التغذية الاصطناعية للمياه الجوفية في منطقة الهضبة البازلتية شمال شرق الأردن باستخدام الكهوف الطبيعية

Artificial recharge of ground water in the basaltic plateau northeast of Jordan using natural caves

إعداد

محمد اشعير محمد الصويتي

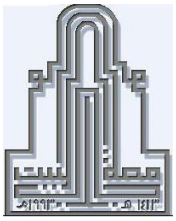
جامعة آل البيت

حزيران، ٢٠٠٧

المنارة للاستشارات

www.manaraa.com

بسم الله الرحمن الرحيم



جامعة آل البيت

معهد علوم الأرض والبيئة

رسالة ماجستير بعنوان

التغذية الاصطناعية للمياه الجوفية في منطقة الهضبة البازلتية شمال شرق الأردن باستخدام الكهوف الطبيعية

Artificial Recharge of Ground Water in the Basaltic Plateau Northeast of Jordan Using Natural Caves

إعداد الطالب

محمد اشعير محمد الصويتي (٠٤٢٠٨٠٥٠١٢)

الغلاف

إشراف

الدكتور محمد الفرجات

أعضاء لجنة المناقشة	التوقيع
الدكتور محمد الفرجات (رئيساً)	.....
الدكتور عبد الله ذيابات (عضواً)	.....
الدكتور إياد عبود (عضواً)	.....
الأستاذ الدكتور الياس سلامة (عضواً)	.....

قدمت هذه الرسالة استكمالاً لمتطلبات الحصول على درجة الماجستير في موارد المياه والبيئة في معهد علوم الأرض والبيئة في جامعة آل البيت

نوقشت وأوصي بإجازتها / تعديلها / رفضها بتاريخ : .....

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الإهداء

إلى روح والدي

الذي استشهد في معارك الشرف والبطولة مدافعاً عن ثرى الأردن الطهور

والى الوالدة العزيزة

التي كان وما زال من أهم أحلامها حصولي على أعلى الدرجات العلمية

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الشكر

أتقدم بوافر الشكر وعزيز الامتنان إلى الأستاذ الدكتور نظير الأنصاري على ما أسبغه علي من نصح وإرشاد وتوجيه أثناء إعداد هذه الدراسة كما وأتقدم بالشكر لكل من الدكتور محمد الفرجات والدكتور رضا العظمات للجهد المتواصل والمعلومات القيمة التي قدمت لي أثناء إعداد هذه الدراسة كما واشكر كافة أعضاء هيئة التدريس وكافة العاملين من مساعدي بحث و تدريس وفنيين وإداريين في معهد علوم الأرض والبيئة الذين لم يدخروا جهداً في تقديم المساعدة بكافة أشكالها .

أتقدم بالشكر الجزيل لكافة العاملين (خبراء ومهندسين وفنيين وإداريين) في برنامج بحث وتطوير البادية / الصفاوي لما قدموه من مساعدة ومعلومات قيمة كان لها اكبر الأثر في الوصول إلى نتائج عملية قابلة للتطبيق ويمكن أن تساهم في رفد البرنامج بخطة تساهم في حل مشكلة المياه في المنطقة .

والشكر الجزيل الخالص للقوات المسلحة الأردنية التي دعمت ورعت دراستي منذ بدايتها وقدمت كل التسهيلات المعنوية والمادية وذلك عرفاناً منها بالتضحية الغالية التي قدمها والدي باستشهاده دفاعاً عن الحمى الهاشمي الغالي أردن العز والفخار .

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

بسم الله الرحمن الرحيم

﴿ أَوْ يُصْبِحَ مَاؤُهَا غَوْرًا فَلَن تَسْتَطِيعَ لَهُ طَلَبًا ﴾

صدق الله العظيم (الكهف 41)

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

قائمة المحتويات

الموضوع رقم الصفحة

الغلاف ..... أ
الإهداء ..... ب
الشكر ..... ت
قائمة المحتويات ..... أ
قائمة الجداول ..... د
قائمة الأشكال ..... ذ
ملخص الدراسة ..... ز
الفصل الأول ..... أ
المقدمة ١
١. ١ تمهيد ١
١. ٢ الوضع المائي في الأردن ١
١. ٢. ١ المصادر المائية الجوفية ٢
١. ٢. ١. ١ خزانات المياه الجوفية العميقة ٢
١. ٢. ١. ٢ خزانات المياه الجوفية الوسطى ٣
١. ٢. ١. ٣ خزانات المياه الجوفية العلوية ٣
١. ٢. ١. ٤ تقسيم الأحواض المائية الجوفية في الأردن بشكل عام ٤
١. ٢. ٢ المصادر المائية السطحية ٦
١. ٢. ٢. ١ الأحواض المائية السطحية ٧
١. ٢. ٢. ٢ السدود ١٠
١. ٣ مشكلة البحث ١٠
١. ٤ أهداف البحث ١١
١. ٥ منهجية البحث ١٢
١. ٦ الدراسات السابقة ١٢
١. ٧ موقع منطقة الدراسة ١٤
١. ٨ المناخ في منطقة الدراسة ١٥

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

١. ٩ جيولوجية منطقة الدراسة ١٦
١. ١٠ جيومورفولوجية منطقة الدراسة ١٩
الفصل الثاني ٢٢
تغذية المياه الجوفية ٢٢
٢. ١ التغذية الطبيعية للمياه الجوفية ٢٢
٢. ٢ مخاطر الاستنزاف الجائر للأحواض المائية الجوفية ٢٢
٢. ٣ التغذية الاصطناعية للمياه الجوفية ٢٣
٢. ٤ طرق التغذية الاصطناعية للمياه الجوفية ٢٤
٢. ٤. ١ التغذية الاصطناعية المباشرة للمياه الجوفية ٢٤
٢. ٤. ١. ١ طرق التغذية الاصطناعية المباشرة للمياه الجوفية ٢٥
٢. ٤. ٢ التغذية الاصطناعية غير المباشرة للمياه الجوفية ٢٦
٢. ٥ ايجابيات التغذية الاصطناعية للمياه الجوفية ٢٦
٢. ٦ سلبيات التغذية الاصطناعية للمياه الجوفية ٢٦
٢. ٧ التغذية الاصطناعية للمياه الجوفية من خلال الطبقات البازلتية ٢٧
٢. ٧. ١ خصائص الطبقات البازلتية ٢٧
٢. ٧. ٢ العوامل المؤثرة على التغذية الاصطناعية من خلال الطبقات البازلتية ٢٨
٢. ٨ آثار تغذية خزانات المياه الجوفية على نوعية المياه ٢٩
الفصل الثالث ٣١
هيدرولوجية منطقة الدراسة ٣١
٣. ١ المياه السطحية ٣١
٣. ٢ هيدرو جيولوجية منطقة الدراسة ٣٤
٣ . ٣ قيم التغذية الطبيعية للمياه الجوفية في منطقة الدراسة ٣٨
٣. ٤ نوعية المياه في منطقة الدراسة ٤٠
الفصل الرابع ٤٢
الكهوف الطبيعية ٤٢
٤. ١ المقدمة ٤٢
٤ . ٢ الكهوف البركانية ٤٢
٤ . ٢ . ١ خصائص الكهوف البازلتية ٤٣
٤ . ٢ . ٢ استخدامات أنفاق اللافا ٤٣

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

٤. ٣ كهوف الهضبة البازلتية شمال شرق الأردن..... ٤٥
٤ .٣. ١ كهف الفهدة..... ٤٩
٤. ٣. ٢ كهف بئر الحمام..... ٥٤
٤. ٣. ٣ كهف الهوة ٥٧
٤. ٣. ٤ كهف أبو الكرسي ٦٢
الفصل الخامس..... ٦٦
تقنيات تجميع المياه وإيصالها إلى أنفاق اللافا ٦٦
٥. ١ المقدمة..... ٦٦
٥. ١. ١ التغذية الاصطناعية للمياه الجوفية من خلال كهف الفهدة..... ٦٨
٥. ١. ٢ التغذية الاصطناعية للمياه الجوفية من خلال كهف بئر الحمام..... أ
٥. ١. ٣ التغذية الاصطناعية للمياه الجوفية من خلال كهف الهوة..... ج
٥. ١. ٤ التغذية الاصطناعية للمياه الجوفية من خلال كهف أبو الكرسي.....و
الفصل السادس..... ط
النتائج والتوصيات..... ي
٦ . ١ نتائج البحث..... ي
٦. ٢ التوصيات..... ك
المراجع المدونة باللغة العربية.....ل
المراجع المدونة باللغة الإنجليزية ..... ن

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

قائمة الجداول

الجدول رقم الصفحة

الجدول ١ .١ الأحواض المائية الجوفية في الأردن ٦
الجدول ١ .٢ الأحواض المائية السطحية في الأردن..... ٩
الجدول ١ .٣ السدود الرئيسية القائمة وسعتها التخزينية ١٠
الجدول ١ .٤ التتابعات الجيولوجية في منطقة الدراسة ١٨
الجدول ١ .٥ التركيب المعدني للطبقات البازلتية في منطقة الدراسة..... ١٨
الجدول ٣ .١ الخزانات الجوفية في منطقة الدراسة وخصائصها ٣٧
الجدول ٣ .٢ قيم التغذية الطبيعية..... ٣٩
الجدول ٤ .١ تفاصيل الكهوف الموجودة في منطقة الدراسة ٤٦
الجدول ٤ .٢ تقديرات حجم كهف الفهدة..... ٥١
الجدول ٤ .٣ نتائج عملية التنخيل الأولية لرسوبيات بئر الحمام ٥٧
الجدول ٤ .٤ خلاصة نتائج عملية التنخيل للعينات الرسوبية لبئر الحمام..... ٥٧

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

قائمة الأشكال

الشكل رقم الصفحة

الشكل ١ .١ الأحواض المائية الجوفية في الأردن ٥
الشكل ١ .٢ الأحواض المائية السطحية في الأردن ٨
الشكل ١ .٣ موقع منطقة الدراسة ١٥
الشكل ١ .٤ جيولوجية منطقة الدراسة، والفوالق في منطقة الدراسة ١٩
الشكل ١ .٥ نموذج ارتفاعات لمنطقة الدراسة ٢١
الشكل ١ .٦ الأودية وتفرعاتها في منطقة الدراسة ٢١
الشكل ٣ .١ معدلات الهطول في منطقة الدراسة ٣٣
الشكل ٣ .٢ كميات الهطول السنوية في مواقع مختارة في منطقة الدراسة ٣٣
الشكل ٣ .٣ أعماق المياه الجوفية في منطقة الدراسة ٣٦
الشكل ٣ .٤ اتجاهات الجريان ومناسيب المياه الجوفية في منطقة الدراسة ٣٧
الشكل ٣ .٥ أعماق المياه الجوفية في المنطقة التي تتركز بها الآبار المحفورة ٣٨
الشكل ٤ .١ يبين مواقع أنفاق اللافا في منطقة الدراسة ٤٥
الشكل ٤ .٢ صورة فضائية تبين الكهوف الطبيعية في منطقة الدراسة ٤٨
الشكل ٤ .٣ صورة فضائية لمنطقة كهف الفهدة ٥٢
الشكل ٤. ٤ منظر خارجي لكهف الفهدة ٥٣
الشكل ٤ .٥ مدخل كهف الفهدة ٥٤
الشكل ٤ .٦ موقع كهف بئر الحمام ٥٥
الشكل ٤ .٧ فوهة كهف بئر الحمام ٥٥
الشكل ٤ .٨ الصفائح البازلتية في كهف بئر الحمام ٥٦
الشكل ٤ .٩ المجرى المائي الذي يصب في كهف بئر الحمام ٥٦
الشكل ٤ .١٠ صورة فضائية لمنطقة كهف الهوة ٥٩
الشكل ٤ .١١ مدخل كهف الهوة مع المنطقة المحيطة ٥٩
الشكل ٤ .١٢ أبعاد كهف الهوة من الداخل ٦٠
الشكل ٤ .١٣ طول كهف الهوة ٦٠
الشكل ٤ .١٤ ظاهرة التشققات الطينية الناتجة عن تجمع المياه في كهف الهوة ٦١
الشكل ٤ .١٥ منظر عام لمنخفض كهف أبو الكرسي من الخارج ٦٣

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الشكل ٤ .١٦ فوهة كهف أبو الكرسي "أ" ٦٣
الشكل ٤ .١٧ منظر خارجي لفوهة أبو الكرسي "ب" ٦٤
الشكل ٤ .١٨ مدخل كهف أبو الكرسي "ب" ٦٤
الشكل ٤ .١٩ الصفائح البازلتية في كهف أبو الكرسي ٦٥
الشكل ٥ .١ مناطق التصريف السطحية للكهوف ٦٨
الشكل ٥ .٢ نمذجة هيدرولوجية لمنطقة تصريف كهف الفهدة..... ٧٢
الشكل ٥ .٣ نمذجة هيدرولوجية لمنطقة تصريف كهف بئر الحمام..... ج
الشكل ٥ .٤ نمذجة هيدرولوجية لمنطقة تصريف كهف الهوة.....و
الشكل ٥ .٥ نمذجة هيدرولوجية لمنطقة تصريف كهف أبو الكرسي ..... ط

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

ملخص الدراسة

هدفت هذه الدراسة إلى استخدام تقنيات التغذية الاصطناعية للمياه الجوفية من خلال الكهوف الطبيعية الموجودة في الهضبة البازلتية في البادية الشمالية الشرقية من المملكة الأردنية الهاشمية، وركزت الدراسة على محاولة تحسين ورفع معدل التغذية الطبيعية للمياه الجوفية إلى أقصى درجة ممكنة من خلال تقنيات التغذية الاصطناعية للمياه الجوفية باستخدام الكهوف الطبيعية، وتم تحديد أسلوب التغذية الاصطناعية للأحواض الجوفية في منطقة البحث من خلال أنفاق اللافا والتي تم دراستها من خلال مسح ميداني مفصل ودقيق تم من خلاله تحديد هذه الكهوف (أحجامها ، جيولوجيتها ، إمكانيات مساهمتها في التغذية الاصطناعية للمياه الجوفية) .

تم تحديد أربعة كهوف رئيسية يمكن أن تحقق المتطلبات العملية والفنية لتحقيق هذه الغاية وهي كهف الفهدة ، كهف بئر الحمام ، كهف أبو الكرسي ، كهف الهوة وتبين من خلال الدراسة أن استيعاب هذه الكهوف يقدر بـ(٨٦) ألف متر مكعب من المياه إضافة إلى قدرتها العالية على تمرير المياه من خلالها إلى الخزانات الجوفية نظراً لوجود الطبقات البازلتية التي تحتوي الشقوق والفراغات والصدوع وذات تراكيب تؤمن قابلية جيدة لنفاذ المياه من خلالها .

تم تحديد آليات وتقنيات إيصال المياه السطحية من خلال المجاري المائية والأودية إلى الكهوف التي تم تحديدها لهذه الغاية، وذلك باستخدام القنوات الاصطناعية والحفائر الترابية لتامين كميات تتناسب وحجم الكهف ولمنع المواد الرسوبية من الوصول إلى الكهف والتأثير على قدرة الطبقات الصخرية (البازلت) على تنفيذ هذه المياه إلى الأحواض الجوفية ولتحقيق هذه الغاية تم دراسة منطقة التصريف لكل كهف بشكل منفصل حيث حددت كميات المياه المتدفقة والتي يمكن الاستفادة منها لهذه الغاية وقدرت بحوالي (٢٠٠) ألف متر مكعب/سنة لمنطقة كهف الفهدة و (٥٠٠) ألف متر مكعب/سنة لمنطقة كهف بئر الحمام و (٤٠) ألف متر مكعب/سنة لمنطقة كهف الهوة و (١٠٠) ألف متر مكعب/سنة لمنطقة كهف أبو الكرسي، وجميع هذه الكميات من المياه تتجمع في القيعان الموجودة في شمال منطقة الأزرق حيث تتبخر هناك ولا يستفاد منها ويظهر من خلال هذه الأرقام أن كميات المياه المهدورة كبيرة جداً ويمكن

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الاستفادة منها كلياً أو جزئياً بأساليب التغذية الاصطناعية للمياه الجوفية من خلال الكهوف الطبيعية .

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الفصل الأول

المقدمة

١. ١ تمهيد

يعتبر الماء من أهم المصادر الطبيعية على كوكب الأرض لأنه أساس الحياة وسبب ديمومتها وقد يتسبب نقصه في عدم استقرار اجتماعي واقتصادي ونزاعات وصراعات على كافة المستويات وخاصة الدولية منها عندما تكون مصادره محدودة، وقد أدرك الإنسان منذ زمن بعيد أهمية الماء لبقائه فعمل على استغلاله وإدارته والمحافظة عليه، وقد أكد ذلك علماء الآثار من خلال اكتشافاتهم الأثرية المختلفة وخاصة في مناطق أسيا وتحديداً الشرق الأوسط والتي أظهرت أن الحضارات العظيمة قامت على ضفاف الأنهار كنهر النيل ودجله والفرات حيث تتواجد المياه السطحية بوفرة، أما المناطق التي تفتقر إلى المياه السطحية فلجأ الإنسان إلى استغلال المياه الجوفية أو تجميع مياه الأمطار وخير مثال على ذلك الأقنية المائية المستخدمة من قبل الأنباط في مدينة البتراء .

يشكل وجود الماء في الكرة الأرضية وغلافها الجوي المحيط بها ما نسبته (٧%) من الحجم الكلي للأرض ويغطي حوالي (٧٥%) من مساحتها (الأنصاري، ٢٠٠٥) والماء نوعان: عذب فرات ويشكل ما نسبته (٢.٧%) وملح أجاج ويشكل ما نسبته (٩٧.٣%) ويقدر حجم الماء العذب بحوالي (٣٧.٥) مليون كم٣ موزعه كما يلي (٩٧% مياه جوفيه، ١.٥% بحيرات وانهار، ٠.٨ % رطوبة في التربة ، ٠.١٦ % على شكل بخار) (Frist Van Der, 1990) وهذه النسب موزعه على الأرض بشكل غير متساوي، فبينما تعتبر المناطق الجبلية والاستوائية غنية بهذه المياه، تعتبر المناطق الداخلية والصحراوية فقيرة وتعاني من قلة المياه العذبة والذي يحكم ذلك هو طبيعة المناخ السائد ، وتعتبر المياه الجوفية من أهم المصادر المائية المستخدمة في العالم لغايات الشرب، الري، الصناعة، وهي تعتمد أساساً على كمية الهطولات المطرية لأنها في الأصل جزء من دورة المياه الطبيعية .

١. ٢ الوضع المائي في الأردن

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

يعتبر الأردن من الدول الفقيرة مائياً حيث أن مصادره المائية محدودة بشكل كبير بسبب قلة كميات الهطولات السنوية وارتفاع معدلات التبخر ويشترك مع دول أخرى مجاورة في هذه المصادر مما يزيد الوضع تعقيداً إضافة للكلف المالية العالية اللازمة لاستخدام المصادر المتاحة مثل (جر ١٠٠ مليون م^3 سنوياً من مياه الديسة إلى العاصمة عمان)،

(وزارة المياه والري، ٢٠٠٢) ويمكن تقسيم هذه المصادر إلى قسمين، المصادر المائية الجوفية والمصادر المائية السطحية .

١. ٢. ١ المصادر المائية الجوفية

تعتبر المياه الجوفية في الأردن من أهم المصادر المائية المتوفرة نظراً لانتشارها في مناطق عديدة من المملكة وقربها من السطح بعمق (اقل من ٥٠٠م) ويتم استخدام هذه المياه لغايات الشرب والزراعة وتقسم إلى نوعين (مياه جوفيه متجددة و مياه جوفيه غير متجددة) ويقدر المخزون من هذه المياه بحوالي (١٢٠٠٠) مليون م^3 ، يرد ها سنوياً حوالي (٥٩٠) مليون م^3 كمياه متجددة تصل إلى الخزانات الجوفية المتجددة وتقدر نسبة الاستهلاك من الأحواض الجوفية بـ(١٥٩%) من معدلات التغذية، وتسبب ذلك في ازدياد الملوحة في بعض الآبار الجوفية وانخفاض مستوى سطح المياه الجوفية بشكل عام مما بات يهدد بعض الخزانات الجوفية بالنضوب (وزارة المياه والري، ٢٠٠٢) .

تمتاز الصخور التي تتواجد فيها المياه الجوفية بتوفر الشقوق والمسامات التي تؤمن نفاذيه عالية مثل الرسوبيات الحديثة المنتشرة على جوانب الأودية ومجاري السيول، والطفوح البازلتية في منطقة البادية الشمالية الشرقية (الهضبة البازلتية) و كذلك الصخور الرسوبية الكلسيه المتشققة والتي تنتشر بشكل كبير في مختلف مناطق الأردن، كما تتواجد هذه المياه في الطبقات الرملية والتي تمتاز بنفاذيه عالية نسبياً،

اعتمد الأردن على المياه الجوفية نتيجة عدم توفر المصادر المائية السطحية كالأنهار والبحيرات ومحدودية الأمطار الهاطله، إضافة إلى جودة المياه الجوفية مما جعلها أهم المصادر المائية في المملكة وخاصة في المناطق الصحراوية والتي ازدهرت الزراعة فيها اعتماداً على هذه المياه والتي تعتبر المصدر الوحيد للري في هذه المناطق ويمكن تقسيم خزانات المياه الجوفية في الأردن إلى ثلاث انواع (العميقة، الوسطى، العلوية) (الطعاني، ١٩٩٩) وتقع جميعها ضمن تكوينات جيولوجية قادرة على تخزين المياه ونقلها.

١. ٢. ١. ١ خزانات المياه الجوفية العميقة

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

يتكون هذا الخزان من الصخور الرملية وعلى أعماق مختلفة تزيد عن(١٠٠٠م) في كثير من المواقع وبمعدل نفاذيه يصل إلى (٤.٤ × ١٠-٥ متر/ثانية أما مساميتها فتتراوح ما بين (٤.٦ - ١٣.١%) (AL-Kharabsheh, 1995) وتمتد من جنوب الأردن إلى شماله، وتعلو هذه الصخور الدرع القاري المؤلف من الصخور النارية، و هي تتكشف في أقصى جنوب الأردن ويطلق عليها اسم مجموعة الديسي وتتراوح سماكات هذه الصخور من بضعة مئات من الأمتار إلى أكثر من (١٠٠٠م) في بعض المناطق، وتعتبر هذه المياه من النوع الاحفوري أي غير المتجدد وهي مياه تجمعت في الطبقات الحاملة للماء عبر فترات طويلة من الزمن، حيث توقفت التغذية بعدها، وتعتمد كميات المياه المخزونة على سمك ومعامل التخزين للطبقات الحاملة لها وكذلك على الامتداد الأفقي لها، تتواجد هذه المياه في أحواض المناطق الجنوبية والشرقية للمملكة، واهم أحواض هذه المياه في الأردن هو حوض الديسي والذي يتكون من الصخور الرملية والتي تعتبر من أهم الطبقات المشبعة بالمياه في مناطق الأردن وتتحرك المياه في هذه الطبقات في الجزء الجنوبي من الأردن باتجاه شمال شرق عبر الحدود إلى السعودية، وتتصرف بعض مياهها إلى منطقة حفرة الانهدام الأردنية عبر ينابيع معظمها معدني وحار أو من خلال نزازات قد تظهر على سطح الأرض أو تتسرب إلى الغطاء الرسوبي ثم إلى نهر الأردن والبحر الميت (AL-Kharabsheh, 1995) .

١. ٢. ١. ٢ خزانات المياه الجوفية الوسطى

تتألف هذه الخزانات من صخور كلسية ودولوميتية وجيرية وطينية وغضارية (والتي تسمى تكاوين عمان، الرصيفة، وادي السير) وتتفاوت أعماقها عن السطح لتصل في بعض المناطق إلى (٦٠٠م) تشكل الصخور الكلسية الجزء الأكبر من هذا الخزان وكون هذه الصخور تتمتع بنفاذيه عالية وتتكشف في مناطق متعددة من الأردن فان تغذيتها تتم مباشرة من مياه الأمطار والسيول، كما وتعتبر الطبقة الكلسية والصوانية التي تعلو تكوين الحمر الطبقة الرئيسية الحاملة للمياه التي يستفاد منها في الأردن وتتم تغذيتها من مياه الأمطار والسيول بشكل عام، وفي شمال الأردن تمتد هذه الطبقات داخل سوريا مكونة مصدراً مائياً مشتركاً .(AL-Kharabsheh, 1995)

١. ٢. ١. ٣ خزانات المياه الجوفية العلوية

تتكون هذه الخزانات من صخور البازلت وبعض الرسوبيات الحديثة وتسمى تكاوين الشلالة والرجام وتعتبر من أنقى أنواع المياه الجوفية و هي قريبه من السطح حيث تتراوح

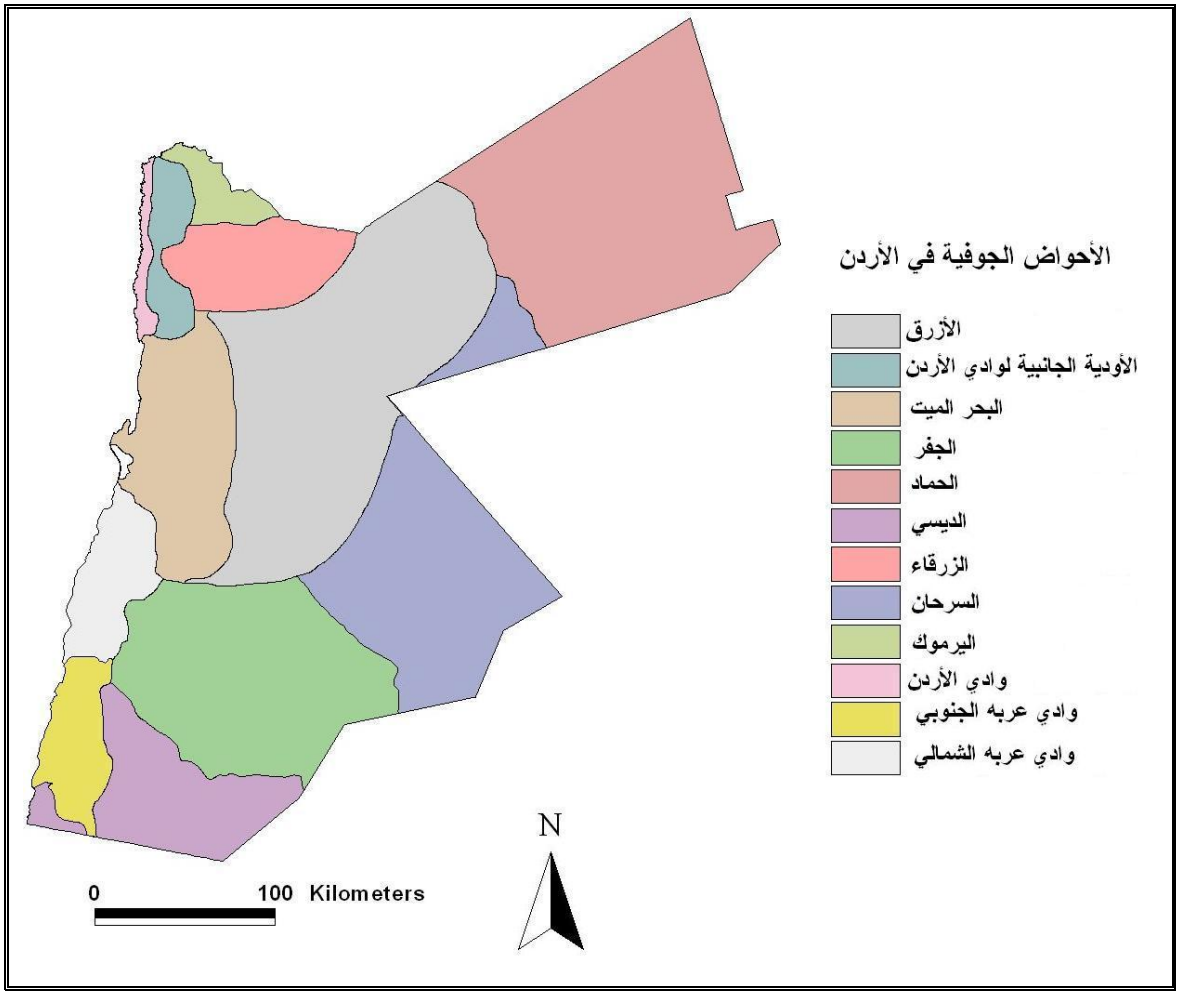
المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

معدلات أعماقها بحوالي (٢٠٠م) وتبلغ معدلات السماحية للطبقة البازلتية بحوالي (٠.١٢) متر٢/ثانية وتعتبر المياه في هذه الخزانات من النوع المتجدد (مياه جوفية متجددة) وهي مياه تصل إلى الطبقات المائية من مياه الأمطار عبر الشقوق والفراغات المتواجدة في الصخور الحاملة للماء، وتعتمد بشكل رئيسي على كميات الأمطار الساقطة سنوياً على مناطق التغذية لتلك الطبقات المائية، وقد تفاوتت تقديرات المياه الجوفية المتجددة في الأردن عند عدد مختلف من الباحثين والدارسين، حيث تبين أن المياه الجوفية الممكن استخراجها ضمن الحد الآمن تزيد عن (٢٧٥ مليون م٣) والتي تشكل المعدل السنوي للتغذية المباشرة من مياه الأمطار (وزارة المياه والري، ١٩٧٧) .

١. ٢. ١. ٤ تقسيم الأحواض المائية الجوفية في الأردن بشكل عام

قسمت الأحواض المائية الجوفية في الأردن إلى (١٢) حوضاً مائياً جوفياً منها (١١) حوضاً متجدداً وحوض واحد غير متجدد وتبلغ طاقتها التوازنية (٢٧٥) مليون م٣ في العام (وزارة المياه والري، ٢٠٠٢)، وتتباين هذه الأحواض من حيث الحجم ومعدلات الاستنزاف والتغذية إلا أنها في مجملها تعاني من الاستنزاف الجائر حيث تفوق معدلات الاستهلاك معدلات التغذية بشكل كبير، الشكل (١ .١) يبين هذه الأحواض بينما يبين الجدول (١.١) تفاصيل هذه الأحواض .

