# حلقة العمل القومية حول حصاد المياه والتغذية الجوفية الاصطناعية في الوطن العربي

مـــــارس 2013م

سلطنة عمان

# التقديـــم

تكتسب قضية الأمن المائي أهمية خاصة في المنطقة العربية بحكم طبيعة موقعها وامتداد معظم أراضيها عبر مناطق جافة وشبه جافة تتسم بندرة المياه وتواتر فترات الجفاف، التي زادت حدتها بسبب التغيرات المناخية، التي تأثرت بها كثيراً معظم مناطق العالم بما فيها المنطقة العربية، حيث كانت التأثيرات كبيرة إلى حدٍ ما، وبخاصة على معدلات الهطول المطري. وتشير بعض التوقعات المستقبلية إلى أن كميات الهطول المطري خلال الخمسين عاماً المقبلة سوف تنخفض بنسبة 20% عمّا هي عليه الآن في معظم أقاليم الوطن العربي.

ولعل ما زاد من اتساع الفجوة المائية وضاعف من ارتفاع مستوى العجز في مواردها المتجددة، السحب الجائر والاستنزاف العشوائي للمياه الجوفية، التي يتم استهلاكها بإسراف واستخدامها بإفراط في النشاط الزراعي، الذي يستهلك ويستحوذ على النسبة الأكبر من استخدامات المياه المتاحة والمتجددة وبخاصة الجوفية منها. وقد أدى ذلك كله إلى تراجع وانخفاض منسوب المياه الجوفية ومخزونها الإستراتيجي وبالتالي على مستقبل الأمن المائي والغذائي في المنطقة العربية والذي يعتبر جزءاً لا يتجزأ من أمن واستقرار شعوب المنطقة، فالمياه كانت ومازالت وستظل مصدر الحياة وأساس استمراريتها وعنصر ديمومتها وعامل أمنها واستقرارها وتطورها.

فمن خلال الجهود والمساعي المتواصلة التي تبذلها المنظمة العربية للتنمية الزراعية في مجال حماية وتنمية الموارد المائية العربية، وإدراكاً منها بأهمية استخدام تقانات حصاد المياه في دعم الموارد المائية للتصدي لظاهرة ندرة وشح المياه في المنطقة، ضمنت المنظمة خطتها السنوية العديد من الأنشطة التي تعنى بالموارد المائية واستخداماتها في الزراعة، وكذلك اهتمت برفع كفاءة العاملين فيها وتنمية مهاراتهم في هذا المجال، ومنها هذه الحلقة المهمة والتي عقدت بالتعاون مع وزارة البلديات الإقليمية وموارد المياه والجمعية العمانية للمياه بسلطنة عمان خلال الفترة 15 ـ 2012/12/17م في مدينة مسقط وبمشاركة فاعلة من الخبراء والمسؤولين في مجال حصاد المياه والتغذية الجوفية الاصطناعية في الدول العربية.

وتنتهز المنظمة هذه السانحة لتتقدم بعظيم تقديرها وشكرها إلى وزارة البلديات الإقليمية وموارد المياه والجمعية العمانية للمياه بسلطنة عمان على استضافتها لهذه الحلقة والتعاون في إنجاحها، والشكر أجزله للخبراء والعلماء الذين شاركوا بفاعلية في أعمالها، وإلى كل من ساهم في الترتيبات التنفيذية لهذا النشاط، آملين أن يسهم في تعزيز العمل العربي المشترك في مجال حماية وتنمية الموارد المائية في المنطقة العربية.

**والله ولـي التوفيق ،،،،**

**الدكتور/ طارق بن موسى الزدجالي**

**المـــدير العـــام**

# المحتويـــــات


| الموضـــوع | رقم الصفحة |
|---|---|
| التقديم | أ |
| المحتويات | ب |
| **فعاليات اليوم الأول** | 1 |
| **فعاليات اليوم الثاني** | 3 |
| **الملاحـــق** | |
| ملحق رقم (1) أسماء المشاركون | 5 |
| ملحق رقم (2) الكلمات | 9 |
| - كلمة معالي الدكتور طارق بن موسى الزدجالي - مدير عام المنظمة العربية للتنمية الزراعية | 9 |
| - كلمة وزارة البلديات الإقليمية وموارد المياه بسلطنة عمان | 10 |
| - كلمة المهندس/ زاهر بن خالد بن سليمان السليماني - رئيس الجمعية العمانية للمياه | 12 |
| ملحق رقم (3) الأوراق التي قدمت خلال اللقاء | 15 |
| - الأوراق المحورية | 15 |
| - الأوراق القطرية مرتبة هجائياً | 146 |

# المداولات والتوصيات

# فعاليات اليوم الأول

## الجلسة الافتتاحية:

عقدت المنظمة العربية للتنمية الزراعية حلقة العمل القومية حول حصاد المياه والتغذية الجوفية الاصطناعية في الوطن العربي بالتعاون مع وزارة البلديات الإقليمية وموارد المياه والجمعية العمانية للمياه بمدينة مسقط- سلطنة عمان في الفترة 2 - 4 صفر 1434هـ الموافق 15 - 17ديسمبر 2012م تحت رعاية كريمة من سعادة المهندس علي بن محمد العبري وكيل وزارة البلديات الإقليمية وموارد المياه لشؤون موارد المياه وبمشاركة كبار المسؤولين عن قطاعات حصاد المياه والهيدرولوجيا بالدول العربية و نخبة من الخبراء والباحثين المختصين العرب.

**أهداف حلقة العمل:**

- فهم ديناميكية عملية التغذية الجوفية الاصطناعية.
- توفير منتدى لعرض دراسات وتجارب حصاد مياه الأمطار والتغذية الاصطناعية.
- توفير منصة لتبادل الأفكار والخبرات والمفاهيم المتعلقة بالتغذية الجوفية الاصطناعية وحصاد المياه.
- الخروج بتوصيات ومقترحات لتعزيز العمل في مجال تقانات حصاد المياه والتغذية الجوفية.
- استخدام نظم المعلومات الجغرافية لتسهيل عملية حساب كمية التغذية الجوفية للمياه.
- التغيرات المناخية وأثرها في كمية التغذية الجوفية.
- آليات التقييم والمراقبة لمنسوب الماء الجوفي ونوعية المياه.
- حصاد مياه الأمطار والتغذية الجوفية الاصطناعية.
- منشآت حصاد المياه: السدود بأنواعها (التصميم والتشييد والصيانة) والحفائر (التصميم والإنشاء والتشغيل).

**سير أعمال حلقة العمل:**

ناقشت الحلقة خلال أيام انعقادها الثلاثة (15- 17/12/2012) عدد (24) ورقة عمل وُزعت على خمس جلسات تم خلالها الوقوف على الجهود العربية المبذولة في مجال حصاد المياه والتغذية الجوفية الاصطناعية .

**جلسة العمل الأولى:** من الساعة 10:30 - 12:30.

رئيس الجلسة: المهندس/ سالم بن حميد الشبلي مدير عام تقييم موارد المياه بوزارة البلديات الإقليمية وموارد المياه لشؤون موارد المياه.

مقرر الجلسة: الدكتور/ عبد الوهاب السيد عامر .

**قدمت خلال هذه الجلسة (6) أوراق عمل بيانها كالتالي:**

- ورقة حول الجمعية العمانية للمياه ( المهندس/ زاهر بن خالد السليماني).
- ورقة حول تقييم كفاءة سدود التغذية الجوفية للمياه في سلطنة عمان ( المهندس /منير سعود الزدجالي).
- ورقة حول تجميع وحصاد المياه الجوفية الاصطناعية بحوض قالمة بوشقوف في الجمهورية الجزائرية (المهندس/ محمد زين الدين زموشي ).
- ورقة حول حصاد المياه والتغذية الجوفية الاصطناعية في دولة الإمارات العربية المتحدة (السيد /ناصر عبده محمد السفاري).
- ورقة حول حصاد المياه والتغذية الجوفية في مملكة البحرين) المهندس/ حسن علي الذوادي).
- ورقة حول حصاد المياه والتغذية الجوفية في الجمهورية التونسية (المهندس/ نجيب السعدي).

**جلسة العمل الثانية**: من الساعة 12:45 ـ 14:25

رئيس الجلسة: الدكتورة / ناهد السيد العربي.
مقرر الجلسة: الدكتور/ صلاح مفتاح عبد الله .

**قدمت في هذه الجلسة** ( 4) **أوراق عمل بيانها كالتالي**:

- ورقة حول الجدوى الاقتصادية لمنشآت حصاد مياه السيول ـ حالة دراسة سيناء، ( الأستاذ الدكتور/ جمال إبراهيم محمد قطب ).
- ورقة حول تقنيات وطرق مناسبة لحصاد مياه الأمطار كإستراتيجية للتأقلم مع تقلبات هطول الأمطار في المناطق الجافة (الدكتور/ عبد الله عبد القادر أحمد نعمان).
- ورقة حول تعظيم الاستفادة من مياه الأمطار والسيول بإنشاء السدود في مرج صانور ـ فلسطين (الدكتور/ نعمان رشيد مزيد).
- ورقة حول حصاد المياه والتغذية الجوفية في جمهورية السودان ( الدكتور/ صلاح عبد الله أحمد).

**جلسة العمل الثالثة**: من الساعة 15:40 ـ 17:00

رئيس الجلسة: المهندس/ نجيب السعدي.
مقرر الجلسة: المهندس/ عبد الواحد محمد الحمدي.

**قدمت في هذه الجلسة** ( 4) **أوراق عمل بيانها كالتالي**:

- ورقة حول حصاد المياه والتغذية الجوفية في فلسطين (الدكتور/ فرح أحمد محمود الصوافطة).
- ورقة حول آبار التغذية الطبيعية والاصطناعية للحوض الجوفي في دولة قطر (المهندس/ عبد العزيز علي عجلان المريخي.
- ورقة حول الفرص والتحديات لحصاد المياه والتغذية الجوفية الاصطناعية للمياه الجوفية في ليبيا ( الدكتور/ صلاح مفتاح عبد الله حمد).
- ورقة حول المياه الجوفية (الإدارة والمعوقات) في جمهورية مصر العربية (الدكتورة/ ناهد السيد العربي).

## فعاليات اليوم الثاني: 2012/12/16م

**جلسة العمل الرابعة**: من الساعة 9:00 ـ 11:00

رئيس الجلسة: الدكتور/ صلاح عبد الله أحمد.
مقرر الجلسة: الدكتور/ نعمان رشيد مزيد.

**قدمت خلال هذه الجلسة** (5) **أوراق عمل بيانها كالتالي** :

- ورقة حول حصاد المياه والتغذية الجوفية في الجمهورية اليمنية (المهندس/ عبد الواحد محمد الحمدي).
- ورقة حول الحصاد المائي في المناطق الجبلية في سلطنة عمان (المهندس/ أحمد بن أحمد الزكواني).
- ورقة حول المناهج العلمية في مجال حصاد المياه الجوفية (الدكتور/ عبد الوهاب عامر).
- ورقة حول إعادة شحن الخزانات الجوفية اصطناعياً في المناطق الجافة (الدكتور/ محمد عبد الحميد محمد داوود).
- ورقة حول الحصاد المائي ودوره في التنوع الحيوي ( الدكتورة/ وفاء محروس عامر).

**جلسة العمل الخامسة**: من الساعة 11:15 ـ 12:55

رئيس الجلسة: معالي الدكتور/ طارق بن موسى الزدجالي.
مقرر الجلسة: الدكتور/ محمد عبد الحميد محمد داوود.

قدمت في هذه الجلسة (5) أوراق عمل بيانها كالتالي:

- ورقة حول استخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد لتحديد مصادر تلوث المياه (الدكتور/ محمد إسماعيل سيد أحمد).
- ورقة حول حصد وخزن مياه الأمطار والسيول في المملكة العربية السعودية وجهود معهد الأمير سلطان لأبحاث البيئة والمياه والصحراء (الدكتور/ عبد العزيز محمد بسام).
- ورقة حول تطبيق التغذية الاصطناعية لمعالجة تربة خزانات المياه الجوفية في جمهورية مصر العربية (الدكتورة/ ناهد السيد العربي).
- ورقة حول تعظيم الاستفادة من مياه السيول للحد من استنزاف الخزان الجوفي (دكتور/ جمال إبراهيم محمد قطب).
- ورقة حول إدارة شحن الخزان الجوفي بحوض الزرقاء في المملكة الأردنية الهاشمية (دكتور/ مروان محمد الرقاد).

## الجلسة الختامية: من الساعة 13:25 ـ 14:30

رئيس الجلسة: معالي الدكتور/ طارق بن موسى الزدجالي ـ مدير عام المنظمة العربية للتنمية الزراعية.
مقرر الجلسة: الدكتور/ محمد عبد الحميد محمد داود.

**التوصيات**:

1. إحداث برنامج عربي لتنمية موارد المياه.
2. تشكيل فريق فني لوضع تصور متكامل للبرنامج العربي لتنمية موارد المياه.
3. عقد لقاء قومي دوري كل عامين.
4. الطلب من الدول تكليف مؤسسات التعليم العالي بتطوير المناهج العلمية ذات العلاقة بالمياه الجوفية وحصاد المياه.

# المشاركون

# أسماء المشاركين

| رقم | الاسم | الدولة / الجهة |
|---|---|---|
| .1 | السيد / ناصر عبده محمد السفاري | الإمارات |
| .2 | المهندس/ حسن علي الذوادي | البحرين |
| .3 | السيد / نجيب السعدي | تونس |
| .4 | المهندس/ محمد زين الدين زموشي | الجزائر |
| .5 | الدكتور/ فرح أحمد محمود صوافطة | فلسطين |
| .6 | السيد / عبد العزيز علي المريخي | قطر |
| .7 | المهندس/ منير بن سعود الزدجالي<br>المهندس/ أحمد بن احمد الزكواني | سلطنة عمان |
| .8 | الدكتور/ صلاح عبد الله أحمد | السودان |
| .9 | الدكتور/ صلاح مفتاح حمد | ليبيا |
| .10 | الدكتورة/ ناهد السيد العربي | مصر |
| .11 | المهندس/ عبد الواحد محمد حميد الحمدي | اليمن |
| .12 | الدكتور/ جمال إبراهيم محمد قطب | المنظمة العربية للتنمية الزراعية |
| .13 | الدكتور/ محمد إسماعيل سيد أحمد | المنظمة العربية للتنمية الزراعية |
| .14 | الدكتور/ محمد عبد الحميد محمد داود | المنظمة العربية للتنمية الزراعية |
| .15 | الدكتور/ عبد الله عبد القادر أحمد نعمان | المنظمة العربية للتنمية الزراعية |
| .16 | الدكتور/ نعمان رشيد مزيد | المنظمة العربية للتنمية الزراعية |
| .17 | الدكتور/ عبد الوهاب محمد عامر | المنظمة العربية للتنمية الزراعية |
| .18 | الدكتورة/ ناهد السيد العربي | المنظمة العربية للتنمية الزراعية |
| .19 | الدكتور/ مروان الرقاد | المنظمة العربية للتنمية الزراعية |
| .20 | الدكتورة/ كوثر أحمد عوض | المنظمة العربية للتنمية الزراعية |
| .21 | الدكتور/ الحاج عطية الحبيب | المنظمة العربية للتنمية الزراعية |
| .22 | الدكتور/ محمد أحمد الحداد | المنظمة العربية للتنمية الزراعية |
| .23 | الدكتورة/ وفاء محروس عامر | المنظمة العربية للتنمية الزراعية |
| .24 | الدكتور / عبد العزيز محمد بسام | المنظمة العربية للتنمية الزراعية |
| **كشف بأسماء المشاركين من داخل السلطنة:** | | |
| .25 | سعيد بن سالم الكلباني | وزارة البلديات الإقليمية وموارد المياه |
| .26 | سهام بنت محمد آل رحمة | وزارة البلديات الإقليمية وموارد المياه |
| .27 | فايزة بنت خلفان الوهيبي | وزارة البلديات الإقليمية وموارد المياه |
| .28 | م.حيدر بن أحمد العجمي | وزارة البلديات الإقليمية وموارد المياه |

| | | |
|---|---|---|
| .29 | مريم بنت محمد بن حمد العزري | وزارة البلديات الإقليمية وموارد المياه |
| .30 | د. عبد الله بن محمد بن علي باعوين | وزارة البلديات الإقليمية وموارد المياه |
| .31 | أحمد بن علي بن عبد الله الكثيري | وزارة البلديات الإقليمية وموارد المياه |
| .32 | عبد الحافظ بن سالم المسكري | وزارة البلديات الإقليمية وموارد المياه |
| .33 | مبارك بن سالم الهنائي | وزارة البلديات الإقليمية وموارد المياه |
| .34 | م. شيخة بنت حمود المالكية | وزارة البلديات الإقليمية وموارد المياه |
| .35 | م. دعاء زياد السعيد | وزارة البلديات الإقليمية وموارد المياه |
| .36 | م. محمد بن حمود المسكري | وزارة البلديات الإقليمية وموارد المياه |
| .37 | م. خالد بن سليمان الجهوري | وزارة البلديات الإقليمية وموارد المياه |
| .38 | م. عبد العزيز بن ناصر الرواحي | وزارة البلديات الإقليمية وموارد المياه |
| .39 | م.يونس بن طالب العدوي | وزارة البلديات الإقليمية وموارد المياه |
| .40 | م. فاطمة بنت خصيف الغيلانية | وزارة البلديات الإقليمية وموارد المياه |
| .41 | م. أحمد بن سعيد البرواني | وزارة البلديات الإقليمية وموارد المياه |
| .42 | م. سليمان بن ناصر الريامي | وزارة البلديات الإقليمية وموارد المياه |
| .43 | م. سعيد بن أحمد الهطالي | وزارة البلديات الإقليمية وموارد المياه |
| .44 | م. طارق حلمي | وزارة البلديات الإقليمية وموارد المياه |
| .45 | سليمان بن سعيد بن حمد العبري | وزارة البلديات الإقليمية وموارد المياه |
| .46 | يعقوب حمد عبد الله الكمياني | وزارة البلديات الإقليمية وموارد المياه |
| .47 | حمد بن سالم بن زاهر العوفي | وزارة البلديات الإقليمية وموارد المياه |
| .48 | سعيد بن سالم بن عامر المنجي | وزارة البلديات الإقليمية وموارد المياه |
| .49 | حمود بن محمد بن ناصر الحارثي | |
| .50 | سعيد بن سيف بن محسن الريامي | وزارة البلديات الإقليمية وموارد المياه |
| .51 | عزان بن مبارك المقيمي | وزارة البلديات الإقليمية وموارد المياه |
| .52 | محمد بن سعيد العريمي | وزارة البلديات الإقليمية وموارد المياه |
| .53 | وليد سعيد راشد السعيدي | وزارة البلديات الإقليمية وموارد المياه |
| .54 | حمد بن سالم بن راشد البلوشي | وزارة البلديات الإقليمية وموارد المياه |
| .55 | عبد الله بن خميس بن محمد الرجيبي | وزارة البلديات الإقليمية وموارد المياه |
| .56 | عبد المنعم بن صالح بن عبد الله الكمزاري | وزارة البلديات الإقليمية وموارد المياه |
| .57 | طلال عبد الرحيم محمد الشحي | وزارة البلديات الإقليمية وموارد المياه |
| .58 | سعيد بن محمد بن صالح الكعبي | وزارة البلديات الإقليمية وموارد المياه |
| .59 | علي بن حمود بن سالم البادي | وزارة البلديات الإقليمية وموارد المياه |
| .60 | عبد الله بن راشد الغيثي | وزارة البلديات الإقليمية وموارد المياه |

| | | |
|---|---|---|
| .61 | علي بن سعيد البطاشي | |
| .62 | راشد بن يحي العبري | وزارة البلديات الإقليمية وموارد المياه |
| .63 | أحمد بن ناصر بن سالم العبري | |
| .64 | راشد محمد خلفان العلوي | |
| .65 | ناصر سعود سيف المعولي | وزارة البلديات الإقليمية وموارد المياه |
| .66 | إسحاق سعيد محمد الكندي | وزارة البلديات الإقليمية وموارد المياه |
| .67 | أحمد بن سعيد البرواني | |
| .68 | خالد بن سالم الهوتي | وزارة البلديات الإقليمية وموارد المياه |
| .69 | يوسف بن حمود بن سيف النبهاني | وزارة البلديات الإقليمية وموارد المياه |
| .70 | حمدان بن مبارك القاسمي | بلدية صحار |
| .71 | يوسف بن محمد بن صالح العامري | وزارة البلديات الإقليمية وموارد المياه |
| .72 | محمد بن سيف الكلباني | |
| .73 | سليم بن سليمان العاصمي | وزارة الزراعة والثروة السمكية |
| .74 | عامر بن سيف بن محمد البارحي | وزارة الزراعة والثروة السمكية |
| .75 | د.أحمد بن سالم البوسعيدي | جامعة السلطان قابوس |
| .76 | جوخة بنت خميس الهنائي | وزارة البلديات الإقليمية وموارد المياه |
| .77 | سعيد بن محمد الصقري | جامعة السلطان قابوس |
| .78 | حمد بن سالم بن حمد الشقصي | وزارة البلديات الإقليمية وموارد المياه |
| .79 | سالم بن خليفة الشماخي | وزارة البلديات الإقليمية وموارد المياه |
| .80 | م.صالح بن محمد الحضرمي | وزارة البلديات الإقليمية وموارد المياه |
| .81 | داؤود بن سليمان الزدجالي | وزارة البلديات الإقليمية وموارد المياه |
| .82 | علي بن خميس المكتومي | جامعة السلطان قابوس |
| .83 | سيف بن سالم البوسعيدي | |
| .84 | حمد بن عبيد النعماني | وزارة البلديات الإقليمية وموارد المياه |
| .85 | عبد الله بن سيف الكيومي | وزارة البلديات الإقليمية وموارد المياه |

# الكلمات

## كلمة معالي الدكتور طارق الزدجالي
## مدير عام المنظمة العربية للتنمية الزراعية
## في حفل افتتاح حلقة العمل القومية حول حصاد المياه والتغذية الجوفية الاصطناعية
## في الوطن العربي

بسم اللّه الرحمن الرحيم

الحمد للّه الذي بنعمته تتم الصالحات وأفضل الصلاة وأتم التسليم على سيدنا محمد وعلى آله وصحبه أجمعين

**سعادة الأخ علي العبري**
**وكيل وزارة البلديات الإقليمية وموارد المياه لشؤون موارد المياه**
**راعي الحفل**

**أصحاب السعادة**
**الإخوة الخبراء والمختصون المشاركون في حلقة العمل**
**الحضور الكريم،،**

السلام عليكم ورحمة اللّه وبركاته ،،،

وبعد فإنه من السعادة الالتقاء بكم لنحتفل معاً بافتتاح حلقة العمل القومية حول حصاد المياه والتغذية الجوفية الاصطناعية في الوطن العربي التي تعقدها منظمتكم العربية للتنمية الزراعية بالتعاون مع وزارة البلديات الإقليمية وموارد المياه وبالتنسيق مع الجمعية العمانية للمياه، ويزيد سعادتنا أن يكون هذا اللقاء في سلطنة عمان الحبيبة التي تفضلت باستضافة هذا النشاط القومي المهم، فلها منا جميعاً العظيم من التقدير والامتنان.

كما إنه من الواجب أن نثمن عالياً كل الجهود التي بذلها معالي الأخ الدكتور أحمد بن عبد اللّه بن محمد الشحي وزير البلديات الإقليمية وموارد المياه من أجل تسهيل عقد هذه الحلقة وأجزل الشكر لسعادة الأخ علي العبري وكيل الوزارة لشؤون موارد المياه لرعايته الكريمة لحفلنا هذا.

**سعادة راعي الحفل،،**
**الحضور الكريم،،**

تكتسب قضية الأمن المائي أهمية خاصة في المنطقة العربية، وتزداد أهمية مع التوقعات المستقبلية لانخفاض كميات الهطول المطري خلال الخمسين سنة القادمة بنسب كبيرة على ما هي عليه الآن في معظم أقاليم الوطن العربي، ولارتفاع العجز في خزانات المياه الجوفية وإلى الزيادة الهائلة في الطلب على المياه في الوطن العربي نتيجة للنمو السكاني الكبير الذي يتوقع أن يزيد على 500 مليون نسمة بحلول 2030م والذي سوف يؤدي بشكل تلقائي إلى زيادة طلب كافة القطاعات الاقتصادية والخدمية على المياه.

إن ندرة موارد المياه في الدول العربية تشكل هاجساً كبيراً ومهدداً خطيراً لأمننا المائي وأمننا الغذائي وبالتالي أمننا القومي العربي، والأمر بحاجة لإعداد وتنفيذ خطة إستراتيجية لموارد المياه تتضمن وسائل وإدارة لتنميتها.

**سعادة راعي الحفل،،**

**الحضور الكريم،،**

يأتي عقد هذه الحلقة بهدف توفير منتدى لعرض دراسات وتجارب الدول العربية ذات العلاقة بحصاد المياه والتغذية الاصطناعية الجوفية والتفاكر في شأن صياغة برنامج عربي فاعل لتنمية موارد المياه من شأنه تعزيز التعاون والتنسيق بين الدول العربية ويتضمن مشروعات وأنشطة محددة قابلة للتطبيق سنوياً.

في الختام نكرر شكرنا الجزيل لمعالي الوزير وأركان وزارته وكل من ساهم في الترتيب المميز لهذا اللقاء، والشكر كله لسعادة راعي الحفل، وكما أن الشكر موصول للمشاركين من الخبراء والمختصين. في هذه الحلقة والجمعية العمانية للمياه التي بادرت بطرح فكرة عقد حلقة العمل هذه.

ولا يفوتني في هذه السانحة أن أعرب عن التقديري والشكر لزملائي العاملين في المنظمة العربية للتنمية الزراعية الذين أعدوا ونظموا ونفذوا هذا النشاط.

والله نسأل أن يحيط هذا البلد بكامل الرعاية والعناية و يحفظ مولاي صاحب الجلالة السلطان قابوس المعظم ذخراً وسندا لعمان والأمتين العربية والإسلامية.

دمتم جميعاً في حفظ الله،،،

والسلام عليكم ورحمة الله وبركاته،،،

## كلمة وزارة البلديات الإقليمية وموارد المياه
## في حفل افتتاح حلقة العمل القومية حول حصاد المياه والتغذية الجوفية الاصطناعية
## في الوطن العربي

بسم الله الرحمن الرحيم
والحمد لله رب العالمين، والصلاة والسلام على المبعوث رحمة للعالمين سيد الأولين والآخرين،،، محمد وعلى آله وصحبه أجمعين

**سعادة المهندس علي بن محمد العبري**
**وكيل وزارة البلديات الإقليمية وموارد المياه لشؤون موارد المياه راعي الحفل**

**سعادة الدكتور/ طارق بن موسى الزدجالي**
**المدير العام للمنظمة العربية للتنمية الزراعية**

**الضيوف الكرام،،**

**السلام عليكم ورحمة الله وبركاته،،،**

يسرني أن أرحب بكم في بلدكم الثاني سلطنة عمان من أجل المشاركة في فعاليات حلقة العمل بعنوان «الحصاد المائي والتغذية الجوفية الاصطناعية في الوطن العربي» التي تنظمها المنظمة العربية للتنمية الزراعية بالتعاون مع وزارة البلديات الإقليمية وموارد المياه والجمعية العمانية للمياه، ومما لا شك فيه ستساهم في تبادل الخبرات والإطلاع على تجارب الدول في هذا المجال.

تعد المياه سلعة نادرة جداً في المنطقة العربية، وهي أحد أكثر المناطق القاحلة في العالم حيث تمتد لأكثر من 12.9

مليون كم2، وبسبب النمو السكاني السريع في غالبية دول المنطقة فقد ازدادت وتفاقمت مشاكل الطلب على المياه ولم يتم الالتفات إلى الآثار المترتبة نتيجة هذه الزيادة في الطلب على المياه خلال السنوات الخمسين الماضية نظراً لانشغال المنطقة بقضايا التنمية الاجتماعية والصناعية والاقتصادية الناجمة بصفة رئيسية عن الازدهار الاقتصادي للنفط في المنطقة. وهناك العديد من القيود والتحديات التي تعوق تحقيق التوازن بين الطلب على المياه وبين المتوفر منها.

## الحضور الكرام،،

لقد عملت السلطنة منذ فجر النهضة المباركة التي انطلقت في عام 1970م بقيادة مولنا حضرة صاحب الجلالة السلطان قابوس بن سعيد المعظم ـ حفظه الله ورعاه ـ على إرساء منظومة متكاملة للإدارة الفاعلة والمتوازنة للموارد المائية مستمدة من رؤية شاملة هدفها الأساسي ضمان استدامة الموارد المائية ومسايرة متطلبات التنمية وتحقيق التوازن بين الموارد المتاحة واستخدامات مختلف القطاعات.

إن التقنية المستخدمة في حصاد المياه التي تبنتها دول المناطق القاحلة لحجز وتخزين مياه الأمطار في فترات سقوطها وجريانها، هي من الحلول الفاعلة في هذا المجال.

وتعتبر سدود التغذية الجوفية أو الأحواض المائية من أهم التقنيات الرائدة في عملية حصاد المياه والتغذية، مما يستدعي وضع إستراتيجية مثلى للاستفادة القصوى من تقنية السدود لأجل حصاد مائي يؤدي إلى زيادة الموارد المائية سواء للاستخدامات الحالية أو للأجيال القادمة.

## الحضور الأعزاء،،

لقد قامت الوزارة بإنشاء 43 سداً للتغذية الجوفية موزعة على مختلف محافظات السلطنة وعدد 90 سداً للتخزين السطحي منها سد وادي ضيقة والذي يعد أحد أكبر المشاريع المائية بالمنطقة العربية بوجه العموم وبالسلطنة على وجه الخصوص، وكذلك قامت الوزارة بإنشاء سدين للحماية من مخاطر الفيضانات هما سدي وادي عدي بمرتفعات العامرات بمحافظة مسقط وسد حماية مدينة صلالة من مخاطر الفيضانات بمحافظة ظفار بجنوب عمان.

ومن خلال متابعة تشغيل هذه السدود يمكن القول أنها حققت الأهداف المرجوة من إنشائها بل أن بعض هذه السدود حققت نتائج ممتازة، إذ أنه تم استرداد قيمة السد على شكل مياه في فترات زمنية قصيرة جداً، كما كان لها أيضاً العديد من الجوانب الإيجابية كالتقليل من تداخل مياه البحر المالحة إلى اليابسة، بالإضافة إلى أنها ساعدت في زيادة التغذية الجوفية بشكل كبير وارتفع تدفق الأفلاج الواقعة أسفل بعض السدود، كما ساهمت السدود التخزينية في تحسين الأوضاع المعيشية لسكان المناطق الجبلية وتشجيعهم على الاستقرار في أماكنهم.

ونظراً للأهمية الكبيرة التي مثلتها السدود في تنمية الموارد المائية فإنها تعتبر إحدى ثمرات ومنجزات النهضة المباركة.

وفي الختام لا يسعني إلا أن أتقدم بوافر الشكر والتقدير لسعادة المهندس وكيل وزارة البلديات الإقليمية وموارد المياه لشؤون موارد المياه على رعايته لحفلنا هذا، كما نتقدم بالشكر الجزيل للمنظمة العربية للتنمية الزراعية لتنظيم هذه الحلقة والشكر موصول للجمعية العمانية للمياه على مشاركتهم، وإلى الضيوف الخبراء متمنياً لهم طيب الإقامة في بلدهم الثاني عمان، وإلى كل من ساهم في تنظيم هذا اللقاء وتوفير المناخ المناسب له متمنياً للجميع التوفيق والنجاح.

والسلام عليكم ورحمة الله وبركاته،،،

# كلمـــة

## المهندس/ زاهر بن خالد بن سليمان السليماني
## رئيس الجمعية العمانيـة للميـاه
## فـي حفل افتتاح حلقة العمل القومية حول حصاد الميـاه والتغذية الجوفية الاصطناعية
## فـي الوطـن العربـي

بسم اللّه الرحمن الرحيم والصلاة والسلام على سيد المرسلين

السلام عليكم ورحمة اللّه وبركاته،،،

المياه نعمة من نعم اللّه علينا، المياه ثروة وطنية، المياه عصب التنمية فما هو السبيل للمحافظة عليها وحصادها إذا علمنا أن منطقتنا العربية خصها اللّه بطبيعة جغرافية متميزة كما أنها تحتل موقعاً في كوكبنا لا تخطؤه عين. لذا علينا أن نتدبر أمور إدارة مواردنا المائية والاستفادة من كل قطرة ماء وخاصة مياه الأمطار التي تهطل فجأة في كثير من البلدان وتختفي بسرعة لذا علينا أن نكون مستعدين لحصادها حسبما يتناسب مع ظروف كل دولة آخذين في الاعتبار الموروث الشعبي في هذا المجال.

**سعادة الأخ/ علي بن محمد بن زاهر العبري - المحترم**
**وكيل وزارة البلديات الإقليمية وموارد المياه لشؤون موارد المياه**
**معالي الدكتور طارق بن موسى الزدجالي**
**مدير عام المنظمة العربية للتنمية الزراعية بجامعة الدول العربية الخرطوم**
**أصحاب السعادة،، الإخوة والأخوات ،، الضيوف الكرام،،**

يسرني أن أرحب بكم باسمي وباسم أعضاء الجمعية العمانية للمياه، هذه الجمعية الفتية التي أشهرت منذ عامين حسب قانون الجمعيات الأهلية والمهنية بسلطنة عمان، وكان ذلك بمبادرة من مجموعة من المهتمين بقضايا المياه وتهدف الجمعية للمساهمة في النهضة التنموية بالتعاون مع الجهات المختصة لتشجيع البحث العلمي والدراسات وبرامج التدريب وتطوير القدرات المحلية في مجالات علوم المياه، والمشاركة في خلق الوعي لترشيد استهلاك المياه والاستخدام الأمثل لها، ونشر المعرفة واستخدام الوسائل العلمية لتطوير مصادر المياه المختلفة مثل تحلية المياه ومعالجة مياه الصرف الصحي وإعادة استخدامها.

هذا ومن أهم الأنشطة التي قامت بها الجمعية لتحقيق أهدافها منذ إنشائها تنظيم العديد من المحاضرات والندوات وبرامج التدريب والمشاركة في العديد من الفعاليات المحلية والعالمية التي تعنى بشؤون المياه وكذلك إصدار مجموعة من الإصدارات ذات الأهداف الثقافية والتوعوية.

كما أن للجمعية برنامجاً حافلاً خلال العام القادم إن شاء اللّه، حيث ستقوم الجمعية بتنظيم مجموعة من الأنشطة والفعاليات في بعض محافظات السلطنة مثل مسندم والداخلية.

**أصحاب السعادة،، الحضور الكريم،،**

إن من ركائز الإدارة المتكاملة لموارد المياه مشاركة المجتمع المحلي والجمعيات الأهلية في اتخاذ القرار فيما يخص إدارة موارد المياه وهذا ما تصبو إليه الجمعية بالتعاون مع القطاعين الحكومي والخاص ولا شك أن دور الجمعية مكملاً للجهود الكبيرة التي تبذلها الحكومة في مجال تطوير قطاع المياه والمحافظة على المكتسبات التي تحققت خلال السنوات بفضل تضافر الجهود.

الإخوة والأخوات إن تنظيم هذه الندوة في مجال حصاد مياه الأمطار بحضور كوكبة من المختصين في هذا المجال من الدول العربية بمبادرة من معالي الأخ الدكتور طارق الزدجالي بالتعاون مع الجمعية ورعاية من الوزارة هو دليل على دور جمعيات المجتمع المدني كإحدى أدوات تحقيق التواصل بين المجتمع والمؤسسات العامة كذلك يعطي

دلالة على أهمية التعاون العربي وتبادل الخبرات وعرض السلبيات والإيجابيات لكل طريقة من طرق الاستفادة من المياه آخذين في الاعتبار المحيط البيئي كوحدة متكاملة عند دراسة الحوض المائي المستهدف.

في الختام نتقدم بالشكر الجزيل لكل من ساهم في تنظيم هذه الندوة ونخص بالشكر اللجان المتخصصة التي سهرت على تنظيم هذه الندوة وإخراجها بهذا الشكل المتكامل والموفق بإذن الله وأكرر شكري لوزارة البلديات الإقليمية وموارد المياه على مساندتهم الدائمة وتشجيعهم ومبادرتهم في هذا المجال، والشكر موصول لسعادة راعي الحفل ومعالي الأخ الدكتور مدير عام المنظمة العربية للتنمية الزراعية.

والسلام عليكم ورحمة الله وبركاته،،،

# الأوراق المحورية

# الأوراق التي قدمت خلال اللقاء
# ورقة الجمعية العمانية للمياه
## أولاً: الأوراق المحورية:

**المهندس/ زاهر بن خالد السليماني**

### نبذة:

- تأسست الجمعية في 29 ربيع الثاني 1431هـ الموافق 14 إبريل 2010م.
- أول جمعية عمانية متخصصة في شؤون المياه بالسلطنة.
- لها مجموعة من الأهداف التي تسهم في ترسيخ مفاهيم شؤون المياه.
- لها العديد من التصورات المستقبلية سواء على نطاق الدراسات والبحوث أو الأنشطة العامة والمشاركات.

### أهداف الجمعية:

- المساهمة في النهضة التنموية في البلاد بالتعاون مع الجهات المختصة.
- تشجيع البحث العلمي والدراسات وبرامج التدريب وتطوير القدرات المحلية في مجالات علوم المياه.
- التعاون مع الجامعات ومراكز البحث العلمي.
- العمل على توطيد وتوثيق التعاون بين الجهات والمؤسسات والأفراد العاملين في مجال المياه.
- تشجيع وتوفير الدراسات والمعلومات والإحصاءات المتعلقة بشؤون المياه ونشرها من خلال وسائل الإعلام والنشر المختلفة.
- المشاركة في خلق الوعي لترشيد استهلاك المياه والاستخدام الأمثل للمياه.
- العمل مع الجهات المختصة في وضع وتطوير أفضل المواصفات والمقاييس في مجال المياه.
- التعاون مع الجهات المختصة للمحافظة على المياه الجوفية والسطحية.
- تشجيع استخدام الأساليب العلمية لتطوير مصادر المياه غير التقليدية كمحطات تحلية المياه ومعالجة مياه الصرف الصحي وإعادة استخدامها.
- تقديم المشورة الفنية والعلمية والاقتصادية والقانونية في مجال المياه للجهات التي تطلبها.
- تساهم في تطوير القدرات المحلية ودعم الكوادر المتخصصة بالخبرة ورفع مستوى الكفاءات والأداء من خلال إقامة المحاضرات والندوات والمؤتمرات وورش العمل والدورات التدريبية.

### الخطة متوسطة المدى:

- تنظيم برامج تدريبية يتم تصميمها حسب الاحتياج الفعلي للجهات المعنية والتي يمكن أن تشتمل على الكثير من الموضوعات، ومن أمثلة ذلك :
- خدمة العملاء وإدارة المعلومات.
- أنظمة التوزيع.
- إدارة المرافق والخدمات.
- تكنولوجيا جودة المياه.
- الحفاظ على الثروة المائية.

- مصادر المياه.

- تنظيم دورات قصيرة للمهندسين والفنيين الجدد المنضمين حديثاً للوزارات والشركات العاملة في المجال عن المبادئ وأسس التصميم وإدارة المشاريع.
- تصميم وتنظيم دورات تدريبية للأعضاء المنتسبين للجمعية من طلبة كليات الهندسة والكليات والمعاهد الفنية خلال الإجازة الصيفية في المشاريع تحت التنفيذ.
- التنسيق مع الجامعات والمعاهد الفنية للمساعدة في تطوير المناهج الدراسية القائمة وزيادة المهارات الفنية المكتسبة للطلبة وربطها بالاحتياجات الفعلية لسوق العمل.

## الخطة طويلة المدى :

- تعريف كبار المسئولين ومتخذي القرار بالوزارات والشركات المعنية بالجمعية العمانية للمياه وأهدافها والأنشطة التي تقوم بها ومدى انعكاسها الإيجابي على المستوى الفني للمهندسين والفنيين وعلى أدائهم يعد من أهم الوسائل التي سوف تساعد في تفعيل أنشطة الجمعية.

وفي هذا الخصوص فإن انضمام هؤلاء المسئولين إلى الجمعية سيكون له أثر كبير على تعظيم الدور الذي تقوم به على النحو التالي:

- تشجيع المهندسين والفنيين العاملين بتلك الوزارات والشركات على الانضمام للجمعية أسوة برؤسائهم في العمل.
- حث المهندسين والفنيين العاملين بتلك الوزارات والشركات على المشاركة في الدورات وورش العمل التي تقوم الجمعية بتنفيذها مما يؤدي إلى ارتفاع مستواهم الفني وبالتالي فرص الترقي أمامه مقارنة بغير المنضمين للجمعية.
- إعطاء أفضلية بصورة ما للمهندسين والفنيين الأعضاء بالجمعية عند تقييم الجهاز الفني المقترح من الشركات الاستشارية والمقاولين في مشاريع المياه وذلك أيماناً بالدور الذي تقوم به الجمعية في الارتقاء بالمستوى الفني لأعضائها.
- مبادرة الشركات الاستشارية والمقاولين بالتعاون مع الجمعية من خلال المشاركة في توفير فرص العمل الصيفية للطلبة المنتسبين والمشاركة في إعداد وتمويل البرامج التدريبية والدورات التي تنظمها الجمعية.

## لجان الجمعية:

- اللجنة العلمية.
- اللجنة المالية.
- لجنة الفعاليات.
- لجنة الدعاية والإعلام.
- لجنة العناية بأعضاء الجمعية.

## الأنشطة والفعاليات :

- المشاركة في معرض عمان لتكنولوجيا الطاقة والمياه الذي أقيم في مركز عمان الدولي للمعارض خلال الفترة من 12 – 15 يوليو 2010م، وتعتبر هذه أول فعالية تشارك بها الجمعية.

- المشاركة في يوم المرأة العمانية، وضمن ذلك قامت الجمعية في العاشر من نوفمبر 2010م بتكريم كاتبتين لإصدارهما سلسلة قصص الأطفال مازن ومزنة.

- قامت الجمعية بإصدار التقويم الهجري والميلادي لعام 2011م من خلال الاستعانة بالصور الفائزة في مسابقة الرسم المائي التي نظمتها وزارة البلديات الإقليمية وموارد المياه، وتعميم التقويم للجهات المعنية للشراء.

- محاضرة بعنوان (الماء في القران الكريم) أول محاضرة تنظمها الجمعية ألقاها الدكتور مساعد المفتي العام للسلطنة والتي عقدت في قاعة المحاضرات بجامع السلطان الأكبر يوم الثلاثاء الموافق 21 ديسمبر 2010م.
- محاضرة عن (الاستثمار في المياه) ألقاها الدكتور عادل أحمد بشناق من المملكة العربية السعودية، عقدت في قاعة المحاضرات بجامع السلطان الأكبر يوم الأحد الموافق 9 يناير 2011م.
- حلقة عمل أنظمة التناضح العكسي لتحلية المياه (التصميم والتشغيل والصيانة).
- المشاركة في " مؤتمر الأمن المائي" الذي عقد بجامعة السلطان قابوس خلال الفترة 19 – 21 مارس 2011م ضمن الاحتفال باليوم العالمي للمياه.
- تنظيم ندوة الأنواء المناخية الاستثنائية بعنوان الاستعدادات وتقليل المخاطر، وحضرها عدد كبير من الخبراء والمختصين والمهتمين بالمياه في السلطنة والدول العربية.
- المشاركة في حلقة عمل مسابقة التحدي العلمي الكبير والتي نظمها المجلس الثقافي البريطاني حول قضايا المياه.
- المشاركة في حلقة العمل الدولية الأولى التي نظمها المركز الوطني للبحوث الميدانية في مجال حفظ البيئة خلال الفترة 10 – 12ديسمبر2011م بقاعة ( الفهم) بجامعة السلطان قابوس.
- المشاركة في المؤتمر الدولي الرابع لأفضل التطبيقات العملية لإدارة مرافق المياه (ACWUA).
- المشاركة بورقة عمل عن تداخل الملوحة بساحل سهل صلالة ضمن المؤتمر الدولي حول إستراتيجيات إدارة الجفاف الذي عقد نهاية العام الماضي في السلطنة.
- المشاركة في مهرجان مسقط.
- المحاضرات والمشاركات في المعارض المتخصصة والمهرجانات على مدار العام.
- انتخابات مجلس الإدارة للفترة الثانية وتدقيق الحسابات.
- محاضرة ألقاها معالي السيد بدر بن حمد بن حمود البوسعيدي ـ أمين عام وزارة الخارجية بعنوان (المياه في السياسة العمانية) عقدت في قاعة المحاضرات بجامعة السلطان بتاريخ 14 إبريل 2012م.
- المشاركة في تنظيم المؤتمر الدولي الخامس للمنظمة العربية لإدارة مرافق المياه (ACWUA)، لأفضل التطبيقات العملية لإدارة مرافق المياه. خلال الفترة من 3 – 5 يونيو 2012م.
- الندوة الثانية للأنواء المناخية والتي عقدت في مدينة صور بتاريخ 6 يونيو 2012م تحت عنوان الأعاصير المدارية وتأثيراتها على المجتمع.
- الاحتفال باليوم العالمي للمياه (حلقة نقاشية بجامعة نزوى) 20 مارس 2012م.
- تنظيم معرض للمياه في ولاية نزوى بالتعاون مع وزارة البلديات الإقليمية وموارد المياه والهيئة العامة للكهرباء والمياه خلال الفترة من 19 – 21 مارس 2012م.
- تنظيم مسابقة للرسم لطلبة المدارس الهندية في السلطنة، (20 ألف طالب من 31 مدرسة).
- ندوة حصاد الضباب في مدينة صلالة بمحافظة ظفار خلال الفترة من 24 – 25 سبتمبر 2012م.
- إصدار التقويم الهجري والميلادي لعام 2013م، وتدعيمه بالرسومات الفائزة من مسابقة طلبة المدرسة الهندية.

## ما يمكن أن تقدمه الجمعية لمنتسبيها:

- تعتبر الجمعية منبراً للأعضاء لتبادل الأفكار والمعارف والخبرات والتشاور في كل ما يخص المياه من شئون وشجون.
- رفع المستوى العلمي والثقافي في مجال المياه وتبادل الخبرات.
- الحصول على ما تم الوصول إليه في مجال التكنولوجيا الحديثة للمياه .
- التواصل والشراكة مع الجمعيات الأخرى ذات الصلة.
- الاشتراك في تنظيم المحاضرات والفعاليات والزيارات والأنشطة الأخرى .
- تكليف الأعضاء الفاعلين بتمثيل الجمعية في المؤتمرات والندوات والمعارض المحلية والدولية.
- دعم مشاركة الأعضاء في المؤتمرات والدورات التدريبية.
- الاستفادة من التسهيلات والتخفيضات التي تحصل عليها الجمعية في المحافل الدولية.
- الاستفادة من المنح الدراسية والدورات التدريبية.

## الخاتمة:

- وفي ضوء ما تم إبرازه سابقاً فإن الجمعية ومن خلال إثراء التعاون بينها وبين الجهات الحكومية المعنية بالمياه والقطاع الخاص تأمل ترسيخ المفاهيم الصحيحة الواقعية للمياه، للوصول إلى استخدام متوازن ورشيد للموارد المائية وتعظيم فائدتها الاقتصادية بما يضمن الحفاظ على حقوقها واستدامتها.

- تواصل الجمعية التنسيق مع جامعة السلطان قابوس والجامعات الخاصة والمراكز العلمية المتخصصة لتفعيل مجالات البحث العلمي والدراسات في سبيل الرقي بأعضائها من جهة والمساهمة في إيجاد الحلول المناسبة لكافة المشاكل التي تعاني منها الموارد المائية بالسلطنة من جهة أخرى.

# الجدوى الاقتصادية لمنشآت حصاد مياه السيول
## دراسة حالة سيناء

**الدكتور/ جمال ابراهيم محمد قطب**

بسم اللّه الرحمن الرحيم

(وجعلنا من الماء كل شيء حي)

(وَأَرْسَلْنَا الرِّيَاحَ لَوَاقِحَ فَأَنْزَلْنَا مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَسْقَيْنَاكُمُوهُ وَمَا أَنْتُمْ لَهُ بِخَازِنِينَ) [الحجر: 22]

(أَلَمْ تَرَ أَنَّ اللَّهَ أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَسَلَكَهُ يَنَابِيعَ فِي الْأَرْضِ) [الزمر: 21]

صدق اللّه العظيم

الطرق المستخدمة للاستفادة من مياه السيول تحت الظروف المناخية الجافة في سيناء بجمهورية مصر العربية، سيناء لا يوجد فيها مورد مائي سوى حصاد الأمطار والسيول وبعض المياه الجوفية ولابد من وضع خطة لحصاد مياه الأمطار والسيول لتحقيق التنمية.

معظم الطرق المستخدمة في مثل هذه الظروف تعتمد على إقامة السدود والبحيرات الصناعية والخزانات الأرضية والبحيرات الجبلية، وتعتمد على تقنيات بسيطة غير مكلفة اقتصادياً.

ولتعظيم الاستفادة من المياه المتجمعة خلف هذه الأعمال يمكن شحنها في باطن الأرض من خلال آبار تغذية اصطناعية أو خنادق شحن وهذا يقلل كثيراً مما يفقد بالتبخر. وفي هذه الحالة يصبح لهذه الأعمال دورٌ إيجابي كبير وأساسي على البيئة الصحراوية الجافة.

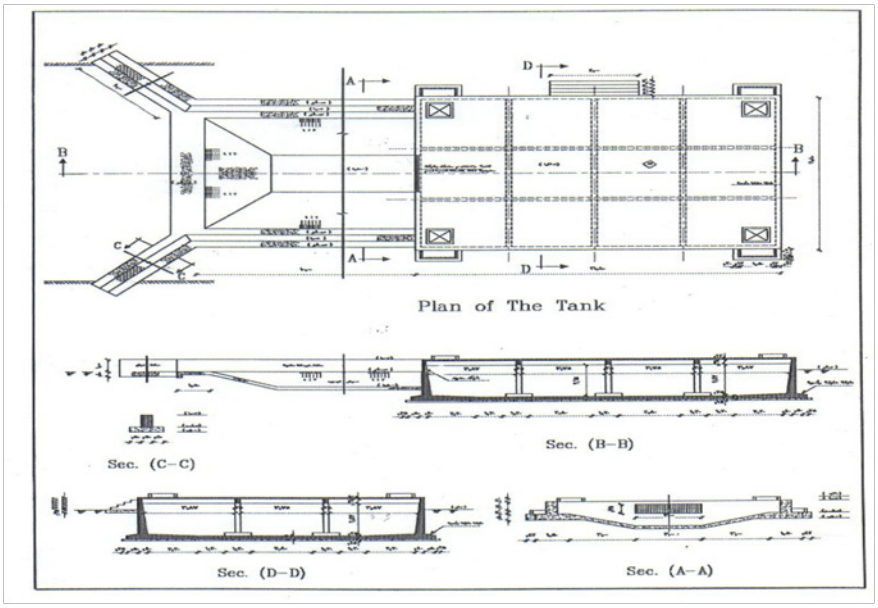
لضمان تحديد أنسب المواقع لحصاد مياه السيول يوصى باستخدام التكنولوجيا الحديثة وأهمها:

- نظم المعلومات الجغرافية لإدارة وتحليل البيانات.
- خرائط الاستشعار عن بعد للتنبؤ بالأمطار.
- الصور الفضائية لتحديد مناطق استخدامات الأرض.
- النماذج الهيدرولوجية لتقدير تصرفات وكميات الجريان السطحي.

## أنواع المنشآت للحصاد المستخدم في أراضي سيناء:

### خزانات أرضية:

- النوع: خزانات خرسانية.
- السعة التخزينية: 50ـ 600 متر مكعب.
- التكلفة : 2ـ 35 ألف دولار.
- تكلفة المتر المكعب من المياه المحلاة بمدينة نويبع= 1 دولار ،
- تكاليف الإنشاء يتم تغطيتها بعد 60 عاصفة.



## خزانات أرضية (هربات):

- النوع: مباني دبش بالمونة.
- السعة: 30ـ50 متراً مكعباً.
- التكلفة: 2ـ3 آلاف دولار.
- تكاليف الإنشاء يتم تغطيتها بعد 60 عاصفةً.

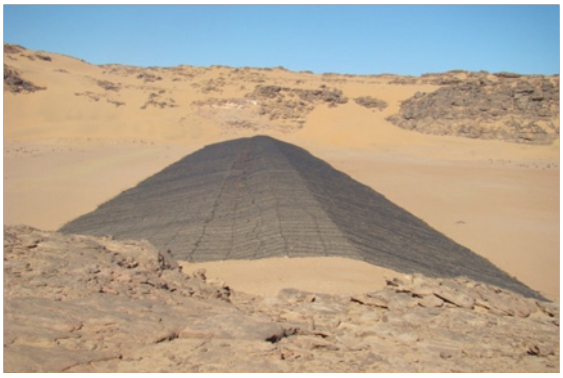
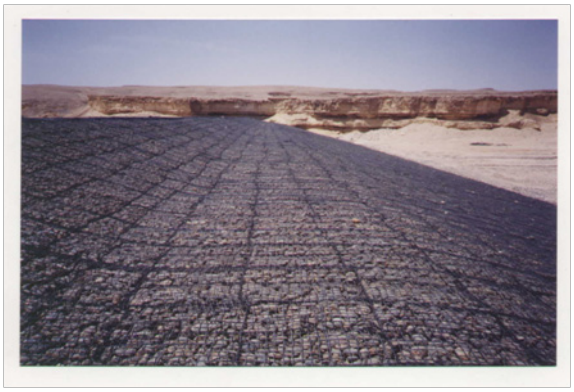
Underground storage is possible in cisterns، which can be made out of earth، loam، concrete etc. The size is highly variable.

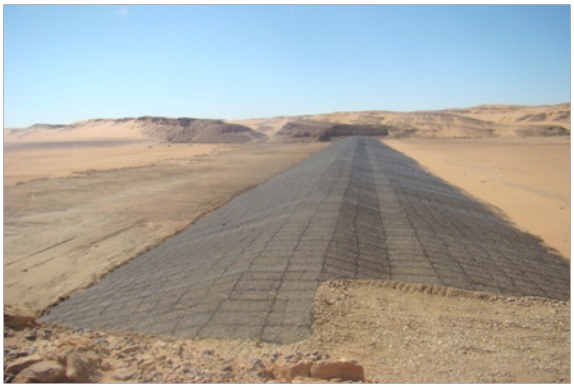
## حواجز إعاقة (عقوم):

- النوع: جابيونية (PVC).
- الارتفاع: 0،5ـ 2 متر.
- التكلفة للمتر المكعب لصندوق الجابيونات: 25 دولاراً.
- التكلفة لحاجز طوله 100 متر وارتفاعه 2 متر= 10000 دولار.

## سدود إعاقة:

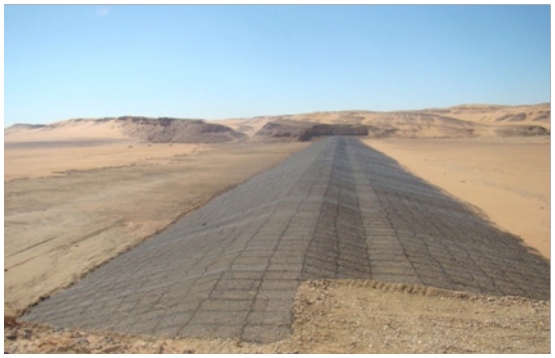
- النوع: ركامي مغطى بحصيرة من الجابيونات (PVC).
- الارتفاع: 4ـ 8 أمتار.
- التكلفة للمتر المكعب من حصيرة الجابيونات : 20 دولاراً.
- التكلفة للمتر المكعب من طبقات جسم السد : 15ـ10 دولاراً.
- التكلفة لسد طوله 200 متر وارتفاعه 8 أمتار= 250 ألف دولار.

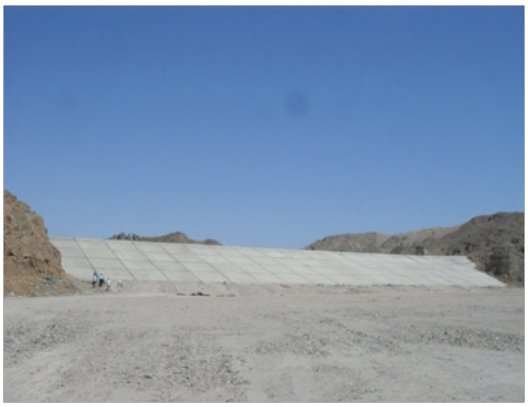


## سدود التخزين:

- النوع: ركامي مغطى بمباني دبش بالمونة.
- التكلفة للمتر المكعب من مباني الدبش بالمونة: 30 دولاراً.
- التكلفة للمتر المكعب من طبقات جسم السد : 10ـ15 دولاراً.
- التكلفة لسد طوله 200 متر وارتفاعه 8 أمتار = 350 ألف دولار .
- السعة التخزينية = 700 ألف متر مكعب.
- تكاليف الإنشاء يتم تغطيتها من أول عاصفة.



- النوع: ركامي مغطى ببلاطة من الخرسانة المسلحة.
- تكلفة المتر المكعب من الخرسانة المسلحة : 200 دولار.
- تكلفة المتر المكعب من طبقات جسم السد: 10 ـ 15 دولاراً.
- التكلفة لسد طوله 200 متر وارتفاعه 10 أمتار = 600 ألف دولار السعة التخزينية= مليون متر مكعب.
- تكاليف الإنشاء يتم تغطيتها من أول عاصفة.



## خرسانة تثاقلي مغطى بمباني دبش:

- تكلفة المتر المكعب من الخرسانة المسلحة : 200 دولار.
- تكلفة المتر المكعب من الخرسانة العادية : 100 دولار.
- التكلفة لسد طوله 200 متر وارتفاعه 23 متراً = مليون دولار.
- السعة التخزينية= 1.5 مليون متر مكعب.
- تكاليف الإنشاء يتم تغطيتها من أول عاصفة.

