميت من الجهة الشرقية شكل (١٨) تشكل الأغوار وفق
الحركة الأفقية والشكل (١٩) موقع الصفيحة الشرقية والغربية حسب
الحركة الأفقية

الشكل (١٨) تشكل الأغوار وفق نظرية الحركة الأفقية



عن Quennell, 1956،

الشكل (١٩) موقع الصفيحة الشرقية والغربية حسب الحركة الافقية



المركز الجغرافي الملكي الاردني. ٢٠١٠م

تشكل البحر الميت:-

تشير المصادر الجيولوجية إلى أن المنخفض الذي شغله البحر الميت الحالي كان أخفض نقطة في انهدام الأغوار منذ بداية تشكل الأغوار في أواسط عصر الميوسين حتى يومنا هذا. وقد تكون البحر الميت نتيجة حركة الصفيحة الآسيوية العربية في الشرق عن الصفيحة الإفريقية أو الغربية وكانت هذه الحركة في الميوسين (Miocene) واستمرت خلال البلايوسين و البلايستوسين (Pleistocene ،Pliocene) وحدث ذلك قبل ١٥ مليون سنة. حيث تحركت الصفيحة الشرقية إلى الشمال ما يقارب ٦٥ ميل على طول صدع البحر الميت (Wilson,2006) . ويعتقد أنصار نظرية الحركة الأفقية أن طبيعة الحركة باتجاه الأفقي، يرافقها حركات شد مما يؤدي إلى تكون صدوع بشكل عرضي تتم الإزاحة بشكل يؤدي إلى تكون أحواض وقيعان منخفضة (Quenell,1959)^(٢٦).

أما أنصار نظرية الحركة العمودية فيفسرون نشأت البحر الميت إلى وجود العديد من الصدوع على جانبي منطقة الأغوار أدت إلى إيجاد منطقة عميقة محصورة بين جبال عالية من الجانب الشرقي والغربي، ولأبد من وجود مناطق مرتفعة تعترض المناطق العميقة حتى تتشكل الأحواض المائية.

^{٢٦} . عابد عبد القادر ، جيولوجية البحر الميت ، مكتبة الجامعة الاردنية ، عمان ١٩٨٥م ، ص ١٧.

وشهدت منطقة البحر الميت شماله وجنوبه ، تكون عدد من البحيرات قبل أن يتخذ البحر الميت شكله الحالي، وهذه البحيرات، متباينة من حيث الامتداد الأفقي والارتفاع عن مستوى سطح البحر (Neev and emery,1967). وسوف نعرض هنا بشكل مختصر البحيرات التي شغلت منخفض الأغوار قبل تشكل البحر الميت الحالي^(٢٧).

بحيرة أصدام:-

تعتبر بحيرة أصدام أول البحيرات التي شغلت منخفض الأغوار في مرحلة البليوسين أي قبل حوالي ٣ إلى ٧ مليون سنة، وقد شغلت مساحة البحر الميت الحالي واكبر قليلاً وهي منخفض لم يهبط كثيراً عن مستوى البحر المتوسط الذي زودها بالمياه عن طريق اتصاله بها بعدد من الجروف ويعتقد وادي جرزيل ما بين حيفا وطبريا كان إحدى الجروف التي توصل البحر المتوسط مع منخفض البحر الميت وتزوده بالمياه، والتي كانت تتبخر مخلفةً أملاحاً وصل سمكها إلى حوالي ٤٠٠٠م، ويعتقد أنها السبب الرئيس في ملوحة البحر الميت (عابد، ١٩٨٥). وقد شبه الباحث نظام بحيرة أصدام بنظام تكون الشطوط او السبخات في المناطق الصحراوية حيث انها

^{٢٧} . عابد عبد القادر ، المرجع السابق ، ص ١٨ .

ذات مياه ضحلة من حيث العمق، حيث تتبخر المياه في فترات الجفاف مخلقة أملاح وأراضي ملحية،(النواصرة،٢٠٠٦).

بحيرة السمرة :

أما بحيرة السمرة فقد امتدت بطول ١٩٠ كم، ابتداءً من بيسان شمالاً وحتى عين الحصب جنوب البحر الميت، ويقدر عمرها بأكثر من ٧٠ ألف سنة (Bentor,1961). وكانت تتخفف ٢٥٠ م تحت مستوى سطح البحر المتوسط ويعتقد بأن مياهها عذبة بسبب انقطاع الاتصال مع البحر المتوسط. وسميت بهذا الاسم لان رسوبياتها تنتشر في منطقة خربة السمرة شمال شرق منطقة أريحا. ويعتقد ان أودية البحر الميت الحالية قد بدأت بالتشكل في تلك المرحلة^(٢٨).

بحيرة اللسان:-

امتدت من أطراف بحيرة طبرية في الشمال وحتى جرف خنيزيرة ٣٠ كم جنوب الحوض الشمالي للبحر الميت بطول ٢٢٠ كم(عابد،١٩٨٦). وقد استمرت البحيرة حوالي ٥٠ ألف سنة، اذ تكونت قبل ٧٠ الف سنة ونتهت قبل ١٦ الف سنة منذ الآن،(et

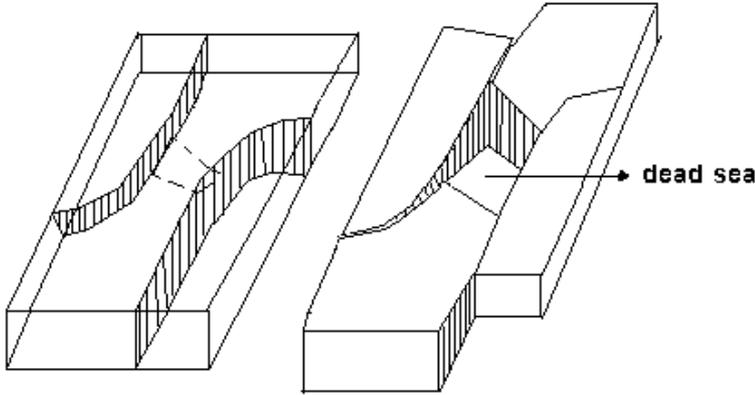
^{٢٨} . عابد عبد القادر ، المرجع السابق الذكر ، ص ١٨ .

(Y، Bartov، al,2000). وقد وصل أعلى مستوى لبحيرة اللسان بحدود ١٨٠م تحت مستوى سطح البحر، اعتمادا على انتشار تكوينات مارل اللسان، (Neev and Emery, 1967). أما مياه بحيرة اللسان فقد كانت عذبة في فترات الرطوبة ومالحة في فترات الجفاف . ويرى الكثير من الباحثين أن بحيرة اللسان آخر البحيرات الكبيرة التي سبقت تشكل البحر الميت الحالي.

ومع نهاية فترة بحيرة اللسان سادت بحيرة اصغر بكثير من بحيرة اللسان وهي بحيرة دامية(نسبة إلى انتشار رواسبها حول منطقة جسر دامية) استمرت قرابة ٢٠٠٠ عام (Abed,1984) ومع نهايتها شهدت المنطقة فترة شديدة الجفاف مما أدى إلى جفاف معظم الأجسام المائية في الأغوار، مما أدى إلى تقدم مسار السيول والأودية إلى ابعد مما كانت عليه من قبل، وهي حالة أشبه لما يتعرض له البحر الميت في منطقة غور حديثة في مصبات أودية الكرك والجرة وابن حماد، والحوض الجنوبي بشكل كامل، حيث أدى تراجع مستوى سطح البحر الميت إلى انكشاف مساحات من الأراضي كانت مغمورة سابقا بالمياه، وبمسافة أفقية تزيد عن ٧٠٠م في بعض النقاط مما أدى إلى انتقال رواسب دلتاوات الأودية إلى مكان التراجع بفعل الفيضانات، إضافة إلى تعميق كبير في المجاري المائية و صل في بعض المناطق إلى ١٠م. وتقوم الأودية بترسيب حمولتها فوق تلك المساحات ففي مصبات أودية الكرك، وابن حماد، والجرة، تتراجع

المياه بشكل أفقي بسبب استواء السطح وضحالة عمق المياه، مما أدى إلى أن تزداد المساحات المكتسبة على حساب البحر^(٢٩)، وبالتالي ازدياد مساحة دلتاوات الأودية وتعميق المجاري المائية. وإذا استمرت تلك الوضعية فسوف تتشكل أخاديد عميقة قبالة شبة جزيرة اللسان، وإذا ما تم رفع مستوى سطح البحر الميت نتيجة لظروف مطرية أو تغذيته من قناة البحرين كما هو مأمول فسوف تغمر تلك الأراضي من جديد بالمياه وتبقى الأخاديد ومناطق التعميق شاهدا على تلك الوضعية. والشكل (٢٠) تشكل البحر الميت وفق النظرية الأفقية.

الشكل (٢٠) تشكل البحر الميت وفق الحركة الأفقية



المصدر: Quennell, 1956

^{٢٩} . عابد عبد القادر ، جيولوجية الاردن ، مكتبة النهضة الاسلامية ، عمان ١٩٨٢م ، ص ١٠ .

التربة والنبات الطبيعي:-

تعد منطقة خط الساحل الشرقي للبحر الميت ابتداءً من الشمال إلى الجنوب متغيرة من حيث الاتساع وانتشار التكوينات السطحية، ففي أقصى الشمال في غور السويمة تنتشر الترب الطينية، والتي ما تلبث أن تتحول تدريجياً إلى ترب السبخات الملحية الناجمة عن انحسار البحر الميت عنها، وبقيتها تعاني الملوحة الشديدة جراء مكوث البحر عليها عدة آلاف من السنين. ثم بالاتجاه جنوباً تقترب الجبال من خط الساحل مما يؤدي إلى وجود نطاقات ضيقة من الأراضي والتي هي في معظمها ترب منقولة من الجبال القريبة بفعل فيضانات السيول والأودية المحلية، وتختلط مع الترب الرملية الملاصقة للبحر الميت. وتستمر هكذا إلى أقصى جنوب البحر الميت - غور الحديثة- والتي تعد من المناطق التي شهدت انحساراً ملحوظاً للمياه، وانكشاف أراضي كانت تغمرها مياه البحر الميت سابقاً، مما شكل بيئة من الترب تحتوي على مستويات عالية من الأملاح القابلة للذوبان بالماء، مثل كلوريد الصوديوم، كلوريد المغنيسيوم، كلوريد البوتاسيوم، بروميد المغنيسيوم وقد غمرت أجزاء واسعة من هذه الأراضي بالرواسب المنقولة عن طريق فيضانات الأودية مما شكل مزيجاً من الترب المنقولة المختلطة بالأملاح، والتي يزداد عمقها

بالاتجاه من الشرق إلى الغرب. وساهمت تلك الوضعية، في تعدد أنواع التربة المنتشرة في منطقة الدراسة ما بين ترب ملحية ناتجة عن ترسبات أملاح البحر الميت، الشكل (٢١) املاح البحر الميت إضافة إلى تكوينات اللسان. ورواسب منقولة من فيضانات الأودية أثناء فصل الشتاء^(٣٠).

