الفصل السادس

المياه الأرضية في مناطق التطرف المناخي

Ground water in elimatic Extremes

6 - 1 تقديم

6 - 2 مناطق التساقط العالي الاستثنائية

6 - 3 المياه الأرضية في المناطق الجافة

6 - 3 - 1 خصائص الحشارج

6 - 3 - 2 تغذية المياه الأرضية

6 - 3 - 3 دورة المياه الأرضية

6 - 3 - 4 نوعية المياه

6 - 3 - 5 التحري عن المياه الأرضية

obeikandl.com

obeikandl.com

الفصل السادس المياه الأرضية في مناطق التطرف المناخي

6 - 1 : تقديم :

توجد التطرفات المناخية على سطح الأرض بصورة واسعة . يندر التساقط في بعض المناطق الصحراوية لفترات قد تصل إلى مائة سنة . والمعروف عن هذه المناطق بأنها ذات معدل تساقط سنوي أقل من أنج واحد وربما قيل عن ذلك في بعض المناطق إلى ما دون 0.1 إنج . في مناطق التطرف المناخي المعاكس نجد أن معدل التساقط السنوي الأقصى في بعض المناطق ربما يزيد على 450 إنج . أما التطرف الحراري فهو الآخر كبير كما في التطرف المطري . تتراوح القيم المسجلة من حوالي 125 - فْ في القطب الجنوبي إلى 136 فْ في شمال أفريقيا . ويتراوح المعدل السنوي لدرجات الحرارة من أقل من 10 - فْ في أجزاء من أنتاركتيكا إلى حوالي 80 فْ في المناطق المدارية المختلفة .

لا تتطلب التطرفات الحرارية والمطرية استعمال قوانين هيدروجيولوجية جديدة إلا أنها تستلزم تعديلات مناسبة للأفكار والنظريات التقليدية عن توزيع وكمية تغذية المياه الأرضية ، ومقدار انحدارات المياه الأرضية gradients، واستمرارية الحشارج الحاملة لها، وأماكن تواجد المياه رديئة النوعية .

■ ■ ■

6 - 2 : مناطق التساقط العالي الاستثنائية :

إن مناطق التساقط العالي جداً صغيرة نسبيًا في مداها بالمقارنة مع المناطق ذات الدرجات الحرارية المنخفضة أو التساقط المنخفض . أحسن المناطق المعروفة

بالتساقط الكلي الذي يزيد على 150 إنج سنويًا هي في جبال بورنيو Borneo، غرب الكاميرون ، شمال شرق مالاكاشي ، شرقي الهند ، شمال شرق غينيا الجديدة ، جنوب تشيلي ، شرقي كولومبيا ، وجنوب بورما . توجد مناطق عديدة أصغر من المتقدم ذكرها معظمها يقع في المناطق الجبلية . نادراً ما نستطيع توزيع المطر بالتساوي على طول السنة ، إلا أن معظم المناطق أعلاه لم تشهد فترات جفاف استثنائية . لذلك فأن المياه متوفرة على طول السنة لتغذية المياه الأرضية . المناطق ذات التساقط العالي نسبيًا وليس العالي جداً تتلقى تساقط كلي يزيد على 50 إنج سنويًا ، إلا أنها تمر بفترات مطيرة أو فترات جفاف واضحة . تكون فصول الجفاف قاسية في مثل هذه الأماكن كما يحدث في جنوب الهند ، شمال شرق أمريكا الجنوبية ، وشرق أفريقيا الوسطى بحيث إن حالات العجز المائي المنزلي والزراعي مألوفة سنويًا في هذه المناطق.