## بحيرات تخزين صناعية:

- أبعاد البحيرة 800 ، 1200متر.
- عمق المياه بالبحيرة = 4 أمتار.
- السعة التخزينية = 4 ملايين متر مكعب.
- التكلفة = 1 مليون دولار.
- تكلفة المتر المكعب من المياه المحلاة بمدينة نويبع= 1 دولار.
- تكاليف الإنشاء تم تغطيتها من أول عاصفة.

## بحيرات جبلية:

- النوع: مباني دبش بالمونة.
- السعة: 50 ـ 500 متر مكعب.
- التكلفة: 1 ـ 3 آلاف دولار.
- تكاليف الإنشاء يتم تغطيتها بعد 6 عواصف.

## الخلاصـــة:

منشآت حصاد مياه السيول في سيناء حققت الفوائد والأهداف التالية:

- توطين البدو بالقرب من منشآت حصاد المياه (رفع مستوى المعيشة نتيجة زيادة الإنتاج وتوفير فرص عمل إضافية، وبالتالي زيادة الدخل).
- الحماية من أخطار السيول.
- تغذية الخزانات الجوفية.
- البحيرات الصناعية أفضل المنشآت في تغطية تكاليف الإنشاء.

# تقنيات وطرق مناسبة لحصاد مياه الأمطار
# كإستراتيجية للتأقلم مع تقلبات هطول الأمطار في المناطق الجافة

دكتور/ عبد الله عبد القادر أحمد نعمان

## 1 ـ المقدمة:

عرف الإنسان أهمية حصاد مياه الأمطار منذ القدم، فقام بتشييد السدود والخزانات على مجاري الأودية حرصاً على الاستفادة المثلى من مياه السيول للاستفادة من المياه التي تتجمع في بحيراتها لذا فإن لتصميم مشاريع حصاد المياه وفق معايير وضوابط دقيقة أهمية بالغة في حماية الأرواح والحفاظ على الممتلكات، إن التصميم الأمثل لهذه المشاريع يتم من خلال رصد لكميات السيول السنوية التي تسير في الأودية، لذلك وكلما توفرت بيانات حقلية دقيقة عن تدفقات السيول في المنطقة كان ذلك مفيداً في تصميم مثل هذه المشاريع.

تعاني المناطق الجافة في العالم من قلة وندرة أجهزة رصد السيول إضافة إلى المعوقات التي تعيق رصد السيول في المناطق الجافة وتقلل من دقة البيانات الحقلية لذا كان الحل الأمثل هو تقدير تدفقات السيول السنوية باستخدام المعادلات الحسابية والنماذج الرياضية من خلال الاعتماد على بيانات الأمطار والخصائص الطبيعية للأحواض المائية.

إن التطبيق الجيد للطرق الهيدرولوجية و الهيدروجيولوجية هو أساس لتنمية و إدارة مصادر المياه والإفادة منها. وكنتيجة طبيعية لازدياد عدد السكان فإن الطلب والضغط المتواصل على مصادر المياه في ازدياد دائم؛ و هو ما يستدعي دائماً التفكير في تطوير طرق البحث و التحليل والدراسة لمشاكل المياه لمواجهة هذا التحدي الإستراتيجي للبشر جميعاً لإيجاد الحلول المناسبة والمصادر البديلة التي تفي باحتياجاتهم. وإن من أهم عناصر التطوير لطرق البحث والتحليل والدراسة للمشاكل المائية هي المعلومة الهيدرولوجية و الهيدروجيولوجية. فمثلاً يجب أن يعتمد مد المياه لأي مدينة أو لأي مشروع زراعي أساساً على معلومات دقيقة ووافية وصادقة عن: أولاً الاحتياجات المائية اللازمة لذلك الغرض وثانياً كميات المياه المتوفرة والمخزونة الممكن استخدامها سواء كانت مياه سطحية أو جوفية وكيفية ملاءمتها وكفايتها لسد الاحتياج والطلب الاستهلاكي. والبحث فيما إذا كان من الممكن استخدام المياه السطحية المتمثلة في السيول وقت توافرها واللجوء إلى اختزانها في مستودعات وخزانات للمياه السطحية أو كذلك الجوفية لتكون مخزوناً يمكن العودة إليه وقت الحاجة. وبناءً على المعلومات المتوفرة لجميع الظروف والخصائص الهيدرولوجية والهيدروجيولوجية سيكون من الممكن تصميم خزان للمياه بحيث يكون قادراً على مد المنطقة بحاجتها من المياه بغض النظر عن التغير في المياه الواردة له على مر السنين. ويعتبر التوازن في تقييم منظومة معلومات متكاملة وشاملة هيدرولوجية وهيدروجيولوجية هو القادر على إيجاد وتصميم الحل الأمثل لأية مشكلة مائية.

## 2 ـ مكونات نظم حصاد المياه:

تعتبر المكونات الرئيسة لنظم حصاد المياه كما يلي:

منطقة المستجمع المائي: وهي جزء من الأرض يسهم في بعض أو كامل حصته من مياه الأمطار لصالح لمنطقة المستهدفة الواقعة خارج حدود ذلك الجزء. ويمكن أن تكون منطقة الجمع صغيرة لا تتجاوز بضعة أمتار مربعة أو كبيرة تصل إلى عدة كيلومترات مربعة. ويمكن أن تكون أرضاً زراعيةً ، أو صخريةً ، أو هامشيةً ، أو حتى سطح منزل أو طريقاً معبدةً .

مرفق التخزين: وهو المكان الذي تحتجز فيه المياه الجارية من وقت جمعها وحتى استخدامها. ويمكن أن يكون التخزين في خزانات أرضية أو تحت الأرض مثل الخزانات، أوفي التربة ذاتها كرطوبة تربة، أو في مكامن المياه الجوفية.

المنطقة المستهدفة: وهي المنطقة التي تستخدم فيها المياه التي جرى حصادها. ففي الإنتاج الزراعي، يتمثل الهدف في النبات أو الحيوان، بينما في الاستخدام المنزلي، فإن احتياجات الإنسان أو المشروع هي الهدف.

## 3 ـ أهمية اختيار الطرق المناسبة لتصميم مشاريع حصاد المياه:

إن مدى نجاح تصميم أو تنفيذ أي طريقة من طرائق حصاد المياه تتطلب إعداد قاعدة من المعلومات تشمل دراسات حول الخصائص المناخية إلى جانب الدراسات الجيولوجية والهيدرولوجية المتوفرة عن المنطقة قيد الدراسة. لقد ظهرت خلال العقود الماضية العديد من الطرق و النماذج الرياضية التي تقوم بتقدير تدفقات السيول من خلال بيانات الأمطار والخصائص الطبيعية للأحواض المائية: مثل ( طبوغرافية الحوض المائي ، استخدامات الأراضي ، الغطاء الأرضي، نوعية التربة .) يتم الحصول على بيانات الأمطار من خلال شبكة الرصد الهيدرولوجية بينما يتم الحصول على الخصائص الطبيعية للوادي عن طريق الخرائط الورقية والمسح الحقلي للحوض المائي. لكن اختيار الطريقة المثلى لحساب كمية المياه له أهمية بالغة بالنسبة للمناطق المختلفة وكذا توفر البيانات . في هذه الدراسة سوف نتطرق إلى الطرق المناسبة لحساب كمية الجريان السطحي لمشاريع حصاد المياه في المناطق الجافة.

## 4 ـ تصميم نظام حصاد المياه في حالة الاستخدام الزراعي :

في حالة الاستخدام الزراعي يرتكز أي نظام لحصاد المياه على عاملين هما :

- تحتاج عملية تصميم نظام حصاد المياه في حالة الاستخدام الزراعي إلى تحديد مساحة التقاط مياه الجريان (C : Catchment).
- المساحة المزروعة وتخصص له مساحة مزروعة (CA : Cultivated Area) والنسبة بينهما بالاعتماد على ثوابت تصميم هذا النظام وهي:

أـ التساقط المتجاوز المحتمل أو تساقط الضمان أو التساقط التصميمي (Dr):

وتمثل كمية التساقط المحتملة التي يبنى على أساسها نظام حصاد المياه بكيفية تلبي حاجة النبات من الماء، فإذا كانت كمية التساقط أقل من التساقط التصميمي خلال موسم المطر، فإن ذلك قد يشكل خطراً على المحصول من جراء النقص المائي. وعادة يأخذ التساقط التصميمي أو تساقط الضمان عند احتمال 67 % وهو يعني أن نظام حصاد المياه بني على كمية احتياجات النبات من سنتين إلى ثلاث سنوات.

بـ معامل الجريان السطحي (Rc) Runoff Coefficient :

وهو نسبة عمق الجريان على عمق التساقط، ويتأثر بعوامل عدة والتي من أهمها نسبة الانحدار، نوعية التربة، الغطاء النباتي، الرطوبة داخل التربة، مدة وشدة العاصفة المطرية ...الخ، ويتراوح معامل الجريان بشكل عام بين (0.5 – 0.1) ويعتمد تحديده تجريبياً، وهو من أهم مستلزمات تصميم أنظمة حصاد المياه. حيث إن العنصر الرئيسي لتقنيات حصاد مياه الأمطار هو النسبة ما بين مساحة جريان المياه ومساحة تجميع المياه، فتكون مساحة جريان المياه مثالية إذا كان لها معامل جريان سطحي كافٍ ومساحة لتجميع المياه.

جـ معامل كفاءة استعمال المياه المحصودة (Ef) Efficiency Factor :

إن جزءاً من المياه المحصودة تتعرض للتبخر والتسرب في الحقل لذا يستعمل هذا العامل للدلالة على كفاءة استعمال الماء المجمع عن طريق الجريان وتوزيعه على المساحة المزروعة. وتعتمد قيمة هذا العامل حسب نظام حصاد المياه وحسن التهيئة. فتكون كفاءة توزيع المياه مرتفعة مثلاً عند تسوية الأرض وتقدر فعالية استخدام المياه المحصودة بشكل عام ما بين 0.5 ـ 0.75.

دـ الاحتياجات المائية (CWR) Crop Water Requirement :

تختلف الاحتياجات المائية حسب نوع النبات والمناخ السائد . وهناك طرق متعددة لحساب الاحتياج المائي والتي من أهمها معادلة بنمان ـ مونتيث.

لتحديد نسبة مساحة الالتقاط على المساحة المزروعة بالنسبة للمحاصيل والشجيرات الرعوية فإن الحسابات تركز على قاعدة أساسية في تصميم نظم حصاد المياه وهي المساواة بين الاحتياجات المائية التكميلية (CWR) وكمية المياه المحصودة والجريان (Wh). حيث تقدر كمية المياه الملتقطة أو المحصودة Wh على النحو التالي:

$$Wh = C \times Dr \times Rc \times Ef \quad (1)$$

كما تقدر كمية الاحتياجات المائية التكميلية كما يلي:

$$CWRS = CA\ (CWR - Dr) \quad (2)$$

من المعادلتين السابقتين نحصل على النسبة بين مساحة الالتقاط إلى المساحة المزروعة كالتالي:

$$C/C = \frac{CWR - D}{D \times R \times E} \quad (3)$$

نستعمل المعادلة التالية لتحديد مساحة الحوض:

$$A_C = \frac{A_R (CWR - D)}{D \times R \times E} \quad (4)$$

حيث إن :

$A_C$ = مساحة الحوض الكلية ($م^2$).

$A_R$ = المساحة المستغلة بجذور النبات ($م^2$).

بعد إتمام تحديد مساحة التقاط الماء (المستجمع) ومساحة الزراعة يمكن التخطيط والتصميم وتنفيذ الطرق المختلفة لحصاد مياه الأمطار.

### 1.4 اعتمادية توفر المياه:

يمكن تعريف اعتمادية توفر المياه بأنها نسبة توفر المياه لسد حاجة الكائنات الحية وخصوصاً الإنسان لسنوات محددة بالنسبة إلى السنوات الكلية على المدى الطويل. ويمكن التعبير عنها كالتالي:

$$WR = \frac{n_{ws}}{n} \times 100 \quad (5)$$

حيث إن:

WR = اعتمادية توفر المياه، %.

$n_{ws}$ = عدد السنوات التي يتم فيها توفير الطلب على المياه.

تتراوح الاعتمادية على إمداد المياه للأغراض المنزلية من 90 ـ 97%. أما لغرض الري فتعتمد الاعتمادية على نوع المحصول وطريقة الري وحالة المناخ وكذلك توافر المياه. ويبين الجدول رقم (1) الاعتمادية لأغراض الري.

الجدول رقم (1). الاعتمادية لأغراض الري على حسب المناخ

| نظام الري | المناخ وتوفر المياه | الاعتمادية |
|---|---|---|
| الري السطحي | مناطق جافة | 50 – 75 % |
| | مناطق شبه جافة | 70 – 80% |
| | مناطق رطبة مع توفر المياه | 75 – 85% |
| نظم الري الحديث | مناطق جافة إلى رطبة | 75 – 95% |

### 2.4 التحليل الإحصائي للأمطار :

من المعلوم أن تساقط المطر من حيث الكمية والزمن يتأثر بعوامل مناخية وهيدرولوجية متنوعة، ولصعوبة تحديد

كل عامل من هذه العوامل على التساقط المطري فإنه يمكن معرفة بيانات الأمطار لفترة طويلة نسبياً لعدد من السنوات مثلاً 30 سنة ثم ترتيبها تنازلياً حسب كمية الأمطار الساقطة سنوياً، ومن تلك البيانات يمكن رسم منحنى التوزيع التجميعي (التراكمي) أي المتكرر Cumulative Frequency Distribution Pattern، وكذلك يمكن حساب معامل التكرار التجريبي (P) للمطر من المعادلة التالية:

$$P = \frac{m}{n+1} \qquad (6)$$

حيث إن :

m = الترتيب السنوي حسب كمية الأمطار السنوية من الأكبر إلى الأقل.

n = عدد السنوات الكلية للأمطار.

يمكن حساب التكرار المطري السنوي بعد معرفة كمية الأمطار مثل $x_1$، $x_2$ ، $x_3$، ..... $x_n$ لسنوات معينة n. فإنه يمكن إيجاد معامل الاختلاف (التغير) ومعامل الا نحراف من المعادلات التالية :

$$Cv = \frac{1}{x_a}\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - x_a)^2}{n-1}} \qquad (7)$$

$$Cs = \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - x_a)^3}{x^3_a (n-1)Cv^3} \qquad (8)$$

حيث إن:

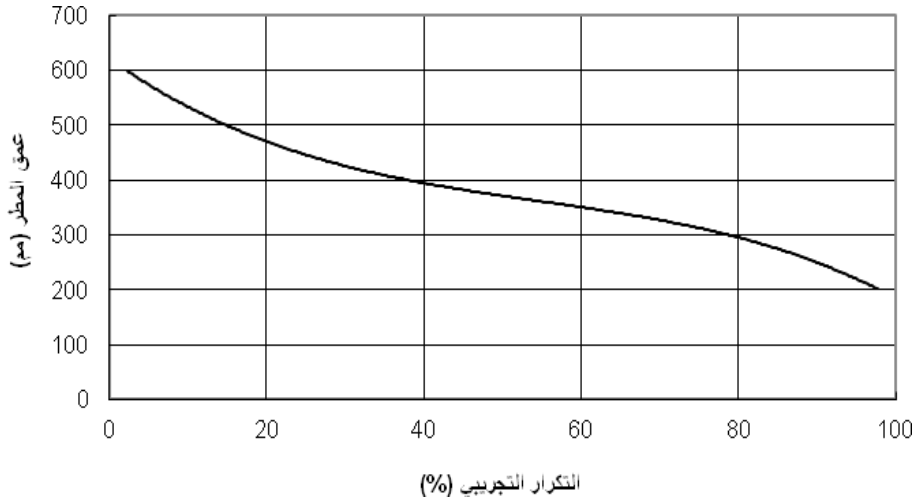
$x_i$ = مقدار التساقط في السنة i

$x_a$ = متوسط التساقط السنوي لكل الفترة.

Cv = معامل الاختلاف.

Cs = معامل الا نحراف.

يمكن رسم منحنى التوزيع التجريبي بتوقيع بيانات كميات مياه الأمطار السنوية المتجمعة بحيث يتم ترتيب الأعماق المتجمعة تنازلياً مع نسبة التكرار التجريبي (%)، ثم يتم توقيع كميات الأمطار على المحور الصادي بينما نسبة التكرار التجريبي على المحور السيني كما في الشكل رقم (1). ومن منحنى التوزيع التجريبي نحدد نسبة إمداد المياه أو الاعتمادية على مياه الأمطار.




الشكل رقم (1) منحنى التوزيع التجريبي لسقوط الأمطار خلال فترة ما.

## 3.4 كمية الأمطار التصميمية:

ترتبط كمية سقوط الأمطار التصميمية على الاعتمادية. ويمكن تحديدها من خلال طريقتين هما الطريقة التجريبية والطريقة النظرية.

أولاً: الطريقة التجريبية Empirical method

يمكن تقدير الأمطار التصميمية باستخدام الطريقة التجريبية بإتباع الخطوات التالية:

1ـ تحديد مقدار الطلب المتعلق بنسبة إمكانية توفر إمداد المياه و يحسب من المعادلة التالية:

$$m = \frac{(n+1)P}{100} \qquad (9)$$

حيث إن:
P = نسبة الاعتمادية أو إمكانية توفر إمداد المياه عند الطلب.
n = عدد بيانات الأمطار السنوية.
m = مقدار الطلب المتعلق بنسبة إمكانية توفر إمداد المياه.

2ـ معرفة كمية الأمطار بواسطة ترتيب سلسلة بيانات هطول الأمطار تنازليا وعادة يؤخذ التساقط التصميمي أو تساقط الضمان عند احتمال 67 % وهو يعني أن نظام حصاد المياه بني على كمية احتياجات النبات من سنتين إلى ثلاث سنوات ( انظر الشكل رقم (1).

## 4.4 الطريقة النظرية Theoretical method:

ويمكن تقدير كمية الأمطار التصميمية بالطريقة النظرية بإتباع الخطوات التالية:

1ـ حساب متوسط سقوط الأمطار $R_o$ ومعامل الاختلاف $C_v$ باستخدام سلسلة من البيانات الطويلة. و يحسب متوسط سقوط الأمطار من المعادلة التالية:

$$R_o = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n} \qquad (10)$$

حيث إن:

$R_o$ = متوسط الأمطار الساقطة.

$x_i$ = كمية الأمطار الساقطة في سنة i.

وقيمة معامل الاختلاف أو معامل التغير (Cv) تحسب من المعادلة رقم (7) السابقة أما معامل الا نحراف Cs فيمكن اعتبارها تساوي 2 Cv . ومن منحنى التوزيع التجريبي الشكل رقم (1) نحدد نسبة إمداد المياه أو الاعتمادية على مياه الأمطار.

## 5.4 تقدير مساحة المستجمع:

لتقدير مساحة المستجمعات لحجز مياه الأمطار، بالإضافة إلى معلومات عن حصة إمدادات المياه والطلب على اعتمادية إمداد المياه، يجب علينا معرفة تصميم مساحة مجمعات سقوط الأمطار حيث يبنى نظام حصاد مياه الأمطار WRH على كفاءة تجميع مياه الأمطار (RCE):

## 6.4 كفاءة تجميع مياه الأمطار:

يمكن إيجادها من المعادلة التالية:

$$RCE = \frac{W_{Runoff}}{W_{Rain}} \times 100\% \quad (11)$$

تتأثر هذه الكفاءة بعدة عوامل منها: خواص الأمطار الساقطة (كمية وكثافة الأمطار)، مادة سطح المستجمع ميل السطح، محتوى الماء على السطح قبل سقوط الأمطار، طول السطح في اتجاه ميله. ويتسبب سقوط الأمطار بكمية وكثافة عاليتين في ارتفاع قيمة كفاءة التجميع، وأيضاً ترتفع قيمة الكفاءة مع الأسطح التجميعية السطحية غير قابلة للنفاذ، وأيضا مع ميول سطحية حادة وارتفاع في المحتوى المائي قبل سقوط الأمطار.

## 7.4 كفاءة تجميع مياه الأمطار RCE لكل عملية سقوط أمطار:

عادة تقدر تجريبياً حيث تقاس الأمطار الساقطة والجريان السطحي أثناء سقوط الأمطار وبالتالي تحسب الكفاءة من المعادلة رقم (11). ولتقليل وقت التجربة يمكن إجراء الاختبار بواسطة رشاشات تحاكي سقوط الأمطار. وفي هذه الحالة من المهم التأكد من التوزيع المنتظم للمياه الساقطة على سطح المستجمع وأيضاً المحافظة على ثبات كثافة المياه الساقطة أثناء فترة التجربة. وتقاس الأمطار بواسطة أوعية صغيرة موزعة على السطح بمسافات بينها تقدر من 30 – 50 سم. ويتم تقدير حجم المياه بداخل الأوعية وحساب متوسط الأمطار الساقطة من المعادلة التالية:

$$R_a = \frac{0 \cdot \sum_{i=1}^{n} V_i}{n.A} \quad (12)$$

حيث إن:

Ra = متوسط الأمطار الساقطة (مم).
Vi = الحجم الصافي للمياه في الأوعية (سم$^3$).
A = مساحة الوعاء (سم$^2$).

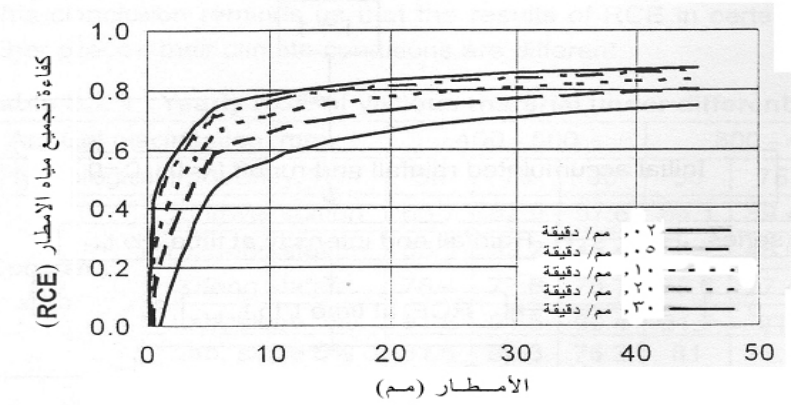
وينبغي ألا يزيد الخطأ النسبي للاختبار على 0.2 كما هو موضح في المعادلة التالية:

$$E = \frac{V_{max} - V_{min}}{V_a} \leq 0.2 \quad (13)$$

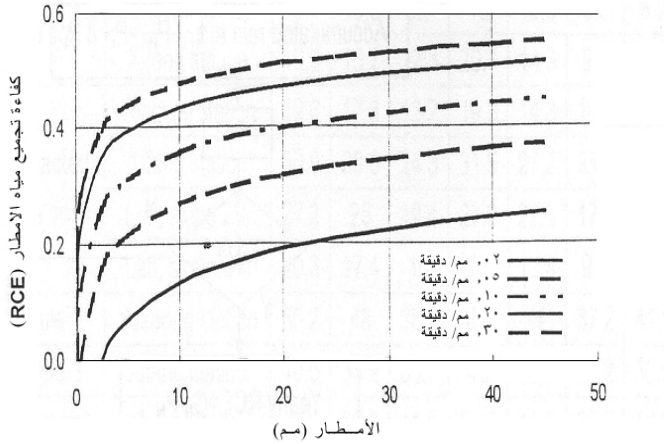
حيث إن:

Vmax و Vmin و Va = أكبر وأقل ومتوسط حجوم المياه في الأوعية على الترتيب.

هناك مثالان لكفاءة تجميع الأمطار RCE الأول لسطح خرساني والثاني لسطح تربة مضغوطة كما في الشكل رقم (2) ورقم (3) على التوالي:




الشكل رقم (2). كفاءة تجميع الأمطار RCE مع كثافة السقوط وكمية الأمطار لسطح خرساني.




الشكل رقم (3). كفاءة تجميع الأمطار RCEمع كثافة السقوط وكمية الأمطار لسطح تربة مضغوطة

## 8.4 كفاءة التجميع السنوي لمياه الأمطار:

لتقدير مساحة المستجمعات لابد من الحاجة إلى تقدير RCE السنوية. يمكن أن تحسب RCE السنوية من المعادلة التالية:

$$RCE_y = \frac{\sum_{i=1}^{n} RCE_i \times R_i}{\sum_{i=1}^{n} R_i} \qquad (14)$$

حيث إن:

$RCE_y$ و $RCE_i$ = كفاءة التجميع السنوية وكفاءة التجميع للحدث i على الترتيب.
n = عدد مرات حدوث سقوط الأمطار في السنة.

## 9.4 تقدير مساحة المستجمع (منطقة تجميع الأمطار):

يمكن حساب مساحة المستجمع لنظام حصاد الأمطار من المعادلة التالية:

$$A = \frac{W_d}{R_p \times RCE_y} \qquad (15)$$

حيث إن:

A = مساحة المستجمع.
Wd = الطلب للمياه في السنة الواحدة.
Rp = كمية مياه الأمطار المرتبطة بالاعتمادية P.
RCEy = كفاءة تجميع مياه الأمطار السنوية.

تستخدم المعادلة رقم (15) لغرض واحد من إمداد المياه ونوع واحد من المستجمعات. ففي حالة تعدد أغراض إمداد المياه وأكثر من نوع للمستجمعات سوف تستخدم معادلة أكثر تعقيداً. وفي حالة استخدام نوعين أو أكثر من الأسطح فإن المعادلة كالتالي:

$$\sum_{i=1}^{n} RCE_{\ddot{y}} \times A_i = \frac{W_d}{R_p} \qquad (16)$$

حيث إن:

Ai = مساحة المستجمع لنوع لسطح i.

RCEyi = كفاءة تجميع الأمطار السنوية لنوع سطح المستجمع i.

n = عدد أنواع مواد سطح المستجمع.

وعندما يكون هناك عدة استخدامات للمياه مع اعتمادية للطلب مختلفة، فيجب أن تختلف كمية الأمطار التصميمية. ففي هذه الحالة تحسب مساحة الأنواع المختلفة من المستجمعات لكل إمداد مياه ومن ثم نحصل على المساحة الكلية لكل مستجمع بواسطة إضافة المساحة للإمدادات المختلفة.

$$A_i = \sum_{j=1}^{m} A_j \qquad (17)$$

حيث إن:

Ai = مساحة المستجمع لنوع السطح i .

Aij = مساحة المستجمع لنوع السطح i للإمداد j من المياه.

## 10.4 تقدير مساحة المستجمع (منطقة تجميع الأمطار):

فيمكن تقدير مساحة المستجمع لأنواع متعددة في الجداول السابقة على حسب كميات إمدادات المياه المختلفة من خلال العلاقة التالية:

$$A_i = W_{dj} \times a_i \qquad (18)$$

حيث إن:

Ai = المساحة المطلوبة لكمية إمداد المياه Wdj.

ai = المساحة المطلوبة لتجميع 1 م$^3$.

إذا كان يوجد نوعان أو أكثر من المستجمعات، أولاً نقدر مساحة النوع الأول $A_1$ وبعد ذلك تقدير مساحة النوع الثاني $A_2$ من العلاقة التالية:

$$A_2 = \left( W_d - \frac{A_1}{a_1} \right) \times a_2 \qquad (19)$$

## 5 ـ تقدير التغذية الجوفية من نظام حصاد الأمطار باستخدام طريقة الاتزان المائي:

يقدر مقدار التغذية الجوفية الممكنة ($R_{ep}$) في أيام عدم سقوط الأمطار باستخدام الاتزان المائي التي عندها يفترض كون الجريان السطحي لداخل المنشأة يساوي الصفر. ويحسب مقدار حجم التغذية الجوفية على أساس الفواقد وبالإضافة إلى الماء المخزن في المنشأة كما هو موضح في الشكل رقم (6.29) والمعادلة التالية:

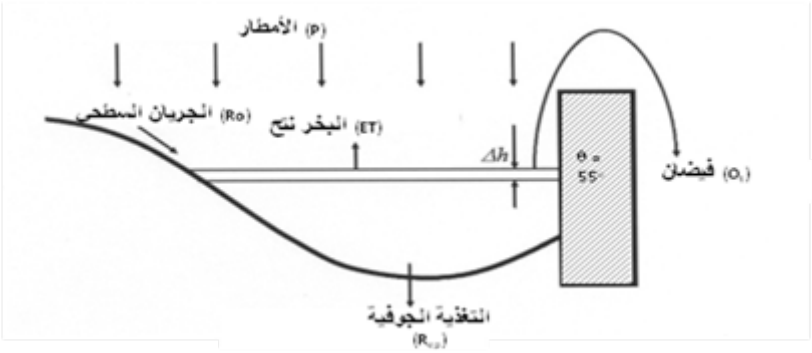
$$R_{ep} = -A_s.(\Delta h + E) - O_t \qquad (20)$$

حيث إن:

As = متوسط مساحة سطح الماء المخزن (م$^2$).

E = البخر اليومي (م).

Ot = كمية الماء الخارج من المنشأة.
Δh = مقدار التغير في مستوى عمق الماء في المنشأة (م).




الشكل رقم (6.29) التغذية الجوفية من نظام حصاد الأمطار.

ويحسب حجم التغذية الجوفية في أيام سقوط الأمطار على أساس العلاقة بين حجم التغذية الجوفية في أيام عدم سقوط الأمطار و متوسط عمق الماء في المنشأة كالتالي:

$$R_{ep} = a\,h_{av}^{\,b} \qquad (21)$$

حيث إن:

a و b = ثوابت تجريبية.
$h_{av}$ = متوسط عمق الماء $(ht + ht+1/2)$.

## 5 ـ 1 كفاءة التغذية للمنشأة:

تقدر كفاءة التغذية بواسطة العلاقة بين حجم التغذية الجوفية وحجم الماء المخزن في المنشأة لكل عام ويعبر عنها كالآتي:

$$E_{recharge} = \frac{R_{ep}}{V_{run-on}} \qquad (22)$$

حيث إن:

$E_{recharge}$ = كفاءة التغذية للمنشأة.
$R_{ep}$ = الحجم الكلي للتغذية الجوفية لفترة معينة ($م^3$).
$V_{run_on}$ = الحجم الكلي للماء المجمع في مساحة التخزين لفترة معينة.

ويمكن تلخيص خطوات إجراء تقدير مساحة المستجمع كالتالي:

- الخطوة الأولى: تقدير حصة إمداد المياه لمختلف أنواع إمدادات المياه.
- الخطوة الثانية: حساب كمية المياه المطلوبة لمختلف أغراض إمدادات المياه.
- الخطوة الثالثة: تقدير الاعتمادية لمختلف أنواع إمدادات المياه.
- الخطوة الرابعة: حساب كمية الأمطار التصميمية السنوية عند الاعتمادية أما بالطريقة التجريبية أو

النظرية.

- الخطوة الخامسة: تقدير كفاءة تجميع مياه الأمطار السنوية لمختلف أنواع مواد سطح المستجمع.
- الخطوة السادسة: حساب مساحات أنواع المواد المختلفة من المستجمع لكل نوع من إمدادات المياه ومن ثم الحصول على المساحات الكلية لنفس النوع من مادة المستجمع بواسطة إضافة المساحات الناتجة من إمدادات المياه.

## 5 ـ 2 تقدير حجم الجريان السطحي للسدود:

إن انعدام وجود محطة هيدرولوجية لقياس الأمطار، وحجم الجريان في الوديان الجافة في منطقة الدراسة، يمكن الاعتماد على المعادلات التجريبية لقياس حجم الجريان السطحي، وتعد معادلة باركلي (Barkely) التجريبية هي إحدى أفضل معادلات قياس حجم الجريان السطحي وتعتمد هذه المعادلة على متغيري المناخ والتضاريس وكالآتي:

$$R = (CIS)^{\frac{1}{2}} (W/L)^{0.5}$$

حيث:

R = حجم الجريان السنوي المتوقع مليار/ م$^3$.

C = معامل الجريان.

I = حجم الأمطار (مليار/ م$^3$).

S = معدل الانحدار (م/ كم).

W = معدل عرض المجرى(م) .

L = طول الوادي ( م) .

تستخرج قيمة (C) من معادلة خوسلاس (1960) وعلى النحو الآتي: (أمانيا،1992،ص203)

$$C = R / P_2$$

$$R = P_1 - L$$

$$L = 0.48\ T$$

إذ أن:

R = الجريان الشهري (سم).

$P_1$ = الأمطار الشهرية (سم).

L = الضائعات الشهرية (سم).

T = متوسط الحرارة الشهري (مئوي) .

$P_2$ = مجموع الأمطار السنوية (سم).

كما يستخرج حجم المطر (مليار/م$^3$) ( I ) على وفق المعادلة الآتية:

$$I = \frac{\text{مجموع التساقط (ملم)}}{1000} \times \frac{\text{مساحة الحوض/كم}^2 \times 1000 \times 1000}{1.000.000.000}$$

إن تطبيق معادلة بيركلي لتقدير حجم الجريان السطحي وكذلك حجم الأمطار في الأشهر التي وقع فيها فائض مائي دون الأشهر التي سجلت عجزاً مائياً، لأن من غير الممكن تقدير حجم الجريان السطحي في أشهر تكون فيها التربة قد فقدت أدنى مستويات الرطوبة (الجفاف) ولا يتحقق حينذاك جريان سطحي لذا لا يجوز تطبيق هذه المعادلة على كل أشهر السنة كما يفهم من تطبيق هذه المعادلة.

## 6 ـ طرق حساب الجريان السطحي للبرك والخزانات الصغيرة:

يمكن حساب كمية المياه في منطقة المصب باستخدام العلاقة:

كمية المياه = كمية الأمطار × معامل جريان المياه × مساحة المصب.

معامل جريان المياه هنا هو ذلك الجزء من الأمطار الذي يمكن تجميعه من منطقة المصب و يعتمد على نوعية سطح المصب فبالنسبة للمصبات الصخرية فإن هذا المعامل= 0.8 ـ 0.6 تقريباً وللمصبات الطبيعية الطينية الرملية = 0.3ـ0.1 ويمكن تحديد قيمة هذا المعامل لأنواع المصبات في أي كتاب هيدرولوجيا أو هندسة صحية .

لحساب مساحة منطقة المصب المطلوبة لتغطية احتياج معين يمكن استخدام المعادلة التالية:

$$A=(Q+E)/(PxC)$$

حيث:

A= مساحة منطقة التغذية (المصب) بالمتر المربع.
Q= الاحتياج السنوي من المياه بالمتر المكعب.
E= كمية الفاقد السنوي نتيجة للبخر بالمتر المكعب = متوسط مساحة الخزان × معدل التبخر (1750 مم/ السنة للمناطق الجبلية في اليمن، 2200ـ 2500مم/ السنة للمناطق الساحلية والصحراوية).
C= معامل جريان المياه، تعتمد قيمته على نوع المصب كما أسلفنا سابقاً.
P= معدل كمية الأمطار السنوية بالمتر.

فمثلاً:

قرية مكونة من 60 أسرة ومعدل استهلاكها يبلغ 100 لتر/ اليوم/ للأسرة الواحدة وعدد أيام الجفاف في السنة تبلغ 180 يوماً بمنطقة معدل المطر السنوي فيها 300 مم /السنة .

وعليه فأنه لحساب:

- كمية احتياج الأسرة للمياه خلال السنة = 60×100×180=1080.0متر مكعب.
- فواقد التبخر يمكن حسابها بافتراض معدل تبخر 1150 مم/ السنة ومساحة الخزان 20×20=400 متر مربع وبالتالي فإن مجموع فواقد التبخر من البركة= 1.150 × 400=460 متر مكعب .
- معامل جريان المياه في المصب = 0.6
- المساحة المطلوبة لمنطقة المصب = (1080+460) ÷ (0.6×0.3)= 8556 متر مربع .

وهي مساحة 90× 95 متراً تقريباً وبالطبع بالإمكان استخدام مساحة مصب أكبر أو حتى أقل من ذلك إلا أن استخدام مساحة أقل سيعني تقديم مستوى خدمة أقل.

الحجم الحقيقي للبرك يعتمد على عوامل عديدة، فهو يتأثر إلى درجة كبيرة بكمية الأمطار المطلوب تجميعها وأيضاً نوع ومساحة منطقة المصبات. والمفتاح هنا هو في كيفية التوفيق بين حجم الاحتياج وحجم الإمداد للوصول إلى رضا واقتناع المستخدم بأقل التكاليف.

مساحة منطقة المصبات وحجم الخزان يجب أن يوفرا إمداداً كافياً بالمياه للمستخدمين خلال فترات الجفاف وهذه معايير مقبولة يمكن أن تتبع إلا إذا ثبت أن تكلفة ذلك ستكون مرتفعة جداً أو توافرت مصادر أخرى للأفراد بالمياه خلال جزء من هذه الفترات.

فإذا فرضنا أن الخزان سيكون ممتلئاً في بداية فترة الجفاف، وإذا كان طول موسم الجفاف ومعدل الاستهلاك معلوماً فإن حجم الخزان المطلوب يمكن حسابه باستخدام المعادلة التالية:

$$V=(t \times n \times q)+e$$

حيث :

V = حجم الخزان.
t = عدد أيام الجفاف.
n =عدد الأفراد المستخدمين للخزان.
q= معدل الاستهلاك للفرد في اليوم.
e = الفواقد بفعل التبخر خلال فترة الجفاف (t). يمكن إهمال وفاقد التبخر إذا كان الخزان مسقوفاً.

## 6 ـ 1 الخيارات التقنية لأنظمة حصاد المياه:

**أنظمة حصاد المياه:**

- حصاد المياه من الأسقف.
- حصاد المياه من المساقط والأسطح الطبيعية، ولكل من هذه الأنظمة خصائصه وميزاته وعيوبه.

حصاد المياه من أسقف المباني و المنازل يمتاز بكونه يوفر المياه للاستخدامات المختلفة ويمكن إنشاؤه في أي قرية أو منطقة تتكون من بيوت ومنازل دائمة وتعاني من الصعوبة في الحصول على المياه وعادة يتطلب هذا النظام مساحة سقف لا تقل عن 30 متراً مربعاً ولكن حتى السقوف الأصغر مساحة يمكن أن توفر إمداداً ولو جزئياً من المياه وبالتالي تخفف من معاناة البحث عن المياه.

نظام حصاد المياه من سطح المباني يتكون من الأسقف كمساحة للمسقط ومزود بمزاريب أو أنابيب لتصريف المياه إلى وعاء التخزين وتعتبر الأسقف المكونة من صفائح الزنك والأسطح الخرسانية والملساء من أنسب الأسطح لتجميع المياه ومعروفة تقليدياً في كثير من المناطق اليمنية وأن هذه الأنظمة التقليدية تقتصر غالباً على تثبيت أنبوب تصريف من السقف إلى خزان بجانب المنزل يكاد يوفي بالحاجة دون الاهتمام بالتفاصيل الأخرى ولعل السبب في ذلك يعود إلى:
قلة الموارد المالية والفنية المحلية لبناء نظام أكبر والطبيعة المؤقتة لبعض المنازل والمباني التي لا تسمح بتركيب أدوات حصاد المياه عليها وقد يعود السبب إلى تصميم بعض المنازل التي تصلح لإنشاء نظام حصاد مياه أكبر عليها.

تختلف أنظمة حصاد المياه المحسنة عن التقليدية في كونها تعتمد على تركيب نظام جمع وتصريف أكثر كفاءة في السقف بالإضافة إلى توفير خزن مياه أكثر . هناك أنواع عديدة من الخزانات يتم استخدامها لخزن المياه من الأسقف كالخزانات الحجرية أو الأرضية أو الحديدية التقليدية أو خزانات الخرسانة المسلحة أو خزانات البلك ...الخ).

وتتمثل أهم مزايا نظام حصاد المياه من الأسقف في الآتي:

توفير المياه بالقرب من المنازل مما يوفر الكثير من معاناة نقل المياه من أماكن بعيدة.
يمكن أن يمثل دعماً لأنظمة إمدادات المياه الأخرى (عبر المضخات والشبكات) التي يكثر توقفها وتعثرها.
يمكن أن توفر مياه إضافية لاستخدامها في سقي الحيوانات أو ري البساتين أو غيرها من الاستخدامات.

عيوب هذا النظام يمكن تلخيصها فيما يلي:

- إن توفير خزان مناسب وسقوف من مواد ملائمة يمثل عقبة كبيرة فالكثير من سكان الريف الفقراء غير قادرين على توفير كل هذه المتطلبات.
- يمكن لجودة المياه أن تتأثر إذا لم يتول المستخدمون القيام بتشغيل وصيانة النظام جيداً.

إما حصاد المياه من المصبات والمساقط السطحية الطبيعية يعتمد على تجميع مياه الأمطار من هذه المصبات وتخزينها في مواقع ملائمة. المياه المجمعة بهذه الطريقة يمكن استخدامها في أغراض متعددة بما في ذلك أغراض الشرب وسقي الحيوانات والأغراض المنزلية الأخرى. ويمكن إنشاء مثل هذا النظام في الأماكن والمواقع التي تتميز بالخصائص الطبيعية التي تسمح بتدفق كميات كبيرة من مياه السيول نتيجة هطول الأمطار بشكل دوري ومنتظم.

متطلبات هذا النظام تتمثل في وجود موقع مناسب لتشييد سد أو حاجز أو حفرة أو خزان أو ماجل أو بركة مع وجود مصبات ومناطق تغذية كبيرة تكفي لتدفق الكمية المطلوبة من المياه لتعبئة الخزان، وغالباً ما توجد أودية طبيعية أسفل المنحدرات الجبلية المتكونة من الطبقات الصخرية غير المنفذة بحيث يمكن تحويل هذه المخفضات والأودية الطبيعية إلى الخزان عن طريق تشييد حاجز حجري بسيط بارتفاع لا يتجاوز 5 أمتار أسفل الوادي أو المنخفض ويمكن بناء سواقي من الحجارة في المنحدرات الصخرية لتوجيه مياه الأمطار إلى الحاجز أو الخزان ويتراوح حجم الخزانات عادة من 500 إلى 5000 متر مكعب وقد يصل أحياناً إلى أكثر من 10000 متر مكعب وخاصة في حالة تنفيذ الكرفان (حفر طبيعي في تربة غير منفذة للمياه).

وتتميز أنظمة حصاد المياه السطحية بكونها توفر كمية كبيرة من المياه للاستخدام المنزلي، مثلاً خزان حصاد مياه بسعة 5000 متر مكعب يمكن أن يغطي قرية بعدد سكان 500 نسمة باستهلاك 50 لتراً/للفرد/اليوم لمدة 140 يوم من أيام الجفاف حتى ولو تم فقدان 30 % من كمية المياه نتيجة للتبخر.

بتحسين وتطوير البرك والمواجل التقليدية المنتشرة في معظم القرى اليمنية يمكن أن تتحسن نوعية المياه.

وفي المقابل فإن لهذه الأنظمة عيوباً عديدةً وأهمها:

- إن المساقط والمصبات المخصصة لتغذية الخزانات توجد عادة في الموقع وتكون بعيدة عن البيوت والقرى المستهدفة.
- غالباً ما تكون مناطق المساقط والمصبات والخزانات مفتوحة للناس والحيوانات مما يجعلها معرضة أكثر لمخاطر التلوث كما يشكل ذلك صعوبة في الإدارة والتحكم بالمياه.
- أنظمة حصاد المياه يمكن أن تزيد من انتشار أمراض الملاريا وأمراض أخرى مثل البلهارسيا ودودة غينيا.

### 7ـ **حصاد مياه الضباب** (Fog water Harvesting):

إن حصاد المياه المتكونة من الضباب يظهر بوضوح إمكانية الحصول على المياه للتجمعات السكانية الريفية الصغيرة في المناطق الجافة وشبه الجافة.

وتتركز الفكرة الأساسية للحصول على المياه من الضباب بعمل شبكة متعامدة على اتجاه حركة الضباب المدفوع بالرياح، حيث يلتصق الضباب بالشبكة ومن ثم تبدأ قطرات مياه الضباب بالانسياب بفعل الجاذبية إلى نظام مبسط لتغذية السكان بمياه الشرب.

التكنولوجيا المتبعة لذلك بسيطة ويمكن إصلاحها وصيانتها وتشغيلها بواسطة الأهالي في هذه المناطق، والتحدي في هذا الموضوع يتمثل في:

- الحصول على تجمع سكاني ريفي مناسب للتعامل مع مثل هذه التكنولوجيا.
- الحالة البيئية والمناخ للمنطقة.
- ضمان أن تلبي هذه التكنولوجيا حاجة المستفيدين من المياه وبطريقة مستدامة.

## 7 ـ المفاهيم الأساسية:

- يمكن اعتبار عملية تجميع المياه من الضباب أنها ينبوعاً هوائياً للمياه، وهو لا يختلف عن العيون التي تعمل بالجاذبية.
- يتم تركيب الشباك المجمعة لقطرات مياه الضباب وبصفة نمطية على ارتفاع لا يقل عن 1.5 متر فوق سطح الأرض ومركبة على عمودين رأسيين، ومقياس هذا المجمع يعتمد على طبوغرافية المنطقة، وكذلك الاستخدام المقصود للمياه.

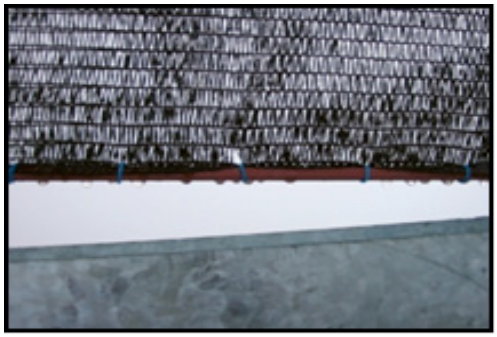
مجمع ضباب معياري في مبين حجة

## 6 ـ 3 خطوات تنفيذ مشروع حصاد مياه من الضباب:

- جمع المعلومات المناخية عن المنطقة المستهدفة والتي من أهمها فترة تواجد الضباب وسرعة الرياح واتجاهها.
- مثلا: في منطقة مبين في حجة يتواجد الضباب بكثافة عالية في شهور ديسمبر، يناير، فبراير ومارس من كل عام.

- يتم التأكد من نوعية الضباب من حيث إدراره لقطرات المياه، مثلاً الشعور بحدوث بلل في شعر الرأس.
- تقدير منسوب مواقع المنطقة المستهدفة باستخدام جهاز GPS أو التيمتر ذو الدقة العالية.
- تركيب مجموعة من وحدات قياس إنتاجية مياه الضباب المعيارية في المواقع المحتمل إدرار مياه الضباب منها ومراقبة الإنتاج اليومي لمياه الضباب لكل متر مربع من شبك تجميع مياه الضباب وتقدير سرعة الرياح واتجاهها باستخدام الاستمارتين المرفقتين في نهاية الفصل.
- في حالة التأكد من جدوى الموقع في المنطقة المستهدفة المراد إمدادها بمياه الضباب يتم عمل مشروع مياه فيها من مجمعات الضباب الكبيرة والتي تم تقدير مساحتها بحسب نتائج مراقبة مجمعات الضباب المعيارية.
- يجب التثبيت الجيد لقوائم الضباب الكبيرة باستخدام الدعائم والكابلات الحديدية.

مساهمة المجتمع المحلي في بناء وحدات حصاد الضباب



صوره توضح مقطع لشبك مجمع الضباب والتي تتساقط منها القطرات إلى مجرى التجميع

## مواصفات الموقع المثالي لتجميع مياه الضباب :

- يوجد الضباب المدر لقطرات المياه بكثافة في المنطقة المستهدفة لفترة لا تقل عن 3 أشهر في السنة.
- تفضل المواقع التي يحصل فيها تجميع طبيعي للضباب مثلاً منخفض بين تبتين أو في جبلين أو في هضبتين.
- وجود احتياج شديد للمياه في فترة الجفاف التي تتواجد فيها الضباب.
- أن لا تقل إنتاجية قطرات مياه الضباب عن 5 لترات / اليوم/ متر مربع من الشبك.

موقع طبيعي جيد

## 8 ـ النمذجة الهيدرولوجية:

يقصد عادة بمصطلح نمذجة النظم الهيدرولوجية تطبيق الحسابات الرياضية والمنطقية التي تحدد العلاقات الكمية بين خصائص الدفق (النواتج) والعوامل المكونة للدفق (المدخلات). وهذا تعريف شامل للغاية يضم طائفة من النهج برمتها. فهناك على أحد الطرفين، تقنيات الصندوق الأسود التجريبية بصورة بحتة، وهي تقنيات تسعى إلى نمذجة الهيكل الداخلي للمستجمع واستجابته ولكنها تقف حصراً بين مدخلات ونواتج نظام المستجمع.

وعلى الطرف الآخر، هناك تقنيات تشتمل على نظم معقدة من المعادلات القائمة على قوانين فيزيائية ومفاهيم

نظرية تنظم العمليات الهيدرولوجية – وتسمى النماذج الهيدروديناميه. وهناك بين هذين الطرفين نماذج مفاهيمية مختلفة. وتمثل هذه النماذج اعتباراً منطقياً لعناصر مفاهيمية بسيطة، مثل مستودعات وقنوات خطية أو لا خطية، تحاكي عمليات تحدث في حوض النهر. وسواء كانت هذه النماذج نماذج خاصة بالصندوق الأسود، أم نماذج مفاهيمية، أم هيدروديناميه، فإنها تؤدي إلى الحصول على النواتج دون احتمالات الحدوث المرتبطة بها. ولهذا السبب، غالباً ما يشار إليها على أنها نماذج قطعية، ويمكن أن تستخلص التقديرات الاحتمالية من خلال الظروف الأولية المثيرة للاضطراب (انتشار الخطأ).

ومع ذلك، ينظر في بعض الأحيان إلى مصطلح نمذجة النظم الهيدرولوجية على أنه يضم نمذجة عشوائية، حيث ينصب الاهتمام على استنساخ الخصائص الإحصائية للسلسلة الزمنية الهيدرولوجية. وبينما قد تكون وظيفة النقل هي مدخلات/ نواتج تقريباً، لم تبذل أية محاولة لنمذجة العلاقات بين المدخلات والنواتج.

وأثبتت العلاقات بين النماذج التجريبية البحتة والنماذج الخاصة بالصندوق الأسود أنها مفيدة للغاية في ظروف معينة وستواصل إثبات ذلك، بيد أنها عرضة لأخطاء جسيمة عندما يصبح الاعتماد عليها ضرورياً تحت ظروف لم تواجه من قبل. ويتوقع أن تكون النماذج التي تعالج عمليات هيدرولوجية متباينة ومتفاعلة من خلال مفاهيم نظرية أجدر بالثقة تحت ظروف شاقة من هذا القبيل و يحمل التعامل معه وعوداً أكبر بالنسبة لتقدم العلوم.

وترتبط التطورات في نمذجة النظم الهيدرولوجية ارتباطاً وثيقاً بظهور الحواسب الإلكترونية والتقنيات المتعلقة بتطبيقاتها. وقد عمل توافر هذه الحواسيب وتطور الوسائل الرقمية المقترنة بها على تمكين الأخصائيين الهيدرولوجيين من إجراء عمليات حسابية معقدة ومتكررة وتستخدم كمية كبيرة من البيانات. وأصبحت نمذجة تدفقات المجاري المائية عنصراً هاماً في تخطيط وإدارة نظم الإمداد بالمياه ومراقبة هذه النظم، وفي تقديم خدمات التنبؤ النهري وخدمات الإنذار.

ومن الضروري عند وضع خطط لإدارة موارد المياه أن تستند الدراسات الهيدرولوجية إلى أفضل العلوم المتوفرة في وقتها. والأفرقة الاستشارية الفنية نموذج جيد لتقييم مدى الاعتماد على آخر ما وصلت إليه العلوم والتكنولوجيا.

### 9ـ تعزيز استخدام التقانات الحديثة كالاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية:

من بين التقانات الحديثة التي أفرزتها ثورة المعلومات وعلوم الفضاء، تقانات الاستشعار عن بعد التي وظفت بكفاءة عالية لميزاتها المتعددة وبخاصة في دراسة الموارد الطبيعية والتي من ضمنها الموارد المائية. وقد برهنت هذه التقانات جدواها العالية علمياً وتطبيقياً في دراسة قطاع المياه الذي يتميز بالهطل المطري والفيضانات، ومناطق الجفاف، الأمر الذي يستدعي الاستمرار والمراقبة والتقويم لتسهيل عملية الإدارة والمحافظة على هذه المياه. ولعل المعطيات الفضائية من بين أفضل الوسائل التي استخدمت لتحقيق ذلك الهدف، لما تتميز به من دقة شمولية وتعددية طيفية تكرارية زمنية ومكانية.

ويعتبر الاستشعار عن بعد هو علم في استخدام أجهزة تحسس للإشعاعات الكهرومغناطيسية لتسجل الأطياف Imagesالخاصة بالبيئة والتي يمكن تفسيرها وتحليلها لإنتاج معلومات والوصول إلى نتائج مفيدة ، بينما نظام المعلومات الجغرافية هو نظام معلومات يعتمد على استخدام الحاسبات في تخزين وتحليل وعرض المعلومات، وفي إنتاج المخططات والخرائط ذات البيانات المكانية أو الجغرافية بالشكل والمقياس المناسبين، وفي نظام المعلومات الجغرافية، يرتبط المعلم المكاني أو الجغرافي (الهدف المدروس) بالمعلومة الوصفية التي تمتاز بها. ويتم تطبيق منهجية نظام المعلومات الجغرافية من خلال تقاطع مجموعة من الشرائح أو الخرائط بمساعدة الحاسب الآلي والبرامج المتخصصة التي تستفيد من قاعدة البيانات ذات الصيغة الرقمية والمخزنة في ذاكرة الحاسب الآلي المستعمل لهذه الغاية.

ويمتاز نظام المعلومات الجغرافية بإجاباته عن الاستفهامات والتساؤلات والاستعلامات التي تحمل في مضمونها طبيعة الاستفسار ولما كانت هذه الميزة وطبيعة هذه الأسئلة تهم الاختصاصات المتنوعة والمتعددة، فإن تطبيقات هذا النظام أيضاً متعددة ومختلفة . ومن الميزات الهامة الأخرى التي يمتاز بها هذا النظام قدرته وقوته في عمليات النمذجة، التي تعتبر من الغايات والأهداف الأساسية من استخدام النظام.

وانطلاقاً مما سبق فإنه يمكن اعتبار أن تقانة الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية أحد الأدوات والتقانات التحليلية القوية والفعالة بالنسبة لمتخذي القرار والمخططين لاستخدام طرق حصاد المياه، حيث تستعمل هذه التقانة الحديثة (الاستشعار عن بعد ونظام المعلومات الجغرافية) لإنتاج واشتقاق مجموعة معطيات إضافية. فمثلاً هي تستخدم خرائط درجات الأراضي والتضاريس وأنواع الترب بجانب خرائط المناخ (تساقط مطري، رطوبة، حرارة وغيرها) في إنتاج واشتقاق خريطة ملائمة عن الأراضي لأنواع متعددة من الاستعمالات (تقنية حصاد مياه طريقة ري معينة أو زراعة محاصيل معينة). وفي هذا الإطار فإن تطبيقات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في استخدام تقانات حصاد المياه يمكن أن تغطي المجالات التالية:

- تحديد طبوغرافية الأرض.
- إعداد الخرائط الطبوغرافية والجيولوجية.
- تصنيف التربة.
- مراقبة الهطول المطري ورصد التغيرات المناخية.
- التخطيط لاستخدامات الأراضي.
- تقدير مياه الهطل المطري والأودية والسيول والتبخر ـ نتح.
- تقدير المساحات المزروعة.
- تحديد المياه الجوفية ودراسة مواقع السدود.
- التوصل إلى نموذج رياضي لإدارة المياه المحصودة.

## 10ـ المصـــادر:


1- Abdulla Noaman: Water scarcity and climate change adaptation for Yemen's vulnerable communities، Local Environment، 16:5، 473ـ488،http://dx.doi.org/10.1080/13549839.2011.565465

2- Abdulla Noaman: Modeling water resources in the Sana،a basin، Yemen، using a WEAP model، IAHS Publ. 330 (2009) ISSN 0144ـ7815.

3ـ Abdulla Noaman: Transport of Escherichia coli and solutes during waste water infiltration in an urban alluvial aquifer، Journal of Contaminant Hydrology 95 (2008) 1–16 www.elsevier.com/locate/jcon

4- Abdulla Noaman: Investigation of the potential of fog water harvesting in the western mountainous parts of Yemen، Arab gulf journal of scientific researchISSN 1015ـ4442 ، 2008

5ـ كورلي، ار .جي، 1979 حوض التصريف كوحدة جيومورفولوجية أساسية، المدخل لدراسة العمليات الجيومورفولوجية ودراسات في الجيومورفولوجيا، ترجمة وفيق الخشاب، جامعة بغداد.

6ـ المولى، محمد فتحي، 2002 دراسة مورفومترية لاختيار سد في حوض وادي الثرثار باستخدام معطيات التحسس النائي، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية العلوم، جامعة الموصل.

7ـ المومني، لطفي راشد المفلح، 1997 الاستشعار عن بعد في الهيدرولوجي، هيدرولوجية حوض وادي الموجب الرئيسي في الأردن، دراسة في الجغرافية التطبيقية / الاستشعار عن بعد، وزارة الثقافة، عمان، الأردن.

8ـ الهيئة العامة للموارد المائية اليمنية، قسم المناخ. بيانات مناخ غير منشورة للفترة (1994ـ2008).

9ـ الهيئة العامة للطيران المدني والأرصاد – اليمن ـ بيانات مناخ غير منشورة للفترة (1970ـ2000).

10ـ الصندوق الاجتماعي للتنمية – اليمن – دراسات متنوعة عن مشاريع حصاد المياه باليمن.

11ـ محاضرات عن حصاد مياه السيول من الشبكة العنكبوتية – الجامعات السعودية.