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



الشكل ١ .١ الأحواض المائية الجوفية في الأردن، (وزارة المياه والري،التقرير السنوي،٢٠٠٢)

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الجدول ١.١ الأحواض المائية الجوفية في الأردن، (وزارة المياه والري،التقرير السنوي، ٢٠٠٢)

اسم الحوض	نسبة الملوحة (جزء/مليون)	الاستخراج الآمن م م٣/ سنة	الاستخراج الفعلي م م٣/ سنة	الفرق م م٣	النسبة من الاستخراج الآمن %
اليرموك	٥٠٠ ــ ٨٠٠	٤٠	٥٤.٨٤	١٤.٨٠-	١٣٧
وادي الأردن	٥٠٠ ــ ٨٠٠	١٥	١٢.٢١	٢.٧٩	٨١
الأودية الجانبية لوادي الأردن	٧٥٠- ١٠٠٠	٢١	٣٨.٠٢	١٧.٠٢ -	١٨١
الزرقاء	٤٠٠-٨٥٠	٨٧.٥	١٣٧.٦٦	٥٠.١٦-	١٥٧
البحر الميت	٥٠٠ ــ ٧٠٠	٥٧	٨٤.٩٢	٢٧.٩٢ -	١٤٩
الديسي	٣٠٠ ــ ٥٠٠	١٢٥	٦٥.٢٠	٥٩.٨٠	٥٢
وادي عربة الشمالي	٥٠٠ ــ ١٢٠٠	٣.٥	٣.٧٧	٠.٢٧ -	١٠٨
وادي عربة الجنوبي	٧٠٠- ١٠٠٠	٥.٥	٤.٨٢	٠.٦٨	٨٨
الجفر	٤٠٠ ــ ٧٠٠	١٨	٢٣.٢٨	١٤.٢٨ -	٢٥٩
الأزرق	٣٠٠ ــ ٧٠٠	٢٤	٥٥.٧٨	٣١.٧٨ -	٢٣٢
الحماد	٥٠٠- ١١٠٠	٨	١.٣	٦.٧٠	١٦
السرحان	غير مستغل				

١. ٢. ٢ المصادر المائية السطحية

يوجد في الأردن نهر دائم الجريان (نهر الأردن) كما يوجد قناة اصطناعية تجري بها المياه بشكل مستمر (قناة الغور) ومصدرها الأساسي نهر اليرموك، تقدر الموارد المائية السطحية في الأردن بحوالي (٦٩٢) مليون م^3 سنوياً، إلا أن هذه الكمية متذبذبة وتنخفض بشكل كبير في بعض السنوات التي تكون فيها نسبة الهطولات متدنية (سنوات الجفاف)، تتفاوت الطاقة الإنتاجية السنوية للمياه السطحية في الأردن بحيث أنها تتناقص كلما اتجهنا من الشمال إلى الجنوب (وزارة المياه والري، ٢٠٠٢)، وتعتبر المياه الجوفية هي مصدر الجريان الأساسي والذي يغذي الأودية والأنهار بواسطة الينابيع التي تعتمد على خصائص الطبقات المائية التي تغذيها وعلى كمية التصريف ونوعيته، يبلغ المعدل السنوي للجريان الأساسي في الأردن لكافة

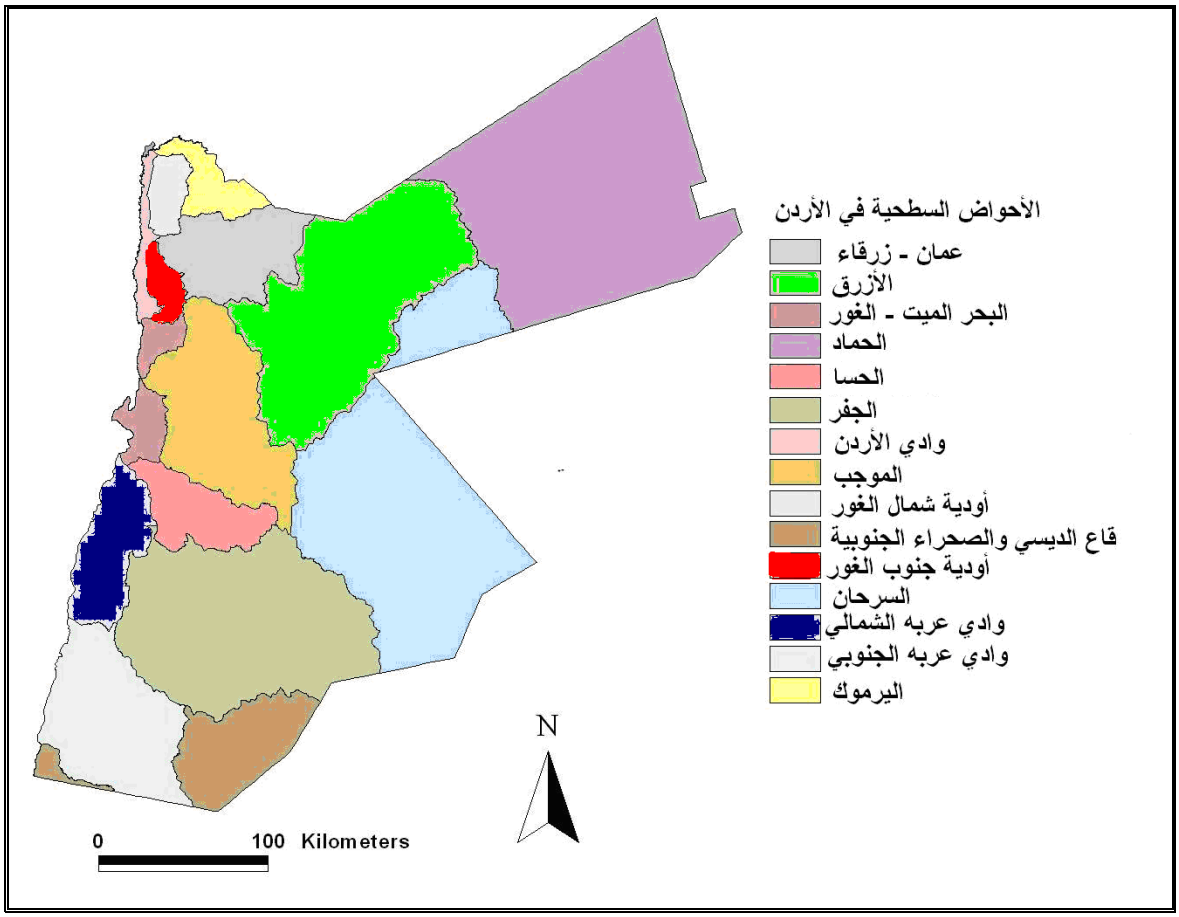
المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الأودية والأنهار حوالي (٣٦٠) مليون م^{3}، حيث يشكل تصريف نهر اليرموك حوالي (٥٥%) تقريباً من هذه الكمية، أما مياه الفيضانات فيبلغ معدل حجمها السنوي حوالي (٣٢٧) مليون م^{3}، وتشكل ما نسبته (٣%) من حجم المطر السنوي المتساقط على كافة الأحواض المائية السطحية، وقد بلغ المجموع الكلي لمصادر المياه السطحية في الأردن لعامي ٩٨/٩٧ (٦٧٤.٧٩١) مليون م^{3} (الطعاني، ١٩٩٩)، يوجد في الأردن عدد من السدود المخصصة لحجز مياه الأمطار التي تهطل في المواسم المطرية ليصار إلى استخدامها خلال الفصول الأخرى من السنة ومن أشهر هذه السدود (سد الملك طلال، سد وادي العرب، سد الموجب، سد الوحدة، وسدود أخرى متوسطة وصغيرة الحجم إضافة لعدد من السدود الترابية والحفائر "مشاريع الحصاد المائي")، (وزارة المياه والري، ٢٠٠٥).

١. ٢. ٢. ١ الأحواض المائية السطحية

يوجد في الأردن خمسة عشر حوضاً مائياً سطحياً (وزارة المياه والري، ٢٠٠٢) بعضها مشترك مع دول أخرى مجاورة والبعض الأخر محدد ضمن حدود المملكة الأردنية الهاشمية، ويعتبر حوض اليرموك المصدر المائي الرئيسي للمياه السطحية في الأردن وقد تدنى تصريف نهر اليرموك مؤخراً نتيجة لإنشاء عدد من السدود على مجرى نهر اليرموك في الأراضي السورية أما اكبر هذه الأحواض من حيث المساحة فهو حوض الحماد ثم حوض السرحان أما اكبر هذه الأحواض من حيث معدلات التصريف فهو حوض الحماد ثم حوض الزرقاء، الشكل (١ .٢) يوضح هذه الأحواض والجدول (١ .٢) يبين المساحات ومعدلات التصريف لهذه الأحواض.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



الشكل ١ .٢ الأحواض المائية السطحية في الأردن، (وزارة المياه والري، ٢٠٠٢)

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الجدول ١ .٢ الأحواض المائية السطحية في الأردن، (وزارة المياه والري، ١٩٩٩)

اسم الحوض	المساحة الإجمالية /كم٢	معدل التصريف /مليون متر مكعب/سنة
اليرموك	١٥٠٠	٤٣٧
عمان – الزرقاء	٣٧٢٥	٩٢٩
وادي الأردن	٧٧٥	٢٣٤
اودية شمال الغور	٩٧٥	٥٨٦
اودية جنوب الغور	٧٢٥	٢٩٣
الأزرق	١٢٢٠٠	٨٦٠
وادي الموجب	٦٦٧٥	٨٨٩
الحسا	٢٦٠٠	٣٤٣
الجفر	١٢٤٥٠	٥٣٣
البحر الميت – الغور	١٥٢٥	٢٨٧
وادي عربة الشمالي	٢٩٧٥	٤٠٧
وادي عربة الجنوبي	٣٧٢٥	١٣٨
قاع الديسة والصحراء الجنوبية	٦٣٠٠	٩٩
السرحان	١٥٧٠٠	٤٣٨
الحماد	١٨١٥٠	٢٠٥٩

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

١. ٢. ٢. ٢ السدود

انشأ في الأردن العديد من السدود لغايات مختلفة أهمها تجميع مياه الفيضانات للاستفادة منها في فصول السنة الأخرى لغايات الزراعة والشرب، وتركزت معظم هذه السدود في منطقة وادي الأردن حيث بلغت (١٠) سدود وبسعة إجمالية تقارب (٣٢٧) مليون م^3 كما تم إنشاء (٢٠) سد صحراوي بسعة إجمالية تقدر بـ(٢٧) مليون م^3 وعدد آخر من السدود والبرك الصغيرة والحفائر الترابية في مختلف مناطق المملكة لتصل كميات المياه الإجمالية التي يمكن تخزينها في هذه السدود والحفائر والبرك إلى حوالي (٣٥٦) مليون م^3 ، (وزارة المياه والري، ٢٠٠٥) كما أجريت عدد من الدراسات ووضعت التصاميم لإنشاء عدد آخر من السدود في مختلف مناطق المملكة ومن أهمها (فنوش، ظهرة الرمل، الحصينيات، زبدا واللجون، كفرنجة، سد القاع في معان، سد ابن حماد في الكرك، وسد رحمة في العقبة، وسد وادي الزرقاء في مادبا وشيظم في الطفيلة)، الجدول (١ .٣) يبين أهم هذه السدود والسعة التخزينية لها (وزارة المياه والري، ٢٠٠٥) .

الجدول ١ .٣ السدود الرئيسية القائمة وسعتها التخزينية، (وزارة المياه والري، ٢٠٠٥)

السد	السعة التخزينيه عند الإنشاء (مليون متر مكعب)
سد الملك طلال على سيل الزرقاء	٨٩
سد وادي العرب	١٦.٧٩
سد الكفرين	٨.٥
سد وادي شعيب	١.٥
سد شرحبيل على وادي زقلاب	٣.٩
سد الوحدة على نهر اليرموك	١١٠
سد التنور	١٦.٨
سد الكرامة	٥٥
سد الموجب على وادي الموجب	٣٦
المجموع	٣٣٧.٤٩

١. ٣ مشكلة البحث

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

تعتبر الأحواض المائية الجوفية في الهضبة البازلتية من اكبر وأنقى الأحواض وتحتوي على كميات كبيرة من المياه الجوفية المتجددة والتي تستخدم لغايات الشرب والزراعة والصناعة حيث حفرت العديد من الآبار ومدت أنابيب ضخمه لنقل هذه المياه إلى المدن الرئيسية (عمان، اربد) مما أدى إلى ازدياد معدلات الضخ وبشكل جائر فاق بكثير كميات التغذية السنوية مما خلق نوعاً من عدم التوازن أدى إلى استنزاف هذه الأحواض وهبوط منسوب المياه فيها وازدياد نسبة الأملاح، وان استمرار معدلات الضخ من الأحواض الجوفية في منطقة الدراسة بهذا المستوى دون تطوير وسائل التغذية الطبيعية أو إيجاد وسائل اصطناعية لزيادة معدلات التغذية سيؤدي عام ٢٠٢٠ إلى هبوط منسوب سطح المياه الجوفية (٢٥ – ٣٠م) وازدياد نسبة الملوحة إلى (١١٠٠ ملغم/لتر) (القاضي، ٢٠٠٣)، وهذا قد يؤدي إلى كارثة بيئية واجتماعيه.

إن هذه الدراسة محاولة علمية لإيجاد أفضل الحلول لإعادة إنعاش هذه الأحواض من خلال التغذية الاصطناعية كون كمية الهطولات المطرية على هذه الهضبة تعتبر جيده نوعا ما، (٥٠٠ ملم في منطقة السويداء ، ٢٠٠ ملم الجزء الجنوبي من الهضبة) إضافة إلى ذلك يمكن استخدام خاصية الجريان تحت السطحي التي تمتاز بها الطبقات البازلتية ووجود عدد كبير من الفراغات والكهوف خلال الطبقات البازلتية والبعض منها يظهر على السطح ويمكن الاستفادة منها في التغذية الاصطناعية المباشرة للحوض، إضافة إلى ما تقدم فان هذه الكهوف ستمنع التبخر من المياه المجمعة وذلك خلافاً لمشاريع الحصاد المائي التي تعاني من مشكلة تبخر المياه المجمعة مما يتسبب في فقدان كميات كبيرة وبالتالي لا يستفاد منها .

١. ٤ أهداف البحث

الهدف الرئيس من هذا البحث هو إيجاد أفضل الحلول لتجميع أكبر كمية مياه ممكنة من الهطولات السنوية وبشكل مباشر إلى الأحواض الجوفية من خلال الكهوف الطبيعية المنتشرة في منطقة الهضبة البازلتية شمال شرق الأردن ولتحقيق هذا الهدف لابد من تحديد ما يلي :

١- الكهوف الرئيسية الموجودة في منطقة الدراسة ومعرفة الأحجام التقريبية لها وقربها من الأودية والمجاري المائية.

٢- الخصائص الجيولوجية لهذه الكهوف وإمكانية تسرب المياه من خلالها إلى الأحواض الجوفية .

٣- الكميات التقريبية للمياه التي يمكن إيصالها إلى هذه الكهوف سنوياً .

٤- التصميم الفني الأمثل للقنوات المائية والذي يساعد في إيصال المجاري المائية والأودية إلى فوهات هذه الكهوف حاملة اقل كمية ممكنة من الرسوبيات .

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

١. ٥ منهجية البحث

تحتاج الدراسة إلى منهج مناسب يشتمل على عدد من الجوانب النظرية والعملية والمخبرية إلا أن التركيز الأكبر سيكون على الجوانب العملية الميدانية للوصول إلى نتائج علمية مقنعه وسيتم ذلك من خلال عدد من الخطوات وكما يلي :

١- جمع كافة المعلومات عن منطقة الدراسة من خلال الإطلاع على الدراسات السابقة ونتائج البحوث العلمية التي توصل إليها مشروع تطوير البادية كما سيتم في هذه المرحلة مراجعة كافة أنواع الخرائط (الجيولوجية، الطبوغرافية، التربة، الأحواض الجوفية، مواقع الآبار) كما سيتم الإطلاع على الدراسات الخاصة بالجيولوجيا التركيبية للهضبة البازلتية والإطلاع على الصور الجوية وصور الأقمار الاصطناعية لمنطقة الدراسة.

٢- الكشف الحسي الميداني على منطقة الدراسة للوصول إلى كافة المظاهر الجيولوجية السطحية وخاصة الأودية والكهوف الطبيعية واخذ العينات (صخرية، تربه) من مجاري الأودية وأرضيات الكهوف التي يمكن الوصول إليها، كما سيتم في هذه المرحلة الإطلاع على سجلات الحفر لبعض الآبار وفي مناطق مختلفة، كما سيتم خلال هذه المرحلة الدخول ما أمكن إلى الكهوف لتحديد أبعادها وتخمين أحجامها ودراسة خصائصها الجيولوجية والتركيبية والطبيعية وسيتم استخدام بعض الآليات والأيدي العاملة لتحقيق ذلك وسيتم استخدام جهاز (G P S) لتحديد كافة المواقع .

٣- تحليل ودراسة العينات الرسوبية مخبرياً للحصول على معلومات أكثر دقة وتفصيلا تساعد في الوصول إلى نتائج واقعية وقابلة للتطبيق .

٤- محاولة الوصول إلى تصاميم عملية سطحية للتحكم في اتجاهات جريان بعض الأودية وباتجاه الكهوف الطبيعية لتأمين وصول اكبر كمية من مياه الفيضانات إلى هذه الكهوف .

٥- تحديد النتائج النهائية ومناقشتها وترجمتها إلى بيانات رقمية ونماذج، وذلك باستخدام البرمجيات الحاسوبية المختلفة لتمثيل النتائج ومقارنتها والخروج بالتوصيات المثالية والتي يمكن تطبيقها عملياً .

١. ٦ الدراسات السابقة

أجريت العديد من الدراسات على موضوع التغذية الاصطناعية للمياه الجوفية في الأردن بشكل عام وفي منطقة البادية الأردنية بشكل خاص وركزت معظم هذه الدراسات على الموضوع من جوانب متعددة كانت في غالبها تركز على التغذية الاصطناعية بأسلوب إنشاء الحفائر أو السدود الترابية ولم أجد أي دراسة على أسلوب التغذية الاصطناعية للمياه الجوفية باستخدام الكهوف الطبيعية في هذه المنطقة ، ومن أهم الدراسات التي تم الإطلاع عليها والتي تناولت

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

موضوع المياه أو بحثت في ظاهرة الكهوف الطبيعية في الهضبة البازلتية/البادية الشمالية الشرقية ما يلي :

١- بحث دكتوراه أجراه الخرابشة عام ١٩٩٥ وكان بعنوان التغذية الاصطناعية للمياه الجوفية في حوض الأزرق، تناول الباحث في هذه الدراسة الخصائص الطبيعية والمناخية لمنطقة حوض الأزرق وتحديد كميات الهطول السنوية على المنطقة كما حدد مجاري الأودية الرئيسية في الحوض وتوصل إلى أن إنشاء السدود على هذه الأودية يعتبر وسيلة ناجحة جداً لتأمين كميات من مياه الفيضان إلى الحوض الجوفي، وبينت الدراسة أن هناك مشكلة تتمثل في تجمع المواد الطينية والغرين في قاع السدود مما يؤثر على نفاذية الطبقة العليا وهذا يؤدي إلى عدم رشح المياه إلى الطبقات السفلى وعالج هذه الظاهرة بأن أوصى بتنظيف قيعان السدود من هذه المواد بالوسائل الميكانيكية (تنظيف) كلما تراكمت بشكل كبير.

٢- بحث دكتوراه أجراه العظامات عام ٢٠٠٢ بعنوان استخدامات أنظمة الـ(GIS) والاستشعار عن بعد لبحث نوعية المياه الجوفية في حوض الأزرق تناولت هذه الدراسة كافة الأساليب الحديثة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد لدراسة نوعية المياه الجوفية في منطقة حوض الأزرق واستخدام معاملات لقياس قابلية المياه الجوفية للتلوث .

٣- بحث دكتوراه أجراه القاضي عام ٢٠٠٣ بعنوان تقييم موارد المياه الجوفية وإدارتها في شمال شرق الأردن، ركزت هذه الدراسة على عمل نمذجه رياضية للمياه الجوفية بثلاثة أبعاد من حيث النوع والكم كما اهتمت الدراسة بهيدروجيولوجية وهيدروجيوكيميائية الخزان الجوفي العلوي في منطقة الدراسة حيث استنتج الباحث في هذه الدراسة كميات المياه السطحية الداخلة إلى الخزان الجوفي كما حدد الخصائص الهيدروكيميائية ونوعية المياه في هذا الخزان.

٤- دراسة أجراها الملاعبة وكيمب عام ٢٠٠٤ بعنوان كهوف اللافا في الأردن وتركزت في الاكتشافات لهذه الكهوف ومواقعها وبعض خصائصها الجيولوجية وقد ركزت هذه الدراسة على الكهوف الموجودة في المنطقة الشمالية الشرقية من الأردن (الهضبة البازلتية) .

٥- بحث ماجستير أجراه فريحات عام ٢٠٠٦ بعنوان التقييم البيئي والجيولوجي لكهف الفهدة البركاني المكتشف حديثاً شمال شرق الأردن وإمكانية حفظه كمحمية طبيعية واعدة، تناول الباحث في هذه الدراسة كافة التفاصيل المتعلقة بالكهف المكتشف (الفهدة) حيث قام الباحث بالدخول إلى كافة أجزاء الكهف وتقسيمه إلى عدة أجزاء ودراسة كل جزء بشكل منفصل كما تناول الباحث البيئة الطبيعية للكهف والآثار الموجودة داخله .

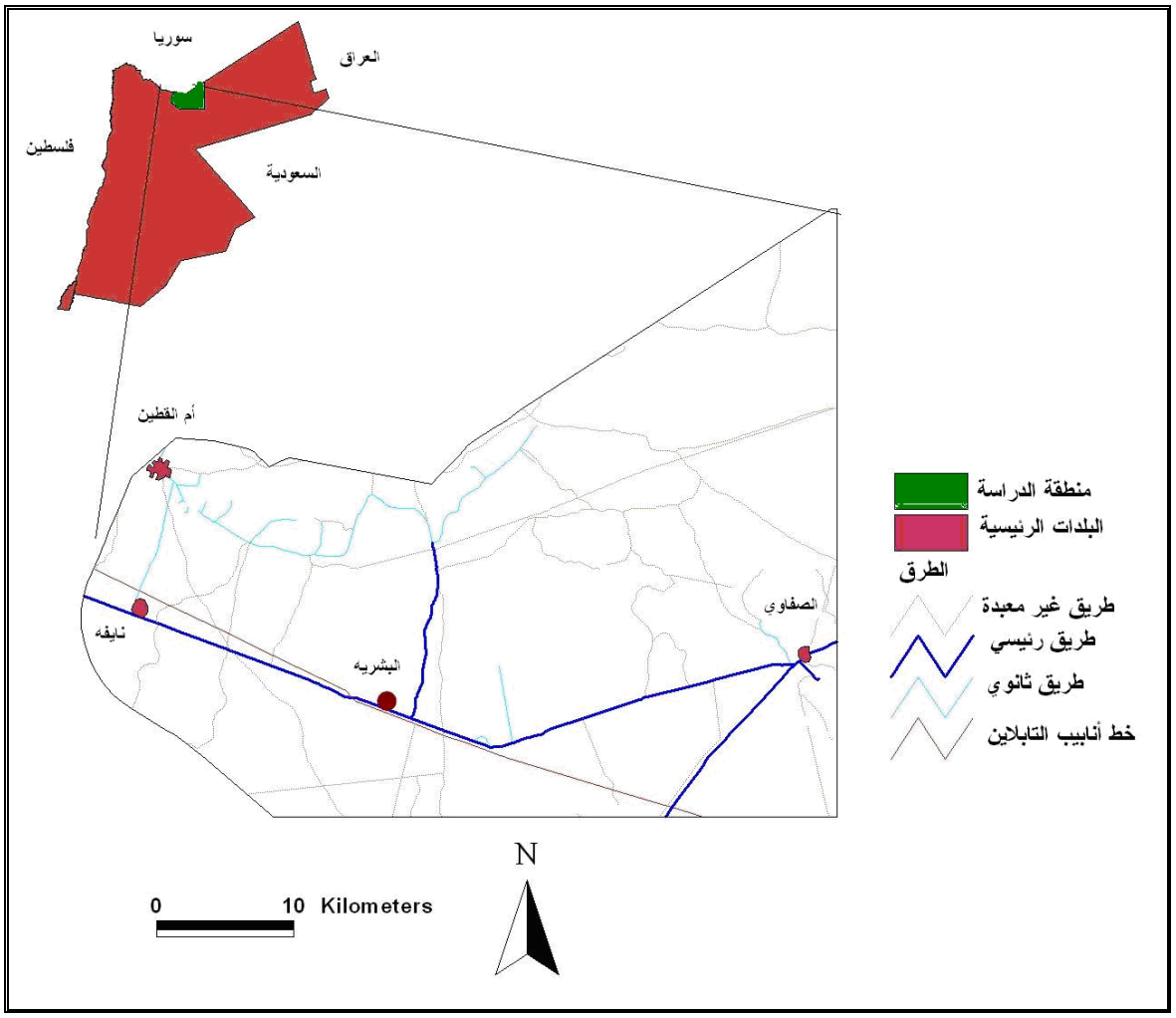
المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

٦- بحث ماجستير أجراه العوفي عام ٢٠٠٦ بعنوان كشف جيوفيزيائي لأحد أنفاق اللافا في منطقة أم القطين شمال شرق الأردن قدم الباحث في هذه الدراسة معلومات تفصيلية عن احد أنفاق اللافا (كهف الهوة) وخلص إلى نتيجة بين فيها طول الكهف وأبعاده والخصائص الجيولوجية لمكوناته .

١. ٧ موقع منطقة الدراسة

تقع منطقة الدراسة في منطقة البادية الشمالية الشرقية /محافظة المفرق على بعد (١٠٠) كم إلى الشمال الشرقي من مدينه عمان بين خطي عرض (٣١ و ٣٢) وخطي طول (٣٦ و ٣٧) على الأطراف الجنوبية للهضبة البازلتية (Basalt Plateau) وتشكل في موقعها السفوح الجنوبية لجبل العرب أو جبل الدروز في أقصى شمال شرق المملكة الأردنية الهاشمية وتقدر المساحة الكلية للهضبة بحوالي (٢٥٠٠ كم٢) يقع جزء منها في الأراضي السورية وتقدر مساحة هذا الجزء بـ(٨٠٠ كم٢) أما مساحة منطقة الدراسة تحديداً فتقدر بـ(١٠٠٠ كم٢) وتقع الهضبة بين حوض الحماد شرقاً وحوض الأزرق جنوباً وحوض الزرقاء غربا الشكل (١ .٣) يبين منطقة الدراسة، وتسمى هذه الهضبة أحياناً بمنطقة ألحرة كونها مغطاة بطبقه من الصخور والحجارة البازلتية السمراء ويتواجد بها بعض التجمعات السكانية المتناثرة والقرى الصغيرة حيث يبلغ تعداد سكان هذه المنطقة حوالي (٣٠) ألف نسمة (وزارة الداخلية، ٢٠٠٥) يعمل معظمهم في الزراعة وتربية المواشي كما يتواجد في المنطقة عدد كبير من المشاريع الزراعية المختلفة .

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



الشكل ١ .٣ موقع منطقة الدراسة

١. ٨ المناخ في منطقة الدراسة

يعتبر المناخ في منطقة الدراسة متباين فبينما تسود الظروف المناخية الصحراوية في الجزء الشرقي والجنوبي من منطقة الدراسة تسود مناخات أكثر قرباً لمناخ البحر الأبيض المتوسط في الجزء الشمالي والغربي من منطقة الدراسة ويبدو هذا جلياً في معدلات هطول الأمطار التي تبلغ في الجزء الشمالي والغربي أكثر من ثلاثة أضعاف مثيلتها في الجزء الجنوبي والشرقي وتبدو علامات التصحر أكثر وضوحاً في الأجزاء الجنوبية والشرقية بينما تمتاز المناطق الغربية والشمالية بأنها أكثر خصوبة وقابلة للزراعة (المحاصيل الشتوية، قمح، شعير)

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

(وزارة الزراعة، ٢٠٠٥) وتسقط الثلوج على هذه الأجزاء خلال فصل الشتاء حيث تتراكم في مناطق الرفاعيات ، أم القطين، صبحا (الأرصاد الجوية، ٢٠٠٦) .

يمتاز المناخ في منطقة الدراسة بشكل عام بأنه حار صيفاً بارد شتاءاً وصنفت هذه المنطقة ضمن المناطق شبه الجافة من حيث الخصائص المناخية وتسقط الأمطار في هذه المنطقة خلال فصل الشتاء على شكل عواصف رعدية وفي أوقات قصيرة (AL-Ansari and Baban, 2001) وتتركز معظم الهطولات خلال الفترة من شهر كانون أول إلى آذار حيث تقدر نسب الهطول خلال هذه الفترة بـ ٨٠% من الهطولات السنوية الكلية (Allison et al. 1998) وتختلف معدلات الهطول السنوية من سنة إلى أخرى ومن مكان إلى آخر ضمن منطقة الدراسة حيث تتراوح ما بين ٥٠ ملم في العام في الجزء الجنوبي إلى ٢٠٠ملم في الجزء الشمالي والشمالي الغربي من منطقة الدراسة (وزارة الزراعة،٢٠٠٥).

تعتبر معدلات التبخر في منطقة الدراسة عالية جداً حيث تصل إلى خمسين ضعف كمية الأمطار السنوية حيث تتراوح ما بين ١٥٠٠ – ٢٠٠٠ ملم /سنة (AL-Ansari and Baban, 2001) ويعود ذلك إلى معدلات الحرارة المرتفعة وخصوصاً في فصل الصيف حيث تتراوح معدلات الحرارة ما بين ٣٥ – ٣٨ درجة مئوية (الأرصاد الجوية، ٢٠٠٦) .

١. ٩ جيولوجية منطقة الدراسة

تشكل منطقة الدراسة جزءاً من الهضبة البازلتية (Harra Ash Shamah) (Al-Malabeh, 1993) والتي تكونت نتيجة لحدوث ستة اندفاعات بركانية (B1-B6) (Boom and Sawwan, 1966) وقد وقعت جميع هذه الاندفاعات البركانية في حقبة العصر الثلاثي والرباعي (Bender, 1974) وتم تحديد العمر الزمني لآخر اندفاع بركاني (B6) بـ(١٣.٥ – ٠.٥) مليون سنة (Barberi, 1979 and Moffat, 1988)، تتكشف في المنطقة وبشكل رئيسي الصخور البازلتية والتي تعود إلى العصر (ميوسين إلى بلايستوسين) و هذه التكوينات تحتوي على الاوليفين والبازلت المتطبق مع الطين والرماد البركاني وسماكات البازلت تتراوح من (١٠٠-٧٥٠م) ويزداد سماكة كلما اتجهنا إلى الشمال، كما تظهر في المنطقة بعض البراكين المركزية مثل (اريتين، قعيس، رفاعيات) والتي تكون في غالبها سلسلة من (Pyroclastic Rocks) جيدة التطبق يتخللها بعض الاندفاعات البازلتية والقواطع (Dikes) من حجر الخفاف (Scoria) (Al-Malabeh, 1989)، الجدول (١ .٤) يبين

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الطبقات الجيولوجية في منطقة الدراسة (Tarawnah, 2000)، الشكل (١ .٤) يوضح التفاصيل الجيولوجية لمنطقة الدراسة، وتعتبر جميع الاندفاعات البركانية (B1-B6) في منطقة الدراسة متشابهه إلى حدٍ كبير من حيث التركيب المعدني حيث تتشكل من المعادن المبينة في الجدول (١ .٥) إضافة لوجود كميات متواضعة من السيليكا (SiO_2) في الطبقات البازلتية .

يوجد في المنطقة عدد من الفوالق الرئيسية والتي يتجه بعضها من الشمال الغربي إلى الجنوب الشرقي مثل (فالق السرحان ، وفالق الـ(Fuluq) ، وفالق جحيش) والبعض الآخر يتجه من الشمال الشرقي إلى الجنوب الغربي مثل فالق البقيعوية وأخرى تتجه من الشمال إلى الجنوب مثل فالق الأصفر (Tarawnah, 2001) الشكل (١ .٤) يبين الفوالق (Faults) في منطقة الدراسة .