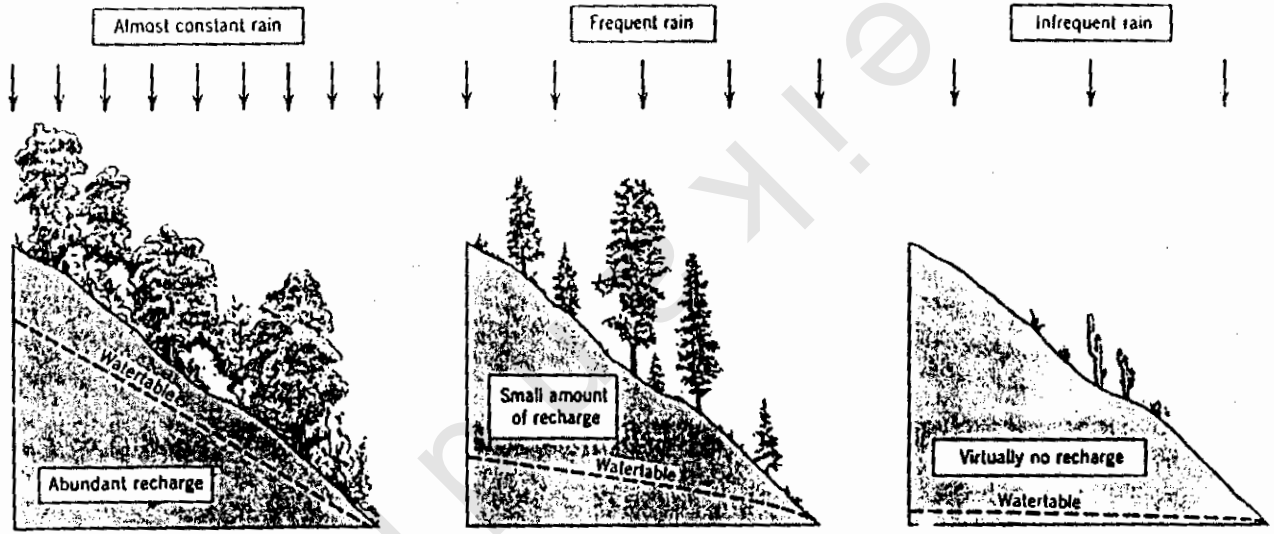
إن الآثار الهيدروجيولوجية المهمة للتساقط العالي جداً موجودة حتمًا رغم نتيجة الدراسات حول الموضوع - ومعظم المناطق ذات التساقط العالي جداً مأهولة بعدد قليل من السكان لذلك لم يتطور استثمار المياه الأرضية ما عدا استعمال كميات صغيرة من مياه الينابيع والأنهار ومياه الأمطار المتجمعة من السقوف . وتعتبر هذه الاستثمارات غير المتطورة كافية عمومًا لسد معظم الاحتياجات نظراً لوجود التغذية المائية المستمرة تقريبًا .

إن وجود مصادر التغذية الوافرة للمياه الأرضية يوحي بأن جميع الحشارج مشبعة بالمياه عدا النطاقات النفاذة ذات النفاذية العالية أو بتعبير آخر ، إن معظم الصخور التحتية مشبعة بالمياه عدا النطاقات النفاذة ذات الصرف الحر (تتسرب منها المياه إلى الخارج) . وكنتيجة طبيعية ستكون مناسيب المياه الأرضية قريبة من السطح والميل الهيدروليكي أكثر حدة مما في الحشارج المماثلة في المناطق غير المطيرة (الشكل 6 - 1) .

كما أن وفرة المياه توحي أن غسل المواد الذائبة والذائبة جزئيًا من الحشارج سيكون سريعًا . وهذا يعني بدوره أن النوعية الكيميائية للمياه الأرضية ستكون جيدة لمعظم الأغراض . كما أن تحلل المواد العضوية سيكون موجود بكثرة في مناطق الغابات والذي يساهم في زيادة ثاني أوكسيد الكاربون والأحماض العضوية في المياه الراشحة مما يقلل من الأس الهيدروچيني PH ويزيد من محتوى المنغنيز والحديد في المياه . وتعمل الحركة السريعة للمياه الأرضية أيضًا على النزوح السريع للمياه الطبيعية المالحة من الحشارج التي كشفت حديثًا بسبب التعرية .

تعتبر الأهمية الاقتصادية للمياه الأرضية في المناطق المطيرة جداً قليلة الأهمية في الوقت الحاضر . في المستقبل ، ربما تبرر النفاذة الچيولوچية وندرة العكورة في معظم هذه المياه الأرضية الاستثمار الأوسع لها في هذه المناطق .

obeikandl.com



(الشكل 6 - 1) آثار الكميات المختلفة من التغذية المائية للمياه الأرضية على موقع منسوب المياه تحت سطح الأرض نفاذية الصخور في الحالات الثلاث متماثلة .