12ـ محاضرات الدكتور عبد الله عبد القادر نعمان بمجال الهيدرولوجيا والمنشآت المائية بجامعة صنعاء – اليمن.

13ـ حصاد المياه من الضباب – دراسة للصندوق الاجتماعي للتنمية من قبل د. عبد الله نعمان.

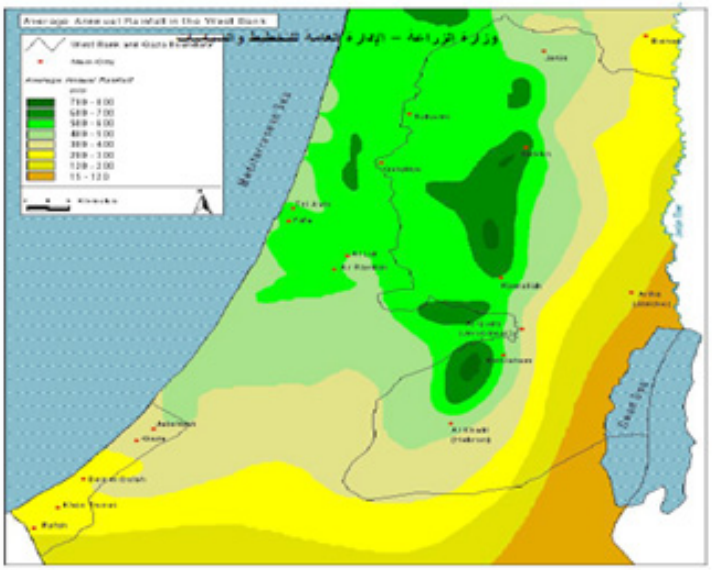
# تعظيم الاستفادة من مياه الأمطار والسيول بإنشاء السدود في مرج صانور- فلسطين

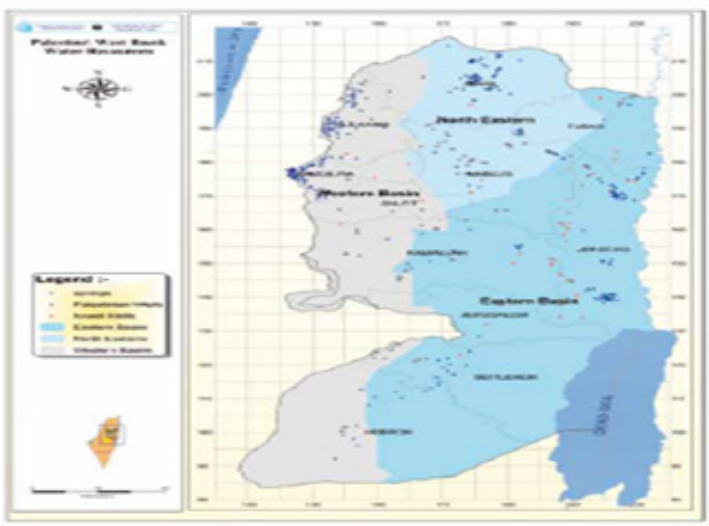
**الدكتور/ نعمان رشيد مزيد**

## الزراعة في فلسطين:

- المساهمة في الدخل القومي: أنخفض من 30 % إلى 5 %.
- المساهمة في تشغيل الأيدي العاملة: انخفض إلى 43 %في الستينات، ثم إلى 22 % في التسعينات و13 % حالياً.
- المساحة المزروعة: 1.8 مليون دونم (ثلث المساحة الإجمالية) منها 130 ألف دونم مروي.
- الزراعة المروية تساهم ب 38 % من الإنتاج الزراعي.

## الأمطار والمياه :





**الموازنة المائية بالضفة الغربية :**

| Hydrologic Parameter | West Bank Contribution to Water Balance | | Gaza Strip Contribution to Water Balance | | Total |
|---|---|---|---|---|---|
| | *Percentage* | *MCM/yr* | *Percentage* | *MCM/yr* | MCM/yr |
| Annual Rainfall | 100 | 2243 | 100 | 106 | 2349 |
| Evapotranspiration | -68 | -1529 | -52.5 | -53 | -1582 |
| Surface Runoff | -3.2 | -71 | -1.98 | -2 | -72 |
| Natural Recharge | 28.8 | 643 | 45.5 | 46 | 694 |
| Return Flow (RF) | NA | NA | 8.9 | 9 | 9+RF |
| Overall Balance | 643+RF WB | | | 55 | 703+RF WB |

**المحددات الزراعية :**

- صلاحية الأراضي للزراعة: نشاطات استصلاح وتأهيل.
- محدودية المياه و تذبذب الأمطار: الحصاد المائي وإعادة استخدام المياه العادمة المعالجة.
- التسويق.

**نشاطات استصلاح وتأهيل الأراضي:**

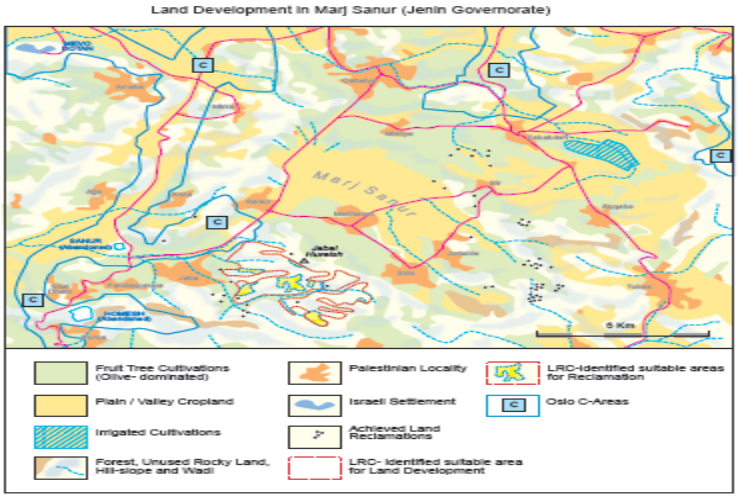
**مرج صانور :**

**الغرق :**

**المخرج الطبيعي مغلق :**

**الحلول المطروحة:**

- تخزين مياه الأودية الجانبية بإنشاء سدين.
- نظام تصريف المياه في المرج.
- تخزين المياه في بركة رئيسية عميقة في المرج.




**سد النصراني :**

- يغطي مساحة 227 هكتار من الأراضي الجبلية.
- منسوب 380 متر فوق سطح البحر حيث يغلق الوادي المار من قرية سيريس باتجاه المرج وبطول حوالي135 متراً.
- الارتفاع الأعلى لقمة السد سيكون على منسوب 389 م وبالتالي فإن ارتفاع السد الأقصى سيكون 9 م.

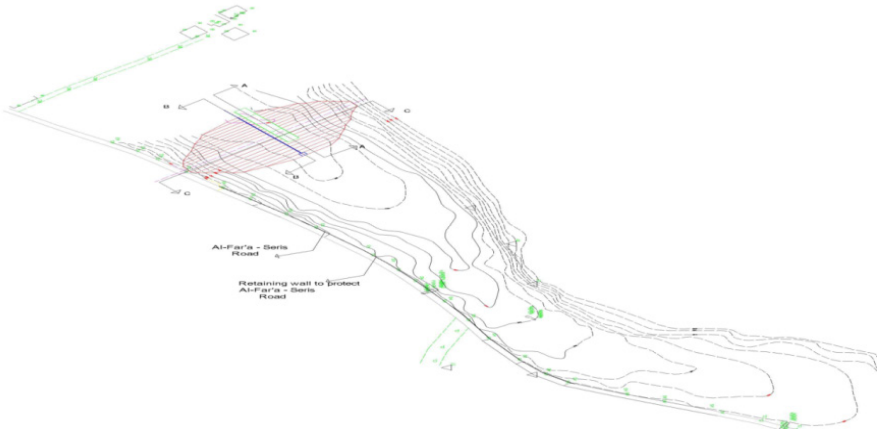
**سد الفيفا:**

- وادي الفيفا الذي يتغذى من حوالي 302 هكتار من الأراضي الجبلية.
- يقع على منسوب 365 م فوق سطح البحر بالقرب من قرية الجديدة .
- نظراً لإتساع الوادي المذكور فأن طول السد سيبلغ حوالي 400 م فيما ستكون قمة السد على منسوب 372.5 فوق سطح البحر.

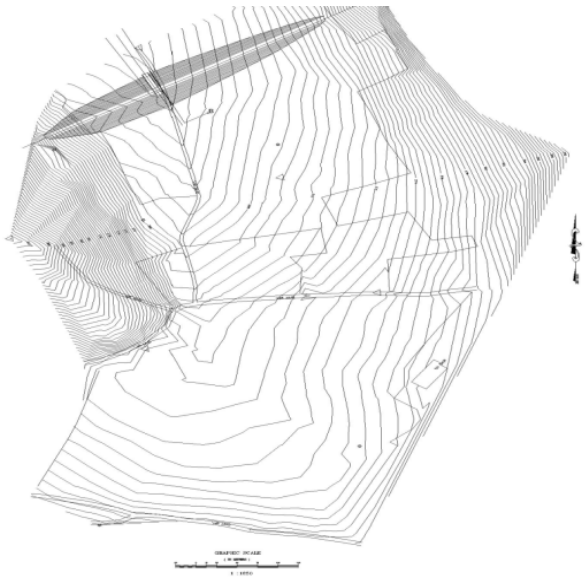
**تركيب وتصميم السدود المقترحة:**

- اختيار السدود الركامية نظراً لتوفر الركام اللازم لتنفيذها في الموقع حيث تم اختيار ميل للجوانب بحيث يكون 1 رأسي : 3.5 أفقي من ناحية المياه وميل 1 رأسي : 3أفقي في الناحية الأخرى.
- تم تصميم مهرب للمياه قادراً على تمرير الفيضانات القصوى التي يصل احتمال حدوثها إلى 2 %.
- نظراً لصغر طول بحيرة السد وحسب سرعة الرياح السائدة في المنطقة فإن أعلى ارتفاع للأمواج سيكون أقل من نصف متر بالتالي فإن ارتفاع نصف متر هو كافٍ لضمان عدم حدوث غمر لقمة السد أثناء حدوث الفيضان.

**سد النصراني :**



## سد الفيفا:



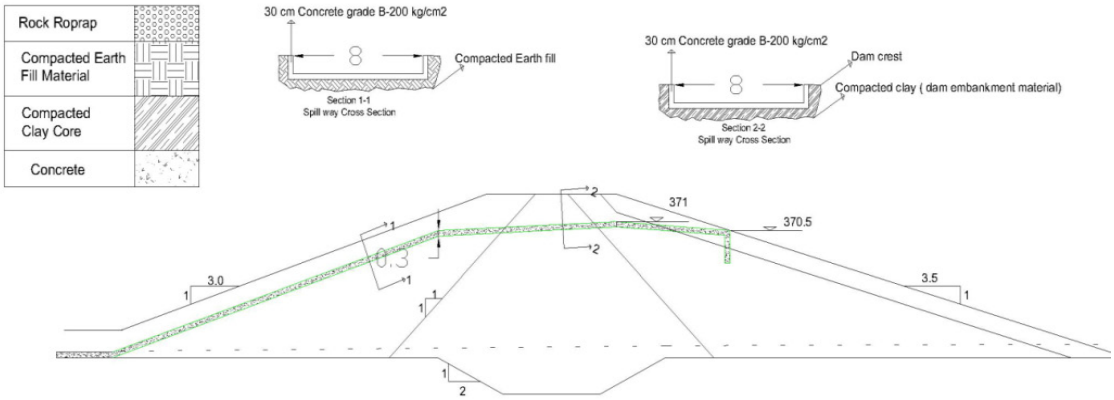



Figure 10 Cross Section A-A
Fifa Dam
Spillway Details

## المواصفات العامة لسد النصراني والفيفا :

| السد | سد النصراني | سد الفيفا |
|---|---|---|
| المنسوب الأدنى | 380م | 365 م |
| المنسوب الأعلى | 389 م | 372.5 م |
| العرض الأعلى (عند القاعدة) | 65 م | 65 م |
| العرض الأدنى (عند القمة) | 8 م | 8 م |
| طول السد | 135 م | 400 م |
| ميل الجوانب من الناحية السفلى | 1 : 3 | 1 : 3 |
| ميل الجوانب من ناحية المياه | 1 : 3.5 | 1 : 3.5 |
| السعة القصوى التخزينية الدائمة | 77000 $م^3$ | 286000 $م^3$ |
| السعة القصوى التخزينية أثناء الفيضان | 127000 $م^3$ | 414000 $م^3$ |
| المساحة القصوى للغرق أثناء الفيضان الأقصى | 38000 $م^2$ | 127000 $م^2$ |
| المساحة القصوى للغرق بعد مرور الفيضان الأقصى | 27700 $م^2$ | 107000 $م^2$ |
| ارتفاع السد | 9 | 7.5م |

**المواصفات العامة لمهارب سدي النصراني والفيفا :**

| السد | سد النصراني | سد الفيفا |
|---|---|---|
| مفيض المياه : | | |
| منسوب مفيض المياه | 387 م | 371 م |
| عرض مفيض المياه | 8 م | 8 م |
| الفيضان الأقصى | $25m^3/sec$ | $13.6m^3/sec$ |
| عمق قناة مفيض المياه | 1 م | 1 م |
| منسوب المياه أثناء الفيضان الأقصى | 388.5 م | 372 م |
| مخرج المياه : | | |
| منسوب مخرج المياه | 382 م | 365 م |
| التدفق الأقصى للمخرج | $0.15m^3/sec$ | $0.15m^3/sec$ |
| نوعية المخرج | ماسورة قطر ١٥٠ مم مغلقة بالباطون | |
| طول المخرج | 80 م | 80 م |

**جدول يوضح السعة التخزينية للسدود المقترحة والمساحة الكلية لبحيرات التخزين:**

**سد النصراني :**

| المنسوب (م) | المساحة ($م^2$) | حجم المياه المتجمعة ($م^3$) |
|---|---|---|
| 381 | 768 | 0 |
| 382 | 4010 | 2390 |
| 383 | 8373 | 8600 |
| 384 | 12624 | 19000 |
| 385 | 16301 | 34000 |
| 386 | 21326 | 52000 |
| 387 (منسوب مفيض المياه) | 27702 | 77000 |
| 388 | 34704 | 108000 |
| 389 (منسوب قمة السد) | 42494 | 147000 |

**سد الفيفا**

| المنسوب (م) | المساحة ($م^2$) | حجم المياه المتجمعة ($م^3$) |
|---|---|---|
| 364.5 | 43 | 0 |
| 365 | 2303 | 590 |
| 366 | 12350 | 7900 |
| 367 | 27861 | 28000 |
| 368 | 43938 | 64000 |
| 369 | 63326 | 118000 |
| 370 | 83528 | 191000 |
| 371 (منسوب مهرب المياه) | 107274 | 286000 |
| 372 | 127305 | 414000 |
| 372.5 (منسوب قمة السد) | 173654 | 494000 |

**الفيضانات المتوقعة مع احتمالاتها لسدود النصراني والفيفا:**

| | مرة كل 2 سنة رطبة (م$^3$) | مرة كل 5 سنوات رطبة (م$^3$) | مرة كل 10 سنوات رطبة (م$^3$) |
|---|---|---|---|
| سد النصراني | 174،000 | 239،000 | 367،000 |
| سد الفيفا | 107،000 | 140،000 | 222،000 |

**الكميات والأعمال التقديرية لإنشاء السدود المقترحة:**

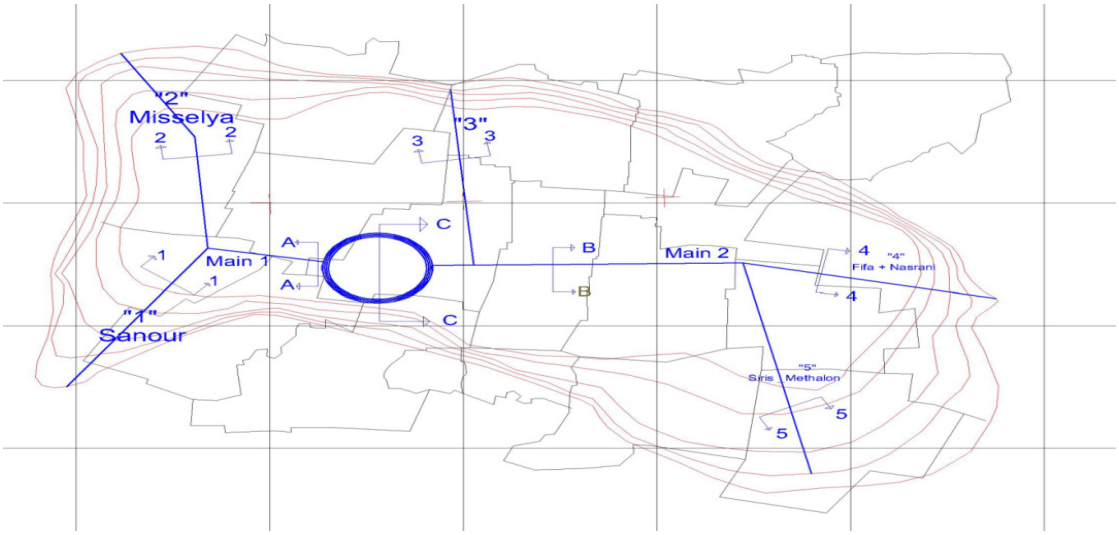
| | سد النصراني | سد الفيفا |
|---|---|---|
| أعمال الحفريات (م$^3$) | 15307 | 34377 |
| لب السد (م$^3$) | 12900 | 40460 |
| حجم الركام الترابي (م$^3$) | 22600 | 69020 |
| حجم رصفة الحجارة (م$^3$) | 3150 | 10285 |
| حجم الباطون اللازم لمفيض المياه بما في ذلك قناة المفيض (م$^3$) | 143.5 | 133.5 |
| حجم الباطون اللازم لمخرج المياه (م$^3$) | 13.5 | 12.5 |
| طول الأنابيب اللازمة للمخرج (م) | 80 | 80 |

**شبكة صرف مياه الفيضانات في مرج صانور وبركة التخزين:**

- حجم مياه الفيضان الناتجة من المرتفعات المحيطة بالمرج والتي يزيد منسوبها على 370 م تصل إلى 2.12 مليون متر مكعب لسنة مائية متكررة مرة في كل 10 سنوات.
- من أجل حماية الأراضي الزراعية في مرج صانور من احتمالية الغرق المتكرر مرة كل 10 سنوات يلزم تصميم نظام صرف وتخزين لما مجموعه 2.12 مليون متر مكعب من المياه سنوياً.

**تخزين مياه الفيضان:**

- تم اختيار هذه المنطقة لإنشاء البركة المقترحة نظراً لكون حجم مياه الفيضان المتوقعة بتكرار مرة كل 10 سنوات هي 2.12 مليون متر مكعب فإنه وباستخدام عمق 10 أمتار للبركة فإن المساحة المطلوبة ستكون حوالي 250 دونم وستزيد قليلاً عن ذلك بسبب ميل الجوانب لذا فإن اقتراح وضع اليد على مساحة 300 دونم ستكون خطة فعالة في إنشاء بركة عليها وبالتالي تقلل من مشاكل الغرق بالمرج ، لذا فقد تم اختيار بركة دائرية الشكل وبنصف قطر قدره 250 م عند القاع.



# حصاد المياه والتغذية الجوفية في جمهورية السودان

الدكتور/ صلاح عبد الله أحمد

## المقدمة:

يقع السودان في خطي الطول 21ـ49 درجة ،24ـ38 درجة شرقاً،وخطي العرض 8ـ45 درجة 8 ـ 23 درجة شمالاً في مساحة 1،88،2،000 كم2 عدد السكان 33،5 نسمة بمعدل نمو 2،53 % في العام/ حسب تقرير الجهاز المركزي للإحصاء ( تعداد 2006م).

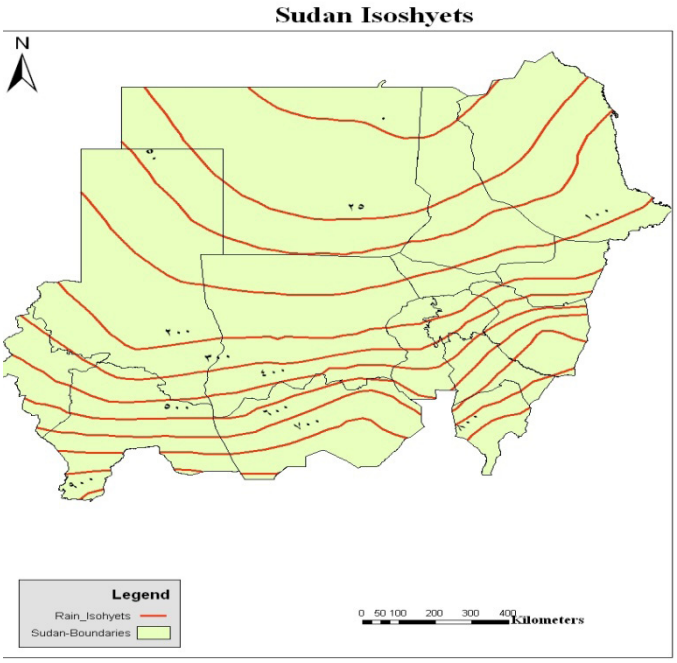
يتميز السودان بتعدد مناخه منه الصحراوي ، حيث يشكل 45 % من مساحة السودان، شبه الصحراوي، السافنا والمناخ الرطب (ملحق رقم 1) . يتراوح معدل الأمطار في هذه البيئة المتعددة المناخات من صفر ملم في العام في أقصى الشمال إلى 1000 ملم في أقصى الجنوب . بينما معدل الأمطار في أواسط القطر يتراوح بين 200 ملم في شمال الأواسط إلى 500 ملم في جنوب الأواسط (ملحق رقم 2). ومتوسط الإيراد المطري ألف مليار متر مكعب في العام .

وتمثل الموارد المائية المتاحة للسودان في العام الواحد في:

- حصة السودان من مياه النيل تبلغ 20.5 مليار متر مكعب .
- الأودية والأنهار الموسمية 5 ـ 7 مليارات متر مكعب يفقد معظمها، والمستفاد منها حوالي 2 مليار متر مكعب .
- المياه الجوفية حيث يبلغ متوسط إيراد المياه المتجددة من المياه الجوفية حوالي 4 مليارات متر مكعب (المخزون المتجدد) يضخ منها ما يزيد قليلاً عن الواحد مليار متر مكعب ومعظمها لأعمال الزراعة.
- بالإضافة لمتوسط الهطل المطري (أربعمائة مليار متر مكعب ) لا يستفاد إلا بأقل من 1 % منها ويذهب الباقي هدراً .

ملحق رقم (1) : الأقاليم المناخية في السودان ( 1961ـ 1990م).

**ملحق رقم (2) كميات الأمطار بالسودان**




جدول يوضح المتاح من الأمطار للأقاليم المناخية في السودان :

| الأقاليم | المساحة (كم) مربع | متوسط الهطول الأمطار السنوية (ملم) | متوسط الأمطار بالمليرات (م) مكعب | نسبة المفقود بالتبخر والصرف السطحي |
|---|---|---|---|---|
| الإقليم الجاف | 775،000 | 100 | 77،5 | 50 |
| الإقليم شبه الجاف | 582،000 | 200 | 116،4 | 50 |
| سافنا قليلة الأمطار | 365،000 | 400 | 146،4 | 40 |
| سافنا متوسطة الأمطار | 391،000 | 600 | 234،6 | 30 |
| سافنا عالية الأمطار | 386،000 | 900 | 347،4 | 30 |
| المجموع | 2،499،000 | | 922،3 | |

المصدر : الهيئة القومية للأرصاد الجوي .
EL Nadi : (2005)

قدرت وزارة الري و الموارد المائية أن الطلب على المياه من مصادرها المختلفة سوف يرتفع في العام 2020 إلى حوالي 38 مليار متر مكعب منها 25.5 مليار للري ( 67 % من مجموع الاستخدامات) و9 % لمياه الشرب والأغراض المختلفة الأخرى و7 % لشرب الحيوان و17 % تبخر من الخزانات. مقارنة هذه الاحتياجات مع ما هو متاح الآن وهو 35.3 مليار متر مكعب يتضح أن هناك عجزاً بمقدار 2.5 مليار متر مكعب .

ومن المحتمل أن يصل عدد سكان السودان إلى 60 مليون نسمة بنهاية الربع الأول من القرن الحالي وعندها سيتناقص نصيب الفرد من المياه المتاحة إلى حوالي 200 ـ 300 متر مكعب فقط في العام وهي دون خط الفقر المائي حسب مقاييس الأمم المتحدة وهو 1000 متر مكعب للفرد. ومعلوم أن حوالي 80 % من سكان السودان يبعدون عن مجرى النيل الأبيض و الأزرق و نهر النيل .

مما سبق ذكره تتضح أهمية الاستفادة من تقنيات حصاد الأمطار في توفير الاحتياجات المائية لمناطق السودان المختلفة وسد الفجوة المائية المستقبلية في السودان وذلك بالاستفادة من كميات الأمطار المهدرة عبر تنظيمها وتجميعها بتقنيات الحصاد المناسبة لذلك .

لقد لوحظ في السنوات الأخيرة ونتيجة للتقلبات المناخية حدوث موجات من الجفاف أحياناً كثيرة وكذلك موجات مدمرة من الأمطار والفيضانات أحياناً أخرى. آثار هذه السيول وموجات الجفاف تلك كانت سالبة على الاستقرار والتنمية في كل الريف السوداني بل وقد أدت إلى تدمير كثير من البنى التحتية وتسببت في النزوح والهجرة إلى المدن.

على سبيل المثال فقد حدثت خلال العام 2007م وفي بداية موسم الأمطار سيول وفيضانات نورد منها الآتي :

- السيول من هضبة البطانة على منطقة أم ضواً بان بولاية الخرطوم وعلى مشروع التفتيش العاشر (مشروع الرهد الزراعي) بولاية الجزيرة.
- السيول من هضبة البطانة وتأثيرها على مناطق بالقرب من شندي بولاية نهر النيل.
- السيول من هضبة المناقل على مشروع الجزيرة والمناقل والعديد من القرى بمعتمدية المناقل بما في ذلك المناقل المدينة.
- السيول بهضبة شمال كردفان وآثارها على المناطق السكنية بحمرة الشيخ بولاية شمال كردفان .
- السيول من هضبة شمال كردفان بكل من خور بقرة، تردة الرهد وقطع الطريق القومي بين أم روابة وتندلتي.
- السيول من هضبة جبال موية على المناطق السكنية بولاية النيل الأبيض (ربك) وقطع حركة المرور طريق الخرطوم ربك.
- فيضان نهر القاش وتهديده لأحياء بمدينة كسلا والجنائن.
- فيضان خور أبو حبل وأثرها على مناطق الغبشة.

وبالرغم من الآثار السالبة لهذه السيول إلا أنه من المتوقع أن تكون قد ساهمت في نثر المياه في مساحات شاسعة من الأراضي في بعض المناطق التي غمرتها المياه وقد يصلح ذلك في زراعتها بعد انحسار مناسيب المياه بالمناطق المغمورة.

مما تقدم يتضح أن تقنية حصاد المياه تظل إحدى الآليات الهامة لتنمية الموارد المائية الموسمية والمتمثلة في مياه الأمطار (الأودية، الخيران، المنخفضات الطبيعية الخ..) حتى يمكن الاستفادة منها في الاستخدامات الحياتية المختلفة منها توفير مياه الشرب للإنسان والحيوان والزراعة وإثراء الغطاء النباتي. كما أن استخدام هذه التقنيات يمكن أن يلعب دوراً هاماً في حماية القرى والمدن والبنيات التحتية من طرق وسكك حديدية بالإضافة إلى حماية المنشآت والمشروعات الزراعية من السيول والفيضانات .

## أهداف حصاد المياه:

تلعب تقنيات حصاد المياه دوراً هاماً في تنمية الموارد المائية وتعد من أنجح السبل في تحقيق مجموعة من الأهداف منها:

### الأهداف الإستراتيجية:

- السبق لتأمين استغلال مصادر المياه الموسمية للأحواض المشتركة.
- المساهمة في تحقيق الأمن الغذائي من خلال الاكتفاء الذاتي.
- المساهمة في تنمية المراعي الطبيعية والغابات.
- تدعيم الأمن المائي بالبلاد.
- تشجيع جهات التمويل المختلفة لدعم برامج السودان التنموية.

### الأهداف البيئية:

- الحماية من السيول والفيضانات.
- تقليل الأمراض والأوبئة وتحسين الظروف الصحية.

### الأهداف الاقتصادية:

- تكثيف وتنويع الزراعة.
- زيادة الإنتاج والإنتاجية في مناطق الزراعة التقليدية.
- تنمية الثروة الحيوانية والغابية.
- الاستغلال الكفؤ والمرشد للموارد الطبيعية خاصة موردي المياه والأرض.
- زيادة الاقتصاد الكلي (المستوى القومي).

### الأهداف الاجتماعية:

- تطوير المناطق الريفية وخلق فرص عمل إضافية لمواطني الريف للاستقرار بمناطقهم.
- محاربة الفقر والجوع والبطالة.
- زيادة الدخل ورفع مستوى المعيشة.
- تشجيع الاستثمارات في تقانة حصاد المياه.
- الحد من النزوح للمدن والمراكز الحضرية .

### مفهوم حصاد المياه:

يعرف مصطلح حصاد المياه على أنه عملية تجميع و تخزين مياه الجريان السطحي الناتج عن هطول الأمطار للاستفادة منها في أغراض الزراعة و إثراء الغطاء النباتي وتغذية الحوض الجوفي و توفير مياه الشرب للإنسان والحيوان.

### مبدأ حصاد مياه الأمطار:

يعتمد مبدأ حصاد المياه على حرمان جزء من الأرض من نصيبها من مياه الأمطار التي عادة ما تكون ضئيلة الكمية و غير إنتاجية، وإضافتها إلى حصة أجزاء أخرى من الأرض .

### مكونات نظم حصاد المياه:

تعتبر المكونات الرئيسة لنظم حصاد المياه كما يلي:

### منطقة المستجمع المائي:

وهي جزء من الأرض يسهم في بعض أو كامل حصته من مياه الأمطار لصالح المنطقة المستهدفة الواقعة خارج حدود ذلك الجزء. ويمكن أن تكون منطقة الجمع صغيرة لا تتجاوز بضعة أمتار مربعة أو كبيرة تصل إلى عدة كيلومترات مربعة. ويمكن أن تكون أرضاً زراعيةً ، أو صخرية، أو هامشية، أو سطح منزل أو طريقاً معبداً.

### مرفق التخزين:

وهو المكان الذي تحتجز فيه المياه الجارية من وقت جمعها وحتى استخدامها. ويمكن أن يكون التخزين في خزانات أرضية أو تحت الأرض مثل الخزانات، أو في التربة ذاتها كرطوبة تربة، أو في مكامن المياه الجوفية.

### المنطقة المستهدفة:

وهي المنطقة التي تستخدم فيها المياه التي جرى حصادها. ففي الإنتاج الزراعي، يتمثل الهدف في النبات أو الحيوان، بينما في الاستخدام المنزلي، فإن احتياجات الإنسان أو المشروع هي الهدف .

### تجارب و ممارسات حصاد المياه:

#### أ- الممارسات التقليدية :

التقنيات التقليدية لحصاد المياه تتنوع تبعاً لمصادر المياه السطحية المتاحة والظروف الطبوغرافية والأرضية السائدة ونوع الاستخدام والمعرفة التقنية. ولكن عموماً تتصف هذه الممارسات التقليدية بالبساطة و قلة التكلفة.

## الممارسات التقليدية في السودان :

### 1/ الزراعة على الرطوبة المتبقية (Flood receding cultivation) :

تستخدم هذه الوسيلة في مجاري وفرش الأودية والأنهار (الجروف)، حيث يتبع المزارع انحسار مياه الفيضان لزراعة المحاصيل الحقلية مثل (الذرة الشامية، الذرة، البطيخ، الشمام،..... الخ) على الرطوبة المتبقية وغالباً ما تكون الأرض المغمورة منخفضة طبيعياً وذات تربة صالحة للزراعة بسبب تجدد الطمي، بدون أي تدخل من المزارع بحجز أ وتوجيه المياه.

وتنتشر هذه الممارسات على ضفاف النيل الأزرق و النيل الأبيض و نهر النيل و أدنى نهر عطبرة، خور أبوحبل، وادي إبرة، وادي عرب، أبوجبيهة، دردیب، وادي تلس وبلبل .

### 2/ الحفائر التقليدية :

وهي من أشهر ممارسات حصاد المياه في السودان، وهي عبارة عن حفر بأبعاد معينة في الأراضي الطينية لتجميع مياه الأمطار بغرض الشرب وهي محدودة المساحة وصغيرة نسبياً وتنتشر بنطاق واسع في مناطق الصخور الأساسية في غرب وشرق وأواسط السودان ومناطق الزراعة الآلية والتقليدية المطرية وهي تساعد في توفير المياه لفترة قصيرة لما بعد الحصاد .

محدودية وتدني نوعية المياه بالحفائر ترجع إلى الآتي:

- صغر حجمها ولا تأخذ شكلاً هندسياً منتظماً .
- كبر سطحها بالنسبة لعمقها الضحل .
- عدم الملء إلى عمق التصميم بسبب ضيق المدخل أو الوضع المناسب الذي يضمن واردات مائية كافية .
- وجود جيوب جانبية أو طبقات سفلية راسخة تؤدي إلى زيادة فواقد الشرب .
- عدم وجود حوض ترسيب أولي لترسيب الطمي قبل دخول المياه إلى الحفير .
- وجود الحفائر بشكل مفتوح يؤدي إلى تلوث المياه.

### 3/ أشجار التبلدي:

هي أشجار كبيرة الجزع يتم تجويفها لحفظ المياه بها للاستخدام في فترة الصيف يتم ملء هذه التجاويف من المياه المتجمعة تحت الأشجار أو حلبها من مناطق قريبة أثناء موسم الأمطار .

المياه المحفوظة جيدة النوعية لبعدها عن مصادر التلوث . ويتفاوت حجم المياه المخزنة من 3 ــ 5 أمتار مكعبة تبعاً لحجم الشجرة ويكون كافياً هذا الحجم لشرب 5 ـ 6 أسر لمدة تتراوح بين شهرين إلى ثلاثة أشهر .

### 4/ الخطوط الترابية والحجرية (Earth and stone lines) :

تعتبر من التقنيات التقليدية الهامة في المناطق الجافة ذات الموارد المائية الفقيرة . وتستخدم بهدف زيادة إنتاجية المحاصيل الحقلية ،وتشكل هذه الحواجز بإقامة كتوف يتم رفعها باليد من التراب أو الحجارة مع الرص والدك أحياناً أو ترفع أحياناً بالطراد أو الدسك العريض مسايرة أداة إنتاجية المحاصيل الحقلية ،من سطح التربة .وهي ذات ارتفاعات صغيرة نسبياً ، و يتراوح عمق الماء فيها بين 30 ـ20 سم وارتفاع الكتف بين 60 ـ 85 سم . وهي قد تكون في شكل خطوط اعتراضية متعامدة على خط الجريان أو تكون من ترس قاعدي وجناحين على أطراف كل قطعة زراعية أو في شكل أحواض .وقد يكون لها حوض ساكب أو بدون حوض ساكب .تقوم الحواجز بحجز المياه خلفها وتعمل على زيادة كمية المياه الفعالة عن طريق زيادة نفاذية التربة بزيادة زمن الغمر وإطالة فترة استخدام النبات لهذه المياه لتقليل أثر فترات الجفاف الطويلة أثناء الموسم .وعادة بمحاصيل ( الذرة ،الدخن، الكركدي ،البامية والخضروات) . ويفتقر تصميمها وتنفيذها لبعض المعايير الهندسية والمواصفات التالية:

- قد لا تكون مطابقة لخطوط الكنتور مما يعرضها لعملية الجرف.
- لا تحتوي على خطوط داخلية اعتراضية أو تقطيع المساحة الداخلية بفواصل عمودية تساعد في نشر المياه بانتظام.
- تفتقر إلى الأحواض الساكبة.
- عدم تساوي عمق البلل.
- لا تعتمد المسافة بين الأحواض على درجة الا نحدار والفرق في مستوى عمق الماء بين الحاجز والذي يليه.
- لا تنفذ بناءً على مخططات طبوغرافية (المعطيات الهندسية) كالتباعد بين الكتوف وأعماقها وأطوالها لأن ذلك يتعلق بكمية الأمطار الساقطة ومعدل الجريان السطحي والا نحدار وطبيعة التربة والتي لا تؤخذ في الاعتبار .

تتميز التقنيات بالبساطة وقلة التكاليف وسهولة التنفيذ. وقد تجمع معها الحراثة بالطراد لزيادة كمية الماء المخزون بالتربة . وتنتشر هذه التقنيات بمناطق الزراعة المطرية (القضارف وكردفان).

### 5/ الحراثة(Soil Tillage) :

تستخدم في مناطق مستوية وشبه مستوية تتميز بقلة أمطارها، وللاحتفاظ بمياه الأمطار الساقطة وليس الواردة ويُستعمل فيها آلة الطراد بغرض حجز مياه الأمطار بالسرابات في الترب الثقيلة والخفيفة السطحية، وتزرع عادة بمحاصيل الذرة والدخن .

يتصف تنفيذها بالآتي :

- الحراثة لا تتبع الكنتور .
- لا تراعي ترك مساحة بينية بين المزروعات لتشكل حوضاً ساكباً لمضاعفة كمية المياه المحصودة.
- عدم تساوي توزيع المياه بالسرابات لعدم وجود فواصل بينية (ridging Tie) .
- النتائج البحثية بإدخال عناصر الفواصل البينية على طول السرابات كل 10 أمتار أدى إلى مضاعفة الإنتاج بالنسبة للممارسات التقليدية أو الحراثة المطلقة .

### 6/ زراعة الجباريك (Gobraka Cultivation ) :

هي زراعة حوش أو امتداده homestead أو حول القرى بالمحاصيل مبكرة النضوج لكفاية الأسرة لسد فترة نقص الغذاء الحرجة والمستمرة من مايو حتى أكتوبر قبل حصاد الموسم الجديد العادي (نوفمبر) وتتم عادة في زرائب الحيوانات المنزلية للاستفادة من محيطها المرتفع نسبياً بحجز وتركيز مياه الأمطار في تربة لها خصوبة جيدة وقدرة عالية على الاحتفاظ بالماء من جراء مختلف الحيوان. وللجباريك إنتاجية عالية مقارنة بالزراعة العادية.

لكن لكي تكون نظاماً فعالاً لحصاد وحفظ المياه ينقصها الآتي :

- الزرائب دائماً تكون مغلقة من كل الجوانب ولا تسمح بدخول مياه سهول زيادة عن تلك التي تهطل كأمطار مباشرة. يجب ترك جانب منها مفتوحاً وخاصة في اتجاه الجريان العام لاستقبال كميات مياه إضافية لتقليل أثر فترات الجفاف الطويلة .
- الاكتفاء بعمل الزرائب المحاطة بالشوك والفروع قد لا يكون كافياً أحياناً لخلق حاجز يمنع خروج المياه. وفي هذه الحالة يمكن وضع مخلفات الحيوانات وبقايا المحاصيل بين الفروع لبناء حاجز طبيعي مرتفع نسبياً.
- لا تعامل تربة الجبراكة لتفكيك وإزالة تصلد التربة لتحسين النفاذية. استعمال الآلات اليدوية أو تلك التي تجرها الحيوانات يمكن أن تسهل هذه العملية .
- إنشاء مساكات المياه الصغيرة (الهلالية) لتخزين كميات مياه أكثر للمحاصيل ذات الحوجة المائية الكبيرة (كالقرعيات والطماطم).

## بـ الممارسات المتطورة:

يقصد بها تلك الوسائل التقليدية التي تم تطويرها بإدخال معايير هندسية في تصميمها وإنشائها لزيادة فعاليتها

والنظم التي خضعت للتطوير تشمل:

- سدود نشر المياه.
- الحفائر التقليدية.
- المنظمات المائية والقنوات التحويلة .
- السدود التخزينة .

وسنتطرق لذكرها كل على حدة.

### 1 ـ سدود نشر المياه:

هي تطوير للوسائل التقليدية البسيطة والخطوط الترابية الحجرية لحصاد وتوزيع مياه السهول ونشرها على أكبر مساحة ممكنة في سهول فيضية تقع في مجرى الوديان. وتحويلها إلى أراض صالحة للزراعة أو لتحسين المراعي الطبيعية دون أن يُصحبها تخزين المياه . ويتم نشر المياه عن طريق إقامة سد أو عدة سدود ترابية على مجرى الوادي في وجود أو عدم وجود مصرف للمياه الزائدة.

قد تكون سدود ترابية صغيرة يتراوح عمق الماء خلف السد (بين 30 ـ 40) سم وارتفاع السد بين 60ـ45 سم (البحر الأحمر ، دار فور، شمال كردفان)، أو سدود كبيرة يتراوح عمق الماء فيها بين 60 ـ 80 سم وارتفاع السد بين 100ـ 150 سم وعرض الحوض بين 200 ـ 600 متر ( البا نجديد، أم رماد ، شمال كردفان ).

وشمل تطبيق المعايير الخاصة بإنشائها الآتي :

- المسح الطبوغرافي لملاءمة المنطقة وتحديد خطوط الكنتور .
- خطوط التسوية تكون مغلقة خلف السد .
- يجب أن لا يكون ميل الأرض المغمورة كبيراً، بحيث كلما كانت الميول تزداد المساحات المروية وتقل عدد السدود في مجرى الوادي. يتم تحديد عرض الأحواض حسب المعادلة التالية :

$$L = (L1-L2)/i$$

حيث L عرض الحوض أو البعد بين أي ترس والذي يليه بالأمتار .

L2، L1فرق ارتفاع الغمر بين بداية ونهاية الحوض.

i متوسط ميل الحوض.

- توفير تربة صالحة للزراعة في مناطق الغمر .
- يتم تحديد عدد السدود وارتفاعها استناداً إلى حجم الواردات المائية، والعمق المائي المطلوب والوضع الطبوغرافي للمنطقة.
- مواصفات فيزيائية وكيميائية خاصة بالتربة لتحقيق جودة الري والصرف.
- أن يكون حجم الإطماء المنقولة قليلاً نسبياً ويتناسب مع عمر المشروع .

2 / **المنظمات المائية والقنوات التحويلية ( الري الفيضي)**:

هي وسيلة متقدمة من سدود نشر المياه حيث تمكن من تحكم أكبر في مياه سيول الأودية بإقامة منظمات مائية على المجرى الرئيسي وبوابات تصريف متصلة بقنوات تحويلية وشبكة قنوات ري وصرف.

وهذا النوع من الري الفيضي قادر على غمر مساحات كبيرة تصل إلى عشرات المئات من الأفدنة . وتزرع الأراضي عادة بعد انحسار و تصريف المياه الزائدة عن الأحواض والمساقي حيث تعتمد المزروعات على الرطوبة المتبقية. ويتناسب هذا النوع من الري مع المناطق الجافة والفقيرة بالموارد المائية والتي تحدث كسيول على الأودية الموسمية الكبيرة والتي لها سهول فيضية تتميز بتربة سلتية / لومية / طينية ذات السعة التخزينية الكبيرة .

وينتشر الري الفيضي في الوديان والخيران الكبيرة منها خور بركة (دلتا طوكر، خور القاش (دلتا القاش) خور أبو حبل مشروع الرهد).

وتتكون منشأه الري الفيضي حسب معطيات وخصائص المنطقة والظروف التي تحدث فيها الفيضانات. ومن أهم المكونات والتي قد تتباين من منطقة لأخرى الآتي:

- منظم تحكم المياه.
- القنوات التحويلية.
- شبكة الري والصرف.
- الأحواض والمساقي.

هنالك مؤشرات فنية يجب مراعاتها عند تصميم هذا النوع من وسائل حصاد المياه:

- المعطيات المناخية (الاحتياجات المائية للمحاصيل، الأمطار ، وتصريف الأودية).
- عمق الماء المطلوب إضافته .
- ارتفاع الأحواض والمساقي .
- فترة البلل ( الترطيب).
- مساحة الحوض وتسويته وميوله .
- خصائص التربة النفاذية (قدرة الاحتفاظ بالماء ) .

الري الفيضي يتسم ببعض السلبيات التي يمكن إيجازها في الآتي :

- نمو الحشائش من جراء الغمر وهطول الأمطار المبكر وظهور الآفات .
- ترسب الأطماء مع الفيضان، تذبذب إيرادات الخور من عام إلى آخر.

3/ الحفائر المعيارية :

تم تطوير الحفائر التقليدية بإدخال معايير هندسية وتوفر شروط أساسية لمبدأ إنشائها تنحصر في الآتي :

- اعتماد تقليل فواقد التبخر بزيادة عمق الحفير على حساب المساحة السطحية حسب سماكة الطبقة الكتامة في القاع .
- زيادة الكتامة باستخدام تبطين البوصي إثيلين أو طبقة مرصوصة ومدكوكة من الطين أو البيتون لتقليل فواقد التسرب .

مراعاة الوضع الطبوغرافي الملائم للموقع بما يضمن واردات مائية كافية و يخفف من تكاليف الإنشاء واقتصادية المشروع باختيار مصدر الإمداد من المصادر الآتية :

- التغذية الذاتية .
- التغذية في المناطق المرتفعة .
- التغذية من الأودية .
- مدى مناسبة الموقع وقربه من مناطق السكن أو في جذبه للبدو مع عدم الإخلال بالتوازن البيئي.
- أن تكون نواتج أعمال الحفريات صالحة للردميات.
- أعمال المساحة الطبوغرافية والدراسات الهايدرولوجية وتحليل التربة .
- الحوجة المائية للسكان وخاصة من أكتوبر إلى يونيو .
- رفع نوعية المياه بحماية الحفير بالتسوير وإنشاء آبار الدخول والخروج وإضافة الفلترات ووحدات الضخ .
- التأكد من ملء الحفير باحتمال 90 % ( 9 سنوات أو 10 سنوات) .
- الصرف الآمن للمياه الزائدة ( مفرغ فيضانات، قنوات تصريف) .
- زيادة السعة التخزينية للحفير بزيادة ارتفاع الأجنحة الترابية أو استعمال المضخات .

## السدود:

هي عبارة عن منشآت مدنية ذات أشكال وأنماط متعددة تهدف إلى حجز المياه خلفها في مجاري الأنهار الدائمة الجريان أو الموسمية لأغراض متعددة. والسدود المقصودة هنا السدود الأصغر حجماً من السدود الكبيرة على نهر النيل وفروعه كالروصيرص وسنار والقرية والتي توجد على الوديان الموسمية .

ومن أهم أنواع السدود هي :

**أ/ السدود التخزينية:**

تهدف السدود التخزينية لتخزين المياه في بحيرات خلف السد في فصل الخريف للاستفادة منها مباشرة في الري التكميلي أثناء هذا الفصل أو الكامل في فصل الجفاف أو تستعمل لأغراض الشرب والصناعة . وهي تبنى عادة من الحجارة والطين .

**ب/ السدود الترشيحية :**

الهدف منها حجز المياه السطحية بالوديان وتخزينها لفترة مؤقتة وبالتالي تكثيف الرشح لرفع مستوى المياه الجوفية و الطاقة الإنتاجية للآبار .

وبدأت تقنيات السدود الترشيحية بالسودان مع فترة الجفاف الأولى عام 1974 حيث نضبت كثير من الآبار السطحية الموجودة على الوديان الموسمية كما في أودية البا نجديد و قولو بغرب السودان، إذ تم تشييد سبعة سدود اعتراضية بمنطقة ألبان جديد (شمال كردفان)

سد أربعات بشرق السودان

وأربعات بشرق السودان، الهدف منها نشر المياه المباشر للنشاط البستاني وتحسين مستوى المياه الجوفية لتغذية الآبار المستخدمة في الري ما بعد موسم الأمطار ولتقليل تكلفة الضخ وأضرار الجفاف الذي بدأ يتوالى بعد ذلك وأشهره جفاف عام 1985م . وقد كانت هذه السدود ذات فعالية ملحوظة أثناء فترات الجفاف التالية (1985م ـ 1990م)، حيث أنها لم توفر المياه اللازمة للنشاط الزراعي فحسب وإنما كانت المصدر الرئيسي للمياه الجوفية لشرب الإنسان والحيوان بعد أن نضبت كل الحفائر وأوعية التخزين الموسمية السطحية بسبب شح الأمطار. وقد أنشئت هذه السدود كمنشآت تعويضية على مجرى الوادي بجسم سد رئيسي ومفيض ومفرغ سفلي وأجنحة ترابية ذات ميول متناسبة مع ميول مقطع الوادي .

### ج/ سدود درء آثار الفيضان :

الغاية منها تنظيم الجريان ومنع أضرار الفيضان عن المدن والتجمعات السكنية والمشاريع الزراعية . وخير مثال لذلك منظم خور أبو حبل ذو البوابات الذي يحول الفيضانات العالية إلى قنوات جانبية (ترعة الرهد) ومصارف لحماية مشروع السميح (الجواسير). هذا بجانب الجسور الواقية لمدينة كسلا من القاش وكذلك في سنجة وأبو عنجة ... الخ .

## مشاريع تطبيقات حصاد مياه الأمطار في السودان :

إن اعتماد حصاد المياه في مشاريع التنمية الزراعية التقليدية في السودان يعد خطوة هامة لزيادة الإنتاج وقد درجت عدة مشاريع تنموية في السنوات الأخيرة بالسودان على تبني تقانات حصاد ونشر المياه لتحقيق عدة أغراض أهمها:

- تحسين إنتاجية الزراعة المطرية الهامشية.
- تنمية الغطاء النباتي وصيانة التربة والمحافظة على المياه.
- تنمية موارد المياه.

وعلى سبيل المثال ليس الحصر فإن الجدول التالي يوضح نماذج للمشاريع المطبقة وأغراضها ومدى الاستفادة منها :

| اسم المشروع | التقانة | الغرض | المخرجات | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | المساحة (فدان) | المستفيدون | الإنتاجية Kg/h |
| الأمن الغذائي – الفاو/ وزارة الزراعة الاتحادية | حصاد المياه (نموذجي) chiseling + c. Bound | رفع الإنتاجية للزراعة المطرية | 220 | 108 | 705 |
| الأمن الغذائي – الفاو/ وزارة الزراعة الاتحادية 2002/2001ـــ2001/2000 | الري السيلي (نموذجي) spate | تحسين إدارة مياه الري | 720 | 120 | - |
| الإدارة المتكاملة للموارد الطبيعية لمكافحة التصحر (الأضية)UNDP-OPS وإدارة المراعي 1995ـ1988 | حصاد المياه chiseling + c. Bound | إدارة وتمنية المراعي | - | 40،000 | - |
| 1_مشروع الغذاء من أجل العمل لتقوية الأمن الغذائي والماء1997م 2_مشروع كردفان الإسعافي للمياه_ منظمة كير العالمية 2001م | حصاد المياه (Hafirs) | تلبية حاجة السكان من الغذاء من خلال حفر حفائر مياه الشرب (240) حفيراً | - | 450،000 | - |
| مشروع كردفان لإنتاج الحبوب _ منظمة كير العالمية 1998ـ1997 م | حصاد المياه | تحسين إنتاجية أرض القردود لتكون بديلاً لأراضي القوز | 100 | 100 | 1113 |
| مشروع كردفان للأمن الغذائي 2004/2003ـ2002/2001 منظمة كير العالمية | حصاد المياه وترقية تقنيات الإنتاج | تحسين الأمن الغذائي بتحقيق 20% زيادة في الإنتاج | 1،522،890 | 390،000 | 1135 |
| مشروع المنطقة الحدودية النموذجي 1987 الحكومة الهولندية / صيانة التربة كسلا | نثر المياه Water spreading | زيادة الإنتاجية أفقيا ورأسيا بمناطق الزراعة التقليدية الحدية | 160 | 59 | 720ـ450 |
| مشروع تمنية وإدارة غابة العين منظم الساحل البريطاني / الهيئة القومية للغابات كردفان | حصاد المياه | تعمير وتحسين إدارة موارد الغطاء النباتي | 20،000 | 6420 | - |
| مشروع حصاد والمحافظة على المياه والتحكم في الفيضانات. برنامج الأشغال العامة منظمة العمل الدولية 1995ـ1988م كردفان | نثر المياه Water spreading من خلال الغذاء من أجل العمل | الأغراض الزراعية وتوفير المياه الجوفية لدرء آثار الجفاف (36 حفيراً) | 3045 | - | - |

## تعريف السدود الصغيرة :

السدود الصغيرة هي التي تشيد على الأودية والخيران الموسمية وعادة ما تكون ارتفاعاتها بسيطة وتكلفتها قليلة .
سوف ندرس فيما يلي الأنواع المختلفة للسدود الصغيرة و الهدف من إنشائها كما نتناول المعلومات المطلوبة والمعايير المختلفة لتصميم وإنشاء السدود وكذلك مشاكل السدود الصغيرة في السودان والمقترحات لمعالجة هذه المشاكل .

## 1/ أنواع السدود الصغيرة:

| | |
|---|---|
| - سد ترابي متجانس | - Homogenous earth embankment |
| - سد ترابي ذو حاجز طيني | - Earth embankment with clay core |
| - سد ترابي ذو حاجز خرساني | - Earth embankment with concrete core |
| - سد ترابي ذو حاجز أسفلتي | - Earth embankment with asphalt core |
| - سد ترابي ذو واجهة خرسانية | - Earth embankment with concrete face |
| - سد ترابي ذو واجهة أسفلتية | - Earth embankment with asphalt face |
| - سد حجري | - Masonry embankment |
| - سد خرساني | - Concrete embankment |
| - سد خرسانة مدكوكة | - Mass concrete embankment |

## 2/ أهداف إنشاء السدود :

تنشأ السدود لتنظيم حركة مياه الأودية والخيران وتأمين مياه الشرب والري أو ملء الحفائر والبحيرات الطبيعية والاصطناعية أو تغذية المياه الجوفية أو الحماية من الفيضانات أو السياحة .

## 3/ مراحل إنشاء السدود الصغيرة :

- الغرض من إنشاء السد .
- الدراسات التفصيلية .
- التنفيذ .

## 5/ المعلومات المطلوبة لإنشاء السدود:

أ/ المعلومات المترولوجية :

- الأمطار (المعدلات، التوزيع، الكميات) .
- الترسيب (الأطماء).
- التبخر (المعدلات و الكميات).
- الحرارة.
- الرياح (السرعة والاتجاه).

## 6/ المعايير الخاصة بالسدود الصغيرة :

هناك العديد من المعايير التي يلزم دراستها لتقويم المواقع المقترحة لإنشاء السدود الصغيرة وهذه تختلف من دولة لأخرى .

### المعيار الطبوغرافي :

وينعكس ذلك في الحوض الصباب ومساحته التي يجب أن تكون كافية لملء بحيرة التخزين ويمكن التعبير

عن ذلك بمعامل الشكل والذي يعطى بالمعادلة التالية :

$$C = 0.282\ P_{(A)} - 0.5 \quad \text{.....(1)}$$

P تمثل محيط الحوض الصباب (كلم) .

A تمثل مساحة الحوض الصباب (كلم مربع) .

الانحدار الطولي لبحيرة التخزين يجب ألا يكون كبيراً، فإن ذلك يؤدي إلى زيادة ارتفاع السد وزيادة كلفته، وألا يكون صغيراً مما يزيد من مساحة بحيرة التخزين والذي يعني زيادة الفاقد بالتبخر . عرض البحيرة في موقع السد أي طول السد وهذا مما يؤثر مباشرة في كلفة السد ويمكن التعبير عن طول السد وعلاقته بحجم بحيرة التخزين بإحدى العلاقتين التاليتين :

حجم التخزين (ألف م3) \ طول السد (م.ط) ..... (2)

حجم التخزين (ألف م3)\ المقطع المشغول بالسد (م)..... (3)

## المعيار الجيولوجي:

وهو معيار هام جداً حيث يحتوي على المعطيات التالية :

- نوعية أرصدة بحيرة التخزين ومدى كثافتها واستقرار جوانبها .
- نوعية صخور الأساسات ومدى استقرارها .
- توفر مواد بناء السد وقربها من موقع السد .
- انجراف التربة في الحوض الصباب .
- معامل الجريان السطحي في الحوض الصباب .

## المعيار الهايدرولوجي:

هذا المعيار هو الذي يحدد حجم المياه السطحية التي تجري في الحوض الصباب وحجم التخزين في بحيرة السد في سنة مطرية متوسطة و هذه تتعلق بالآتي :

- مقادير هطول الأمطار .
- مساحة الحوض الصباب .
- معامل الجريان السطحي في الحوض الصباب .

وكمبدأ عام فإن مساحة الحوض الصباب يجب أن تكون كبيرة بالقدر الكافي لتأمين ملء بحيرة التخزين مع اعتبار لحجم الإطماء بالبحيرة ويمكن التعبير عن علاقة المقدارين بالمعادلة التالية :

مساحة الحوض الصباب (م2) \مساحة بحيرة التخزين (م2) ..... (4)

## المعيار الاقتصادي :

إن موقع السد الجيد هو الذي يؤمن المعايير السابقة بالشكل الأفضل ويكون ملائماً لإقامة سد من مواد إنشائية محدودة وبكلفة اقتصادية مقبولة ويعبر عن المؤشر الاقتصادي بالمعادلة :

حجم بحيرة التخزين (م3) \ حجم السد (م3) ..... (5)

## معيار مساحة موقع استثمار المياه:

يؤخذ هذا المعيار في الاعتبار في حالات استخدام مياه السد في أغراض الزراعة على الوجه الخاص بحيث تفضل المواقع القريبة لموقع السد.