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الجدول ١ .٤ التتابعات الجيولوجية في منطقة الدراسة، **(Tarawneh, et. al 2001)**

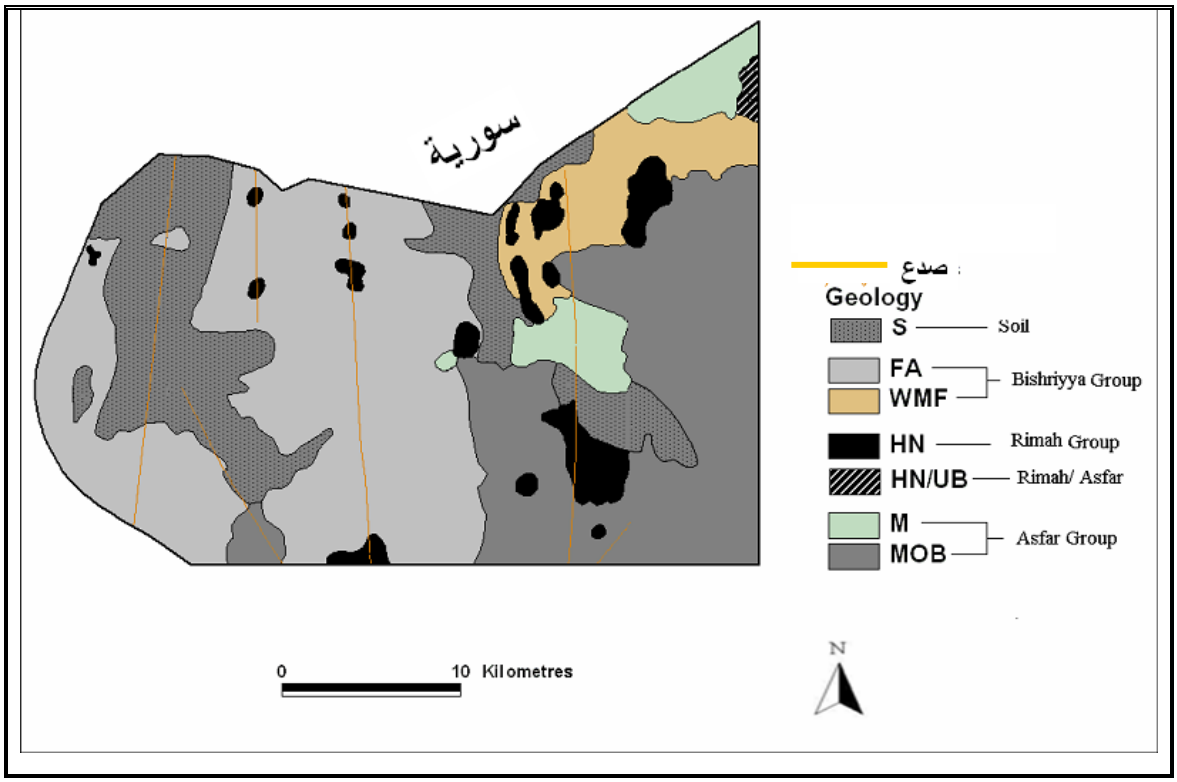
المجموعة	السماكة/م	التكوين	العمر الزمني
البشرية	١٠٠-١٥٠	Fahda Vesicular Basalt & Manasif Basalt (FA, WMF)	Holocene
رماح	٤٠ – ١٠٠	Aritayn Volcaniclastic & Hassan Scoriaceous (AT, HN)	Holocene
الأصفر	٧٥- ١٢٥	Mahadda, Mahadda Olivine Phyric Basalt (M, MOB, UB)	Pleistocene-Pliocene
الصفاوي	٧٥- ١٠٠	Abed Olivine Phyric Basalt (AOB)	Miocene
البلقاء	٧٥- ١٠٠	Umm Rijam Chert-Limestone(URC)	Eocene-Paleocene
البلقاء	٤٥	Muwaqqar Chalk Marl (MCM)	Paleocene
البلقاء	١٥	Al Hisa Phosphorite / Amman Silicified Limestone (ASL/AHP)	Paleocene

الجدول ١ .٥ التركيب المعدني للطبقات البازلتية في منطقة الدراسة،

(Boom and Sawwan, 1966)

المعدن	النسبة المئوية
بلاجيوكليس (Plagioclase)	% ٤٧.٥
بايروكسين (Pyroxene)	% ٢٤.٣
اولفين (Olivine)	% ١٩.٦
معادن أخرى ثانوية (Accessory Minerals)	% ٨.٦

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



الشكل ١ .٤ جيولوجية منطقة الدراسة، والفوالق (faults) في منطقة الدراسة، (سلطة المصادر الطبيعية بالتعاون مع المركز الجغرافي الملكي، ٢٠٠١)

١. ١٠ جيومورفولوجية منطقة الدراسة

أبرز ما يميز هذه المنطقة هو الاندفاعات البركانية التي حدثت في العصر الـ(Pleistocene-Holocene) وتبين الدراسات الجيولوجية أن عدة اندفاعات بركانيه قد حدثت في المنطقة وأدت إلى تكون الهضبة البازلتية والتي تتراوح ارتفاعاتها ما بين ٦٠٠م عند منطقة المناسف جنوباً إلى ١٢٣٤ م عند منطقة الرفاعيات شمالاً قرب الحدود الدولية مع سوريا، وبشكل متدرج من الجنوب إلى الشمال وتتراوح الميول ما بين (٥ – ١٠ %) في الجزء الجنوبي من الهضبة وتصل إلى (١٥%) في الجزء الشمالي من الهضبة (عابد، ١٩٨٢)

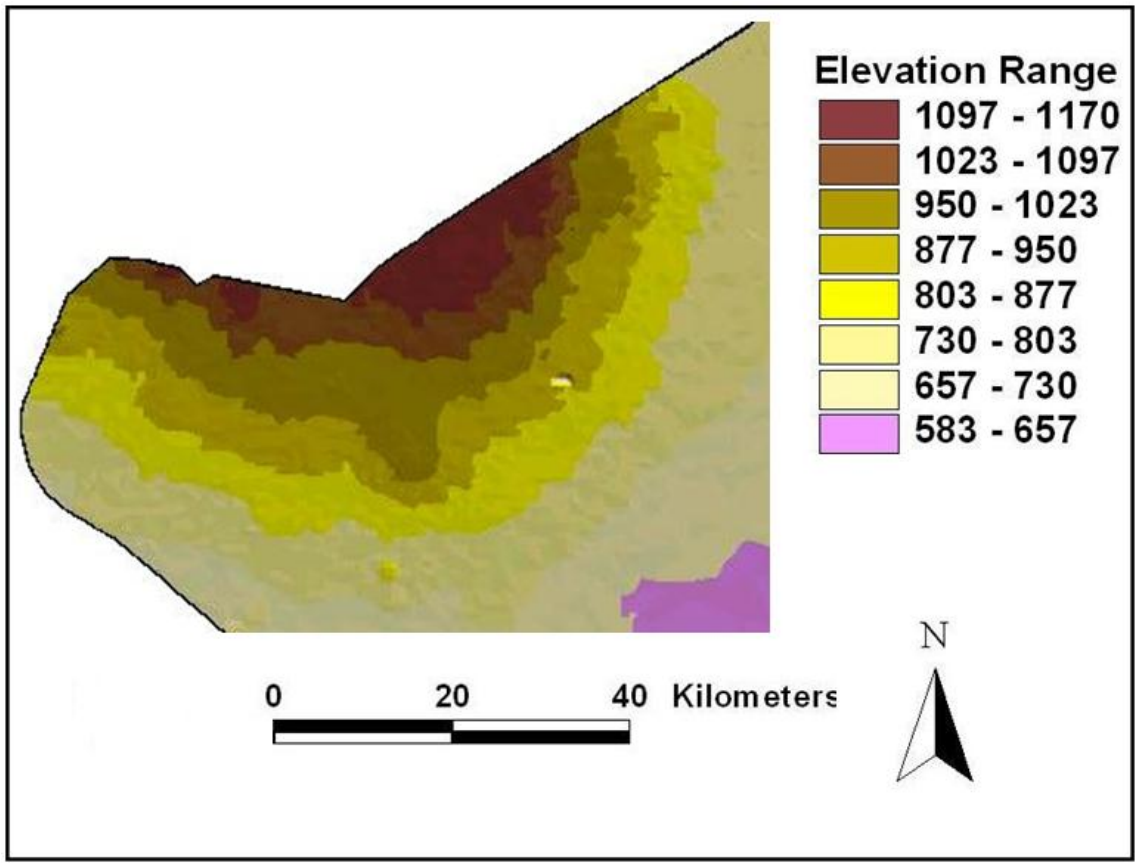
المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الشكل (١ .٥) يبين مورفولوجية منطقة الدراسة (Digital Elevation Model) والذي تم إنتاجه باستخدام برمجيات (arc view 3.2) بناءاً على الخارطة الكنتورية لمنطقة الدراسة والتي تم الحصول عليها من المركز الجغرافي الملكي بمقياس (١/٥٠٠٠٠) .

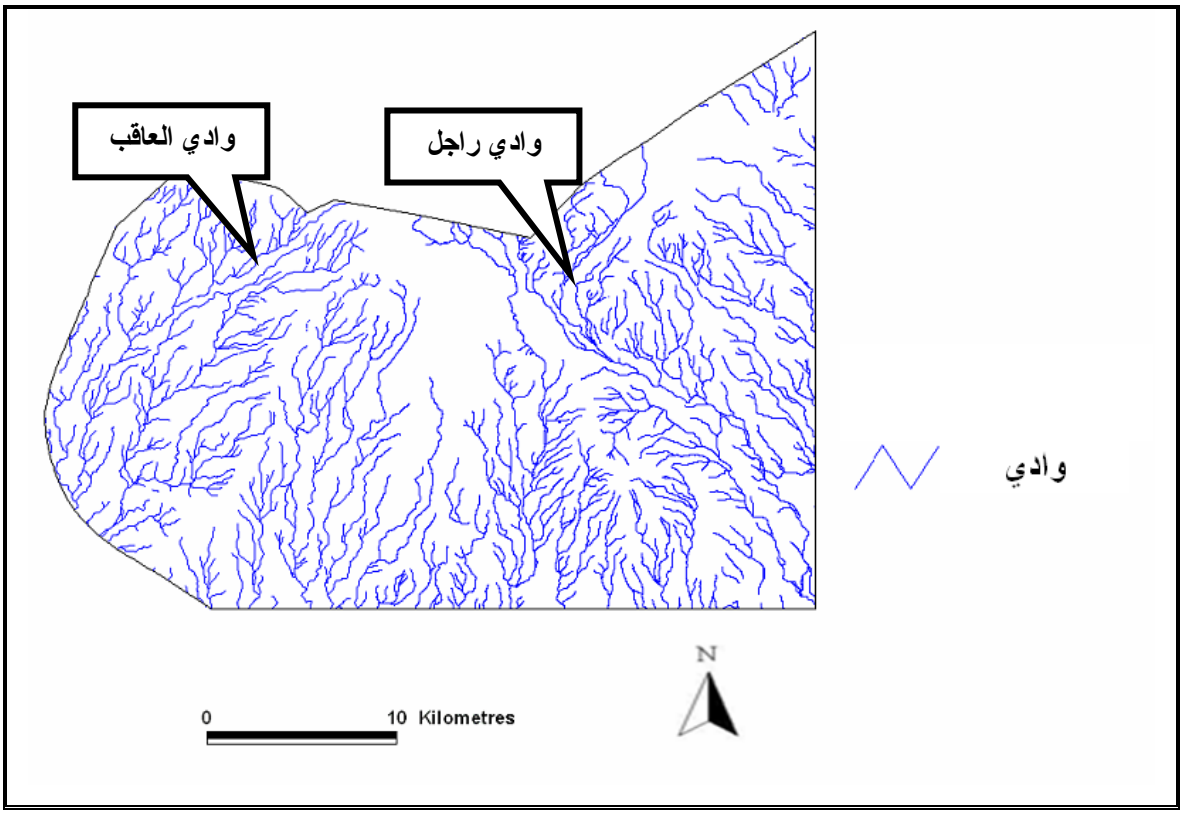
يتخلل الهضبة عدد من الأودية التي تجري من الشمال إلى الجنوب وأهمها وادي العاقب ووادي الغرابي ووادي أم القطين ووادي راجل ومعظم هذه الأودية تنتهي في الأطراف الشمالية لمنطقة الأزرق ثم تتجه غرباً عبر عدد من القيعان لتشكل وادي الزرقاء الذي ينتهي بسد الملك طلال ثم غور الأردن الشكل (١ .٦) يبين هذه الأودية وتفرعاتها .

يوجد في هذه الهضبة عدد من البراكين المركزية (Centric Volcano) مثل (تلول الرفاعيات، تل قعيس، تلول الآريتين، تل رماح) كما يوجد في الهضبة عدد من الاندفاعات البركانية (Fissure Eruptions) الممتدة من الشمال إلى الجنوب ، وتعتبر منطقة الحرة من أكثر المعالم التي تميز هذه المنطقة وهي عبارة عن ارض مغطاة بالحجارة والصخور البازلتية (Phyric Basalt) وبأحجام متفاوتة (Al-Malabeh, 1993) وهي ناتجة عن انسياب الـ(Lava Flow) والتي اندفعت في عصر الميوسين وتغطي هذه الطبقة معظم الأجزاء في منطقة الدراسة.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



الشكل ١ .٥ نموذج ارتفاعات لمنطقة الدراسة



الشكل ١ .٦ الأودية وتفرعاتها في منطقة الدراسة، (مركز بحوث وتطوير البادية الأردنية، ٢٠٠٦)

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الفصل الثاني

تغذية المياه الجوفية

٢. ١ التغذية الطبيعية للمياه الجوفية

تتغذى الأحواض المائية الجوفية بشكل طبيعي من الهطولات المطرية بشتى أنواعها وذلك كجزء من دورة المياه في الطبيعة إلا أن كميات التغذية الطبيعية تتفاوت من منطقة لأخرى ومن سنة إلى أخرى مما يخلق نوعاً من عدم التوازن الطبيعي لهذه الأحواض وتعتبر معدلات التغذية الطبيعية للمياه الجوفية في المناطق الباردة والرطبة مثل شمال غرب أوروبا أعلى منها في المناطق الأخرى حيث تصل إلى (٥٠%) من معدلات الهطولات السنوية، أما في مناطق البحر المتوسط فتتدنى هذه النسب إلى اقل من (٢٠%) من معدلات الهطول، وفي المناطق الجافة وشبه الجافة تتدنى نسب التغذية الطبيعية للمياه الجوفية إلى اقل من (١%) من معدل الهطول السنوي، وتأتي معظم هذه النسبة من المجاري المائية (الأودية) والقنوات (Bouwer, 1996) ومن أهم العوامل التي تؤثر على معدلات التغذية بغض النظر عن المنطقة والمناخ نوع التربة، كثافة الغطاء النباتي، معدلات التبخر، شدة وكمية الهطولات المطرية، وهناك طرق عديدة ونظريات تستخدم لحساب كمية التغذية الطبيعية للمياه الجوفية أهمها : طرق الاستشعار عن بعد، نسبة بوين(Bowen Ratio)، علاقة ايدي (Eddy Correlation)، وجميع هذه الطرق تعتمد على معلومات ثابتة ومقاييس محدودة (Bouwer, 1996) ، وهناك معادلات رياضية مختلفة تبحث في تحديد قيم التغذية الطبيعية تعتمد في الغالب على مساحة الأودية أو المجاري المائية بالنسبة للمساحة الكلية لمنطقة التصريف (Catchment Area) و عدد الأيام التي تجري فيها هذه القنوات والأودية ومعدل الرشح (Infiltration) ومساحة منطقة التصريف ودرجات الميل وكميات الهطول ومن الأمثلة على هذه المعادلات التي تمكننا من معرفة قيم التغذية الطبيعية للمياه الجوفية رياضياً المعادلة التالية : قيم التغذية الطبيعية = معامل كمية الهطول + معامل نسبة الميل + معامل نفاذية التربة (Piscopo, 2001)، ومهما تعددت وسائل التغذية الطبيعية في المناطق الجافة وشبه الجافة فأنها لم تعد في كثير من الأحيان كافية للإبقاء على حالة التوازن الطبيعية بين كميات الاستهلاك وكميات التغذية و هذا يؤدي إلى اختلالات كبيرة تؤثر سلباً على منظومة الأحواض الجوفية بشكل عام .

٢. ٢ مخاطر الاستنزاف الجائر للأحواض المائية الجوفية

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

بينت الدراسات والقياسات التي أجريت للأحواض المائية الجوفية التي استنزفت بشكل كثيف أن الضخ بمعدلات عالية يؤدي إلى هبوط مستمر، أي أن الضخ الجائر يؤدي إلى استنزاف الطبقات المائية وبالتالي تدهور نوعية المياه، فالاستخراج الجائر لمياه الري قد يؤدي إلى تملح التربة وان استخدامات المياه للأغراض المنزلية والصناعية يرافقها طرح مياه عادمة تشكل خطراً على البيئة والموارد الطبيعية، ونتيجة للنمو السكاني المتزايد في العديد من الدول وخاصة الواقعة في الأقاليم الجافة وشبه الجافة فان الطلب على المياه الجوفية تفاقم بدرجات كبيرة وذلك لاستخدامها لأغراض مختلفة مثل الزراعة المروية، الاحتياجات المنزلية، الصناعات المختلفة، والاستعمالات الأخرى المختلفة مما تسبب في حفر المزيد من الآبار لاستهلاك المياه الجوفية لتامين هذه الاحتياجات وهذا أدى إلى ازدياد معدلات الضخ من الأحواض الجوفية حتى وصلت أكثر من ضعفي كمية المياه الجوفية المتاحة في بعض المناطق ومنها الأردن مما تسبب في حدوث أثار سلبية على الأحواض الجوفية بشكل عام، كما أدى استمرار الضخ الجائر إلى إحداث آثار سلبية على البيئة بشكل عام حيث جفت كثير من الينابيع في معظم الأحواض المائية (الطعاني، ١٩٩٩)، وللحد من هذه التأثيرات ومحاولة مراقبة الأحواض الجوفية وتحديد حجم الضرر الناتج عن الضخ الجائر فقد لجأت بعض الدول إلى إيجاد شبكات رصد للمياه الجوفية يتم من خلالها تقييم مصادر المياه الجوفية من خلال حفر الآبار الاستكشافية والاختبارية والإنتاجية والتي يتم حفرها من قبل مختلف الجهات التي تعنى بمسؤولية المياه، حيث خصصت بعض الآبار لأغراض المراقبة لمستوى المياه الجوفية ومراقبة نوعية المياه من خلال شبكة مراقبة معتمدة من قبل جهات حكومية ومنظمات عالمية للحفاظ على الثروة المائية كما ونوعاً، وتنتشر شبكات رصد المياه الجوفية لتغطي معظم الأحواض المائية الرئيسية من خلال آبار تخترق كافة الطبقات المائية المستغلة وغير المستغلة وتزود هذه الآبار بمسجلات مائية تعمل ذاتياً، وغاية هذه الشبكة ضبط الموازنة المائية من خلال ضبط كميات الاستخراج من المياه الجوفية لمختلف الاستعمالات والمحافظة على هذه المياه من الاستنزاف وتردي نوعية المياه، كما يتم من خلال هذه الشبكة مراقبة نوعية المياه من النواحي الكيميائية والجرثومية وتعتبر شبكة رصد المياه الجوفية نقطة الارتكاز في تقييم وتطوير وإدارة مصادر المياه .

٢. ٣ التغذية الاصطناعية للمياه الجوفية

نظراً للتطور الكبير في مجالات الصناعة والزراعة وازدياد عدد السكان فان الطلب على المياه الجوفية ازداد أيضاً وخصوصاً في الدول التي تمتاز بمناخ جاف أو شبه جاف ومنها الأردن مما أدى إلى التفكير بأساليب تؤمن زيادة في التغذية للخزانات الجوفية بأساليب تقنية

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

مناسبة ومفيدة للتقليل من الفارق بين معدلات الاستهلاك ومعدلات التغذية لتامين مخزون جوفي مناسب لمياه ذات نوعية جيدة وتقليل تأثيرات الفيضانات السطحية وتأثير تداخل مياه البحر مع المياه الجوفية، وقد تطورت تقنيات التغذية الاصطناعية للمياه الجوفية من خلال التجارب العديدة التي تم اختبارها في عدد من المشاريع والتي هدفت أساساً لزيادة المخزون المائي الجوفي من خلال استغلال الفيضانات الناتجة عن المواسم المطرية الجيدة مع المحافظة على نوعية المياه الجوفية وعدم تأثرها سلباً بهذا الأسلوب وقد انصب الاهتمام الأكبر على أسلوب أو تقنية التغذية الاصطناعية للمياه الجوفية من خلال إنشاء السدود والحفائر الترابية، وقد أنجزت هذه المشاريع اعتماداً على ثلاث مكونات رئيسية : توفر المصادر المائية السطحية، تصميم السد أو الحفيره، ونوعية الطبقات الصخرية التي ستتم من خلالها التغذية الاصطناعية وتعتبر هذه الطريقة الأكثر شيوعاً للتغذية الاصطناعية للمياه الجوفية في الأردن حتى الآن .

٢. ٤ طرق التغذية الاصطناعية للمياه الجوفية

تطورت عمليات التغذية الاصطناعية للمياه الجوفية في بداية القرن التاسع عشر وخاصة في أوروبا حيث انتشرت السدود التي كان من أهدافها تغذية الأحواض الجوفية إضافة لأغراض الري والصناعة والاحتياجات الأخرى (Bourgeut,1971)، تختلف وتتباين طرق التغذية الاصطناعية للمياه الجوفية وذلك اعتماداً على الظروف الطبوغرافية والجيولوجية والهيدرولوجية والهيدروجيولوجية والغايات المرجو تحقيقها، وهناك طريقتان رئيسيتان هما : التغذية بالأساليب المباشرة، والتغذية بالأساليب غير المباشرة، و تتحكم في اختيار الطريقة المناسبة للاستخدام الغاية المرجوة من التغذية (CGWBM, 2000)، ويمكن تحديد الغايات الرئيسية من استخدام التغذية الاصطناعية للمياه الجوفية بما يلي :

١- زيادة مخزون المياه الجوفية .
٢- التحكم في نظام توزيع المياه.
٣- التحكم في نوعية المياه.
٤- إدارة الخزانات الجوفية.
٥- وهناك غايات وأسباب أخرى تتعلق بالنظام البيئي.

٢. ٤. ١ التغذية الاصطناعية المباشرة للمياه الجوفية

تقسم هذه الطريقة إلى قسمين التغذية المباشرة السطحية، والتغذية المباشرة تحت السطحية (Bouwer,1996)، حيث تتحرك المياه في التغذية السطحية من سطح الأرض إلى الطبقات الصخرية المائية (Aquifer) من خلال التربة، والسطوح عادة مكشوفة حيث تصلها المياه من خلال الأحواض السطحية والاقنية والحفر ثم تتسرب إلى الأسفل حيث الطبقات

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

المائية، وتعتمد هذه الطريقة السطحية على فترة بقاء الماء على سطح التربة، و هذه التقنية لا تحتاج إلى منشآت كبيرة ومكلفة، و هي سهلة التنفيذ والإدامة مقارنة بالطرق الأخرى. أما التغذية المباشرة تحت السطحية فهي أسلوب يتم من خلاله إيصال المياه السطحية (مياه الجريان أو الهطولات) إلى الأحواض الجوفية من خلال آبار خاصة للحقن أو التغذية أو من خلال الحفائر السطحية أو بأسلوب حفر الآبار الخاصة لتسريب مياه الفيضانات من السطح إلى الأسفل كما يمكن استخدام الفوهات والفتحات والكهوف الطبيعية لإيصال المياه السطحية إلى الخزانات الجوفية .

٢. ٤. ١. ١ طرق التغذية الاصطناعية المباشرة للمياه الجوفية

١- آبار الحقن (Injection Wells) : يتم من خلال هذه الطريقة تامين مرور عكسي للمياه من السطح (مياه الجريان السطحي) إلى الأسفل من خلال آبار مخصصة لهذه الغاية وتكون أعماق هذه الآبار اقل من ٢٠م (AL-Kharabsheh, 1995) . ويشترط في المياه المتدفقة خلال هذه الآبار أن تكون خالية من المواد العالقة وخصوصاً المواد الغرينية (Silt) لأن هذه المادة تؤدي إلى تقليل معدلات تسرب المياه إلى الأسفل رغم أن هذه الآبار تكون معبأة بالمواد الحصوية (Coarse Materials)، وذلك لتساعد على إزالة العوالق من المياه قبل وصولها إلى الطبقات المائية، ويتم بشكل دوري إزالة هذه المواد لغايات التنظيف وبأساليب ميكانيكية .(AL-Kharabsheh, 1995)

٢- أحواض التسريب (Infiltration Basins) : و هي عبارة عن مسطحات مائية مكونة من عدة أحواض مفصولة عن بعضها بقواطع تؤمن مرور المياه بين هذه الأحواض في حال امتلائها بالماء، وتحقق هذه الطريقة نتائج جيدة إذا كان مستوى سطح المياه الجوفية قريب، ويمكن التخلص من المواد الرسوبية المتراكمة في هذه الأحواض بالوسائل الميكانيكية (التنظيف) (AL-Kharabsheh, 1995) .

٣- سدود التغذية (Recharge Dams) : و هي عبارة عن سدود صغيرة تستخدم لجمع المياه السطحية لتمكينها من الرشح أو التسرب إلى الطبقات تحت السطحية، ويشترط في هذه السدود أن تكون قيعانها قابلة لتنفيذ المياه ويمكن استخدام الوسائل الميكانيكية لإزالة المواد المترسبة في القاع وكلما كانت هذه السدود طويلة وضيقة تكون فعاليتها اكبر ويمكن تغطية قيعان هذه السدود بالمواد الحصوية (Coarse Materials) (AL-Kharabsheh, 1995) .

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

٤- وهناك طرق أخرى عديدة مثل خنادق التغذية (Recharge Ditches)، وفتحات التصريف (Drainage Slots) إلا أن هذه الطرق غير شائعة بشكل واسع .

٢. ٤. ٢ التغذية الاصطناعية غير المباشرة للمياه الجوفية

تستخدم هذه الطريقة لتحسين قدرة الترب الملامسة للسطوح المائية (أرضية الأحواض المائية والأنهار) على تسريب المياه من خلالها إلى الأسفل باستخدام تقنيات مختلفة تعتمد على إنشاءات وأساليب ضخ ميكانيكية (Bouwer, 1996) و هذه الطريقة غير شائعة في الأردن نظراً لعدم وجود أحواض مائية سطحية كبيرة أو انهار .

٢. ٥ ايجابيات التغذية الاصطناعية للمياه الجوفية

١- استخدام الخزانات الجوفية (Aquifers) لتخزين وتوزيع المياه و في جميع المواسم والتقليل من تأثير التبخر .

٢- إزالة الملوثات من المياه باستخدام عمليات التنظيف والتنقية الطبيعية .

٣- خزن مياه الفيضانات الزائدة عن الحاجة لتستخدم في مواسم الجفاف حيث تكون الحاجة اكبر لهذه المياه .

٤- تحسين وتطوير خزانات المياه الجوفية من خلال تغذيتها بالمياه النقية النظيفة .

٥- إطالة أعمار وإدامة بقاء الخزانات الجوفية .

٦- تساعد على تحسين البيئة خصوصاً في الأقاليم الجافة .

٢. ٦ سلبيات التغذية الاصطناعية للمياه الجوفية

١- تحتاج عمليات التغذية الاصطناعية للمياه الجوفية إلى مصادر مالية وموازنات مكلفة، قد تتسبب عمليات التغذية الاصطناعية للمياه الجوفية في تلوث بعض الأحواض الجوفية نتيجة وصول مياه ملوثة خاصة من الحقول الزراعية وأسطح الطرق في حال عدم معالجتها قبل عملية التغذية، مما يتسبب في تردي وتدهور الأحواض الجوفية.

٢- الأهمية الاقتصادية لعمليات التغذية لا يمكن أن تظهر إذا لم تضخ كميات كبيرة جداً من المياه إلى الأحواض الجوفية .

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

٣- ضرورة دراسة الخزان الجوفي بشكل دقيق ومفصل قبل إجراء أي عملية تغذية وخصوصاً في المناطق التي تتأثر سلباً بالتغذية (Karstic Terrain) .

٤- قد تتسبب مشاريع التغذية الاصطناعية للمياه الجوفية في تدمير الغطاء الذباتي والتأثير سلباً على التربة وبالتالي إحداث تأثيرات بيئية سلبية في منطقة المشروع .

٢. ٧ التغذية الاصطناعية للمياه الجوفية من خلال الطبقات البازلتية

تعتبر الطبقات البازلتية مناسبة لمرور المياه من خلالها باتجاه الأحواض الجوفية نظراً لوجود عدة عوامل تساعد على تحقيق ذلك، وأهمها الخصائص الجيولوجية والفيزيائية والكيمائية التي تجعل من خاصية الجريان تحت السطحي للبازلت ممكنه وشائعة .

٢. ٧. ١ خصائص الطبقات البازلتية

تختلف الطبقات البازلتية التي يمكن أن تستخدم لغايات مرور المياه إلى الطبقات الجوفية، فالطبقات البازلتية التي تتكون من الصخور البازلتية المتجانسة (Homogeneous Massive Basalt) تعتبر قليلة المسامية والنفاذية وبالتالي لا تسمح بمرور كميات كبيرة من المياه من خلالها إلا عن طريق الشقوق والفواصل الموجودة في هذه الطبقات وتتراكم الصخور البازلتية في بعض المناطق لتشكل عرم أو كتل كبيرة وضخمة متراكمة فوق بعضها البعض محتوية مواد بركانية أخرى مثل التف (Tuff) وطبقات الرماد البركاني وبعض المواد الأخرى التي تكونت بين الاندفاعات البركانية المختلفة وعموماً فان الاندفاعات البركانية (Lava Flow) تتكون من جزئيين رئيسين الجزء السفلي (Massive) والجزء العلوي (Vesicular) حيث أن الجزء السفلي أكثر صلابة وكثافة بينما الجزء العلوي اقل كثافة ويمتاز بكثرة الفراغات والمسامات المملوءة أحياناً بمعادن وترسبات مختلفة ويكون الجزء السفلي أحياناً مهشم تكثر فيه الشقوق في بعض الأماكن ويعتبر البازلت عموماً عندما يتعرض لعمليات التجوية (Weathering) مناسب جداً لجريان المياه تحت السطحية ومع أن هذه الصفة متباينة في الطبقات البازلتية المختلفة إلا أنها موجودة في الغالب مع أنها تتأثر بالطبقات الأخرى التي تعلو الطبقة البازلتية وخصوصاً الترب المختلفة كما تتأثر بالخصائص الطبوغرافية للمنطقة، وتتواجد المياه في الغالب في المنطقة الفاصلة ما بين الاندفاعات البازلتية (Newcomb, 1959) حيث تتواجد في هذه المنطقة الفراغات والفواصل والشقوق نتيجة عدم حدوث تطبق تام ما بين الطبقات البازلتية المختلفة ويمكن تحديد الاعتبارات التالية كدليل

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

أساسي لتحديد قدرة وإمكانيات الطبقات البازلتية على السماح بالتغذية الطبيعية والاصطناعية للخزانات الجوفية (CGWBM, 2000) :

١- هيدروجيولوجية الطبقة البازلتية : والخصائص المحببة هنا لتكون الطبقة جيدة النفاذية هي أن تكون هذه الطبقة مهشمة تعرضت لعوامل الحت ومتشققة وتكثر بها الفجوات (Vesicular Basalt) .

٢- طبوغرافية المنطقة (Water-Shed Area) : حيث تعتبر السفوح أكثر ملائمة لخاصية تسريب المياه خلال الطبقات البازلتية أما قمم الهضاب فتعتبر اقل فاعلية لذلك .

٣- مستوى تذبذب المياه : تعتبر المناطق ذات المستويات العالية من تذبذب المياه وبعد الخزانات الجوفية عن السطح والميول الشديدة للمستويات الهيدروليكية ذات جاذبية أكثر للمياه وبالتالي معدلات تغذية أعلى .

٤- الموصلية المائية (Hydraulic Conductivity) : تعتبر الطبقات البازلتية المكسرة التي تكثر بها الشقوق والفواصل والفراغات ذات موصلية عالية وبالتالي قابلية اكبر على مرور الماء من خلالها أما الطبقات البازلتية الكتلية (Massive Basalt) فتعتبر اقل موصلية وبالتالي اقل قدرة على تنفيذ الماء .

٥- نوع الخزان الجوفي : تعتبر الخزانات الجوفية غير المحصورة (Unconfined Aquifers) أكثر قدرة على استقبال المياه من الخزانات المحصورة (Confined Aquifers) في الطبقات البازلتية التي تكثر فيها الشقوق والفراغات والفواصل تترسب بعض المواد المختلفة والتي تذوب لاحقاً بواسطة المياه القادمة خلال هذه الطبقات مما يساعد في زيادة معدلات التغذية .

٦- معدلات التغذية : تكون معدلات التغذية عالية في الطبقات البازلتية المهشمة التي تكثر فيها الشقوق والفراغات والفواصل حيث تصل إلى(١٥%) بينما تقل في الطبقات البازلتية الأخرى(Massive Basalt) إلى اقل من (٤%)،(CGWBM, 2000).

٢. ٧. ٢ العوامل المؤثرة على التغذية الاصطناعية من خلال الطبقات البازلتية

توجد عوامل عديدة تحدد إمكانية تنفيذ عملية التغذية الاصطناعية للمياه الجوفية وبعض هذه العوامل يمكن تقييمها وحسابها ومن أهم هذه العوامل نوعية المياه السطحية وخصائصها

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الفيزيائية والكيميائية ومدى ملاءمتها لخصائص المياه الجوفية ومع ذلك فان تحديد كيفية عمل نظام التغذية من النواحي الهيدروليكية لن يكون سهلا (Charles, 1960) .

