الفصل التاسع

التغذية غير المباشرة للمياه الأرضية

في المناطق الجافة وشبه الجافة

9 - 1 تقديم

9 - 2 العمليات الفيزيائية التي تحكم حركة المياه الأرضية

9 -2-1 المياه الداخلة إلى المنطقة

9 -2-2 المياه الخارجة من المنطقة

9 - 3 الموازنة المائية والملحية في السهول الصحراوية

9 - 4 الاستنتاجات

9 - 5 مثال عن أثر التغذية غير المباشرة

9 - 1 : تقديم :

يشير مصطلح « التسرب المباشر Direct infiltration » إلى العملية التي بواسطتها تدخل المياه الجوية الأرض في موقع اصطدام هذه المياه بسطح الأرض، فيما يعني التسرب غير المباشر Indinect inf العملية التي بواسطتها (خلال الجريان السطحي) لجمع المياه الجوية بمجاري وأنهار أو منخفضات ومن ثم تدخل إلى الأرض . وتكافئ التغذية الإجمالية للمياه الأرضية كمية المياه التي تنصرف إلى الأسفل نحو المياه الأرضية . أما التغذية الصافية Net recharge فهي جزء التغذية الإجمالية الذي يصل منسوب المياه الأرضية ويسبب حركتها، أو بتعبير آخر أن كمية جريان المياه الأرضية تساوي كمية التغذية الصافية . ويمثل الفرق بين التغذية الإجمالية والتغذية الصافية الفقدان في المياه نتيجة عمليتي التبخر والنتح التي تحدث من القطاع غير المشبع بالمياه إضافة إلى ما يفقد بالقطاع المشبع .

وعليه فإن عمليتي التسرب والتغذية كلاهما يمثل حركة المياه عبر سطح يفصل بين وسطين :

* التسرب : من الجو إلى الأرض (الجو والأرض وسطين تتحرك بينهما المياه عبر السطح الفاصل) .

* التغذية : من القطاع غير المشبع إلى القطاع المشبع .

يمكن القول أن الصحاري تكونت نتيجة لاستلامها كميات ضئيلة من الأمطار . ومن الصعب أن نذكر هنا جميع العمليات التي تتضمنها التغذية والتصريف للمياه الأرضية أو كيفية تكوين كتل المياه الأرضية العذبة أو المالحة تحت الظروف الجافة وشبه الجافة . إلا أنه يمكن التركيز على مسألة تبادل المياه بين الغلاف الجوي والتربة والطبقات تحت السطحية ضمن الظروف القاسية

للصحاري . وبهذه الطريقة يمكن استنتاج طرق التنقيب الأكثر ملائمة للكشف عن وتحديد مصادر المياه الأرضية ذات القيمة والنوعية الجيدة .

في الفقرات التالية تبين العمليات الفيزيائية التي تتحكم بحركة المياه الأرضية في الصحاري المنبسطة والأهمية النسبية لهذه العمليات في تأثيرها وتأثرها بالقوى التي تعيق تلك الحركة .

* * *

9 - 2 : العمليات الفيزيائية التي تحكم حَرَكة المياه الأرضية :

تصنف العمليات الفيزيائية التي تؤثر على كمية وطبيعة وحركة المياه الأرضية على أساس كمية المياه إلى مجموعتين :

الأولى : كميات المياه الداخلة Input .

والثانية : كميات المياه الخارجة Out put .

ولكل عملية فيزيائية من هذه العمليات وظيفة معينة وتأثير خاص في الموازنة المائية للمنطقة موضوع البحث .

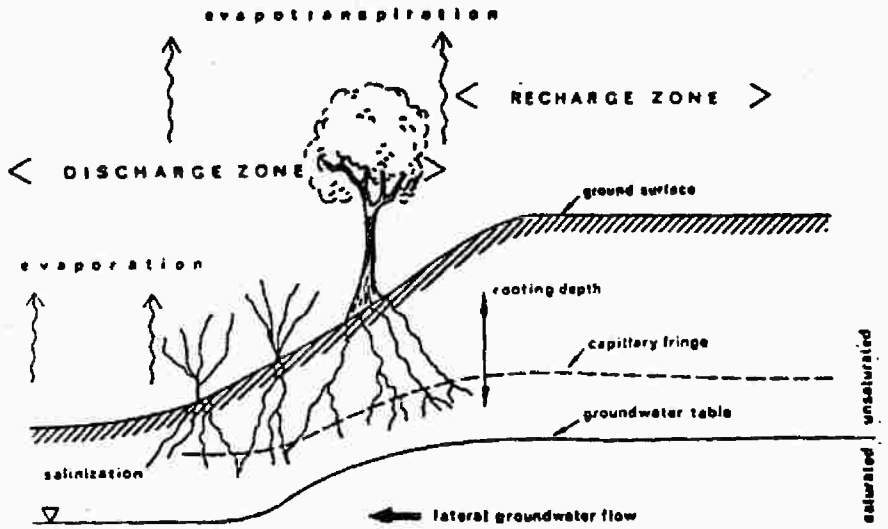
ومن الجدير بالذكر أنه ليست كل مياه داخلة تعتبر مفضلة في تكوين مصادر مياه عذبة قابلة للاستثمار ، ومن ناحية أخرى لا تعتبر كل كمية مياه خارجة ذات تأثير مضر على واقع مصادر المياه الأرضية .