6 - 3 : المياه الأرضية في المناطق الجافة :

Ground Water in Arid Regions

تنتشر المناطق الجافة وشبه الجافة في جميع العروض من العالم . ولا تسمى المناطق الجافة الموجودة في القطبين مناطق صحراوية رغم وجود الأحواض المغلقة والبحيرات المالحة فيها . تقع معظم الصحاري الحقيقية بين خطي عرض 15°-50° شمال وجنوب خط الاستواء . تمتلك أكبر صحراء منفردة مساحة تزيد على مساحة الولايات المتحدة وتمتد من المحيط الأطلسي عبر شمال أفريقيا وشبه الجزيرة العربية إلى الخليج العربي . وتوجد صحاري كبيرة أخرى في وسط آسيا ، جنوب غرب أمريكا الشمالية ، وسط استراليا . شكل المناطق الجافة في العالم $\frac{1}{10}$ مساحة اليابسة وما يساويها أو أكثر قليلاً من المناطق شبه الجافة . تمون المياه الأرضية إضافة للمياه السطحية المستوردة الاحتياجات المنزلية والزراعية في بعض أجزاء المناطق الجافة وشبه الجافة .

* * *

6 - 3 - 1 : خصائص الحشارج :

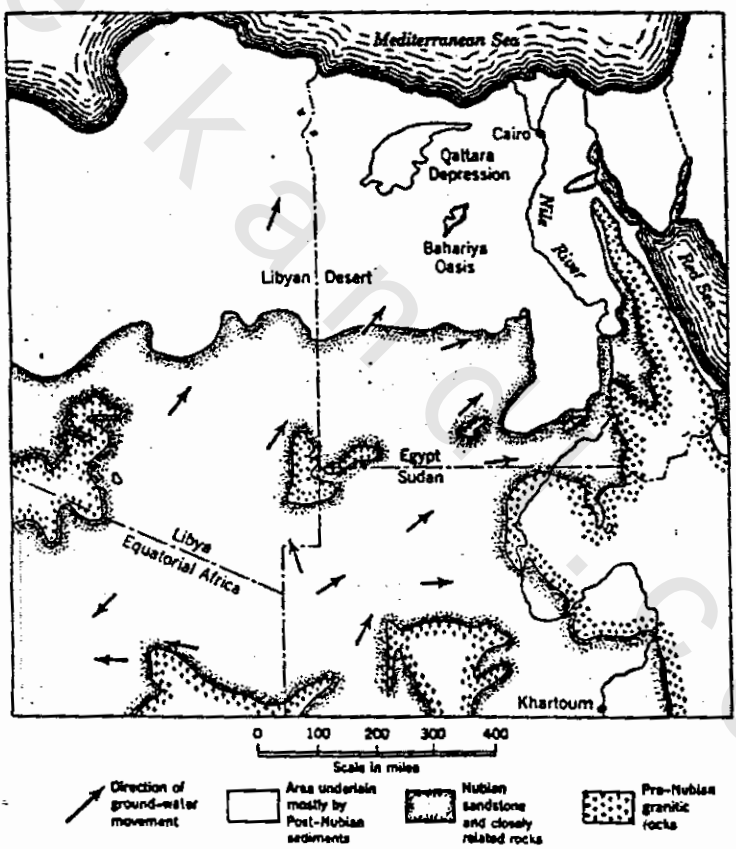
تعتبر الحشارج التي سبقت تكون الصحاري غير متأثرة كثيراً بزيادة الجفاف. عدم وجود المواد العضوية ودرجات الحرارة العالية توحي بأن الكميات الصغيرة من المياه الراشحة التي يمكن أن توجد سوف لا تذيب كمية كبيرة من ثاني أوكسيد الكاربون مقارنة بالمياه الأرضية في المناطق المعتدلة الرطبة . وهذا يعني ، مع النقص الحاد في الرطوبة ، بأن التجوية الكيميائية بعد تكوّن الصحاري . ستكون بطيئة وسيتباطأ أيضًا تكوين فتحات الذوبان في الصخور الكاربوناتية وغيرها . لذلك فإن الحشارج الكاربوناتية الواسعة الموجودة في بعض الصحاري ربما تكون آثار لمناخات سابقة مطيرة أكثر من المناخ الحالي . حشارج أخرى مثل تلك الموجودة في المنحدرات الجنوبية لجبال الأطلس ربما يعزى

أصلها إلى فعل الكميات الكبيرة من المياه الراشحة في المناطق المجاورة للأراضي العالية الكثيرة المياه والتي تتاخم هذه الصحاري .