ومن أكثر تكوينات السطح انتشارا في منطقة الدراسة، ترسبات اللسان والتي وتنتشر بشكل واضح على الساحل الجنوبي الشرقي للبحر الميت ،و تحتوي على الأملاح، و كربونات الكالسيوم والجبس. وتتكون من رقائق بيضاء اللون من معدن الارغوانيت، و رقائق رمادية من الجبس، والطين، والطباشير، وتتسرفي منطقة الدراسة على شكل أخاديد وجروف (عابد، ١٩٨٥) .. ومن الدراسة الميدانية تبين وجود ترسبات بحيرة اللسان على بعد ٣ كم إلى الشرق من منطقة اللسان الحالية، وعلى منسوب ٣٧٥ م تحت مستوى سطح البحر (أخذت قياسات المناسيب بواسطة جهاز G.P.S. من قبل الباحث) وهي عبارة عن ترسبات بيضاء اللون خليط من معدن الارغوانيت والجبص، تعرف محليا باسم الحور وتنتشر تلك الترسبات في منطقة غور الحديثة، وغور المزرعة، وتحديدا في منطقة طواحين السكر، والأطراف الشمالية لوادي عيسال.

^{٣٠} . عابد عبد القادر ، جيولوجية البحر الميت ، البحر سابق الذكر ، ص ١٣ .

الشكل رقم (٢١) تشكيات الاملاح على شاطئ البحر الميت



المصدر: العمل الميداني ٢٠١٣م

وتتكون ترسبات بطون الأودية على طول المجاري المائية لأودية الساحل الشرقي للبحر الميت من صخور صوانية، وجيرية، و صخور الحجر الرملي التي تنتشر على طول المجرى المائي النشط. وتظهر ترسبات البحر الميت، والتي تتكون من الجبس الارغوانيت على شكل قشور مختلفة السماكة تغطي كل ما تحتها من تربة أو أشجار أو قطع من الحجارة، مما يشير إلى فترات تمدد للبحر الميت عبر العصور (عابد، ١٩٨٥). وفي المناطق المحاذية تماما للبحر تظهر

ترسبات البحر الميت (طين البحر الميت) على شكل أملاح رمادية اللون في أجزاء السطح العليا المكشوفة (الوحوش، ٢٠٠٥). وتتواجد مثل تلك الرواسب في المناطق المحاذية تماما لشاطئ البحر الميت. إضافة إلى انتشار ترسبات ملحية بيضاء ناتجة عن ترسب أملاح البحر الميت بسبب التناقص المستمر في حجم المياه في البحر وتنتشر مثل تلك التكوينات في النهايات الدنيا لمصببات وادي الكرك، وابن حماد والموجب، والزارعة وزرقاء ماعين. وتنتشر التكوينات الحصوية فوق دلتا وادي الموجب والشقيق، وهذه التكوينات مختلطة بالرمل، والسلت، والصلصال، (عودة، ١٩٨٧). وتنتشر تكوينات الجبس في وادي الموجب أيضا ولكن بشكل متقطع كما وتنتشر في وادي الكرك حتى منطقة الخرزة (Abed، ١٩٨٥) (٣١).

ينتشر الغطاء النباتي الطبيعي في منطقة الدراسة في أقصى جنوب البحر الميت، ويتمثل في غابات غور عسال وغور فيفاء، حيث تنتشر أشجار الطرفا والرتم والطلح إضافة إلى أشجار الأكاسيا والعشير، ومن الملاحظ أن جميع هذه الأشجار محبة للتربة المالحة، وتحمل العطش لفترات طويلة. أما في أواسط منطقة البحر الميت فتنتشر أشربة من الأشجار الحرجية حول مجاري السيول والينابيع المحلية مثل النخيل البري، والطرفا، والدفلى، والتين البري، والقصب.

٣١. المرجع السابق الذكر، ص ١٤.

وفي منطقة السويمة أقصى شمال البحر الميت فتنشر أشجار الطرفا الاكاسيا، والكينا كأشجار رئيسة في منطقة الدراسة، إضافة إلى بعض الجيوب من القصب والقطف المحبة للترب المالحة. ومن الدراسة الميدانية تبين أن شجرة الطرفا، هي الأكثر انتشارا في منطقة الدراسة. وتظهر بعض الشجيرات الصغيرة مثل القطف، والحميز، والحرمل، خصوصا في مجرى وادي الكرك وابن حماد، وزرقاء ماعين. وتتميز هذه الأشجار بتحمل درجات الحرارة العالية و العطش وقد تأثر الغطاء النباتي الطبيعي في منطقة الدراسة بالأنشطة البشرية والمتمثلة باقتلاع الأشجار لغايات استصلاح الأراضي للزراعة، إضافة إلى تعرضها إلى عملية الرعي و التحطيب الجائر. وقد بدا ذلك واضحا من دراسة الصور الجوية لمنطقة الدراسة لعام ١٩٥٣ ، حيث تظهر الأشجار تغطي أجزاء واسعة من المجاري المائية النشطة وأسطح دلتاوات أودية الموجب، وابن حماد.وقد أدى فقر أسطح دلتاوات أودية الدراسة بالغطاء النباتي إلى تفكك التربة وبالتالي سهولة انجرافها بفعل السيول والتي تنشط أثناء سقوط الأمطار لتتخذ مجاري مائية على أسطح الدلتاوات تساهم في انجراف الترسبات القديمة وحدوث التعميق الرأسي^(٣٢).

^{٣٢} . المرجع السابق الذكر ، ص ١٦ .

الفصل الرابع

الاشكال الجيومورفولوجية الناتجة عن انحسار البحر الميت

الخصائص التضاريسية:

تبرز أهمية دراسة الخصائص التضاريسية باعتبارها إحدى النظم الجيومورفولوجية التي لها تماس مباشر مع الأنشطة البشرية. وتعد منطقة خط الساحل الشرقي للبحر الميت منطقة تركز للنشاطات البشرية خصوصا بعد عام ١٩٩٢م، وهي السنوات التي عقببت شق الطريق الرئيس الذي يربط مناطق عمان الزارة العقبة، حيث ازدادت النشاطات البشرية بشكل ملفت للنظر، وتمثلت في إنشاء الفنادق والمنشآت السياحية، إضافة إلى استغلال بعض المناطق السهلية في مجال الزراعة. وقد تأثرت منطقة الدراسة بالعمليات الحثية، والحركات التكتونية وعوامل المناخ، خلال فترة العصور الجيولوجية السابقة. إضافة إلى تأثر التضاريس في منطقة الدراسة بحركة التضغوط والتي نشأت عن الحركة الأفقية على طول الصدع الممتد باتجاه شمالي جنوبي على الساحل الشرقي للبحر الميت حيث عمليات الإزاحة الأفقية. (Bender، ١٩٧٤). () .

لقد ساهمت عملية الهبوط في مستوى سطح البحر الميت في التأثير على الخصائص الانحدارية لأودية الدراسة حيث تعرض مستوى

سطح البحر الميت لانخفاض واضح بلغ ٣٥ م خلال الفترة من عام ١٨١٠ م إلى ٢٠١٣ م، وقام الباحث بقياس الخصائص الانحدارية لأودية الدراسة حيث تم قياس درجات الانحدار باعتماد المجرى كاملا كمسافة أفقية، و الفاصل الرأسي لحساب التضرس بالاعتماد على قراءة جهاز G P S ، في منطقة خط الساحل لكل الأودية لأنها تقع على نفس المنسوب، وتم قياس أعلى منسوب من الخرائط الطبوغرافية ذات المقياس ١:٥٠٠٠٠٠ لعام ١٩٦٢م ، ١:١٠٠٠٠٠٠ عام ١٩٩٣ . ١:٥٠٠٠٠٠ لعام ١٩٩٧، المعتمدة لمثل تلك القياسات. وتم الاعتماد على الطريقة غير المباشرة في أخذ القياسات في الحوض الأوسط، ولأعلى (المنابع) للأودية المدروسة باعتبارها أحد المناهج المتبعة في الدراسات الجيومورفولوجية.

وتم اختيار ستة أودية كعينة ممثلة للخصائص الانحدارية وهي: وادي الحسا والنميرة في جنوب البحر الميت، وادي الكرك والموجب في المنتصف، ووادي زرقاء ماعين والمخيرص في شمال البحر الميت. وقد تم دراسة الخصائص الانحدارية لتلك الأودية في مناطق المنابع العليا وعلى طول المجاري لغايات اخذ فكرة عامة عن منطقة رfd الساحل الشرقي للبحر الميت بالرواسب، وقد تم التركيز على الأحواض الدنيا لأودية الدراسة لعلاقتها المباشرة بتراجع مستوى البحر الميت. والشكل (٢٣) صورة جوية لوادي الموجب.

وقد تم الاعتماد على عدة علاقات رياضية لغايات دراسة الخصائص الانحدارية في المنطقة. وتم استخراج درجة الانحدار وهي: الزاوية المحصورة بين المستوى الأفقي وسطح الأرض وتقاس عادة بالدرجة وتحسب بقسمة المسافة الرأسية (التضرس) على المسافة الأفقية، ويضرب الناتج في ٦٠. (انظر الفصل الاول المنهجية) () .

أما معدل الانحدار فهو: النسبة المئوية لناتج قسمة المسافة الرأسية على المسافة الأفقية ، وإذا كان معدل الانحدار أقل من ١ % دلّ ذلك على أن المنطقة مستوية تصلح لإقامة مطار أو ملعب كرة قدم عليها. وإذا كان معدل الانحدار أقل من ٩ % تصلح المنطقة لإقامة خط سكة حديد، أو طريق معبد عالي الجودة. وإذا كان معدل الانحدار أقل من ١٥ % تصلح المنطقة لإقامة مصانع عليها، (التركمانى، ١٩٨٨). وعليه فكلما ارتفع رقم نسبة الانحدار دل على أن المنطقة وعرة والعكس صحيح. وتم حساب معدل التضرس بطرح أعلى منسوب في المنطقة من أقل منسوب، وتم استخدام جهاز GPS لحساب نقاط نهاية الأودية والمتمثلة بالمصب في حين اعتمد على الخرائط الطبوغرافية لأخذ أعلى منسوب لتباعد المنطقة ووعورتها الشديدة والتي شكلت في أغلب الأحيان صعوبة في أخذ القياسات (٣٣)

٣٣ . محمد محسوب ، المرجع السابق الذكر ، ص ٥٤ .

الشكل (٢٢) صورة جوية لحوض وادي الموجب عام ١٩٨٥م



المصدر: المركز الجغرافي الملكي الاردني ٢٠٠٦م

وقد تم التوصل إلى النتائج المبينة في الجدول رقم (٣) .