كما نؤكد أن العمليات الفيزيائية التي نوضحها أدناه تعمل في أربعة قطاعات هي : 1 - الغلاف الجوي . 2 - سطح الأرض . 3 - قطاع الطبقات الأرضية غير المشبعة . 4 - القطاع المشبع . (لاحظ الشكل 9 - 1) .

ينبغي أن ندرك بأن أجسام المياه الأرضية تحت أي منطقة صحراوية معينة ليست محدودة من جميع الجوانب بحدود صماء لا تجري خلالها المياه (مع

استثناءات نادرة) . في معظم الحالات تنتهي المياه الأرضية (أدنى مستوى أوحد هيدروليكي لها) في نهر ، شاطيء بحري ، بحيرة ، أو في أرض سبخة بينما تبدأ المياه الأرضية (أعلى مستوى هيدروليكي) من منطقة التغذية التي تقع عادة في منطقة جبلية عالية وبعيدة عن المنطقة المستوية .

.لذلك لا يمكن أن تعتبر المناطق الصحراوية كوحدات هيدروديناميكية منعزلة. إنها تستلم جريان سطحي من المرتفعات الجبلية يدخل السهو بعد تجمعه في المناطق الجبلية ، هذا إضافة إلى الجريان تحت السطحي من المياه الأرضية الموجودة في المناطق المرتفعة المتاخمة لها .



(**الشكل 9 - 1**) العمليات الهيدرولوجية التي تؤثر بصورة مباشرة أو غير مباشرة على المياه الأرضية.

9 - 2 - 1 : المياه الداخلة إلى المنطقة :

إن الأمطار نادرة إلى نادرة جداً وعادة ما تنحصر في فصول مطيرة محدودة تتناوب مع فصول جفاف طويلة نسبيًا . وفي بعض الأحيان ، تشكل عواصف مطرية قليلة ذات كثافة عالية مجمل المطر السنوي تقريبًا .

إن مياه الأمطار غير نقية من وجهة النظر الكيميائية . إنها تحتوي على أيونات الصوديوم والكلور المشتقة من مصدرها الأصلي ، البحر ، أو من العواصف الترابية وخصوصًا التي تحتوي علي بخار الماء ، كما يمكن أن تحتوي على مواد أخرى سهلة الذوبان .

تساهم الأنهار المتكونة في الجبال والداخلة إلى السهول في الموازنة المائية للمناطق الصحراوية المنبسطة بدرجة كبيرة . حيث تتسرب المياه من مجرى النهر نحو الطبقات الأرضية التحتية أو خلال مواسم الفيضان من السهول المنعمرة نحو المياه الأرضية التي تقع تحتها مسببة تغذيتها .

أما المياه الأرضية الداخلة من خلال الحركة الجانبية (الأفقية) فهي تماثل تقريبًا تلك المياه الخارجة بالحركة الجانبية أيضًا .

* * *

9 - 2 - 2 : المياه الخارجة من المنطقة :

تعتمد عملية التبخر النتح على الطاقة الداخلة إلى المنطقة كأشعاع شمسي ورياح . عادة ما يتجاوز مقدار التبخر النتح كمية التساقط وفي معظم الحالات يتجاوز أيضًا كمية الماء السطحي النافذ إلى الأرض .

يحدث التبخر النتح في الأماكن التالية :

1 - من سطح الأرض ، من الأنهار ، الدرك والمستنقعات ، البحيرات ومن الترب الرطبة ومعظمه يتبخر .

2 - من القطاع غير المشبع وأكثره من خلال عملية النتح بواسطة النباتات.

3 - من النطاق المشبع (تحت مستوى المياه الجوفية) وكذلك بصورة أساسية من خلال عملية النتح .

أما الجريان السطحي من السهول الصحراوية فهو قليل جداً أو غير موجود أصلاً وذلك لعدم وجود تضاريس تؤدي إلى الجريان السطحي . إضافة إلى ذلك تتعرقل عملية الجريان السطحي من قبل الكثبان الرملية والمرتفعات الصغيرة يمكن توضيح الحركة الأفقية للمياه الأرضية بقانون باعتبارها حركة ثابتة حيث يعبر عن كمية الجريان الأفقي (Q) لكل وحدة عرض بالمعادلة التالية :

$$Q = K \times D \times G$$

حيث :

K = النفاذية .

D = سمك الحشرج .

G = الميل الهيدروليكي (الفرق بين الارتفاع الهيدروليكي خلال المسافة التي تقطعها المياه المتحركة) .

تتألف طبقات الأرض تحت السهول الصحراوية من مواد نفاذة تقريبًا . تعتمد نفاذية الوسط المسامي بدرجة رئيسية على حجم حبيبات المادة المكونة لذلك الوسط . تتميز المناطق الصحراوية بترسبات ناعمة الحبيبات كالطين والغرين والرمل الناعم ، ونادراً ما توجد مواد صخرية خشنة .

أما الميل الهيدروليكي فهو قليل جداً في المناطق المنبسطة ويظهر مما تقدم أن الحركة الجانبية أو الأفقية للمياه الأرضية في المناطق الصحراوية المنبسطة هي قليلة نسبيًا ونفس الشيء يقال للحركة الجانبية أو الأفقية للمياه الأرضية الداخلة إلى المنطقة لأنه الكمية الداخلة من المياه الأرضية هي اعتياديًا أكثر بقليل من المياه الأرضية وهذا الفرق البسيط يأتي نتيجة الميل الهيدروليكي

الأعلى عند إقدام الجبال المتاخمة من السهول الصحراوية ووفرة المواد الخشنة في حشارج تلك المناطق المحاذية للجبال .