تؤثر الظروف الصحراوية بشدة على نوع الرسوبيات والتي تتحكم بدورها في أنواع الحشارج الموجودة في الرسوبيات غير المتصلبة . نادراً ما تكون المجاري المائية نشطة وقوية بما يكفي لتثبيت مساراتها فوق العوائق ذات الأصل البركاني أو التكتوني والتي تعترض جريانها . وينتج عن ذلك أحواض مغلقة مملوءة بالرسوبيات الحجيرية الناعمة الممزوجة بالبقايا الملحية في أجزائها الوسطية . توجد المياه العذبة والحشارج المناسبة فقط على امتداد حافات مثل هذه الأحواض أو في الحشارج الأكثر عمقًا الغير متأثرة بالظروف الحالية من الجفاف . تكون رسوبيات المجاري النهرية الحشارج الأكثر أهمية المترسبة تحت الظروف الصحراوية . على عكس المجاري في المناطق الرطبة تحمل المجاري المائية الصحراوية كميات كبيرة من المواد العالقة والمجروفة والتي قد تصل إلى تراكيز عالية بحيث تكون التيارات الجارية عبارة عن مزيج لزج من الطين والعوالق الأخرى . والرسوبيات الناتجة تتميز برداءة التصنيف ونفاذية واطئة بصورة عامة . تتكون النطاقات النفاذة عندما يستمر الجريان طويلاً في تصنيف وعزل العوالق الخشنة في المجرى . يحدث هذا عادة خلال مراحل انحسار الجريان وحصر الجريان في الأجزاء الضيقة عند قعر المجرى . وتبعًا لذلك تشكل النطاقات النفاذة جزء صغير فقط من الرسوبيات النهرية ويصعب بذلك تحديدها بواسطة عمليات الحفر .

تكونت رسوبيات العصر الحديث غير المتصلبة التي تملأ الوديان بفعل البراكين وتصدع الصخور وهي تشكل معظم الحشارج الصحراوية المهمة في جنوب غرب الولايات المتحدة ، شمال غرب المكسيك ، شمال تشيلي ، وأجزاء معينة من وسط آسيا . من ناحية أخرى تعتبر التعرية هي العملية السائدة في معظم المناطق الصحراوية الأخرى والتي نتج عنها اقتراب الطبقات الصخرية من السطح وحشارج غير متصلبة تتمثل برسوبيات ضحلة على امتداد المجاري

سريعة الزوال ، وأجزاء من قاعدة الكثبان الرملية وامتلاءات أحواض الهبوط والانكماش ، ولحسن الحظ ، تمتلك بعض الأحواض الصحراوية التي تفتقر إلى الرسوبيات الطموية السميكة حشارج واسعة من الصخور المتصلبة ونصف المتصلبة . (لاحظ الشكل 6 - 2) ومن أمثلة ذلك الصخور الرملية النوبية في مصر والسودان . حيث تحتوي مياه تتراوح بين مياه صالحة للشرب في أجزاء تبعد عدة مئات من الأميال عن مناطق التغذية إلى مياه قليلة الملوحة في الأجزاء المدفونة عميقًا من الحشارج .



(الشكل 6 - 2) المنطقة المكشوفة والاتجاه العام لحركة المياه الأرضية في النوبة (في مصر والسودان) والصخور الرملية لشمال شرق أفريقيا .

6 - 3 - 2 : تغذية المياه الأرضية :

معظم المعالم الهيدروجيولوجية المتميزة في المناطق الجافة متعلقة بكمية ونوعية المياه الأرضية المتوفرة . جميع الترب النفاذة عدا النفاذة جداً تمنع مرور مياه التغذية خلالها عندما يكون المطر أقل من 5 - 10 إنجات . وتعتمد الكمية المضبوطة على نفاذية التربة ، احتفاظ التربة النوعي بالمياه وتوزيع الأمطار بالنسبة لدرجة الحرارة . مثال ذلك : تربة ذات احتفاظ نوعي 15% واستنفذت رطوبتها إلى عمق 2 قدم خلال حرارة الصيف ستحتاج إلى 3.6 إنج من الأمطار فقط لسد النقص في رطوبة التربة . إذا حدث المطر في أوقات مختلفة من السنة فأن فترات الجفاف المتخللة ستسبب فقدان المياه من التربة بحيث تحتاج إلى كميات تزيد على 3.6 إنج لبدء التغذية . على العكس ، الرمال في الكثبان الرملية ذات احتفاظ نوعي بالمياه مقداره أقل من 5% ولذلك فأن مطراً مقداره 2 إنج سيتغلغل أكثر من 3 أقدام في الرمل ، وهذا ربما يكون عميقًا بما يكفي للتغلغل تحت نطاق الجفاف الفصلي في أجزاء من الكثبان .