الجدول رقم (٣) الخصائص التضاريسية لأحواض أودية الدراسة

الوادي مساحة الحوض

الوادي	مساحة الحوض كم ^٢	طوال المجرى كم	التضار س م	معدل الانحدار م/م	درجة الانحدار (°)
المخيرص	49	18	1182	6.56	3.94
زرقاء ماعين	270	23	1214	5.27	3.18
الموجب	6800	135	1413	1.04	0.62
الكرك	216	45	1656	3.68	2.2
النميرة	60	19	1296	6.82	4.09
الحسا	2370	60	1412	2.35	1.41

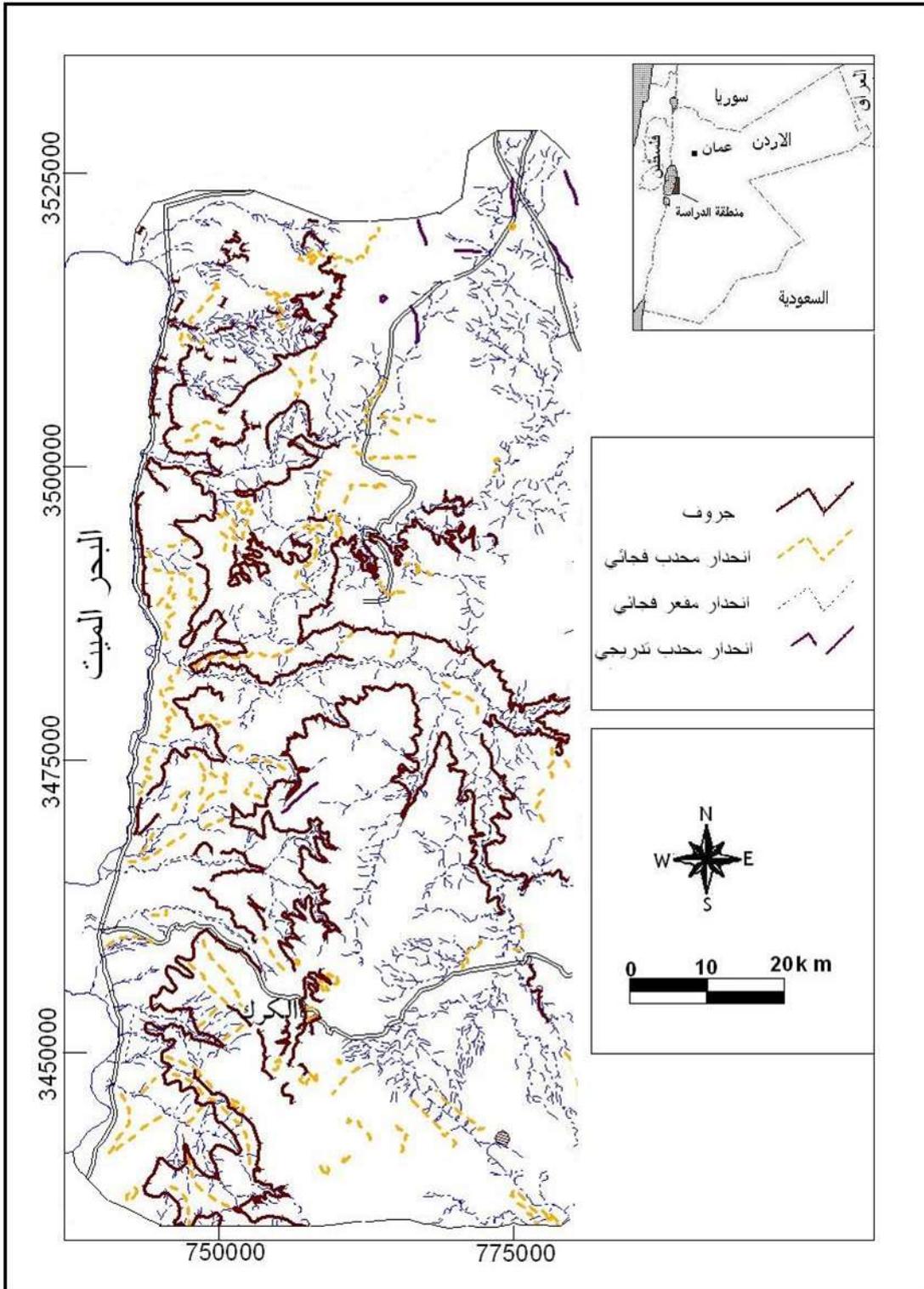
المصدر: الباحث ٢٠١٣م.

ويعتبر الجدول السابق صورة نهائية للخصائص الانحدارية للأودية عينة الدراسة حيث نلاحظ وجود علاقة عكسية بين المسافة الأفقية وكل من درجة الانحدار ومعدل الانحدار: كلما زادت المسافة الأفقية قل معدل الانحدار ودرجة الانحدار . ويدل ذلك على أن الانحدار العام في أحواض أودية البحر الميت يكون نحو منخفض البحر الميت بنظام شبه مركزي ، في حين أن الانحدار العام يكون باتجاه شرقي غربي . (Powell,1998)

وقد تم دراسة المنابع العليا في الأودية عينة الدراسة لغايات أخذ فكرة عامة عن منطقة الرغد لأحواض الدنيا للأودية ولخط الساحل الشرقي للبحر الميت، وقد تم أخذ نتيجة القياس بمعدل ٣ قياسات أي ٣ إلى كل ١٠٠ م ، وأخذ المعدل العام لها كون المسافة المقاسة ٣٠٠ م بسبب اتساع أحواض الدراسة، وطول المسافة الأفقية، وتم التركيز على الأحواض الدنيا والمتمثلة بمنطقة الدلتا لأودية عينة الدراسة، الجدول رقم (٤) يوضح الخصائص الانحدارية لأحواض أودية الدراسة بشكل عام. وقد تبين من الدراسة ازدياد أعداد

القطاعات المحدبة والمقعرة في القطاعات الأولى عند المنابع، وتقل تكرارات هذه القطاعات وتزداد النسب التكرارية للقطاعات والمستوية بالاتجاه نحو القطاعات التي تقترب من المصب والتي تتمثل بمنطقة المراوح الفيضية بالقرب من البحر الميت. والشكل (٢٦) الخريطة الموفومترية لمنطقة الدراسة .

والشكل (٢٣) يوضح الخريطة الموفومترية لمنطقة الدراسة



المصدر: الخرائط الجيولوجية والطبوغرافية لمنطقة الدراسة
٥٠٠٠٠/١ غام ١٩٩٧، ١٩٦٢. المركز الجغرافي الملكي

وتم تصنيف القطاعات التضاريسية في منطقة الدراسة (أحواض
الأودية) إلى قطاعات محدبة، ومقعرة، ومستوية. وفقا إلى نتائج
معامل التقوس (انظر الفصل الاول المنهجية)

واعتمادا على نتائج معامل التقوس تم تقسيم القطاعات إلى أجزاء
محدبة ومقعرة حيث تشير القيم الموجبة إلى أن العنصر محدب شكل،
والقيم السالبة إلى أن العنصر مقعر الشكل، والقيم القريبة من الصفر
تشير إلى منطقة مستوية. الجدول (٤).

الجدول (٤) الخصائص الانحدارية لأحواض أودية الدراسة

الوادي	القطاعات المقعرة	القطاعات المحدبة	القطاعات المستوية	نسبة للتقعر %	نسبة للتحدب %	نسبة للمستوية %
المخيرص	38	19	3	63	32	5
زرقاء ماعين	44	30	3	57	39	4
الموجب	310	138	2	69	30	1
الكرك	98	37	15	65	25	10

4	75	59	3	23	37	النميرة
3	39	58	7	78	115	الحسا

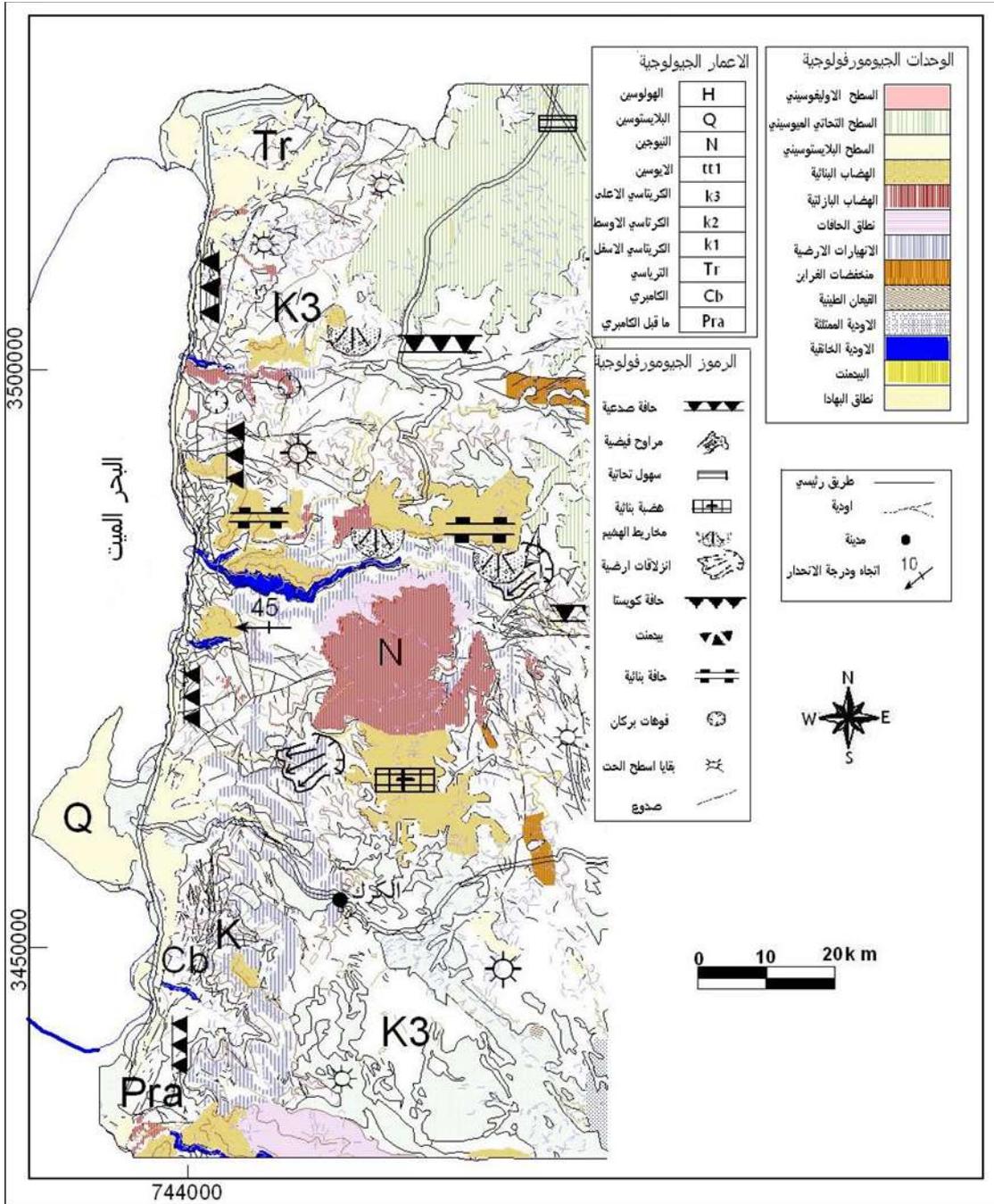
المصدر: الباحث عام ٢٠١٣ م .