* * *

9 - 3 : الموازنة المائية والملحية في السهول الصحراوية :

من غير معرفة الكميات العددية المضبوطة للمياه الداخلة والخارجة والتي تؤثر على الموازنة المائية في السهول الصحراوية ، فإنه يمكن استنتاج حقيقة مهمة وهي أن جميع العوامل التي تشجع الحركة الأفقية والجانبية للمياه (سواء كانت فوق أو تحت سطح الأرض) تقل فاعليتها بدرجة رئيسية نتيجة قدرة التضاريس التي تكسب المياه طاقة حركية . وهذا يعني أن الحركة الجانبية للمياه الأرضية لا تؤثر بدرجة كبيرة على الموازنة الكلية لمياه الأرض في حين تصبح الحركة العمودية للمياه هي السائدة التأثير . وهذا ينطبق تقريبًا على جميع المياه التي دخلت السهل الصحراوي حيث تغادره فقط من خلال عملية التبخر النتح تقريبًا . وخلال هذه العملية تترك جميع المواد الذائبة في المياه للتراكم داخل التربة مسببة في إرتفاع نسبة الأملاح المتراكمة . تلاحظ الأملاح المتراكمة بوضوح عند السطح أو قريبًا منه (خصوصًا في الأحواض والمسطحات) أي أنها تخزن في القطاع غير المشبع وقد تصل بصورة عرضية إلى المياه الأرضية حيث لا يمكن إزالة هذه الأملاح من المياه الأرضية إلا من خلال البزل أو الجريان الأفقي الخارج من المنطقة . إن كل من عمليتي التسرب والتبخر النتح تتضمن حركة عمودية للمياه وتلعب الدور الأكثر أهمية في تكوين المياه الأرضية في المناطق الصحراوية وفي تحديد نوعيتها وكلا العمليتين تعاكس إحداهما الأخرى . لغرض توضيح دور كل من العمليتين (التسرب والتبخر النتح) ينبغي أولاً توضيح تلك العوامل التي تقف ضد التغذية الصافية للمياه الأرضية .

إن النفاذية العمودية المنخفضة للتربة ستعرقل بالتأكيد عملية التسرب . تعرف السعة الحقلية على أنها كمية المياه التي تستطيع التربة الجافة تمامًا الاحتفاظ بها ضد القوة الجاذبية الأرضية بحيث لا تصرف هذه المياه في التربة بفعل الجاذبية . ويمكن التعبير عن السعة الحقلية بعمق المياه (إنج أو ملي متر) لكل وحدة عمق للتربة (قدم أو متر) . الجدول (9 - 1) يبين السعة الحقلية للأنواع مختلفة من الترب .

في المناطق الصحراوية الحارة ، يمكن اعتبار المتر الأول (على الأقل) جافًا من الناحية العملية عند نهاية موسم الجفاف . لذلك من الواضح ، إن جزءاً بسيطًا من الأمطار المتساقطة بعد الجفاف يبقى لينزل بفعل الجاذبية نحو الأسفل بعد تشبع التربة إلى حد السعة الحقلية ، أو ربما لا يبقى شيء من الأمطار الساقطة ينبغي عن حاجة التربة (المتر الأول) للوصول إلى السعة الحقلية.

نوع التربة	السعة الحقلية Mches/ foot	(m m / m)
Sond	1.2	100
Five sond	1.5	125
Sandy loam	1.9	158
fine sandy loam	2.5	202
loam	3.2	207
Silty loam	3.5	302
light clayey loam	3.7	315
Clayey loam	3.8	317
Heavy clayey loam	3.8	317
Clay	3.9	325

(الجدول 9 - 1) المياه التي تمسكها أنواع مختلفة من الترب (السعة الحقلية) .

إن عملية التبخر - النتح تستنفذ معظم أو جميع المياه من التربة مرة ثانية. وهذا التأثير يلاحظ بقوة في توازن (المياه - التربة) السنوي الكلي عندما تكون الفترات بين العواصف المطرية المتعاقبة طويلة بحيث تسمح لعملية التبخر النتح بإزالة معظم أو كل رطوبة التربة المتجمعة . ومن ثم يتطلب من التربة تجميع رطوبة تكفي للوصول إلى السعة الحقلية مرة أخرى . ولا ينحصر تأثير عملية النتح - التبخر على النطاق غير المشبع فقط . إذ أن كمية معينة من المياه الأرضية تفقد أيضًا إلى عملية التبخر - النتح ، وتعتمد هذه الكمية على منسوب المياه الأرضية وعمق وجذور النباتات النامية في المنطقة .

يجب ملاحظة أن معظم النباتات الصحراوية تمتد جذورها عميقًا لتأمين الكمية الكافية من المياه لنموها . وفي هذه الحالة يعتبر سمك الحافة الشعرية (ارتفاع المياه بالخاصية الشعرية) ، لاحظ الشكل (2 - 1) ذو أهمية خاصة لأن هذه الحافة تقع مباشرة فوق المياه الأرضية وتأخذ مياهها منها لتصل إلى النطاق غير المشبع . وبصورة عامة ، كلما كانت حبيبات التربة ناعمة أكثر كلما ازداد سمك الحافة الشعرية .