١- المواد الرسوبية : تشكل المواد الرسوبية العالقة في المياه السطحية المراد إيصالها إلى الخزانات الجوفية اكبر المشاكل التي تعيق عمليات التغذية الاصطناعية لأنها تؤدي إلى تقليل أحجام الفراغات والشقوق والفجوات الموجودة في الطبقات البازلتية مما يقلل من معدلات التغذية لذلك لابد من التخلص من هذه المواد قبل وصولها إلى الطبقات البازلتية لغايات التغذية .

٢- الهواء الممزوج : يدخل الهواء إلى المياه الجوفية عن طريق عملية التغذية الاصطناعية مما يتسبب أحياناً وتحت ظروف معينة بحدوث تفاعل للمياه الجوفية الأصلية مما يسبب تكون رسوبيات قد تقلل نفاذية ومسامية الطبقة المائية الحاملة ومثال على ذلك (تفاعل عنصر الحديد الموجود في المياه الجوفية نتيجة تعرضه للهواء وحدوث عملية الأكسدة كما أن عنصر ثاني اكسيد الكربون القادم من الغلاف الجوي خلال الهواء يؤدي إلى ترسب مواد السليكا (Siliceous) عندما يتفاعل مع السليكا الموجودة في المياه الجوفية (Uren, 1939) .

٢. ٨ آثار تغذية خزانات المياه الجوفية على نوعية المياه

نوعية المياه تعني التركيب الكيميائي والفيزيائي والبيولوجي للمياه الناجم عن انحلال العديد من العناصر بما فيها الغازات والمعلقات الموجودة في الجو بالإضافة إلى العناصر الناتجة عن عمليتي ألحت والتعرية للصخور والتربة وتفاعلات الترسيب والانحلال، يضاف إلى ذلك التأثيرات الناتجة عن الاستخدامات المتعددة للأراضي، وتختلف نوعية المياه وتتباين من موقع لآخر ومن مصدر إلى آخر، فمياه الأمطار مثلاً تحتوي على معلقات ونواتج انحلال الغازات اقل بكثير من المياه الجارية والتي تلامس سطح الأرض بسبب تعرضها لعملية التبخر، التي تعمل على تركيز الأملاح فيها وكذلك انحلال العديد من الفلزات والأملاح أثناء جريانها إضافة لتعرضها للملوثات أثناء جريانها عبر الأودية المكشوفة، هذا بالنسبة للمياه السطحية الجارية فوق سطح الأرض(Hirzalla, 1995)، أما بالنسبة للمياه المتسربة إلى الجوف عن طريق التربة فإنها غالبا ما تكون غنية بغاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2) من الجو الناتج عن تحليل بقايا النباتات، مما يساعد في انحلال مختلف أنواع الصخور الكربونية، وهذا يطلق عليه الإذابة والإحلال، و العمليات السابقة تحدث في نطاق التربة وتستمر في الطبقات المائية، من ناحية أخري فان الأملاح كملح الطعام والجبس وفلزات أخري تنحل هي الأخرى في الماء وتساعد في تبدل التراكيب الكيميائية للمياه، علاوة على تعرض المياه للتبخر، سواء من أسطح المياه المكشوفة أو من التربة مما يساعد في زيادة التركيز الكيميائي لهذه المياه، وتعد النشاطات

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

البشرية المختلفة ونواتجها من مخلفات صناعية وزراعية المصدر الأساسي لتلوث المياه بشكل عام.

تؤثر كل هذه العوامل والتفاعلات على التراكيب الكيميائية للمياه وتكسب المياه نوعية معينة وصفات خاصة، وعلى ضوء هذه النوعية و هذه الصفات تختلف المياه من مصدر مائي إلى آخر ومن طبقة مائية إلى أخرى، لذلك فإن دراسة تقييم المصادر المائية بمختلف أنواعها السطحية والجوفية تعتمد أساسا على خاصية المياه وتراكيبها الكيميائية لأن ذلك يعتبر مؤشر ودليل قوي على مصادر هذه المياه وتغذيتها واتجاه الجريان الجوفي ومناطق الصرف للمياه الجوفية وطبيعة الطبقة الحاملة للمياه.

تعتبر نوعية المياه هامة جداً وقد تفوق في أهميتها كمياتها و هذا ناتج عن التدهور في نوعية المياه من مصادرها المختلفة نتيجة لعوامل عدة أهمها، المخلفات الصلبة والسائلة التي تصل إلى المياه وكذلك التملح الناتج عن عمليات الضخ الجائر واستنزاف مصادر المياه الجوفية (Salameh, 1996)، ويترتب على هذا التلوث نتائج كثيرة اقتصادية واجتماعية وصحية .

تتمثل ميكانيكية تأثر نوعية المياه بالمحيط الذي تتواجد به لأن الماء مذيب جيد كونه مستقطباً جزئياً، وتسمى الرابطة التي تربط بين ذرات الهيدروجين بالرابطة الهيدروجينية التي تعمل على شد الجزيئات بعضها مع بعض، ويحتوي الماء على الأكسجين حيث أن اللتر الواحد من الماء يحتوي ١٠٠ ملغم تقريباً عند درجة الصفر المئوي وتحت الظروف العادية، ويقل هذا التركيز بارتفاع درجة الحرارة حيث تصبح كمية الأكسجين ٦٥% ملغم /لتر عند درجة حرارة ٢٠مئوية (مزيد، ٢٠٠٦)، ويعود التركيب الكيميائي للمياه الجوفية بشكل رئيسي إلى نوعية مياه التغذية من الأمطار بالإضافة إلى علاقات المياه بالصخور وما يتم في الطور المائي من عمليات إذابة وترسيب ولذلك يعكس التركيب الكيميائي للمياه الجوفية إلى حد بعيد جيوكيميائية صخور الخزان الجوفي.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الفصل الثالث

هيدرولوجية منطقة الدراسة

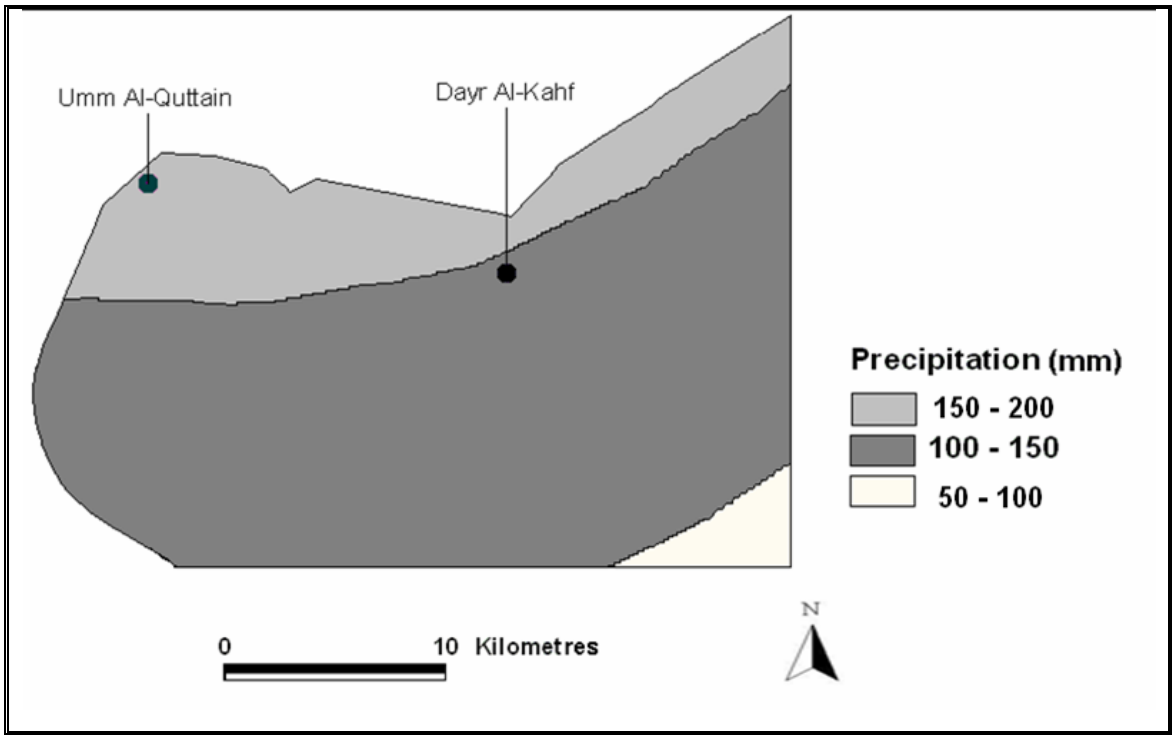
٣. ١ المياه السطحية

تختلف معدلات الهطولات السنوية في الأردن وتتباين بشكل كبير حيث تتراوح ما بين (٥٠) ملم في المناطق الجنوبية والشرقية إلى أكثر من (٦٠٠) ملم في الجبال الغربية مثل مرتفعات عجلون (الأرصاد الجوية، ٢٠٠٦)، أما المعدل العام لكميات الأمطار لمعظم مناطق الأردن (٩٤%) لا تزيد عن (٢٠٠) ملم (Shatanawi, et. al. 1999)، وتتوزع الهطولات السنوية في كافة أنحاء المملكة الأردنية الهاشمية ما بين التبخر والجريان والتسرب الى الطبقات الجوفية إذ يذهب (٨٥ – ٩٢%) نتيجة التبخر ويتسرب (٥ – ١١%) إلى الطبقات تحت السطحية ويجري (٢ – ٤%) في الأودية والقنوات المختلفة (Run Off) (Allison, 1998)، وفي منطقة الدراسة لا توجد مسطحات مائية (بحيرات، انهار) باستثناء بعض القيعان والغدران التي تتجمع بها مياه الأمطار لفترة محدودة من الزمن نتيجة حدوث الفيضانات الناتجة عن الهطولات المطرية الرعدية التي تحدث خلال فصل الشتاء خلال فترات قصيرة (Short Duration) (Baban, Al-Ansari, 2001)، وتتباين كميات الهطول في منطقة الدراسة أيضاً فبينما ترتفع في المناطق الشمالية الغربية المحاذية للحدود السورية تنخفض كلما اتجهنا جنوباً باتجاه منطقة الأزرق ومعظم هذه الهطولات تحدث ما بين شهري كانون أول وآذار(Allison, 1998)، وتتباين أيضاً كميات الهطولات ما بين السنوات، الشكل(٣ .١) يبين معدلات الهطول في منطقة الدراسة، وقد سجلت أعلى كمية هطول خلال الثلاثون السنة الماضية ١٩٧٠-٢٠٠٠م في منطقة دير الكهف الواقعة في الجزء الشمالي من منطقة الدراسة وكانت (٢٩١.٣) ملم وكان ذلك خلال عام ١٩٧٩/١٩٨٠ بينما اقل كمية هطول لنفس الفترة كانت (١٣.٥) ملم خلال عام ١٩٩٨/١٩٩٩ أما المعدل العام لكميات الهطول السنوية في نفس المنطقة فكانت (١٤٤.٣٢) ملم،(الأرصاد الجوية ٢٠٠٥) الشكل (٣ .٢) يبين كميات الهطول السنوية في مواقع مختارة في منطقة الدراسة خلال الفترة ١٩٧٠-٢٠٠٠م ، وتتدفق نسبة كبيرة من الهطولات في منطقة الدراسة عبر الأودية والقنوات الموجودة في المنطقة والتي تجري معظمها من الشمال إلى الجنوب وذلك تبعاً لمورفولوجية منطقة الدراسة والتي يقل ارتفاعها كلما اتجهنا جنوباً و هذه الأودية تحمل مياه الفيضانات في فصل الشتاء إلى مناطق القيعان على مشارف منطقة الأزرق الواقعة إلى الجنوب من منطقة الدراسة وتحدث عمليات

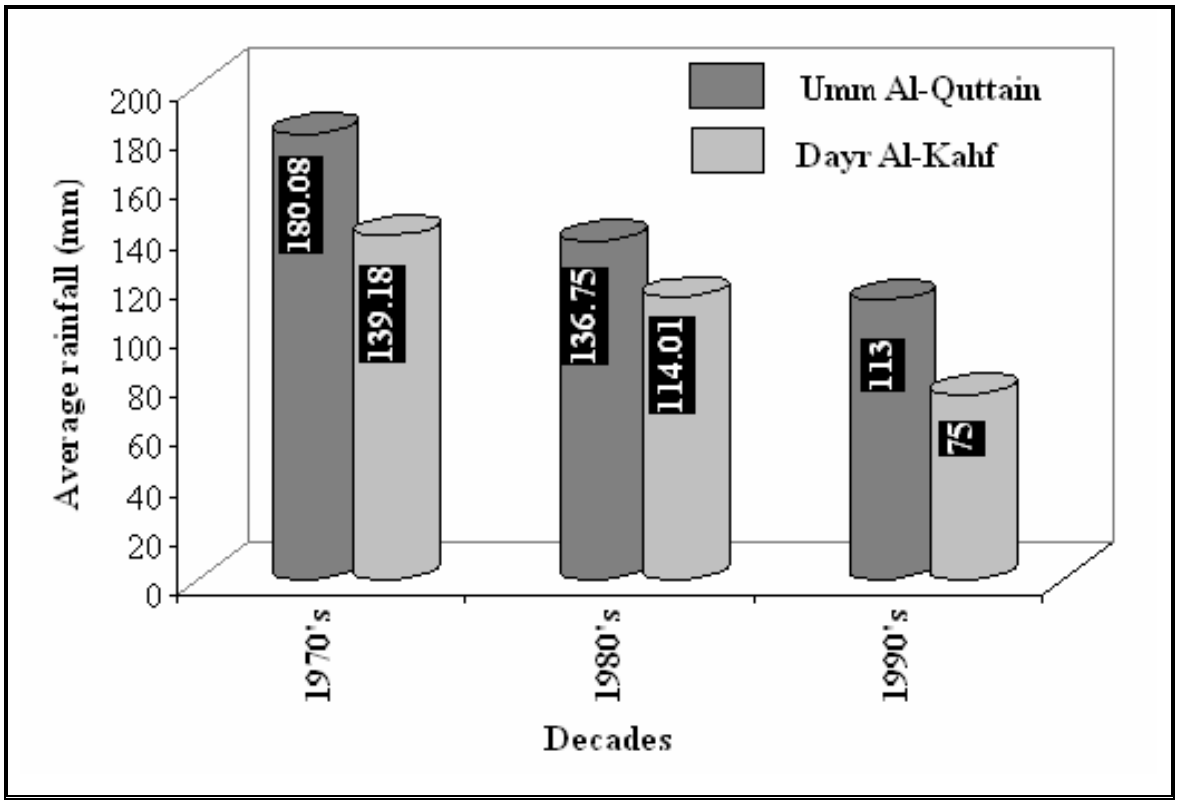
المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الفيضانات لهذه الأودية في الغالب نتيجة العواصف الرعدية التي تتسبب في هطول كميات كبيرة من الأمطار في فترة زمنية قصيرة (Waddingham, 1994) **وتقدر نسبة مياه الجريان التي تحملها الأودية والقنوات بـ(٢ – ٤%) من كمية الهطول الكلية و هذه الأودية والقنوات ذات قابلية جيدة لتنفيذ المياه وتسريبها إلى الطبقات تحت السطحية بحيث تتسرب هذه المياه من خلال طبقات الأودية لتصل إلى المنطقة الغير مشبعة لتشكل مخزون مائي تحت سطحي بشكل مؤقت لتكون احد مصادر تغذية المياه الجوفية (**Allison, 2000**) .**

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



الشكل ٣ .١ معدلات الهطول في منطقة الدراسة، (الأرصاد الجوية، ٢٠٠٥)



الشكل ٣ .٢ كميات الهطول السنوية في مواقع مختارة في منطقة الدراسة،

(AL-ADAMAT, 2002)

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

٣. ٢ هيدرو جيولوجية منطقة الدراسة

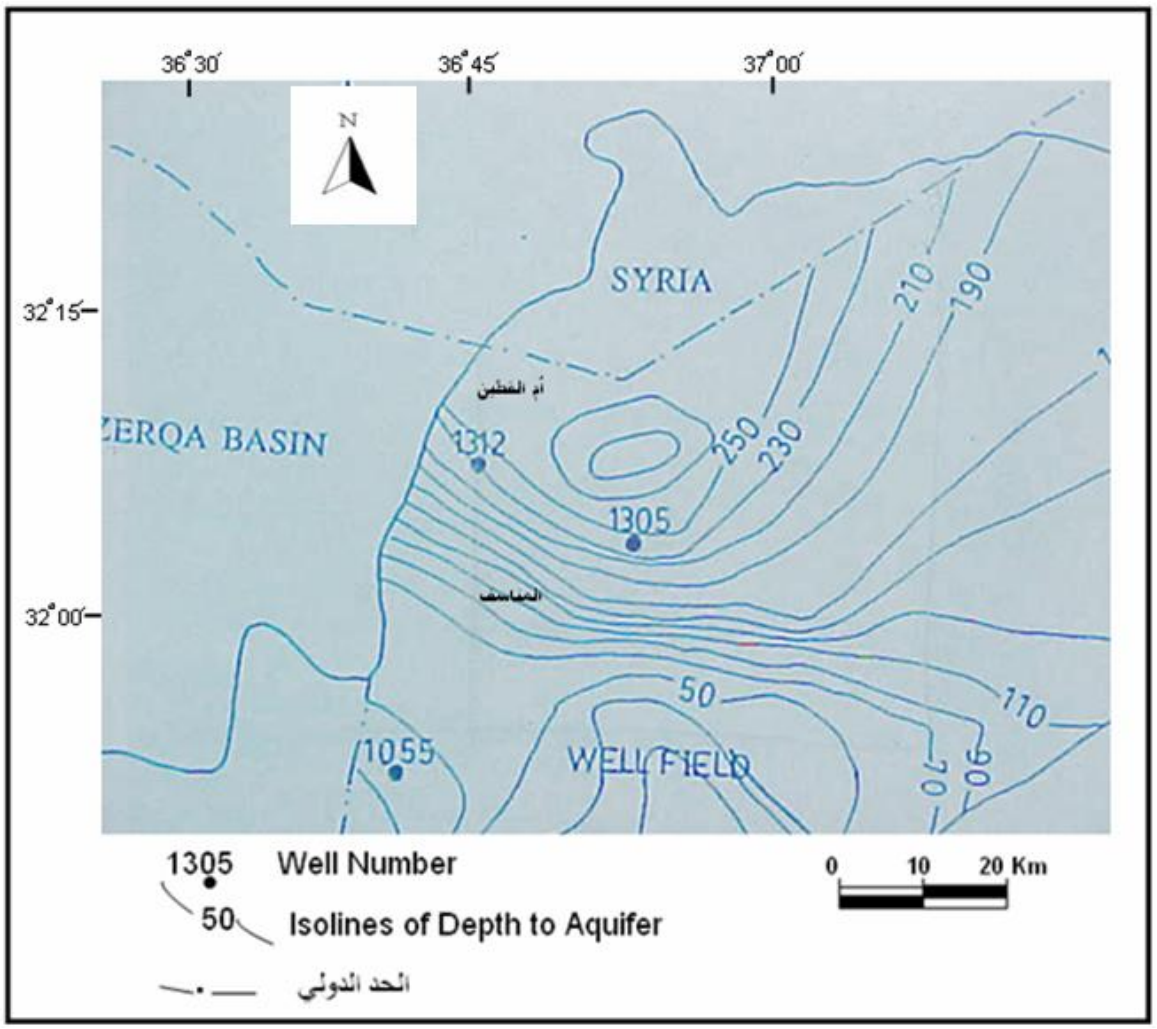
توجد المياه الجوفية في منطقة الدراسة في ثلاثة خزانات رئيسية الخزان الجوفي العلوي (upper aquifer) والذي يتكون من صخور البازلت والرسوبيات الحديثة وتكاوين الشلاله والرجام وهي من العصر الرباعي والثلاثي وتقع الخزانات الجوفية المستغلة في منطقة الدراسة ضمن الـ(upper aquifer complex) وتأتي أهمية هذا الخزان من وفرة مياهه ونوعيتها الممتازة الشكل (٣ .٣) يبين المسافة من سطح الأرض إلى مستوى المياه في هذا الخزان، يتغذى هذا الخزان من منطقة جبل العرب / جبل الدروز ، وتشكل اتجاهات الجريان في هذا الخزان شكل شعاع (radial) باتجاه (منخفض الأزرق) وذلك تبعاً لمورفولوجية الهضبة البازلتية الشكل (٣ .٤) يبين اتجاهات الجريان للمياه الجوفية في هذا الخزان، يبلغ معدل السماحية للبازلت بـ(٠.١٢ م٢/ثانيه) وتبلغ معدلات السماحية للخزان بحوالي (١١٠٠٠م٢/يوم) أما نفاذية الخزان فتتراوح ما بين (٠.٥ – ١١٥م / يوم) وسماكة الجزء المشبع بالمياه في الخزان ما بين (٥٠ – ١٩٠م)، ويعتبر حجر الخفاف عالي النفاذية (Permeable Scoriaceous Zones) المكون الرئيسي لهذا الخزان (الخرابشة والملاعبة، ٢٠٠٢)، أما الخزان المائي الجوفي الأوسط فيتكون من تكاوين عمان ، الرصيفة ، وادي السير ويفصلها عن الخزان العلوي تكوين الموقر وتبعد عن السطح حوالي (٦٠٠م) وتصل معدلات السماحية إلى (٤٨٠٠م٢ /يوم) وتميل الطبقات من الغرب والشرق باتجاه منخفض الأزرق، ثم يأتي الخزان المائي السفلي والذي يتكون من الصخور الرملية والتي تزيد أعماقها عن (١٠٠٠م) (Dottridge, 1994) ، وتتصل هذه الخزانات مع بعضها البعض هيدروليكياً من خلال الفوالق ذات الاتجاهات المختلفة، مما يتسبب في حركة الماء المالح (Saline Water) من الأسفل إلى الأعلى باتجاه الخزانات الجوفية القريبة (Shallow Aquifers) وذلك يحدث نتيجة للضخ الجائر من الخزان العلوي (B2/A7) (AL-Qadi, 2003)، وهناك رأي آخر حول هذه الخزانات حيث صنفت إلى ثلاث خزانات القريب (Shallow Aquifer) والخزان الأوسط والخزان العميق (Deep Sandstones Aquifer) (Salameh and Bannayan,1993) ويفصل هذه الخزانات عن بعضها البعض طبقات ذات نفاذية قليلة (Low Permeability Aquitards) (Allison, 2000) وترتبط هذه الخزانات مع بعضها البعض هيدروليكياً، حيث تجري المياه الجوفية في الخزان القريب (العلوي) باتجاه منطقة الأزرق، أما الخزان الأوسط فتجري مياهه الجوفية من الغرب والشمال والجنوب باتجاه منطقة الأزرق وهناك جريان آخر من هذا الخزان باتجاه الخزان العلوي وجريان آخر باتجاه الخزان السفلي وأيضاً هناك جريان باتجاه الشرق أي أن المياه الجوفية في هذا الخزان تتحرك بكل الاتجاهات،

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

وأخيراً الخزان السفلي والذي تتحرك مياهه من الجنوب والشرق باتجاه الغرب وأحياناً باتجاه الشمال (اتجاه وادي الأردن والبحر الميت) (Salameh and Bannayan,1993) الجدول (٣ .١) يبين هذه الخزانات وخصائصها.

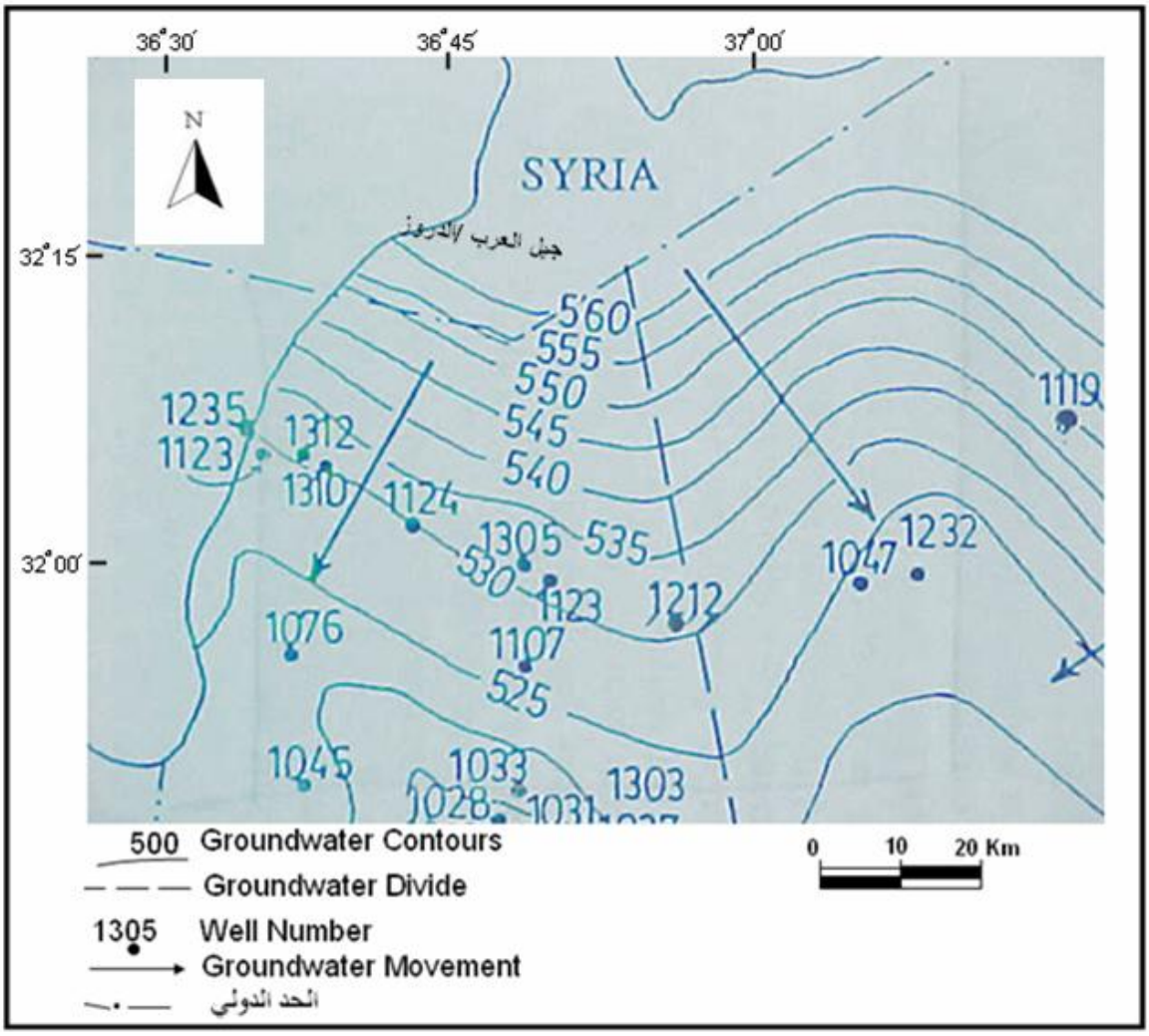
يوجد في منطقة الدراسة حوالي (٦٠) بئر تتركز في الجزء الغربي والشمالي الغربي من منطقة الدراسة وبأعماق مختلفة تتراوح ما بين ٣١٠م – ٦٢٢م ويختلف سطح الماء في هذه الآبار حسب ارتفاعها عن سطح البحر وتتراوح ما بين ٢٣١.٥م – ٤٧٥م الشكل (٣ .٥) يبين أعماق المياه الجوفية في المنطقة التي تتركز فيها معظم الآبار المحفورة في منطقة الدراسة (AL-ADAMAT, 2002) وتستخدم معظمها لغايات الزراعة وتامين مياه الشرب إلى المدن الرئيسية (عمان ، اربد) ويقدر إنتاجها بحوالي (١٩) مليون متر مكعب في العام ، يعاني هذا الحوض حالياً من هبوط ملحوظ في سطح الماء يتراوح ما بين (½ متر إلى ٤½ متر) كما زادت نسبة الملوحة في بعض الآبار من (٤٠٠ – ٥٦٠) جزء بالمليون (وزارة المياه والري، ٢٠٠٢).

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



الشكل ٣ .٣ أعماق المياه الجوفية في منطقة الدراسة، (AL-Kharabsheh, 1995)

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



الشكل ٣ .٤ اتجاهات الجريان ومناسيب المياه الجوفية في منطقة الدراسة،

(AL-Kharabsheh, 1995)

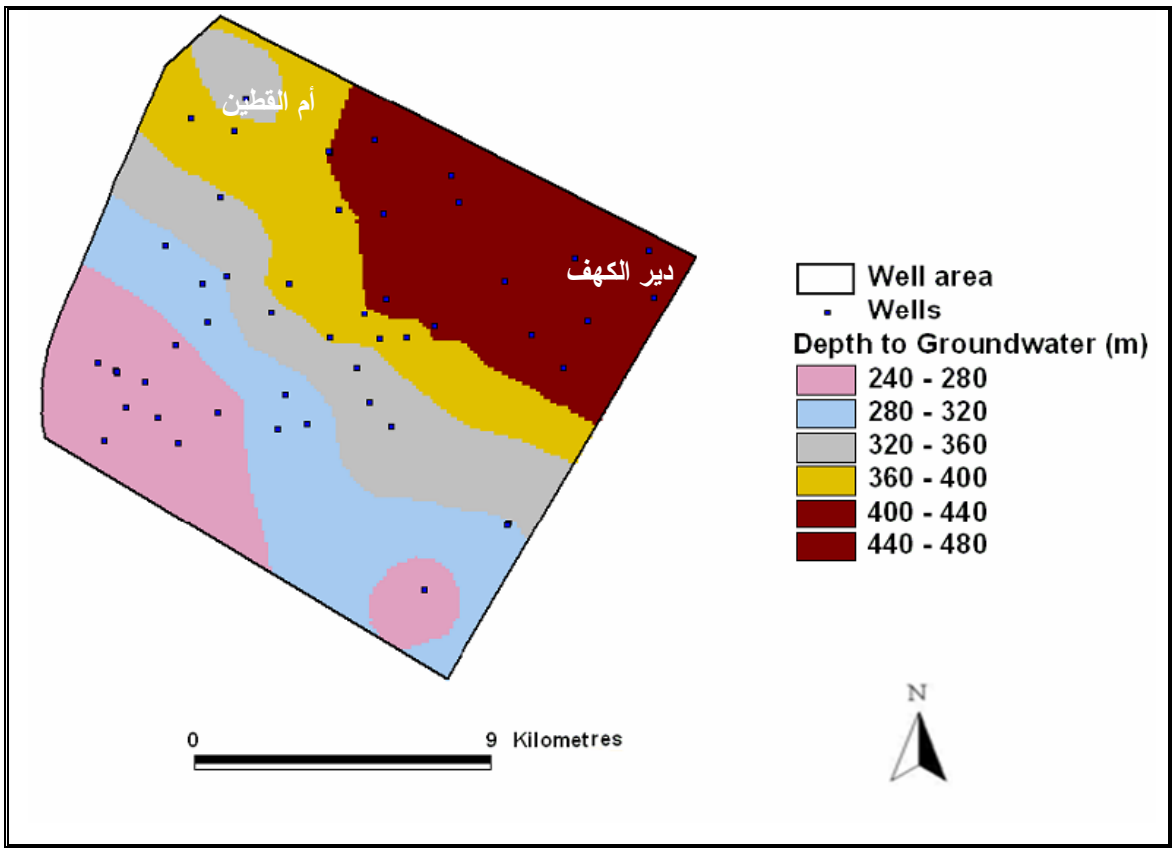
الجدول ٣ .١ الخزانات الجوفية في منطقة الدراسة وخصائصها،

(Allison, 2000 and Dottridge, 1994)

الخزان (Aquifer)	التكوين	العمر	العمق من سطح الأرض

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

العلوي	رسوبيات من العصر الرباعي بازلت من المايوسين حـور وحجـر جيـري وصـوان مـن العصر الثلاثي	متجدد	٤٥٠م الجزء الشمالي ٥٠م الجزء الجنوبي
المتوسط	العصر الرباعي الأعلى B2 / A7	مئـات إلـى آلاف السنين	٤٠٠م في الشمال ٧٠٠م في الجنوب
السفلي	رمل الكرنبKurnob Sandstones	آلاف السنين	٣.١كم – ٣.٤كم



الشكل ٣ .٥ أعماق المياه الجوفية في المنطقة التي تتركز بها الآبار المحفورة

ضمن منطقة الدراسة، (AL-ADAMAT, 2002)

٣ . ٣ قيم التغذية الطبيعية للمياه الجوفية في منطقة الدراسة

يمكن حساب قيم التغذية الطبيعية في منطقة الدراسة باستخدام معادلة (Piscopo) وذلك من خلال تحديد نسب الميول ومعدل الهطول ونفاذية التربة وتنص المعادلة على أن قيم التغذية الطبيعية للمياه الجوفية = معامل كمية الهطول + معامل نسبة الميل + معامل نفاذية التربة وقد حددت هذه المعاملات اعتماداً على كميات الهطول ونسب الميل ونفاذية التربة

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

للمنطقة المحددة لغايات الدراسة (Piscopo, 2001) وتم استخدام هذه المعادلة من قبل الدكتور رضا العظامات عام ٢٠٠٢ للوصول إلى قيم التغذية الطبيعية في منطقة حوض الأزرق وكانت الأرقام المستخدمة في تطبيقات هذه المعادلة كما هو مبين في الجدول(٣ .٢).