رطوبة تسببت في تدني القيم المقعرة وزيادة النسب المحدبة. أما القيم المقعرة فقد ازدادت في المنطقة المنحدرات المطلة بشكل مباشر على البحر الميت وذلك لسيادة الجفاف وقلة الأمطار، وانخفاض مستوى الأساس والمتمثل بالبحر الميت. وقد احتلت القطاعات المحدبة جوانب الأودية، وسفوح جوانب التلال الصغيرة، و الحافات الصدمية على طول المناطق الشرقية المطلة على البحر الميت في أحواض الأودية عينة الدراسة، بينما تمثلت القطاعات المقعرة سفوح المنحدرات بسبب تعاضم الحت الرأسي أو التراجعي بالاتجاه إلى المنابع، ونستطيع أن نطلق على منطقة المنحدرات المطلة على البحر الميت أنها من نوع الانحدار المعقد أو المركب، و في هذا النوع يتغير الانحدار عدة مرات فوق السطح الواحد، وتتوالى أنواع الانحدارات بشكل ملفت للنظر، وقد اتضح ذلك من خلال تحليل قيم الانحدار والذي تعددت فيه قيم الانحدار في المقطع الواحد. وقد تعددت القطاعات التضاريسية في أجزاء الحوض الواحد للأودية عينة الدراسة ففي أعالي الحوض وبالقرب من منطقة المنابع اتخذت أشكال الانحدار أنظمة متعددة كان أعلاها القطاعات المحدبة، تزداد في

وسط الحوض بشكل ملفت للنظر، وتقل عند مناطق المصب. وفي المناطق المطلّة على البحر الميت وبسبب ارتفاع قيمة التضرس لعدة مئات من الأمتار بسبب الحافة الصدعية فقد ظهرت عدة قطاعات انحدارية تتميز بشدة انحداره التي وصلت في أغلب الجروف المقاسة ميدانيا إلى أكثر من ٧٠ درجة، وبطول انحداري قصير أقل من ١٥ م^(٣٤)، بسبب تعرضها إلى تعرية شديدة عند أسفل المنحدرات حيث يعلو العنصر المحدب العنصر الانحداري المقعر بشكل مباشر مع اختفاء العناصر المستوية للمنحدر، وتشكل بزاوية انحدار مفاجئة تعرف بالبدمنت. تتكون رواسب البدمنت من بقايا رواسب الوحدات الفتاتية الصخرية التي تخلفت في أماكنها بعد تراجع الحافات الصخرية أو عن طريق الرواسب التي اشتقت منها وأعيد ترسيبها في المناطق المنحدرة باتجاه أسفل المنحدر، أي الرواسب القادمة من أعالي المرتفعات نحو حضيض المنحدر باتجاه مجاري الأودية. يتراوح سمك الرواسب من عدة سنتمترات عند قمة منحدر البدمنت إلى أكثر من ٣م عند أسفل البدمنت، وتتكون رواسبه من الرمل والغرين المخلوط مع الحصى متعدد الأحجام في أسفل البدمنت مكوناً سطحاً والشكل (٢٤) الخريطة الجيومورفولوجية لمنطقة الدراسة .

^{٣٤}. حسن رمضان سلامه ، مرجع سابق الذكر ، ص ٧٩ .

الشكل (٢٤) يوضح الخريطة الجيومورفولوجية لمنطقة الدراسة



المصدر: الخرائط الجيولوجية والطبوغرافية لمنطقة الدراسة
٥٠٠٠٠/١ اعام مختلفة

والعمل الميداني عام ٢٠١٣م

وجد من الدراسة الميدانية لمناطق حضيض المنحدرات المطلّة مباشرة على البحر الميت أن المنطقة تتأثر بشكل مباشر بشكل المنحدر من حيث التقعر والتحدب والشكل المستوي، بحيث يحدد كل جزء من أجزائه مقدار التعرية، فوجد أن الانحدار الحاد المندمج مع الشكل المستوي يعطى أعلى مقدار لتراكم التربة والمخلفات الصخرية أسفل المنحدر، في حين يشكل المنحدر المقعر مناطق تجمع للرواسب، أما المنحدر المحذب فيؤدى إلى الترسيب في اتجاه المنحدر. ويرجع تطور المنحدرات في المناطق المطلّة بشكل مباشر على البحر الميت إلى فعل التجوية بأنواعها المختلفة من كيميائية وميكانيكية، والتي تعمل على تساقط الرواسب وزحفها من أعالي المنحدر نحو الأسفل. إضافة إلى الفعل المباشر للمياه الجارية على المنحدرات جراء العواصف المطرية القصيرة نظرا للفرق الكبير في قيمة التضرس في المنطقة، فتتشكل مخاريط ارسابية عند أقدم الجبال أو ما يعرف بالبيدمنت، وقد وجد من الملاحظات الميدانية تراكم المواد الرسوبية والتي تتكون من فتات الصخور والتربة حيث تملئ الشقوق والعوائق المنتشرة على السطح القريب، مما يدل على

حادثة نقل هذه الترسبات على المنحدرات، وان المنشأ العام لهذه الأشكال من تدفقات المياه الفجائية على المنحدرات وجفافها. وبشكل عام تمثل المنحدرات النشطة أهم المظاهر السطحية في الأجزاء الشرقية لخط الساحل الشرقي للبحر الميت، حيث أدت عمليات التعرية المائية إلى تقسيم الطبقات السطحية الضعيفة محدثة أخاديد متشعبة تتجه مجاريها نحو الغرب تبعا للانحدار ومنطقة الأساس والمتمثلة بالبحر الميت^(٣٥).

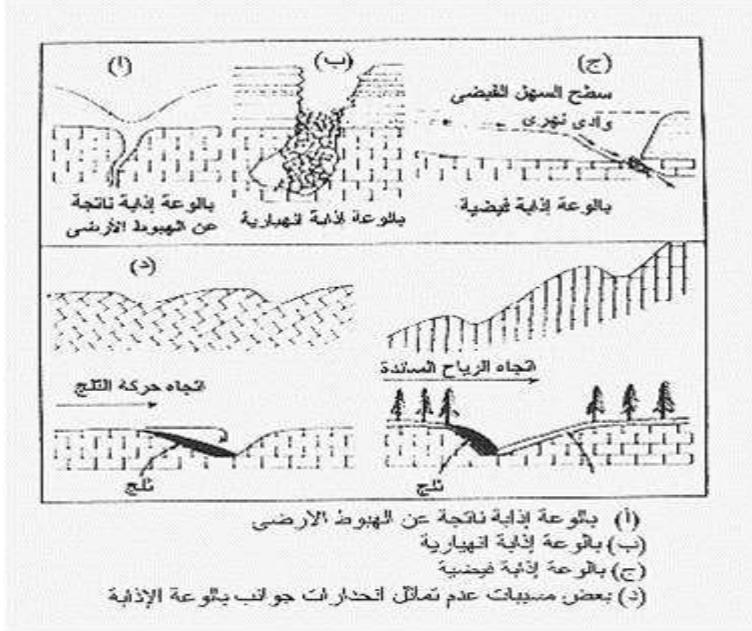
حفر الإذابة:-

تنتشر في مختلف مناطق العالم ظاهرة جغرافية ناتجة عن فعل الماء الجوفي وتعرف بالحفر الوعائية Sink Holes وتتسا تلك الظاهرة نتيجة لتسرب المياه الجوفية الى طبقات الأرض من خلال الفواصل وتعمل على اذابة الطبقات الأرضية القابلة للذوبان في الماء مما يؤدي إلى انهيارها وبالتالي تشكل حفر الإذابة.

ومع استمرار عملية الذوبان قد تتلاحم هذه الحفر مع بعضها البعض مكونة منخفضات أكثر إتساعا ويطلق عليها في هذه الحالة أسم بالوعة الإذابة المركبة Compound Sink Holes. وأحيانا تتشكل حفر طولية كبيرة الحجم ذات جوانب شديدة الانحدار. الشكل(٢٧) الأنماط السائدة لتشكل حفر الإذابة.

^{٣٥} . حسن رمضان سلامه ، مرجع سابق الذكر ، ص ٨٠ .

الشكل (٢٧) أنماط تشكل حفر الإذابة في العالم



المصدر: الجمعية الجغرافية السورية ٢٠١٠م

وتتشكل حفر الإذابة في العالم وفق الأنماط الآتية:

- (أ) بالوعات الإذابة .
- (ب) بالوعات الانهارية .
- (ج) بالوعات الإذابة الفيضية .
- (د) الحفر الطولية .

أما في منطقة البحر الميت فالأمر مختلف من حيث طبيعة تشكل حفر الإذابة، فتنتشر في المناطق المحاذية للبحر الميت العديد من حفر الإذابة والانخسافات الأرضية والتي تكونت بفعل انخفاض مستوى سطح البحر الميت، وما نتج عنه من زيادة في سرعة جريان المياه الجوفية الناتجة عن الميل الهيدروليكي باتجاه البحر من الشرق إلى الغرب، مما أدى إلى زيادة طاقة المياه الحركية، حيث أذابت الطبقات الملحية داخل فراغان الرواسب حديثة التكوين، مما أدى إلى انهيارها في بعض المناطق التي تركزت فيها عملية الإذابة (الوحوش، ٢٠٠٥).

آلية تشكل حفر الإذابة:-

مع استمرار توالي انخفاض مستوى سطح البحر الميت بحدود ٣٣م خلال ٦٠ سنة الماضية برزت مشكلة توالي ظهور حفر الإذابة بشكل واضح وخطر، وتبعها انخفاض مباشر في مستوى الماء العذب حيث تراوح الانخفاض في مستوى الماء العذب بحدود ١٥سم سنويا أي أن مستوى الماء العذب انخفض خلال ٦٠ سنة الماضية بحدود ٩م ونتيجة لهذه الوضعية مع استمرار زيادة الميل الهيدروليكي للماء باتجاه البحر وما يرافقها من سرعة في جريان المياه الجوفية، ونتيجة وجود طبقات من الصخور والكتل الملحية في باطن الأرض القريب أدت تلك الوضعية إلى إذابة تلك الطبقات الملحية وبالتالي تكون فراغات أرضية ما تلبث أن تنهار في أقرب وقت ممكن مخلفتا حفر

إذابة بأحجام وأعماق مختلفة حسب سمك الطبقة الملحية المذابة
الأشكال، ٢٨، ٢٩، ٣٠. صورا لبعض حفر الإذابة على الساحل
الشرقي للبحر الميت.