* * *

9 - 4 : الاستنتاجات :

يستنتج مما تقدم ما يلي :

1 - يزداد محتوى المياه الأرضية من الأملاح نتيجة ذوبان المواد القابلة للذوبان والموجودة في المواد العالقة والمواد التي تتخللها المياه الأرضية إضافة إلى الأملاح التي تأتي بها مياه الأمطار ومياه الأنهار .

2 - الطريقة الوحيدة التي يمكن بواسطتها إزالة الأملاح المتراكمة في

المنطقة الصحراوية وفي مياهها الأرضية هي الجريان الجانبي أو الأفقي (سواء كان سطحيًا أو ضمن المياه الأرضية) .

3 - ينخفض الجريان الأفقي أو الجانبي إلى أقل قيمة بسبب قلة الميل الهيدروليكي وبسبب النفاذية الواطئة عندما يكون الجريان الجانبي متعلق بالمياه الأرضية .

4 - الحركة العمودية للمياه هي السائدة في المناطق الصحراوية (إلى الأعلى بواسطة عملية التبخر - النتح وإلى الأسفل بواسطة عملية التسرب) .

5 - التسرب إلى المياه الأرضية (التغذية الصافية) يتضائل بسبب السعة الحقلية العالية نسبيًا للرسوبيات في المنطقة وبسبب العمق الكبير الذي يقع تحت تأثير عملية التبخر - النتح .

كما يلاحظ أيضًا أن التبخر - النتح الكامل يتجاوز كثيراً التساقط السنوي ، وأن كمية المياه اللازمة لتحقيق السعة الحقلية هي أعلى من كمية المياه المتجمعة للمعدل الأمطار الساقطة . إن المياه الراشحة خلال العواصف المطرية الشديدة الاستثمارية هي فقط التي ستصل إلى المياه الأرضية . ومثل هذه الحالات ستذوب الأملاح المتراكمة في القطاع غير المشبع ونفس نحو الأسفل إلى المياه الأرضية .

جميع الظروف والحالات التي ذكرت أعلاه تشبع تراكم الأملاح في المناطق الصحراوية وزيادة نسبتها في مصادر المياه الأرضية . وأصبح من الواضح أن تجمع المياه الأرضية العذبة يمكن أن يحدث في الأراضي الصحراوية المستوية تحت ظروف خاصة أهمها :

1 - يجب أن تتوفر الفرصة المناسبة للمياه الجوية لكي تتجمع على سطح

الأرض وتغمر منطقة معينة تترشح من خلالها هذه المياه المتجمعة إلى الأسفل نحو المياه الأرضية .

2 - يشترط أن تكون النفاذية العمودية للطبقات الأرضية تحت المياه الراكدة عالية بما يكفي لتغلغل المياه إلى الأسفل حتى تصل مستوى المياه الأرضية حيث ستكون عدسات ضخمة من الماء العذب فوق المياه الأرضية المالحة .

3 - يجب أن تكون المياه عميقة لمنع عملية التبخر - النتح التي تؤثر على المياه الأرضية العذبة بالشكل الذي يزيد من تركيز الأملاح فيها .

إن الأشكال المورفولوجية التي تسمح بحدوث التغذية الغير مباشرة للمياه الأرضية تتضمن ما يلي :

1 - مجاري الفيضان الومضي .

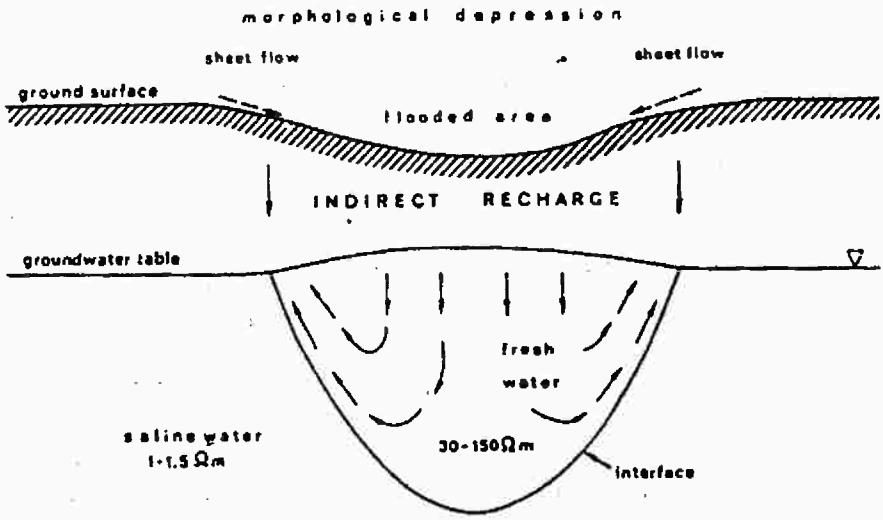
2 - مجاري الأنهار المتروكة .

3 - المنخفضات الضحلة .

4 - الوديان بين الكثبان الرملية .

يمكن أن تتكون مياه عذبة واسعة بحجوم كبيرة تحت السهول في أحواض الأنهار التي تجري نحو الصحراء (وهي حالة خاصة للتغذية غير المباشرة) .