هذا وتقوم الجهات المختصة في كل دولة بتحديد قيم تعتمدها للمعايير التي تقارن بموجبها المواقع المختلفة للسدود وذلك حسب ظروف تلك الدولة. فمثلاً قيم بعض المعايير المعتمدة في دول المغرب العربي (المغرب، الجزائر، تونس) التي صدرت في البرنامج الإنمائي للأمم المتحدة في عام 1985 م على النحو التالي :

| | |
|---|---|
| الانحدار الطولي لبحيرة السد (i) | 3%< i <8% |
| طول قمة السد (م.ط) \حجم بحيرة التخزين (م3) | < 0.25 جيد جداً |
| طول قمة السد (م.ط) \حجم بحيرة التخزين (م3) | <0.75 جيد |
| طول قمة السد (م.ط) \حجم بحيرة التخزين (م3) | <1 وسط . طول قمة السد (م.ط) \حجم بحيرة التخزين (م3) |
| | <1 ضعيف . |
| حجم بحيرة التخزين (م3) \ حجم السد (م3) | ما بين 7ـ10 . |
| مساحة الحوض الصباب (م2) \مساحة بحيرة التخزين (م2) | ما بين 20ـ50 . |

## 7/ غايات التصميم العامة:

- تحقيق الأهداف المرجوة من إنشاء السد .
- استدامة الخدمة التي من أجلها أنشىء السد .
- ثبات واستقرار جسم السد .
- تحقيق أفضل استغلال للموارد .
- تحقيق أكبر عائد اقتصادي ومادي من قيام السد .
- تحقيق الرضا الاجتماعي لمواطني المنطقة .
- تحقيق التوازن البيئي وتقليل الآثار السالبة من قيام السد .

## 8/ مشاكل التصميم في السودان:

المعلومات المطلوبة لعمل الدراسات الهيدرولوجية نادراً ما تكون متوفرة حيث نجد محطات رصد الأمطار لا تغطي مناطق السودان بالقدر الكافي، لهذا يلجأ المصمم في أغلب الأحيان لاستجلاب معلومات مناخية من محطات أخرى، قد لا تمثل منطقة السد المطلوب تصميمه بصورة دقيقة .

قياس المناسيب غالباً ما يكون غير متاح في الأودية والخيران الموسمية لهذا يلجأ المصمم لتقدير المناسيب العالية من خلال علامات (High water marks) على الجبال أو الأشجار أو المباني جوار المجرى ، ويعتمد ذلك على خبرة وتقدير المصمم .

التصرفات غالباً ما نجد رصد لتصرفات مجاري الأودية والخيران الموسمية لتحديد التصرفات العالية التي يعتمد عليها المصمم من تصميمات المسيل (Spill way) مما يضطره للجوء إلى التقديرات ، من خلال الاتصال بالجمهور بالمنطقة والمعلومات الحقلية التي يجمعها من الموقع . ويدخل في هذه التقديرات عنصر التكلفة والخطر من خلال مقاطع على الوادي والانحدار الطولي للمجرى المائي، لحساب التصرف باستخدام معادلة ما نتج مع إضافة معامل أمان مناسب لذلك لتحديد التصريف التصميمي للمسيل. الإطماء ومعلوماته معدومة بالأودية والخيران، مما يضطر المصمم لعمل تقديرات من السوابق السالفة للسدود بالمنطقة أو السدود المشابهة باستخدام الطرق الإحصائية الاحتمالية لإيجاد علاقة بين حوض منطقة معلومة الخواص وحوض منطقة السد، وذلك بإتباع الحيل الهندسية لتقدير معقول لحجم الإطماء التخزين الميت والسعة المثلى للتخزين الحي وتجنيب البحيرة من الإطماء السريع.

أما سعة التخزين فستظل قائمة ما دامت المعلومات الهيدروليجية غير محدده بدقة وكل الذي يمكن أن يتم تقدير لحجم التخزين بالبحيرة مبنياً على منسوب التخزين الأعلى (منسوب المسيل).

## 9/ المتطلبات لتصميم السدود:

لابد أن يراعى في التصميم النقاط التالية :

- ثبات السطح (slope stability) الأمامي (U/S) والخلفي (D/S) تحت مختلف ظروف التشغيل للخزان (الملء السريع ـ التفريغ السريع).

- منع انهيار السد بسبب التسريب خلال جسم السد وذلك بالعناية باختيار المواد لبناء جسم السد والحاجز الطيني والمرشحات .
- منع انهيار السد بسبب التسريب تحت أساسات السد باستخدام الحواجز الرأسية والفرشة الطينية وحماية خلفية السد السفلى .
- مراعاة التداخل بين العناصر المكونة للسد المختلفة .
- وضع اعتبار الهبوط لجسم السد والتشققات المصاحبة لمرحلة الملء .
- التدقيق في أعمال الحماية لقناة المسيل وبرامج التفريغ .
- التدقيق في موقع اختيار المسيل وعرضه وشكل تاج القناة وارتفاع الأمان لقمة السد و حماية خلف المسيل .
- حماية السطح الأمامي والخلفي من الأمواج باختيار اللبنة الحجرية المناسبة .
- تحديد مواصفات المواد لبناء السد والمعالجات اللازمة لها .
- وضع موجهات التنفيذ في كراسة العطاء .
- وضع موجهات التشغيل والصيانة .

## 10/ المتطلبات لتنفيذ السدود :

- الفحص والتدقيق لقطاع السد.
- تحديد المعالجات بالحقل حسب المتغيرات الحقلية لأساسيات السد .
- التدقيق في معالجة مواد بناء السد ( الخلط – إضافة المياه – الدك – الكشط التوزيع – الإزالة).
- اختيار المقاول المؤهل للتنفيذ.
- توفير معامل اختبارات المواد بالحقل .
- التدقيق في اختيار الآليات التي تناسب العمل .
- التأكد من برنامج التنفيذ وملاءمته للظروف الطبيعية .
- اختيار مقالع مواد البناء (رمل ، حصى ، طين ، حجر ....الخ).
- مراجعة توفر مواد الترحيل، التخزين السليم ووسائل النقل .
- مراجعة توفير وسائل السلامة للعاملين و الآليات .
- اختيار تحوطات السلامة من السيول والفيضانات أثناء فترة التنفيذ (تحويل المجرى، الوقت المناسب للتنفيذ، وسائل الإنذار).
- الإشراف والرقابة والتدقيق (ضبط الجودة و الوقت للتنفيذ).
- توفير الميزانيات للتنفيذ حسب الجدول الزمني الموضوع.

## 11/ المتطلبات لإدارة تنفيذ السدود:

- لابد أن تؤول إدارة وصيانة وتشغيل السدود لجهة فنية مقتدرة .
- تدريب الكادر البشري القائم على إدارة وتشغيل وصيانة السد .
- الاحتفاظ برسومات وخرائط السد، في موقع تسهل مراجعتها بواسطة السلطات الفنية .
- الاحتفاظ بنسخة من موجهات التشغيل والصيانة بموقع السد .
- مراقبة المناسيب والتسرب وتدوين البيانات حسب برنامج متابعة الموضوع .
- التبليغ الفوري للسلطات في حالة حدوث أية تغيرات غير طبيعية .
- التصرف السريع لتأمين سلامة السد حسب موجهات كراسة التشغيل .
- ضرورة أعمال الصيانة الدورية للسد وتوفير الميزانيات اللازمة لها .

## 12/ القضايا البيئية:

- قيام المنشآت المائية تتبعها عموماً عدة تغيرات بيئية وذلك حسب حجم المنشأة ، بالنسبة للسدود الصغيرة يمكن تلخيصها فيما يلي :
- الحد من انجراف التربة .

- الحد من آثار الفيضانات .
- تحسين البيئة المحيطة بموقع السد وبحيرة التخزين .
- تهجير السكان من منطقة محور السد وبحيرة السد لمواقع آمنة خلف السد .
- فقدان أراضي زراعية- استصلاح أراضي التعويض بمواقع أخرى .
- فقدان ثروة بستانية، غابية، شجرية مما يستدعي التعويض .
- هجرة سكان جدد لموقع المشروع (زيادة السكان) .
- الحاجة لخدمات إضافية (علاج ، ماء ، تعليم ،.....الخ) .
- حركة الحيوان (النمو الرأسي والأفقي) .
- أثر قيام السد على الحيوانات البرية طارد لنوع وجاذب لنوع آخر .
- أثر قيام السد على مستخدمي المياه خلف السد .
- أثر قيام السد على مخزون المياه الجوفية .
- المسائل الأمنية .

# المناهج العلمية في مجال حصاد المياه والمياه الجوفية

**الدكتور/ عبد الوهاب محمد عامر**

## 1 ـ حصاد المياه:

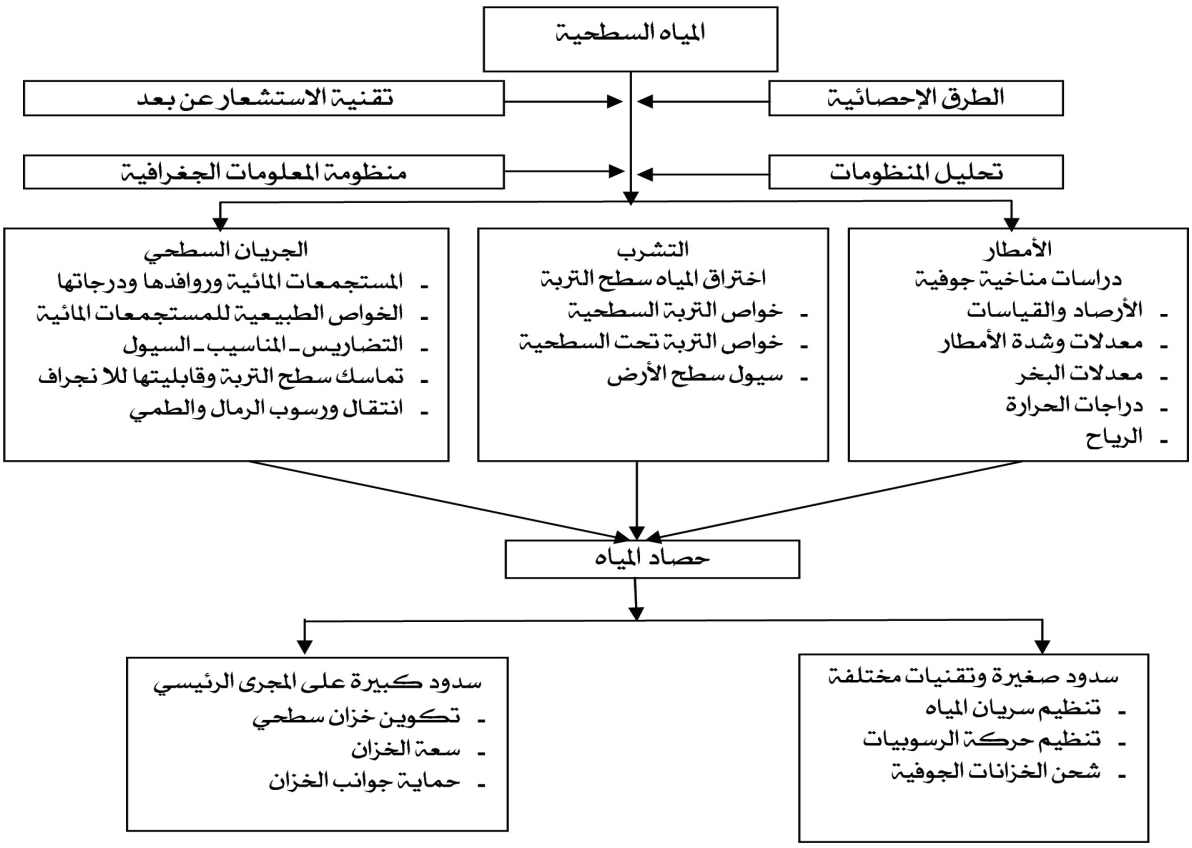
### 1.1 مفهوم حصاد المياه:

يعرف مفهوم حصاد المياه بأنه جمع لمياه الأمطار من حوض معين يعرف بحوض التصريف أو المستجمع المائي، وهو عملية مورفولوجية أو كيميائية أو فيزيائية تنفذ على سطح الأرض للاستفادة من مياه الأمطار بتخزين أكبر قدر منها، ويتم ذلك بتجميع مياه الجريان السطحي في منطقة تصريف، وتخزين غير معرضة للا نجراف لاستخدامها في الري أو أي أغراض أخرى. وهذا المفهوم لا ينطبق على جريان المياه في الأنهار الدائمة.

فإذا أمكن تجميع مياه الأمطار التي تهطل بكميات ضئيلة على مساحة من الأرض وتخصيصها لجزء محدد من الأرض فإن ذلك قد يسمح بإنتاج زراعي اقتصادي، وعلى سبيل المثال لا يمكن لمساحة أرض تبلغ أربعة هكتارات في منطقة قاحلة تحظى بمقدار 100مم من الهطل المطري السنوي أن تنتج محصولاً اقتصادياً، فإذا أسهمت ثلاثة هكتارات بكمية أمطارها لدعم الهكتار المتبقي فإن هذا الهكتار الذي يمثل ربع المساحة سيحظى بكمية مياه يبلغ مجملها 400مم تكفي لدعم طائفة من المحاصيل وهناك تقنيات مختلفة تطبق في بعض الدول العربية لحصاد الأمطار. ففي تونس على سبيل المثال يطبق نظام «الجسور» و «المغاه» وغيرها حيث يتم الاستفادة من المنحدرات مع استخدام جدران حجرية ، وفي الأردن هناك أحواض محفورة من الجبال الصخرية في البادية، وفي مصر تستخدم الخزانات الأرضية (الآبار الرومانية) في الساحل الشمالي الغربي كما تستخدم « الهربات» في شمال سيناء، وفي بعض الدول الأوروبية تستخدم أسطح المنازل كما تستخدم الطرق الأسفلتية المعبدة في الصين.

### 2.2 الدراسات العلمية اللازمة في مجال المياه السطحية وحصاد المياه :

يبين المخطط التالي أهم الدراسات العلمية والاستقصاءات الحقلية اللازمة في مجال المياه السطحية وحصاد المياه :




تركز الأملاح في المياه الجوفية على وجه العموم تزيد بزيادة العمق تحت تأثير الكثافة.

وتتميز المياه الجوفية عن السطحية في كونها موزعة توزيعاً هائلاً على كوكب الأرض، ويمكن القول ـ على وجه العموم أنه يمكن العثور على مياه جوفية في أي مكان على سطح الأرض بصرف النظر عن العمق أو الملوحة. وهي يمكن أن تخزن في مكامنها عشرات الآلاف من السنين لأن حركتها شديدة البطء، كما أنها تحتفظ بخواصها كمياه عذبة إلا إذا مرت على طبقات ملحية أو تعرضت لأخطار التلوث من أي مصدر. لذلك فهي تعتبر مصدراً مستداماً للمياه بشرط إدارة الخزان الجوفي بأسلوب علمي بحيث لا يتجاوز الضخ مقادير الشحن إن كان طبيعياً أو اصطناعياً.

وقد يؤدي الضخ الجائر من المياه الجوفية إلى خلل لا يمكن عملياً علاجه مثل تداخل مياه البحر في الخزانات الشاطئية، أو ارتفاع منسوب المياه المالحة الذي يصل إلى منسوب بئر السحب حيث تختلط المياه المالحة بالعذبة وعندها تنتهي فعالية البئر بسبب زيادة ملوحة المياه الناتجة منه، أو هبوط سطح الأرض.

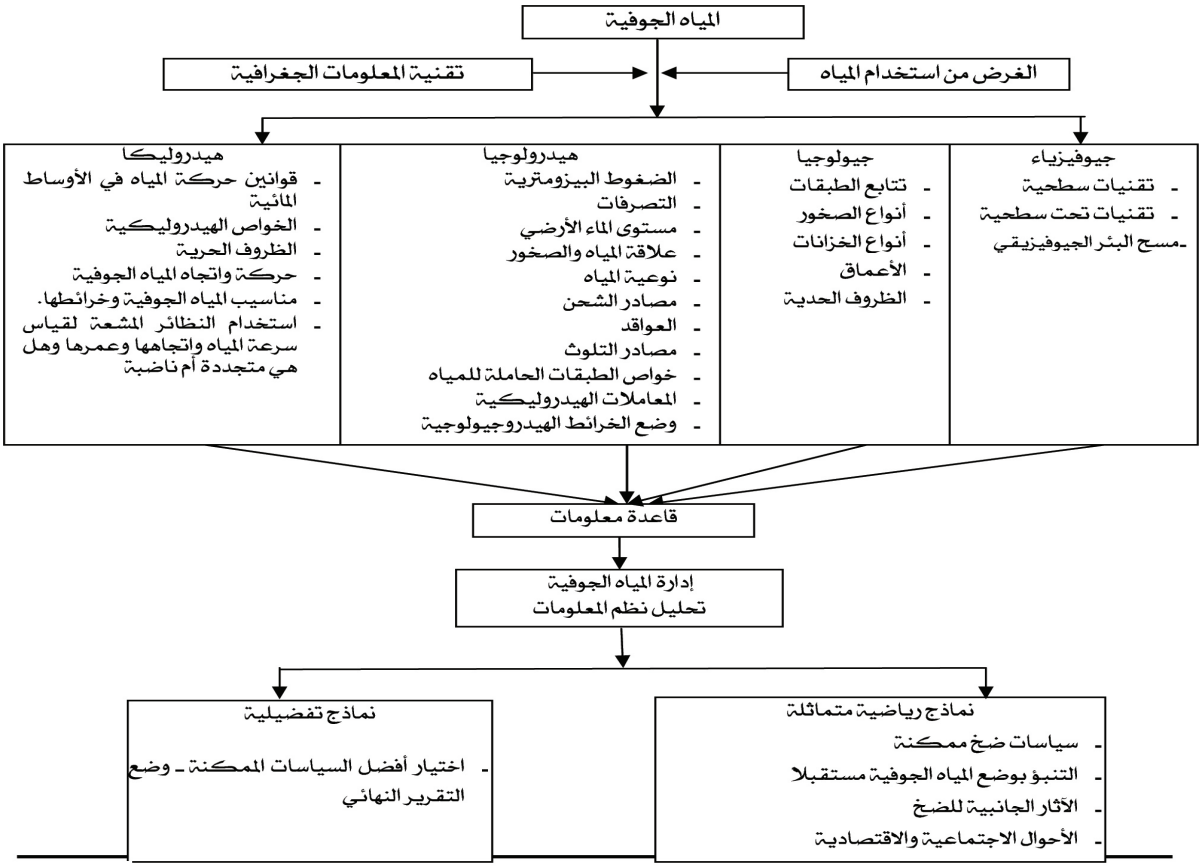
## 2 ـ الدراسات العلمية اللازمة في مجال المياه الجوفية :

تعتبر الدراسات العلمية في مجال المياه الجوفية من الدراسات المعقدة نظراً لأنها تعتمد على تكامل مجموعة تخصصات علمية، كما أننا نتعامل مع هدف غير مرئي (تحت سطح الأرض)، وعلى ذلك فإن البيانات والمعلومات اللازمة لإجراء دراسة أو بحث علمي في هذا المجال عادة ما تكون محدودة وكثيراً ما تكون تقديرية وشحيحة مما يؤثر بالسلب في تطبيق الأساليب العلمية الحديثة.

وقد كانت إدارة المياه الجوفية واستغلالها حتى منتصف القرن الماضي تعتمد في الأساس على الآبار الانفرادية ونماذج معملية معقدة لحل مشاكل محلية محدودة، ولم تكن هناك أساليب تسمح بالتعامل العلمي السليم في الخزانات الجوفية التي تتسع مساحتها إلى آلاف الكيلومترات المربعة وأعماقها تصل إلى مئات الأمتار. وكان الهدف دائماً من الأبحاث والدراسات ـ وما زال ـ هو الإجابة عن الأسئلة التالية :

ما هي كميات المياه التي يمكن ضخها من خزان جوفي معين دون حدوث آثار جانبية؟ كما يبلغ عدد الآبار وما هو تصميمها والمسافات بينها؟ ماذا يحدث لمستوى الماء الحر أو الضاغط البيزومتري مع الزمن؟ وغيرها من الأسئلة.

وقد أحدثت ثورة الحاسب الآلي طفرة هائلة في هذا المجال بتطبيق نماذج التماثل الرياضية والتفضيلية. يبين المخطط التالي مناهج الدراسات العلمية والبحوث الحقلية اللازمة في مجال المياه الجوفية :




## 3 ـ المناهج العلمية في بعض الجامعات في مجال المياه السطحية والمياه الجوفية:

تتنوع المناهج العلمية في الجامعات المصرية في مجال المياه تنوعاً كبيراً، وهي تظهر على وجه الخصوص في كليات الهندسة والعلوم والزراعة ، ففي كليات الهندسة أقسام الهندسة المدنية ينصب الاهتمام على الهندسة المائية في مرحلة البكالوريوس من حيث دراسات حركة المياه في الأنهار والترع والتخزين والنقل والتوزيع وما يستلزم ذلك من منشآت مائية للتحكم. وينطوي ذلك تحت مواد ميكانيكا المواقع والهيدروليكا وهندسة الري والصرف والمنشآت الهيدروليكية ، وفي أغلب الحالات لا تظهر أية مناهج في مجال حصاد المياه أو المياه الجوفية بينما يظهر ذلك أحياناً في هذه المرحلة في مناهج نظام الساعات المعتمدة كمقررات اختيارية. أما مرحلة الدراسات العليا فيظهر فرع بوضوح مقررات المياه الجوفية والهيدرولوجيا والتي قد تحتوي على موضوعات حصاد المياه. وتهتم مناهج الهندسة المائية في الأساس على التخطيط والتصميمات وحساب الكميات. ويقع ذلك ضمن تخصصات قسم الهندسة المدنية.

وفي كليات العلوم يكون الاهتمام بمقررات الهيدرولوجيا بدراسة مصادر المياه وانتقالها، بجانب الجيولوجيا والهيدرولوجية والتي تتعرض إلى دراسات طبقات الأرض وما قد تحتويه من مياه، والهيروجيوكيمياء لدراسة نوعية المياه ـ وذلك في مراحل البكالوريوس والدراسات العليا، لذلك تظهر مقررات المياه الجوفية (من الناحية الجيولوجية) بوضوح ومنها النمذجة الجيولوجية وإدارة المياه الجوفية بينما تظل موضوعات حصاد المياه السطحية ضمن إهتمامات المحاضرين أنفسهم أو في صورة مشاريع بحثية . ويقع ذلك ضمن تخصصات قسم الجيولوجيا.

أما كليات الزراعة فتنصب المناهج في مجال المياه على علاقة المياه والتربة من ناحية احتياجات البيانات ضمن مقررات قسم الأراضي والمياه، وتكون الدراسة غالباً في نطاق محدود على مستوى المزرعة،وقد تتعرض إلى تقنيات حصاد المياه أو استغلال المياه الجوفية القريبة من سطح التربة .

وتختلف مناهج الجامعات العربية في هذه المجالات تبعاً للاهتمامات المحلية والظروف الطبيعية لكل موقع، فهناك المناهج التي تركز على حصاد المياه عندما تكون الأمطار هي المصدر الرئيسي للزراعة، أو يوجه الاهتمام إلى المياه الجوفية، إذا كانت متوافرة بنوعية تصلح للفرص من استعمالها. وينطبق نفس هذا الوضع على الجامعات الأجنبية سواءً في آسيا أو أوروبا أو أمريكا.

وتهدف المناهج العلمية في مجال المياه السطحية وحصاد المياه إلى دراسة وبحث طرق التقدير والتخزين والنقل والاستعمال والتخلص من المياه بعد استعمالها.

مواد اختيارية :

- هيدرولوجيا المناطق المأهولة.
- نمذجة المستجمعات المائية.
- الأنهار والقنوات والخلجان.
- الأمواج والشواطئ

جامعة نيوساون ويلز : برنامج لدرجة الماجستير في الهندسة المدنية :

- هيدروليكا المياه الجوفية .
- استقصاءات المياه الجوفية .
- تقينات الجيوفيزكا في المياه الجوفية.
- تطبيقات الجيوفيزيا في المياه الجوفية.
- تطبيقات نماذج المياه الجوفية.
- ملوثات المياه الجوفية الطبيعية.
- الملوثات الكيميائية والبيولوجية.
- هيدروجيوكيمياء.
- تحليل البيانات الهيدروجيوكيميائية.
- نمذجة الهيدروجيوكيمياء.
- رصد الملوحة.
- نوعية المياه الجوفية وحمايتها.

مواد اختيارية :

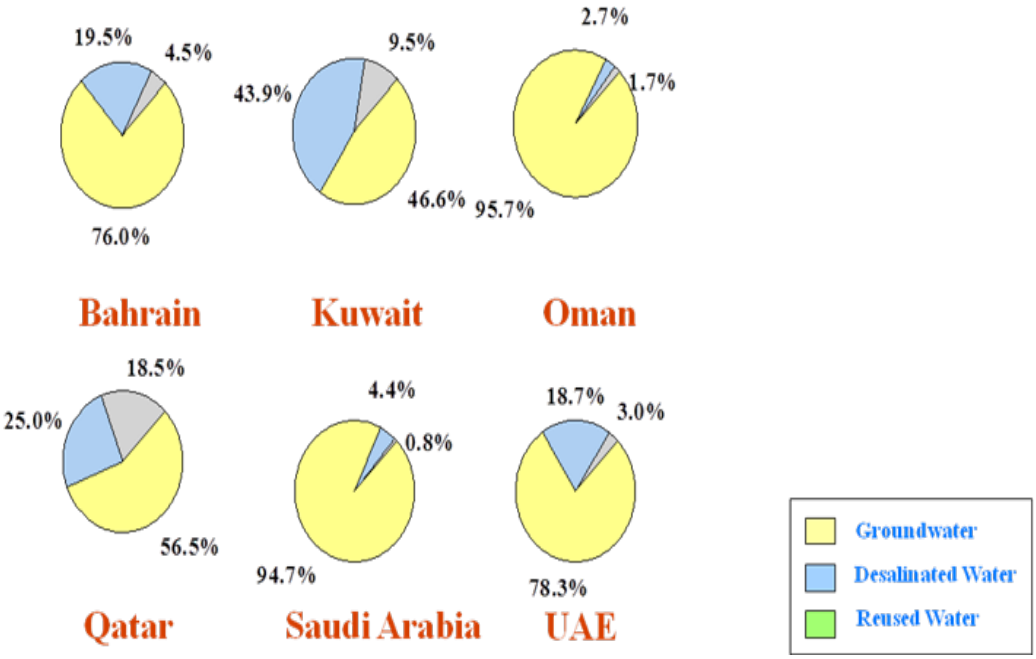
- هيدرولوجيا المياه المأهولة ومياه العواصف.
- إدارة المناطق الشاطئية.
- الاستشعار عن بعد.

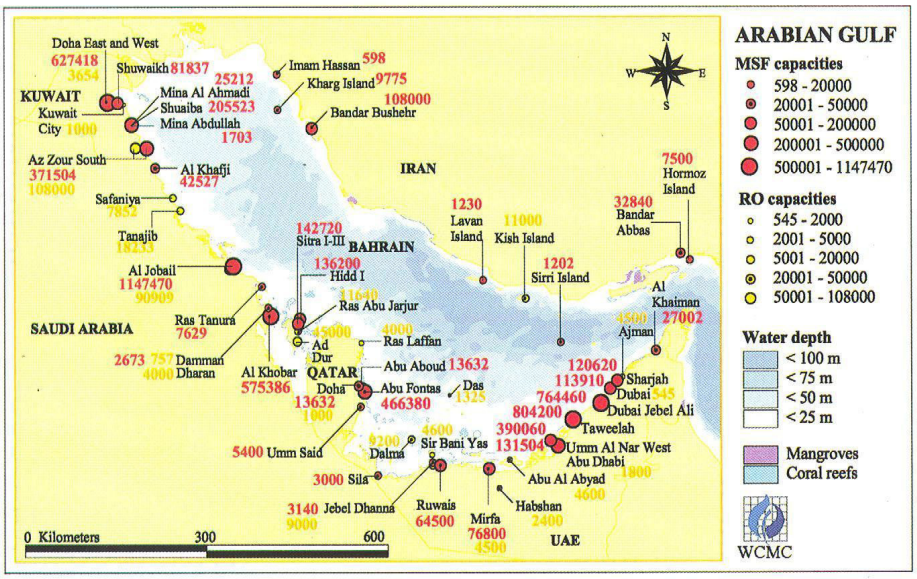
# إعادة شحن الخزانات الجوفية اصطناعياً في المناطق الجافة

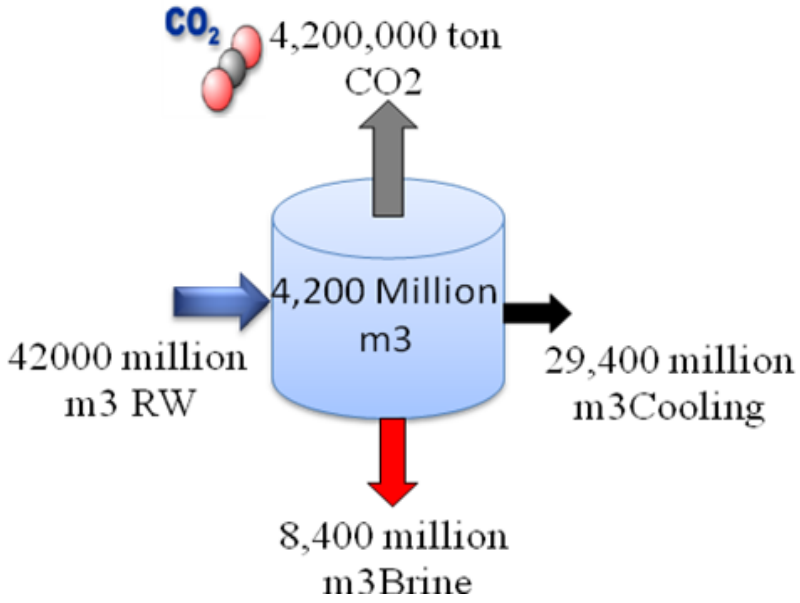
الدكتور/ محمد عبد الحميد محمد داود

## لماذا نحتاج إلى تخزين إستراتيجي للمياه العذبة؟

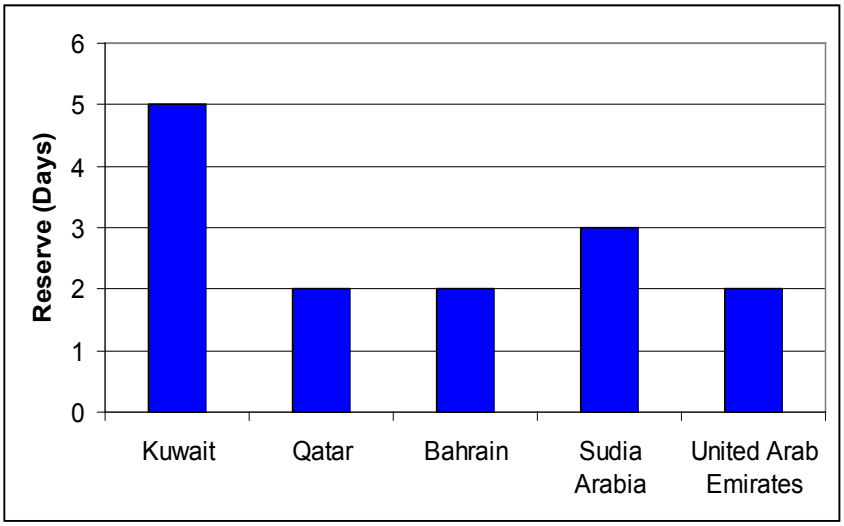
اعتمدت دول الخليج العربي لعقود مضت على المياه الجوفية كمصدر لمياه الشرب ولكن مع التوسع الزراعي والحضري وزيادة عدد السكان أدى ذلك إلى تدهور نوعية الخزانات الجوفية وأصبحت مصدرا غير مناسب لمياه الشرب مما أدى إلى الاستثمار في محطات التحلية.




CO2
4,200,000 ton
CO2
4,200 Million
m3
42000 million
m3 RW
29,400 million
m3Cooling
8,400 million
m3Brine

© 2008 Europa Technologies
Image © 2008 DigitalGlobe
Google
24°26'17.17" N 54°29'13.83" E
Jan 8, 2007 Eye alt 6165 ft

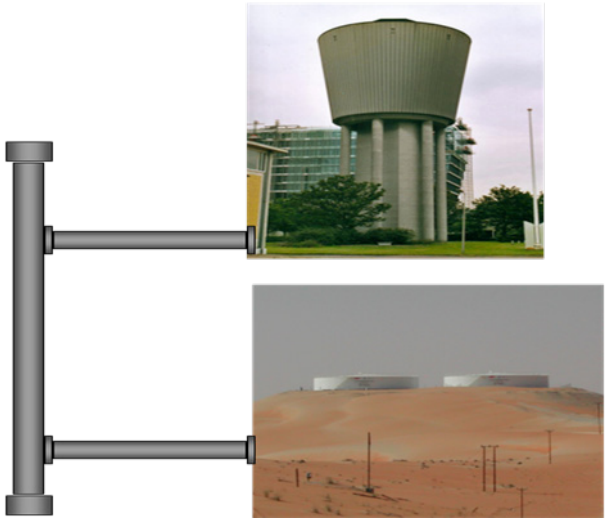

Reserve (Days)
0
1
2
3
4
5
6
Kuwait
Qatar
Bahrain
Sudia Arabia
United Arab Emirates

### ما هي البدائل المتاحة في حالات الطوارئ الطويلة؟

- استيراد المياه من الخارج.
- زيادة السعة الإنتاجية لمحطات التحلية.
- بناء خزانات سطحية (خرصانية أو معدنية أو أية أنواع أخرى).
- التخزين الجوفي بتقنية الشحن الاصطناعي للخزانات الجوفية.
- الربط المائي الخليجي.

### بناء خزانات مياه سطحية (خرصانية/معدنية):

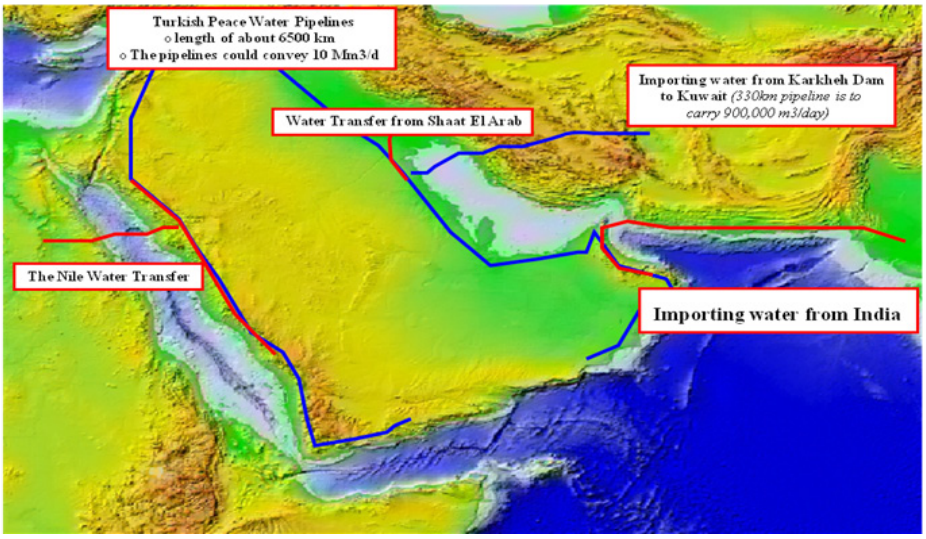
- تكلفة رأسمالية عالية.
- تكلفة تشغيل وصيانة عالية.
- استخدامات مساحات كبيرة من الأراضي.
- الحاجة إلي إعادة تدوير المياه كل 10 أيام تقريباً.
- الآثار البيئية.



بناء عدد 2 خزان سطحي بسعة 90 مليون جالون في دبي بتكلفة رأسمالية 760 مليون درهم.

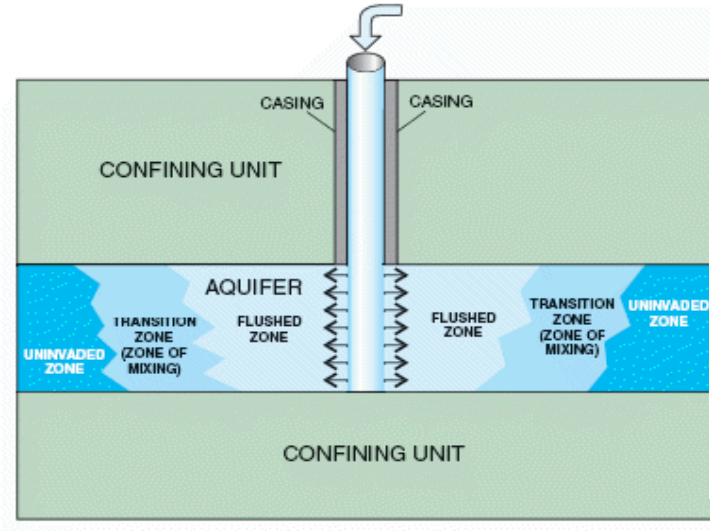
### الربط المائي الخليجي:

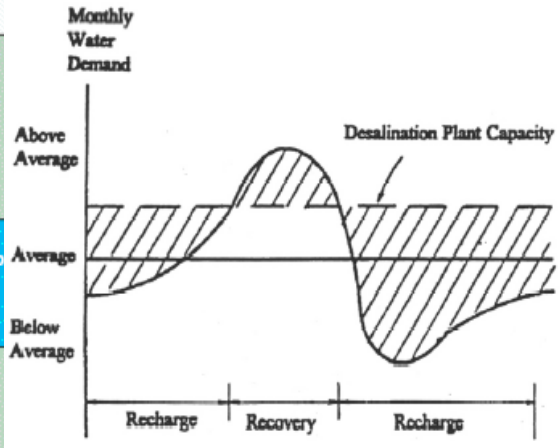
## استيراد/نقل المياه من الخارج:




## الشحن الاصطناعي للخزانات الجوفية يتميز بالآتي:

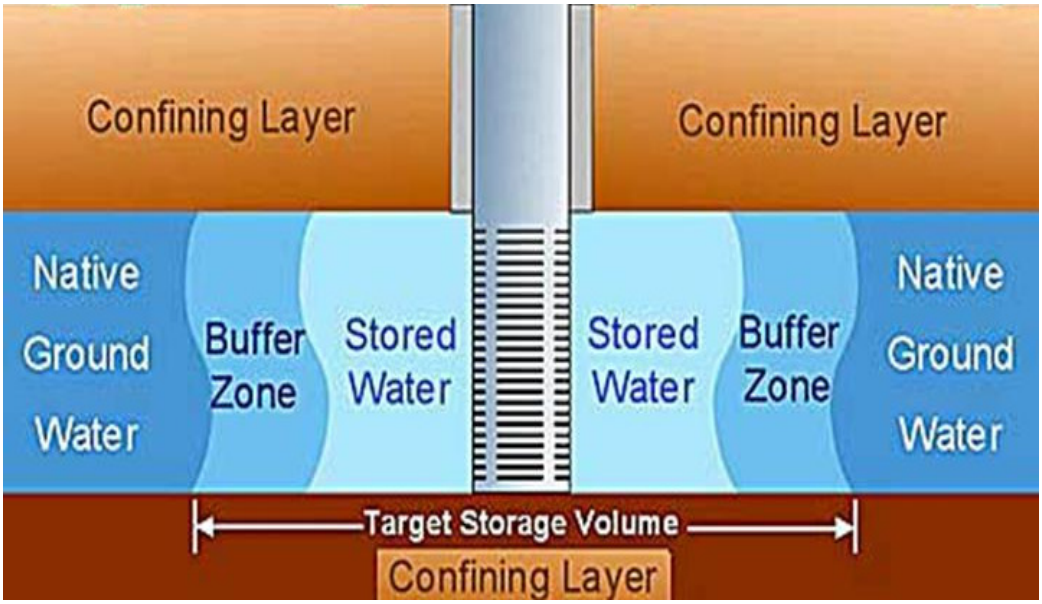
- تكلفة رأسمالية منخفضة.
- تكلفة تشغيل وصيانة منخفضة.
- لا يؤثر في استخدامات الأراضي.
- التخزين لفترات طويلة.
- قلة الآثار البيئية.
- عدم تلوث المياه الجوفية.
- المرونة الزمنية والمكانية.



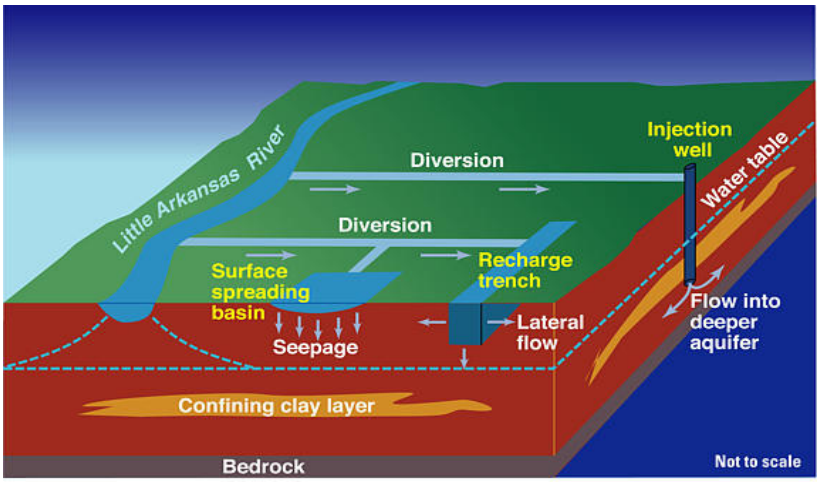
## الطرق المستخدمة في الشحن الاصطناعي:

### الآبـــار:



## الطرق المستخدمة في الشحن الاصطناعي:

### القنوات والأحواض:



## مراحل مشاريع الشحن الاصطناعي للخزانات الجوفية:

## جمع وتحليل البيانات:

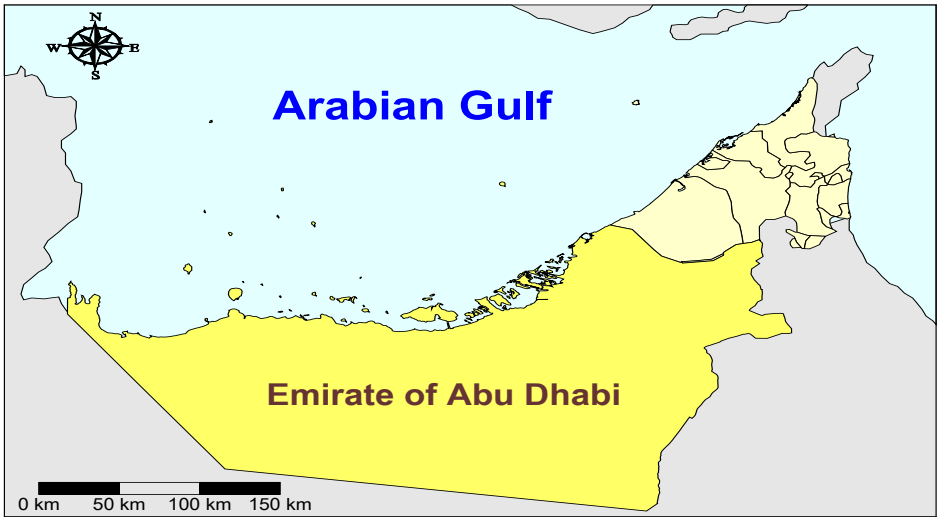
### HYDROGEOLOGY

- Available thickness of the aquifer system
- Thickness of the vadose zone (vertical distance surface to groundwater table)
- Aquifer confinement
- Quality / salinity of the native groundwater
- Aquifer transmissivity and storativity
- Groundwater flow gradient and velocity
- Present and future use of the aquifer by third parties (agriculture, municipal, forestry, etc.)
- …….

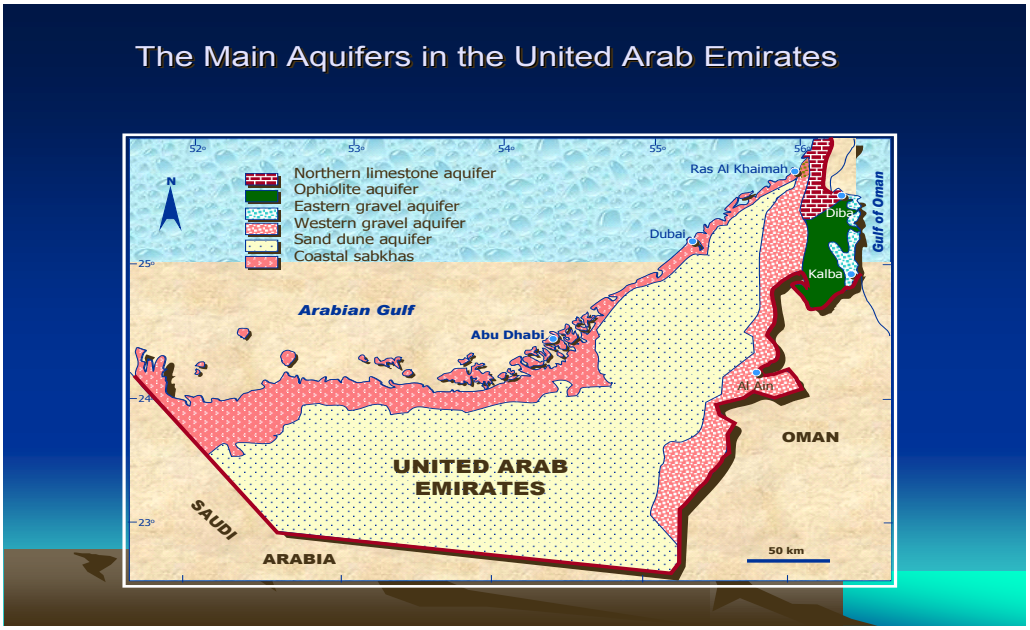
### OTHERS

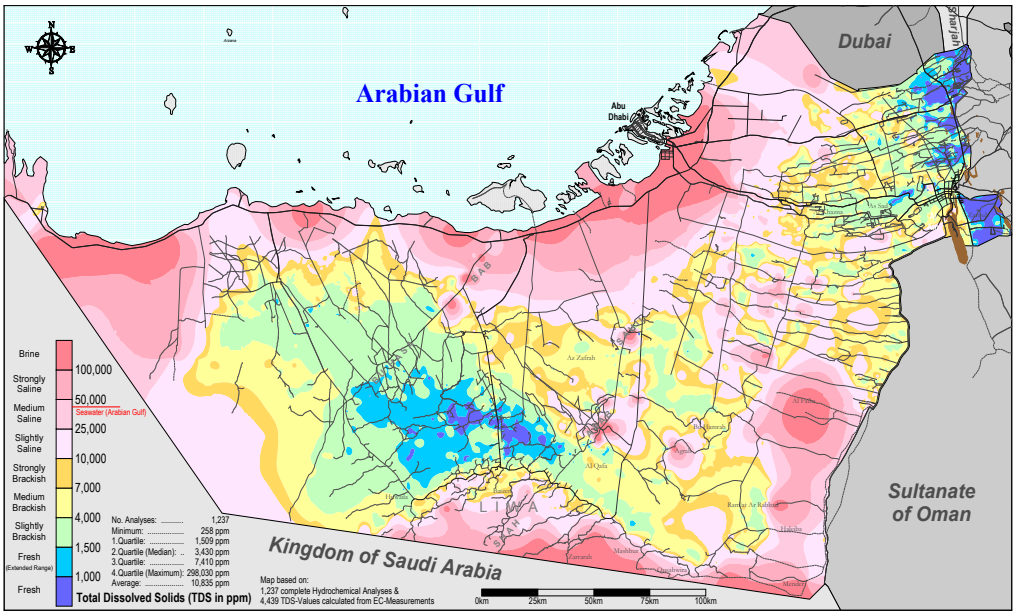
- Distance to nearest border / coastline
- General infrastructure
- Present and future land utilisation / development (urban, industrial, agriculture, etc.)
- Environmental aspects, regulations
- Concessions (oil, gas, mining, etc.)
- …….

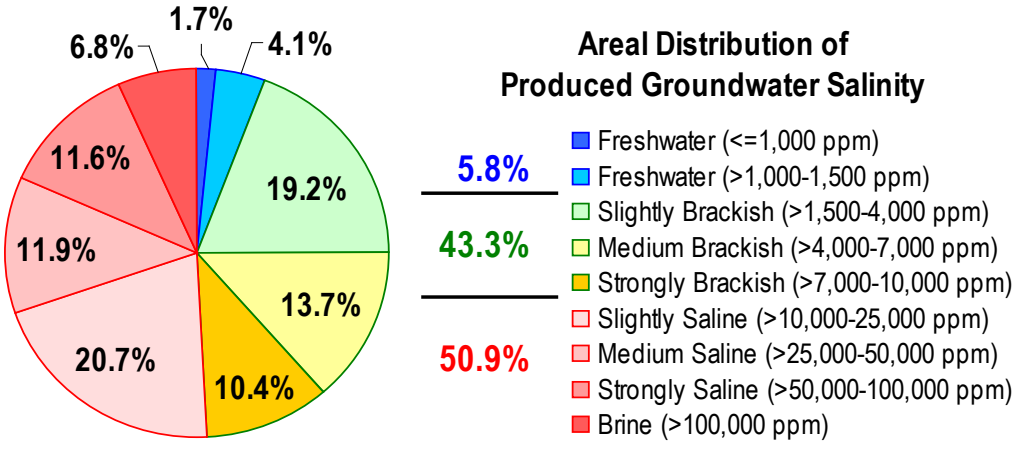
## الدراسات الهيدروجيولوجية:



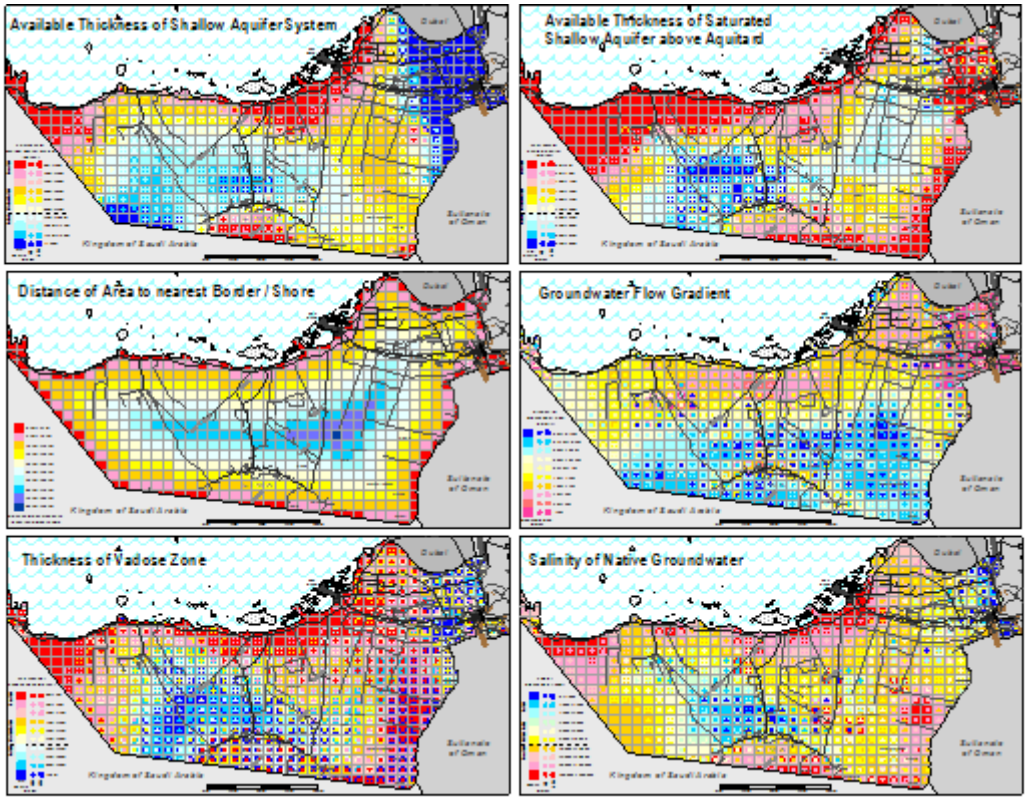
## تحديد الخزانات الجوفية:



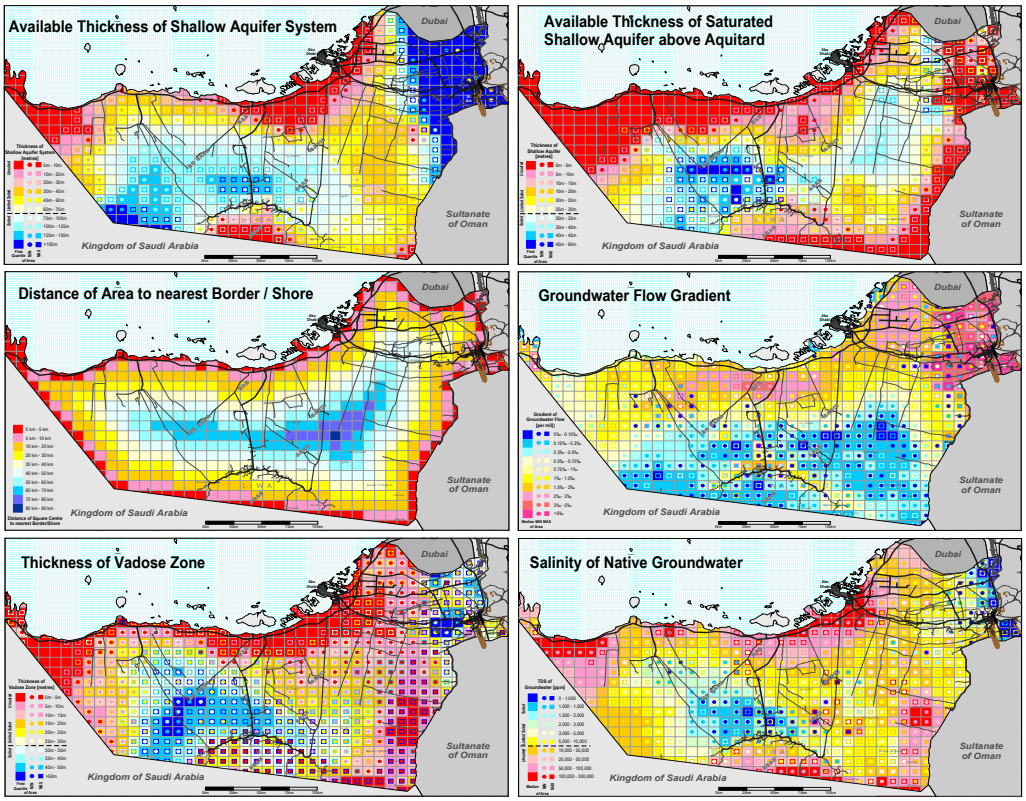



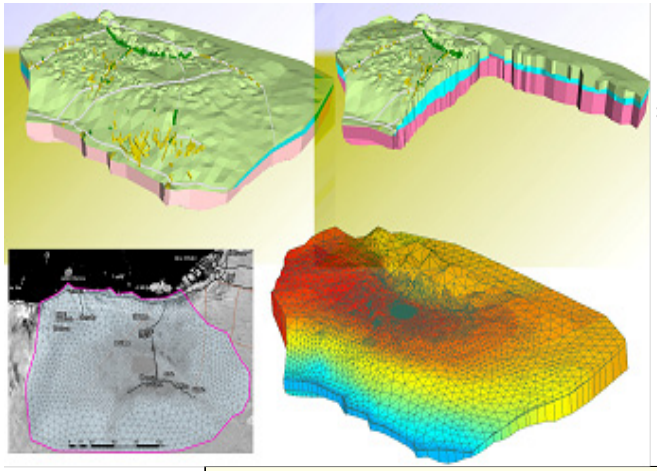



## تحديد جميع العناصر الأخرى المؤثرة في عملية التخزين:




## استخدام نظم المعلومات الجغرافية لتحديد أفضل المواقع:





## استخدام النماذج العددية لدراسة سياسات الحقن والاستعاضة:

- استخدام النموذج المناسب.
- تحديد الظروف الحدية.
- تحديد نطاق العمل.
- تغذية النموذج بالبيانات الدقيقة.
- معايرة النموذج.
- اختبار حساسية النموذج.
- دراسة السياسات المختلفة.

| INPUT | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Recharge Rate | | | Duration | Total Volume |
| 5.0 MIGD | 0.21 MIGH | | 2 a | 3,650 MIG |
| 22,730 m³/d | 947 m³/h | 0.263 m³/s | 24 months | 16.6 Mio.m³ |

| OUTPUT | | | | | Supply Rate |
|---|---|---|---|---|---|
| Recovery Rate | | | Duration | Total Volume | 1 Mio. Residents |
| 40.0 MIGD | 1.67 MIGH | | up to 90 d | 3,600 MIG | 40 IGD/cap. |
| 181,844 m³/d | 7,577 m³/h | 2.105 m³/s | 3 months | 16.4 Mio.m³ | 182 litres/d/cap. |

| | |
|---|---|
| Recharge / Recovery Flow Volume Ratio: | 1 : 8 |
| Recharge / Recovery Time Ratio: | 8 : 1 |