الشكل (٢٨) حفرة إذابة في منطقة البحر الميت



المصدر: العمل الميداني ٢٠١٣م

الشكل (٢٩) نموذج من حفر الازابة في منطقة البحر الميت



المصدر: العمل الميداني ٢٠١٣م

الشكل (٣٠) صور لحفر اذابة متجاورة

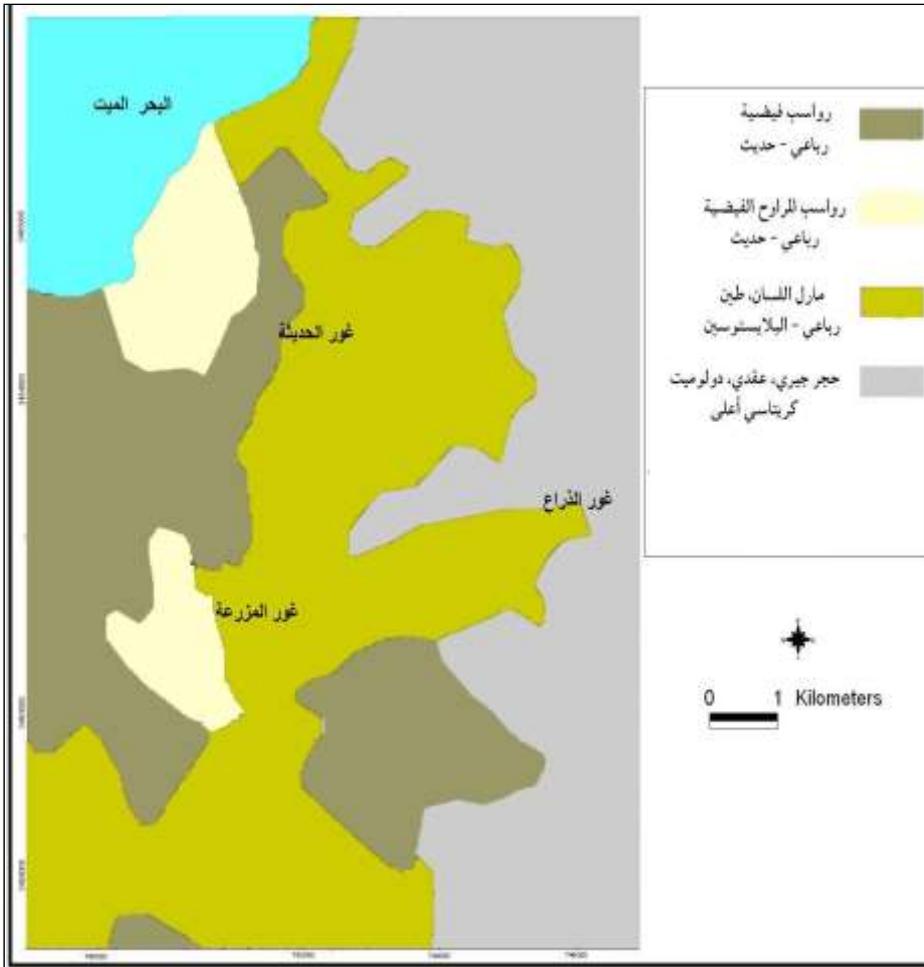


المصدر: العمل الميداني ٢٠١٣م

مراحل تشكل حفر الإذابة:-

مع استمرار توالي انخفاض مستوى سطح البحر الميت بحدود ٣٣م خلال ٦٠ سنة الماضية برزت مشكلة توالي ظهور حفر الإذابة بشكل واضح وخطر، وتبعها انخفاض مباشر في مستوى الماء العذب حيث تراوح الانخفاض في مستوى الماء العذب بحدود ١٥سم سنويا أي أن مستوى الماء العذب انخفض خلال ٦٠ سنة الماضية بحدود ٩م ونتيجة لهذه الوضعية مع استمرار زيادة الميل الهيدروليكي للماء باتجاه البحر وما يرافقها من سرعة في جريان المياه الجوفية، ونتج عنها وجود طبقات من الصخور والكتل الملحية في باطن الأرض القريب أدت تلك الوضعية إلى إذابة تلك الطبقات الملحية وبالتالي تكون فراغات أرضية ما تلبث أن تنهار في اقرب وقت ممكن مخلفا حفر إذابة بأحجام وأعماق مختلفة حسب سمك الطبقة الملحية المذابة. ومن الدراسة الميدانية لمنطقة الساحل الشمالي الشرقي للبحر الميت (منطقة تركز الحفر) نلاحظ تكون مقاطع التربة من تربة منقولة من تدفقات السيول وخصوصا دلتا وادي الجرة . نظرا لتعدد واختلاف التراكيب الجيولوجية بين شمال وجنوب البحر الميت ما بين الصخرية الصلبة كصخور الدولومايت والرواهص والمتبخرات في القسم الشمالي لحوض البحر الميت وبين الرواسب الطينية والحصوية والطينية، بالإضافة إلى الطبقات الملحية التي تشكل جزءاً كبيراً من التراكيب الجيولوجية للقسم الجنوبي من حوض البحر الميت (عابد

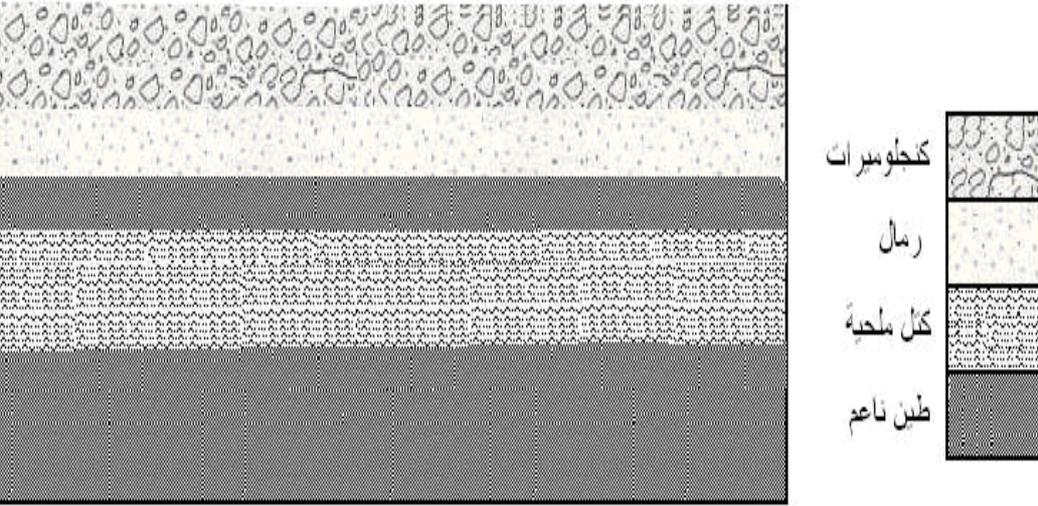
وآخرون، ١٩٩٠) ساهمت تلك الوضعية في تباين شمال وجنوب البحر الميت في تشكل حفر الإذابة حيث تركزت الحفر في المناطق الجنوبية لضعف التراكيب الجيولوجية. والشكل (٣١) الخريطة الجيولوجية لمنطقة مركز حفر الإذابة. الشكل (٣١) الخريطة الجيولوجية لمنطقة مركز حفر الإذابة



المصدر: الخرائط الجيولوجية ٥٠٠٠/١ لعام ١٩٦٢م وعام ١٩٩٧م المركز الجغرافي الملكي.

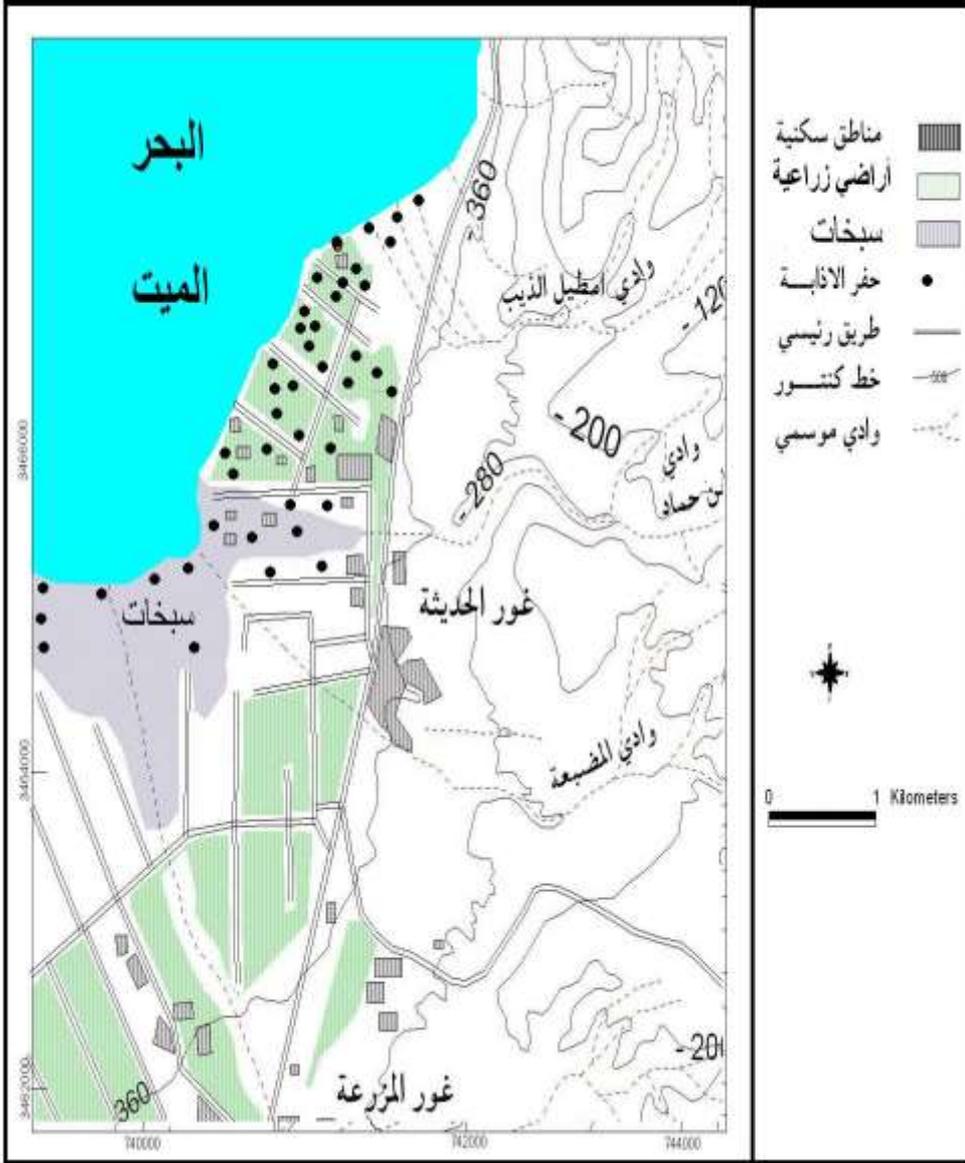
وعند دراسة الحفر القريبة من البحر الميت منطقة الدراسة تبين أن مكونات فطاع التربة في الحفر مبينة كما في الشكل (٣٢) والذي يظهر التتابع الطبقي في حفر الإذابة حيث تتكون الطبقة العليا من الكنجلوميرات غير المتماسكة تليها قطاع الرمال الخشنة والناعمة على التوالي ثم طبقة الكتل الملحية والتي عند تعرضها للإذابة بفعل حركة المياه الجوفية تكون حفر الإذابة والتي يعتمد حجمها على حجم الكتلة المذابة من الأملاح وهنا أمكن مشاهدة نوعين من حفر الإذابة الحفر الحصوية أو المختلطة التي تتكون في مناطق المراوح الفيضية، حيث تكثر الحصى الخشنة والتي تعرّضت لعمليات الحت واختلطت مع الطمي والطين وجميع تلك الترب منقولة بفعل السيول والفيضانات التي تحدث بمجرى الوادي النشط. وتعتبر تلك الحفر المتكونة في دلتاوات الأودية كبيرة الحجم نسبيا وذلك لشدة الميل الهيدروليكي باتجاه البحر مما يساعد في سرعة جريان المياه الجوفية وبالتالي إذابة طبقات أكبر من الكتل الملحية وبالتالي تكون حفر أكبر من النوع الثاني المكون في الطبقات الطينية . والشكل (٣٣) الخريطة الطبوغرافية وأماكن انتشار حفر الإذابة في جنوب شرق البحر الميت.