إن عملية تكوين عدسات من المياه العذبة ليست عملية منفردة ومنعزلة . تثبت العدسات بتوازن ديناميكي بواسطة التغذية المستمرة من الأعلى (لاحظ الشكل 9 - 2) وأن شكل العدسات هو انعكاس لهذا التوازن . وإذا لم يثبت التوازن بأمطار متقطعة فإن العدسات سوف تنبسط وسوف تتلوث المياه العذبة بانتشار الأملاح فيها من المناطق المجاورة .



(الشكل 9 - 2) عدسات المياه العذبة تحت منخفض مورفولجي .

9 - 5 : مثال عن أثر التغذية غير المباشرة :

نورد هذه الأمثلة لتوضح طرق الكشف والاستثمار للمياه الأرضية العذبة :
هذا المثال يوضح دراسة المياه الأرضية لسهل بامبا Pampa في الأرجنتين .

معلومات عامة :

معدل التساقط السنوي 800 ملم

موسم الأمطار أيلول إلى آذار

التبخر - النتح الكامن حوالي 1200 ملم / سنة .

الغطاء النباتي حشائش ، مراعي مع بعض المحاصيل الحقلية .

أما الوضع الهيدرُوجيولوجي للمنطقة (لاحظ الشكل 9 - 3) فإن الجزء الأعلى من الطبقات الرسوبية تحت سهل البامبا والتي يتراوح سمكها بين 60-150 متر فهي رسوبيات هوائية Colian (جلبتها الرياح) العواصف الغبارية القادمة

من المناطق المواجهة لجبال الأنديز قد نقلت ولا زالت تنقل كميات هائلة من المواد ذات الحبيبات الناعمة مما أدى إلى تكوين ترب اللويس (Loess ترب نقلتها الرياح) بسمك كبير نسبيًا في سهل البامبا تلي هذا الجزء طبقات من الرمل والغرين غير متماسكة سمكها يتراوح بين 20 - 80 متر ، ويقع تحت هذه الطبقات رسوبيات ذات نفاذية منخفضة جداً ، اعتبرت على أنها الطبقة الصماء التي تحد المياه الأرضية من الأسفل .

إن حركة المياه الأرضية الأفقية الجانبية خلال الجزء الأعلى (60 - 150) متر تحت سهل البامبا بطيئة جداً بحيث يمكن إهمالها في الأجزاء اللويسية النقية ، في حين أن النفاذية في الجزء المتكون من الرمل والغرين (الطبقة ذات السمك 20 - 80 متر) عالية نسبيًا وتسمح بحركة المياه الأرضية إلى خارج المنطقة مما يسهل حركة الأملاح وغسلها إلى خارج المنطقة أرضيًا .

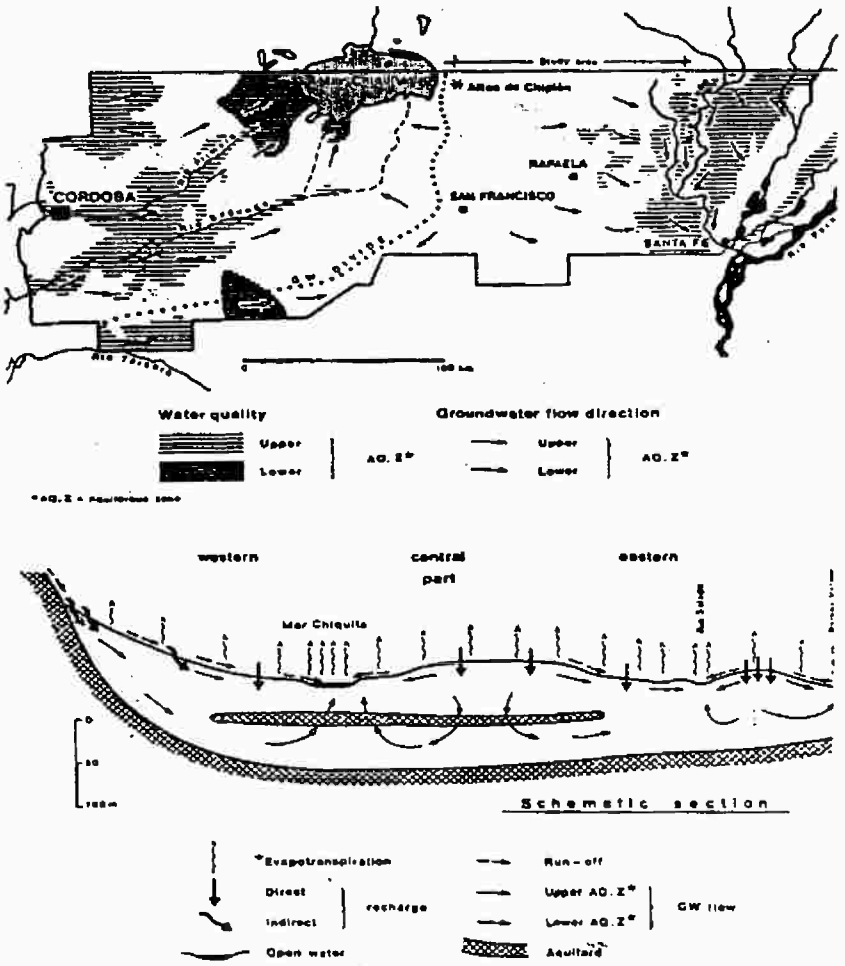
يمكن تقسيم سهل بامبا ضمن منطقة الدراسة إلى أربع وحدات من النواحي المورفولوجية والجيولوجية والهيدرولوجية وكما يلي :

1 - الجزء الغربي المحاذي للمناطق العالية والشديدة الانحدار . وهذا الجزء يتأثر كثيراً بالمواد الرسوبية الخشنة والمياه العذبة من خلال الأنهار التي تدخل السهل من الغرب . لذلك فإن تأثير الأنهار يكون من ناحيتين الأولى ترسيبها مواد أكثر نفاذية ، والثانية تساهم هذه الأنهار في مصدر المياه الأرضية العذبة للسهل .