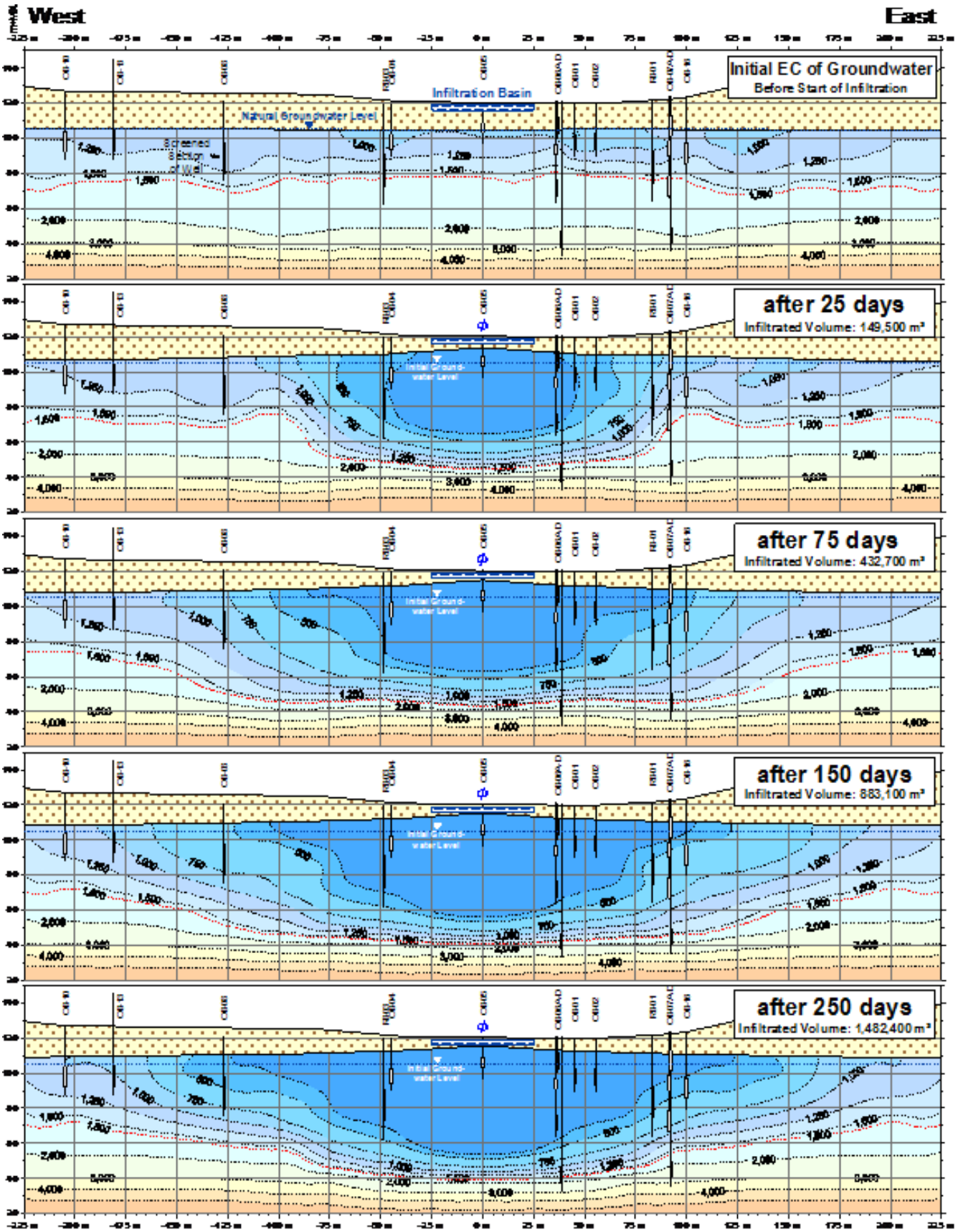
| Individual Tank Volume | | | # Tanks |
|---|---|---|---|
| 2,500 m³ | 550,000 IG | (ASR-Pilot Plant) | 6,640 |
| 10,000 m³ | 2,200,000 IG | | 1,660 |
| 25,000 m³ | 5,500,000 IG | | 664 |
| 45,000 m³ | 9,900,000 IG | (Mussafah) | 369 |

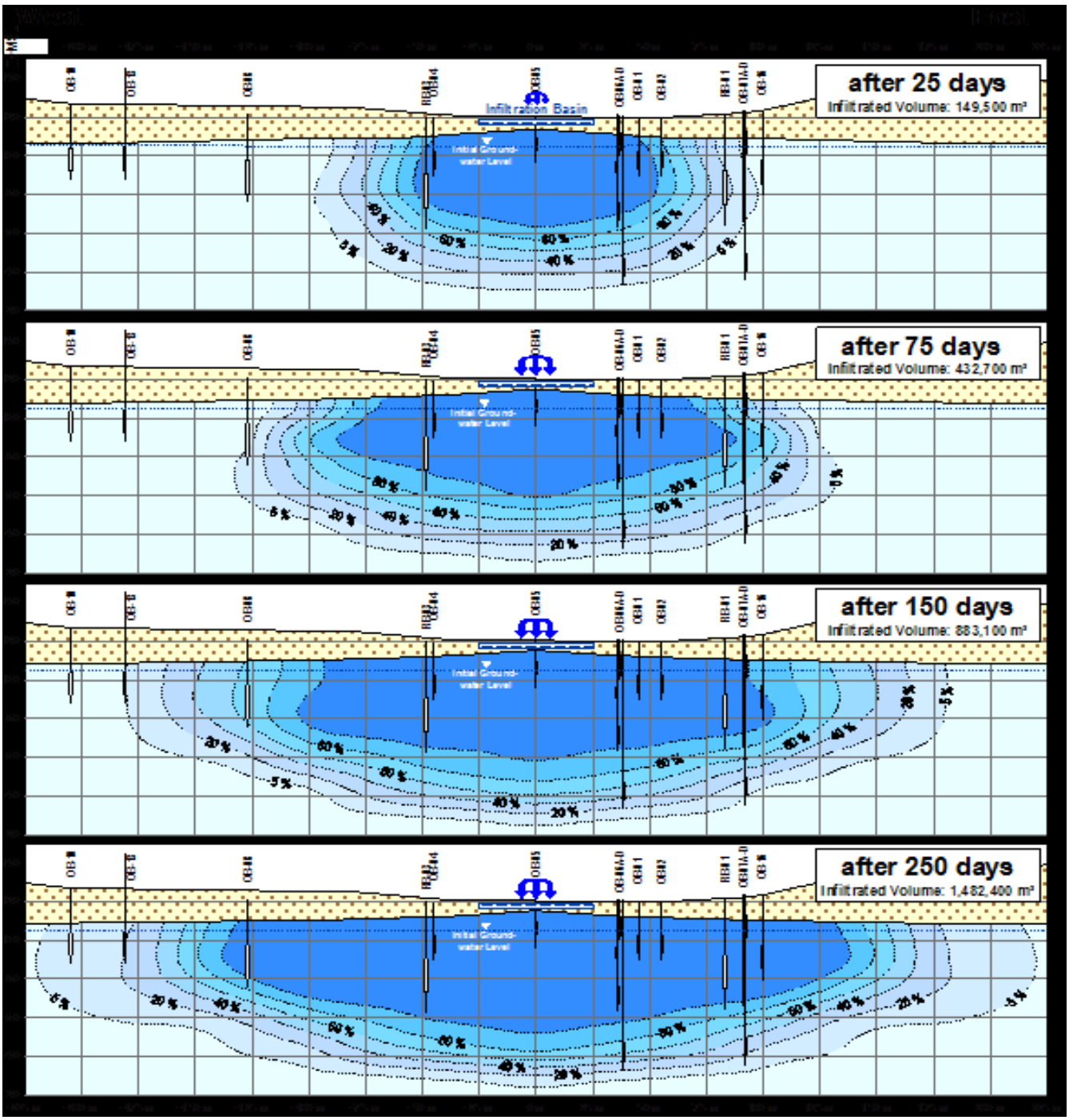
## المشروع التجريبي:

### أهم عناصر المشروع التجريبي:

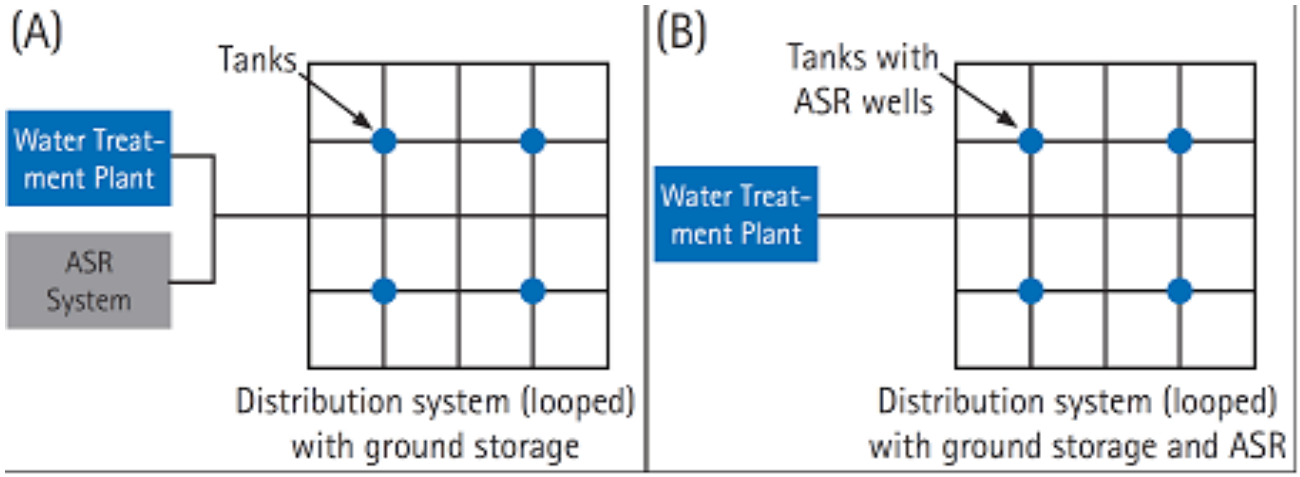
- تجربة الطرق المختلفة لعملية الحقن (أحواض – آبار).
- الأخذ في الاعتبار الظروف الطبوغرافية وطبيعة التربة.
- تصميم عناصر المشروع المختلفة بدقة.
- تصميم شبكة مراقبة تسمح بالتأكد من حركة المياه المحقونة رأسياً وأفقياً وتحديد نوعيتها والتفاعل مع المياه الجوفية.
- تصميم دورات حقن واسترجاع مناسبة لتحديد كفاءة الاستعاضة.

## نتائج المشروع التجريبي :






**هل يمكن استخدام الشحن الاصطناعي للخزانات الجوفية لسد العجز الموسمي من المياه؟**



# الحصاد المائي ودوره في التنوع الحيوي

الدكتورة/ وفاء محروس عامر

## ما هو التنوع البيولوجي؟

**أنماط التنوع البيولوجي:**

- تنوع أنواع (عدة أنواع في مكان واحد).
- تنوع بيئات (نوع واحد بعدة بيئات).
- تنوع جيني (تنوع بين جينات أفراد النوع الواحد في نفس البيئة).

**الخدمة:**

إجمالي خدمات النظم البيئية على مستوى العالم:

- الشعاب المرجانية، مصايد أسماك وحماية شواطئ.
- بكتريا التربة ( تحليل بقايا وتثبيت نيتروجين وغيره).
- أدوية من مصادر طبيعية للأدوية التجارية.
- السوق العالمي لتجارة الأعشاب الطبية.
- التلقيح بالحشرات لأكثر من 40 محصولاً تجارياً.

**القيمة الاقتصادية $ :**

- 33 تريليوناً/ عام.
- 30 بليوناً / عام.
- 33 بليوناً /عام.
- 42 بليوناً.
- 47 بليوناً.
- 30 بليوناً /عام.

**التنوع البيولوجي في الغذاء والدواء:**

- 30000 نوع تستخدم للغذاء هي.
- 700 نوع، تزرع 3 أنواع (القمح ـ الأرز – الذرة 90% من نباتات الطاقة في الغذاء).
- 20000 نوع تستخدم في الطب التقليدي – يتداوى بها 80% من سكان الدول النامية مباشرة.

**التنوع البيولوجي بالمياه العذبة بالوطن العربي:**

المياه العذبة تشغل1 % من مساحة الكرة الأرضية وتحتوي على 45000 نوع:

- 40% من أسماك العالم.
- 25 ـ 30% من الفقاريات.
- يحتل التنوع البيولوجي أهمية قصوى لتأثيره على ما يقرب من 40% من سكان العالم ( 2.5 مليار نسمة).

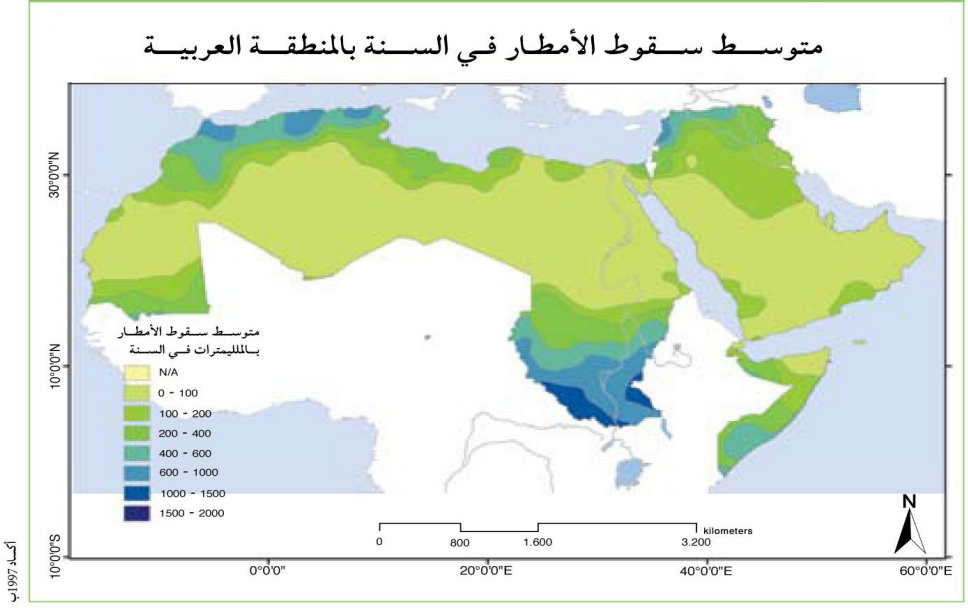
**التنوع البيولوجي في المياه العذبة بالوطن العربي في مجمله مهدد بالانقراض، معدلات الانقراض:**

- الأسماك 30 % في الوطن العربي في مقابل 15% في العالم).
- البرمائيات (30 %).
- الزواحف (25 %).
- الثدييات (15 %).
- الطيور (5 %).

تغطي الدول العربية 10.2% من مساحة العالم و تنال 2.1% من المطر العالمي.

بحلول 2025 سيكون نصيب الفرد أقل من 1000 م$^3$/ العام

شكل 1. توزيع معدلات الأمطار في المنطقة العربية




**تاريخ إنشاء السدود بالدول العربية:**

**ICOLD: International Committee On Large Dams**

مصر أول من أنشأ سداً لترويض النهر وذلك بإنشاء سد الكفرة في حلوان (قبل سد مأرب باليمن ب 2600 سنة ق.م).

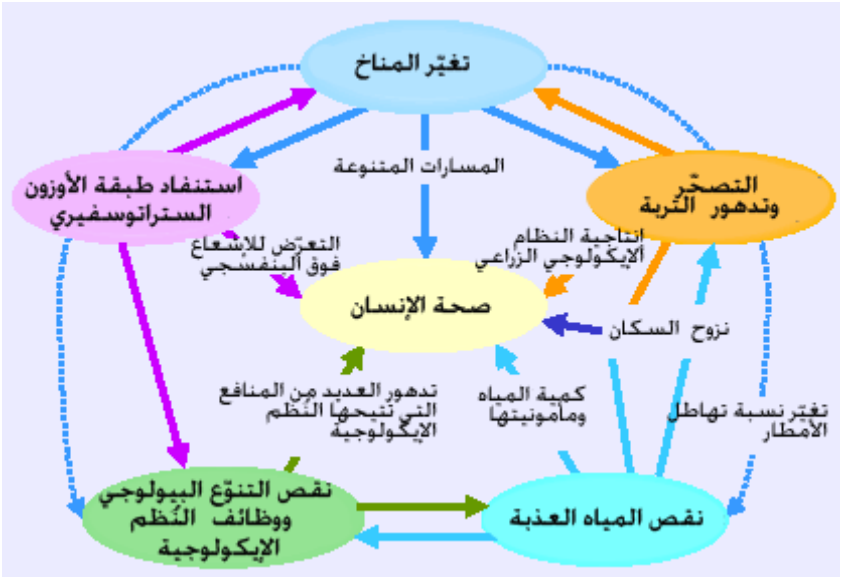
**بحيرة ناصر:**

- تعتبر من أكبر البحيرات الصناعية في العالم.
- نشأت بحيرة ناصر بعد بناء السد العالي مساحتها 6500 كم مربع.
- يوجد بالعالم 45000 سد ( سعته فوق 1 مليار متر3 ).
- 60 % من أنهار العالم تم التحكم فيها.

**بناء السدود والتنوع البيولوجي:**

منظمة الصحة العالمية

http://www.who.int/globalchange/ecosystems/ar/ind



**بعض السدود بالمنطقة العربية:**

**يوجد بالعالم** (45000) سد.

سد الحصيد – نجران – السعودية

سد أسوان – مصر

سد بني هارون – الجزائر

سد مأرب – اليمن

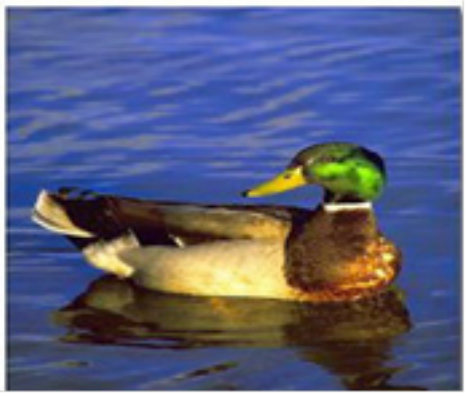
سد الموصل – العراق

**سد وادي النصب ـ سانت كاترين – مصر:**

- المياه تغذي الآبار الجوفية بالمنطقة.
- يوفر للحيوانات البرية المياه لفترات طويلة.
- السدود ممكن أن تحجز ما يزيد على 1000000 طن مياه.

**الطيور فوق المصادر المائية بالجزائر:**

- زادت أعداد الطيور المائية حيث بلغت 51 ألف طائر ( 133 نوع).
- الطيور المهاجرة، تبني أعشاشها وتتكاثر.
- استخدام السدود للإنتاج السمكي.

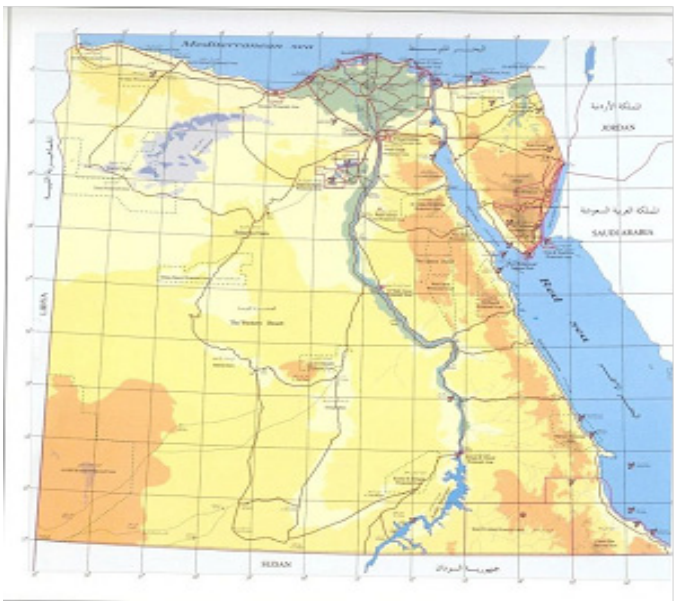


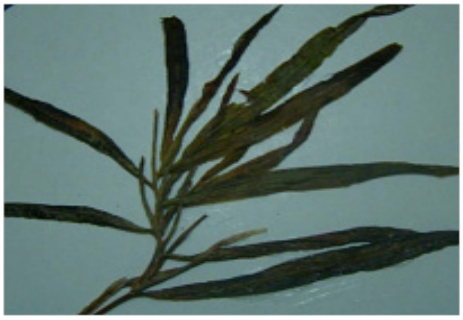
البط الزقزاق

طائر كاسر الجوز

جلسم الماء وزمج الماء، ودجاجيات الأرض والبلشون والنورس الفضي والغطاس الخطاف والحوام والعقاب وصقر الجراد وهامة بومة والباز والنسر والبلبل والحجلة والزرزور وغيرها.

**التنوع البيولوجي ببحيرة ناصر:**





*Potamogeton Schweinfourthii*

**برمائيات وزواحف وأسماك المياه العذبة:** أسماك 120 نوع.

ثعبان الماء

الضفدع الأخضر

تمساح النيل

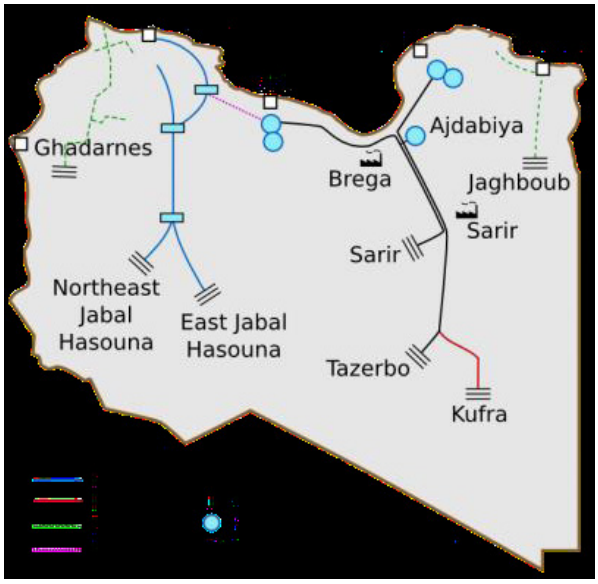
**أسماك بحيرة ناصر:**

**طيور بحيرة ناصر:** 122نوعاً من الطيور.

| Species | Local Name | |
|---|---|---|
| *Protopterus aethiopicus* | Dabib El-Hout | دبيب الحوت |
| *Polypterus bichir* | Abu-Bichir | أبو بشير |
| *Mormyrops anguilloides* | Gamhour | جمهور |
| *Petrocephalus bane bane* | Gelmaya, Arminya | قلميه |
| *Pollimyrus isidori* | Anooma | أنومـــة |
| *Gnathonemus cyprinoides* | Um-Shafifa | أم شفيفـــه |
| *Mormyrus kannume* | Um-Bowez | أم بويـــز |
| *Mormyrus caschive* | Boweza | بويـــزه |
| *Hyperopisus bebe bebe* | Kalamya-Babeh | قلميه – بيبه |
| *Gymnarchus niloticus* | Rayah Niliah | ريه نيليـــه |
| *Hydrocynus forskalii* | Kalb El-Samak | كلب السمك |
| *Hydrocynus vittatus* | Kalb El-Samak | كلب السمك |
| *Hydrocynus brevis* | Kalb El-Samak | كلب السمك |
| *Alestes dentex* | Rayah | ريـــــــه |
| *Alestes baremoze* | Rayah | ريـــــه |
| *Brycinus nurse* | Sardina | سردينه |
| *Distichodus niloticus* | Lessan El-Bagar | لسان البقر |
| *Citharinus citharus* | Kamara | قمـــره |
| *Citharinus latus* | Kamara | قمـــره |
| *Chelaethiops bibie* | Bebee | بيبيـــه كليتوبسى |
| *Labeo victorianus* | Lebeis Hagari | لبيس حجر |
| *Labeo niloticus* | Lebeis Nili (abyad) | لبيس نيلى |
| *Labeo coubie* | Lebeis Aswad | لبيس أسود |
| *Labeo horie* | Lebeis Aswad | لبيس أسود |
| *Garra dembeensis* | Abu-Kors | أبو قرص |
| *Barbus bynni* | Benni | بنى |
| *Barbus werneri* | Benni | بنى |
| *Barbus anema* | Benni | بنى |
| *Barbus perince* | Benni | بنى |
| *Barbus neglectus* | Benni | بنى |
| *Raiamas loati* | Morgan loti | مرجان لوتي |
| *Leptocypris niloticus* | Bebee-Margan Nili | مرجان نيلي |
| *Clarias anguillaris* | Hout, Karmout | حوت قرمـــوط |
| *Clarias gariepinus* | Hout, Karmout | حوت قرمـــوط |
| *Heterobranchus longifilis* | Hout, Karmout | حوت قرمـــوط |
| *Heterobranchus bidorsalis* | Hout, Karmout | حوت قرمـــوط |
| *Schilbe (Eutropius) niloticus* | Schilba | شلبه |
| *Schilbe (Schilbe) mystus* | Schilba | شلبه |
| *Schilbe (Schilbe)uranoscopus* | Schilba-Arabi | شلبه عربى |
| *Siluranodon auritus* | Schilba | شلبه |
| *Bagrus bajad* | Bayad | بياض |
| *Bagrus docmak* | Docmack | دقماق |
| *Chrysichthys auratus* | Gurgar | جرجور |
| *Chrysichthys rueppelli* | Gurgar Schami | جرجور شامى |
| *Clarotes laticeps* | Abu-Meseka | أبو ميسيكه |

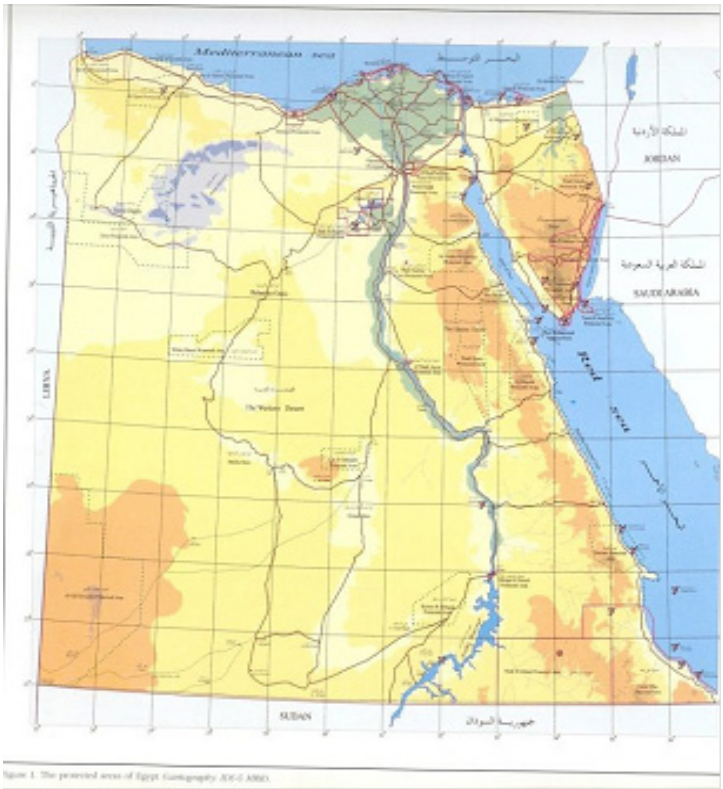
**النهر العظيم وسدوده الثلاثة:**

- تعتمد فكرة المشروع على حفر 270 بئراً ونقل المياه الجوفية من واحات الكفرة والسرير وتازربو إلى الساحل وفي عام (1989) . وصلت المياه إلى مدينة أدابية ثم إلى خزاني مدينة سرت و قرية سلوق ببنغازي في (1991).
- هدف المشروع إلى نقل 5 ملايين م3 مياه جوفية لري 185 ألف هكتار وتربية 2 مليون رأس من الغنم وربع مليون رأس أبقار وإنتاج 750 ألف طن حبوب وإقامة 37 ألف مزراعة.
- تكلفته التقديرية 27 بليون دولار.




**مشكلة تهجير النوبيين حول بحيرة السد:**

تهجير السكان المحليين كما حدث في النوبة المصرية.



**تأثير البحيرة على التنوع البيولوجي المحلي:**

- فقد الأرض للطمي وما يحتويه من مخصبات مما أدى إلى زيادة استخدام المخصبات – وما يتبع ذلك من تكلفة مادية وتدهور بيئي للتربة.
- اختفاء أنواع اقتصادية مثل: البردي واللوتس وأشجار الجميز والتوت والصفصاف و عدس الماء وغيرها.
- زيادة ملوحة التربة في الدلتا وارتفاعها مع تداخل مياه البحر إلى الطبقات الحاملة للمياه، مما أدى إلى تدهور الأراضي الزراعية (حالة أراضي كفر الشيخ).
- انخفاض مستوى سطح الدلتا/ ومشكلة تغير المناخ.

**حالات عالمية:**

- خلق بيئات جديدة خلف سد نهر النيجر تأثر به 5 ملايين نسمة وذلك بانتشار الناموس وما يسببه من أمراض ـ كما تراجع إنتاج ونوعية الأسماك.
- انتشار الأنواع الدخيلة كما حدث في ورد النيل – في مصر.
- تغير الكساء الخضري في منطقة السدود ففي نهر الزمبيزي اختفت الأنواع المقاومة للجفاف Acacia robusta & Hyphaenae corciacea وحل محلها نباتات مائية (Setaria Sp.) ـ مما أدى إلى تغير نمط الرعي وطبيعة الأمراض (مثال أصيبت الجمال في السودان بالبلهارسيا).
- في كولمبيا وأمريكا أدى التحكم في تدفق الأنهار إلى انقراض 200 نوع من سلمون المحيط.
- سدود الكهرباء في حوض الأمازون أعاق هجرة الـ Catfish في أورجواي والبرازيل حيث تراجعت مصايد الأسماك بـ نسبة 70 % بعد التحكم في الأنهار.
- Biodiversity impacts of large dams (2001) by IUCN &UNEP

**تابع تأثير السدود:**

- تأثر في الأسماك المتوطنة أيضاً فقد أدى إنشاء السد في أيبريا إلى تناقص أنواع السمك المتوطن.
- في شمال غرب أمريكا تغيرت الأنواع حول السد Cottonwood willow تم إحلاله بـ Russian Olive & Tamarix.
- تدفق النهر يقلل من ارتفاع المياه الجوفية (دلتا مصر).
- تراجع التنوع البيولوجي ليس بعد السد فقط بل قبل السد أيضاً ـ في النمسا قلت أعداد المحاريات 10% قبل السد عما كانت عليه.
- في بحيرة فولتا (غانا) بعد السد كثرت قواقع البولينيا النادرة – وانتشرت بلهارسيا المجاري البولية (وفي السودان أصيبت الجمال بالبلهارسيا نتيجة تغير نمط الغذاء).

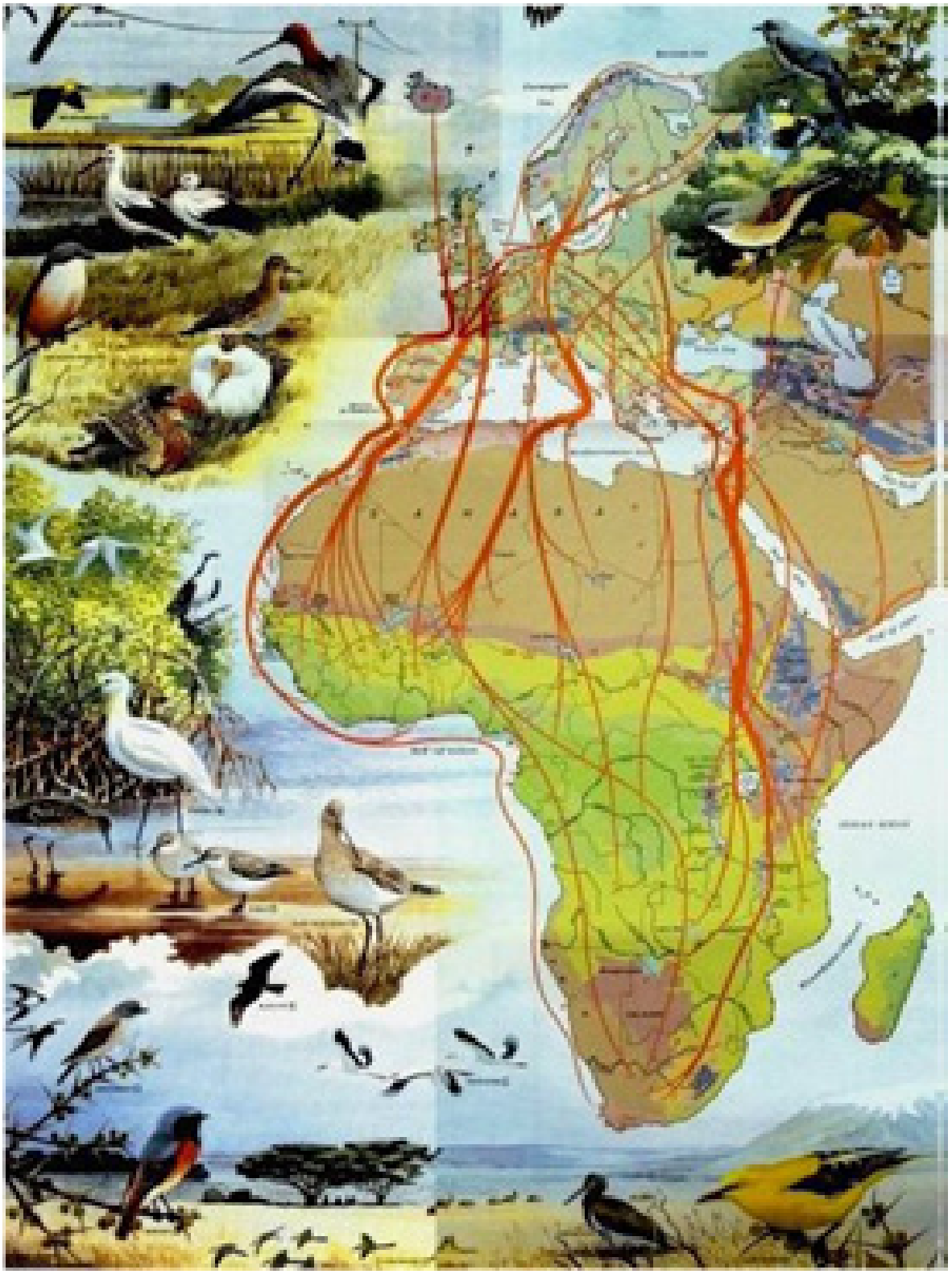
**هجرة الطيور:**

تكوين مواقع ومسطحات مائية جديدة تغير من:

- اتجاهات الطيور المهاجرة.
- والأعداد المقيمة والعائدة.
- وأماكن المبيت والتعشيش.
- تأثر40 % من سكان العالم سلباً.

**ختاماً:**

يجب أن نحافظ على حقوق الأجيال القادمة في حياة بيئية سليمة ونترك لهم الأرض كما وجدناها أو أفضل.

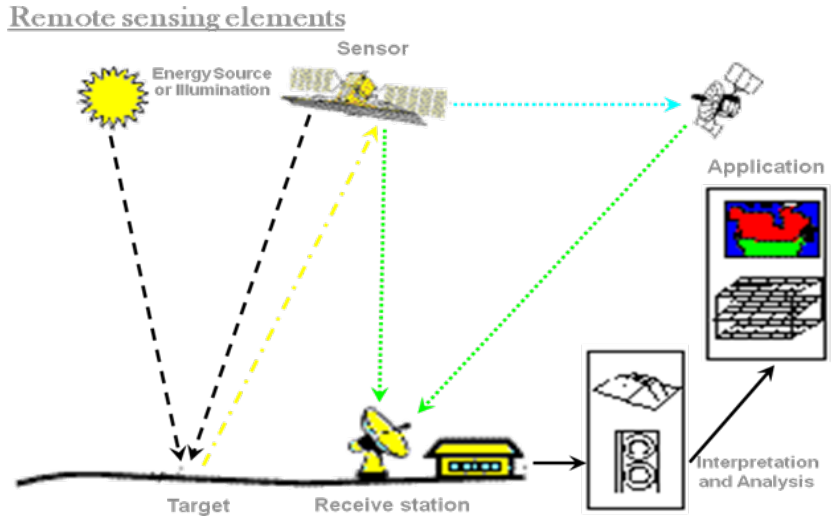


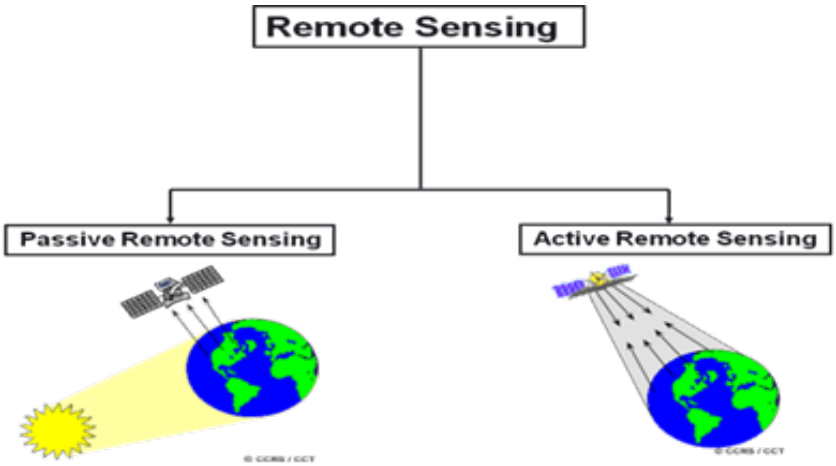
# استخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد لتحديد مصادر تلوث المياه

الدكتور/ محمد إسماعيل سيد أحمد

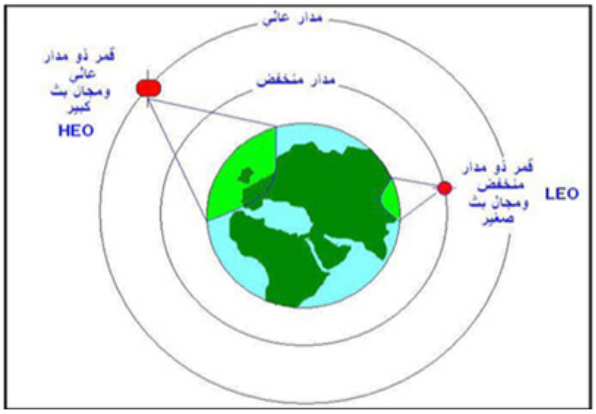
## الاستشعار عن بعد:

- هو العلم الذي يمدنا بالمعلومات عن سطح الأرض بدون أي احتكاك أو اتصال مباشر بها.
- وأيضاً يعرف بأنه العلم الذي يستخدم خواص الموجات الكهرومغناطيسية المنعكسة، أو المنبعثة من الأشياء الأرضية، أو النباتية، أو من مياه البحر والمحيطات في التعرف عليها.



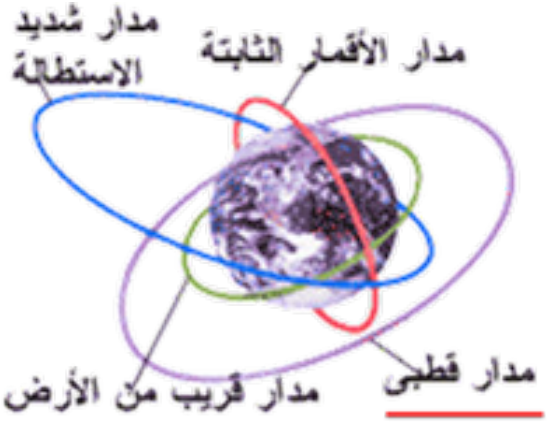

## مدارات الأقمار الصناعية

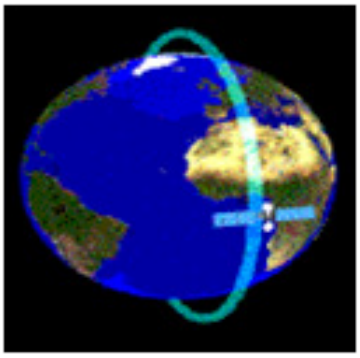


## مدارات الأقمار الصناعية:

### مدار قطبي:

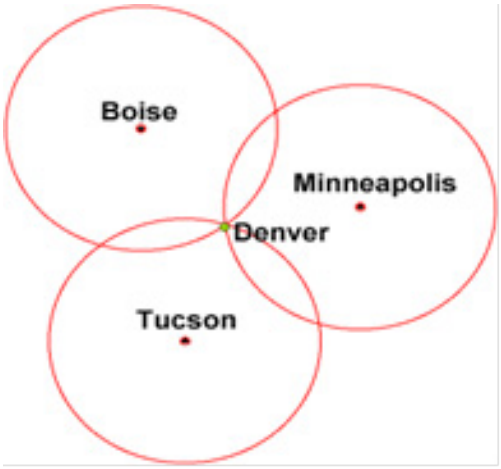
تدور هذه الأقمار من الشمال إلى الجنوب في مدارات محددة ويختلف ارتفاعها حسب نوعها مثل أقمار الأبحاث العلمية الخاصة بمجال البيئة والطقس ودراسة الصحاري.

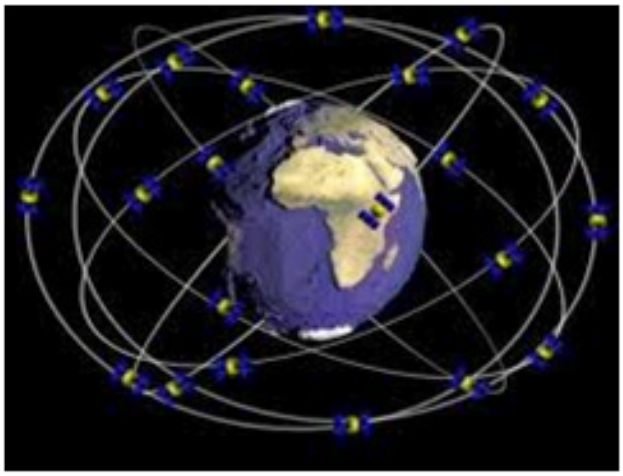


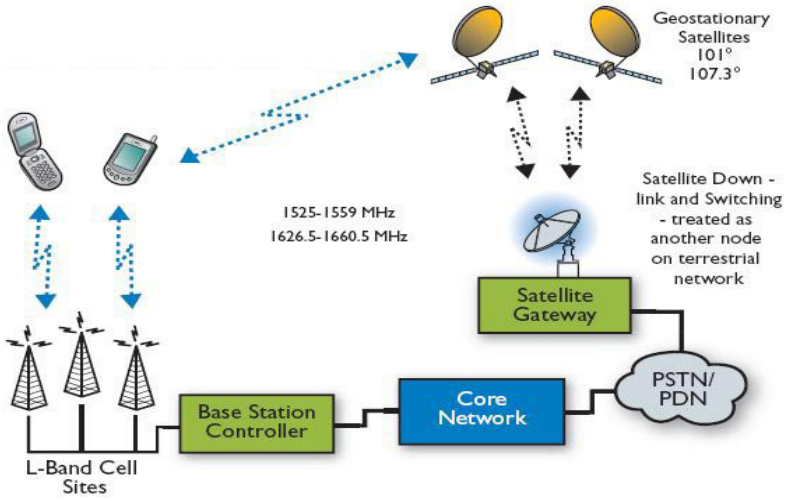



### توزيع الأقمار في المدارات المختلفة:

### أقمار الاتصالات وتحديد المواقع:

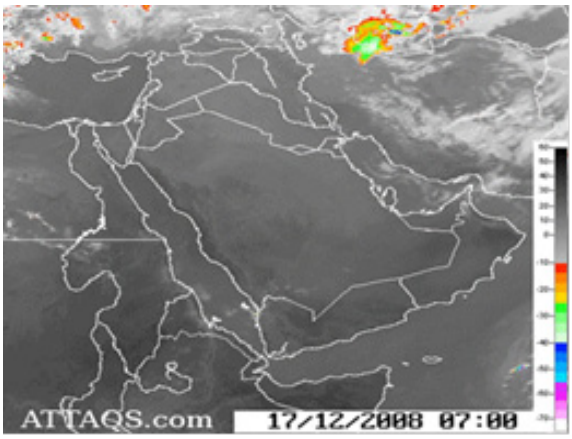


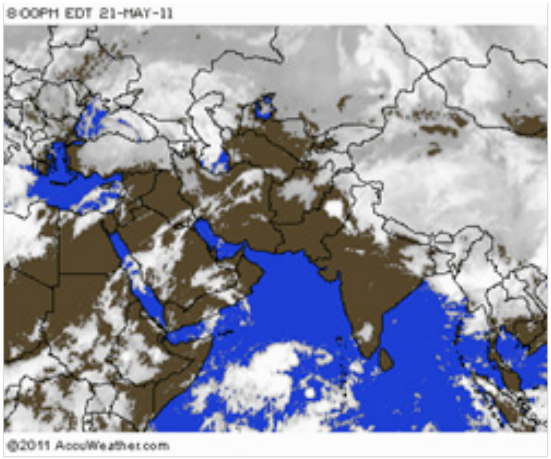






**أقمار الأرصاد الجوية:**

مثل القمر Metosat الخاص بدراسات (المناخ – السحب – الكتل الهوائية) ويرسل صورة لقارة إفريقيا كل 30 دقيقة.



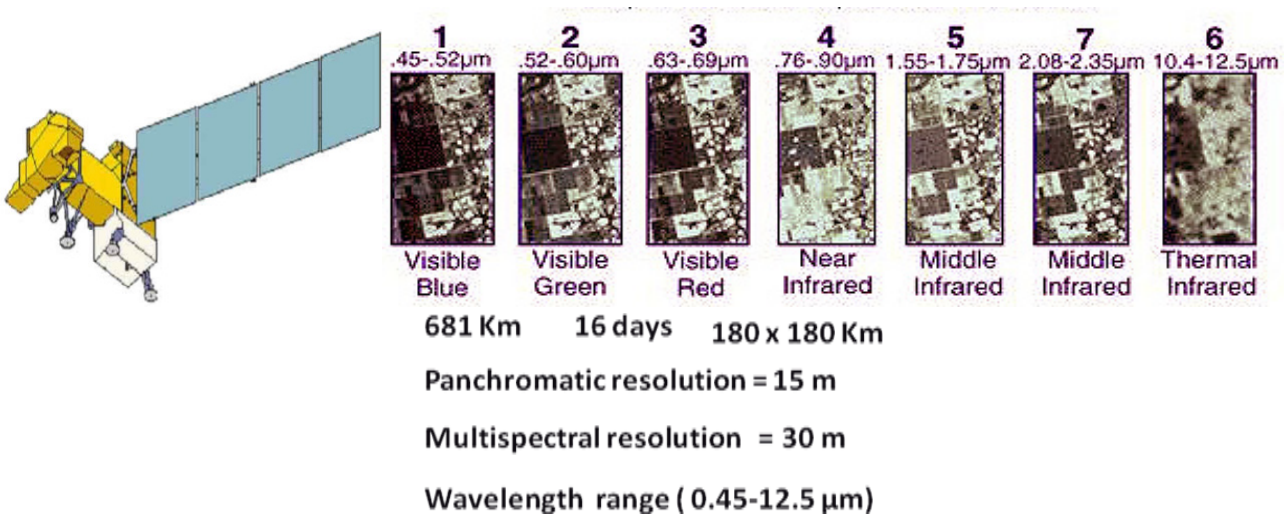




السحب متحركة يوم الأربعاء 17 ديسمبر 2008 من العاشرة صباحاً إلى الثانية بعد منتصف الليل.

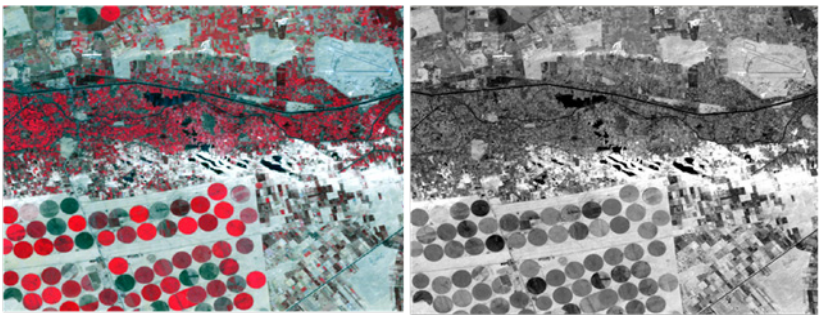
**الأقمار التخصصية:**

وهي الأقمار التي تقوم بتصوير الأرض على فترات حسب ارتفاعها عن سطح الأرض كما في الأمثلة التالية :

القمر الصناعي الأمريكي LANDSAT:



LANDSAT Salhia Area



الدقة 30متر

الدقة 15متر

## القمر الصناعي الفرنسي SPOT

822 Km 26 days 60 x 60 Km
Panchromatic resolution = 10.0 m
Multispectral resolution = 20.0 m
Wavelength range ( 0.50-0.90 µm)

## القمر الصناعي الفرنسي 4SPOT1

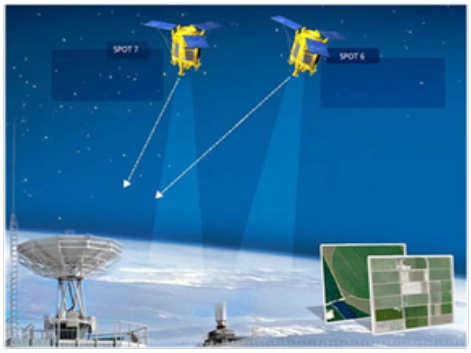
الدقة 10 متر

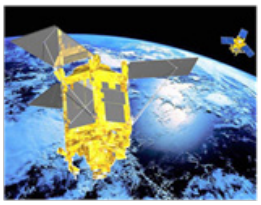
الدقة 20متر

## القمر الصناعي الفرنسي SPOT5:

830 Km 26 days
Panchromatic resolution = 2.5 m
Multispectral resolution = 10.0 m

## القمر الصناعي الفرنسي SPOT6_7:





694 Km  60 x 60 Km

- 1.5 m panchromatic (0.455 µm – 0.745 µm)
- 6 m multispectral, 4 bands:
  - blue (0.455 µm – 0.525 µm)
  - green (0.530 µm – 0.590 µm)
  - red (0.625 µm – 0.695 µm)
  - near-infrared (0.760 µm – 0.890 µm)

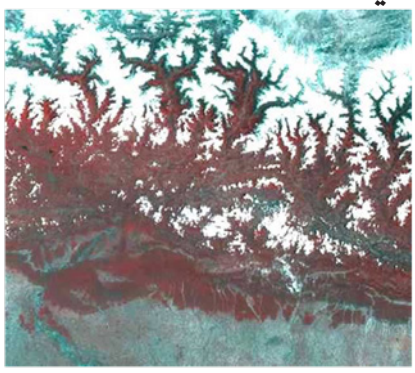
6 m multispectral

## القمر الصناعي الأوروبي Rapideye:

Multispectral resolution = 5m

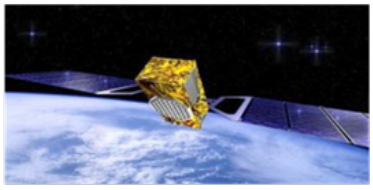
## القمر الصناعي الهندي IRS:

الدقة 6متر



الدقة 25متر

## القمر الصناعي الروسي:



Panchromatic resolution = 2 m
Multispectral resolution = 5m
Wavelength range ( 0.45-0.90 µm)

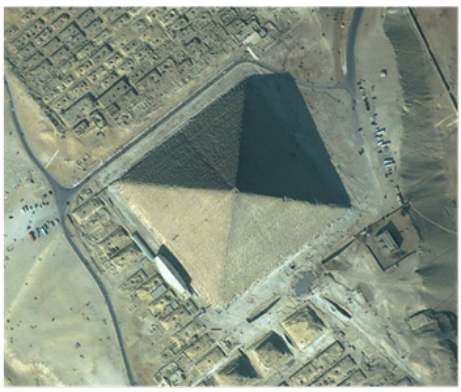
ثانى اكبر مينة فى روسيا Petersburgمدينة
تاريخ 15/12/2009

## القمر الصناعي الأمريكي Ikonos

681 Km
Panchromatic resolution = 1.0m
Multispectral resolution = 4.0m
Wavelength range ( 0.45-0.90 µm)
10 كم x حجم الصورة 10

## القمر الصناعي الأمريكي : Quickbird 1، 2

450-km
Panchromatic resolution = 0.61m
Multispectral resolution = 2.4m
Wavelength range ( 0.45-0.90 µm )
16.5 km x 16.5 km



الهرم الاكبر ومركب الشمس
2 فبراير 2002

## القمر الصناعي الأمريكي WorldView_2:

770 Km
Panchromatic resolution = 46 Cm
Multispectral resolution = 1.87m
Wavelength range ( 0.45-0.90 µm)
10 كم x حجم الصورة 10

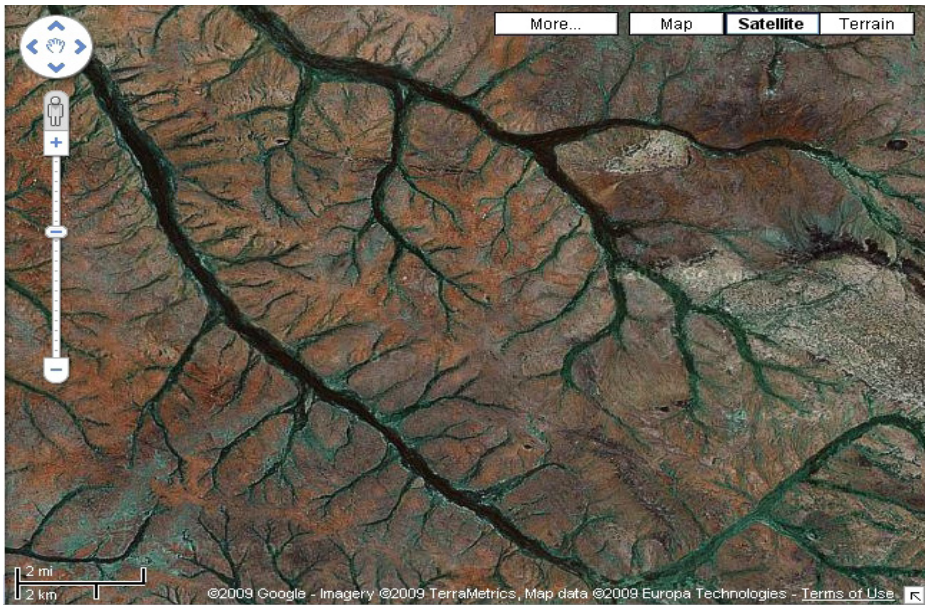
منطقة العجوزة والدقي بمحافظة الجيزة
مصر - تاريخ 15/12/2009

## القمر الصناعي الأمريكي GeoEye_1:

750 Km
Panchromatic resolution = 41 Cm
Multispectral resolution = 1.65m

الصورة الفضائية لأطول برج في العالم
برج خليفة بدبي

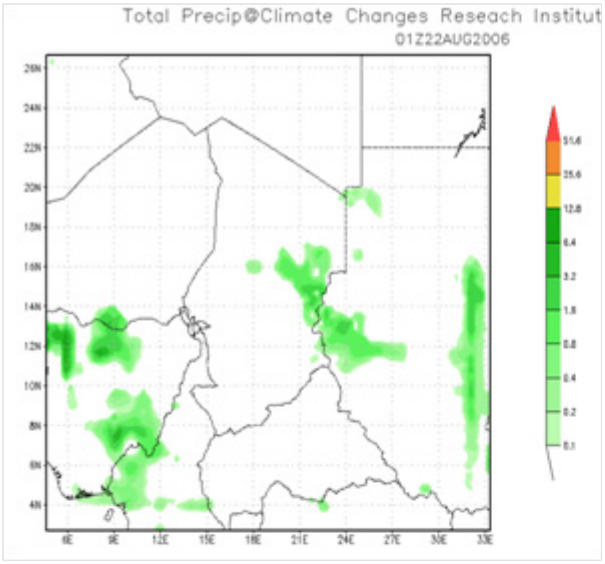
## Drainage Pattern of Chad:

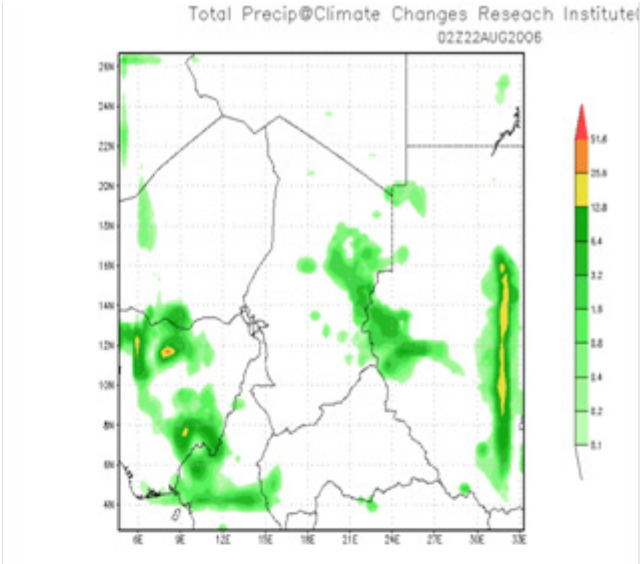


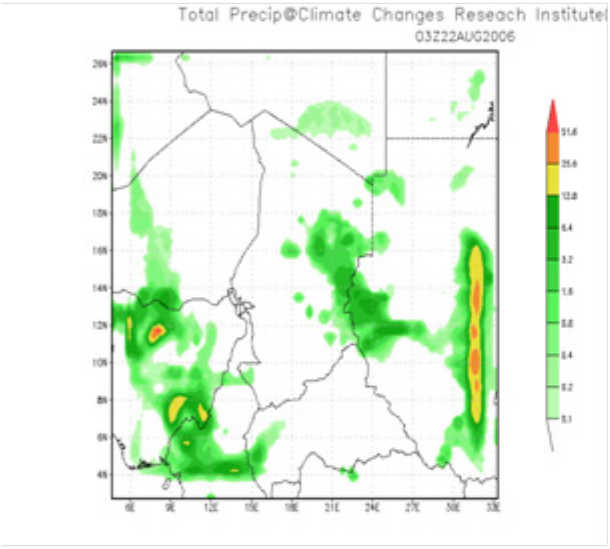
## أهمية الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في دراسة حصاد المياه وشحن المياه الجوفية:

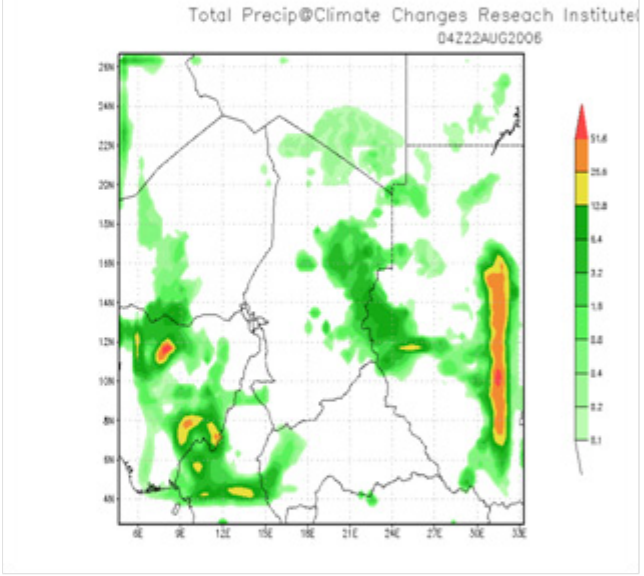
### بيانات أقمار الأرصاد الجوية:

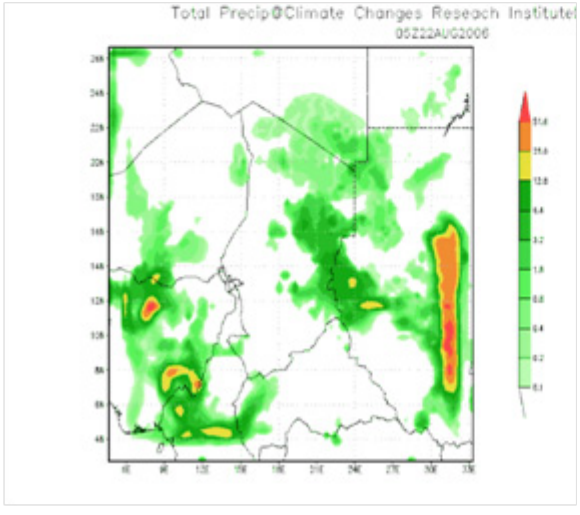
Rainfall

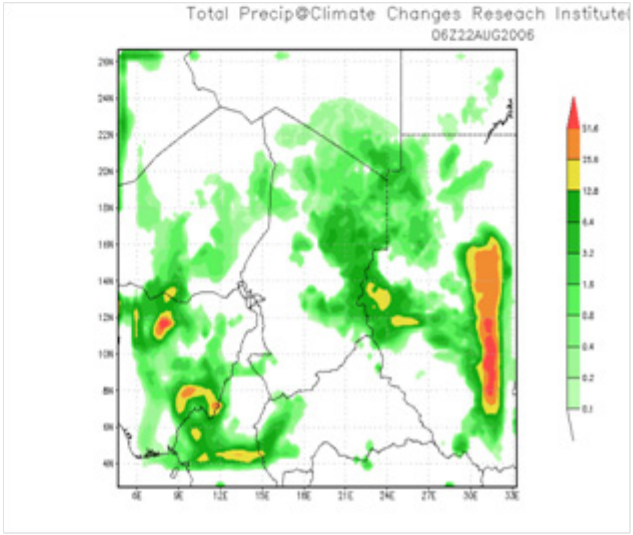


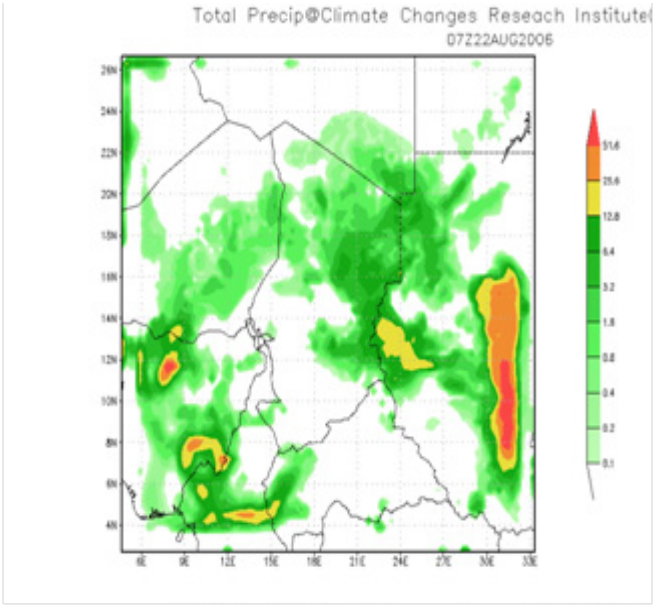



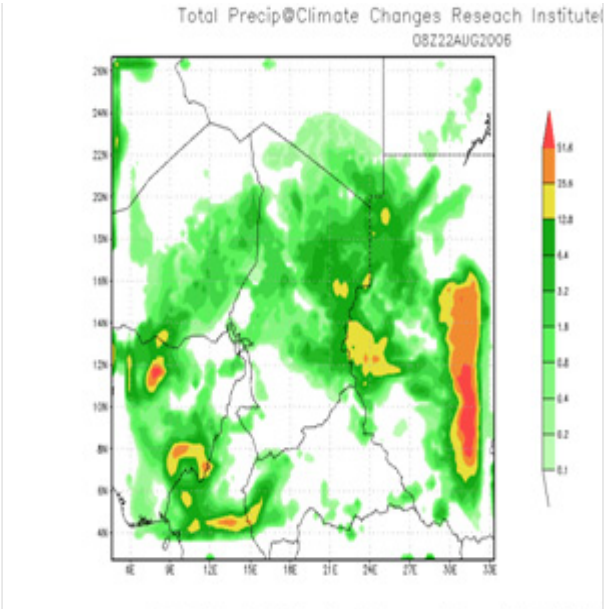



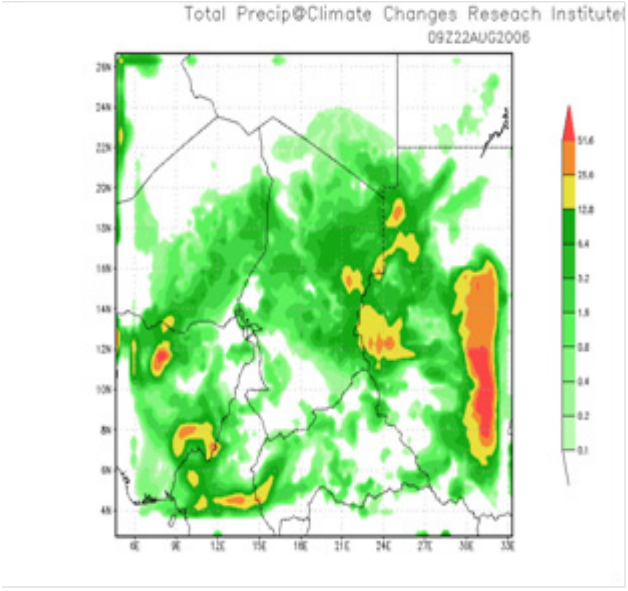



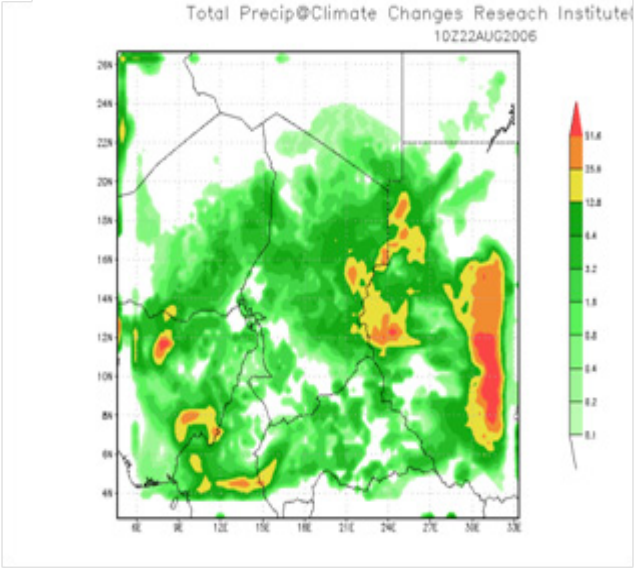



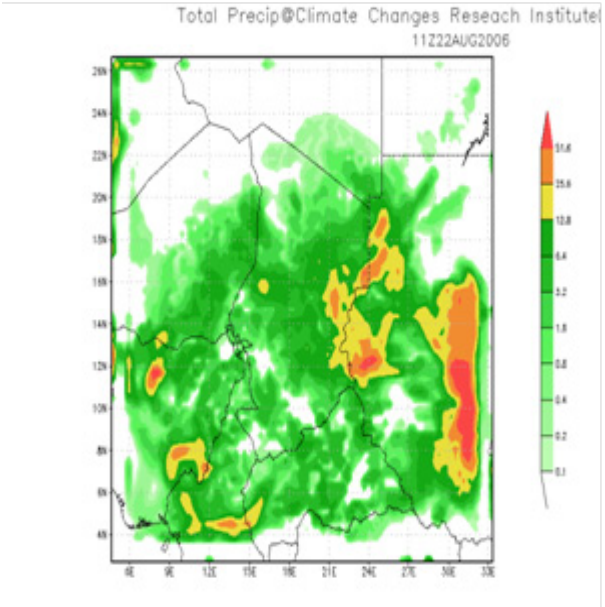



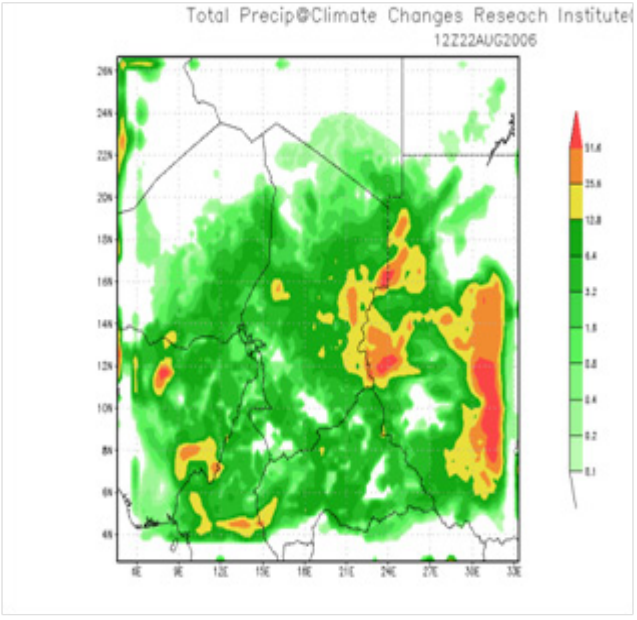

Total Precip@Climate Changes Reseach Institute(
07Z22AUG2006

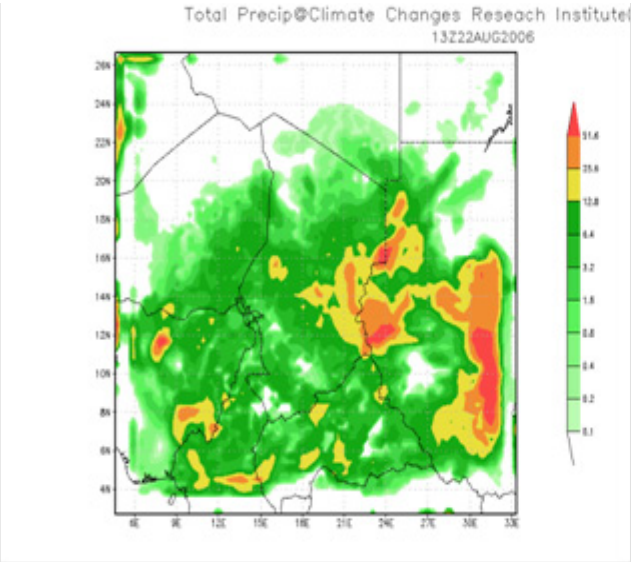

Total Precip@Climate Changes Reseach Institute(
08Z22AUG2006

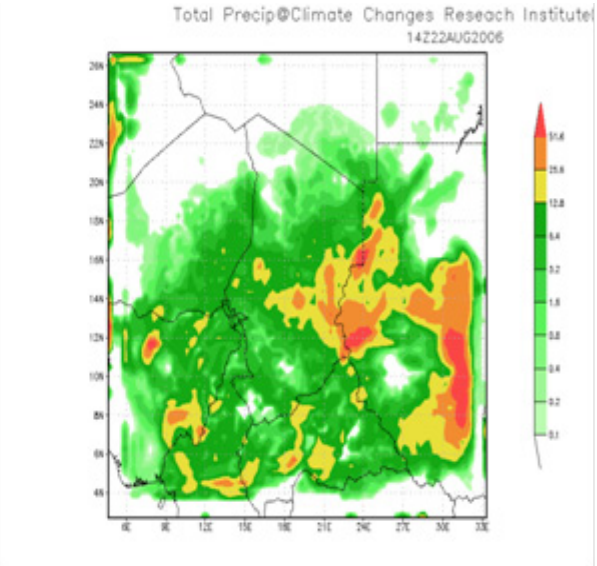

Total Precip@Climate Changes Reseach Institute(
09Z22AUG2006

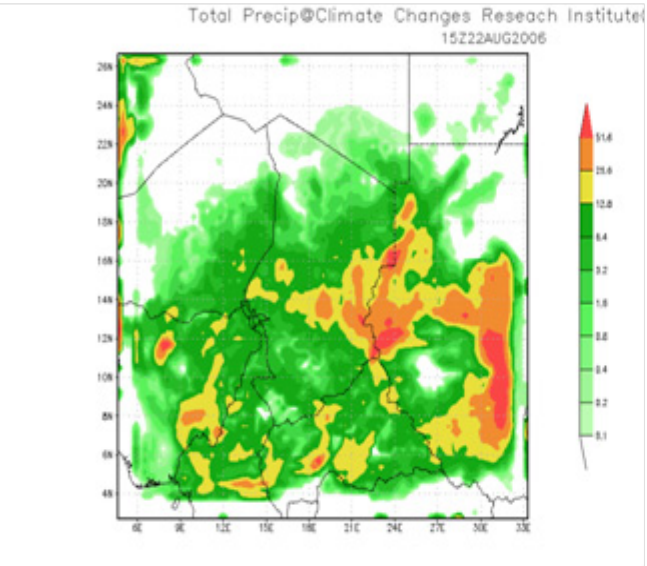

Total Precip@Climate Changes Reseach Institute(
10Z22AUG2006

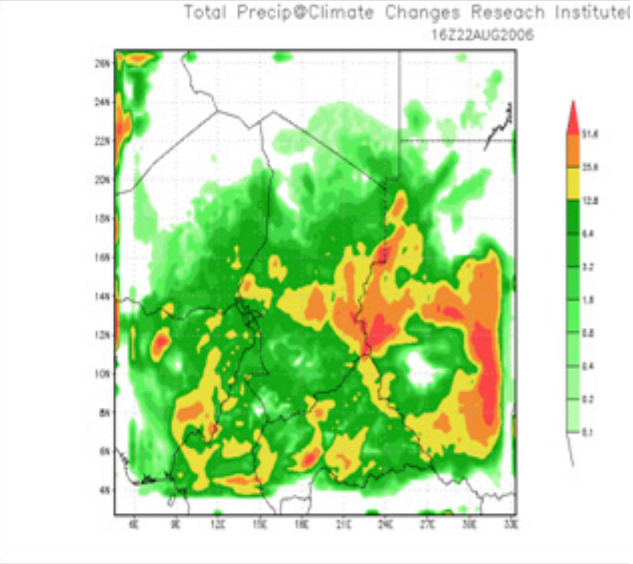

Total Precip@Climate Changes Reseach Institute(
11Z22AUG2006

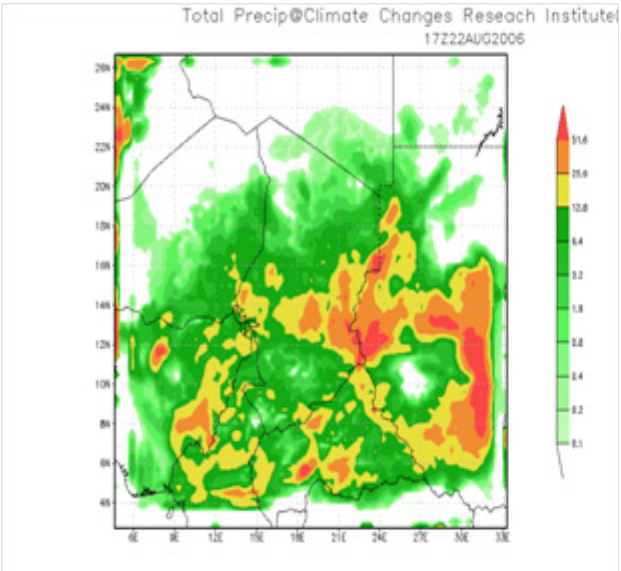

Total Precip@Climate Changes Reseach Institute(
12Z22AUG2006

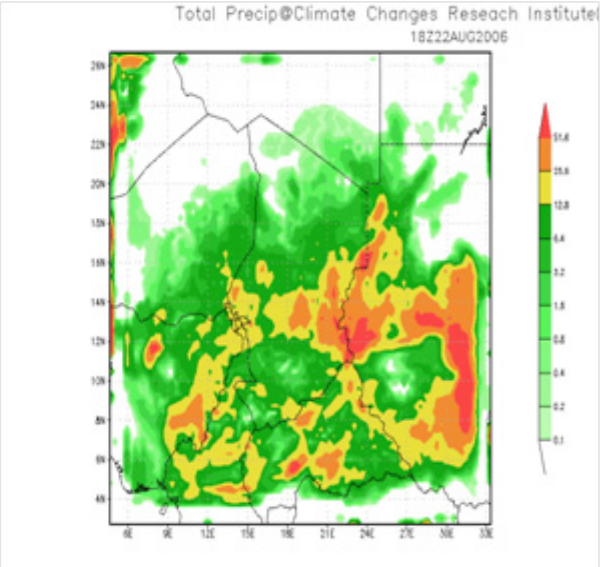

Total Precip@Climate Changes Reseach Institute
13Z22AUG2006


Total Precip@Climate Changes Reseach Institute
14Z22AUG2006

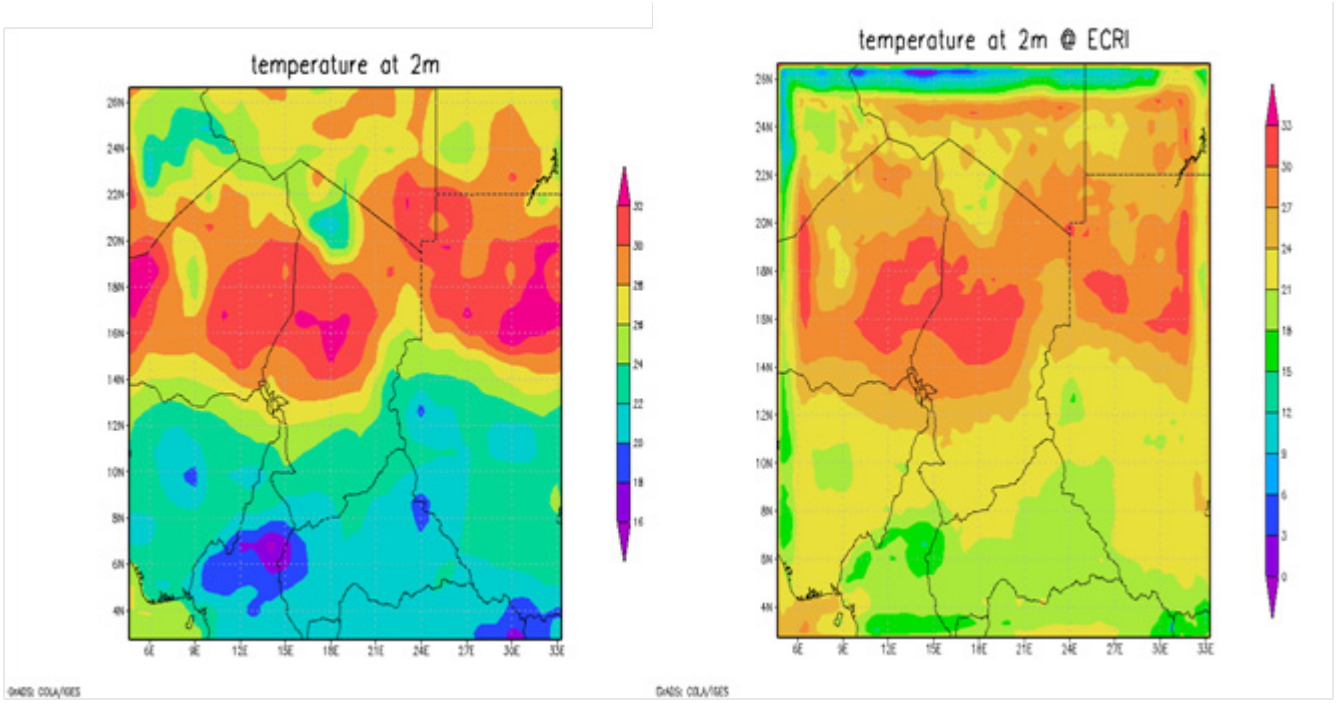

Total Precip@Climate Changes Reseach Institute
15Z22AUG2006

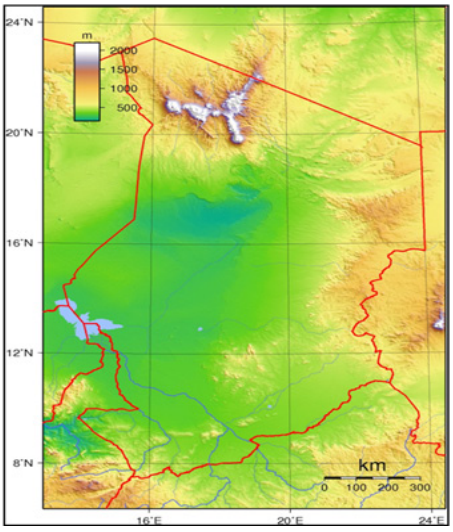

Total Precip@Climate Changes Reseach Institute
16Z22AUG2006


Total Precip@Climate Changes Reseach Institute
17Z22AUG2006


Total Precip@Climate Changes Reseach Institute
18Z22AUG2006

Temperatures:

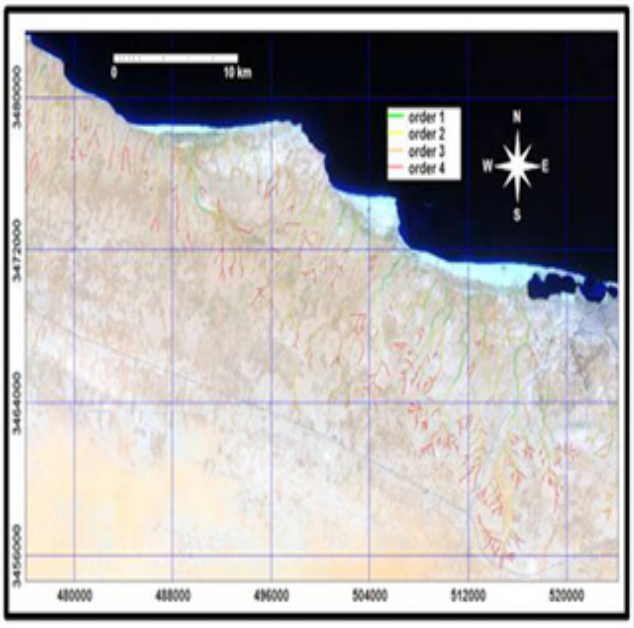


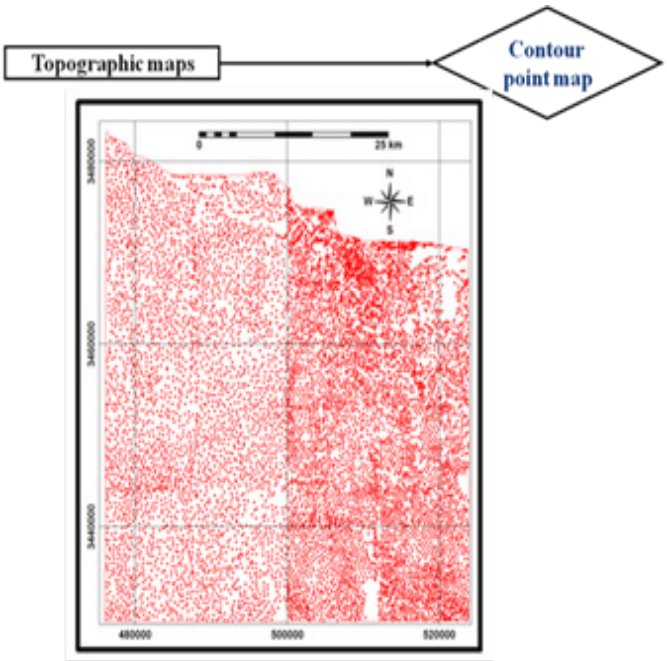




An Example of Digital Elevation Model (DEM) using Shuttle Random Topographic Model (SRTM ) of Chad Republic

C. Create Soil mapping Units using DEM great from Topographic map scale 1:25000

Matrouh Area




Determine the Drainage pattern of the studied area on satellite images

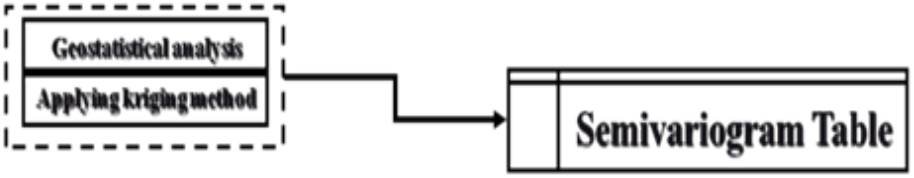
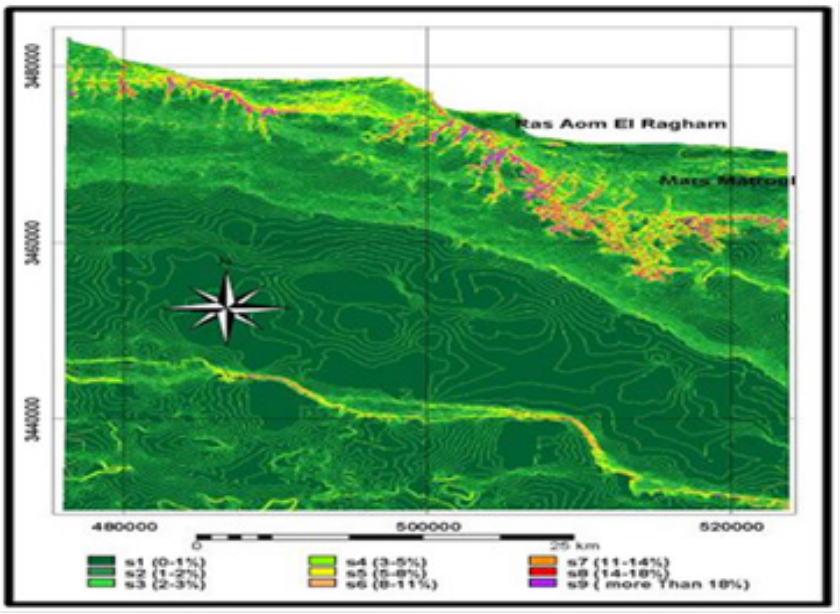


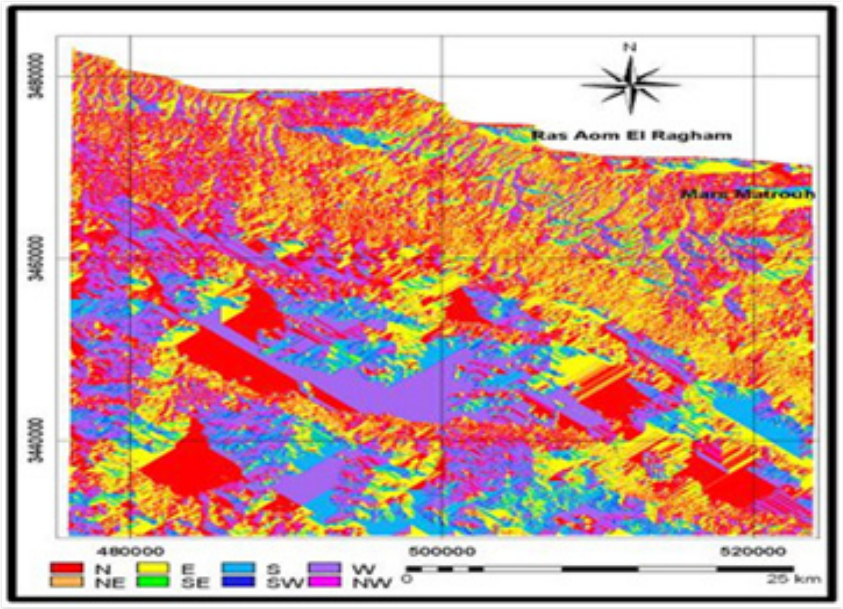

Table (5-1) the results of applying the spatial correlation operation to the contour point values map for the first 10 lags.

| | Distance | NrPairs | I | c | AvgLag | SemiVar |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0.0 | 831 | 1.128 | 0.00 | 43.1 | 0.64 |
| 2 | 100.0 | 9601 | 1.032 | 0.00 | 99.9 | 1.72 |
| 3 | 200.0 | 12955 | 1.043 | 0.01 | 202.6 | 4.25 |
| 4 | 300.0 | 16468 | 1.009 | 0.01 | 301.9 | 6.15 |
| 5 | 400.0 | 20788 | 0.955 | 0.02 | 401.7 | 8.48 |
| 6 | 500.0 | 24893 | 0.903 | 0.02 | 501.3 | 10.46 |
| 7 | 600.0 | 28941 | 0.878 | 0.03 | 601.2 | 12.66 |
| 8 | 700.0 | 33170 | 0.885 | 0.03 | 700.8 | 15.77 |
| 9 | 800.0 | 37091 | 0.865 | 0.04 | 800.8 | 18.43 |
| 10 | 900.0 | 40073 | 0.851 | 0.04 | 900.7 | 22.74 |
| 11 | 1000.0 | 43946 | 0.818 | 0.05 | 1000.8 | 26.20 |
| 12 | 1100.0 | 47605 | 0.789 | 0.06 | 1100.4 | 28.92 |
| 13 | 1200.0 | 49880 | 0.759 | 0.06 | 1200.6 | 32.27 |
| 14 | 1300.0 | 53474 | 0.751 | 0.07 | 1300.4 | 36.03 |
| 15 | 1400.0 | 55674 | 0.744 | 0.08 | 1400.4 | 40.35 |
| 16 | 1500.0 | 58171 | 0.746 | 0.09 | 1500.5 | 45.08 |
| 17 | 1600.0 | 60376 | 0.732 | 0.10 | 1600.2 | 50.60 |
| 18 | 1700.0 | 63113 | 0.708 | 0.11 | 1700.4 | 55.92 |
| 19 | 1800.0 | 64654 | 0.699 | 0.12 | 1800.0 | 61.11 |
| 20 | 1900.0 | 67446 | 0.682 | 0.13 | 1900.2 | 66.41 |
| 21 | 2000.0 | 69616 | 0.666 | 0.14 | 2000.3 | 71.26 |
| 22 | 2100.0 | 71075 | 0.659 | 0.15 | 2100.1 | 76.42 |
| 23 | 2200.0 | 72626 | 0.652 | 0.16 | 2200.3 | 82.33 |

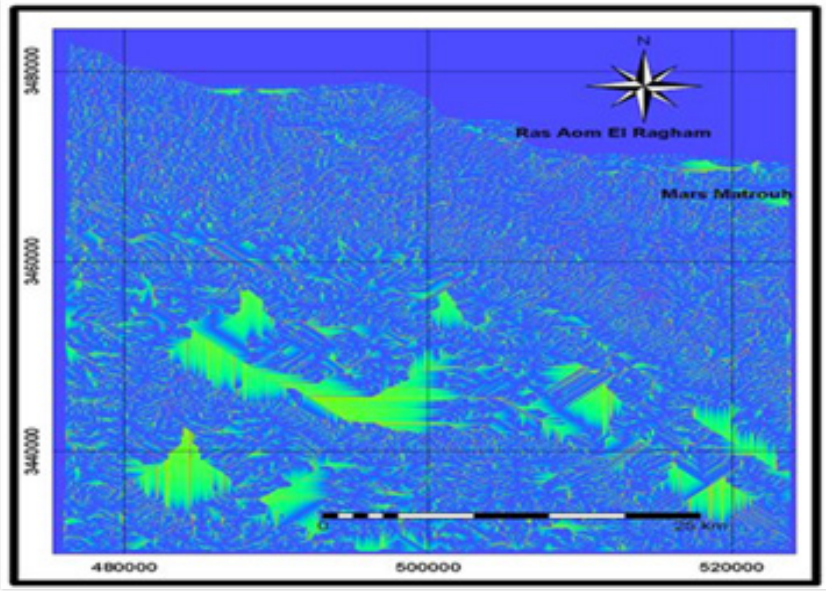
Slope %



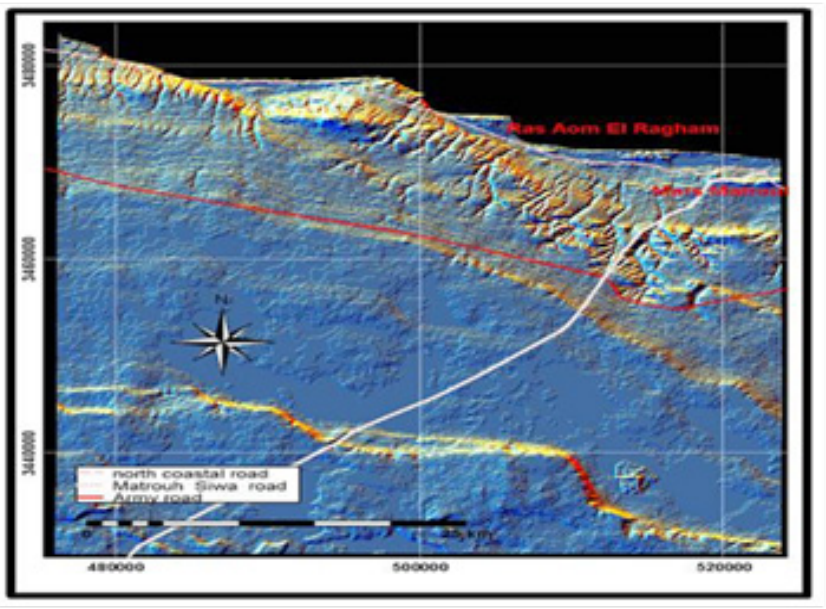

Flow Direction



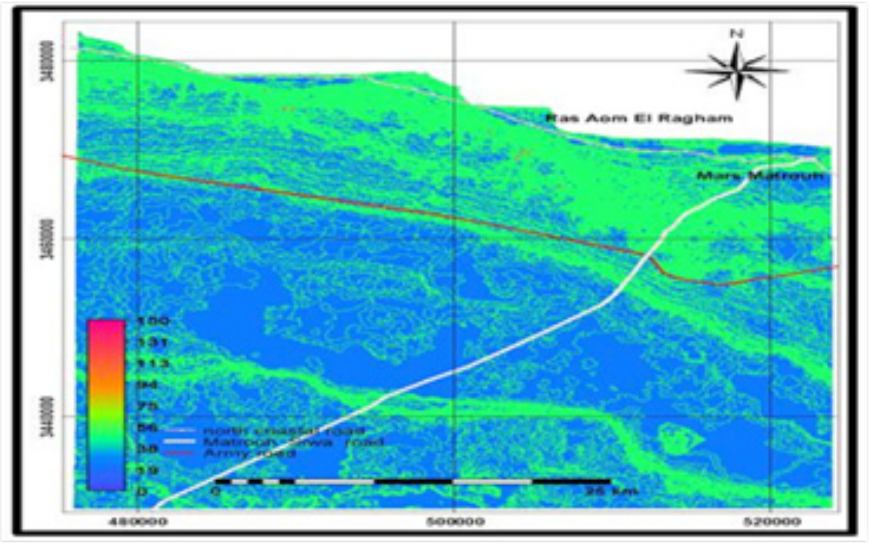

Flow Accumulation



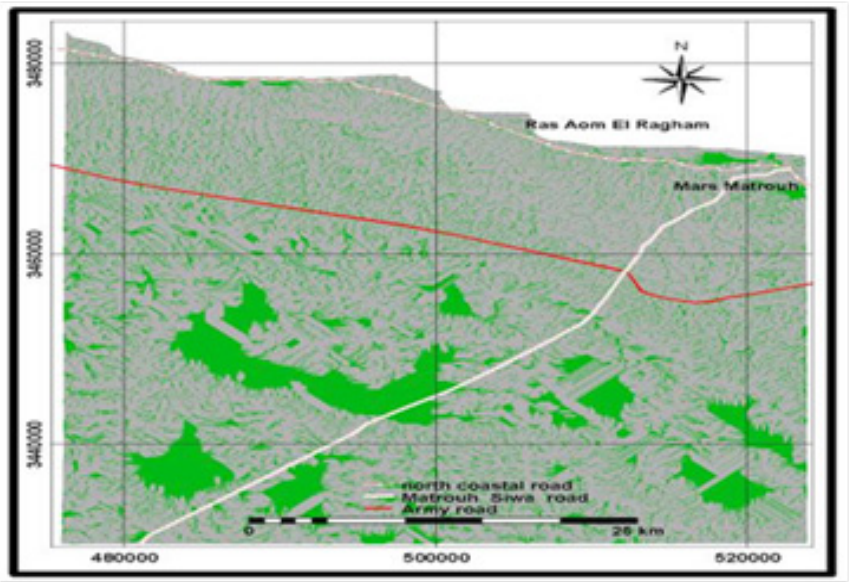
DEM Visualization



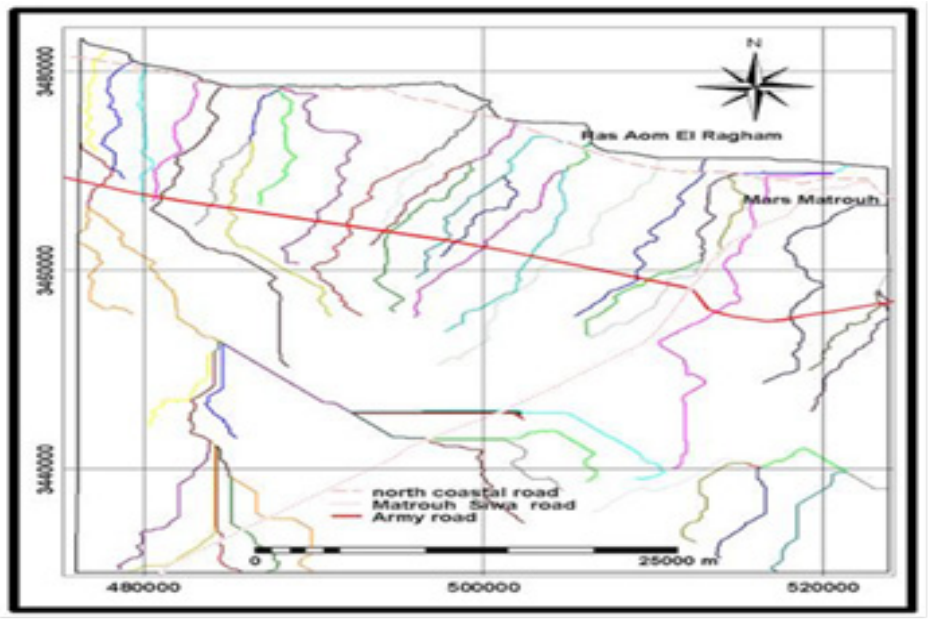

DEM Variable Threshold Computation



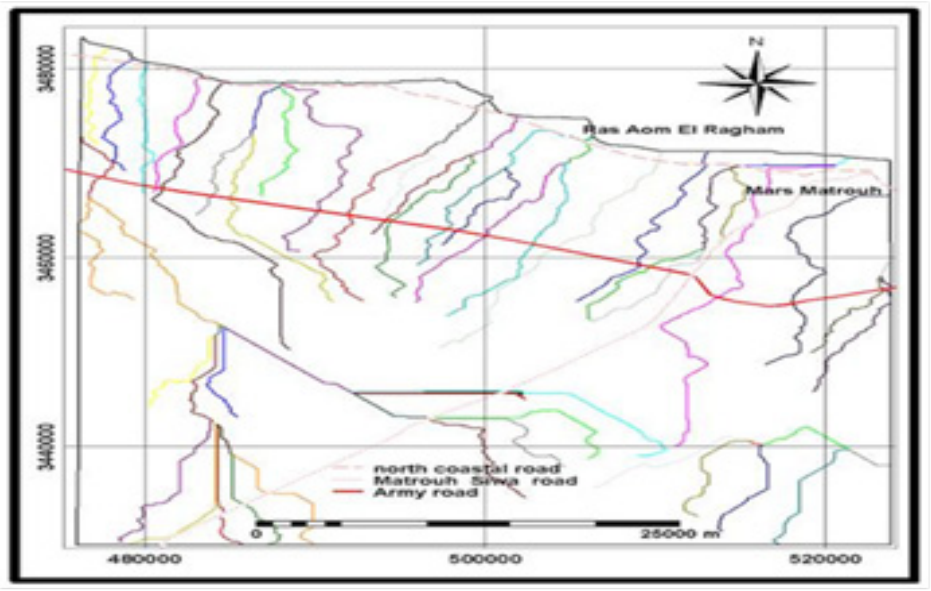

Drainage Network Extraction



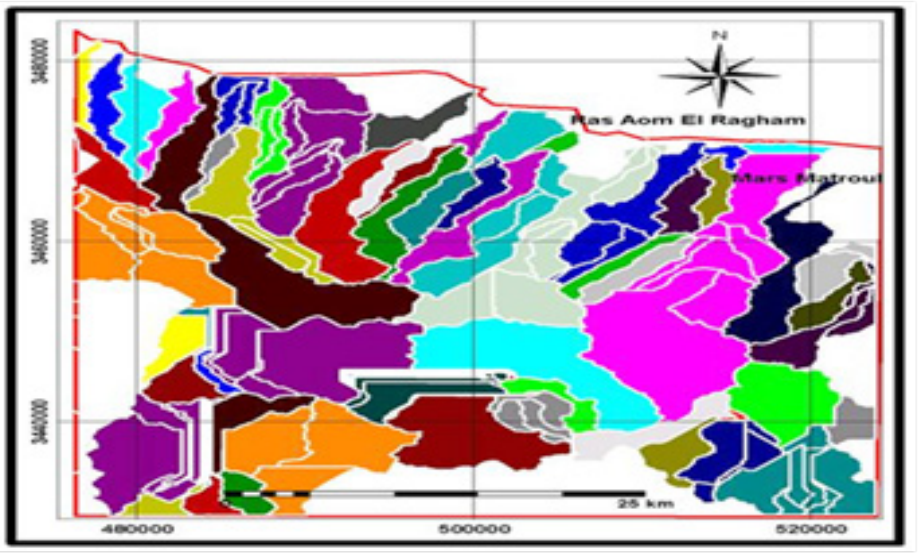
Drainage Network Ordering



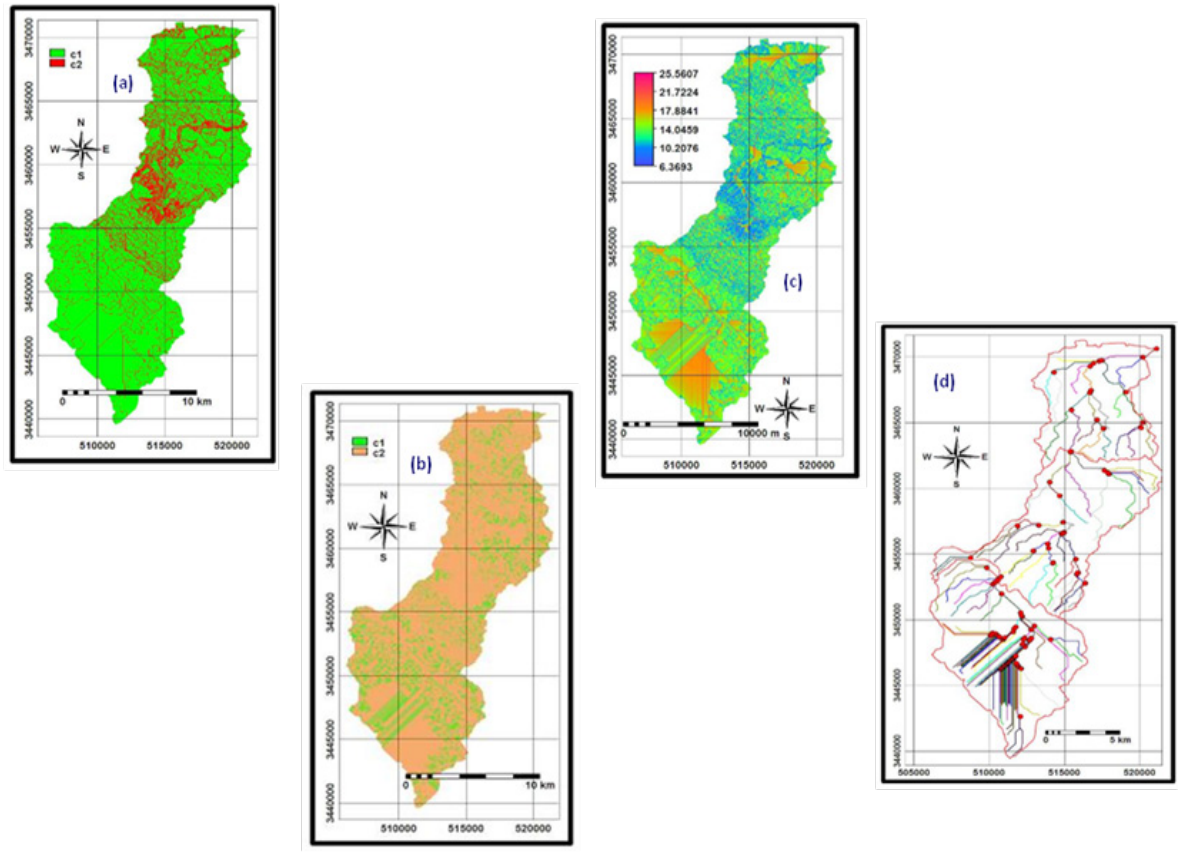

Drainage Network Ordering




Catchments Extraction



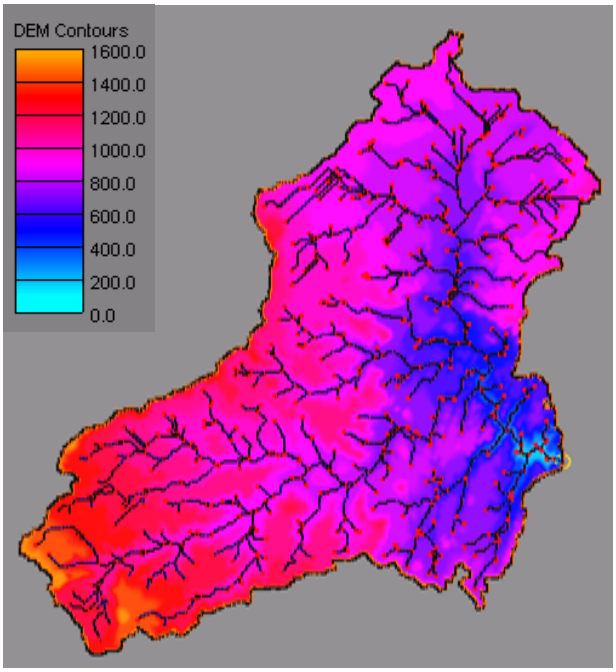
| Catchments No | Area in Hectares | Catchments No | Area in Hectares | Catchments No | Area in Hectares | Catchments No | Area in Hectares |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2179 | 21 | 3423 | 41 | 6901 | 61 | 82 |
| 2 | 3946 | 22 | 21190 | 42 | 15647 | 62 | 267 |
| 3 | 3515 | 23 | 24466 | 43 | 13750 | 63 | 557 |
| 4 | 5588 | 24 | 3243 | 44 | 2644 | 64 | 1011 |
| 5 | 4163 | 25 | 10228 | 45 | 19474 | 65 | 82 |
| 6 | 1772 | 26 | 6122 | 46 | 2061 | 66 | 1247 |
| 7 | 2456 | 27 | 77 | 47 | 1875 | 67 | 10047 |
| 8 | 2142 | 28 | 74 | 48 | 3464 | 68 | 2727 |
| 9 | 2559 | 29 | 85 | 49 | 1513 | 69 | 8 |
| 10 | 2973 | 30 | 81 | 50 | 4483 | 70 | 3842 |
| 11 | 16879 | 31 | 119 | 51 | 1025 | 71 | 8 |
| 12 | 4262 | 32 | 3540 | 52 | 4089 | 72 | 7 |
| 13 | 6194 | 33 | 1011 | 53 | 366 | 73 | 21048 |
| 14 | 5420 | 34 | 41971 | 54 | 4614 | 74 | 651 |
| 15 | 10181 | 35 | 19055 | 55 | 23 | 75 | 282 |
| 16 | 8801 | 36 | 3005 | 56 | 4 | 76 | 13195 |
| 17 | 10804 | 37 | 4517 | 57 | 3735 | 77 | 4836 |
| 18 | 6699 | 38 | 5174 | 58 | 7565 | | |
| 19 | 10162 | 39 | 13948 | 59 | 315 | | |
| 20 | 2603 | 40 | 3883 | 60 | 4675 | | |

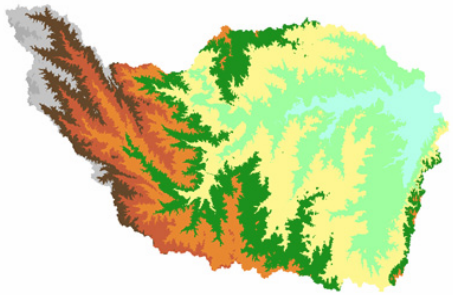



The wetness index (a), The stream power index (b), The sediment transport index accounts (c), and the location of outlets (d) maps of Ramla Basin.

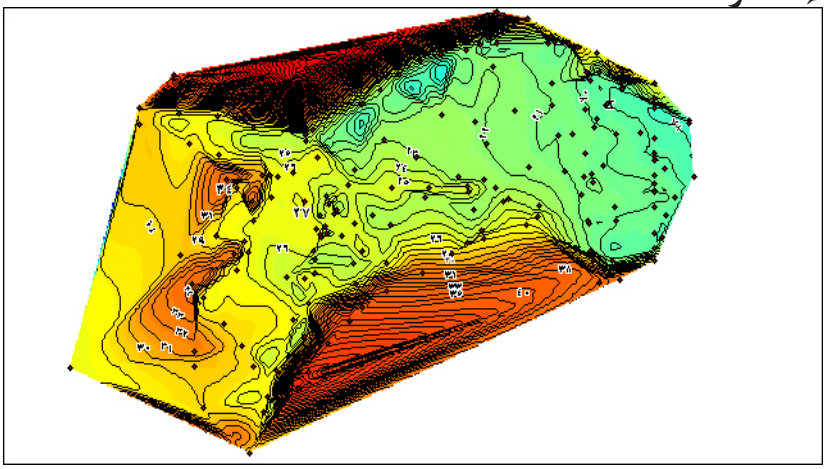
| ID | area m2 | drainage area m2 | distance from coast km | runoff in m3 for total area | | | runoff in m3 for drainage area | | | potential runoff irrigation in Hectares | | | potential cisterns |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 250 mm | 150 mm | 10 0mm | 250 mm | 150 mm | 100 mm | 250 mm | 150 mm | 100 mm | |
| 15 | 416700 | 261545 | 10.11 | 6934 | 4157 | 2770 | 4352 | 2609 | 1739 | 2 | 1 | 1 | 5 |
| 16 | 4194500 | 2210945 | 9.71 | 69802 | 41844 | 27884 | 36793 | 22056 | 14698 | 15 | 9 | 6 | 44 |
| 17 | 604300 | 362264 | 10.94 | 10056 | 6028 | 4017 | 6029 | 3614 | 2408 | 2 | 1 | 1 | 7 |
| 18 | 4675300 | 1685419 | 11.31 | 76749 | 46010 | 30660 | 27668 | 16586 | 11053 | 11 | 7 | 4 | 33 |
| 19 | 2214200 | 515779 | 13.03 | 34851 | 20893 | 13923 | 8118 | 4867 | 3243 | 3 | 2 | 1 | 10 |
| 20 | 7201400 | 3262808 | 12.23 | 114972 | 68925 | 45930 | 52091 | 31228 | 20810 | 21 | 12 | 8 | 62 |
| 21 | 2327900 | 1291478 | 12.68 | 37165 | 22280 | 14847 | 20619 | 12361 | 8237 | 8 | 5 | 3 | 25 |
| 22 | 5684900 | 1774766 | 12.86 | 90761 | 54410 | 36258 | 28335 | 16986 | 11319 | 11 | 7 | 5 | 34 |
| 23 | 2904600 | 769201 | 14.98 | 42446 | 25448 | 16959 | 11241 | 6739 | 4491 | 4 | 3 | 2 | 13 |
| 24 | 1855200 | 366325 | 15.28 | 27111 | 16254 | 10832 | 5353 | 3209 | 2139 | 2 | 1 | 1 | 6 |
| 25 | 1759300 | 731025 | 16.19 | 25313 | 15176 | 10114 | 10518 | 6306 | 4202 | 4 | 3 | 2 | 13 |
| 26 | 2082600 | 663608 | 15.50 | 30434 | 18246 | 12159 | 9698 | 5814 | 3875 | 4 | 2 | 2 | 12 |
| 27 | 415100 | 415100 | 17.19 | 5879 | 3525 | 2349 | 5879 | 3525 | 2349 | 2 | 1 | 1 | 7 |
| 28 | 1367000 | 403688 | 17.04 | 19361 | 11608 | 7736 | 5717 | 3428 | 2284 | 2 | 1 | 1 | 7 |
| 29 | 966600 | 966600 | 17.60 | 13690 | 8208 | 5470 | 13690 | 8208 | 5470 | 5 | 3 | 2 | 16 |
| 31 | 1739000 | 274541 | 17.96 | 24629 | 14767 | 9841 | 3888 | 2331 | 1554 | 2 | 1 | 1 | 5 |
| 32 | 2006300 | 698535 | 17.49 | 28415 | 17036 | 11353 | 9893 | 5932 | 3953 | 4 | 2 | 2 | 12 |
| 35 | 3778600 | 603502 | 18.50 | 52665 | 31576 | 21043 | 8411 | 5043 | 3361 | 3 | 2 | 1 | 10 |
| 36 | 2899700 | 545020 | 18.62 | 40415 | 24231 | 16148 | 7596 | 4554 | 3035 | 3 | 2 | 1 | 9 |
| 37 | 1160700 | 183569 | 19.67 | 15655 | 9386 | 6255 | 2476 | 1484 | 989 | 1 | 1 | 0 | 3 |
| 38 | 1148500 | 274541 | 19.03 | 15490 | 9287 | 6189 | 3703 | 2220 | 1480 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| 39 | 1048600 | 216871 | 19.42 | 14143 | 8480 | 5651 | 2925 | 1754 | 1169 | 1 | 1 | 0 | 4 |
| 41 | 705800 | 131585 | 19.92 | 9519 | 5708 | 3804 | 1775 | 1064 | 709 | 1 | 0 | 0 | 2 |
| 122 | 175400 | 101531 | 10.01 | 2919 | 1750 | 1166 | 1690 | 1013 | 675 | 1 | 0 | 0 | 2 |
| 126 | 215200 | 62543 | 18.22 | 2999 | 1798 | 1198 | 872 | 523 | 348 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 138 | 394800 | 231491 | 10.50 | 6570 | 3939 | 2625 | 3852 | 2309 | 1539 | 2 | 1 | 1 | 5 |
| 139 | 702600 | 320839 | 13.88 | 11059 | 6630 | 4418 | 5050 | 3027 | 2017 | 2 | 1 | 1 | 6 |
| 140 | 1215900 | 705033 | 13.90 | 19138 | 11473 | 7646 | 11097 | 6653 | 4433 | 4 | 3 | 2 | 13 |
| 141 | 443500 | 180320 | 16.89 | 6381 | 3826 | 2550 | 2594 | 1555 | 1037 | 1 | 1 | 0 | 3 |
| 153 | 4445400 | 2759213 | 10.34 | 73977 | 44347 | 29552 | 45917 | 27526 | 18342 | 18 | 11 | 7 | 55 |
| 154 | 147000 | 25992 | 15.98 | 2148 | 1288 | 858 | 380 | 228 | 152 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 155 | 34900 | 36551 | 17.74 | 494 | 296 | 197 | 518 | 310 | 207 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 163 | 457300 | 61731 | 17.33 | 6477 | 3883 | 2588 | 874 | 524 | 349 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 165 | 3214100 | 1868175 | 16.56 | 46245 | 27726 | 18477 | 26880 | 16116 | 10740 | 11 | 6 | 4 | 32 |
| 218 | 1960800 | 514154 | 17.62 | 27771 | 16650 | 11096 | 7282 | 4366 | 2910 | 3 | 2 | 1 | 9 |
| 219 | 1134700 | 266418 | 15.88 | 16582 | 9941 | 6625 | 3893 | 2334 | 1556 | 2 | 1 | 1 | 5 |
| 220 | 476800 | 202250 | 15.29 | 6968 | 4177 | 2784 | 2956 | 1772 | 1181 | 1 | 1 | 0 | 4 |
| 221 | 14600 | 6498 | 14.98 | 213 | 128 | 85 | 95 | 57 | 38 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 222 | 86900 | 37364 | 14.91 | 1270 | 761 | 507 | 546 | 327 | 218 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 223 | 2492800 | 1682982 | 14.89 | 36428 | 21840 | 14554 | 24594 | 14745 | 9826 | 10 | 6 | 4 | 29 |
| 224 | 2192300 | 1189134 | 12.69 | 35001 | 20983 | 13982 | 18985 | 11381 | 7584 | 8 | 5 | 3 | 23 |
| 225 | 2361200 | 1488854 | 11.98 | 38761 | 23237 | 15484 | 24441 | 14652 | 9764 | 10 | 6 | 4 | 29 |
| 226 | 3570700 | 1681358 | 9.72 | 59421 | 35621 | 23737 | 27980 | 16773 | 11177 | 11 | 7 | 4 | 34 |

## تحليل نموذج الارتفاعات الرقمي :

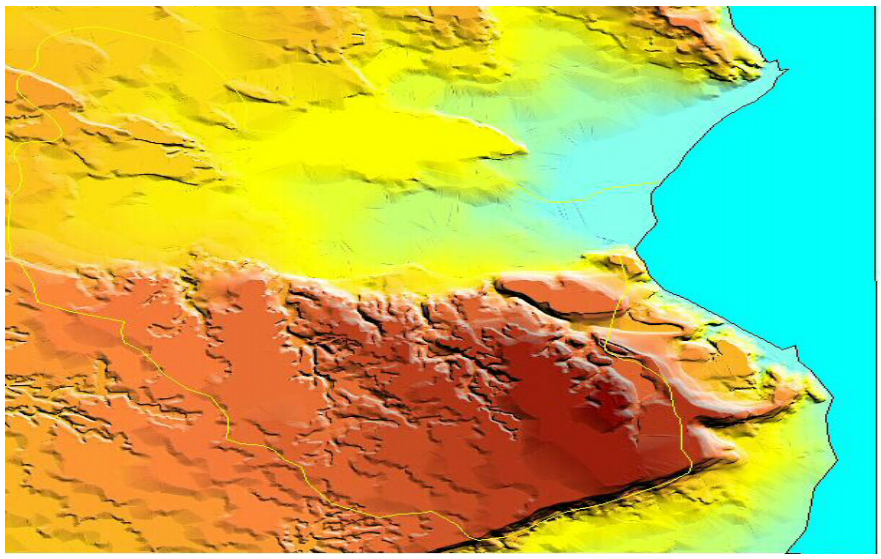


## تحديد أولي لمواقع إنشاء السدود :



## اختيار المواقــع المثلى لإنشاء السدود:



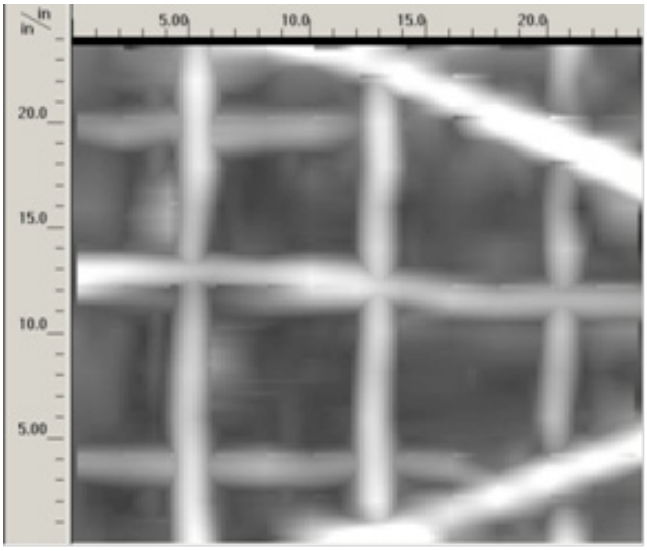
## Geophysics Techniques :

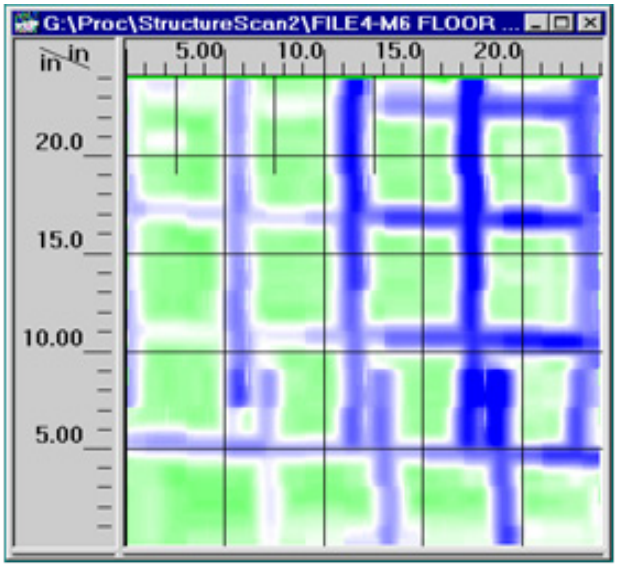
1- Using the Ground Penetration Radar instrument (GPR)
2- Using the Ground Penetration Radar instrument (GPR) for measuring water table depth.