الشكل (٣٢) تتبع طبقات التربة في حفرة اذابة



المصدر: العمل الميداني ٢٠١٣م

الشكل (٣٣) حفر الإذابة في منطقة الدراسة



المصدر: العمل الميداني، والخرائط الطبوغرافية ١/٥٠٠٠٠

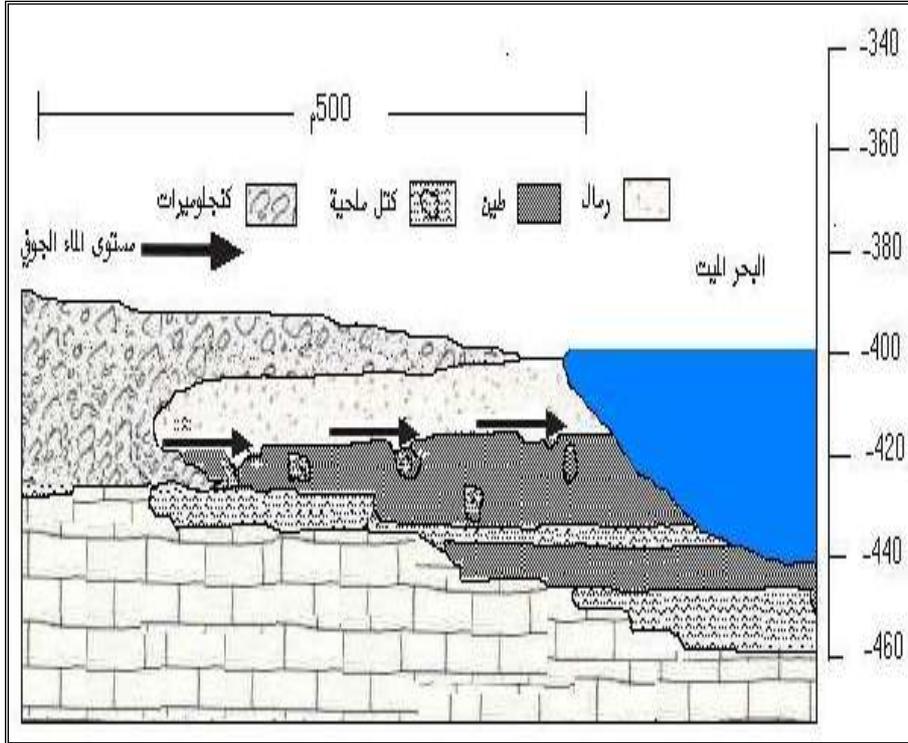
عام ١٩٩٧م

حفر الإذابة الطينية التي تتشكل في الرواسب الطينية ذات الحبيبات الدقيقة من الطين والطين وهي حديثة التكوين نسبياً وتقع جميعها في المناطق التي انحسر عنها البحر الميت مخلفاً ترب طينية دقيقة الحبيبات وهي أصغر من النوع الأول بسبب قلة الميل الهيدروليكي للسرعة جريان المياه الجوفية.

نلاحظ من خلال الأشكال الثلاثة ٣٤ ، ٣٥ ، ٣٦. والتي تبين مراحل تشكل حفر الإذابة في منطقة البحر الميت حيث يظهر الشكل (٣٤) والذي بين أن ارتفاع مستوى سطح البحر الميت بحدود -٤٠٠م تحت مستوى سطح البحر وكان ذلك في بدايات تشكل الحفر في علم ١٩٨٠م ، حيث تظهر الكتل الملحية في أسفل ومع مستوى المياه الجوفية وبداية الميل الهيدروليكي لسطح البحر . أما الشكل (٣٥) والذي يظهر المرحلة الثانية لتشكل الحفر حيث المزيد من الانخفاض في مستوى سطح البحر الميت وما رافقه من انخفاض مستوى الماء الجوفي والذي أذاب طبقات الأملاح مخلفاً حفر إذابة قابلة للانقيار في أي وقت وما تلبث ان تنهار مع توالي انخفاض مستوى سطح البحر الميت كما يظهر في الشكل (٣٦) والذي يمثل

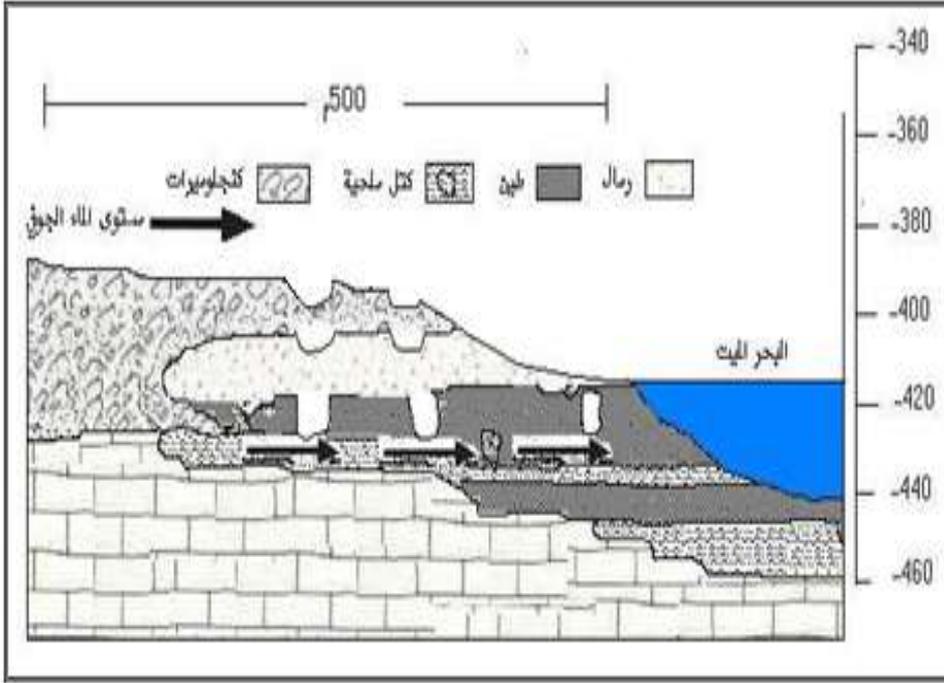
المرحلة الثالثة لتشكل حفر الإذابة حيث تظهر الحفر كاملة وبشكلها النهائي.

الشكل (٣٤) المرحلة الأولى لتشكل حفر الإذابة



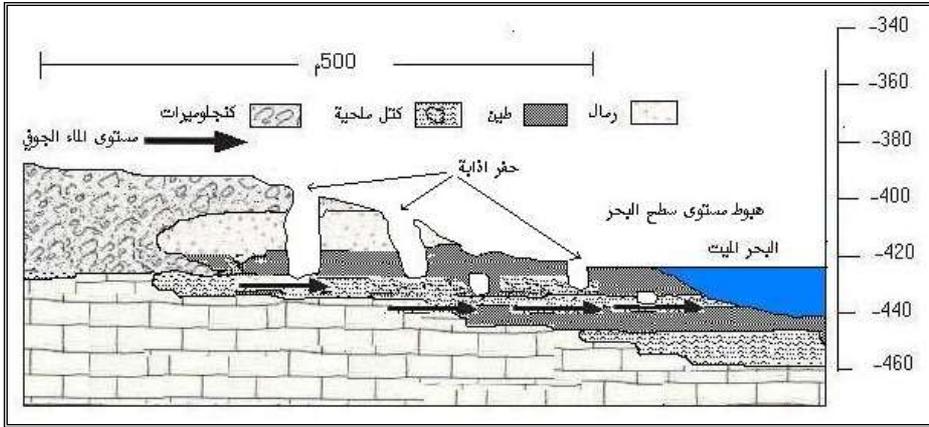
المصدر: العمل الميداني ٢٠١٣

الشكل (٣٥) المرحلة الثانية لتشكل حفر الإذابة



المصدر: العمل الميداني ٢٠١٣م

الشكل (٣٦) المرحلة الثالثة لتشكيل حفر الإذابة



المصدر: العمل الميداني ٢٠١٣

ومن الدراسة الميدانية تبين وجود العديد من حفر الإذابة والانخسافات الأرضية في مناطق الساحل الجنوبي الشرقي للبحر الميت بلاغ عددها حوالي ١٥٠ حفرة متركزة في منطقة غور حديثة (العمل الميداني). وتتسبب حفر الإذابة والانخسافات الأرضية في تهديد ممتلكات المواطنين ومزارعهم إضافة إلى تهديد الثروة الحيوانية. ومن مخاطر حفر الإذابة في منطقة الدراسة، التأثير المباشر على استخدام الأرض في المجال السياحي، والصناعي، حيث يوجد مصنع النميرة

لأملاح البحر الميت في اكثر مناطق الدراسة تأثرا بحفر الإذابة فقد أحصى الباحث ما يزيد عن خمسين حفرة إذابة وانخساف ارضي تحيط بالمصنع من الشمال والشرق. وقد بينت الدراسة أن المناطق التي انحسر عنها البحر الميت بشكل أفقي (خط التراجع) تحتوى على حفر بأحجام وأنواع مختلفة، في حين تخلو مناطق التراجع العامودي للبحر الميت وخصوصا عندما تقترب الجبال من البحر من تواجد حفر الإذابة بسبب تراجع البحر عن الأراضي الشاطئية بشكل عامودي.

الفصل الخامس

النتائج والمناقشة والتوصيات

نتائج البحث :

توصل البحث الى النتائج الاتية :

تأثرت مناطق الساحل الشرقي للبحر الميت بانخفاض مستوى سطحه. وظهر ذلك من خلال الآثار الجيومورفولوجية التي نتجت عن ذلك الانحسار وتمثلت بزيادة معدل الانحدار على السفوح المطلة على البحر الميت، وتجانس معدل الانحدار على اسطح دلتاوات القصيرة مثل الموجب وزرقاء ماعين. اضافة الى اختلاف في نوعية الرواسب السطحية التي تم قياسها ميدانيا، وتشابه بعض الرواسب في المقاطع العرضية المقاسة.

حيث بين البحث وجود أنماط متعددة للترسيب في المجاري المائية النشطة فقد وجدت بعض النتائج الشاذة عن القانون العام للترسب، والذي يشير إلى صغر حجم الرواسب كلما اتجهنا إلى نهاية المجرى. ووجد في دلتا وادي النميرة والمخيرص انتشار الرواسب كبيرة الحجم على طول المجرى المائي، ولم تظهر خاصية الترسيب الاصطفائي على طول المجرى النشط وذلك بسبب ظروف ارتفاع وانخفاض مستوى سطح البحر الميت، إضافة إلى تدفق الحمولة الخشنة من

المرتفعات المجاورة بفعل شدة الانحدار عند حدوث الفيضانات وقرب مسافة النقل. و بينت الدراسة أن جميع الأودية المدروسة قد استجابة لانحسار مستوى سطح البحر الميت. حيث انه كلما ازداد انحسار مستوى سطح البحر الميت ازدادت مساحات دلتاوات الأودية، وذلك بزيادة المسافة المكتسبة على حساب البحر.

ومن خلال الفرضية الثانية فقد وجد ان هنالك علاقة ما بين المسافة الأفقية وكل من درجة الانحدار ومعدل الانحدار، حيث نلاحظ وجود علاقة عكسية بين المسافة الأفقية وكل من درجة الانحدار ومعدل الانحدار: كلما زادت المسافة الأفقية قل معدل الانحدار ودرجة الانحدار، ويدل ذلك على أن الانحدار العام في أحواض أودية البحر الميت يكون نحو منخفض البحر الميت بنظام شبه مركزي، في حين أن الانحدار العام يكون باتجاه شرقي غربي.

بين البحث وجود علاقة واضحة بين انحسار مياه البحر الميت أفقيا أو عموديا وتشكل حفر الإذابة. ففي المناطق التي شهدت انحسارا أفقيا ازداد الميل الهيدروليكي للمياه باتجاه البحر، مما أدى إلى تشكل الحفر بإعداد كبيرة وإحجام مختلفة. أما في مناطق الانحسار العمودي فقد انعدمت فرص تشكل حفر الإذابة بسبب انحسار المياه بشكل عامودي وعدم وجود ميل واضح للمياه الجوفية باتجاه البحر. وقد تشابهة نتائج هذه الدراسة مع دراسة اجراها : Closson. Abou

(karaki2008)، حيث بينت نتائج تلك الدراسة عن عامل انحسار مستوى سطح البحر الميت هو العامل الرئيس في تشكل حفر الازابة. واتفقت نتائج هذه الدراسة ايضا مع نتائج دراسة: من Itamar, A. and Reizmann Yu تحت عنوان : Air photo survey of sinkholes in the Dead Sea area (2000). في السبب ذاته. وكذلك اتفقت نتائج هذه الدراسة مع دراسة اجراها ودرس كل من (Closson. Abou karak (2003) تحت عنوان: Subsidence hazards in dead sea area

تشابه الخصائص الانحدارية ما بين دلتاوات الأودية عينة الدراسة بحسب مدلول وسطها الحسابي والانحراف المعياري، فقد تبين من الدراسة ان قيمة الانحراف المعياري لقيم دلتاوات الأودية كل واحد على حدا إلى عدم وجود تطرف بالقيم واقتراب القيم من وسطها الحسابي، وقيمة الانحراف المعياري صغيرة مما يدل إلى وجود تجانس في الخصائص الانحدارية على سطح دلتاوات الأودية. وقد اختلفت نتائج هذه الدراسة عن نتائج دراسة دراسة الشلالدة ١٩٩٢م لدلتا وادي زرقاء ماعين، ومرد ذلك الى زيادة معدل انحدار السفوح بسبب زيادة معدل انحسار البحر الميت في ذلك الوقت عن الوقت الراهن بحدود ١٥م تقريبا.