التغذية الطبيعية للمياه الجوفية في منطقة الدراسة مصدرها الأساسي الجزء الشمالي من المنطقة (جبل الدروز/جبل العرب) (AL-Qadi, 2003)، لذلك فان جميع المعادلات الرياضية لحساب معدلات التغذية الطبيعية للمياه الجوفية لن تكون دقيقة والسبب في ذلك إن جميع المعطيات الداخلة في هذه المعالات مبنية على حقائق تتعلق بمنطقة الدراسة تحديداً (Local Recharge)، فعند حساب كميات الهطول السنوية أو نفاذية التربة أو نسب الميول (الطبوغرافية) تكون المخرجات أرقام تتعلق بمنطقة الدراسة تحديداً ولان الأحواض الجوفية في منطقة الدراسة تتغذى بشكل أساسي من منطقة جبل الدروز/ جبل العرب الواقع إلى الشمال (٦٠) كم داخل الأراضي السورية والذي يمتاز بكميات عالية من الهطول السنوي وتراكم للثلوج مما يؤدي إلى تغذية الخزانات الجوفية الواقعة في منطقة الدراسة (السفوح الجنوبية) لهذا الجبل عن طريق الجريان تحت سطحي (Sub Surface Flow) والذي يتجه من الشمال إلى الجنوب أي أن الأحواض الجوفية الموجودة في منطقة الدراسة تستفيد بشكل مباشر من التغذية الطبيعية الناتجة عن الهطولات المطرية والثلجية المتساقطة على منطقة الجبل بشكل عام، من هنا فان حساب معدلات التغذية الطبيعية للمنطقة يجب أن تكون بشكل اشمل وأوسع لتأخذ بعين الاعتبار كافة أجزاء الهضبة البازلتية .

الجدول ٣ .٢ قيم التغذية الطبيعية

نسبة الميل	المعامل	معدل الهطول	المعامل	نفاذية التربة*	المعامل	قيم التغذية
اقل من ٢	٤	اقل من ٥٠٠ملم	١	متوسطة	٤	٩ ــ ١١

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

من ٢ ــ ١٠	٣			منخفضة	٢	٧ ــ ٩
من ١٠ ــ ٣٣	٢					

* نفاذية التربة اعتماداً على (USDA, 1994) .

يبين هذا الجدول قيم التغذية الطبيعية للمياه الجوفية في منطقة الدراسة التي توصل إليها العظامات عام ٢٠٠٢ وبناءاً على المعطيات التالية :

١- تم اعتماد قيم معدلات الهطول السنوي في منطقة الدراسة بأقل من ٥٠٠ ملم /سنة وأعطيت معامل قيمته (١) .

٢- تم تحديد ثلاثة مستويات للميول الأول بنسبة ميل اقل من ٢ درجة والثاني من ٢-١٠ درجات والثالث من ١٠-٣٣ درجة وأعطيت معاملات رقمية لكل نسبة و هي (٤.٣.٢) على التوالي لكل نسبة ميل .

٣- تم تقسيم نوعية التربة في منطقة الدراسة إلى قسمين رئيسين الأول ذا نفاذية متوسطة وأعطيت معامل قيمته (٤) والثاني ذا نفاذية منخفضة وأعطيت معامل قيمته (٢) .

٤- على ضوء المعطيات الواردة أعلاه تم التوصل إلى قيم التغذية في منطقة الدراسة وضمن المستويات التالية (٩ ــ ١١ و ٧ ــ ٩) وجميع هذه القيم مرتبطة بنسب الميول ونفاذية التربة وكما هو مبين في الجدول أعلاه، وتعتبر القيم الناتجة دليل عام وليست لها وحدة قياس محددة إنما تعطي مؤشر على مستوى قيم التغذية الطبيعية للمياه الجوفية وصنفت إلى ثلاثة مستويات قليلة، القيم اقل من ٩ ، ومتوسطة القيم ما بين ٩ ــ ١٢ ، وعالية القيم اكبر من ١٢ . (Piscopo, 2001)

٣. ٤ نوعية المياه في منطقة الدراسة

تعتبر نوعية المياه من أهم العوامل التي يجب أن تؤخذ بعين الاعتبار عند استخدام عمليات التغذية الاصطناعية للمياه الجوفية لان اختلاط المياه السطحية بالمياه الجوفية الناتج من عملية التغذية الاصطناعية يؤدي إلى حدوث تغييرات على نوعية المياه وتغيير خصائصها والتأثير على التركيب الكيميائي لهذه المياه بشكل عام، وتتغير الخصائص والمكونات الكيميائية للمياه حسب النسبة فإذا كانت نسب الخلط متساوية فستكون حالة المياه بعد الخلط في الوسط

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

بين المياه القادمة (Surface Water) والمياه الجوفية الموجودة أصلاً (Ground Water) (Bloom, 1978)، ومن أهم الأسباب التي تؤدي إلى تلوث المياه السطحية هي النشاطات السكانية والزراعية والصناعية وأنظمة الصرف الصحي الغير فعالة حيث تؤدي هذه العوامل إلى تلوث المياه السطحية التي تتسرب إلى المياه الجوفية وتعمل على تلوثه (AL-Farajat, 1997).

تعتبر المياه الجوفية والسطحية في منطقة الدراسة ذات نوعية جيدة ومطابقة للمواصفات الأردنية ومواصفات منظمة الصحة العالمية (WHO) حيث أنها تخلو من الملوثات والسبب في ذلك يعود إلى أن المنطقة شبه صحراوية وبعيدة عن مصادر التلوث (AL-ADAMAT, 2002).

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الفصل الرابع

الكهوف الطبيعية (Natural Caves)

٤. ١ المقدمة

الكهف هو أي تجويف ضمن أي طبقة سواءً كانت رسوبية أو بركانية يكون بحجم يمكن الإنسان من الدخول إليه وتتفاوت أحجام الكهوف من صغير حوالي ١م^{3} إلى كبير بأحجام تصل إلى مئات الأمتار المكعبة وتقسم هذه الكهوف إلى عدة أقسام اعتماداً على نوع الصخور التي توجد بها هذه الكهوف أو العمر الزمني أو طريقة تشكيلها وبشكل عام يمكن تقسيم الكهوف الطبيعية حسب نوعية الصخور التي تشكلت بها إلى نوعين رئيسيين (الكهوف الموجودة في الصخور الرسوبية "الكهوف الرسوبية"، الكهوف الموجودة في الصخور البركانية "الكهوف البركانية") .

٤ .٢ الكهوف البركانية

يوجد هذا النوع من الكهوف في المناطق المغطاة بالاندفاعات البركانية المختلفة وخصوصاً في الطبقات البازلتية (Lava flow) وتتكون هذه الكهوف أثناء حدوث الاندفاعات البركانية وتعتبر منطقة هاواي في أمريكيا من أشهر الأمثلة على حدوث الأنفاق أو الكهوف ضمن الـ(Lava flow) وتتم ميكانيكية هذه الظاهرة التي تتسبب في حدوث الأنفاق أو الكهوف عندما تتطور اللافا المنسابة (Lava Flows) وتبرد لتتصلب مشكلة قشرة على السطح العلوي للانسياب بينما تواصل اللافا المنصهرة تحت هذه القشرة جريانها إلى أن يتوقف الاندفاع البركاني من المصدر ثم تواصل اللافا في الأنبوب الذي تشكل تحت القشرة حركتها باتجاه الميلان الطبيعي تاركة أنبوبا فارغا تحت السطح (Waltham and Park, 2002)، وقد تم تقسيم هذا النوع من الكهوف إلى أربعة أقسام رئيسية(Frehat, 2006) وكما يلي :

١- كهوف بلستر (Blister Caves) هذا النوع من الكهوف يتكون نتيجة ضغط الغاز من الأسفل باتجاه السطح أو القشرة والذي يحدث أثناء النشاط البركاني مع توفر ظروف جيولوجية مناسبة ويتم ذلك عندما تندفع غازات ثاني اكسيد الكربون (Carbon Dioxide) من اللافا نفسها مشكلة فقاعات هوائية ضمن اللافا غير المتجمدة وكلما ازدادت اللافا تماسكاً وصلابة كلما كبرت هذه الفقاعات وازداد حجمها ثم تصبح هذه الفقاعات على شكل فجوات بعد أن تبرد

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

اللافا ومع أن هذا النوع يعتبر احد أشكال الكهوف إلا انه نادر جداً وقليل لأن أحجامها في الغالب صغيرة وأكبرها حجماً اكتشف في أثيوبيا بحجم يصل إلى ٣٠م^{3} (Frehat, 2006) .

٢- الكهوف الشقية (Fissure Caves) تتشكل هذه الكهوف من فتحات عاموديه ضيقة في الصخور نتيجة للتحركات الأرضية وسببها بعض المحاليل وعوامل الشد أحياناً وتصل أحجامها إلى بضعة أمتار في الغالب .

٣- الكهوف الحلقية البركانية (Volcanic Throat Caves) يتكون هذا النوع من الكهوف في الأجزاء العلوية من البركان أثناء فترة اندفاعه حيث تندفع اللافا ذات اللزوجة المنخفضة بعيداً عن حلق الشق البركاني بينما تسد اللافا عالية اللزوجة حلق البركان متسببة في إنشاء ضغط يتم التخلص منه بواسطة انفجارات بركانية .

٤- أنفاق اللافا (Lava Tunnel Caves) تتشكل هذه الكهوف نتيجة النشاطات البركانية وسبب ذلك جريان الاندفاعات البركانية الـ(Lava flow) باتجاه المنحدرات حيث يبرد الجزء العلوي من اللافا ثم يتصلب بينما تبقى أكثر حرارة في الداخل مما يتسبب في حدوث فاصل بين الجزء العلوي المتجمد والجزء السفلي وهنا تحدث التجاويف أو الفراغات والتي تصبح فيما بعد أنفاق أو كهوف ويعتبر هذا النوع من الكهوف سائداً في الهضبة البازلتية شمال شرق الأردن ومن أهم الاستخدامات الممكنة لهذا النوع من الكهوف هو الحصاد المائي أو استخدامها لغايات التغذية الاصطناعية للمياه الجوفية .

٤ .٢ .١ خصائص الكهوف البازلتية

تمتاز الكهوف بوجود التشققات والفراغات التي تسمح للهواء والسوائل بالدخول خلالها والوصول إلى الكهف وربما إلى تراكيب جيولوجية أخرى وتعتمد كمية الفراغات والشقوق على نوع الصخر، كمية المياه السطحية التي يمكن أن تدخل الكهوف، الوقت، ودرجة الحرارة في الكهف، تغلف الطبقات الصخرية في أعلى الكهف ألوان مختلفة تميل في غالبها إلى اللون البني الغامق والأزرق وذلك تبعاً لنوع المادة المترسبة من خلال الشقوق والفراغات في الصخر ويأتي اللون البني أو الأحمر من أكاسيد الحديد الذائبة في الماء .

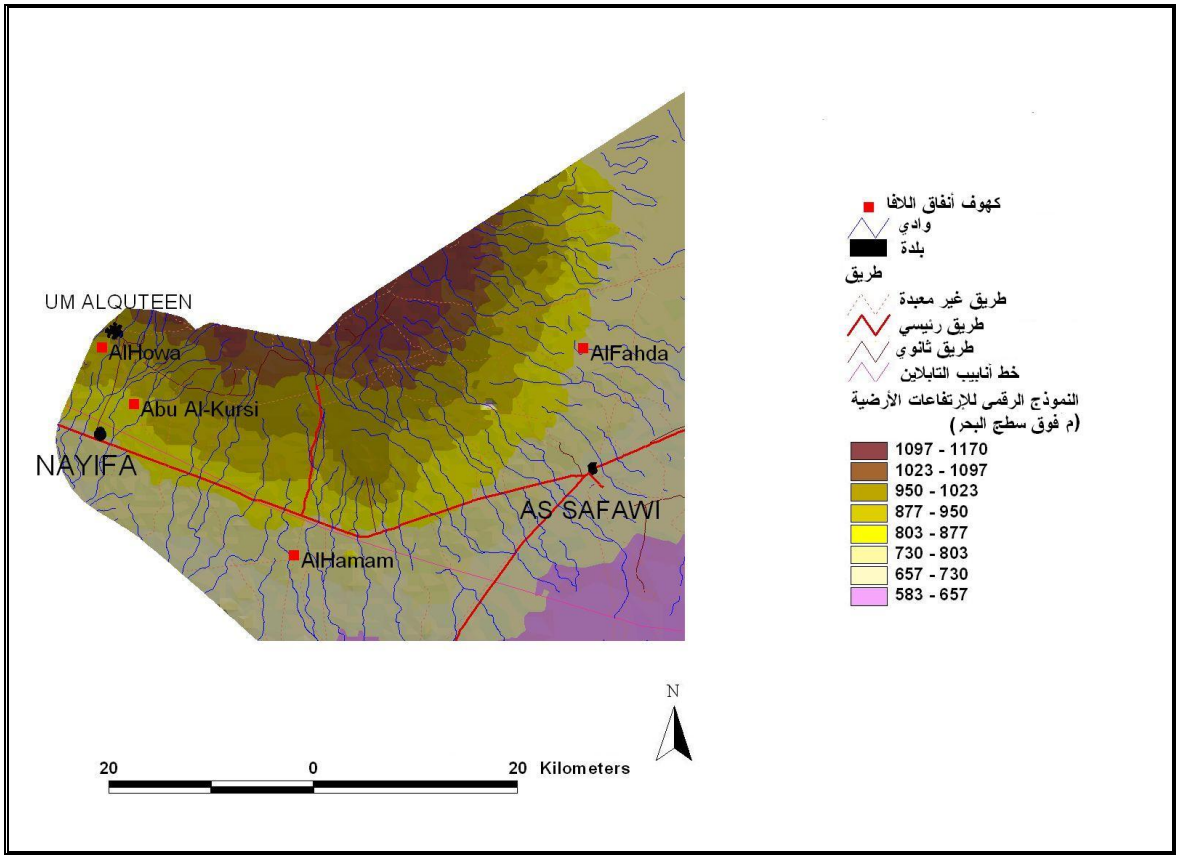
٤ .٢ .٢ استخدامات أنفاق اللافا (Lava Tunnels)

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

استخدمت هذه الأنفاق في عصور مختلفة وخاصة الأنفاق الموجودة في هاواي، ايلاند، المنطقة العربية وخاصة في الأردن والسعودية وفي أماكن أخرى لغايات وأهداف مختلفة وكان أهم استخدام لهذه الأنفاق وحسب (Frehat, 2006) أغراض سياحية أغراض دفاعية أبحاث ودراسات وغايات تعليمية وإسطبلات للحيوانات الأليفة والحصاد المائي، وسيتم التركيز في هذه الدراسة على استخدام الحصاد المائي للتوصل إلى أفضل الأساليب والطرق لتحقيق أقصى فائدة ممكنة لهذه الكهوف لخزن المياه السطحية الناتجة عن عملية الفيضانات وخاصة في منطقة الهضبة البازلتية (منطقة الدراسة) وتمريرها إلى الخزانات الجوفية، ولتحقيق هذه الغاية تم تقسيم الكهوف المتكشفة إلى جزئيين كهوف مرتفعة (واقعة في مناسيب عالية) لا يمكن إيصال المياه السطحية إليها و هذا النوع من الكهوف يمكن أن يستخدم لغايات أخرى غير الحصاد المائي مثل الغايات السياحية ومثال ذلك كهف عزام وكهف الدحدل وكهف أبو راس، وكهوف أخرى واقعة في مناطق منخفضة (أنفاق اللافا) والتي يمكن تامين مياه الفيضانات إليها بسهولة وقد يتطلب ذلك إنشاء بعض الحفائر أو السدود الترابية البسيطة أو الاقنية لتحويل مجاري بعض الأودية والشعاب إلى هذه الكهوف ومثال ذلك كهف الفهدة وكهف الهوة وكهف بئر الحمام وكهف أبو الكرسي الشكل (٤ .١) يبين مواقع هذه الأنفاق.

سيتم دراسة هذه الكهوف بالتفصيل لأهميتها القصوى لهذا البحث فهي تشكل المحور الأساس لهذه الدراسة وتعتمد عليها النتائج الرئيسية وبذلك تكون من أهم العوامل التي يجب تحديدها قبل تنفيذ مشروع التغذية الاصطناعية للمياه الجوفية باستخدام الكهوف الطبيعية وبذلك تكون غاية رئيسية لهذه الدراسة .

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



الشكل ٤ .١ يبين مواقع أنفاق اللافا (Lava Tunnels) في منطقة الدراسة

٤. ٣ كهوف الهضبة البازلتية شمال شرق الأردن

تعرف الإنسان على الكهوف الطبيعية في منطقة الهضبة البازلتية شمال شرق الأردن منذ زمن بعيد حيث كان يستخدمها للسكن والحماية من الظروف الجوية الصعبة و مؤخرا

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

استخدمها الإنسان الحديث كمستودعات للمواد العلفية ومناطق مبيت للماشية التي يربيها ودل على ذلك الآثار الموجودة في بعض هذه الكهوف ، إلا أن التوثيق الرسمي والعلمي لهذه الكهوف قد جاء مع نهاية ثمانينات القرن الماضي على يد الدكتور احمد الملاعبة (Al-Malabeh, 1989) والذي بين أن هذه الكهوف تعتبر من المكتشفات الحديثة وأنها لم تدرس من قبل ومن أهم هذه الكهوف كهف الفهدة ، بئر الحمام ، عزام ، الهوة ، أبو الكرسي، الجدول (٤ .١) يبين الكهوف الطبيعية في منطقة الدراسة والشكل (٤ .٢) يبين مواقع هذه الكهوف (Al-Malabeh, 1989) .

تشكل أنفاق اللافا في الهضبة البازلتية (منطقة الدراسة) ممرات متشكلة نتيجة لمرور اللافا ولمسافات متباينة قد تصل بعضها إلى مئات الأمتار من مركز الاندفاع البركاني مروراً بأراضي مختلفة وحسب درجة الميل وتعتبر جميع أنفاق اللافا الموجودة في منطقة حرات الجبان شمال شرق الأردن واقعة ضمن خمسة مراحل متعاقبة رئيسية (Successions) وهي أم القطين، المكيفتة، البشرية، الحميدية، الأصفر (Al-Malabeh, 2005)، وان هذه الكهوف أو الأنفاق ناتجة عن الاندفاعات البركانية والتي تسببت في تكون نوعين من الكهوف وهي ((Lava tunnels) و(Pressure Ridges))، ورغم أن منطقة الهضبة البازلتية مغطاة بالمواد المتفككة التي يسهل نقلها نتيجة الظروف الطبيعية مثل الرياح والمياه من منطقة إلى أخرى وتحديداً إلى هذه الكهوف والأنفاق مما يؤدي إلى طمرها واختفاءها إلا أن الحقيقة غير ذلك حيث استوعبت هذه الكهوف كميات كبيرة من الرسوبيات ومازالت ماثلة وموجودة حتى الآن مما يعطي مؤشر على أن هذه الكهوف ذات مساحات وأحجام كبيرة جداً وتصنف هذه الكهوف ضمن الكهوف البركانية .

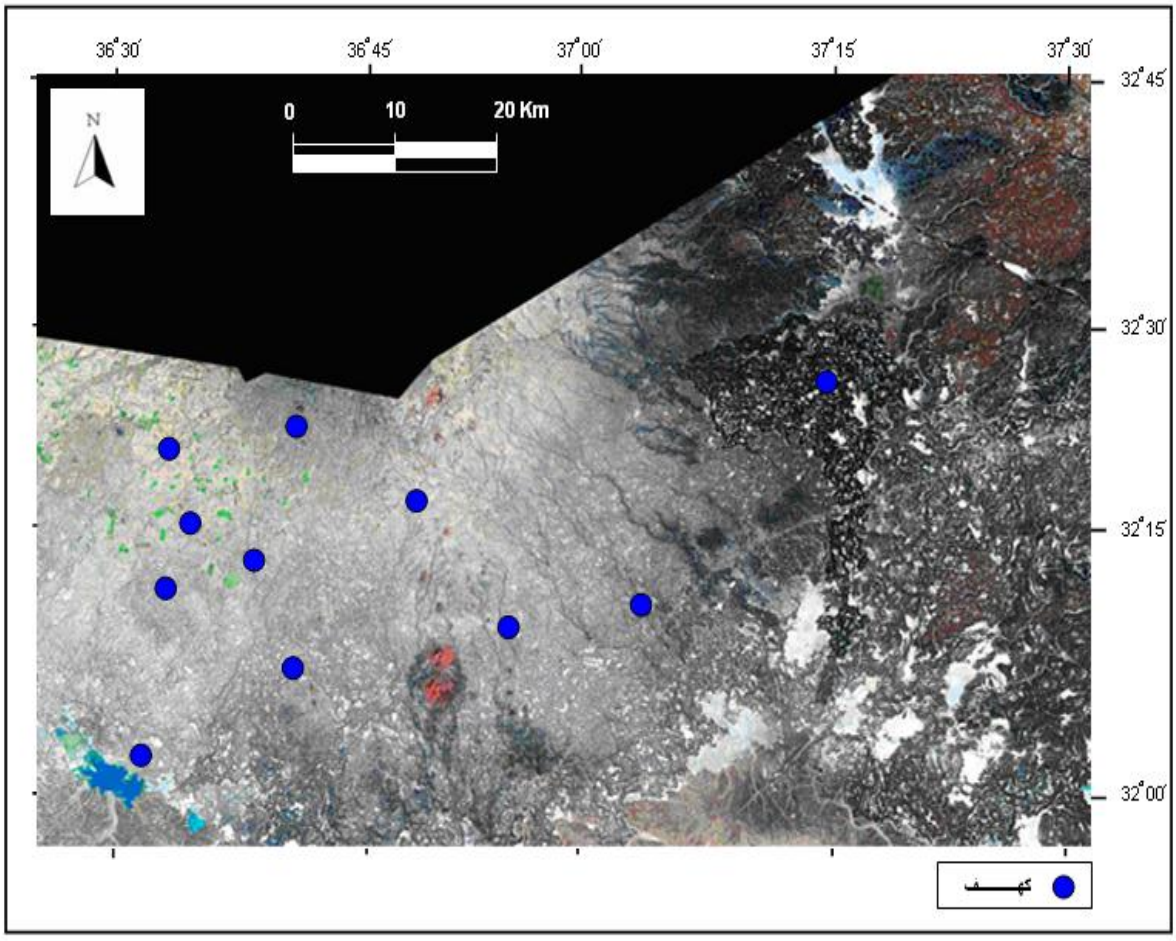
الجدول ٤ .١ تفاصيل الكهوف الموجودة في منطقة الدراسة،

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

(AL-Malabeh, and Kempe 2004)

اسم الكهف	الإحداثيات		طول الكهف	العمق	الارتفاع عن سطح البحر
	شمال	شرق			
كهف الهوة	٣٢ ْ.١٨ ً	٠٣٦ ْ ٣٧ ً	٩٧.١م	١٠.٨م	(٩٤١م)
كهف عزام	٣٢ ْ ١٧ ً	٠٣٦ ْ ٣٦ ً	٤٤.١م	٤.٢م	(٩١٦م)
كهف الفهدة	٣٢ ْ.١٨ ً	٠٣٧ ْ ٠٧ ً	٩٢٣.٥م	٦.٧م	(٧٩٦م)
كهف بئر الحمام	٣٢ ْ ٠٧ ً	٠٣٦ ْ ٤٩ ً	٤٤٥م	١٧.٢م	(٧٧٧م)
كهف أبو الكرسي	٣٢ ْ ١٥ ً	٠٣٦ ْ ٣٩ ً	١٥٣.٧م	١٢.٢م	(٨٨٦م)
كهف الدحدل	٣٢ ْ ١٧ ً	٠٣٦ ْ ٣٥ ً	٢٨.٩م	صفر	(٩٢٠م)
كهف أبو راس	٣٢ ْ ١٣ ً	٠٣٦ ْ ٣٣ ً	٢٣١.١م	١٠م	(٧٩٢م)
كهف الحية	٣٢ ْ ١٧ ً	٠٣٦ ْ ٣٣ ً	٨١.٣م	٤.٢م	(٨٧٤م)
كهف العميد	-	-	٢٠٨م	٤م	-
كهف الضبع	٣٢ ْ ١٠ ً	٣٦ ْ ٥٥ ً	١٩٣.٦م	١.٨م	(٨٩٣م)
كهف الريح	٣٢ ْ ١٧ ً	٣٦ ْ ٣٤	٤٢م	٣.٥م	(٩١١م)
كهف المغير	٣٢ ْ ١٦ ً	٠٣٦ ْ ٣٦ ً	مغلقة ردم	-	(٨٨٨م)
المجموع	-	-	٢٤٤٨.٣م	-	-

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



الشكل ٤ .٢ صورة فضائية تبين مواقع الكهوف الطبيعية في منطقة الدراسة،

(المركز الجغرافي الملكي، ٢٠٠٦)

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

٤ .٣ .١ كهف الفهدة

يقع هذا الكهف في الطرف الشرقي لمنطقة الدراسة (١٨ كم شمال بلدة الصفاوي) في منطقة الحره إحداثيات (شماليات ٣٦٦ ١٨ ٣٢ ، شرقيات ٧٠٠ ٠٧ ٠٣٧) وترتفع فوهة الكهف عن سطح البحر (٧٩٦م) الشكل (٤ .٣) يبين موقع الكهف والشكل (٤ .٤) يبين منظر للكهف من الخارج ، ومنطقة الحره عبارة عن اندفاعات بازلتية من مجموعة البشرية (Tarawnah, et . al, 2001)، وتسمى الاندفاعات البركانية في هذه المنطقة باندفاعات الفهدة (AL-FAHDA) والتي تغطي حوالي (٢٧٠ كم٢) (Ibrahim and AL-Malabeh, 2006) وتسمى أيضاً الاندفاعات البركانية في هذه المنطقة بـ(Pahoehoe Lava Flaws) وما تلبث هذه الانسيابات البركانية أن تتجمد بشكل سريع نتيجة للتبريد الذي تتعرض له من الأعلى والأسفل بينما تبقى تنساب في الجزء الأوسط وتحت الصفيحة العليا التي تشكلت وذلك لأنها الاسخن وهكذا تتكرر العملية لتكون عدة صفائح (Sheets) حيث يصل عدد هذه الصفائح في بعض المناطق (كهف أبو الكرسي إلى ١٢ صفيحة) (Kempe and AL-Malabeh, 2005) أما كهف الفهدة فقد تبين وجود صفيحتان تشكل السقف الأولي للكهف .

يمكن الدخول إلى كهف الفهدة من خلال مدخلين الأول بأبعاد ٢×٣م وهو المدخل الرئيسي والثاني يقع على بعد ٦٠م إلى الشمال الشرقي من المدخل الرئيسي وبأبعاد ١×٢م تالياً إحداثيات المداخل :

* المدخل الأول (الرئيسي) (شماليات ٣٦٦ ١٨ ٣٢ ، شرقيات ٧٠٠ ٠٧ ٠٣٧)
* المدخل الثاني (الفرعي) (شماليات ٣٨٤ ١٨ ٣٢ ، شرقيات ٧٢٨ ٠٧ ٠٣٧)

يحيط بمدخل الكهف جدران من الصخور البازلتية المنهارة وهي اقرب ما تكون إلى شكل البالوعة (Sinkhole) الشكل (٤ .٥) يبين مدخل الكهف، ويمكن تقسيم الكهف من الداخل إلى عدة حجرات (Chambers) أو فسحات كبيرة (Halls) وبأحجام متفاوتة يصل بعضها إلى طول ١٥٠م وعرض ١٣م وارتفاع ٢.٥م وتتقلص الأبعاد لتصبح على شكل ممرات ضيقة

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

لا تتعدى المتر الواحد لتنفتح مرة أخرى على حجرات أخرى ذات مساحات كبيرة ويقدر الطول الكلي للكهف بكافة أجزاءه بحوالي (٩٢٤م) (AL-Malabeh, et . al, 2006) ويقدر الحجم الكلي للفراغات التي يتشكل منها الكهف بحوالي (٢٠٠٠٠م^{٣}) (تقديرات مبدئية اعتمدت على الأرقام الواردة في الجدول(٤ .٢)، تم اخذ كافة القياسات لهذا الكهف من قبل الدكتور احمد الملاعبة والأستاذ الدكتور ستيفن كيمب خلال المخيم الميداني الذي أقيم في منطقة الفهدة بتاريخ ٢٠٠٥/٧/٣٠ (AL-Malabeh, et . al. 2005) ويمتد الكهف وبشكل متعرج من الجنوب الغربي إلى الشمال الشرقي ويشاهد في أرضية الكهف وخصوصاً منطقة المدخل بعض الصخور الساقطة من السقف وبأحجام مختلفة يصل بعضها إلى ٢م^{٣} كما تظهر بعض المواد الرسوبية في أرضية الكهف ومعظم هذه المواد مكونة من الطين والغرين (Clay and Silt) ويبدو أن هذه المواد قد وصلت إلى هذا المكان بواسطة الماء القادم من الفوهة .

يوجد قناة اصطناعية تصل إلى فوهة الكهف من وادي راجل ٢ كم شمال غرب الكهف ويبدو أنها صممت في الأزمنة الغابرة لتزويد الكهف بالمياه، ويمكن تطوير هذه القناة بإنشاء سد ترابي في المنطقة التي تبدأ منها القناة (وادي راجل) لتحويل كمية كبيرة من المياه إلى الكهف لغايات التخزين وتغذية الحوض الجوفي ويبدو من الآثار الموجودة في الكهف انه استخدم في الماضي لغايات الحصاد المائي (تخزين المياه) حيث توجد السدود الأرضية في الجزء الشمالي من الكهف كما تشاهد الجدران الاصطناعية المبنية في مواقع مختلفة من الكهف وبأحجام مختلفة كما تشاهد التشققات الطينية في الجزء الأيسر من الكهف كما يوجد آثار لمياه جارية على شكل قنوات داخل الكهف، (AL-Malabeh, et . al. 2004) .