**Antenna 270**
**Penetration 5 meters**

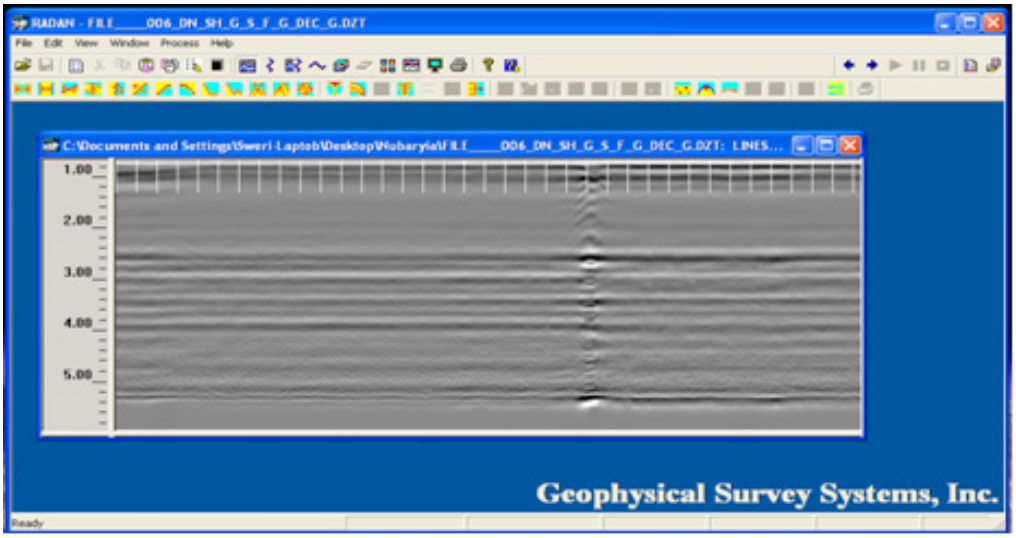
**Antenna 900**
**Penetration 1 meter**

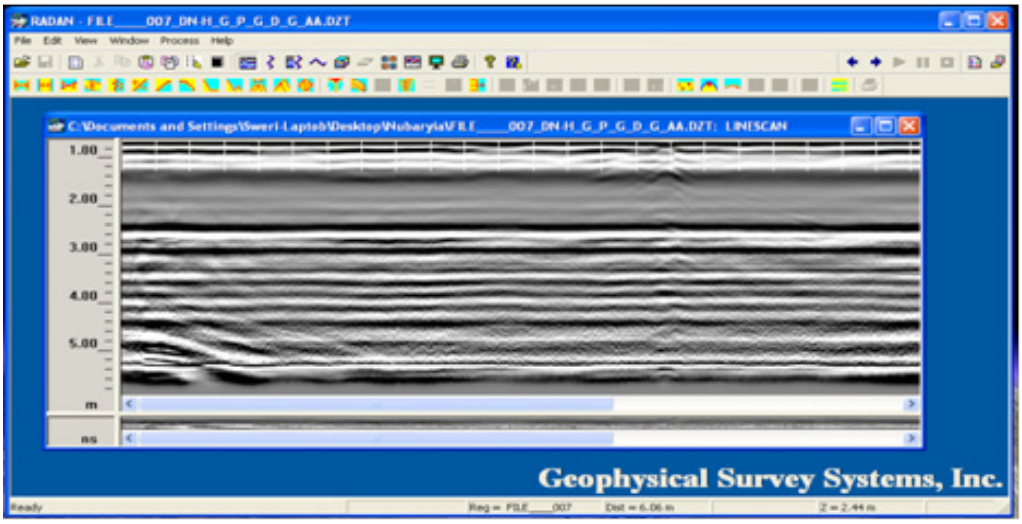
## 3D Data:



## 2D Data:

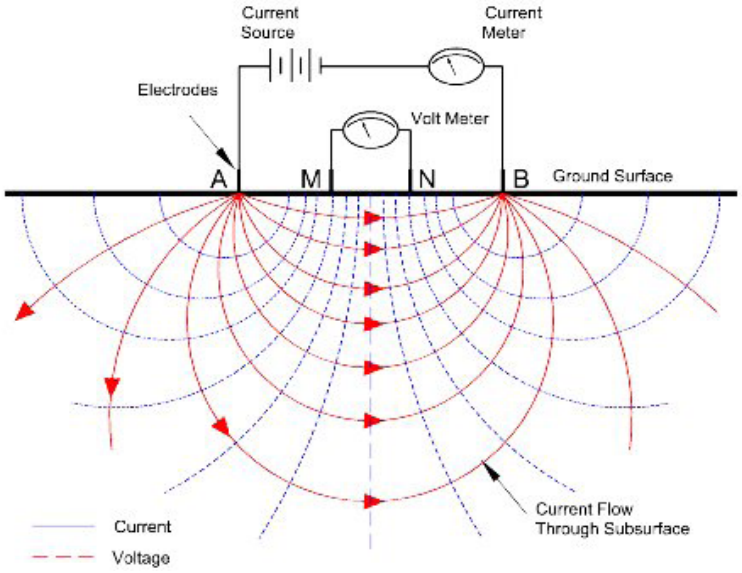


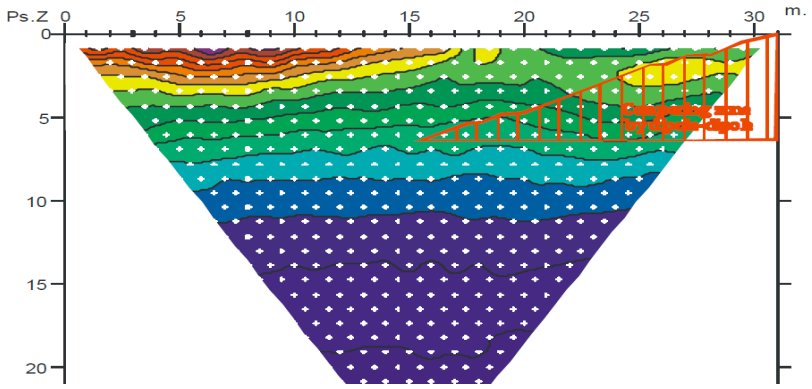

## Electrical Methods:

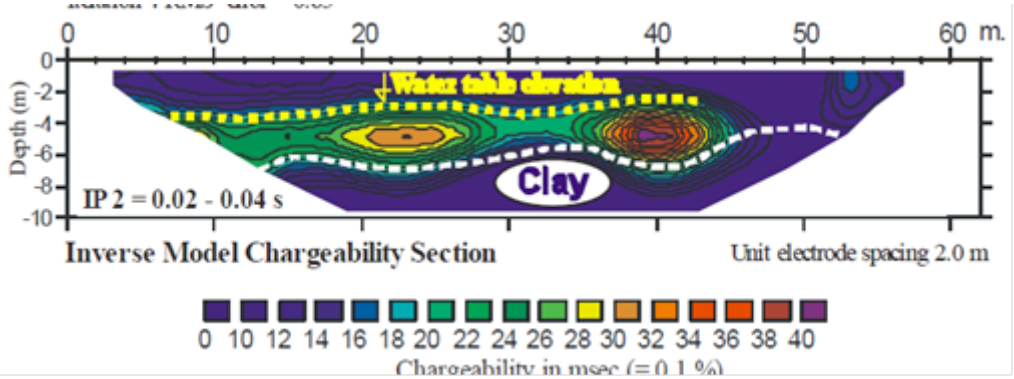
- Electrical Resistivity
- Induced Polarization ( IP )

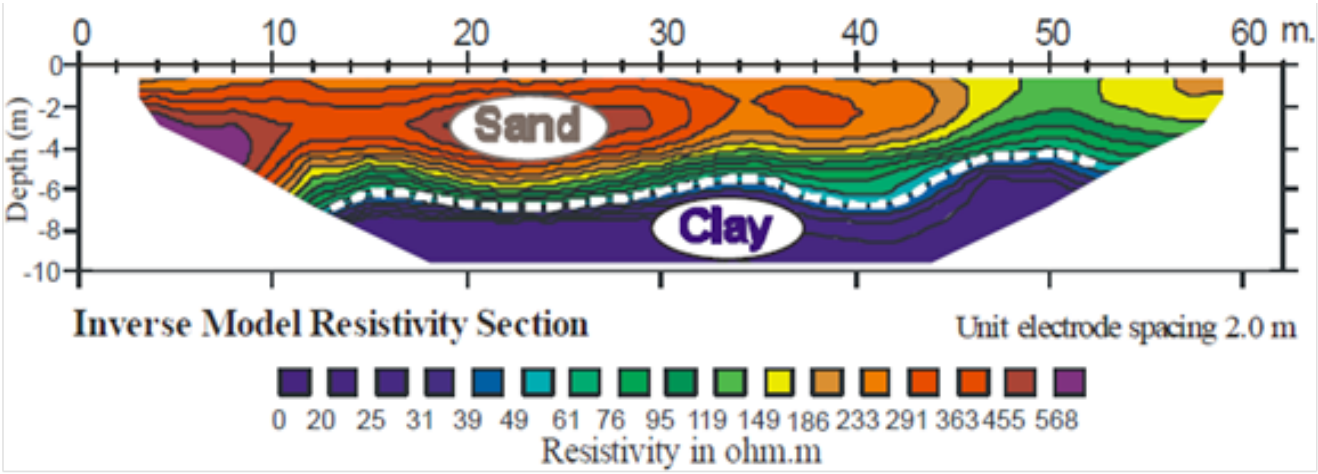
## DC resistivity techniques:



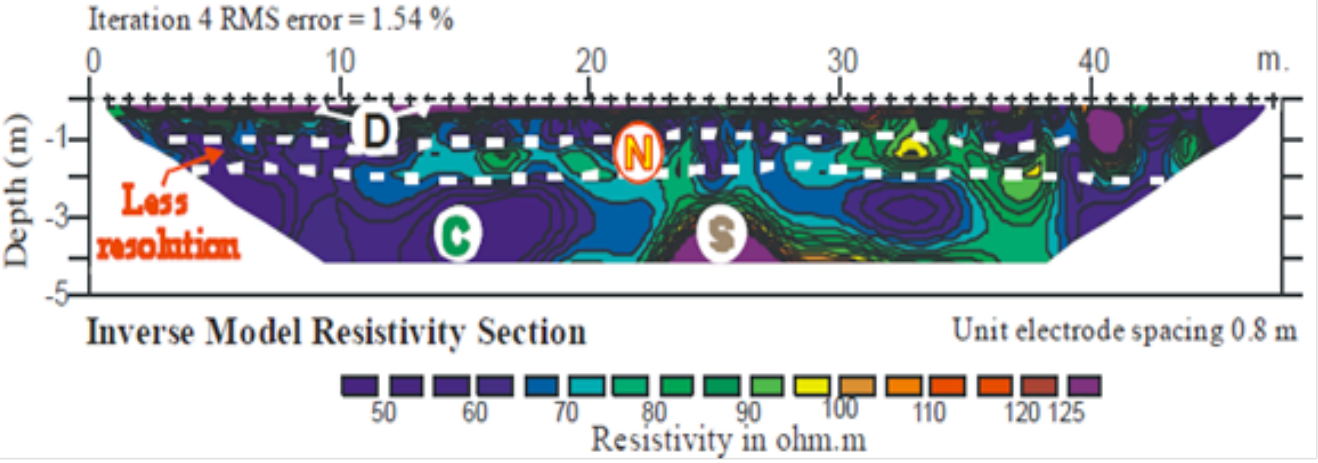

## Pole-Dipole

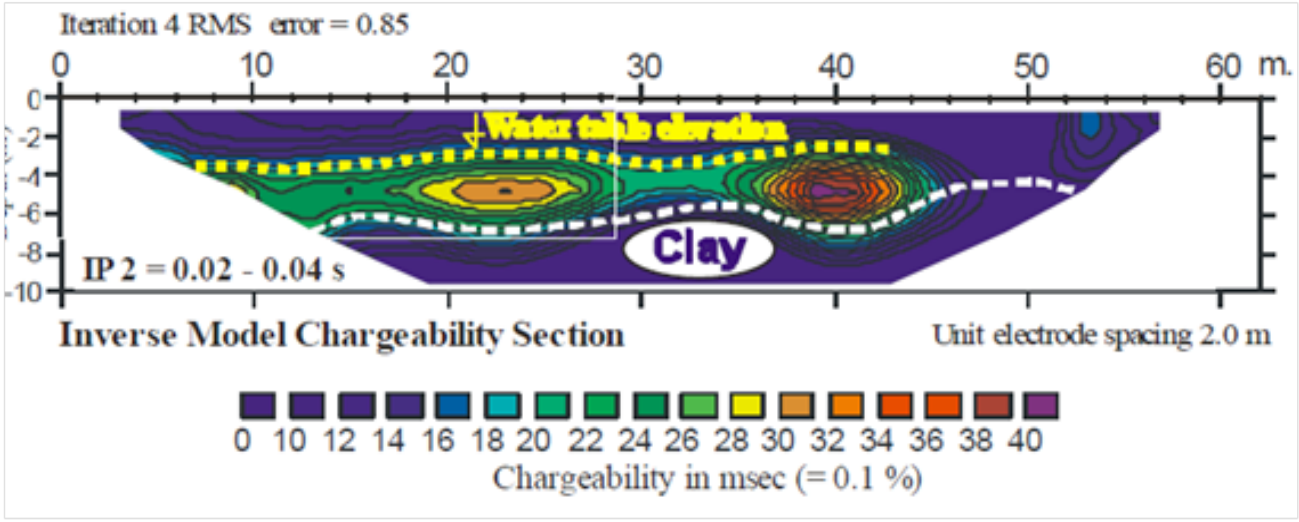





## b). Minimum electrode spacing 0.8 m



# تطبيق التغذية الاصطناعية لمعالجة تربة خزانات المياه الجوفية فـي جمهورية مصر العربية

الدكتورة/ ناهد السيد العربي

## المقدمة:

تعتمد التنمية الاقتصادية ومعدل النمو السريع في مختلف القطاعات التنموية في مصر على توفر الموارد المائية اللازمة.

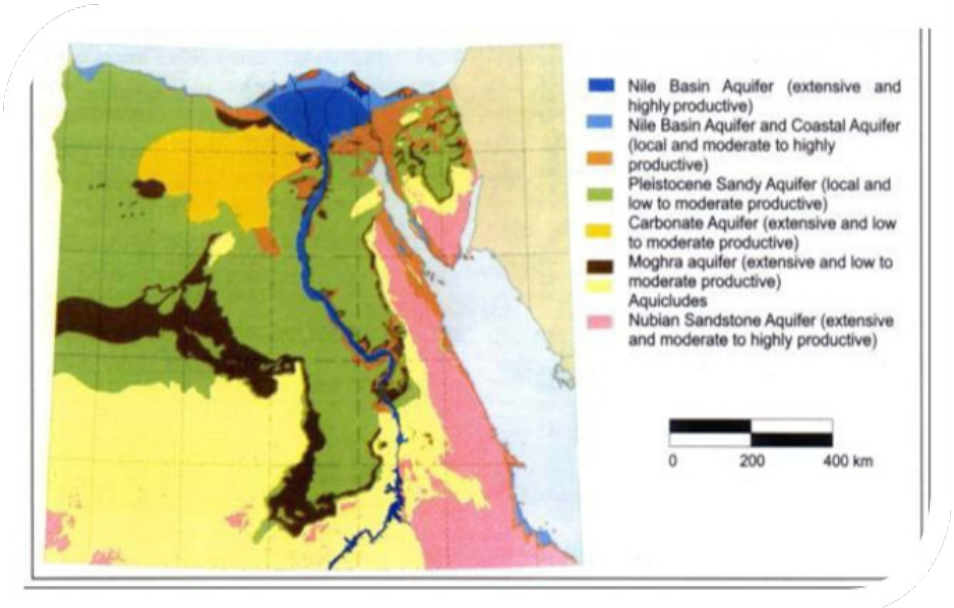
اتجهت مصر إلى استخدام المياه الجوفية لتلبية معدل النمو المتزايد، مما نتج عنه زيادة معدلات السحب وظهور بعض الآثار السلبية المترتبة على السحب الجائر في بعض المناطق مثل منطقة غرب دلتا والحواف الصحراوية بوادي النيل.

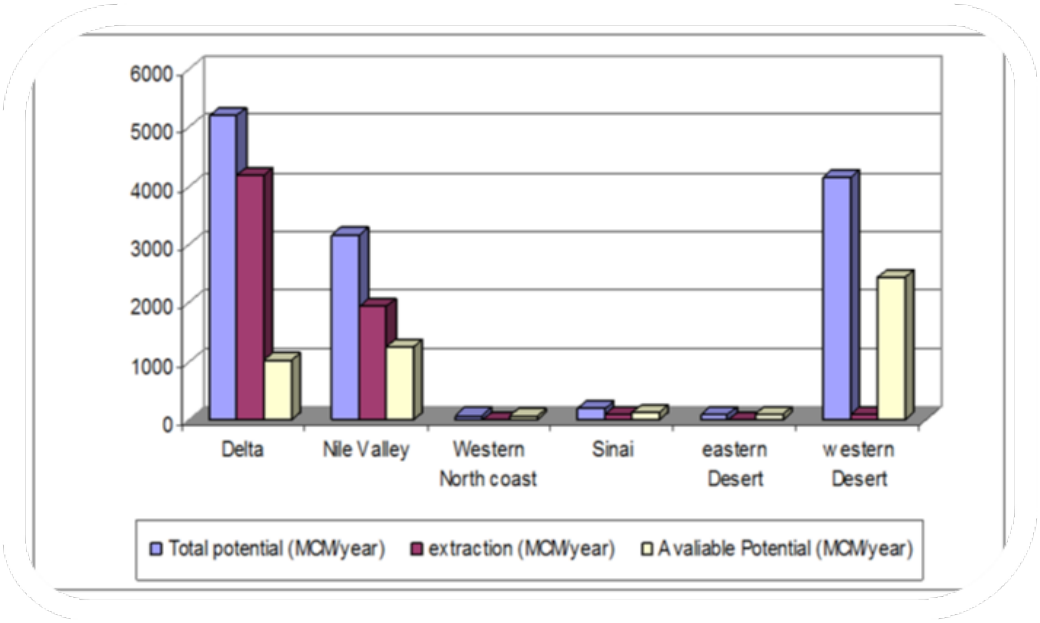
وبسبب نقص مصادر مياه الري في مصر، تم الاتجاه إلى موارد المياه غير التقليدية.

## مصادر المياه المتاحة في مصر:

| المصدر | 1995 | 2017 |
|---|---|---|
| نهر النيل | 55.5 | 55.5 |
| مياه الصرف الزراعى | 12.92 | 16.92 |
| المياه الجوفية | 3.94 | 1.58 |
| حصاد الأمطار | 1.0 | 1.0 |
| مياه الصرف الصحى المعالجة | 0.5 | 4.9 |
| المياه الجوفية العميقة (الصحارى) | 5.786 | 3.99 |
| المياه الجوفية شبة المالحة | ?? | ?? |

## مصادر المياه الجوفية في مصر:






## التحديات التي تواجه إدارة موارد المياه الجوفية في المناطق الجافة:

التحدي الرئيسي لإدارة موارد المياه الجوفية هو الموازنة بين الموارد المائية المتاحة (من حيث الكم والنوع ) وبين الطلبات المتزايدة على المياه ومستخدمي الأراضي للمحافظة على المصدر من التهور وضمان استمرارية المصدر والتنمية القائمة.

يتطلب ذلك وضع إستراتيجيات مستقبلية لإدارة المياه الجوفية وتقليل الضغط على الخزانات المستنزفة .

تتضمن إستراتيجيات إدارة المياه الجوفية توفير كميات مياه إضافية من خلال عدة وسائل مثل:

- إعادة استخدام مياه الصرف المعالجة.
- تحلية المياه شبه المالحة.
- الشحن الاصطناعي للخزانات الجوفية.

## الشحن الاصطناعي:

- يمكن استخدام الخزانات الجوفية لتخزين المياه من خلال تطبيق الشحن الاصطناعي، بالإضافة إلى أن سريان المياه تحت الأرضية خلال طبقات الأرض الجيولوجية يؤدي إلى تحسين نوعية المياه من خلال العمليات الهيدروكيميائية.
- تنقسم تقنيات الشحن الاصطناعي إلى:
- الشحن السطحي (غير المباشر): من خلال النطاق غير المشبع باستخدام : أحواض الشحن – قنوات مائية.
- الشحن العميق (المباشر): الشحن مباشرة إلى النطاق المشبع بواسطة الآبار الجوفية.
- الشحن الاصطناعي للمياه الجوفية وإعادة الاستخدام مهمان للسياسة المائية في مصر للحفاظ على المياه وبالأخص مياه الصرف الصحي المعالجة بشحنها للخزان لمواجهة ظاهرة تداخل المياه المالحة.

## الشحن الاصطناعي غير المقنن في مصر :

أمثلة على الشحن الاصطناعي غير المقنن في مصر:
مشروعات الاستصلاح على المياه السطحية في منطقة الحواف الغربية من الدلتا بين عامي 1960 إلى 1990 أدت إلى رفع منسوب المياه الجوفية 15 متراً تقريباً.

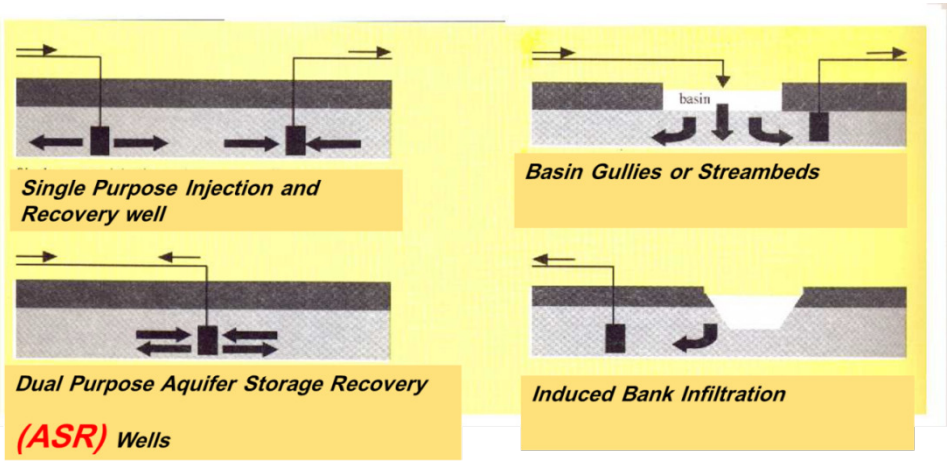
التسرب من ترعة الإسماعيلية في الحواف الشرقية من الدلتا يمثل نموذجاً على الشحن الاصطناعي غير المقنن.

وقد بدأت مشاريع الري واسعة النطاق خلال فترة الستينيات والسبعينيات نتيجة لبناء السد العالي، مما يتيح التوسع في الأراضي الزراعية من الأجزاء الوسطى من وادي النيل والدلتا لأطرافهما.

## الشحن الاصطناعي المقنن في مصر:

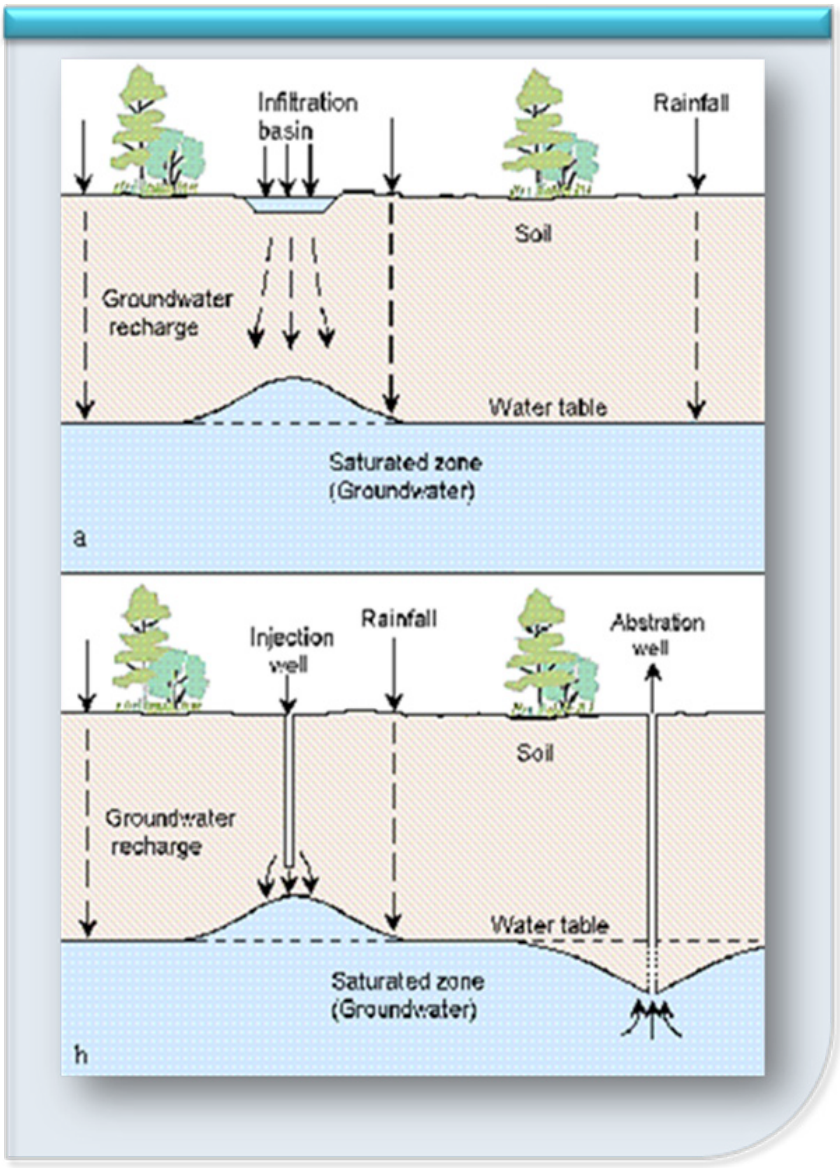
- أهداف الشحن الاصطناعي المقنن تطبق عموماً لتلبية واحد أو أكثر من الأهداف التالية:
- تخزين المياه، يهدف إلى تحسين إدارة المياه حيث توافر المياه في وقت ما قد لا يتزامن مع طلب الماء في وقت آخر.
- مقاومة ظاهرة تداخل مياه البحر المالحة مثل ما يحدث على طول السواحل .
- تحسين نوعية المياه بسبب قدرة التربة تحت السطحية على التنقية (إعادة استخدام مياه الصرف الصحي).
- استعادة منسوب المياه الجوفية في الخزانات الجوفية المستنفذة (الناضبة).

## رسم تخطيطي للشحن الاصطناعي:




## ما هو نظام الحقن الاصطناعي (ASR) :

لا تزال أحواض إعادة الشحن تعتبر الطريقة الأكثر شيوعاً لإعادة شحن الخزان الجوفي وهي توفر أداة ممتازة لتخطيط الموارد المائية ومع ذلك، وبسبب ارتفاع تكلفة الأراضي في بعض المناطق الحضرية، فقد أدى ذلك لتطوير حقن الآبار في النطاق غير المشبع بالمنطقة (Zone Vadose).

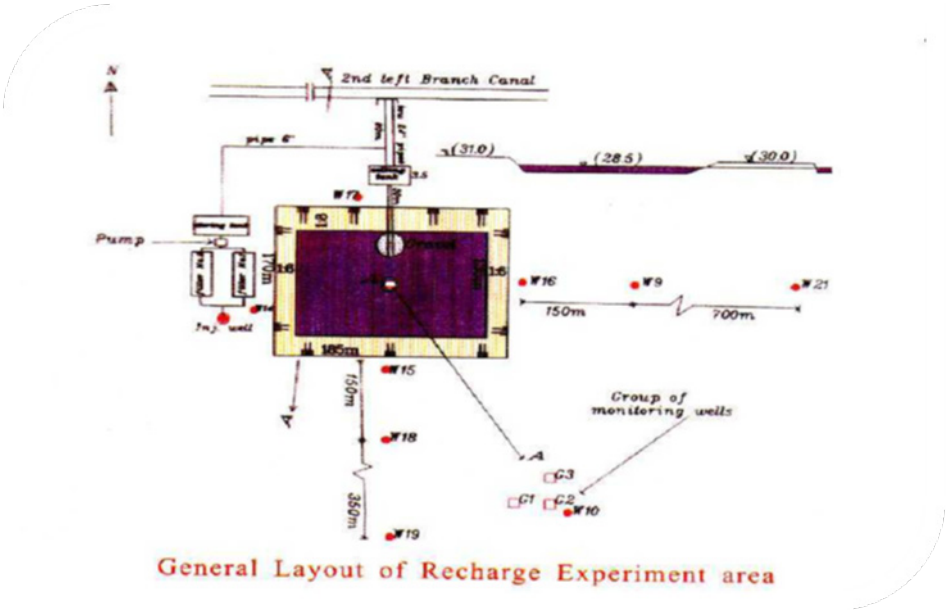



## الشحن الاصطناعي المقنن في مصر:

- وقد تم تطبيق الشحن الاصطناعي المقنن في مصر أثناء فترة الجفاف، وذلك في نهاية فترة الثمانينيات. بينما قام معهد بحوث المياه الجوفية بتنفيذ ثلاث تجارب خلال فترة التسعينيات لدراسة جدوى هذه التقنية للمساهمة في الإدارة البيئية لموارد المياه الجوفية في مصر.
- وكجزء من الإدارة البيئية لموارد المياه الجوفية (الصندوق المصري – الهولندي)، قامت مصر بعمل برنامج لدراسة جدوى تغذية الخزان عن طريق الشحن الاصطناعي لزيادة مخزون المياه الجوفية.
- مناطق التجارب هي: البُستان و بهيج ومنطقة توشكي، من خلال استخدام مياه الفيضان للشحن.

تجارب الشحن عن طريق الأحواض في منطقة امتداد البُستان:

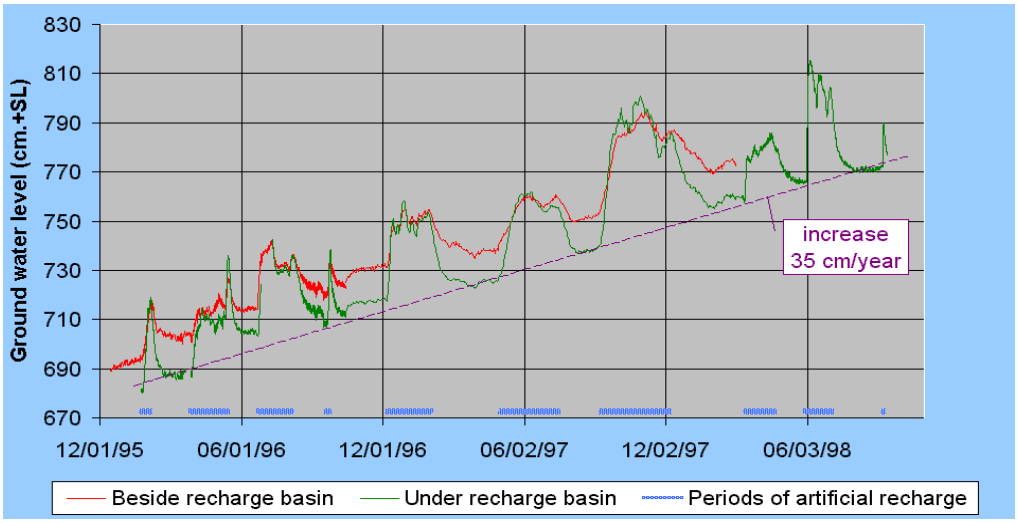
تم اختيار موقع الحوض بناءً على دراسات إقليمية سواءً بالحفر أو بعمل دراسة جيوفيزيقية كهربية (تم عمل 7 جسات حفر و 23 جسة جيوكهربية عميق)، وتم عمل دراسات موقعية مُكثفة في مساحة 2 كم$^2$ (عمل عدد 6 جسات حفر إضافية و 15 جسة جيوكهربية عميقة أخرى).

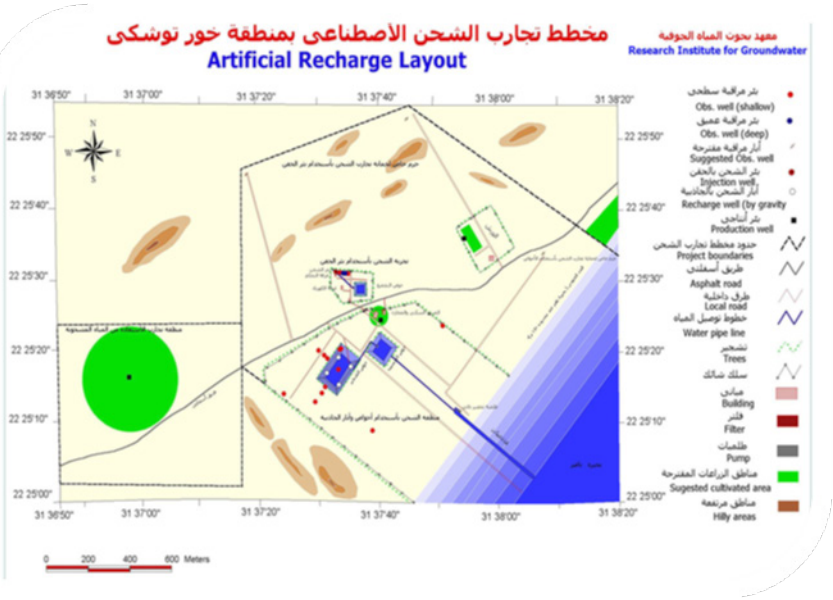



General Layout of Recharge Experiment area

## تجربة الشحن في منطقة البُستان:

التغير في منسوب المياه الجوفية في الفترة بين عامي 1996 إلى 1998

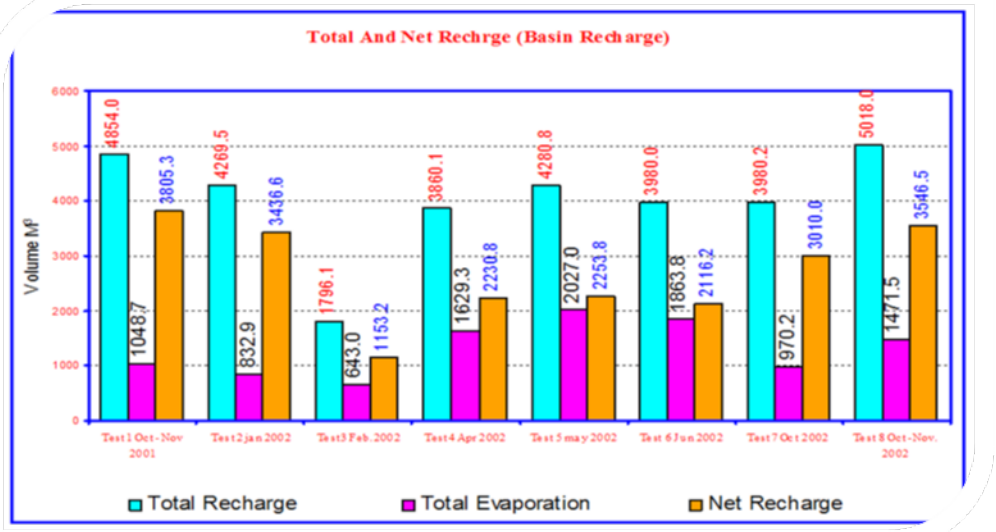




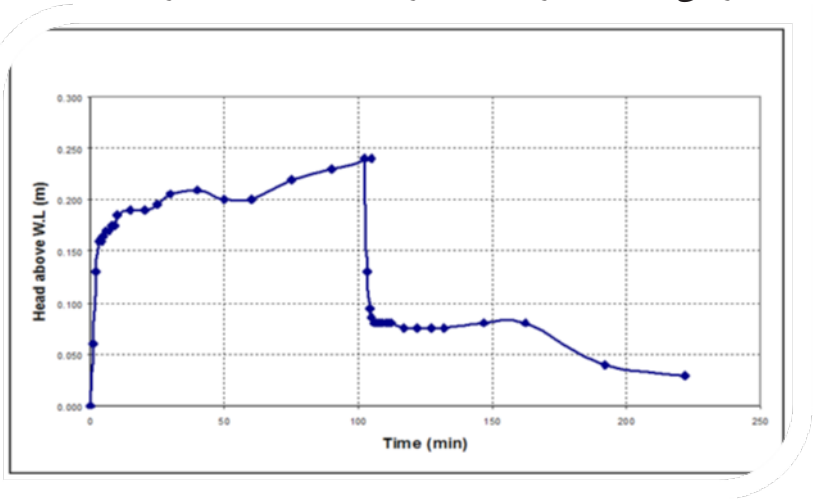

## المشروع التجريبي لشحن الخزان الجوفي بفائض مياه الفيضان جنوب خور توشكي:

يتم تنفيذ أكبر مشروع استصلاح زراعي في مصر بمنطقة توشكي. وقد كان الغرض من عمل شحن اصطناعي للخزان بجزء من فائض مياه الفيضان قبل أن تصب في منخفض توشكي لمعرفة الآتي:

- التعرف على أكثر الطرق المناسبة لعمل شحن اصطناعي للخزان الجوفي بمنطقة توشكي (أحواض شحن، آبار حقن أو آبار شحن بالجاذبية).
- تحديد الجدوى الفنية والاقتصادية اللازمة لتطبيق هذا المشروع في منطقة توشكي عموماً.



منحنى يوضح زيادة منسوب المياه الجوفية وانخفاضه بعد توقف عملية الشحن




## إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة:

### تاريخ إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المُعالجة:

1. إعادة استخدام مياه الصرف بعد عمل مُعالجة أولية لها، وتم ذلك في مجال الزراعة منذ عام 1911م (مزرعة الجبل الأصفر بمساحة 3000 فدان).
2. ولكن المشاريع المنظمة ذات النطاق الواسع في إعادة استخدام المياه فإنها محدودة إلى الآن.
3. مشاريع على مستوى كبير (167 ألف فدان):
   - شرق القاهرة ـ الجبل الأصفر.
   - غرب القاهرة ـ أبو رواش.
   - حواف المجتمعات العمرانية ـ مدينة السادات.
   - حواف الأقصر.
   - حواف الإسماعيلية.
4. وفي الوقت الحالي فإن مياه الصرف الصحي التي يتم صرفها في المصارف الزراعية فإنها في الواقع يتم استخدامها بطريقة أو أخرى.

## مصادر ومعدلات التغذية لأحواض المياه الجوفية في جمهورية مصر العربية:

**تاريخ إعادة استخدام المياه المُعالجة في المُدن الرئيسية** Treated Sewage Effluent (TSE)

| City | Treated Wastewater Production (Billion m3/y) | | |
|---|---|---|---|
| | 2000 | 2009 | 2017 |
| Cairo | 1.40 | 1.50 | 1.70 |
| Alexandria | 0.60 | 0.63 | 0.75 |
| Other areas | 1.60 | 1.80 | 2.6 |
| Total | 3.60 | 3.93 | 5.05 |

## الحاجة إلى إعادة استخدام مياه الصرف المُعالجة:

1. مُعالجة مياه الصرف الصحي وإعادة استخدامها هي أدوات فعالة في التحكم بالتلوث البيئي.
2. تساعد على تحسين نوعية المياه في نهر النيل وقنوات الري.
3. تقلل من المخاطر الصحية.
4. الحفاظ على القيمة الاقتصادية والاجتماعية لمنطقة البحيرات الشمالية والبحر المتوسط.
5. معالجة آمنة ومنخفضة التكاليف.
6. أسمدة لإنتاج المحاصيل الزراعية.

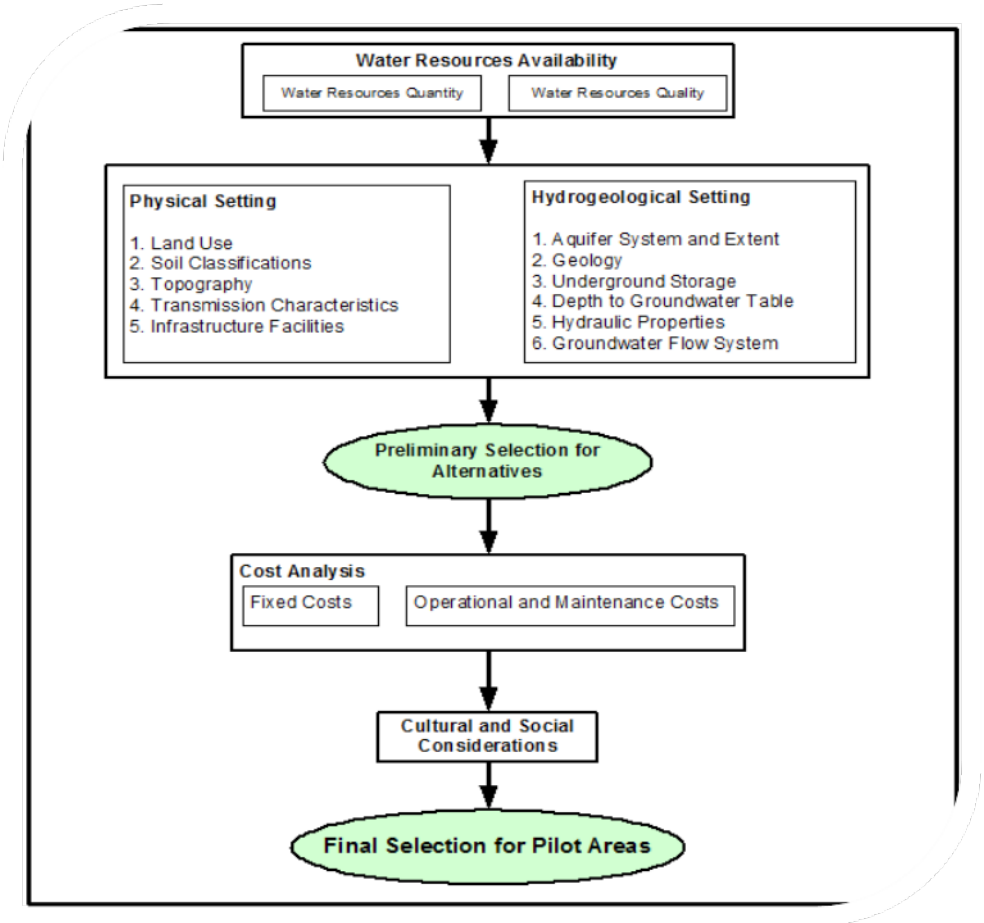
## الشحن الاصطناعي باستخدام مياه الصرف المُعالجة في مصر:

- نتيجة لمشروعات الاستصلاح الواسعة في مصر، فإن استخدام مصادر المياه غير التقليدية قد أصبح أحد الموارد الهامة للمياه من أجل حل مشكلة الزراعة والري في بعض المناطق. وبالنسبة لمياه الصرف الصحي المعالج فإنها يمكن أن تستخدم بطريقة مباشرة (الزراعات القائمة) أو في الشحن الاصطناعي.

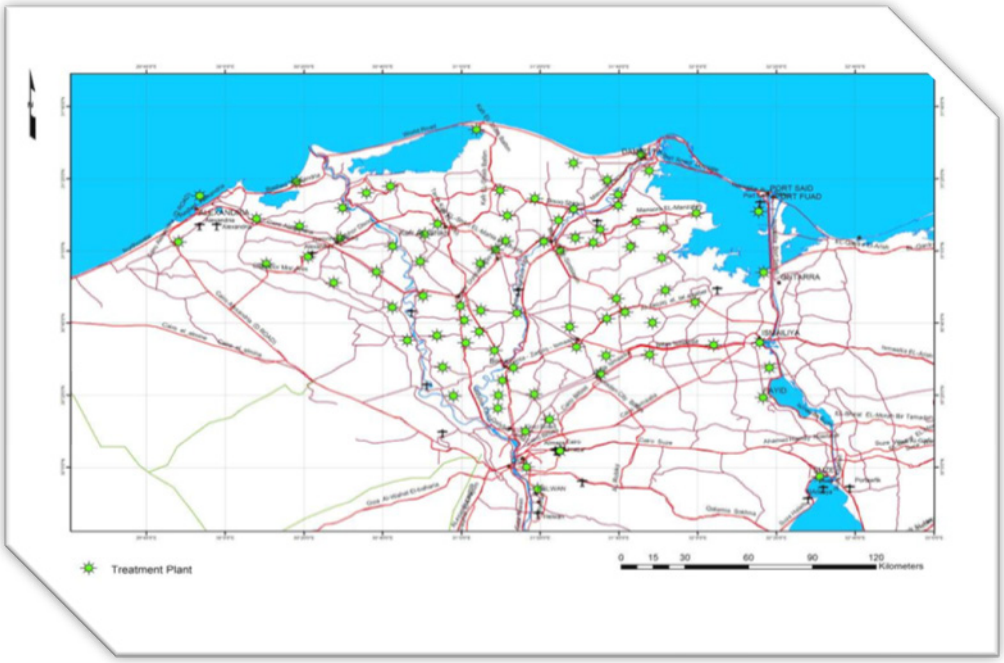
## استخدام مياه الصرف الصحي في الزراعة:

- الزراعة القائمة على استخدام مياه الصرف استخدمت لفترة طويلة في مزرعة الجبل الأصفر. وقد تم عمل تقييم لتلوث المياه الجوفية داخل وحول حدود المزرعة، وذلك بالاعتماد على حصر البيانات المختلفة.
- وفي عام 1996، تم تحديد الأثر البيئي للري بمياه الصرف على المياه الجوفية وذلك باستخدام ICID كقائمة مرجعية.

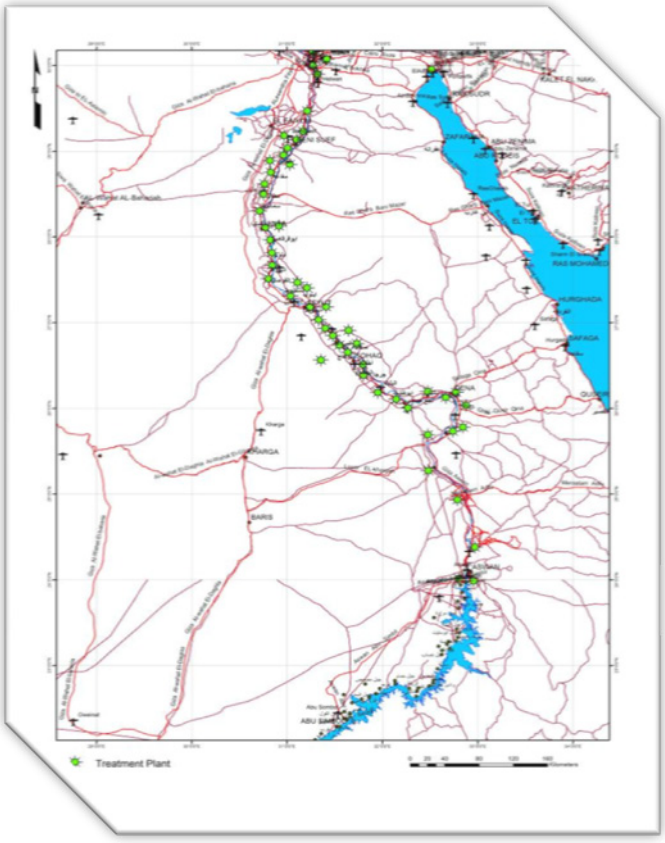
رسم توضيحي لعملية الاختيار بالمناطق المُستهدفة:




خريطة مواقع محطات معالجة مياه الصرف الصحي بمنطقة الدلتا:



خريطة مواقع محطات معالجة مياه الصرف الصحي بمنطقة وادي النيل:




الخصائص الرئيسية لأسس إعادة شحن الخزانات الجوفية:

| Parameter | Recharge Basin | Vadose Zone Injection Wells | Direct Injection Wells |
|---|---|---|---|
| Aquifer Type | Unconfined | Unconfined | Confined/ Unconfined |
| Pre-Treatment Requirements | Low Technology | Removal of Solids | High Technology |
| Capacity | 1000-20،000 $m^3$/ ha/day | 1000-3000 $m^3$/ well/day | 2000-6000 $m^3$/ well/day |
| Maintenance Requirements | Drying and Scraping | Drying and Disinfection | Disinfection and Flow Recovery |
| Soil-Aquifer Treatment | Vadose Zone and Saturated Zone | Vadose Zone and Saturated Zone | Saturated Zone |

معاملات معايير الترجيح في اختيار الطرق المختلفة للشحن الاصطناعي بالمواقع:

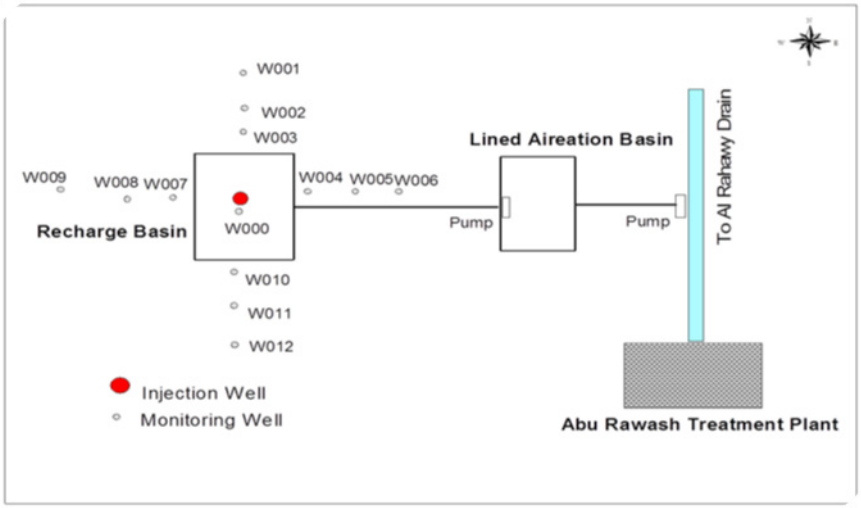
| | Criteria | Classes | Weights |
|---|---|---|---|
| 1 | Water | Water is available | 1 |
| | | Water is not available | 0 |
| 2 | Geology | Alluvial deposits (sand، gravel) | 3 |
| | | Alluvial deposits (shale، clay) | 1 |
| | | Sandstone | 1 |
| | | Limestone | 0 |
| | | Hard Rock | 0 |
| 3 | Geomorphology | Lower alluvial plain | 3 |
| | | Flood plains and alluvial fill | 3 |
| | | Upper undulating alluvial plain | 3 |
| | | Gently to moderately sloping land interspersed with mounds and valleys | 2 |
| | | Moderate to strongly sloping land interspersed with isolated hills | 1 |
| | | Rock outcrops | 1 |
| 4 | Soil | Gravel | 4 |
| | | Sand | 3 |
| | | Silt | 2 |
| | | Clay | 1 |
| 5 | Depth to Groundwater | 0 – 5 m | 1 |
| | | 5 – 10 m | 2 |
| | | 10 – 20 m | 3 |
| | | >20 m | 4 |
| 6 | Recharge | 25 – 35 mm/day | 3 |
| | | 25 – 15 mm/day | 2 |
| | | 0 – 15 mm/day | 1 |

## الشحن الاصطناعي في مصر وتطبيق معالجة التربة للخزان:

Soil Aquifer Treatment (SAT)

1. إعادة شحن الخزان باستخدام مياه الصرف المعالجة هي أداة جديدة يمكن تطبيقها في مصر لاستخدام مياه الصرف الصحي بطريقة آمنة أكثر مقارنة بالاستخدام المباشر في الزراعة. ومن خلال التربة (النطاق غير المشبع)، فإنه يتم إضافة مرحلة أخرى من معالجة مياه الصرف من خلال إزالة نسبة كبيرة من الكائنات البيولوجية وتقليل نسبة تركيز بعض المركبات الكيميائية.
2. ومن خلال النشاطات البحثية لمعهد بحوث المياه الجوفية (RIGW)، فقد تم عمل دراسة لمعرفة إمكانات وتأثير الشحن الاصطناعي بمياه الصرف الصحي المعالجة على الخزان في منطقة أبو رواش.