لا يحدث تسرب واسع للمياه السطحية خلال الترب الصحراوية التي تحتوي كميات محسوسة من الطين . السطوح الصخرية أو الطينية الصلبة القاحلة المألوفة في العديد من المناطق الصحراوية تسيل عليها الأمطار حتي وإن كان مقدارها عدة أعشار من الإنج . وفي حالات نادرة ربما لا تحتوي المياه الجارية هذه على مواد عالقة . إلا أن الشائع هو تعرية كميات كبيرة من التربة والحطام السطحي من قبل المياه الجارية على هذه السطوح الصحراوية . وينتج عن ذلك مزيج مائي يتراوح بين الماء العكر جداً إلى الطين اللزج الجاري . إذا كان الماء الجاري قليل العكورة وكان مقر المجرى نفاذاً فأن المياه ستتسرب إلى الحصى والرمل في قعر القناة . جزء كبير من هذه المياه سيرجع ثانية إلى الجو بالتبخر.

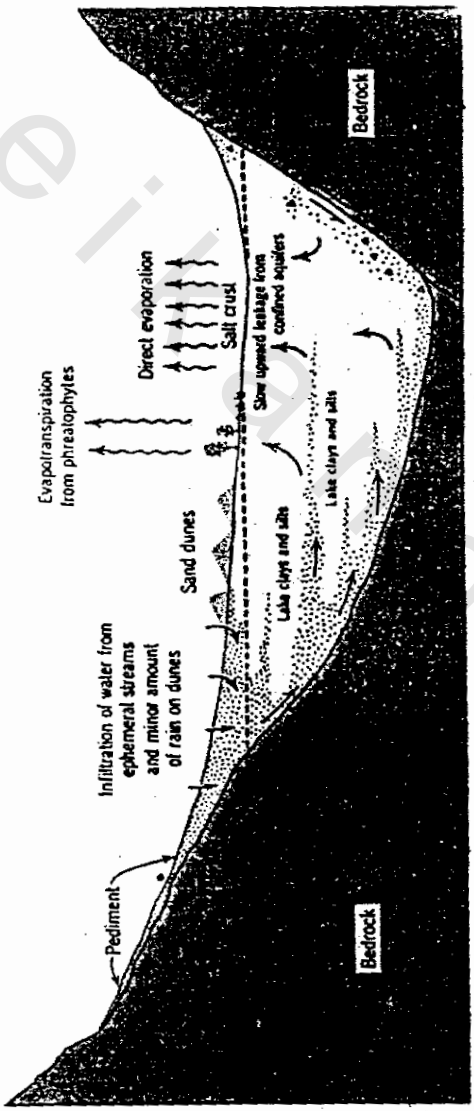
عندما يكون التسرب فعالاً فإنه يمكن أن تتغذى الخشارج التحتية . ربما معظم التغذية تحدث عندما يكون المجرى ضيقًا وليس في الأجزاء التي يتسع فيها المجرى ليغطي أجزاء كبيرة من السطح الصحراوي . وهذا يسبب التركيز الأعلى للمواد النفاذة عند المضايق وحقيقة أن المجاري الضيقة غالبًا ما تتلقى الجزء الأخير من المياه السطحية الجارية والمكونة من المياه المنصرف من حطام الفيضان المشبع والمترسب سابقًا والذي يعتبر خالي من العوالق تقريبًا .

ويعتقد أن معظم التغذية للمياه الأرضية في المناطق الصحراوية تمت خلال قعر المجاري السطحية . مناسيب المياه المسجلة في بعض الأماكن يمكن أن تساند هذا الاعتقاد . وقد أشارت بعض الدراسات إلى أن التغذية تحصل خلال أجزاء صغيرة محدودة من المنطقة التي تغطيها مياه الفيضان . وما يشير إلى التغذية الضئيلة للمياه الأرضية في الأراضي الصحراوية هي الأعماق البعيدة لهذه المياه في الأراضي العالية والميل الهيدروليكي المنبسط المألوف في المنطقة. ويمكن أن يكون الميل الهيدروليكي قليل جداً بحيث لا يمكن تمييز حواجز هيدروجيولوجية . إلا أن استثمار المياه الأرضية بشكل مفرط أدى إلى زيادة الميل الهيدروليكي بزيادة المياه المتحركة خلال الخشارج .