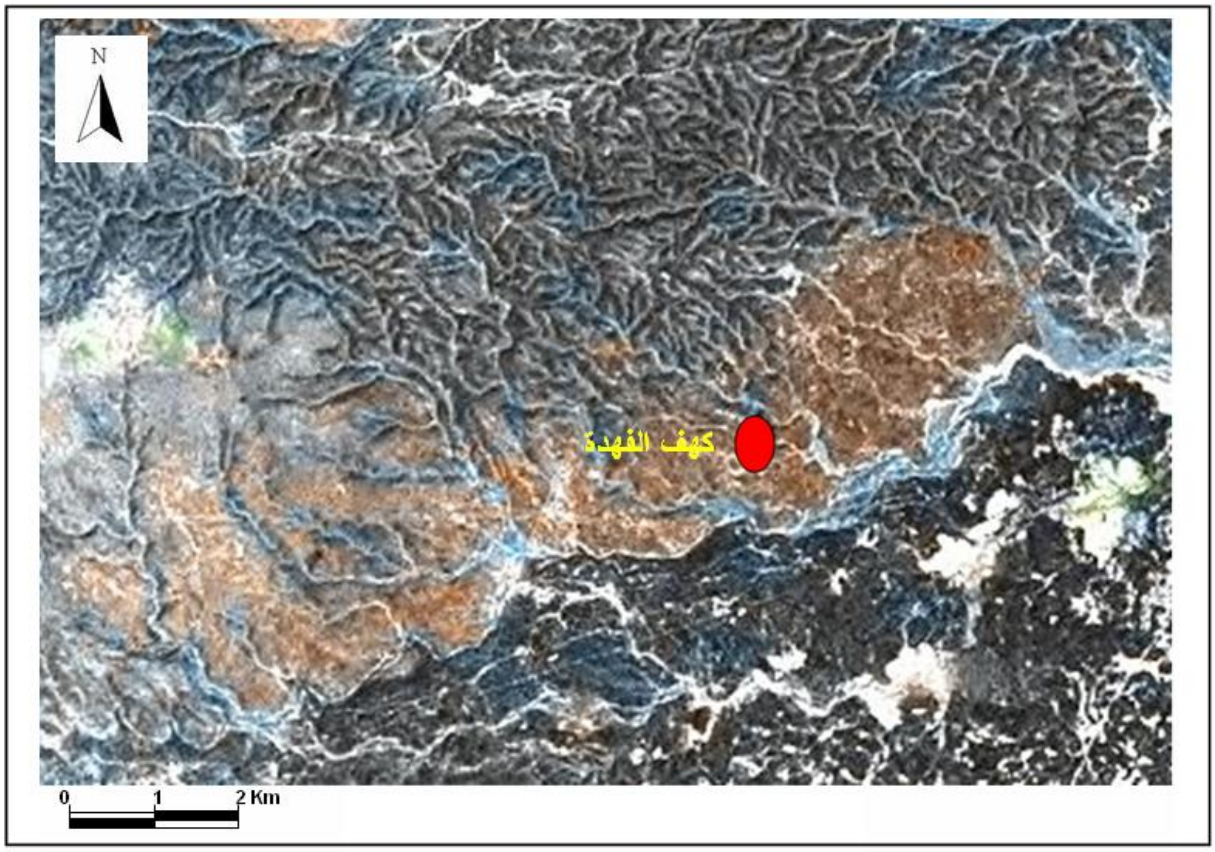
المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الجدول ٤ .٢ تقديرات حجم كهف الفهدة

الجزء	الأبعاد بالمتر الطول×الارتفاع×العرض	الحجم الكلي* م٣	ملاحظات
Forked- stick Part	١١ × ١.٢ ×١٧٥	٢٣١٠	Thick Sediments Fractured Ceiling
Speleothems Hall	٤٥ × ١ × ٩.٥	٤٢٨	Thick dry Sediments
Bones Hall	٥٩ × ١.٣ × ٦.٥	٥٠٠	Animals Bones
Mud Shed Hall	٨٨ × ١ × ٧.٥	٦٦٠	Cracked Mud
Large Hall	٢٠٤ × ٣.٥ × ١٢	٨٥٦٨	Large Breakdown Vesicular Basalt 2 Artificial Walls
Skull Hall	٤٣ × ٠.٩ × ٤	١٥٥	Human Skull
Ahmad Hall	١٠١ × ١.٧ × ٩.٦	١٦٤٨	Hardest Hall to Passes
Monument Hall	٤٨.٥ × ٢.٨ × ١٤.٤	١٩٥٦	Wide Hall
Kempe Hall	٤٣.٥ × ١.٤٥ × ٧.٨	٤٩٢	Lava Direction Change
Henschel Hall	٦٠ × ٢.٥٨ × ٦.٢	٩٦٠	Gypsum and Calcite at the Ceiling
Victor Pahoehoe Hall	٥٦.٨ × ١.٤٥ × ٧.٦	٦٢٦	Victor Design
مجموع الحجم التقريبي لكافة أجزاء الكهف (١٨٣٠٣ م٣)			

* تم عمل هذه التقديرات على ضوء القياسات التي أجراها الفريق العلمي الذي اكتشف كهف الفهدة ودونت هذه الأرقام في الدراسة التي صدرت في (AL-Malabeh, et . al. 2006) .

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



الشكل ٤ .٣ صورة فضائية لمنطقة كهف الفهدة، (المركز الجغرافي الملكي، ٢٠٠٦)

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الشكل ٤. ٤ منظر خارجي لكهف الفهدة

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الشكل ٤ .٥ مدخل كهف الفهدة

٤. ٣. ٢ كهف بئر الحمام

يقع هذا الكهف في منطقة حرة الجبان ٢٠ كم غرب بلدة الصفاوي قرب بركان الاريتين (١.٥ كم غرباً) إحداثيات (شماليات ٠٧ ٩٥٢َ ٣٢ْ ، شرقيات ٤٩ ٤١٨َ ٠٣٦ْ) وترتفع فوهة الكهف عن سطح البحر (٧٧٧م) ، الشكل (٤ .٦) يبين موقع الكهف ويعتبر من اكبر أنفاق اللافا حيث يمتد لأكثر من ٥٠٠م بارتفاع ٨م و عرض ١٥م (Al-Malabeh, et . al. 2004) وبذلك يكون الحجم التقريبي لهذا الكهف (٦٠٠٠٠م٣) و هو من اكبر المجاري تحت السطحية للافا في منطقة حراة الجبان، تكشف هذا الكهف نتيجة لانهيار السقف في هذه النقطة (Al-Malabeh, 2004) ويعتقد أن سبب الانهيار ناتج عن تدفق المياه بغزارة في هذه النقطة كونها تشكل اخفض نقطة في منطقة تصريف سطحي (Catchment Area) ويمكن الدخول إلى هذا الكهف باستخدام السلالم أو الحبال الشكل (٤ .٧) يبين فوهة الكهف، تشاهد التراكيب الجميلة لقاع وجوانب الكهف و هي عبارة عن طبقات من البازلت المهشم ويمكن مشاهدة الصفائح البازلتية بوضوح على الحافة حيث تظهر خمسة صفائح بازلتية بسماكات تتراوح ما بين ٤٠سم – ٧٠سم الشكل (٤ .٨) يبين الصفائح البازلتية (Sheets) الظاهرة في المقطع العامودي لحافة بئر الحمام، يصب في الكهف وادي صغير قادم من اتجاه الشمال الغربي ويظهر بوضوح آثار الجريان المائي على الحافة الشمالية الغربية للكهف الشكل (٤ .٩) يبين المجرى المائي الذي يصب في الكهف، كما تظهر الرسوبيات الطينية في قاع الكهف والتي تصل سماكتها إلى ٦٠سم ، وقد تم اخذ (٥) عينات رسوبية على شكل مقطع عامودي لهذه الرسوبيات وبمعدل عينة واحدة كل ١٠سم عمق، وتم تجفيف هذه العينات تحت أشعة الشمس ثم تم اخذ ٢٠٠ غرام من كل عينة ووضعها على سلسلة من المناخل وبأحجام مختلفة من ٨ ملم إلى ٠.٠٦٣ ملم لتحديد مكوناتها الرئيسية وقد تبين بعد إجراء العمليات المخبرية (Sieving) للعينات الرسوبية أن المكون الرئيسي لها هي المواد الطينية (Clay) وهذا يدعم فرضية وصول الماء إلى الكهف وبكميات كبيرة الجداول (٤ .٣ – ٤ .٤) تبين نتائج التحليل المخبري (Sieving) للعينات الرسوبية لكهف بئر الحمام.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الشكل ٤ .٦ موقع كهف بئر الحمام

الشكل ٤ .٧ فوهة كهف بئر الحمام

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الشكل ٤ .٨ الصفائح البازلتية (Sheets) في كهف بئر الحمام

الشكل ٤ .٩ المجرى المائي الذي يصب في كهف بئر الحمام

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الجدول ٤ .٣ نتائج عملية التنخيل الأولية (sieving) لرسوبيات بئر الحمام

sieve #	sample 1	sample 2	sample 3	sample 4	sample 5
8 mm	0	0	10.97	13.3	20.5
4 mm	8.61	10.58	22.67	13.37	17.84
2mm	34.59	29.94	20.16	18.7	18.91
1 mm	37.24	37	22.78	21.4	23.33
0.5 mm	25.48	14.5	20.44	28.8	24.46
0.25 mm	23.5	24.1	28.85	34.5	35.7
0.125 mm	14.48	16.95	16.72	30	27.62
0.063 mm	54.99	66.21	53.46	38.5	30.75
Wt(g)	198.9	199.3	196.1	198.6	199.1

الجدول ٤ .٤ خلاصة نتائج عملية التنخيل (sieving) للعينات الرسوبية لبئر الحمام

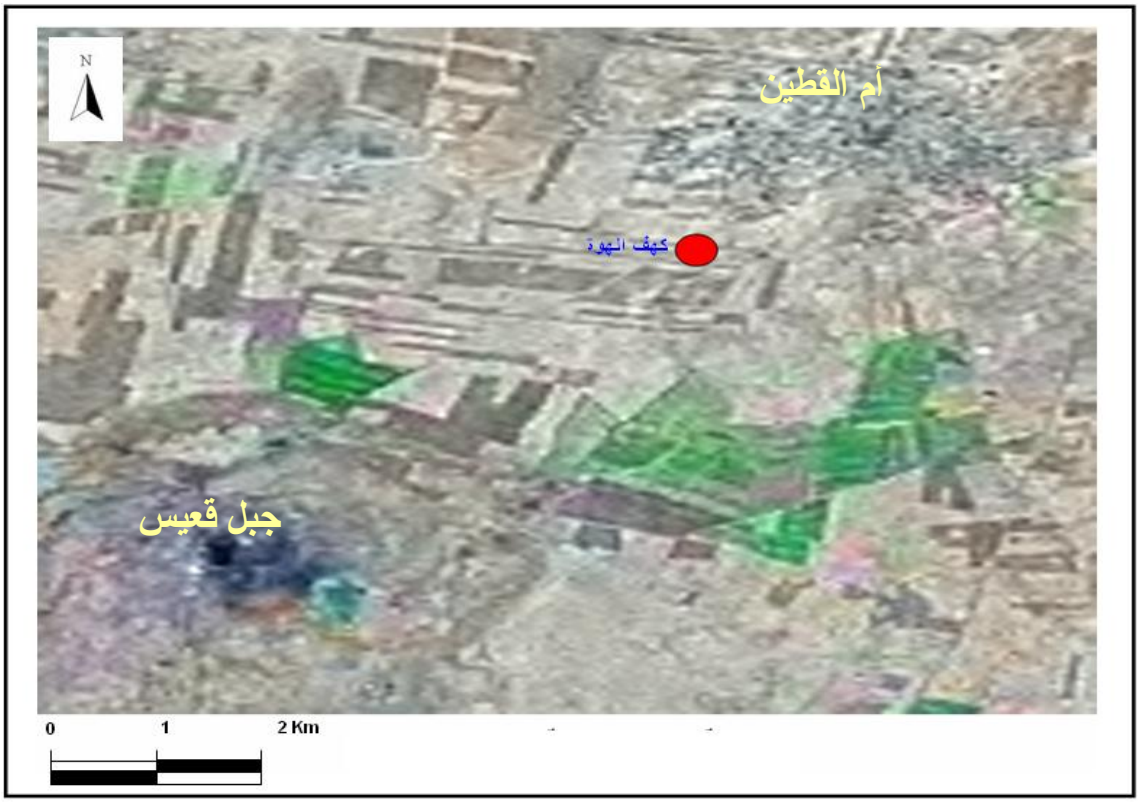
Phi	S # 1	S # 2	S # 3	S # 4	S # 5
-3	0.0	0.0	5.5	6.7	10.3
-2	4.3	5.3	16.8	13.3	19.2
-1	21.6	20.3	26.9	22.7	28.6
0	40.2	39.8	38.3	33.4	40.3
1	53.0	46.0	48.5	47.8	52.5
2	64.7	58.1	62.9	65.0	70.4
3	72.0	66.5	71.3	80.0	84.2
4	84.1	81.1	93.5	92.4	98.6
5	99.1	99.1	98.0	99.8	99.6

٤. ٣. ٣ كهف الهوة

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

يقع كهف الهوة في منطقة حرة الجبان بالقرب من بلدة أم القطين (الحافة الجنوبية للبلدة) ٥٠ كم شمال شرق مدينة المفرق إحداثيات (شماليات ٥١٩ ١٨ ْ٣٢ ، شرقيات ٠٢٤ ٣٧ ْ٠٣٦) وترتفع فوهة الكهف عن سطح البحر (٩٤١م) الشكل (٤ .١٠) يبين منطقة الكهف، يمثل هذا الكهف احد الأمثلة على أنفاق اللافا (Lava Tunnel) والمنظر العلوي للفوهة يظهر بوضوح أنها عبارة عن بالوعة (Sink Hall) في ارض منبسطة (زراعية) مكونة من رسوبيات حديثة (تربة) (Soil and Alluvial) وبسماكة تصل إلى ١٠م أما المدخل إلى الكهف فهو عبارة عن فتحة ضيقة (١.٢٥م × ٠.٩م) محاطة بالصخور البازلتية الشكل (٤ .١١) يبين مدخل الكهف مع المنطقة المحيطة، ويمتد الكهف لمسافة ١٠٠م تقريباً وعرض ٨م وارتفاع ٢.٥م تقريباً (AL-Malabeh, 2004) ويقدر الحجم التقريبي لهذا الكهف بـ(٢٠٠٠م٣) الشكل(٤ .١٢) يبين أبعاد الكهف من الداخل وهناك أرقام أخرى وردت في بحث لـ(Al-Oufi, 2006) تتحدث عن طول ٧٥٠م للكهف وذلك كنتيجة لدراسة جيوفيزيائية أجراها لمنطقة الكهف وبذلك يكون الحجم التقريبي لهذا الكهف حسب العوفي بـ(١٥٠٠٠م٣) الشكل (٤ .١٣) يبين نتيجة هذه الدراسة وطول الكهف، يمتاز الكهف بعد اجتياز الفوهة بالاتساع والانبساط حيث تكون أرضية الكهف أفقيا تقريباً وتظهر بها الشقوق والصدوع والتشققات بشكل واضح كما تظهر آثار التعرية بوضوح على الطبقات البازلتية في أرضية الكهف كما تشاهد معادن الجبس والكالسايت (Gypsum and Calcite) تغطي بعض الأجزاء البازلتية على جوانب الذفق كما تشاهد بعض الرسوبيات المكونة من الرمل الناعم والطين والغرين على أرضية الكهف كما تظهر بعض التشققات (Mud cracks) في أرضية الكهف و هذا دليل على وصول المياه إلى هذه الأجزاء من الكهف وتبخرها، و هذا ناتج عن تيارات هوائية تمر خلال الكهف مما يتسبب في حدوث ظاهرة التبخر في الكهف ويبدو ذلك جلياً على فوهة الكهف حيث يمكن ملاحظة خروج الهواء الرطب من الفوهة وبشكل قوي حيث يستطيع أي شخص تمييز هذا التيار وسماع صوته الشكل(٤ .١٤) يبين ظاهرة التشققات الطينية الناتجة عن التبخر في كهف الهوة .

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

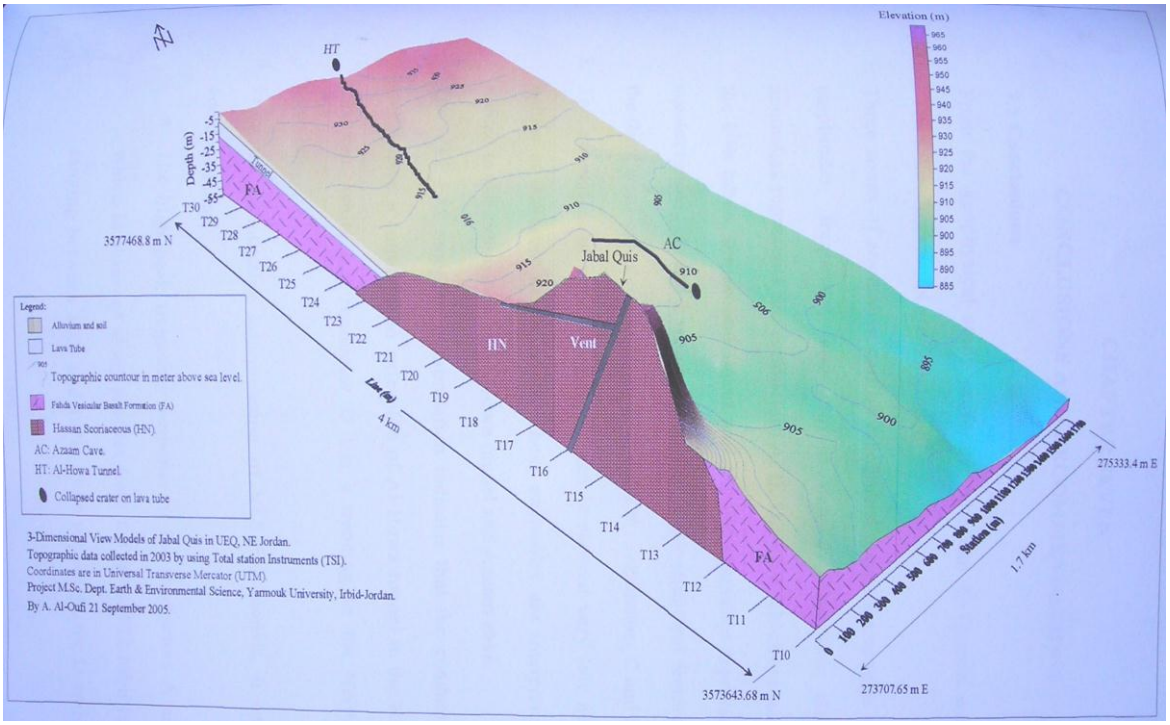


الشكل ٤ .١٠ صورة فضائية لمنطقة كهف الهوة، (المركز الجغرافي الملكي، ٢٠٠٦)

الشكل ٤ .١١ مدخل كهف الهوة مع المنطقة المحيطة، (Al-Malabeh, et. al. 2004)

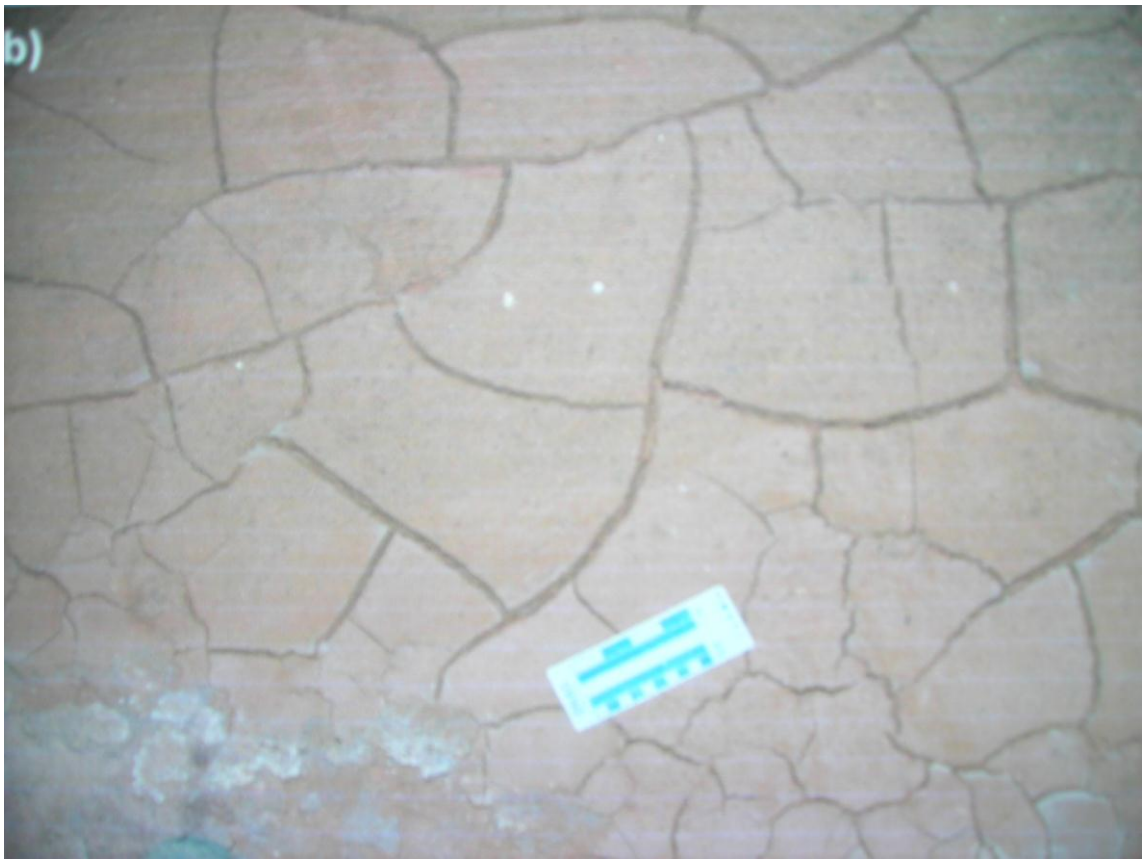
المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الشكل ٤ .١٢ أبعاد كهف الهوة من الداخل، (Al-Malabeh, et. al. 2004)



الشكل ٤ .١٣ طول كهف الهوة، (AL- Oufi, 2006)

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



الشكل ٤ .١٤ ظاهرة التشققات الطينية الناتجة عن تجمع المياه في كهف الهوة،

(Al-Malabeh, et. al. 2004)

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

٤. ٣. ٤ كهف أبو الكرسي

يقع كهف أبو الكرسي في منطقة حرة الجبان بالقرب من بلدة أبو الدفرث ٦٠كم شرق مدينة المفرق إحداثيات (شماليات ٤٠٢ ١٥ ٣٢ ، شرقيات ٤٣٣ ٣٩ ٠٣٦) وترتفع فوهة الكهف عن سطح البحر (٨٨٦م)، وهي تمثل احد الأمثلة على أنفاق اللافا (Lava Tunnel) والمنظر العلوي لمنطقة الكهف يظهر بوضوح أنها عبارة عن منخفض دائري بقطر (٥٠م) يحتوي هذا المنخفض على فتحتان الأولى أبو الكرسي (أ) وتقع في الجزء الشرقي من المنخفض وهي عبارة عن فوهة كهف بأبعاد (٣×٢م) يتجه شرقاً والى الاسفل بزاوية ميلان تقدر بـ(٣٥) الشكل(٤ .١٥) يبين منظر عام للكهف من الخارج والشكل (٤ .١٦) يبين فوهة الكهف، أما الفتحة الثانية أبو الكرسي (ب) فتقع في الجزء الغربي من المنخفض وهي عبارة عن فوهة كهف بأبعاد (٢×١.٥م) يتجه غرباً والى الأسفل بزاوية ميلان تقدر بـ(٢٠) الشكل (٤ .١٧) يبين منظر خارجي لهذه الفوهة والشكل (٤ .١٨) يبين المدخل، تم اعتماد تسمية واحدة لهذه الفوهة المكونة من فتحتان وسميت كهف أبو الكرسي (AL-malabeh, 2004)، يقع الكهف في ارض منبسطة (زراعية) مكونة من رسوبيات حديثة (تربة) (Soil and Alluvial) وبسماكة تصل إلى ٦م يحيط بالمنخفض الذي يحتوي كهف أبو الكرسي الصخور البازلتية الضخمة وبعض الطبقات البازلتية (Sheets) حيث يمكن مشاهدة (١٣) صفيحة بازلتية وبسماكات مختلفة تتراوح ما بين (٠.٥ – ١م) الشكل (٤ .١٩) يبين بعض هذه الصفائح، ويمتد الكهف لمسافة ١٥٣.٧ م شرقاً الفتحة أبو الكرسي (أ)، ويمتد لمسافة ٧٧.١م غرباً الفتحة أبو الكرسي (ب) (AL-malabeh, et. al. 2004)، ويمكن اعتبار الفتحتان لكهف واحد يمتد مسافة ٢٣٠.٨م وان هذا الكهف تعرض لظروف طبيعية (ضغط ماء مثلا) أدت إلى حدوث هذا المنخفض وفصل الكهف إلى جزئيين نتيجة انهيار الصفائح البازلتية التي تشكل سقف الكهف، أما الحجم الكلي التقريبي للكهف فيقدر بأكثر من (٤٠٠٠م٣) وذلك على اعتبار أن متوسط العرض (٧م) والارتفاع (٢.٥م) وتظهر بوضوح التشققات والفواصل والفراغات بين الطبقات البازلتية على جانبي وفي سقف الكهف كما تظهر آثار التعرية بوضوح على الطبقات البازلتية المكونة للكهف.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الشكل ٤ .١٥ منظر عام لمنخفض كهف أبو الكرسي من الخارج

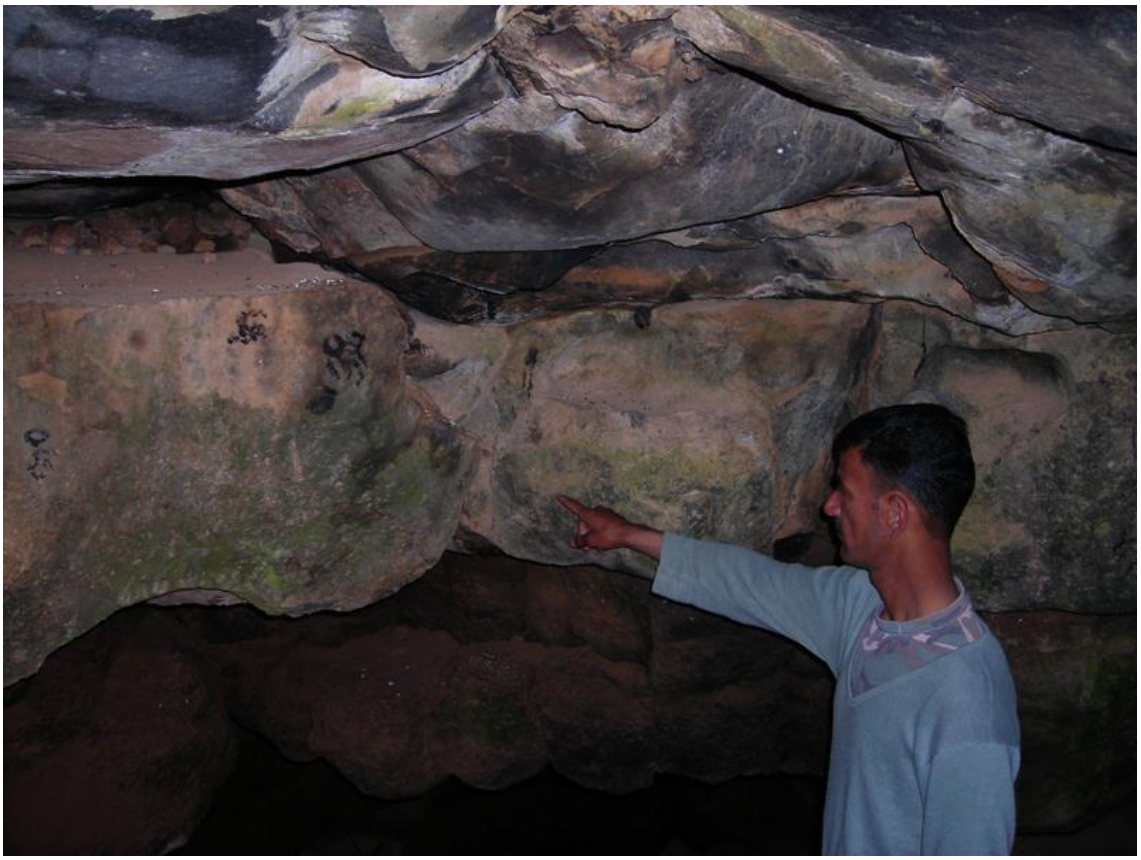
الشكل ٤ .١٦ فوهة كهف أبو الكرسي "أ"

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الشكل ٤ .١٧ منظر خارجي لفوهة أبو الكرسي "ب"

الشكل ٤ .١٨ مدخل كهف أبو الكرسي "ب"

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



الشكل ٤ .١٩ الصفائح البازلتية (Sheets) في كهف أبو الكرسي

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الفصل الخامس

تقنيات تجميع المياه وإيصالها إلى أنفاق اللافا

٥. ١ المقدمة

تقع معظم أنفاق اللافا القابلة لتامين المجاري المائية إليها والتي تم دراستها سابقاً على السفوح الجنوبية لمنطقة جبل العرب / جبل الدروز ، وتمتاز بموقع منخفض تعلوه منطقة تصريف سطحي (Catchment Area) واسعة تم تحديد الأحواض المائية السطحية / مناطق التصريف السطحية لكل كهف باستخدام برمجية (Arc View 3.2) حيث تم استخدام النمذجة السطحية (Digital Elevation Model) التي تم التوصل إليها في الفصل الأول والمبينة بالشكل (١ .٤)، كما تم استخدام النقاط التي تمثل مواقع الكهوف لحساب مساحات الأحواض المائية السطحية وذلك من خلال استخدام برنامج قام بتطويره (Schmidt, 2001) والذي يمكن تحميله من موقع الشركة المنتجة لبرمجية (Arc View 3.2) على (http://www.esri.com) الشكل (٥ .١) يبين هذه الكهوف ومناطق التصريف القريبة منها وارتفاعها عن سطح البحر، ولمزيد من الدقة في حساب كميات الجريان المائية التي يمكن إيصالها إلى هذه الكهوف تم تحديد بعض المعطيات الرقمية الأساسية الخاصة بمنطقة الدراسة ومن أهمها : (نسبة الميول والتي تقدر بـ ٥ – ١٠% في معظم أجزاء منطقة الدراسة وتصل إلى ١٥% إلى الشمال من منطقة الدراسة (جبل الدروز/ جبل العرب)، أما معدلات التغذية الطبيعية للمياه الجوفية في منطقة الدراسة فتقدر بـ ٢٠ مليون م^{٣} (AL-Kharabsheh, 1995)، معدلات النتح (Evapotranspiration) في منطقة الدراسة تقدر بـ ١٤ مليون م٣ (AL-Kharabsheh, 1991) وتقدر كميات التبخر في منطقة الدراسة بشكل عام بـ ٨٥ – ٩٢% من مجمل الهطولات السنوي، أما نسبة مياه الجريان فتقدر ما بين (٢ – ٤ %) من نسبة الهطول الكلية (Allison, 2000)، وتعتبر الأودية والقنوات المائية من أفضل المناطق لعملية الرشح (Infiltration) حيث تقدر بـ ٢٠٠ ملم بالساعة إذا كان معدل هطول المطر ٢٠ ملم بالساعة محدثاً مخزون تحت سطحي مؤقت (Sub-surface storage) في المنطقة الغير مشبعة (Unsaturated Zone) (Allison, 2000) .

تعتبر معدلات الهطول السنوية في منطقة الدراسة بشكل عام متواضعة حيث تتراوح ما بين (٦٩.٧ ملم/سنة في منطقة الصفاوي إلى ١٢٨.٤٥ ملم/سنة في منطقة أم القطين) أما

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

معدلات التبخر فتقدر بـ ٨٥ – ٩٢ % (Allison, 2000) وعلية تقدر كمية المياه المتبخرة من مجموع الهطولات السنوية بـ(٦٢.١ ملم/سنة في منطقة الصفاوي إلى ١١٥ ملم/سنة في منطقة أم القطين) ومعدل المياه الجارية تقدر بـ (٢ – ٤ %) من كمية الهطول السنوية إي أن معدلات الجريان تتراوح ما بين (٢ – ٢.٨ ملم) في منطقة الصفاوي إلى (٢.٥ – ٥.٢ ملم) في منطقة أم القطين وذلك من المعدل الكلي لكمية الهطول أما كمية المياه المتسربة فلا تتعدى ١ % (Bouwer, 1996) والتي تقدر بـ (٠.٧ – ١.٣ ملم/سنة) وهي نسبة ضئيلة جداً .