2 - الجزء الوسطي لسهل البامبا . وهو أكثر أجزاء السهل انبساطًا . تتضمن الرسوبيات الحديثة 60 متر لويس غير متأثرة بالعمليات النهرية بصورة كلية . وتتلقى هذه المنطقة المياه من الأمطار فقط . يمكن أن يحدث الجريان السطحي فقط في الأجزاء الشرقية والغربية حيث يوجد الميل الضروري لهذا الجريان .

3 - نقل الأملاح خارج المنطقة يكون ممكنًا فقط عن طريق الحشارج العميقة.

4 - الجزء الشرقي ويحاذي مباشرة الجزء الوسطي وتظهر عليه بوضوح آثار التعرية التي تسببها روافد نهر بارانا ويوضح هذا الجزء من السهل العلاقة بين العمق إلى المياه الأرضية ودرجة ملوحتها .



(الشكل 9 - 3) هيدروجيولوجية سهل بامبا في الأرجنتين .

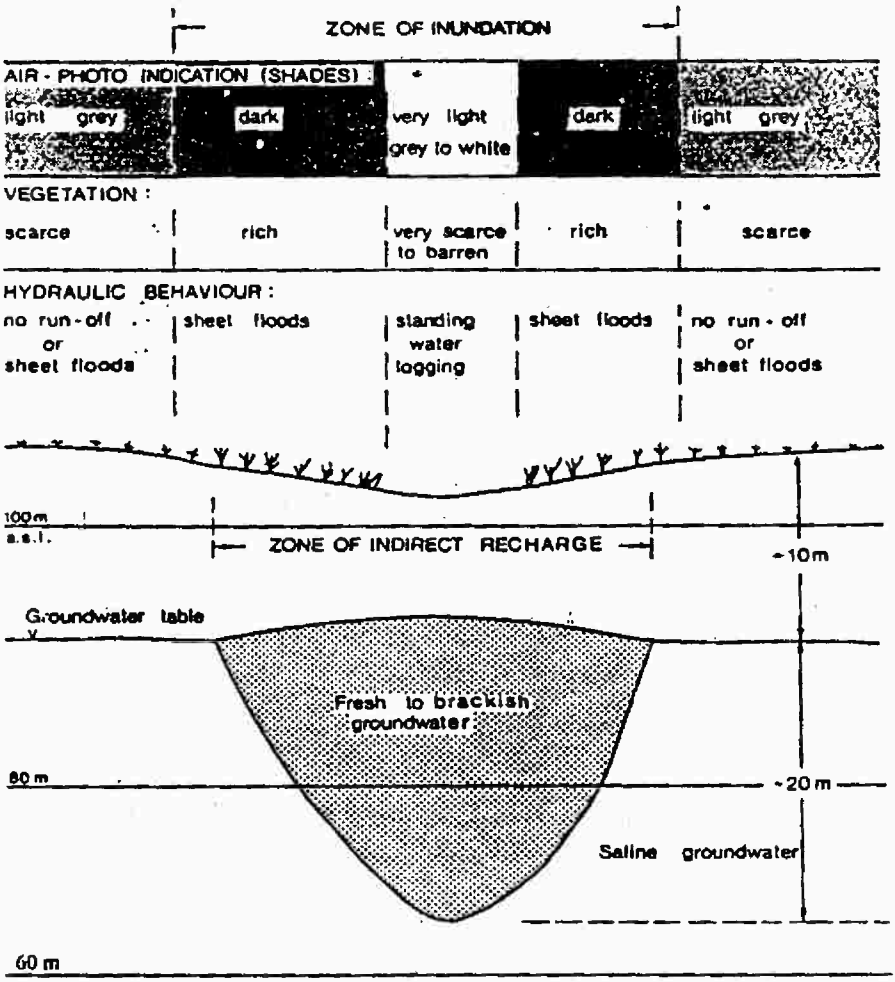
9 - 5 - 1 : الكشف عن المنخفضات المورفولجية ودورها الهيدرولوجي :

من خلال دراسة الصور الجوية اتضح وجود معالم جيومورفولجية لم تكن معروفة للباحثين في المنطقة . ويمكن تفسير الظواهر الجيومورفولجية من حيث شكلها ومظهرها كما يلي :