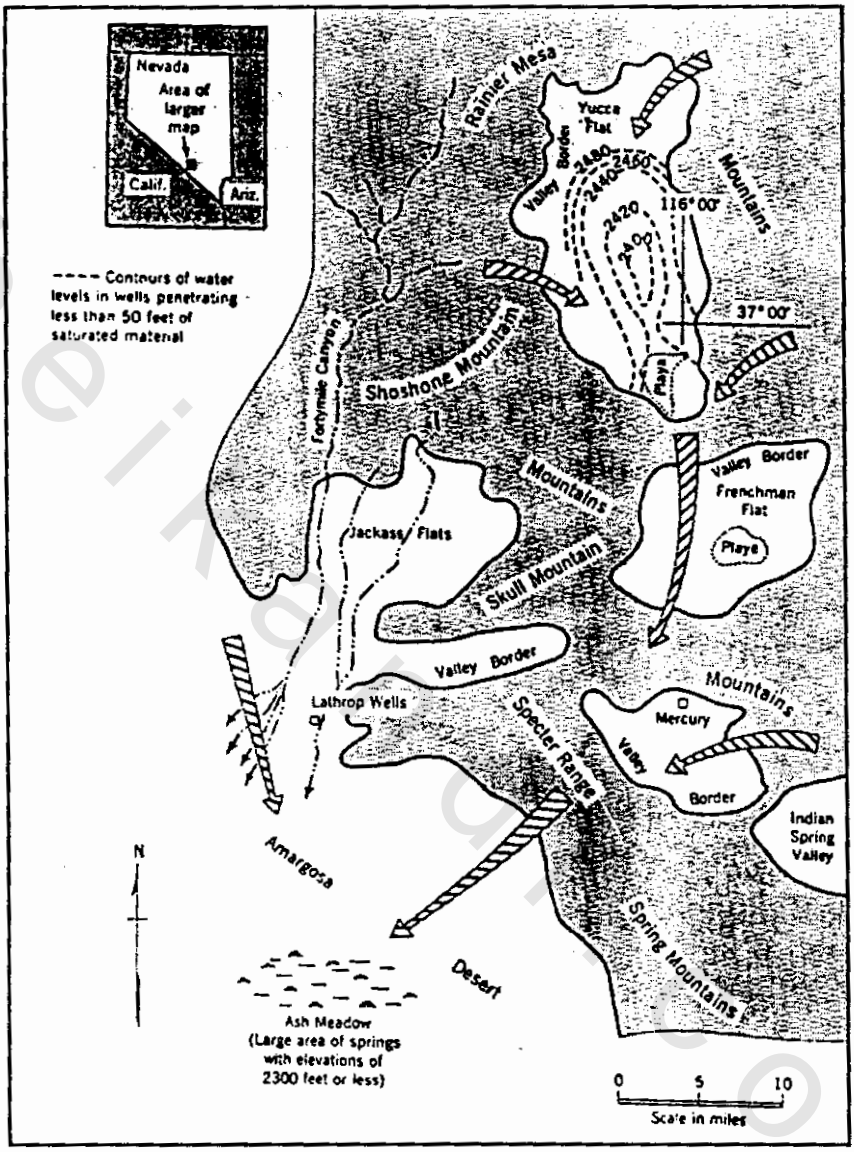
6 - 3 - 3 : دورة المياه الارضية :

العديد من الأحواض الصحراوية في غربي الولايات المتحدة مملوءة بالمياه حتى السطح وقسم منها بشكل بحيرات دائمة . إن المياه الراشحة إلى الأجزاء العليا من المراوح الطموية ستستهلك من قبل النباتات وبواسطة التبخر المباشر من التربة في الأجزاء الوسطية من الأحواض (الشكل 6 - 3) . وجد استثناء لهم لهذه الحالة العامة في جنوبي ولاية نيفادا الأمريكية . وهنا رغم الأمطار التي تتجاوز 10 إنجات على الجبال العالية فإن الأحواض لم تمتلئ ومستويات

المياه الأرضية في الآبار أكثر من 1000 قدم تحت سطح الوادي . هناك صخور منكسرة ذات تركيب معقد ونفاذية عالية تكفي لجعل هذه الصخور تعمل كمبزل تحتي في المنطقة ينقل المياه الأرضية إلى نقاط تصريف مختلفة (الشكل6 - 4) .



(الشكل 6 - 3) دورة المياه الأرضية في حوض مغلق بسيط في الصحراء الخط المنقط يبين منسوب المياه في الآبار إذا حفرت في هذه المنطقة .