وقد تم تحديد أربع كهوف رئيسية (Lava Tunnel) في منطقة الدراسة يمكن استخدامها لغايات التغذية الاصطناعية للمياه الجوفية وذلك للأسباب التالية :

١- جميع هذه الكهوف تقع ضمن مناطق تصريف (أحواض مائية) جيدة .

٢- جميع هذه الكهوف تمتاز بأحجام كبيرة نسبياً يمكن أن تتسع مئات إلى آلاف الأمتار المكعبة من الماء .

٣- يوجد مجاري مائية (أودية، قنوات) قريبة من هذه الكهوف .

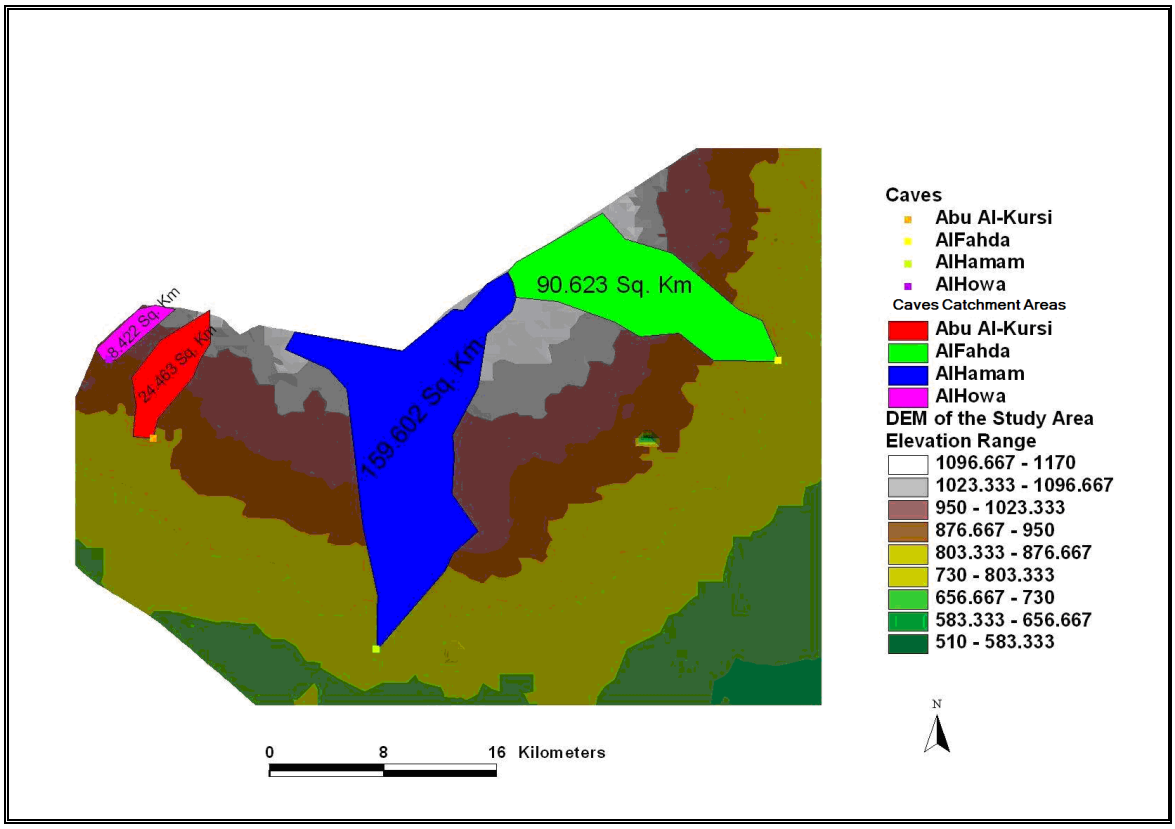
٤- توجد فوارق في المناسيب (الارتفاعات) ما بين فوهات هذه الكهوف والمجاري المائية القريبة (فوهات الكهوف اخفض من المجاري المائية المحيطة) .

٥- وقوع هذه الكهوف في مناطق خالية وبعيدة عن السكان والقرى مما يسهل تنفيذ أي منشآت أو أي أعمال حفر لإيصال المجاري المائية إلى هذه الكهوف .

٦- جميع هذه الكهوف عبارة عن أنفاق بازلتية تشكل التراكيب والمكونات البازلتية أكثر من (٩٥%) من مكوناتها وكما هو معروف فإن البازلت يمتاز بخاصية الجريان تحت السطحي نتيجة كثرة الشقوق والفوالق والفراغات الموجودة في تراكيبه المختلفة .

سيتم دراسة كل كهف بشكل منفصل لتحديد كمية المياه التي يمكن أن تصله وتحديد كمية المياه التي يمكن أن يستوعبها ويساعد على تمريرها إلى الطبقات الجوفية وبالتالي وصولها إلى الخزانات الجوفية العلوية على اقل تقدير وتقنيات تجميع هذه المياه وتحويلها من مساراتها في الأودية والمجاري المائية إلى هذه الكهوف وتحديد ما يلزم من قنوات تحويلية وسدود ترابية لتحقيق ذلك .

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



الشكل ٥ .١ مناطق التصريف السطحية للكهوف

٥. ١. ١ التغذية الاصطناعية للمياه الجوفية من خلال كهف الفهدة

لتحديد كمية المياه الممكن إيصالها إلى هذا الكهف تم إجراء دراسة هيدرولوجية للمنطقة المحيطة بالكهف وتم تحديد مساحة منطقة التصريف (Catchment Area) باستخدام برمجية الـ(arc view 3.2)، وتم تحديد المجاري المائية القريبة من فو هة الكهف والتي يمكن

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الاستفادة منها من خلال تحويل مجراها نحو الكهف، وتحديد نوع التربة في المنطقة المحيطة، وتحديد نسب الميول وكميات الهطول السنوية ومعدلات التبخر وكانت المعطيات الرقمية لهذه العوامل كما يلي :

* مساحة منطقة التصريف (الحوض المائي) لكهف الفهدة ≈ ٩٠.٥ كم^{٢} .

* يعتبر وادي راجل اقرب مجرى مائي لكهف الفهدة .

* معدل التبخر السنوي لمنطقة الصفاوي اقرب محطة أرصاد جوية لمنطقة الفهدة ٢٧٢٨ ملم لعام ٢٠٠٥ (الأرصاد الجوية، ٢٠٠٦) .

* تمتاز المنطقة بان تربتها مغطاة بالحجارة البازلتية وتتكون تربتها من الحصى والرمل والسلت الطيني (المنحنى ٧٥) حسب مصلحة صيانة التربة الأمريكية (USAD, 1994) وبشكل تقريبي حيث أن تحديد المنحنى بشكل دقيق يتطلب دراسات مفصلة تبين خصائص الحوض المائي من رطوبة التربة ونوعيتها، الفاقد الأولي، نسب الميول، طول الأودية، الغطاء النباتي من حيث الكم والنوع وهذا يتطلب جهداً كبيراً ودراسة متخصصة في هذا الجانب.

* معدل الهطول المطري لمنطقة الصفاوي (F2) اقرب محطة أرصاد جوية لمنطقة الفهدة (٦٩.٧) ملم وذلك بناءاً على كميات الهطول لآخر خمسة سنوات والتي كانت كما يلي (الأرصاد الجوية، ٢٠٠٦) :

العام	٢٠٠١	٢٠٠٢	٢٠٠٣	٢٠٠٤	٢٠٠٥
كمية الأمطار /ملم	٦٤.٧	١٠٣	٩٤.٢	٤٩	٥٠.٨

* نسبة مياه الجريان تقدر ما بين (٢ – ٤ %) من نسبة الهطول الكلية وتعتبر الأودية والقنوات المائية أكثر المناطق التي يتم من خلالها عملية الرشح (Infiltration) حيث تقدر بـ ٢٠٠ ملم بالساعة إذا كان معدل هطول المطر ٢٠ ملم بالساعة (Allison, 2000) .

* تم اعتماد قيم التوافقية والقدرة للهطولات المطرية في منطقة كهف الفهدة حسب تحليل الهواطل المطرية لمحطات البادية الأردنية (الانصاري وآخرون، ١٩٩٩) واعتمدت محطة الصفاوي (F2) لاعتمادها لغايات المعادلات الحسابية وكانت دورات التكرار في هذه المحطة R ≤ ٤ .

بناءاً على المعطيات الواردة يمكن حساب كمية الفيضان وبعدة أساليب وبناءاً على نظريات ومعادلات رياضية مختلفة منها :

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

كمية الفيضان = (الأمطار – الفاقد الأولي)^{2} / (الأمطار × ٠.٨ × الفاقد الثانوي) (الخرابشة والملاعبة، ٢٠٠٢) .

ولحساب قمة الفيضان بوحدة المتر مكعب / ثانية تم استخدام معادلة ديكين (Dicken's Formula) (الأنصاري، ٢٠٠٥) والتي تنص على :

قمة الفيضان = معامل ثابت (معدله ١١.٥ يزيد في المناطق الجبلية ويقل في السهلية) × (مساحة الحوض)$^{٤/٣}$ وبتطبيق هذه المعادلة على منطقة كهف الفهدة لحساب قمة الفيضان :

قمة الفيضان = ١١.٥ × (٩٠.٥)$^{٤/٣}$

= ٣٣٧.٤ م^{٣} / ثانية

تتوزع هذه الكمية ما بين التبخر والتغذية الطبيعية للمياه الجوفية حيث يذهب ما معدله ٨٥ – ٩٢ % (تبخر) وما معدله ١ % تغذية طبيعية للمياه الجوفية حسب (Bouwer, 1996) على أساس أن المنطقة من المناطق الجافة.

تم حساب كمية الجريان السطحي في الحوض المائي لكهف الفهدة اعتماداً على أن نسبة الجريان تعادل ٢ – ٤ % وحسب (Allison, 2000) وكانت النتائج كما يلي :

كمية الهطول السنوية = ٦٩.٧ ملم

مساحة الحوض (Catchment Area) = ٩٠.٥ كم^{٢} وتعادل ٩٠٥٠٠٠٠٠ م^{٢}

حجم الهطول الكلي = ٩٠٥٠٠٠٠٠ م^{٢} ×(٦٩.٧ ملم/١٠٠٠)

= ٦٣٠٧٨٥٠ م^{٣}

نسبة الجريان = (١٠٠/٢) × ٦٣٠٧٨٥٠ م^{٣} – (١٠٠/٤) × ٦٣٠٧٨٥٠ م^{٣}

وبذلك تقدر كمية مياه الجريان بـ ١٢٦١٥٧ م^{٣}/سنة إلى ٢٥٢٣١٤ م^{٣}/سنة

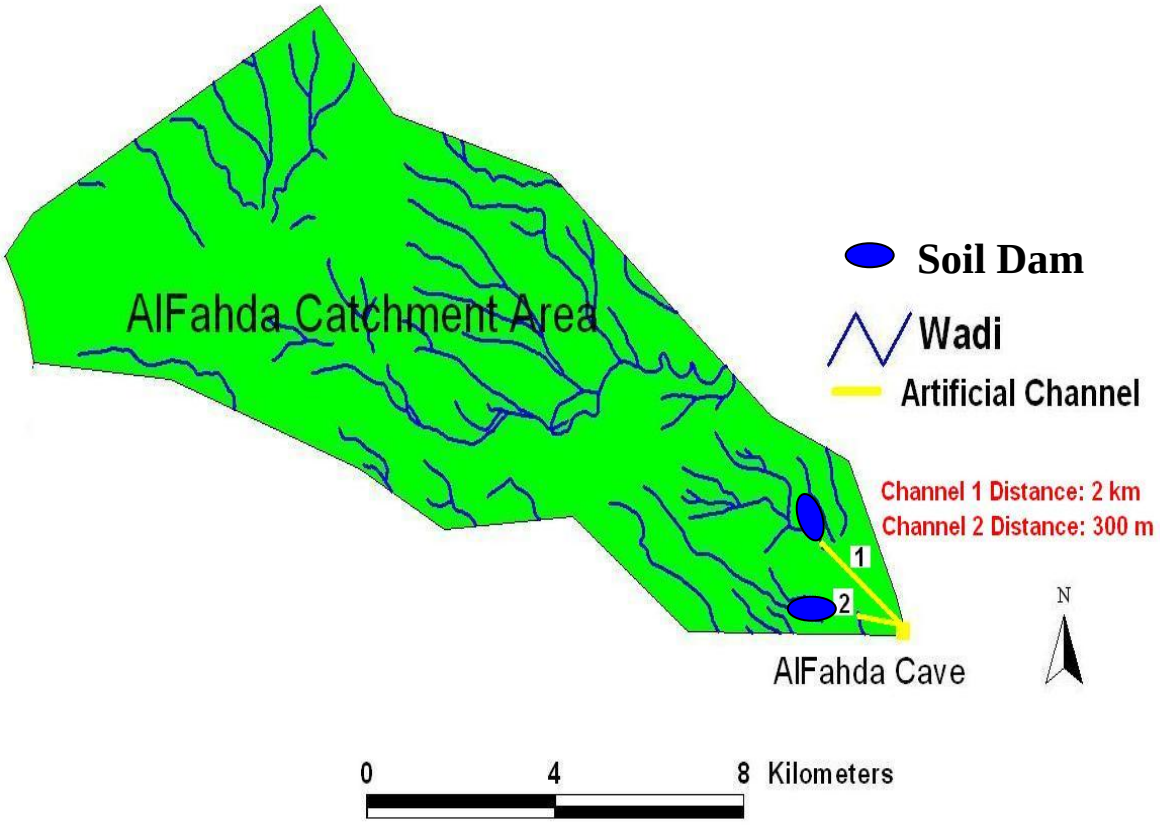
نستنتج مما سبق أن هناك كميات جيدة من مياه الفيضان والتي يمكن الاستفادة منها بجلبها من خلال الأودية والمجاري المائية إلى فوهة كهف الفهدة والذي يتسع كما ذكرنا سابقاً في الفصل الرابع لأكثر من ٢٠ ألف م^{٣} إضافة لمعدلات الرشح العالية للكهف باتجاه الطبقات الجوفية من خلال الشقوق والصدوع والفراغات التي تمتاز بها الطبقات البازلتية التي يتكون منها الكهف أي أن كمية المياه التي يمكن أن يستوعبها الكهف قد تصل إلى أضعاف هذا الرقم وهو ما يشكل بارقة أمل تمكننا من الاستفادة من مياه الفيضان التي تذهب هدراً من خلال معدلات التبخر العالية التي تتعرض لها بعد وصولها إلى القيعان على أطراف منطقة الأزرق

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الشمالية (ملاحات الأزرق الشمالي، وقاع البقيعوية) والتي تصل معدلات التبخر بها إلى ما يقارب ٩٩ % بسبب تراكم الطبقات الطينية على قاع هذه المناطق مما يمنع أي عمليات رشح باتجاه الأحواض الجوفية .

تم دراسة كافة الأودية والمجاري المائية في منطقة كهف الفهدة لتحديد انسب الأماكن لجر مياه وادي راجل وهو الأقرب لمنطقة الفهدة إلى فوهة الكهف حيث تم العثور على قناة مائية من العصور القديمة تصل وادي راجل بفوهة الكهف وتجلب جزءً يسيراً من مياه الوادي إلى الكهف ويبدو أن ذلك كان لتامين المياه لغايات الشرب والاستخدامات البسيطة للقاطنين في منطقة الكهف، ويمكن تطوير هذه القناة بعمل سد ترابي على الوادي بحجم (١٠) آلاف متر مكعب لمضاعفة كميات المياه التي يمكن إيصالها إلى الكهف (تم تحديد حجم السد الترابي بناءاً على عرض المجرى المائي وفرق المنسوب ما بين هذا المجرى وفوهة الكهف) ومن فوائد هذا السد حجز الرسوبيات (المواد الطينية) ومنعها من الوصول إلى الكهف وبالتالي تقليل نسب النفاذية في الصخور البازلتية في الكهف ويستفاد من هذه الحفيره لغايات سقاية الماشية للبدو القاطنين في تلك المنطقة خلال فترات الربيع والصيف ويبلغ طول القناة المشار إليها بـ ٢ كم ، كما ويمكن إنشاء قناة أخرى من احد أفرع الوادي وبطول ٣٠٠م وبنفس الأسلوب وذلك بعمل حفيره ترابية بحجم (٣) آلاف متر مكعب مما يساعد في جلب كميات لا باس بها من المياه لتحقيق هدفين رئيسيين الأول تغذية المياه الجوفية والثاني تخزين المياه في الكهف حيث معدلات التبخر قليلة جداً مما يساعد على المحافظة على هذه المياه لأطول فترة ممكنة الشكل(٥ .٢) يبين موقع الكهف والحوض المائي (Catchment area) والمجاري المائية القريبة من الكهف والقنوات المقترحة .

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



الشكل ٥ .٢ نمذجة هيدرولوجية لمنطقة تصريف كهف الفهدة

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

٥. ١. ٢ التغذية الاصطناعية للمياه الجوفية من خلال كهف بئر الحمام

تم دراسة هذا الكهف وكما هو الحال في كهف الفهدة حيث كانت المعطيات الرقمية متشابهه إلى حدٍ كبير كون هذا الكهف يقع في منطقة الصفاوي ٢٠ كم غرب بلدة الصفاوي وبالتالي كانت المعطيات المناخية والجغرافية والبيئية متشابهه إلى حدٍ كبير مع كهف الفهدة وكما يلي :

* مساحة منطقة التصريف (الحوض المائي) لكهف بئر الحمام ≈ ١٦٠ كم^{٢} .
* يعتبر وادي الاريتين ووادي البشرية اقرب المجارى المائيه لكهف بئر الحمام .
* معدل التبخر السنوي لمنطقة الصفاوي اقرب محطة أرصاد جوية لمنطقة كهف بئر الحمام ٢٧٢٨ ملم لعام ٢٠٠٥ (الأرصاد الجوية، ٢٠٠٦) .
* تمتاز المنطقة بان تربتها جرداء وتتكون من الحصى والرمل والسلت الطيني وفتات الصخور البازلتية (المنحنى ٧٥) حسب مصلحة صيانة التربة الأمريكية .
* معدل الهطول المطري لمنطقة الاريتين (F6) اقرب محطة أرصاد جوية لمنطقة كهف بئر الحمام ٩٦.٣٢ ملم كوسط حسابي (الانصاري وآخرون، ١٩٩٩) .
* تم اعتماد قيم التوافقية والقدرة للهطولات المطرية في منطقة كهف بئر الحمام حسب تحليل الهواطل المطرية لمحطات البادية الأردنية (الانصاري وآخرون، ١٩٩٩) واعتمدت محطة الاريتين (F6) لاعتماد ها لغايات المعادلات الحسابية وكانت دورات التكرار في هذه المحطة ٨ ≥ R ≥ ٢.٦٦ .

بناءاً على المعطيات الواردة يمكن حساب كمية الفيضان وبعدة أساليب وبناءاً على نظريات ومعادلات رياضية مختلفة منها :

كمية الفيضان = (الأمطار – الفاقد الأولي)^{٢} / (الأمطار × ٠.٨ × الفاقد الثانوي) (الخرابشة والملاعبة، ٢٠٠٢)

ولحساب قمة الفيضان بوحدة المتر مكعب / ثانية تم استخدام معادلة ديكين (Dicken's Formula) (الأنصاري، ٢٠٠٥) والتي تنص على :

قمة الفيضان = معامل ثابت (معدله ١١.٥ يزيد في المناطق الجبلية ويقل في السهلية) × (مساحة الحوض)$^{٤/٣}$ وبتطبيق هذه المعادلة على منطقة كهف بئر الحمام لحساب قمة الفيضان:

قمة الفيضان = ١١.٥ × (١٦٠)$^{٤/٣}$

= ٥١٧.٥ م^{٣} / ثانية

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

تتوزع هذه الكمية ما بين التبخر والتغذية الطبيعية للمياه الجوفية حيث يذهب ما معدله ٨٥ – ٩٢ % (تبخر) وما معدله ١ % تغذية طبيعية للمياه الجوفية حسب (Bouwer, 1996) على أساس أن المنطقة من المناطق الجافة.

* تم حساب كمية الجريان السطحي في الحوض المائي لكهف بئر الحمام اعتماداً على أن نسبة الجريان تعادل ٢ – ٤ % وحسب (Allison, 2000) وكانت النتائج كما يلي :

كمية الهطول السنوية = ٩٦.٣٢ ملم

مساحة الحوض (Catchment Area) = ١٦٠ كم^{٢} وتعادل ١٦٠٠٠٠٠٠٠ م^{٢}

حجم الهطول الكلي = ١٦٠٠٠٠٠٠٠ م^{٢} ×(٩٦.٣٢ ملم/١٠٠٠)

= ١٥٤١١٢٠٠ م^{٣}

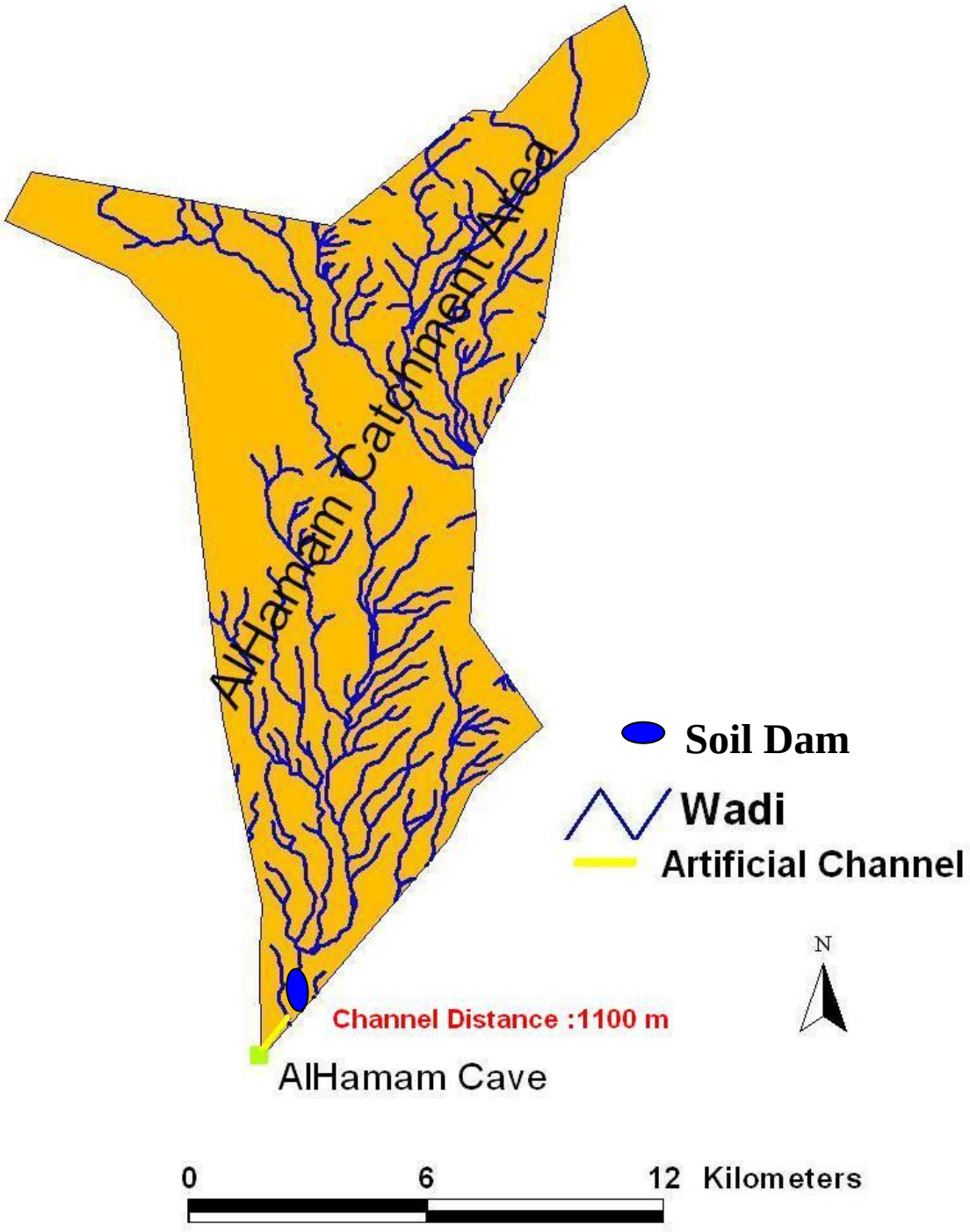
نسبة الجريان = (١٠٠/٢) × ١٥٤١١٢٠٠ م^{٣} – (١٠٠/٤) × ١٥٤١١٢٠٠ م^{٣}

وبذلك تقدر كمية مياه الجريان بـ ٣٠٨٢٢٤ م^{٣}/سنة إلى ٦١٦٤٤٨ م^{٣}/سنة

يظهر مما سبق أن كمية المياه المتدفقة جيدة ويمكن الاستفادة منها من خلال جلبها إلى فوهة كهف بئر الحمام من خلال تحويل هذه المجاري باتجاه الكهف باستخدام نفس الأسلوب الذي تم الحديث عنه في كهف الفهدة (السدود الترابية) حيث يتسع الكهف لأكثر من ٦٠ ألف م^{٣} من المياه والتي سيتم الاستفادة منها باتجاهين الأول تغذية الأحواض الجوفية اعتماداً على خصائص الطبقات البازلتية التي تؤمن جريان تحت سطحي ممتاز والثاني حفظ هذه المياه لأي استخدامات أخرى وبدون تعرضها للتبخر بنسب عالية حيث تصب معظم المجاري المائية في هذا الحوض في قاع (خنا، وقاع أبو الحصين) وهناك تتعرض للتبخر بشكل شبه كامل .

تم دراسة كافة الأودية والمجاري المائية في منطقة كهف بئر الحمام لتحديد انسب الأماكن لجر مياه الأودية القريبة (الاريتين ، والبشرية) وهي الأقرب لهذا الكهف حيث تبين أن احد الأفرع الصغيرة لوادي البشرية يصب مباشرة وبشكل طبيعي في الكهف أما المجرى الآخر (وادي الاريتين) يمكن جلب نسبة من مياهه إلى الكهف بإنشاء سد ترابي (٦) آلاف متر مكعب وقناة تربط هذا السد بفوهة الكهف بطول (١١٠٠م) الشكل (٥ .٣) يبين الحوض المائي (Catchment Area) لمنطقة الكهف كما يبين الأودية والمجاري المائية في هذا الحوض والقناة المقترحة .

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



الشكل ٥ .٣ نمذجة هيدرولوجية لمنطقة تصريف كهف بئر الحمام

٥. ١. ٣ التغذية الاصطناعية للمياه الجوفية من خلال كهف الهوة

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

تم دراسة هذا الكهف وكما هو الحال في الكهوف الأخرى حيث تبين أن هناك اختلافات كبيرة ما بين هذا الكهف والكهوف الأخرى التي تم دراستها كون هذا الكهف يقع في منطقة اقرب إلى جبل الدروز / جبل العرب وعلى ارتفاع يصل إلى ٩٨٥ م عن سطح البحر وبالتالي فان معدلات الهطول أعلى نسبياً كما أن نوع التربة وطبيعتها تختلف بشكل كبير، تالياً أهم المعطيات الرقمية للحوض المائي لمنطقة كهف الهوة :

* مساحة منطقة التصريف (الحوض المائي) لكهف الهوة ≈ ٩ كم^{٢} .
* يعتبر وادي أم القطين اقرب المجارى المائيه لكهف الهوة .
* معدل التبخر السنوي لمنطقة أم القطين اقرب محطة أرصاد جوية لمنطقة كهف الهوة ٢١٨٢ ملم (الأرصاد الجوية، ٢٠٠٦) .
* تمتاز المنطقة بان تربتها زراعية وتتكون من رسوبيات حديثة (ترب) قابلة للزراعة وتتراوح أعماقها ما بين ٢ – ٥م (المنحنى ٧٠) حسب مصلحة التربة الأمريكية (USAD, 1994).
* معدل الهطول المطري لمنطقة أم القطين (F1) اقرب نقطة قياس كميات أمطار لمنطقة كهف الهوة ١٢٨.٤٥ ملم وذلك بناءاً على كميات الهطول لآخر أربعة سنوات والتي كانت كما يلي (مديرية زراعة محافظة المفرق، ٢٠٠٦) :

العام	٢٠٠٢	٢٠٠٣	٢٠٠٤	٢٠٠٥
كمية الأمطار /ملم	١٦٣.٨	٨٧	١٧٤.٩	٨٨.١

* تم اعتماد قيم التوافقية والقدرة للهطولات المطرية في منطقة كهف الهوة حسب تحليل الهواطل المطرية لمحطات البادية الأردنية (الانصاري وآخرون، ١٩٩٩) واعتمدت محطة ام القطين (F1) لاعتمادها لغايات المعادلات الحسابية وكانت دورات التكرار في هذه المحطة ٢ ≤ R ≤ ٨ .

بناءاً على المعطيات الواردة يمكن حساب كمية الفيضان وبعدة أساليب وبناءاً على نظريات ومعادلات رياضية مختلفة منها :

كمية الفيضان = (الأمطار – الفاقد الأولي)^{٢} / (الأمطار × ٠.٨ × الفاقد الثانوي) (الخرابشة والملاعبة، ٢٠٠٢)

ولحساب قمة الفيضان بوحدة المتر مكعب / ثانية تم استخدام معادلة ديكين (Dicken's Formula) (الأنصاري، ٢٠٠٥) والتي تنص على :

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

قمة الفيضان = معامل ثابت (معدله ١١.٥ يزيد في المناطق الجبلية ويقل في السهلية) × (مساحة الحوض)$^{٤/٣}$ وبتطبيق هذه المعادلة على منطقة كهف الهوة لحساب قمة الفيضان:

قمة الفيضان = ١١.٥ × (٩)$^{٤/٣}$

= ٥٩.٨ م^{٣} / ثانية

تتوزع هذه الكمية ما بين التبخر والتغذية الطبيعية للمياه الجوفية حيث يذهب ما معدله ٨٥ – ٩٢ % (تبخر) وما معدله ١ % تغذية طبيعية للمياه الجوفية حسب (Bouwer, 1996) على أساس أن المنطقة من المناطق الجافة.