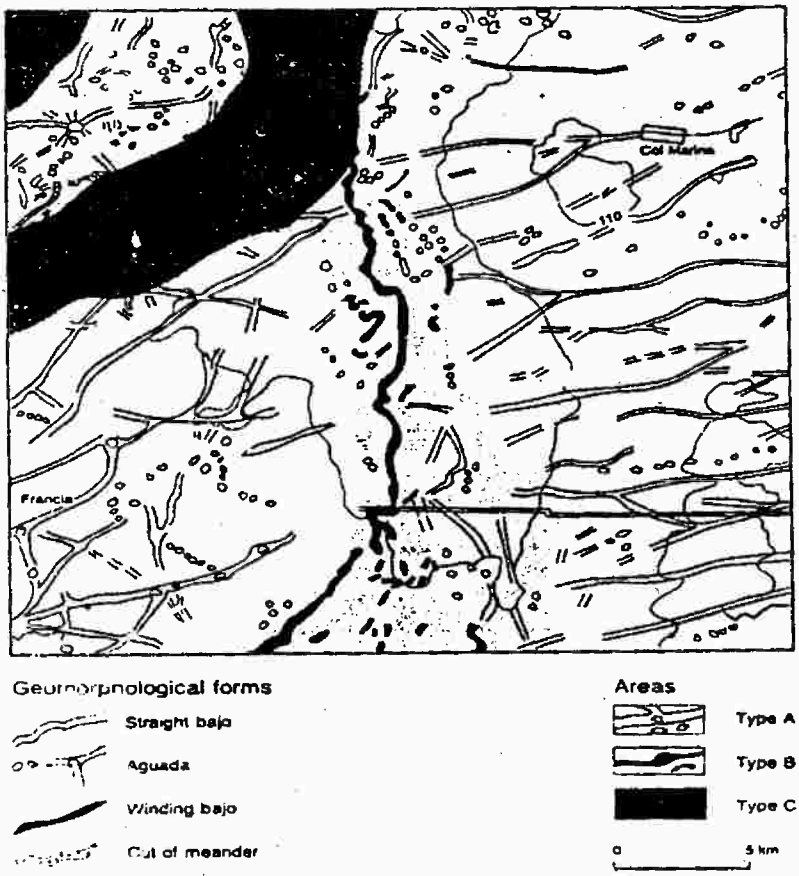
تظهر المنخفضات في الصور الجوية على شكل شرائح طويلة حوالي 4 كيلو متر طول و 200 متر عرض . ومعظمها يسير بصورة متوازية بين شريحة وأخرى حوالي 4 كم . وكل شريحة تتكون من شريحتين سوداء اللون تفصل بينهما شريحة أخف لونًا . والشكل (9 - 4) يوضح هذا التفسير .

إضافة إلى ذلك فإنه خلال المسح الهيدروجيولوجي للمنطقة وجد أن السكان المحليين يعرفون أهمية هذه المعالم المورفولجية ، إنهم لاحظوا بأن المياه تتجمع أحيانًا في هذه المنخفضات الصغيرة في السهل ويطلقون عليها اسم - « باجو bajos » .

بعض السكان المحليون يقدرون قيمة هذه الباجو كمصدر للمياه الأرضية العذبة التي تحيط بها مياه مالحة . وبذلك فهم يحفرون آبارهم في هذه المنخفضات (في محور الشريحة عادة) الشكل (9 - 5) يوضح ثلاثة أنواع من المناطق المختلفة مورفولوجيا والمألوفة في الجزء الوسطى والجزء الغربي من سهل بامبا .



(الشكل 9 - 4) تفسير الصور الجوية لمنخفض فورفولجي « باجو » مع توزيع التغذية غير المباشرة . الشريحتان السوداوات تمثلان مناطق غنية للنباتات مقارنة بالغطاء النباتي في السهل المنبسط. تقع هذه الشرائح عند حافات المنطقة المغمورة بالمياه من المنخفض « الباجو » وهذا الجزء ينغمر بالمياه لفترة قصيرة نسبيًا نتيجة فقدان المياه المتجمعة بالتسرب نحو الأسفل . في الجزء الوسطى من الباجو « المنخفض » من المحتمل أن تبقى المياه لفترة أطول مما يؤدي إلى تغدق التربة الذي يمنع نمو النباتات . لقد أشارت نتائج الدراسات الحقلية الهيدروجيولوجية إلى أن عرض عدسات المياه الأرضية العذبة تحت الباجو تساوي المسافة بين الحافات الخارجية للشريحتين السوداوين .



(الشكل 9 - 5) المعالم الجيومورفولجية في سهل الياميا كما فسرت من الصور الجوية .

منطقة النوع A : مورفولوجيًا ، أقدم نوع من المنطقة يتكون من ترسبات هوائية (لويس) . والأشكال الجيومورفولجية المميزة الوحيدة هي منخفضات (باجو) طويلة مستقيمة تقريبًا مع قطع وفضلات من المنخفضات الطويلة على شكل دوائر متسلسلة .

منطقة النوع B : هي أحدث من النوع A ومنخفضة طوبوغرافيًا مع مياة أرضية قريبة من السطح . وذات ترسبات هوائية كما في A . وفي هذه المنطقة تسمى المنخفضات المورفولوجية « باجو » أيضًا من قبل الأهالي إلا أنها ذات تأثير هيدروليكي معاكس لمنخفضات النوع A وذلك لأنها تعمل كمبازل لصرف المياه خارج المنطقة عكس منخفضات النوع A التي تغذي المياه الأرضية .

منطقة النوع C : هذا الجزء يقع ضمن المنطقة التي تتعرض للغمر بمياه الفيضان القادمة من الأنهار التي تدخل السهل من الغرب . حيث أن المعالم القديمة الموجودة في نوع A ونوع B غير موجودة في النوع C ، إذا إن المعالم السائدة في هذا النوع أحدث من غيرها .