(الشكل 6 - 4) دورة المياه الأرضية خلال صخور متكسرة جنوبي ولاية نيفادا الأمريكية . الخطوط الكنتورية المغلقة لمناسيب المياه ضمن الصخور البركانية المسامية والصخور الرسوبية ناتجة عن حركة المياه جزئيًا باتجاه نحو الأسفل إلى الحشارج التحتية ..

6 - 3 - 4 : نوعية المياه :

يلاحظ عمومًا أن النوعية الكيميائية للمياه الأرضية في المناطق الصحراوية رديئة بدرجة أكبر مما في المناطق ذات الأمطار الاعتيادية (الشكل 6 - 5) . إن العوامل التي تؤدي إلى زيادة المواد الصلبة الذائبة في المياه الأرضية هي :

الأول : الأملاح التي تحتويها مياه الأمطار والثلوج ستتركز عند السطح بسبب معدلات التبخر العالية ، لذلك ستجد الأمطار الثقيلة والفيضانات العرضية مصدراً جاهزاً للأملاح والمواد الذائبة كلما تسربت هذه المياه نحو الأسفل لتغذية المياه الأرضية .

الثاني : ترسبات الأملاح المدفونة التي ستذوب في المياه الأرضية غالبًا ما تكون منتشرة في الرسوبيات قرب السطح في المناطق الصحراوية .

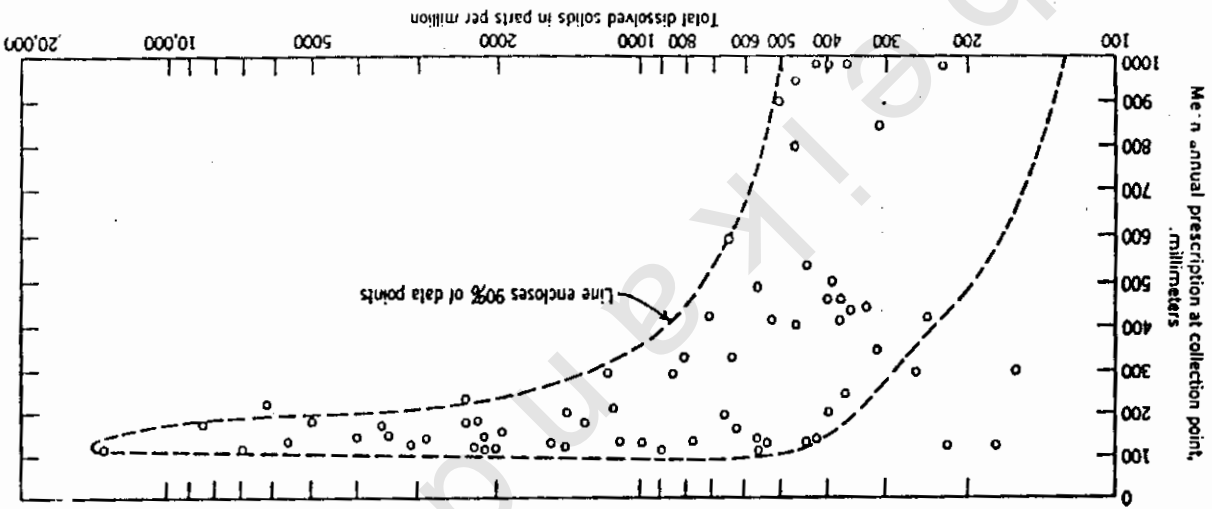
الثالث : الدورة البطيئة للمياه الأرضية تعمل على إبطاء حركة المياه الطبيعية الأرضية وبذلك تسمح بمزيد من الوقت لذوبان المواد القليلة الذوبان الملامسة للمياه الأرضية .

الرابع والأخير : يتركب الغبار الناعم في جزء منه من أملاح قابلة للذوبان والذي تثيره الرياح سيتراكم حتى يتم جرفه إلى التربة بالأمطار العرضية . إن مكونات الغبار الجاف المتساقط القابلة للذوبان تشكل مصدر المواد الصلبة الذائبة في المياه الأرضية للمناطق الصحراوية .