تم حساب كمية الجريان السطحي في الحوض المائي (Catchment Area) لكهف الهوة اعتماداً على أن نسبة الجريان تعادل ٢ – ٤ % وحسب (Allison, 2000) وكانت النتائج كما يلي :

كمية الهطول السنوية = ١٢٨.٤٥ ملم

مساحة الحوض (Catchment Area) = ٩ كم^{٢} وتعادل ٩٠٠٠٠٠٠ م^{٢}

حجم الهطول الكلي = ٩٠٠٠٠٠٠ م^{٢} ×(١٢٨.٤٥ ملم/١٠٠٠)

= ١١٥٦٠٥٠ م^{٣}

نسبة الجريان = (١٠٠/٢) × ١١٥٦٠٥٠ م^{٣} – (١٠٠/٤) × ١١٥٦٠٥٠ م^{٣}

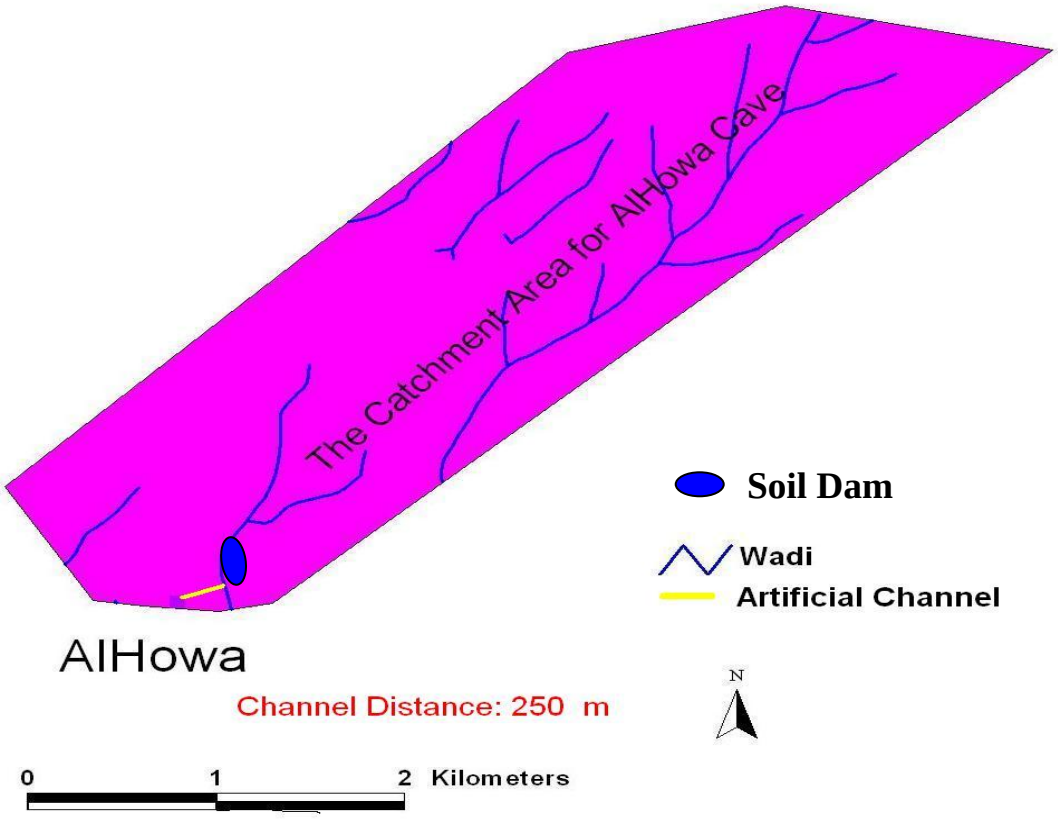
وبذلك تقدر كمية مياه الجريان بـ ٢٣١٢١ م^{٣}/سنة إلى ٤٦٢٤٢ م^{٣}/سنة

يظهر مما سبق أن كمية المياه المتدفقة مقبولة ويمكن الاستفادة منها من خلال جلبها إلى فوهة كهف الهوة من خلال تحويل هذه المجاري باتجاه الكهف باستخدام نفس الأسلوب الذي تم الحديث عنه في الكهوف الأخرى (السدود الترابية) حيث يتسع الكهف لأكثر من ٢٠٠٠ م^{٣} من المياه والتي سيتم الاستفادة منها باتجاهين الأول تغذية الأحواض الجوفية اعتماداً على خصائص الطبقات البازلتية التي تؤمن جريان تحت سطحي ممتاز والثاني حفظ هذه المياه لأي استخدامات أخرى وبدون تعرضها للتبخر بنسب عالية حيث تصب معظم المجاري المائية في هذا الحوض في قاع (خنا) وهناك تتعرض للتبخر بشكل شبه كامل .

تم دراسة كافة الأودية والمجاري المائية في منطقة كهف الهوة لتحديد انسب الأماكن لجر مياه الأودية القريبة (وادي أم القطين) و هو الأقرب لهذا الكهف حيث تبين أنه يمكن جر مياه وادي أم القطين إلى فوهة الكهف من خلال إنشاء سد ترابي (حفيره) بحجم (٨) آلاف متر

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

مكعب وذلك لحجز المواد الرسوبية و عدم وصولها إلى الكهف مما قد يتسبب في التأثير على نفاذية الطبقات البازلتية الموجودة داخل الكهف أيضا يمكن الاستفادة من هذه الحفيره لغايات الري للمنطقة المحيطة كون طبيعة التربة تسمح بعمل بعض المشاريع الزراعية في هذا الموقع وإنشاء قناة تحويلية بطول ٢٥٠م تربط ما بين الحفيره المشار إليها وفوهة الكهف الشكل (٥ .٤) يبين الحوض المائي لكهف الهوة والمجاري المائية والقناة التحويلية المقترحة إنشاءها على وادي أم القطين .



الشكل ٥ .٤ نمذجة هيدرولوجية لمنطقة تصريف كهف الهوة

٥. ١. ٤ التغذية الاصطناعية للمياه الجوفية من خلال كهف أبو الكرسي

تم دراسة هذا الكهف وكما هو الحال في الكهوف الأخرى حيث تبين انه مشابه تماماً لكهف الهوة من حيث الخصائص البيئية والمناخية إذ يبعد هذا الكهف عن كهف الهوة ١٥كم فقط وبالتالي فلا توجد اختلافات في المعطيات الرقمية لهذا الكهف وكما يلي :

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

* مساحة منطقة التصريف (الحوض المائي) لكهف أبو الكرسي ≈ ٢٤.٥ كم^{٢} .
* يعتبر وادي أبو الفرث اقرب المجارى المائيه لكهف أبو الكرسي .
* معدل التبخر السنوي لمنطقة أم القطين اقرب محطة أرصاد جوية لمنطقة كهف أبو الكرسي ٢١٨٢ ملم (الأرصاد الجوية، ٢٠٠٦) .
* تمتاز المنطقة بان تربتها زراعية وتتكون من رسوبيات حديثة (ترب) قابلة للزراعة وتتراوح أعماقها ما بين ٢ – ٥م (المنحنى ٧٠) حسب مصلحة التربة الأمريكية (USDA, 1994) .
* معدل الهطول المطري لمنطقة أم القطين اقرب نقطة قياس كميات الأمطار لمنطقة كهف أبو الكرسي ١٢٨.٤٥ ملم (مديرية زراعة محافظة المفرق، ٢٠٠٦) .
* تم اعتماد قيم التوافقية والقدرة للهطولات المطرية في منطقة كهف ابو الكرسي حسب تحليل الهواطل المطرية لمحطات البادية الأردنية (الانصاري وآخرون، ١٩٩٩) واعتمدت محطة ام القطين (F1) لاعتمادها لغايات المعادلات الحسابية وكانت دورات التكرار في هذه المحطة ٢ ≤ R ≤ ٨ .

بناءاً على المعطيات الواردة يمكن حساب كمية الفيضان وبعدة أساليب وبناءاً على نظريات ومعادلات رياضية مختلفة منها :

كمية الفيضان = (الأمطار – الفاقد الأولي)^{٢} / (الأمطار × ٠.٨ × الفاقد الثانوي) (الخرابشة والملاعبة، ٢٠٠٢)

ولحساب قمة الفيضان بوحدة المتر مكعب / ثانية تم استخدام معادلة ديكين (Dicken's Formula) (الأنصاري، ٢٠٠٥) والتي تنص على :

قمة الفيضان = معامل ثابت (معدله ١١.٥ يزيد في المناطق الجبلية ويقل في السهلية) × (مساحة الحوض)$^{٣/٤}$ وبتطبيق هذه المعادلة على منطقة كهف أبو الكرسي لحساب قمة الفيضان:

قمة الفيضان = ١١.٥ × (٢٤.٥)$^{٣/٤}$

= ١٢٦.٥ م^{٣} / ثانية

تتوزع هذه الكمية ما بين التبخر والتغذية الطبيعية للمياه الجوفية حيث يذهب ما معدله ٨٥ – ٩٢ % (تبخر) وما معدله ١ % تغذية طبيعية للمياه الجوفية حسب (Bouwer, 1996) على أساس أن المنطقة من المناطق الجافة.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

تم حساب كمية الجريان السطحي في الحوض المائي (Catchment Area) لكهف أبو الكرسي اعتماداً على أن نسبة الجريان تعادل ٢ – ٤ % وحسب (Allison, 2000) وكانت النتائج كما يلي :

كمية الهطول السنوية = ١٢٨.٤٥ ملم

مساحة الحوض (Catchment Area) = ٢٤.٥ كم^{٢} وتعادل ٢٤٥٠٠٠٠٠ م^{٢}

حجم الهطول الكلي = ٢٤٥٠٠٠٠٠ م^{٢} ×(١٢٨.٤٥ ملم/١٠٠٠)

= ٣١٤٧٠٢٥ م^{٣}

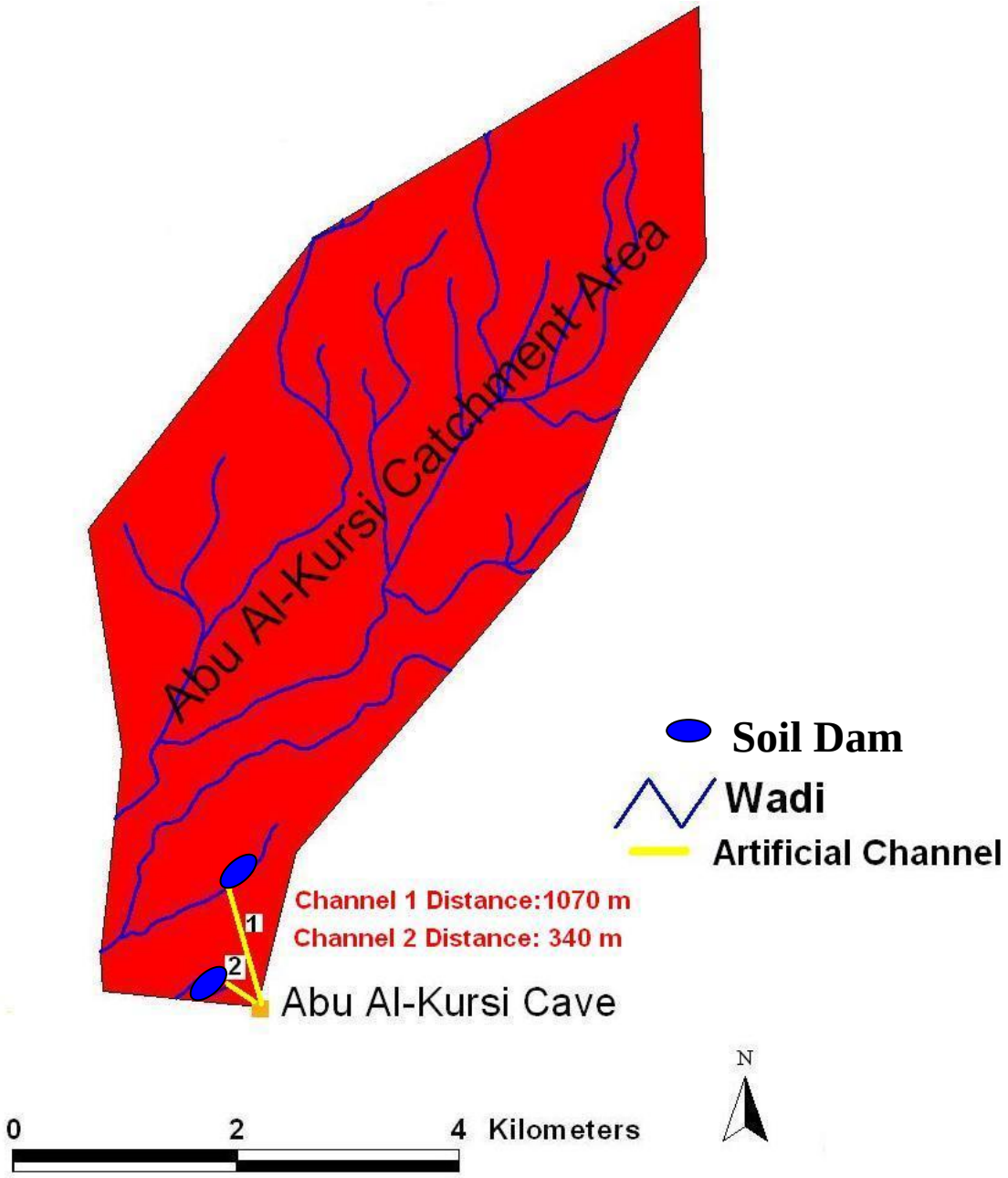
نسبة الجريان = (١٠٠/٢) × ٣١٤٧٠٢٥ م^{٣} – (١٠٠/٤) × ٣١٤٧٠٢٥ م^{٣}

وبذلك تقدر كمية مياه الجريان بـ ٦٢٩٤٠ م^{٣}/سنة إلى ١٢٥٨٨١ م^{٣}/سنة

يظهر مما سبق أنه يمكن الاستفادة من مياه الفيضان في عملية التغذية الاصطناعية للمياه الجوفية من خلال كهف أبو الكرسي وذلك بتحويل مجرى وادي أبو الفرث إلى هذا الكهف وباستخدام نفس الأسلوب الذي تم الحديث عنه في الكهوف الأخرى (السدود الترابية) حيث يتسع الكهف لأكثر من(٤٠٠٠ م^{٣}) من المياه والتي سيتم الاستفادة منها باتجاهين الأول تغذية الأحواض الجوفية اعتماداً على خصائص الطبقات البازلتية التي تؤمن جريان تحت سطحي ممتاز والثاني حفظ هذه المياه لأي استخدامات أخرى وبدون تعرضها للتبخر بنسب عالية .

تم دراسة كافة الأودية والمجاري المائية في منطقة كهف أبو الكرسي لتحديد انسب الأماكن لجر مياه وادي أبو الفرث و هو الأقرب لهذا الكهف حيث تبين أنه يمكن جر مياه هذا الوادي إلى فوهة الكهف من خلال إنشاء قناتين الأولى بطول ١٠٧٠م والثانية بطول ٣٤٠م وعمل سدود ترابية (حفائر) عدد٢ واحدة لكل مجرى وبحجم (٥) آلاف متر كعب لكل حفيرة على هذه الأفرع لتساعد على حفظ المواد الرسوبية وعدم وصولها إلى الكهف إضافة لمساهمتها في الري وسقاية الماشية في تلك المنطقة، الشكل (٥ .٥) يبين الحوض المائي لكهف أبو الكرسي والمجاري المائية والقنوات التحويلية المقترح إنشاءها على وادي أبو الفرث .

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



الشكل ٥ .٥ نمذجة هيدرولوجية لمنطقة تصريف كهف أبو الكرسي

الفصل السادس

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

النتائج والتوصيات

٦ . ١ نتائج البحث

١- تم دراسة (١٢) كهف طبيعي وبأحجام مختلفة في منطقة الدراسة وجميعها ناتجة عن الاندفاعات البركانية (Lava Flow) مع اختلاف في ميكانيكيات تشكلها إذ تعتبر أنفاق اللافا (Lava Tunnel) الأكثر شيوعاً في منطقة الدراسة حيث تبين أن سبعة كهوف طبيعية تعتبر من نوع أنفاق اللافا والتي تمتاز بأطوال وأحجام كبيرة نسبياً حيث يصل بعضها إلى مئات الأمتار طولاً وآلاف الأمتار المكعبة حجماً ومن أشهرها كهف الفهدة الذي يبلغ طوله حوالي (٩٢٣م)، وكهف بئر الحمام الذي يبلغ حجمه حوالي (٦٠) ألف متر مكعب وتقع جميعها في مناطق منخفضة يمكن إيصال المجاري المائية والأودية إليها بسهولة بينما تتشكل باقي الكهوف من الـ(Pressure Ridge) والتي تقع في مناطق مرتفعة وتمتد لمسافات بسيطة عشرات الأمتار وأحجام قليلة مئات الأمتار المكعبة واقل .

2- تمتاز الكهوف الطبيعية التي تتشكل من أنفاق اللافا بخصائص جيولوجية متشابهه حيث تتكون بشكل أساسي من الصخور البركانية (بازلت) والتي تتواجد على شكل طبقات بازلتية مختلفة (صفائح بازلتية) بمختلف أنواعه مع سيادة كبيرة للبازلت من نوع (Scoriaceous and Phyric Basalt) والتي تمتاز بخصائص جيدة من حيث توفر إمكانيات عالية للنفاذية من خلال كثرة الفجوات والشقوق والصدوع مما يساهم في تنفيذ المياه السطحية إلى الخزانات الجوفية .

3- توجد إمكانية كبيرة لجريان المياه السطحية في الأحواض المختلفة والتي تشمل كافة المواقع التي تنتشر بها أنفاق اللافا الرئيسية وتبين ذلك من خلال حساب كميات الجريان السطحي الناتج عن الهواطل المطرية المختلفة والتي أكدت وجود كميات كبيرة من التدفقات السطحية من خلال الأودية والقنوات والمقدرة بمئات الآلاف من الأمتار المكعبة والتي يمكن الاستفادة منها من خلال جرها إلى مواقع أنفاق اللافا وبالتالي تخزينها لتحقيق الغايات المرجوة والمتمثلة بتامين تغذية للمياه الجوفية من خلال هذه الكهوف .

4- يمكن إيصال المجاري المائية (الأودية) إلى بعض أنفاق اللافا لاستخدامها لتخزين المياه نظراً لقلة معدلات التبخر في هذه الأنفاق حيث تقدر كميات المياه التي يمكن تخزينها في هذه الأنفاق بحوالي (٨٦) ألف متر مكعب إضافة إلى كميات أخرى يعتقد أنها بحجم اكبر من ذلك بكثير سيتم تسربها إلى الخزانات الجوفية (Upper Aquifers) من خلال هذه الأنفاق ويتم ذلك

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

من خلال جلب المياه السطحية من الأودية الرئيسية والثانوية والمجاري المائية المختلفة الأحجام والتي تقدر بأكثر من مليون متر مكعب/سنة في منطقة الدراسة والتي تجري في فصل الشتاء حال حدوث العواصف المطرية الصحراوية وذلك من خلال تعديل مساراتها لتصب في الكهوف الطبيعية (أنفاق اللافا) الكبيرة التي يمكن أن تؤمن تخزين جيد للمياه الجارية وتؤمن تغذية للأحواض الجوفية.

5- تم دراسة مناطق التصريف (الأحواض الجوفية) لأربعة أنفاق لافا رئيسية وعمل نمذجة هيدرلوجية لهذه الأحواض وتحديد شكل القنوات وكيفية تحويل مساراتها إلى هذه الكهوف وحساب كميات المياه المتدفقة التي يمكن إيصالها لهذه الكهوف بدلاً من تدفقها إلى القيعان الواقعة شمال منطقة الأزرق حيث تتبخر هناك بشكل شبه كلي.

6- تبين من خلال الدراسة أن عملية تحويل مسارات المجاري المائية والأودية باتجاه الكهوف (أنفاق اللافا) الرئيسية (الفهدة، بئر الحمام، الهوة، أبو الكرسي) التي تم دراستها لا يحتاج إلى جهد أو كلف مالية كبيرة حيث تقدر مجموع أطوال القنوات اللازمة لإيصال هذه المياه إلى هذه الكهوف بحوالي (٥) كم إضافة إلى إنشاء (٦) سدود ترابية بسيطة (حفائر) بأحجام (٥ – ١٠) آلاف متر مكعب/حفيره وذلك لضمان حجز المواد الرسوبية وعدم وصولها إلى الكهوف للحد من تأثيرها على نفاذية الطبقات البازلتية التي تتشكل منها هذه الكهوف .

٦. ٢ التوصيات

١- التوسع في دراسة الأحواض المائية الجوفية في منطقة البادية الشمالية الشرقية (الهضبة البازلتية) وبشكل دقيق ومنفصل عن حوض الأزرق لتحديد كميات التغذية الحقيقية لهذه الأحواض وخصوصاً تلك القادمة من جبل الدروز / جبل العرب .

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

2- تقليل الاعتماد على المياه الجوفية لتامين المتطلبات الضرورية (الشرب ، الزراعة) وذلك بإنشاء مشاريع جمع المياه السطحية (السدود والحفائر) لتحقيق غايتين رئيسيتين الأولى تامين الاحتياج من المياه والثانية المساهمة في زيادة معدلات تغذية الخزانات الجوفية من خلال هذه المسطحات المائية .

3- استغلال الكهوف الطبيعية (أنفاق اللافا) لتخزين المياه السطحية كأسلوب عملي وحقيقي لتغذية الخزانات الجوفية وذلك من خلال جلب اكبر كمية ممكنة من مياه الفيضان إلى هذه الكهوف وذلك بإنشاء سدود ترابية (حفائر) على الأودية القريبة من هذه الكهوف وحفر قنوات ترابية تربط ما بين هذه الحفائر وفوهات الكهوف مع حفر آبار مراقبة قريبة من مواقع الكهوف لدراسة تأثير استخدام هذه الكهوف لغايات التغذية الاصطناعية للمياه الجوفية على نوعية هذه المياه .

4- إجراء دراسات تفصيلية عن المجاري المائية والأودية لمعرفة أنواع الترب والغطاء النباتي الموجود بها وتحديد خصائصها الجيولوجية والجيوكيميائية لمعرفة مدى مساهمتها في التغذية الطبيعية للخزانات الجوفية

المراجع المدونة باللغة العربية

١. الأنصاري، نظير عباس، علم المياه السطحية التطبيقي، المكتبة الوطنية، عمان/الأردن ، ٢٠٠٥ .

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

٢. الأنصاري، نظير عباس والياس سلامة وحسان العمري، تحليل الهواطل المطرية لمحطات البادية الأردنية، ورقة بحثية لجامعة آل البيت/وحدة البحوث الإستراتيجية للبيئة و مواد المياه، ١٩٩٩ .

٣. الخرابشة والملاعبة ، تقنيات الحصاد المائي في وادي المغاير – حوض الأزرق المائي/الأردن، وأثره على الوضع البيئي في المنطقة الصحراوية، ورقة بحثية قدمت لندوة التنمية العمرانية في المناطق الصحراوية التي عقدت في الرياض /السعودية ٢٠٠٢ .

٤. الطعاني ، ركاد ، مصادر المياه واستعمالاتها في الأردن ، وزارة المياه والري ، عمان ، ١٩٩٩.؛ التأثيرات السلبية الناجمة عن استثمار المياه الجوفية والاستخدام الأمثل لها ، وزارة المياه والري ، عمان ، .١٩٩١

٥. المركز الجغرافي الملكي، وثائق رسمية ، ٢٠٠٢ .

٦. المركز الجغرافي الملكي، وثائق رسمية ، ٢٠٠٦ .

٧. برنامج بحوث تطوير البادية الأردنية، وثائق رسمية ، ١٩٩٥ .

٨. دائرة الأرصاد الجوية، وثائق رسمية ، ٢٠٠٦ .

٩. سلامة ، الياس ، مشكلة المياه في الأردن ، مركز الدراسات الاستراتيجية والبحوث والتوثيق، الطبعة الأولى ، بيروت ، ١٩٩٤ .

١٠. سلطة وادي الأردن، وثائق رسمية ، ٢٠٠٦.

١١. سلطة المصادر الطبيعية بالتعاون مع المركز الجغرافي الملكي والمجلس الأعلى للعلوم والتكنولوجيا، الخارطة الجيولوجية والمعدنية لمنطقة البادية الأردنية الشمالية الشرقية بمشاركة الدكتور خليل إبراهيم والمهندس إبراهيم ربابعة والدكتور خالد طراونة ، ٢٠٠١ .

١٢. سمارة ، معاويه ، الموارد المائية في الاردن واستثماراتها حتى عام ٢٠٢٥ ، سلطة المياه ، وزارة المياه والري ، عمان ، الاردن ، ١٩٩٧.

١٣. عابد ، عبد القادر ، جيولوجية الأردن ، منشورات مكتبة النهضة الاسلامية ، عمان،الأردن.١٩٨٢

١٤. مديرية زراعة محافظة المفرق، وثائق رسمية ، ٢٠٠٦ .

١٥. مزيد، يونس إبراهيم، بحث ماجستير بعنوان الوضع المائي (مياه الشرب) من مصادرها المختلفة في محافظة جرش وإدارة الطلب عليها خلال الفترة (١٩٩٥-١٩٩٤)، جامعة آل البيت، ٢٠٠٦ .

١٦. وزارة الداخلية، وثائق رسمية ، ٢٠٠٥ .

١٧. وزارة الزراعة، وثائق رسمية، ٢٠٠٥ .

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

١٨. وزارة المياه والري، وثائق رسمية ، ٢٠٠٦ .
١٩. وزارة المياه والري، التقرير السنوي للمياه ، سلطة وادي الأردن، عمان ، الأردن لعام، ٢٠٠١ .
٢٠. وزارة المياه والري، التقرير السنوي للمياه ، سلطة وادي الأردن ، عمان لعام ١٩٩٩ ص٥٩ .
٢١. وزارة المياه والري (الخطة القومية للمياه)، ١٩٧٧ ص٤ .
٢٢. وزارة المياه والري ، المياه المتاحة والمتوقعة للزراعة المروية ، تقرير داخلي لعام ٢٠٠٢.
٢٣. وزارة المياه والري، إستراتيجية المياه والسياسات المائية في الأردن، ٢٠٠٢ .
٢٤. وزارة المياه والري ، التقرير السنوي ، ٢٠٠٥ .

المراجع المدونة باللغة الإنجليزية

1. Al-Adamat, Rida Ali Nejem (**The Use Of Geographical Information Systems (Gis)And Remote Sensing To Investigate Groundwater Quality In The Azraq Basin,Jordan**) 2002.

2. AL-Farajat, M., **Karstification in B4 Unit North-West of Irbid, and its Role in Enhancing Human Impacts on the Local Groundwater Resources**. M. Sc thesis, University of Jordan, Amman-Jordan, 1997.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

3. Al-Kharabsheh, Atif. H**ydrogeological and Hydrochemical study of the Upper Aquifer System in Azraq Basin**, Jordan. MSc Thesis, Yarmouk University, 1991 .

4. AL-Kharabsheh, Atif.. **Possibilities of Artificial Groundwater Recharge in the Azraq basin**: Potential Surface Water Utilization of five representative catchment areas (Jordan), 1995 .

5. Al-Malabeh, A.: **The volcanic succession of jabal Aritain volcano**, NE Jordan: A field, petrographic and geochemical study. Unpubl. M.Sc. Thesis, Yarmouk University, Irbid-Jordan, 1989 .

6. Al-Malabeh, A., Kempe, S., Henschel, H.-V.,: **Lava caves of Jordan**: The 8th International Conference of Jordanian Geologists Association, Amman, Abstracts,2004.

7. Al-Malabeh, A.: **The volcanology, mineralogy and geochemistry of selected pyroclastic cones from NE Jordan and their evaluation for possible industrial applications**. Ph.D. thesis, Universitat Erlangen, Numberg-Germany: 1993 .

8. AL-Malabeh, A.,: N**ew discovered to support an environmental tourism in Jordan First Economic** Jordanian Forum, Mafraq-Jordan 2005 .

9. AL-Malabeh, A., Kempe, S., Frehat, M., & Hensches, H.-V., 2006b: AL-Fahda Cave, Jordan, the Longest Lava Cave Yet Reported from the Arabian Peninsula. Abstract XII Intr.

10. Allison, R. J. R, Clarke, J and Battikhi, **Geology, Geomorphology, Hydrology, Groundwater and Physical Resources**. In Dutton, A, (eds.), Arid Land Resources and their Management, Jordan Desert Margin, Kegan Paul International, London, 1998 .

11. Allison, R. J. **Geomorphology of the Eastern Badia Basalt Plateau**, The Geographical Journal, 2000 .

12. AL-OUFI, AHMAD N. **Geophysical Exploration Of Lava tubes in Umm EL-Quttein Area**, NE JORDAN, 2006 .

13. Al-Ansari, N. A., and Baban, S. M. J. **The climate and water resources**. In Baban, S. M. J. and Al-Ansari, N. A. (eds.), Living with water scarcity: Water resources in Jordan, Badia Region, The way forward. Al al- Bayt University, Jordan, 2001.

14. AL-Qadi, Qaher Nawwaf, **(Ground Water Resources Evaluation And Managent In North-East Mafraq-Jordan "Ground Water Quantitative And Qualitative3-D Modling**" University of Jordan Amman, 2003.

15. Baban, S. M. J and Al-Ansari, N. A. **A Research Agenda to Minimise Environmental Degradation Using Remote Sensing and GIS**. In Baban, S. M. J. And

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

Al-Ansari, N. A. (eds.), Living with water scarcity: Water resources in Jordan, Badia Region, The way forward. Al al-Bayt University, Jordan, 2001 .

16. Barberi, F., Capaldi, P., Gasperini, G., Marineli, G., Santacoce T., Scandore, R., Treuil, M. And Varet, J.: **Recent basaltic volcanism of Jordan and its implications on the geodynamic history of the Dead Sea shear zone**, 1979 .

17. Bender, F. "**Geology of Jordan"**. Supplementary edition in English with minor revision. Gebr. Borntraeger:196. 1974.

18. Bloom, A.L, **Geomorphology a systematic analysis of late Cenozoic land forms**, (1st edition).New Jersey: Prentice Hall, 1978 .

19. Bourgeut,, **International Assoc**. Sci. Hydrology, 1971 .

20. Charles E. Price, **Artificial Recharge of a Well Tapping Basalt Aquifers**, 1960.

21. Dottridge, J., **Groundwater Resources and Quality**, Jordan Badia Research and Development Programme, Jordan, 1994.

22. Frehat, Mahmoud Mohamed, Environmental And Geological Evaluation Of Newly Discovered AL-Fahda Lava Tunnel, NE-Jordan; And Their conservation possibilities As A Potential Geotop, master thesis the Hashemite university, 2006.

23. FRIST VAN DER, (**The water encyclopedia, second edition**), 1990.

24. Bouwer Herman, Artificial Recharge of Groundwater, paper produced on workshop organized by development alternatives, inc. science applications international corporation, Jordan/ Amman 1996 .

25. Hirzalla, Bader, **Water Resources Planning and Management in the ESCWA Region**, Quality Assurance and Quality Control for Water Data in OIC Countries, Al-Albayt University, Al-Mafraq, 1995.

26. Ibrahim, K. And AL-Malabeh, A.,: **Geochemistry of Harrat EL-Fagda and their associated pressurs ridge**. J. Asian Erath Sci. (in press), 2006.

27. Kempe, S. (ed.): **Welt volt Geheimnisse, HB Bildatlas Sonderausgabe**, Hamburg, 1997.

28. Kempe, S. & AL-Malabeh, A.,: **Newly discovered lava tunnels of the AL-Shaam plateau basalts**, Jordan: EUG Geophysical Research Abstracts, 2005 .

29. Moffat, D.T. **A volcano tectonic analysis of the Cenozoic continental basalts of northern Jordan**; implications for hydrocarbon prospecting in the block B area. ERI Jordan, 1988 .

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

30. (CGWBM), **central ground water board ministry of water resources** (guide on artificial recharge to ground water), NEWDELHI 2000.

31. Newcomb, R.C., **Some preliminary notes on ground water in the Columbia River basalt**, in Northwest Science, 1959 .

32. Piscopo, G. **Groundwater vulnerability map**, explanatory notes, Castlereagh Catchment, NSW Department of Land and Water Conservation, Australia, 2001. Found at: Http://www.dlwc.nsw.gov.au/care/water/groundwater/reports/pdfs/castlereagh_map_notes.pdf.

33. Schmidt, F. **Wshed_point.ave documentation**, 2001. Found at http://www.esri.com

34. Shatanawi, M., Al-Weshah, R., and Al-Ayed, R. Relationship between Surface and Groundwater for Artificial Recharge, Internal Report, Jordan Badia Research and Development Programme, Amman, Jordan, 1999.

35. Salameh, E. And Bannayan, H. **Water Resources of Jordan**, Present status and Future Potentials. Friedrich Ebert Stiftung, Amman, 1993 .

36. Salameh, Elias, **Water Quality Degradation in Jordan**, Amman, Ebert, The Higher Council of Science and Technology, 1996 .

37. Salameh, E., Al-Ansari, N., and Al-Nsoor, I (). **Water and Environment in the Area East of Mafraq and their Developmental Potentials**. Report No. (1). Strategic Environment and Water Resources Unit, AL Al-Bayt University, Jordan, 1997 .

38. Tarawneh, K., Ilani. S, Rabba, I., Harlavan, Y ., Peltz, S., Ibrahim, K., Weinberger, R., & Steinitz, G.: **Dating of the Harrat Ash Shaam Basalts Northeast Jordan** (Phase 1), 2001 .

39. Uren, L. C., **Petroleum Production Engineering**, Oil field exploitation: New York , 1939 .

40. USDA (United State Department of Agriculture). **Permeability Key**, 1994. Found at: Http://www.mn.nrcs.usda.gov/mo10/mo10guides/permkey.

41. Van Den Boom, G. And Sawwan, O.: **Report on geological Studies of the plateau basalts in NE Jordan**. Germ. Geol. Missionin, Amman, 1966.

42. Waddingham, J. **Water demand in the North-east Badia**, Jordan. Unpublished M.Sc. Thesis. University of Newcastle Upon yne, UK , 1994 .

43. Waltham A.C., and Park H.D.: **Road over lava tubes in Cheju Island**, South Korea. Engineering Geology, 2002.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com