وحسب نتائج تحليل معامل الارتباط ظهرت علاقة واضحة ما بين درجة انحدار سطح الدلتا والمسافة المكتسبة على حساب البحر. حيث وجد هنالك علاقة سلبية قوية ما بين درجة انحدار سطح الدلتا والمسافة المكتسبة على حساب البحر فقد بلغت قيمة معامل الارتباط (-٩٤) مما يعني وجود علاقة عكسية ما بين المتغيرات، فكلما زادت درجة الانحدار على سطح الدلتا قلت المسافة المكتسبة على حساب البحر والعكس صحيح. ففي المناطق التي قلت فيها درجة الانحدار شهدت تراجعاً واضحاً للمياه وبالتالي زيادة المسافة المكتسبة على حساب البحر، وفي المناطق شديدة الانحدار قلت المسافة المكتسبة على حساب البحر. وقد اتفقت هذه الدلائل مع دراسة كل من : عوده،(١٩٨٧) تحت عنوان: خرائط دلتاوات الساحل الشرقي للبحر الميت وخصائصها من منظور جيومورفولوجي. ودراسة غنيم، عثمان،(١٩٨٧) جيومورفولوجية دلتا وادي زرقاء ما عين. و دراسة عودة،سميح، وسلامة حسن (١٩٨٨) بعنوان : التغيرات الجيومورفولوجية الإرسابية لوادي المخيرص على الساحل الشرقي للبحر الميت، من حيث ان تراجع مستوى سطح البحر الميت قد ساهم بشكل مباشر في زيادة المساحة المكتسبة على حساب البحر.

وعند تحليل معامل الارتباط بين أحجام الرواسب وطول المجرى المائي وجد أن هنالك علاقة سلبية قوية في أودية الموجب، والحساء،

والكرك، وعلاقة ضعيفة في أودية المخيرص والنميرة، ومتوسطة في وادي زرقاء ماعين. حيث يعتمد متوسط أحجام الرواسب بصورة أساسية على طول المجرى المائي و مساحة الحوض النهري، وما يمثله ذلك من تأكيد على المسافة التي تقطعها الرسوبيات، والتي تتناسب عكسيا وطوال المجاري المائية المقاسة. لكن ظروف الترسيب في منطقة البحر الميت، وما رافقها من تقدم وانحسار مستوى سطح البحر الميت كان لها اثر واضح في بروز بعض القيم الشاذة عن المؤلف، ووجد أن عن معامل تكور الرواسب يرتبط ومسافة النقل بعلاقة طردية، فيزداد معدل تكور الرواسب في الأودية ذات المجرى المائي الأكبر بينما يقل في الأودية ذات المجاري المائية القصيرة نسبيا. وقد تطابقت نتائج هذه الدراسة مع دراسة النواصرة عام (٢٠٠٦) تحت عنوان: اثر انخفاض مستوى سطح البحر الميت على جيومورفولوجية اودية ابن حماد، الكرك، الشقيق، الجرة، والموجب. من حيث قياس احجام الرواسب، واعتمادها على مسافة النقل.

تتشابه الخصائص الانحدارية لأودية الدراسة من حيث التحذب والتفرع حسب نتائج معامل التقوس. فقد وجد هنالك تباين في قيم التحذب والتفرع في أودية الدراسة بسبب طول المجرى المائي واتساع مساحة الحوض، إضافة إلى التباين المناخي بين المنابع العليا للأودية والتي تقع في منطقة أكثر رطوبة تسببت في تدني القيم

المقعة وزفاة النسب المءةة. أما القفم المقعة فقد ازءاءء فف المنطقة المنءراء المطة بشكل مباشر على البحر المفء وذلك لسةاءة الجفاف وقلة الأمطار؁ وانءفاض مسءوى الأساس والمءمءل بالبحر المفء.

المناقشة

نتيجة انخفاض كمية المياه الواصلة للبحر الميت من مصادر تغذيته المتعددة من ١٦٠٠ مليون متر مكعب عام ١٩٥٠م الى حوالي ٣٠٠ مليون متر مكعب في الوقت الراهن، ادى الى انخفاض واضح في مستوى سطح البحر الميت، ورافقت عملية انخفاض مستوى سطح البحر الميت تقلص واضح في مساحته، والتي كانت عام ١٩٦٠ بحدود ١٠٩٦ كم^٢ وصلت في نهاية عام ٢٠١٣م حوالي ٦٠٠ كم^٢. ادت تلك الوضعية الى ظهور الكثير من الاثار الجيومورفولوجية، والتي اثرت بشكل واضح على منطقة خط الساحل الشرقي للبحر الميت. وعالجت هذه الدراسة بعضا من تلك الاثار ومنها: التغير في الخصائص الانحدارية للمرتفعات المطلة على البحر الميت، وخصوصا في مناطق دلتاوات الاودية التي تصب بشكل مباشر في البحر الميت، وقد تم اختيار ستة اودية موزعة على طول الساحل الشرقي للبحر الميت وهي: وادي المخيرص وزرقاء ماعين، وادي الموجب والكرك، وادي النميرة والحسا. وقد ظهر من خلال الدراسة استجابة جميع تلك الاودية للانخفاض المباشر في مستوى سطح البحر الميت وفق درجات مختلفة من وادي لآخر، تبعا لمساحة حوض التصريف المائي، وحجم الدلتا.

ومن الموضوعات التي عالجتها هذه الدراسة دينمكية الترسيب فقد تم اختيار ١٨٠٠ عينة من الرواسب بشكل عشوائي بواقع ٣٠٠ عينة لكل وادي من اودية الدراسة داخل المجاري المائية النشطة على اسطح الدلتاوات. وقد اتضح من الدراسة شذوذ اودية زرقاء ماعين والنميرة، عن الوضع المعتاد للرواسب فيما يختص بالترسيب الاصطفائي حيث وجدت الرواسب كبيرة الحجم في اواسط المسافة المقاسة ومرد ذلك الى حدوث الفيضانات الفجائية في فصل الشتاء، اضافة الى قصر المجرى المائي لتلك الاودية.

اما فيما يختص برواسب اودية الدلتا فقد تم اختيار خمسة قطاعات راسية لكل وادي من اودية الدراسة ووجد ان بعض انواع الرواسب قد تكررت في كل مقطع راسي تم دراسته مثل: الرمل ضعيف التماسك، اضافة الى الرمال الخشنة المفككة. اما ترسبات طين البحر الميت فقد وجدت بكثرة في اودية الكرك والحسا، وذلك بسبب تراجع المياه بشكل افقي عن بعض الاراضي التي اضيفت بسبب تلك الوضعية الى اراضي الدلتا ذاتها.

ومن الاثار المهمة التي ظهرت عقب الانحسار الكبير في مستوى سطح البحر الميت وجود ما يسمى حفر الاذابة، فقد تركزت تلك الحفر في منطقة غور الحديثة وشبه جزيرة اللسان وخصوصا على دلتا وادي الكرك. ويعود السبب في ذلك الى طبيعة انحسار المياه في

تلك المنطقة بشكل افقي، مما ادى الى وجود ميل هيدروليكي للمياه الجوفية باتجاه البحر، فأذابت المياه الجوفية طبقات الملح في الرواسب حديثة التكون بشكل ادى الى تكون حفر اذابة بابعاد واشكال مختلفة. و تم الاجابة عن اسئلة الدراسة والتي نستطيع ايجازها كما يلي:

تبين من الدراسة ان التقلبات المناخية والمتمثلة في تذبذب كميات الامطار السنوية، اضافة الى ارتفاع مستوى التبخر بسبب ارتفاع درجات الحرارة هي ابرز العوامل الطبيعية التي ساهمت في انخفاض مستوى سطح البحر الميت. و وجد ان تحويل مياه نهر الاردن الرافد الرئيس للبحر الميت، اضافة الى اقامة السدود المائية على الاودية المغذية للبحر الميت، اضافة الى عملية التصنيع واستخدام المياه لاستخراج البوتاس والبرومين واملاح البحر الميت، اهم العوامل البشرية لانخفاض مستوى سطح البحر الميت. و بلغ معدل الانخفاض السنوي لمستوى سطح البحر الميت بحدود ٧٠سم، وهو مقارب للمعدلات المستخرجة في باقي الدراسات عن مستوى سطح البحر الميت.

وقد اثر انخفاض مستوى سطح البحر الميت على جيومورفولوجية دلتاوات الأودية، من خلال زيادة معدل الانحدار على اسطح الدلتاوات ، اضافة الى زيادة معدل التعميق الراسي، وظهور ما يسمى

بمرحلة التصابي. وقد وجد ان هنالك علاقة واضحة بين انخفاض مستوى سطح البحر الميت وتكون حفر الازابة، ففي المناطق التي زاد فيها معدل الانحسار خصوصا في مناطق الانحسار الافقي في المناطق الضحلة زادت فرص تشكل حفر الازابة بسبب الميل الهيدروليكي للمياه الجوفية باتجاه البحر، اما في المناطق ذات الانحسار العمودي فقد قلت فرص تشكل حفر الازابة لقلة المساحات الافقية التي انحسر عنها البحر. من المتوقع لمستقبل البحر الميت في ظل الانخفاض المستمر في مستوى سطحه ان تنخفض مساحته بشكل متسارع مما يؤدي الى تشكل بحيرة ملحية ذات كثافة عالية مما يؤدي الى توقف التبخر من مياهها بشكل يكون مستتق ملحي عالي الكثافة.

التوصيات:

١. يمثل البحر الميت ثروة وطنية للدول المشاطئة له، لذلك يجب إيلاء مشكلة استنزاف مصادر للبحر الميت المائية اهتمام واضح، والعمل على إعادة التوازن الطبيعي لمستوى مياه البحر الميت، وذلك بإنشاء قناة البحرين لرفد البحر الميت بالمياه من البحر الأحمر.
٢. العمل على الحد من تكون حفر الإزابة في المناطق المنكوبة وذلك بإجراء طمر مستمر وردم لتلك الحفر، لغايات الحفاظ على

شكل وجمال المناطق باعتبارها مناطق سياحية من الدرجة الأولن
اضافة الى الحفاظ على الاراضي الزراعية وادامت زراعتها.

٣. العمل على استخدام امن لمياه البحر الميت، وذلك بتقليل ضخ
المياه إلى الحوض الجنوبي لغايات التعدين واستخراج أملاح البوتاس
والبرومين بشكل يحفظ توازن مياه البحر الميت نفسها، وخلط الأملاح
ومخلفات التعدين بمياه عذبة من السيول للحفاظ على جماليات
المنطقة.

٤. العمل على تحفيز البحث العلمي وفي مختلف الحقول العلمية
عن موضوع البحر الميت بسبب وجود نقص هائل في قواعد البيانات
عن منطقة البحر الميت وخصوصا الحوض الجنوبي منه.