على أية حال تعتبر المياه الأرضية الصالحة للشرب نادرة في العديد من الصحاري . ويمكن وجود المياه قليلة الملوحة في العديد من المناطق الواسعة التي تعلم ساكنيها التعايش مع استعمال مياه تحتوي مواد ذائبة أكثر من

3000 جزء بالمليون . توجد المياه ذات المواد الذائبة الأقل بكميات صغيرة في الصخور المتحولة والبلوتونية المنكسرة وفي الرسوبيات المشتقة من هذه الصخور. هناك حشارج أخرى مناسبة هي النطاقات الواقعة عند قواعد الكثبان الرملية الكبيرة جداً . وفي حشارج البازلت والصخور الجيرية النفاذة في المناطق المكشوفة والتي تتغذى من خلال الأمطار .

إن أفضل المياه الأرضية الممول عليها من حيث النوعية هي المياه التي تأتي إلى المناطق الصحراوية بالوسائل الصناعية أو الطبيعية وتتحرك مسافات قليلة في الأجزاء تحت السطحية . وهناك أمثلة لهذا النوع من المياه موجودة في العديد من وديان غربي الولايات المتحدة ، وعلى امتداد نهر النيل، وغيرها.



(الشكل 6 - 5) العلاقة بين المعدل السنوي للأمطار والكمية الكلية للمواد الذائبة في 70 نموذج من المياه الأرضية في سوريا . التساقط هو للمساحة التي أخذ منها النموذج ويختلف في العديد من النماذج عن التساقط فوق منطقة التغذية .

obeikandl.com

6 - 3 - 5 : التحري عن المياه الأرضية :

توفر الأراضي الصحراوية عمومًا أفضل الفرص لتطبيق الطرق العلمية في دراسة المياه . البروزات الصخرية مكشوفة تمامًا وبدون مشاكل يسببها الغطاء النباتي كما في مناطق أخرى غير صحراوية . كما أن الاستيطان البشري قليل الكثافة في المناطق الصحراوية مما يتيح الفرص لاستخدام المتفجرات ولا توجد أية عوائق أخرى تجعل من مسوحات المقاومة الكهربائية صعبة . وأن نقاط التصريف الطبيعي للمياه الصالحة الواضحة من خلال أماكن تواجد النباتات . تستعمل الطرق الهيدروجيولوجية التقليدية في التحري عن المياه الأرضية في المناطق الصحراوية . ويتطلب العمل بعض التعديلات في طرق التشغيل بسبب الأعماق الكبيرة للوصول إلى الحشارج وبسبب عدم كفاية الآبار الموجودة لتعطي التحكم الچيولوچي والهيدرولوچي المطلوب . ويفضل استعمال الطرق الزلزالية مع آبار الفحص .

تعتبر النباتات واحدة من العلامات السطحية التي توصي بوجود المياه الأرضية . وتعطي المساحة الكلية للنمو النباتي فكرة عامة عن الكمية الكلية من المياه التي تتصرف إلى السطح . بعد تصنيف أنواع النباتات وتمييزها وقياس كثافة الغطاء النباتي يمكن الحصول على تقدير تقريبي . وحتى بدون هذا العمل ، قياس بسيط للمساحة من الصور الجوية يمكن أن يضرب بقيمة معقولة للنتح للحصول على تقدير أول للكمية . مثال ذلك ، إذا كانت مساحة مقدارها 250 أيكر مغطاة بنباتات كثيفة ، من المتوقع أن تتراوح قيمة النتح بين 2.0 إلى 7.0 قدم من المياه لكل سنة . إذا افترضت قيمة معقولة قدرها 3.5 قدم / سنة ، فأن التصريف المقدر سيكون 875 إيكر - قدم / سنة ، أي تصريف ثابت مقداره حوالي 540 غالون / دقيقة يكفي لتجهيز مدينة تعداد سكانها أكثر من ألف شخص .

كذلك تعطي النباتات بعض الدليل عن عمق المياه الجوفية . فالحشائش تنمو بقوة عندما يكون مستوى المياه الأرضية بصورة عامة أقل من 10 قدم تحت سطح التربة . وتنمو الشجيرات عندما يكون منسوب المياه الأرضية أقل من 30 قدم تحت السطح ، وتنمو الأشجار عندما يكون منسوب المياه الأرضية أقل من 90 قدم تحت سطح التربة . وهذه أرقام تقريبية بالطبع . تعتمد الأعماق الحقيقية على عرض الحافة الشعرية ، كمية المطر السطحي، أنواع النبات الحقيقية ، وعوامل أخرى . وتعطي النباتات النامية فكرة عن نوعية المياه أيضًا . فمثلاً ينمو الصفصاف والحور القطني عادة حيثما يكون الماء عذبًا.