9 - 5 - 2 : توزيع المياه الأرضية المالحة والعذبة في وحول المنخفضات المورفولوجية :

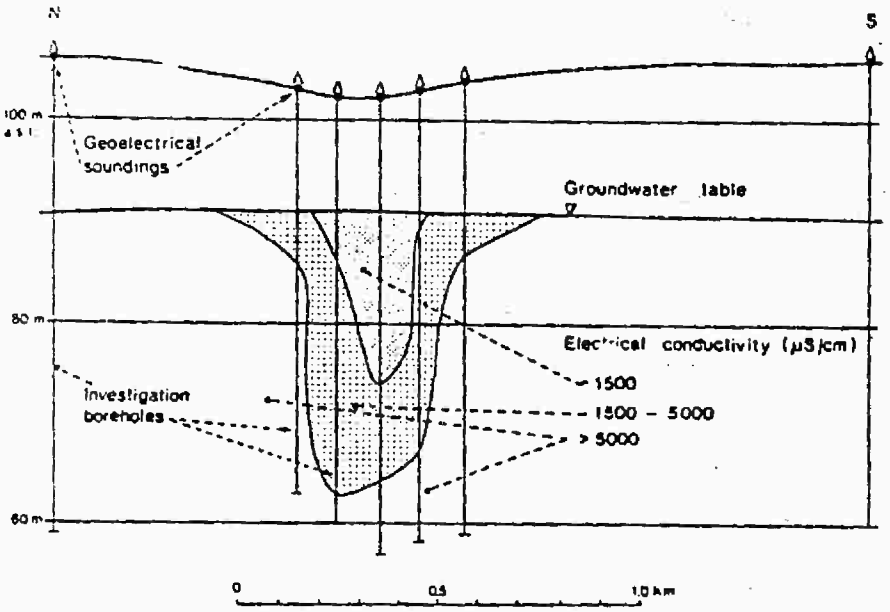
بعد الكشف عن العلاقة بين المنخفضات المورفولوجية وتواجد المياه الأرضية العذبة تم إجراء دراسة هايدرولوجية مفصلة غطت جميع المساحة موضوع البحث في سهل بامبا . ثم أخذ نماذج من المياه الأرضية في الآبار المحفورة في المنطقة لغرض تحليل نوعية تلك المياه وكانت النتائج :

وجد إن المياه الأرضية للآبار الضحلة المحفورة ضمن المنخفضات المورفولوجية تحتوي على ملوحة أقل من الآبار المحفورة في السهل المنبسط حتى وإن كانت قريبة من الباجو .

لأجل إيجاد الشكل الهندسي لعدسات المياه العذبة تحت المنخفضات المورفولوجية وتوزيع الملوحة ضمن هذه العدسات نفسها . ثم إجراء دراسة عن طريق حفر آبار الفحص والطرق الجيوكهربائية وفحوصات الضخ في المنطقة . كما تم الاستفادة من الخرائط والطوبوغرافية (مقياس 50000 : 1 الفرق بين خط كنتوري وآخر 1.25 م) لتحديد المعالم المورفولوجية للمنطقة .

تم حفر 24 بيزومتر بعمق يتراوح من 40 إلى 50 متر وأجريت خلال الحفر قياسات مستمرة للإيصالية الكهربائية . كما تم إجراء فحوصات جيوفيزيائية لبيزومترات منتخبة داخل وقرب المنخفضات (الباجو) .

الشكل (9 - 6) يوضح مقطع عمودي لعدسة مياه عذبة تحت أحد المنخفضات حيث يتضح أن المياه الأرضية ذات النوعية الأفضل توجد تحت محور المنخفض (تحت المركز) . ويلاحظ التداخل بين المياه العذبة والمالحة حيث لا يوجد حد فاصل واضح بينهما ، لذلك يوجد قطاع وسطي ذو مياه متوسطة الملوحة .



(الشكل 9 - 6) مقطع عمودي خلال عدسة مياه أرضية عذبة تحت الباجو (منخفض مورفولوجي) .

المراجع

المراجع الأجنبية

References

1. SENGPIEL, K.P. (1986) : Groundwater Prospecting by multifrequency airborne EM techniques - Geological survey of Canada, Paper 86 - 22 "Airborne Resistivity Mapping".

2. SENGPIEL, K.P. (1988) : Approximate inversion of airborne EM data from a multilayered ground. - Geophys. Prosp., 36; 446 - 459.

3. GLOVER, R.E. (1964) : The Pattern of fresh water flow in acoastal aquifer. - Geological survey water - Supply paper, 1613-C: 32-34; washington.

4. SCHMORAK, S. - A. MERCADO (1969): VPconing of freshwater- Sea water interface below pumping wells. - Water Resources Research, 3, 8: 1290 - 1311.

5 - ORSON & HANSEN, UTAH STATEUNIVERSITY, : Irrigation Principles and Practices, Third Edition.

المراجع العربية :

1 – الدكتور عدنان النقاش ، الدكتور مهدي محمد علي الصحاف : «الجيومورفولوجي » مطبعة جامعة بغداد 1989 .

2 – الدكتور أحمد سعيد حديد ، الدكتور مهدي محمد علي الصحـ ف ، الدكتور وفيق حسين الخشاب : « علم الجيومورفولوچيا » (1980) .

3 – الدكتور حسن سيد أحمد أبو العينين : « أصول الجيومورفولوچيا » .