٥. العمل على توفير مستلزمات البحث العلمي من صور جوية
وفضائية وجعلها في متناول يد الباحثين لغايات الخروج بنتائج
صحيحة خدمة لاغراض البحث العلمي.

٦. اقامة محطات رصد جوية خاصة في مناطق البحر الميت
التي التي تفتقر بعضها وبشكل ملحوظ لمثل هذه المحطات والتي لو
وجدت لتوافرت مادة علمية لخدمة اغراض البحث العلمي.

المراجع

أ.المراجع العربية

١/أبو سمور، حسن(١٩٩٨). التصريف المائي لوادي الموجب، مجلة الجغرافي العربي اتحاد الجغرافيين العرب،بغداد،ع٤ ، ص ص ٧٧ - ١٠١.

٢/أبو غزالة، شهرزاد (٢٠٠٠). تغير خط الساحل الشرقي للبحر الميت قي الفترة (١٩٥٠ - ١٩٩٧ م)، رسالة ماجستير غير منشورة، الجامعة الأردنية عمان، الأردن.

٣/الأرصاد الجوية(٢٠٠٤). نشرات مناخية (١٩٥٢ - ٢٠٠٣). قسم المناخ، عمان.

٤/بزبز، احمد عدنان(١٩٩٧). تحليل شبكات التصريف والخصائص الرسوبية للمراوح الفيضية في وادي اليتيم جنوب الأردن، رسالة ماجستير غير منشورة الجامعة الأردنية، عمان ، الأردن.

٥/خرقان، ماريا(٢٠٠٠). انحسار البحر الميت وتأثيره على المنطقة المحيطة، مجلة المقياس، ع ١٧، المركز الجغرافي الملكي الأردني، عمان ص ص ٤٧ -- ٦٠

- الدليمي، خلف (٢٠٠٥). التضاريس الأرضية، دار الصفا، عمان.
- ٦/الرواشدة، سامر (٢٠٠٤). كفاءة استخدام مياه الري في حوض وادي الكرك الأوسط. رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة مؤتة، الكرك، الأردن.
- ٧/سلامة، حسن رمضان (١٩٨٠). التحليل الجيومورفولوجي للخصائص المورفومترية للأحواض المائية في الأردن "دراسات، مجلد رقم ٧، ١٤، ص ٧٩ - ١٣٢.
- ٨/سلامة، حسن رمضان (١٩٨٥). جيومورفولوجية الحافة الصدمية الشرقية لغور وادي الأردن"، دراسات، مجلد ١٢، عدد ٧، ص ٣٥ - ٦٥.
- ٩/سلامة، حسن (٢٠٠٤). أصول الجيومورفولوجيا، دار المسيرة للنشر، عمان. ص ص ١٦٦ - ١٨٥.
- ١٠/سلطة وادي الأردن (٢٠٠٥). تقارير غير منشورة. عمان، الأردن.
- ١١/السياب، شاعر (١٩٨٠). علم الطبقات، المطبعة الفرنسية، S I MA باريس.

شركة البوتاس العربية(٢٠٠٥). تقارير غير منشورة. غور الصافي،
الكرك

١٢/الشمالي، خالد،(٢٠٠١)). الأراضي والأثرية، الجزء الثالث،
أصناف وأنواع الأثرية في العلم، دار الضياء، عمان.

١٣/الصالح، محمد عبد الله(١٩٩٢). بعض طرق قياس المتغيرات
في أحواض التصريف، مطابع جامعة الملك سعود، الرياض.

١٤/عابد، عبد القادر(١٩٨٥). جيولوجية البحر الميت، مكتبة
الجامعة الأردنية، عمان.

١٥/عابد، عبد القادر(١٩٨٢). جيولوجية الأردن، مكتبة النهضة
الإسلامية، عمان.

١٦/العنانزة، علي(١٩٩٩). استهلاك المياه في محافظة الكرك:
الحاضر والمستقبل، مؤتة للبحوث والدراسات، مجلد ١٤، عدد ٨،
ص ٣٥ - ٦١.

١٧/عواودة، محسن (٢٠٠٥). الآثار الجيومورفولوجية لعدم الاستقرار
على بعض أودية البحر الميت في الأردن، رسالة دكتوراه غير
منشورة، الجامعة الأردنية، عمان.

١٨/ عودة، سميح، وسلامة، حسن (١٩٨٨). التغيرات الجيومورفولوجية و الارسابية لوادي المخيرص على الساحل الشرقي للبحر الميت. دراسات المجلد ١٥ العدد ٩، ص ص ٧—٤٤.

١٩/ عودة، سميح (١٩٨٧). خرائط دلتاوات الساحل الشرقي للبحر الميت وخصائصها من منظور جيومورفولوجي، دراسات، مجلد، ١٤، عدد ١ ص ٦٥ - ١٠١.

٢٠/ عودة، سميح (١٩٩٤). دلتا الموجب مروحية الشكل، دراسات، مجلد، ٢١ عدد، ١، ص ٩ - ٥٣.

٢١/ غنيم، عثمان، (١٩٨٧). جيومورفولوجية دلتا وادي زرقاء ماعين. رسالة ماجستير غير منشورة، الجامعة الأردنية، عمان، الأردن.

٢٢/ فرحان، يحيى وآخرون (١٩٨٩). دراسات في جيومورفولوجية جنوب الأردن الجامعة الأردنية، عمان.

٢٣/ محسوب، محمد (٢٠٠١). جيومورفولوجية الأشكال الأرضية، دار الفكر العربي القاهرة.

٢٤/ مديرية زراعة محافظة الكرك (٢٠٠٦). تقارير غير منشورة. الكرك، الأردن

المركز الجغرافي الملكي (٢٠٠٢). أطلس العالم الحديث. عمان، الأردن.

٢٥/المركز الجغرافي الملكي الأردن (٢٠٠٦). لخرائط الطبوغرافية لوحات: الكرك، الرية عمان، عمان، الأردن..

٢٦/المركز الجغرافي الملكي الأردني (٢٠٠٦). صور جوية غير ملونة، صور جوية ملونة، قسم طباعة الصور الجوية، عمان، الأردن
٢٧/الهلسة، جاكين (١٩٨٦). حوض وادي الكرك: دراسة جيومورفولوجية، رسالة ماجستير غير منشورة، الجامعة الأردنية، عمان.

٢٨/الوحوش، خلدون (٢٠٠٥). حفر الإذابة جنوب شرق البحر الميت، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة مؤتة، الكرك، الأردن.

٢٩/وزارة المياه والري (٢٠٠٣). التقرير السنوي، عمان، الأردن

ب. المراجع الأجنبية

Abed, Abdulkader .(1985). Distribution and Geology of /١
Gypsum Horizon in West-central Jordan. Geology of Jordan
and Adjacent Areas p p 396 – 419

Abed,Abdulkader.(1990). The Dead Sea A recent Survey /٢
of Its Waters, Geology of Jordan and Adjacent Areas,
Amman

Bartov ,Y, Reches ,Z, Stein ,M, Agnon ,A. (2000). /٣
Reconstruction of Lake Lisan Levels by Sequence
Stratigraphy of Shore and Lacustrine Sediments at Massada.
.Geol. Soc. Isr. p. p. 18--- 25

Bartov Y, Reches Z, Stein M, Agnon A. (2001). /٤
Morphological controls on Lake Lisan Levels. Geol. Soc.
.Isr., p. 13

Bender,f.(1974). Geology of Jordan,Gerbeuder Borntage, /٥
.Berline

Burdon, D .(1959). Handbook of the geology of Jordan to /٦
accompany and explain 3 sheets of the 1; 25000 geologic
.map east of the rift .Benhom Co

Closson.AbouKaraki,N.,klinger,Y.and,Hussein,J.(2005):Sub
sidence Hazards in the Dead Sea Area.
.Geophysicics.162,PP.221 – 248

El-Esa ,Z.,Rimawi ,O.,Jarrar ,G., Abou /٧
Karaki,N.,Taqieddin S., Atallah M., Adederahman N., Al
Saed A.(1995). Assessment of the hazard of subsidence and
Sinkholes in Ghor Al- Haditha area. Report Submitted to the
Jordan Valley Authority, ,Ministry of Water and Irrigation,

Jordan ,University of Jordan Center for Consultation,
.Technical Services Study, Amman, Jordan

Frumkin,A,Kadan,G,Enza.,Y,Eyal.(2001). Radiocarbon /^٩
chronology of the Holocene Dead Sea:Attempting a regional
correlation: Radiocarbon, Israel Journal of Earth Sciences v.
.43, no. 2C, p. 1179-1190

Klein, C. (1982). Morphological evidence of lake level /^{١٠}
changes, western shore of the Dead Sea Israel .Journal of
.Earth Sciences 31, 67–94

Klein, C. (1986). Fluctuations of the Level of the Dead /^{١١}
Sea in Israel During Historical Times. Ph.D.
.thesis,Jerusalem, The Hebrew University of Jerusalem

klinger,Y, Avouac,J. Abou Karaki,N. Porbath,L /^{١٢}
Bourlrs,D. Reyss,J.(2000). Slip rate on the Dead Sea
transform fault in northern Araba (Jordan),Geophys ,J,vol
.142,p p 755 – 768

Lenskin .N .Dvorkin ,Y.Lyakhovsky /^{١٣}
,V.Gertman,I.(2005). Water, Salt, and energy balances of the
Dead Sea. Water Resources Research, Geological Survey of
.Israel,vol,41

Ministry of Transport, Meteorological /^{١٤}
.Department.(1971). Climatic Atlas of Jordan, Amman , p 11

Neev ,D. Emery ,K.(1967). The Dead Sea depositional /^{١٥}
processes and environment. Journal of Earth Sciences. Israel
.Vol .15 p p 50 52

Odeh, S. Salameh, H .(1996). Geomorphologic effects of /^{١٦}
lowering Dead sea levels upon Mujib Delta during 1953-
.1993.Dirasat,vol,11,no,5,p,p,157-188

- Oroud,Ibrahim.(1999). Temperature and evaporation dynamics of saline solutions, journal of hydrology, Vol, .226.p.p85—97
- Oroud,Ibrahim.(2001). Evaporation From the Dead Sea :past ,Present and Future Trends, Abhath AL Yarmouk, Vol, .10, No,2B, pp, 359 -- 376, Yarmouk university
- Quennell, M. (1959).Tectonics of the Dead Sea Rift, .Assoc, Geol. Surv, p p 385—403
- Rhodes.K.(1968).The Encyclopedia of Geomorphology, .Columbia University ,New York
- .Richards .S.(1982).Rivers, Methuen, London
- Salameh, Hassan.(1997). Geomorphology Of The Eastern Cost Of The Dead Sea, Jordan, Geo Journal, .Vol,41,No.3,PP.255 – 266
- Thomas,D.(1992).Arid Zone Geomorphology, Division .of Pinter Publishers Behaven press,London
- Van,F.Geogr,M.(1979).ItC textbook of photo-interpretation. International institute for aerial survey and .earth sciences(itc), Ensched , Netherlands
- William,G.(1985). Application of catasrophe theory in fluvial geomorphology
- G.Anderson.(1988). Modelling Geomorphological Systems John Willey,New York
- terjung. W.H. "1970" toward a climatic class fication baed upon et radiation. Proc Ass. Of amer. Geographers

Turjung. W.h."1966 plimatology cilimates of the /٢٨
conterminous united states A bioclimaus lilassification
based on manannals. Association o