## التصميم العام لحوض الشحن الاصطناعي بمياه الصرف المُعالجة في منطقة أبو رواش:




### Identification of Optimum Recharge Cycle:

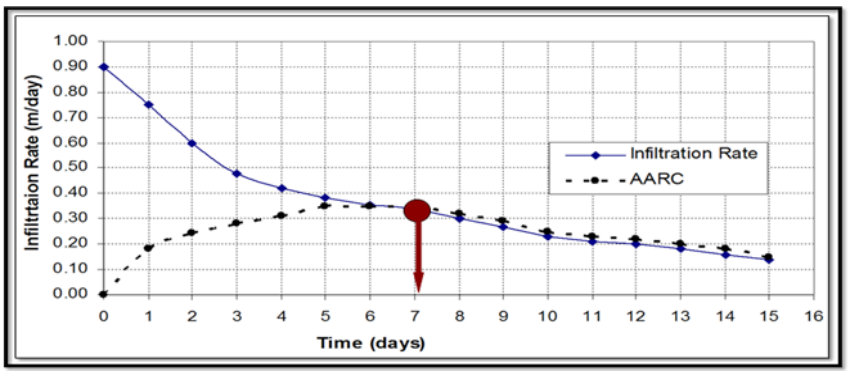
To identify the optimum recharge cycle, the Accumulative Average Recharge Cycle Method was used. The method is used to calculate for each periodic measurement of recharge rate, a value representing the average total recharged volume over the entire to date recharge cycle including a required drying period using the following equation:

$$V_t = \sum_{n=1}^{t} \left[ \frac{Q_n x \Delta t}{t + d} \right] \qquad (4)$$

where $V_t$ represents the total average daily recharge at the start of draying cycle at time t, $Q_n$ is the periodic measured recharge rate, $\Delta t$ is the duration of measurement period and d is the length of drying period. The optimum drying point occurs at maximum $V_t$. Figure 10 shows the plot of infiltration rate and AARC with time. From this graphs it is concluded that the optimal operating cycle for enhancing the daily recharge rate and restoring the infiltration rate after drying period is 6 days wet and 7 days dry.

### Calculated infiltration rate and AARC:

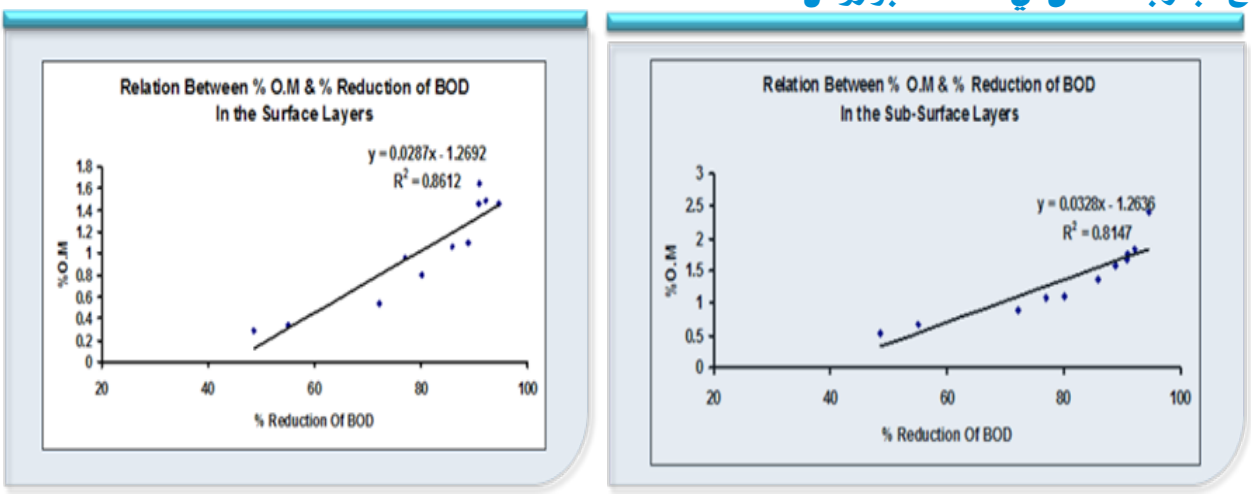
The figure shows the plot of infiltration rate and AARC with time. From this graphs it is concluded that the optimal operating cycle for enhancing the daily recharge rate and restoring the infiltration rate after drying period is 6days wet and 7 days dry.




### Role of Aquifer-Soil in Treatment (AST)

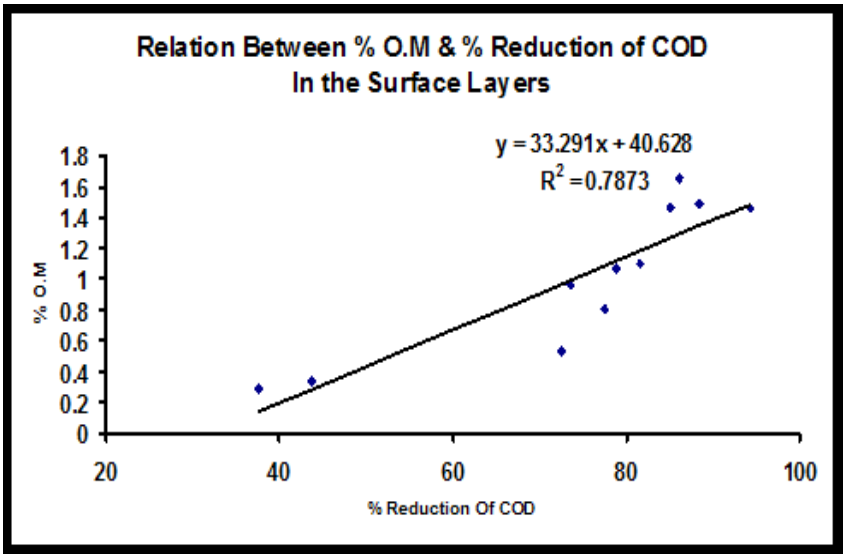
- إن الشحن الاصطناعي باستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة يعتمد على تبادل التأثير من التربة إلى المياه ومن المياه إلى التربة. هذه الآثار المتبادلة تلعب دوراً مهماً جداً في عملية تنقية المياه الملوثة التي يتم شحنها في الخزان.
- إن المحتوى العضوي في مياه الصرف الصحي يمكن التعبير عنه بتركيز محتوى الأوكسجين الحيوي (BOD) والأوكسجين الكيميائي (COD) في المياه، وهي تعتبر المشكلة الرئيسية والملوث الأساسي في مياه الشحن. هذا المحتوى العضوي البيولوجي يسبب ما يلي:
- يزيد من المواد العضوية في التربة.
- يقلل من معدل إمرار التربة للمياه مع الوقت.

## نتائج تجارب الشحن في منطقة أبو رواش:

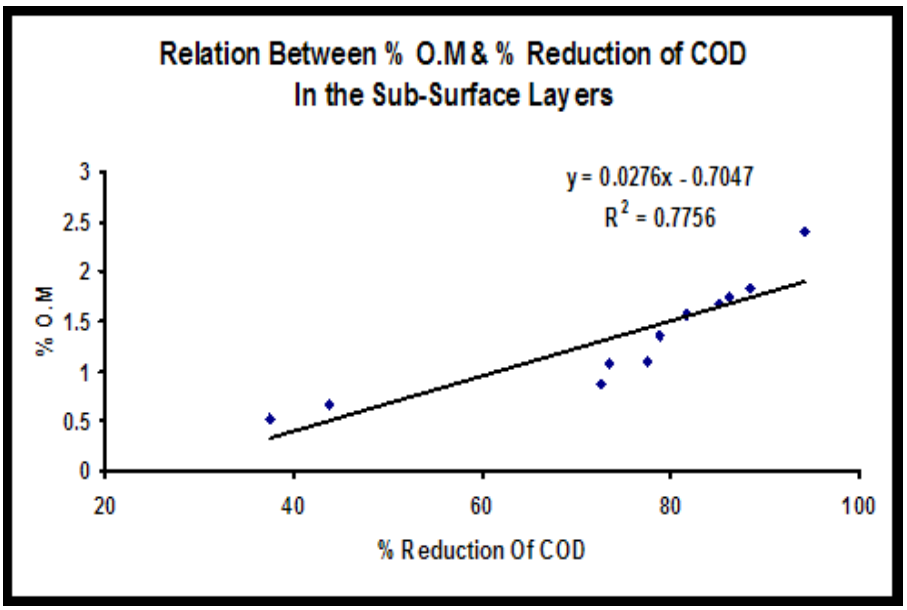



إن النسبة المئوية للمحتوى العضوي في التربة السطحية وتحت السطحية قد تم دراستها، بالإضافة إلى تحديد محتوى الأوكسجين الحيوي (BOD) في مياه الصرف أثناء عملية شحن مياه الصرف الصحي في المياه الجوفية والتي امتدت لفترة عام. وقد تم تجميع عينات المياه شهرياً وأعطت النتائج الممثلة في الأشكال التالية.

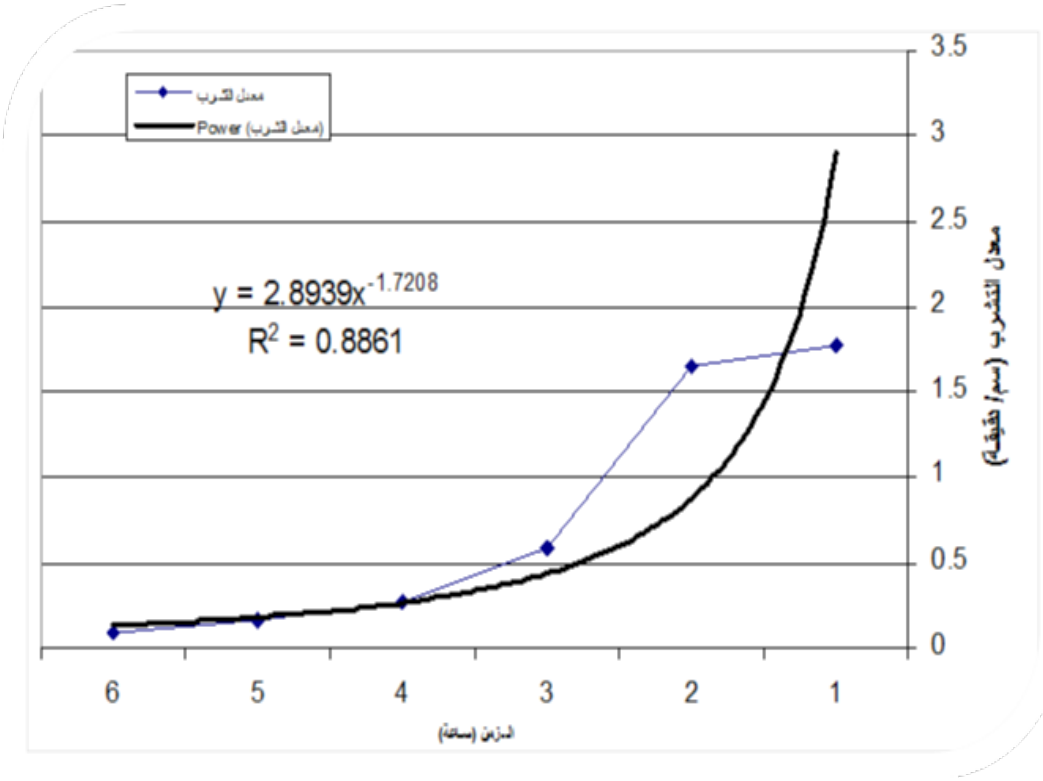
The linear correlation between the reduction of COD and organic matter in the surface layers




The linear correlation between the reduction of COD and organic matter in the sub-surface layers




النتائج أثبتت أن التربة قد لعبت دوراً مهماً في معالجة مياه الصرف الصحي. وتم التوصل إلى أن التربة قد منعت مركبات عضوية من المرور خلالها إلى المياه الجوفية في الخزان.

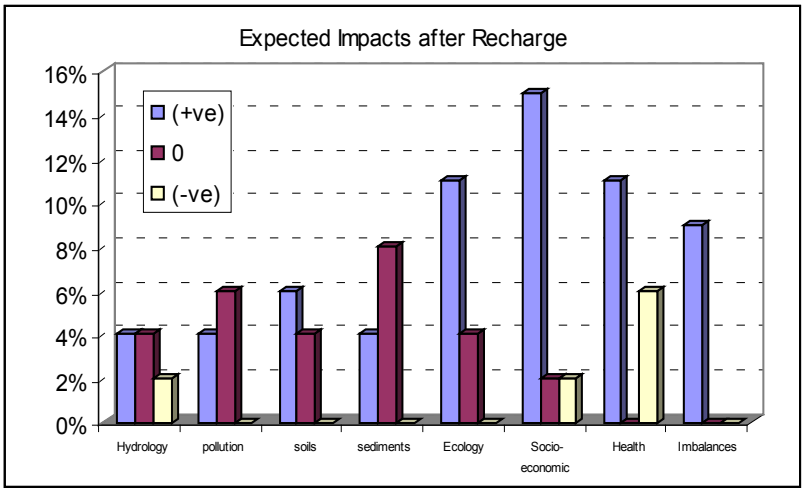


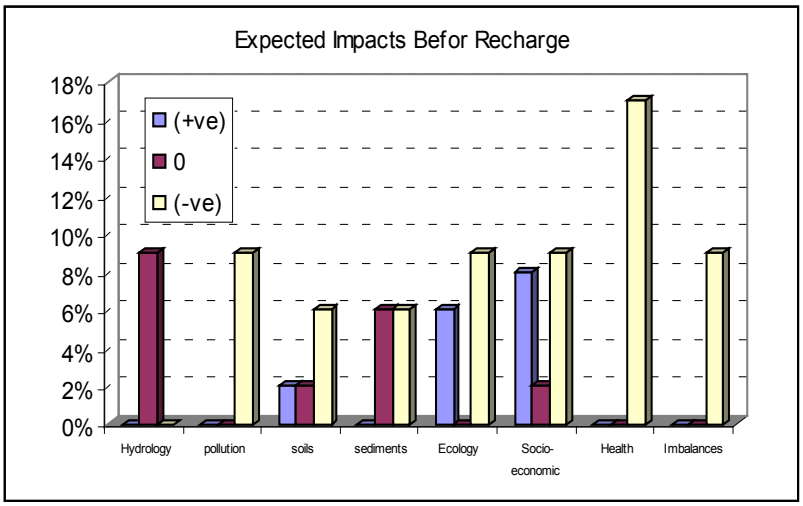
**التقييم البيئي EIA لنتائج تطبيق تجربة الشحن**

Application of ICID check list can be an efficient tool in performing such steps. The check list is used to collect and present extensive knowledge and information about the project in the straight forward way.

تم تطبيق إحدى طرق التقييم البيئي- ICID check list لدراسة الآثار السلبية والإيجابية قبل وبعد تطبيق تجربة الشحن الاصطناعي باستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة بمنطقة الدراسة وأوضحت النتائج أن:

- الآثار السلبية قبل وبعد التجربة هي 66 % و 9 %على التوالي.
- الآثار الإيجابية قبل وبعد التجربة هي 15 % و 64 % على التوالي.




## الخلاصة والتوصيات:

1. الشحن الاصطناعي يعتبر إحدى الوسائل الهامة لعمل إمداد طبيعي للمياه الجوفية، وتتزايد أهميتها في إدارة موارد المياه الجوفية وخاصة في إعادة استخدام المياه غير الصالحة للشرب.
2. إعادة شحن الخزانات ذات العوامل الهيدروليكية الثابتة أدى إلى زيادة معدل الشحن بنسبة 40 %، وفي حالة استخدام مياه الصرف الصحي سابقة التجهيز، فقد قامت التربة بإزالة وتقليل الملوثات نتيجة لحدوث تغيرات في الخصائص الكيميائية والفيزيائية للمياه.
3. هناك العديد من مصادر المياه المتاحة لتطبيق الشحن الاصطناعي بها، ولكن في السنوات الحالية، فإن استخدام مصادر المياه غير التقليدية مثل مياه الصرف الصحي المعالجة قد حازت على الكثير من الانتباه.
4. إن استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في مجال الشحن الاصطناعي تمثل أفقاً عريضاً في مجال التحديات الفنية والصحية.

5- مسببات الأمراض والمركبات الكيميائية تعتبر من مصادر القلق في شحن المياه الجوفية وخصوصاً في الخزانات الجوفية التي تستخدم مياهها في الاستخدام المنزلي.

6- الحاجة للحصول على معلومات محددة عن مدى إزالة التلوث بواسطة التربة والتكوينات الجيولوجية، وعلى مصير الملوثات خلال شحن المياه الجوفية، قد تم التعرف عليها ودراستها على نطاق واسع.

7- استخدام قائمة ICID هي تصميم بسيط جداً يعطي نظرة عامة عن التأثيرات ويقيم وجود نقص أو خلل في الإجراءات والبيانات بصورة واضحة.

8- يمكن عمل نظام حماية من امتداد وانتشار الملوثات في الشحن الاصطناعي عن طريق عمل نظام سحب مصمم جيداً لمياه الصرف المعالجة. كما أنه من الأهمية بمكان عمل نظام شبكة مراقبة لتقييم تأثير عملية الشحن على المياه الجوفية من حيث الكمية والنوعية.

9- يوصى بعمل دراسة تفصيلية شاملة لمعرفة تأثير غسيل التربة بالمياه النقية أو إضافة بعض الكيماويات في أحواض الشحن لزيادة معدل إزالة الملوثات.

# تعظيم الاستفادة من مياه السيول للحد من استنزاف الخزانات الجوفية

**الدكتور/ جمال إبراهيم محمد قطب**

بسم الله الرحمن الرحيم

(وَأَنْزَلْنَا مِنَ السَّمَاءِ مَاءً بِقَدَرٍ فَأَسْكَنَّاهُ فِي الْأَرْضِ وَإِنَّا عَلَى ذَهَابٍ بِهِ لَقَادِرُونَ) [المؤمنون: 18]

صدق الله العظيم

## مردود تعظيم الاستفادة من شحن مياه السيول جوفياً:

### المردود الاقتصادي:

تغذية الخزانات الجوفية السطحية يؤدي إلى تقليل نقل المياه أو الاحتياج إلى تحلية مياه البحر ذات التكلفة الاقتصادية العالية.

### المردود الاجتماعي:

الاستقرار الاجتماعي واستدامة سياسة التوطين للبدو وذلك من خلال تنمية الأنشطة الرعوية القائمة على حصاد مياه السيول واستغلال المياه الجوفية السطحية داخل الأودية.

### المردود البيئي:

تقليل التأثير البيئي لمخلفات محطات التحلية ـ التقليل من حدة الكوارث الناجمة من السيول نتيجة التغيرات المناخية.

## حصاد مياه السيول وشحن المياه داخل الأرض:

في مواقع حصاد مياه السيول تتسرب بعض المياه إلى داخل التربة والصخور تحت السطح. وتتوقف الكمية المتسربة على خصائص التربة، ويمكن أن يتسرب بعض من هذه المياه إلى مسافات أعمق لتغذية الخزانات الجوفية. وإذا كانت هذه الخزانات المائية ضحلة أو مسامية بما فيه الكفاية لا تسمح للماء بالتحرك بسهولة من خلالها فإنه يمكن للناس حفر الآبار، واستخدام الماء في أغراضهم الخاصة.

## تحديد أنسب المواقع لشحن مياه السيول جوفياً:

يوصى باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والصور الفضائية والنماذج الهيدرولوجية لتقدير تصرفات وكميات الجريان السطحي وكميات المياه المتسربة إلى داخل الأرض. بالإضافة إلى ذلك يوصى بعمل جسات جيوفيزيقية لتحديد التتابع الطبقي للتربة والصخور بالمنطقة مع تحديد الطبقة الحاملة للمياه إن وجدت، ويمكن إجراء تجربة الرشح لتحديد نفاذية الطبقة السطحية للتربة، ولتدقيق جميع هذه البيانات يوصى بحفر آبار بالموقع، ويمكن استخدامها لاحقاً كآبار رصد لحركة المياه قبل وبعد السيل.

## اختيار مواقع الحفائر التخزينية ( البحيرات الصناعية):

عند إنشاء حفائر تخزينية يتم اختيارها بعناية فائقة بعد دراسة الظروف المناخية والطبوغرافية والهيدرولوجية والهيدروجيولوجية والبيئية لتعظيم الاستفادة من مياه الأمطار والسيول، يجب في هذه الحالة دراسة تأثير الظروف المناخية القاسية التي تسود المنطقة أو الاستفادة من المياه المحتجزة بحقنها من خلال آبار تغذية اصطناعية تحفر داخل الحفائر، حيث إنه من المعلوم إن مشكلة تخزين المياه في بحيرات سطحية تجعلها عرضة للفقد نتيجة التبخر خصوصاً في فصل الصيف، حيث ترتفع درجة الحرارة وتصبح معدلات التبخر أعلى كثيراً من معدلات الترشيح الطبيعية، لذا فإن زيادة معدلات الترشيح الطبيعي باستخدام التغذية الاصطناعية سوف يجعل الماء ينساب داخل الطبقات و يحافظ عليه من الفقد نتيجة التبخر.

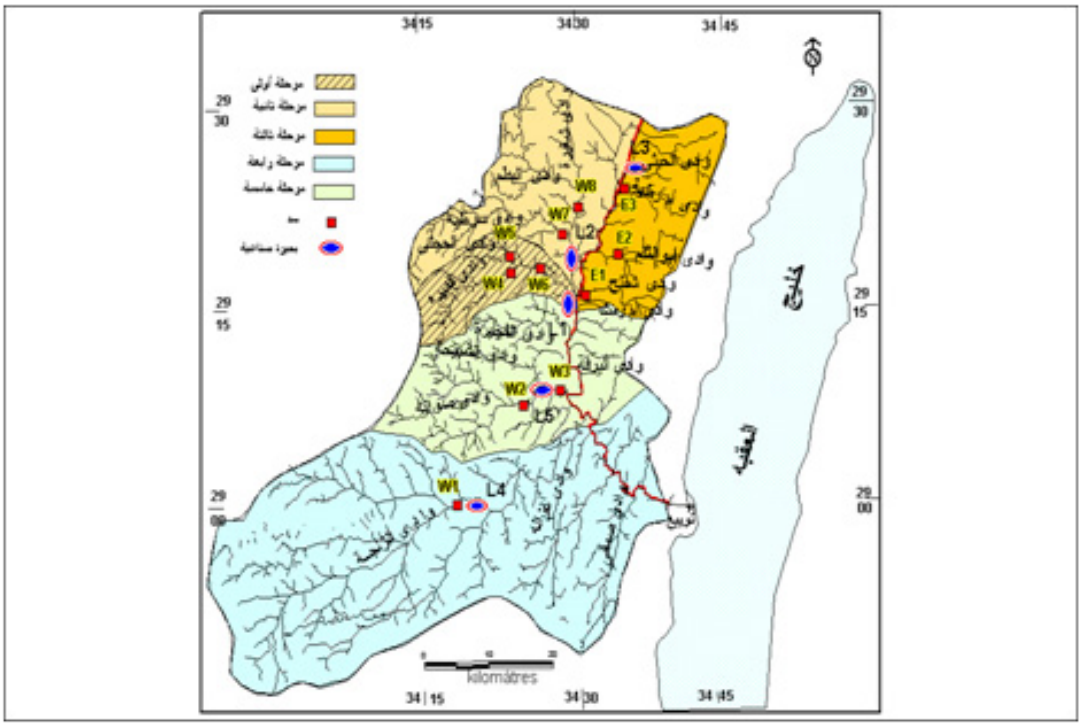
## أفضلية الخزانات الجوفية على الخزانات السطحية:

نعلم إن تخزين المياه في الخزانات الجوفية غير المشبعة في المناطق الجافة وشبه الجافة ذو جدوى اقتصادية أفضل بكثير من تخزين المياه في خزانات سطحية للعديد من الأسباب منها المحافظة عليها من التبخر بالإضافة إلى التكلفة المنخفضة للتخزين داخل الخزانات الجوفية.

لهذه الأسباب تم اختيار مواقع البحيرات في مناطق دلتا الأودية حيث يزداد سمك الطبقة الرسوبية التي تمتاز بالمسامية (كمية الفراغات المفتوحة في المادة) والنفاذية (سهولة تحرك المياه أو صعوبته) العالية وبالتالي بتسرب جزء من مياه السيول التي يتم حصادها إلى جوف الأرض لتصبح مياهاً جوفية.

## حصاد مياه السيول:

## داخل بعض مجاري السيول الصناعية:

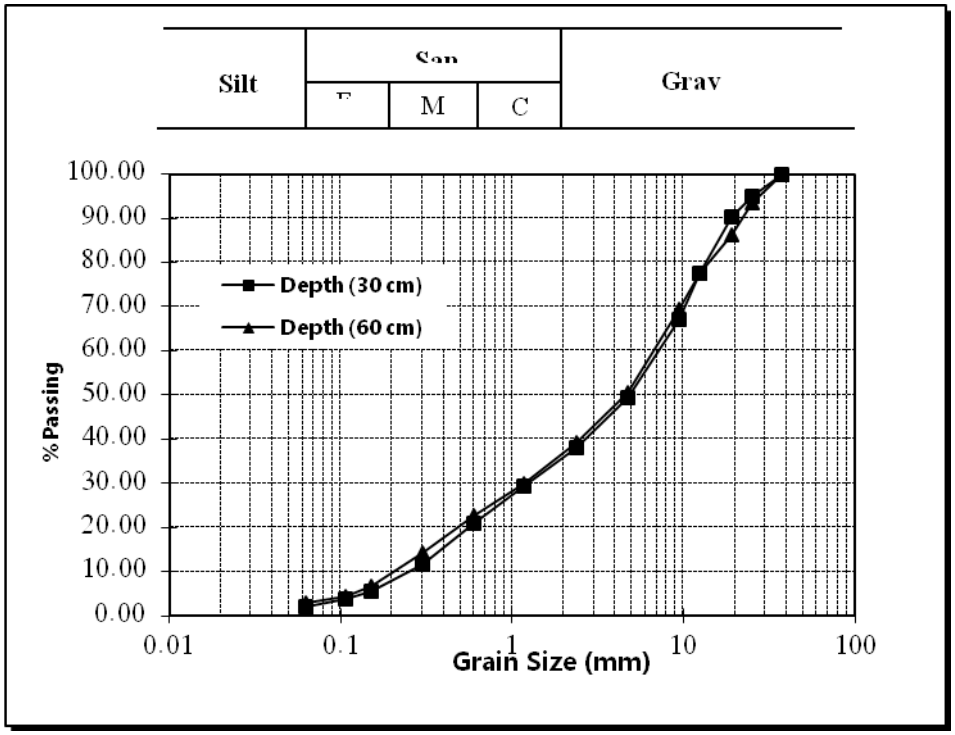



مشروع تعظيم الاستفادة من مياه السيول
بوادي وتير بجنوب سيناء

## نتائج اختبار الرشح:

## The Results of Infiltration test and $D_{50}$ for Wadi Watier

| Name | Center of the Wadis | | | Side of the Wadis | | | Soil Type |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Infiltration rate (mm/ hr) | $D_{50}$ At depth 30 cm | $D_{50}$ At depth 60 cm | Infiltration rate (mm/ hr) | $D_{50}$ At depth 30 cm | $D_{50}$ At depth 60 cm | |
| Zalaga | 12156 | 6.0 | 5.50 | 1928 | 5.75 | 1.30 | gravely sand to sandy gravel |
| El Shafalla | 2483 | 2.80 | 0.90 | 526 | 0.70 | 8.50 | |
| Sawana | 9952 | 1.95 | 9.0 | 1000 | 4.50 | 3.00 | |
| El Meretba | 48031 | 5.80 | 2.30 | 1099 | 4.50 | 5.50 | sandy gravel |
| Qadera (1) | 4141 | 0.59 | 2.0 | 658 | 7.50 | 18.50 | gravely sand to sandy gravel |
| El Heithy | 14689 | 5.25 | 7.0 | 1184 | 1.40 | 12.0 | |
| El Butum | 8775 | 8.0 | 2.15 | 668 | 2.00 | 2.50 | |
| El Hagney | 5025 | 2.80 | 5.40 | 3654 | 5.25 | 1.60 | |
| Abuel Thalam | 22229 | 6.60 | 4.0 | 473 | 6.00 | 7.00 | sandy gravel |
| Al Shfalla | 2629 | 8.25 | 6.0 | 1080 | 3.80 | 8.00 | |
| Qadera (2) | 13929 | 2.15 | 8.75 | 836 | 5.50 | 5.00 | sandy gravel (10% silt ) |
| Butum Sortoba | 2082 | 4.65 | 6.0 | 1755 | 4.30 | 7.30 | gravely sand to sandy gravel |



| Depth (30 cm) | |
|---|---|
| % of silt = | 1.94 |
| % of fine sand = | 6.17 |
| % of med. Sand = | 12.85 |
| % of coarse sand = | 14.96 |
| % of Gravel = | 64.08 |
| | |
| $D_{10}$ = | 0.248 |
| $D_{30}$ = | 1.253 |
| $D_{60}$ = | 7.212 |

| Depth (60 cm) | |
|---|---|
| % of silt = | 2.79 |
| % of fine sand = | 7.04 |
| % of med. Sand = | 12.88 |
| % of coarse sand = | 14.26 |
| % of Gravel = | 63.03 |
| | |
| $D_{10}$ = | 0.203 |
| $D_{30}$ = | 1.194 |
| $D_{60}$ = | 6.716 |

**الجسات الجيوفيزيقية** :Geoelectrical cross_section

The investigated reached about70 m depth. It consists of four main geoelectrical layers of different thickness and resistivity values.

The first layer (1.5 – 3 m) comprises high resistivity values which indicate that this unit consists of sands، course gravels and boulders of high porosity.

The second unit of the investigated interval has resistivity values (112 to 533 ohm.m) and thickness of about 25 m. This may be interpreted as sand and gravel with silt.

The third unit is of low resistivity (11 – 20 ohm.m)، which may be interpreted as shale. This layer increases toward the downstream.

The fourth unit reflects resistivity values ranging from 35 to 130 ohm.m and exists beneath VES 1، 2 and 3. This unit can be interpreted as water bearing conglomerates

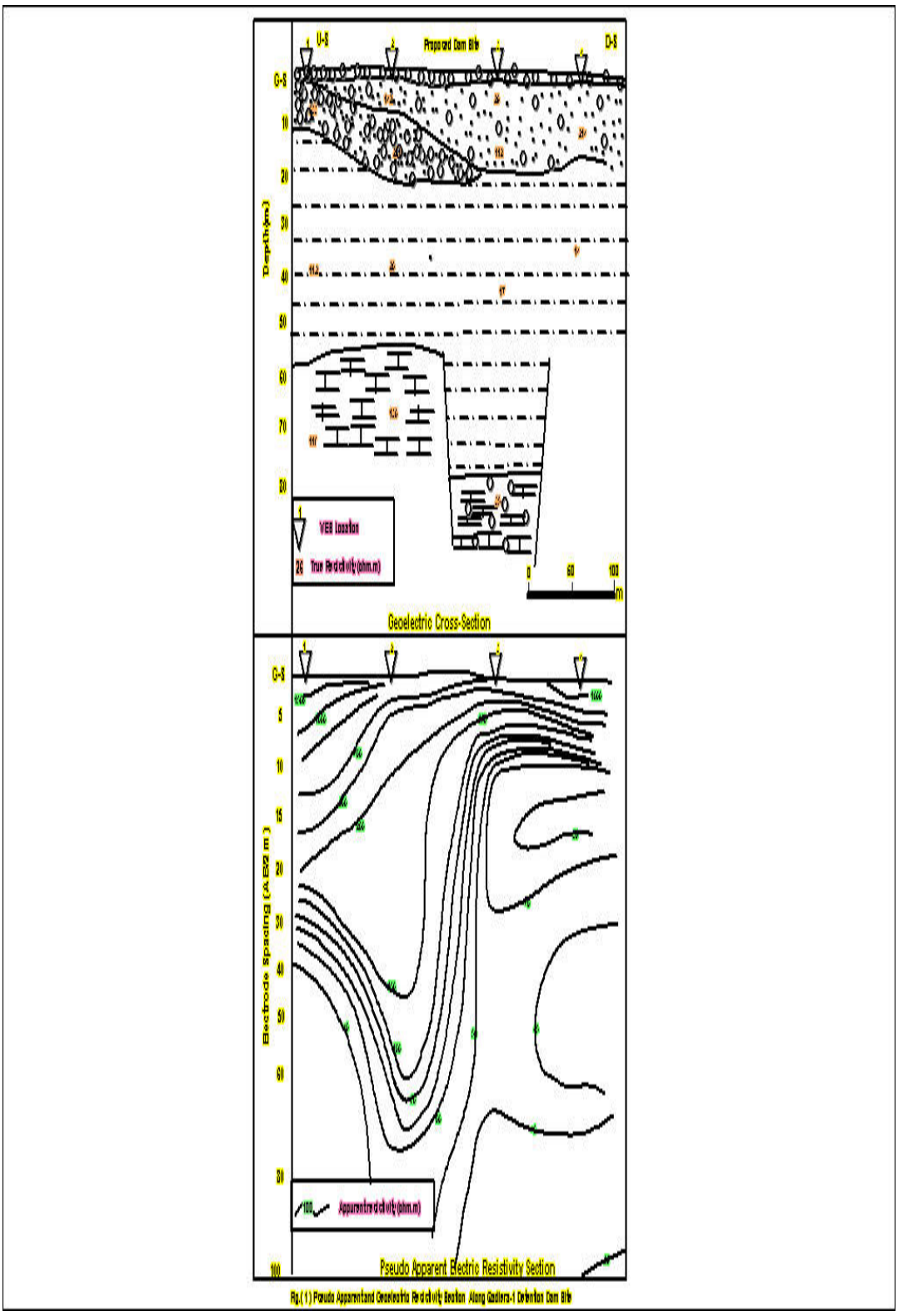



Fig.( 1) Pseudo Apparent and Geoelectric Resistivity Section Along Qadiera-1 Detention Dam Site

- The upper part of the investigated interval at all locations consists of Quaternary and gravely deposits of expected high porosity that allow water to infiltrate downwards.
- The lower part of the investigated interval comprises big thickness. It may be considered as the main water-bearing zone at the in studied areas. This zone accumulates water from rainfall seasonally and can be harvested through drilling wells of depths range from 25 to 50m.

**بحيرة التخزين الصناعية بوادي قديرة:**

- تاريخ الإنشاء 2006.
- أبعاد البحيرة 800.
- 1200متر وعمق المياه 4 أمتار.
- السعة التخزينية 4 ملايين متر مكعب .
- تكاليف الإنشاء = مليون دولار.

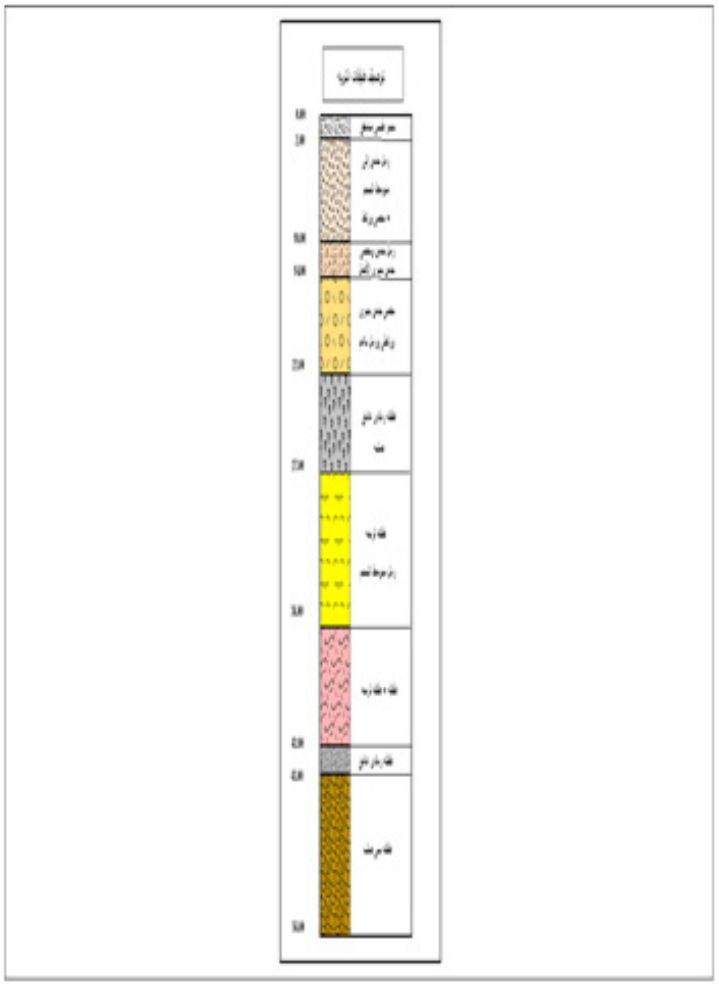
**سيول 17 ـ 18 يناير 2010م :**

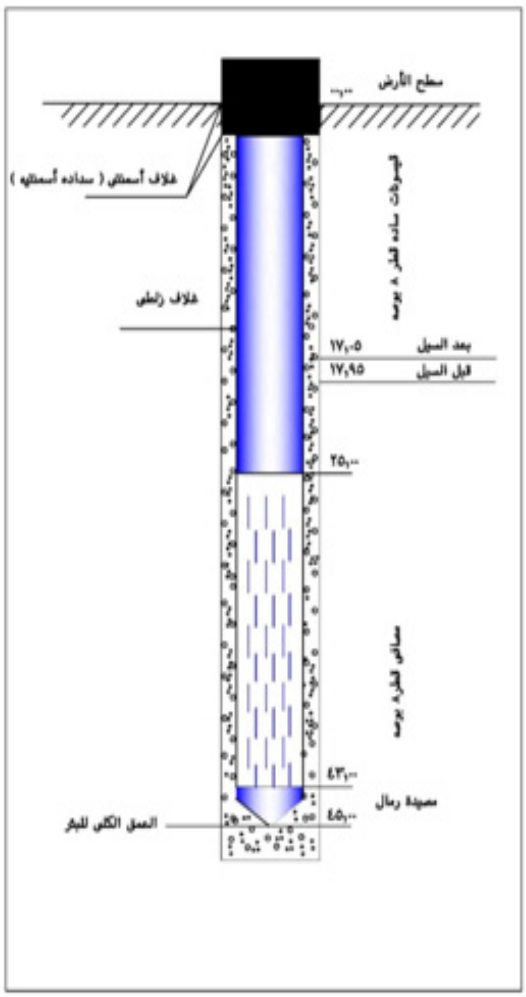
- عمق المياه داخل بحيرة التخزين الصناعية بوادي قديرة 4 أمتار.
- تم حصاد 4 ملايين متر مكعب من مياه السيول داخل البحيرة.
- تكلفة المتر المكعب من المياه المحلاة بالمنطقة = 1 دولار .
- تكلفة المياه المخزونة بالبحيرة = 4 ملايين دولار.
- بناءً على ما سبق فإن تكاليف الإنشاء تم تغطيتها في أول عاصفة.

حفر ثلاث آبار مراقبة داخل بحيرة التخزين الصناعية بوادي قديرة في:

- تاريخ حفر الآبار 28/9/2011 .
- أعماق الآبار 7 ـ 22 ـ 45 متراً.
- تكاليف الإنشاء = 15 ألف دولار.

**توصيف طبقات التربة لبئر وادي قديرة:**






تصميم بئر جوفى بوادى قديره

**عاصفة 1 أكتوبر 2012 :**

- عمق المياه داخل بحيرة التخزين الصناعية بوادي قديرة 60 سم.
- تم حصاد 0.6 ملايين متر مكعب من مياه السيول داخل البحيرة.
- تكلفة المتر المكعب من المياه المحلاة بالمنطقة = 1 دولار.
- تكلفة المياه المخزونة بالبحيرة = 600 000 دولار.
- منسوب المياه داخل الآبار ارتفع بمقدار 90 سم.

**عاصفة نوفمبر 2012:**

- عمق المياه داخل بحيرة التخزين الصناعية بوادي قديرة 90 سم.
- تم حصاد 900 ألف متر مكعب من مياه السيول داخل البحيرة.
- تكلفة المتر المكعب من المياه المحلاة بالمنطقة = 1 دولار .
- تكلفة المياه المخزونة بالبحيرة = 900 000 دولار.
- منسوب المياه داخل الآبار ارتفع بمقدار 20 سم.

**وادي العريش بمحافظة شمال سيناء:**

**الخلاصـــة:**

أعمال حصاد مياه السيول بسيناء ساهمت في تعظيم الاستفادة من مياه السيول بشحنها جوفياً عن طريق إنشاء ما يلي:

- سدود إعاقة للتقليل من سرعة جريان مياه السيل ونشرها فوق التربة بحيث تعطي للمياه فرصة لتغذية الخزان الجوفي.
- سدود تخزين لتجميع المياه إما سطحياً لتستخدم في الشرب أو الري أو تسمح بتسرب المياه للخزان الجوفي.
- بحيرات صناعية لتخزين المياه وشحنها جوفياً .

# إدارة شحن الخزان الجوفي بحوض الزرقاء في المملكة الأردنية الهاشمية

**الدكتور/ مروان الرقاد**
**الدكتورة/ الشريفة هند جاسم**

## الملخص:

حتى أوائل التسعينيات من القرن الماضي كان حوض الأزرق في الأردن يعتبر من الأراضي المائية (الواحات) الضخمة والتي تعتبر كمصدر للمياه العذبة لجميع الأغراض.

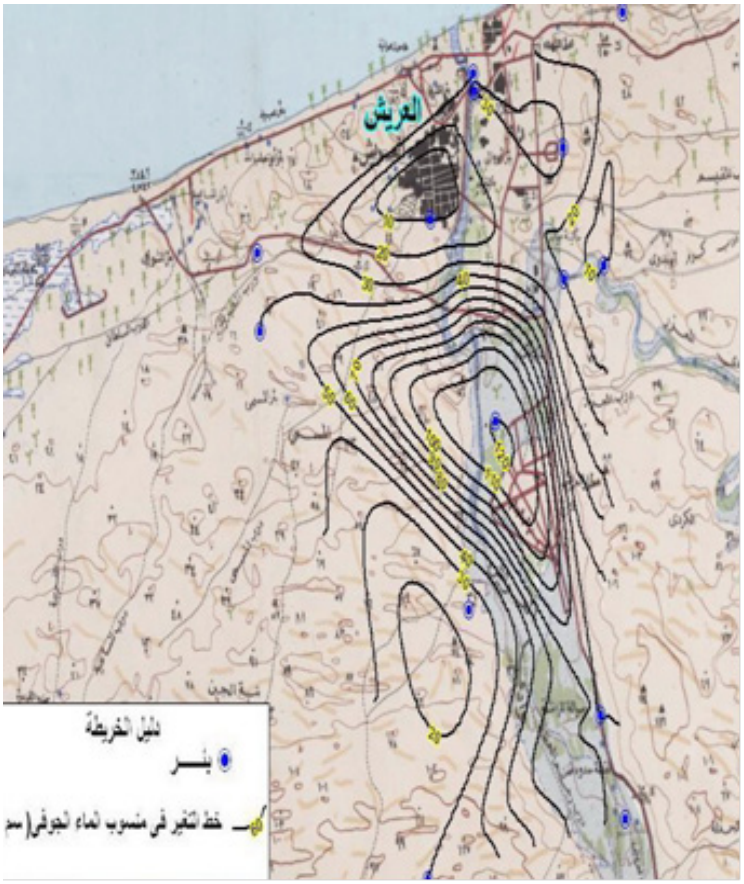
إن وجود مثل هذه الأراضي المائية في الصحراء تعتبر طريقاً للطيور المهاجرة، وبيئة غنية للتنوع الحيوي والإنساني . تسببت بتأثيرات أدت إلى استنزاف حاد في هذا الحوض حيث اختفت الواحة في أوائل عام 1990.

باستخدام نظم المعلومات الجغرافية تم إعداد الطبقات اللازمة لتحديد أماكن التغذية للمياه الجوفية لحوض الأزرق. وأظهرت الخرائط إمكانيات عالية في 80 % من مساحة الحوض ، في حين أن المناطق ذات الإمكانات المتدنية لا تمثل سوى 4 % من المساحة الكلية.

**الكلمات الرئيسية:** **حوض الأزرق، تغير المناخ، الإدارة المتكاملة للموارد المائية، إعادة شحن المياه الجوفية.**

## المقدمة:

يقع حوض الأزرق في قلب الصحراء الأردنية الشرقية مع بيئة قاسية مما يجعل المياه أهم عنصر بيئي. يبلغ إجمالي مساحة هذا الحوض 12414كم مربع ويمتد من الحدود السورية في الشمال وحتى الحدود السعودية في الجنوب، حيث تقع 94 % من مساحة حوض الأزرق في الأردن والبقية في سوريا والسعودية ( الشكل 1.).




وفقاً لمعدلات هطول الأمطار، فإن الجزء السوري من الحوض يدعم الحوض مع تدفق الفيضانات في موسم الأمطار بشكل واسع لكن نظراً لتنمية الموارد المائية في الجانب السوري، وانخفاض تدفق الفيضانات في العقود القليلة الماضية تأثر النظام البيئي الذي يعتمد على موارد المياه القادمة من الشمال بشكل سلبي.

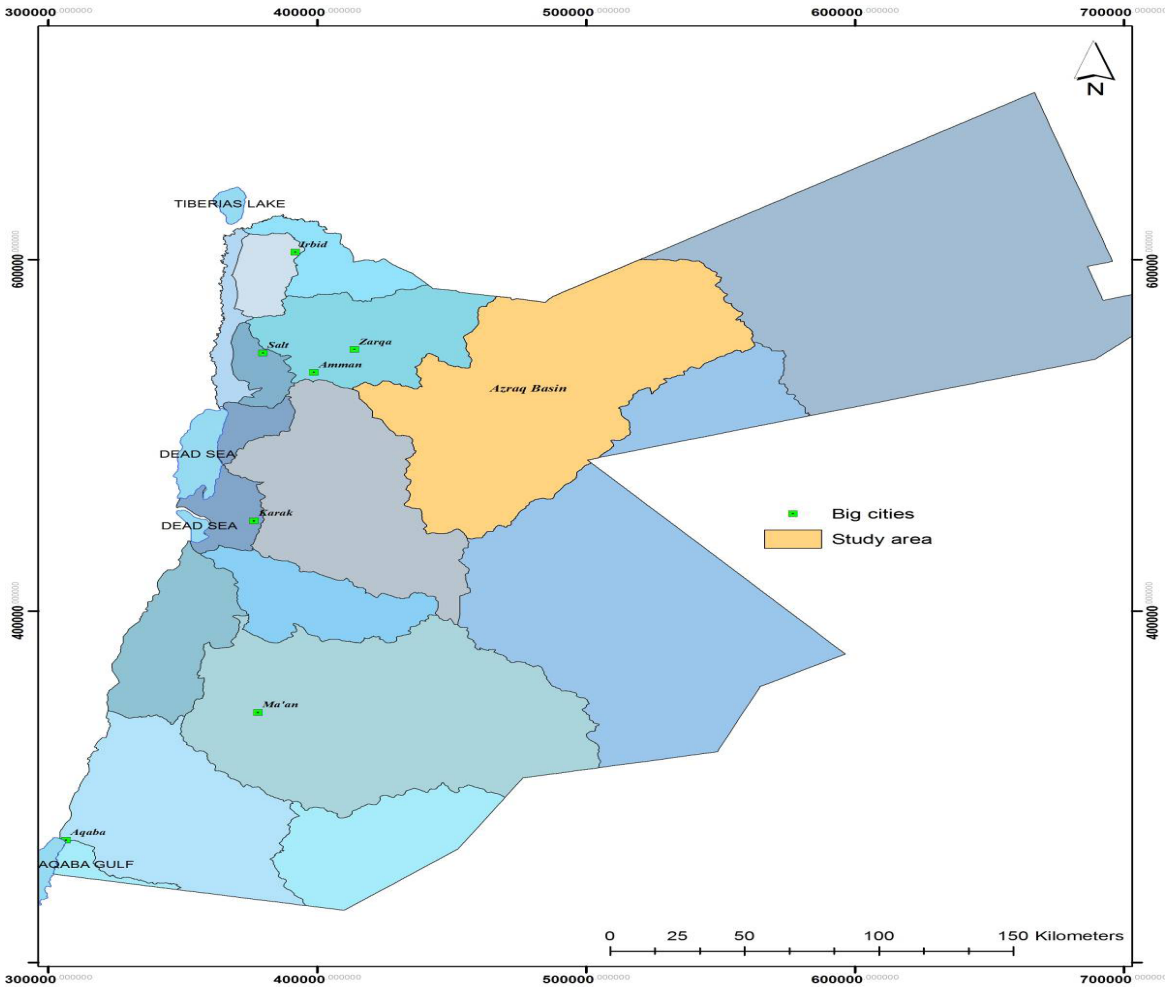
مناخ حوض الأزرق هو مناخ الأراضي القاحلة مع هطول أمطار في الجزء الأردني يتراوح بين أقل من 60مم /سنة في المناطق الشرقية، وبحد أقصى 260مم /سنة في المرتفعات الغربية؛ مما يعطي كمية هطول من مياه الأمطار بما مجموعه 9.107 مليون متر مكعب وتوفر هذه الأمطار 5.12 مليون متر مكعب من مياه الفيضان.

## المياه الجوفية:

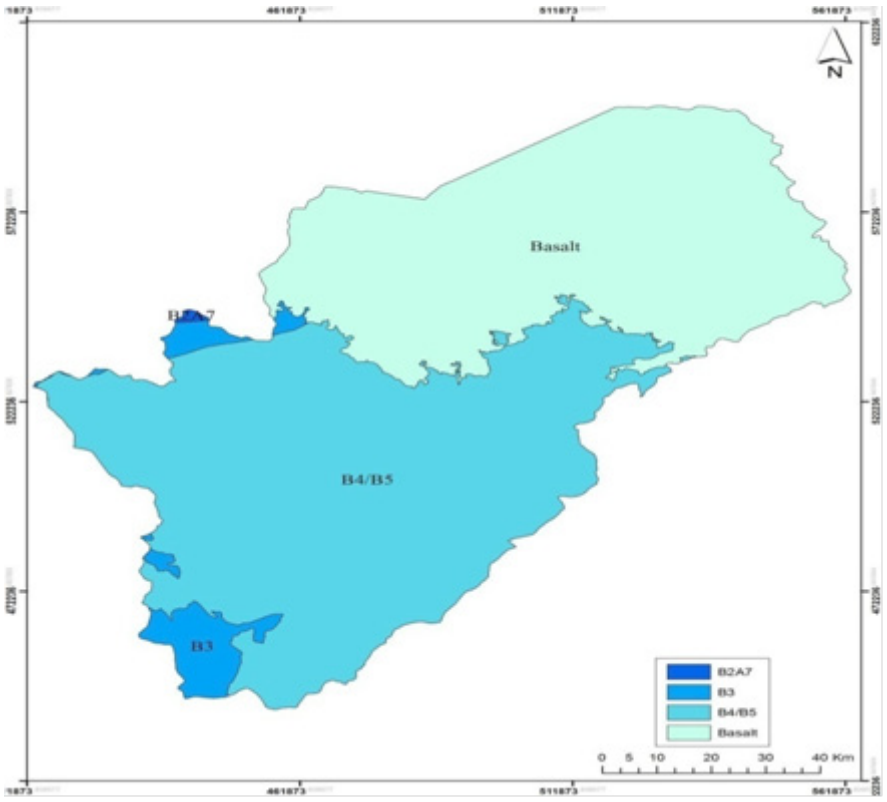
حوض الأزرق يمثل واحداً من أهم أحواض المياه الجوفية في الأردن هو ذو قدرة عالية نظراً لارتفاع الإنتاجية من الآبار، وعمق المياه الجوفية الضحل إضافة لنوعية المياه الجيدة في مختلف أنحاء الحوض. طبقة المياه الجوفية في هذا الحوض هي طبقة المياه الجوفية الضحلة والتي تتألف من الطباشير والحجر الجيري والصوان والمتصلة هيدروجيولوجياً بالصخور البازلتية المتكشفة في الأجزاء الشمالية من الحوض ( الشكل .2).

ومما يعزز نظام جريان المياه الجوفية في الطبقة الضحلة وجود مناطق التغذية في الأجزاء الغربية والشمالية من الحوض، والتباين في الطبوغرافية الذي ولد منخفضاً يجذب المياه في وسط الحوض (الشكل .3).

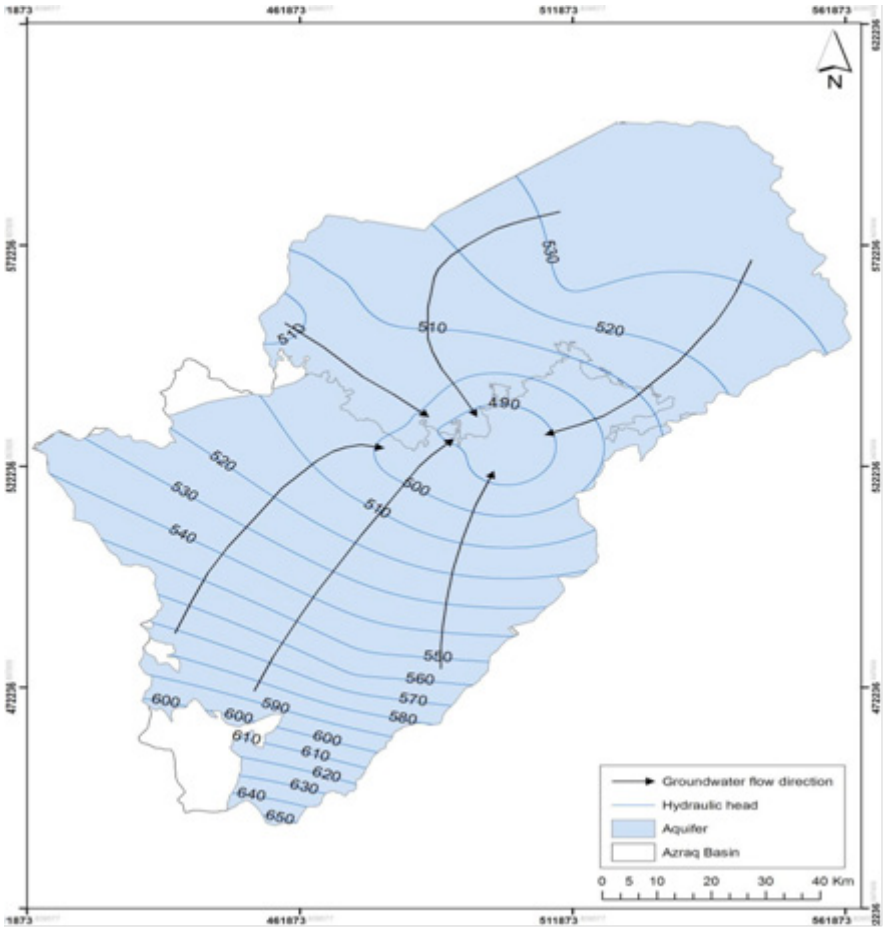
يبلغ معدل الضخ الآمن من حوض الأزرق حوالي 35 مليون متر مكعب في حين أن معدل الضخ يبلغ حوالي 60 مليون متر مكعب/ سنة، لذلك مناسيب المياه الجوفية في جميع أنحاء الحوض تظهر انخفاضاً حاداً بمعدل سنوي 70 سم/ سنة الشكل .4



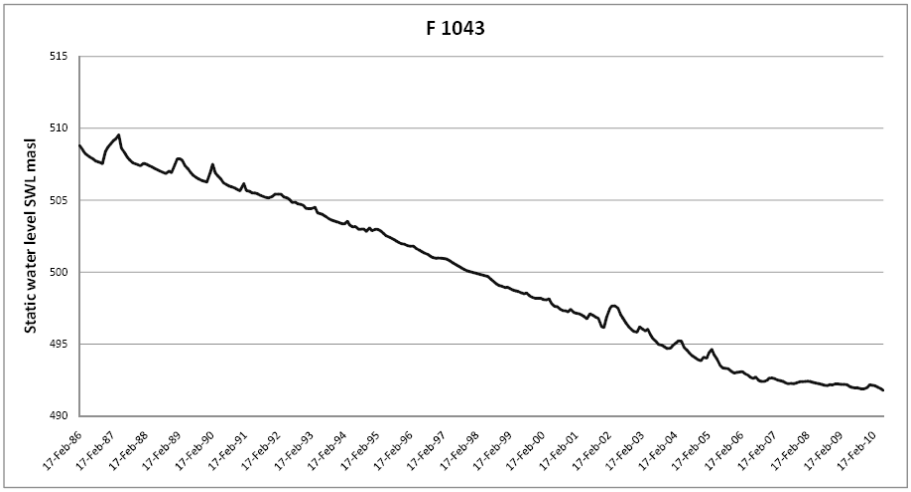

الشكل 1: منطقة الدراسة




الشكل 2: التصنيفات الهيدروجيولوجية.




الشكل3: جريان المياه الجوفية.




الشكل 4: مستويات المياه الجوفية في آبار المراقبة

## آلية رسم خرائط التغذية الجوفية المخططة:

تم تعريف التغذية الجوفية المخططة كأداة لدعم تخزين المياه الجوفية في المناطق القاحلة وشبه القاحلة. وتعتمد العملية على الاتصال الهيدروليكي للمياه السطحية مع مخزون المياه الجوفية في الطبقات غير المحصورة وذلك عن طريق اختيار الأماكن الأفضل للتغذية والتي تتمتع بالمواصفات التي تسمح للمياه بالترشح إلى الطبقة المائية بسرعة.

تم إدخال مصطلح التغذية الجوفية المخططة عام 2002ليحل محل ـ التقنية المستخدمة سابقاً والمسماة التغذية الاصطناعية وذلك لحل المشاكل التالية:

1 ـ زيادة كمية المياه الجوفية المخزنة والحد من الضخ الجائر.

2 - تحسين نوعية المياه الجوفية.

3 - الحد من تداخل المياه المالحة إلى المياه العذبة.

4 - تقليل الفاقد في المياه السطحية العذبة بسبب التبخر.

5 - الحد من تعرية التربة والجريان السطحي المسبب للفيضانات.

## رسم الخرائط المفصلة لغايات التغذية الجوفية المخططة في المنطقة:

ومن أجل تقييم التغذية الجوفية المخططة المحتملة لطبقة المياه الجوفية بشكل تفصيلي داخل منطقة الدراسة، وضعت أربع طبقات وتم معالجتها باستخدام نظم المعلومات الجغرافية:

1 - التصنيفات الهيدروجيولوجية.

2 - تصنيف المنحدر والميول.

3 - المناطق الحضرية.

4 - القرب من مصادر المياه.

## تصنيف الهيدروجيولوجية:

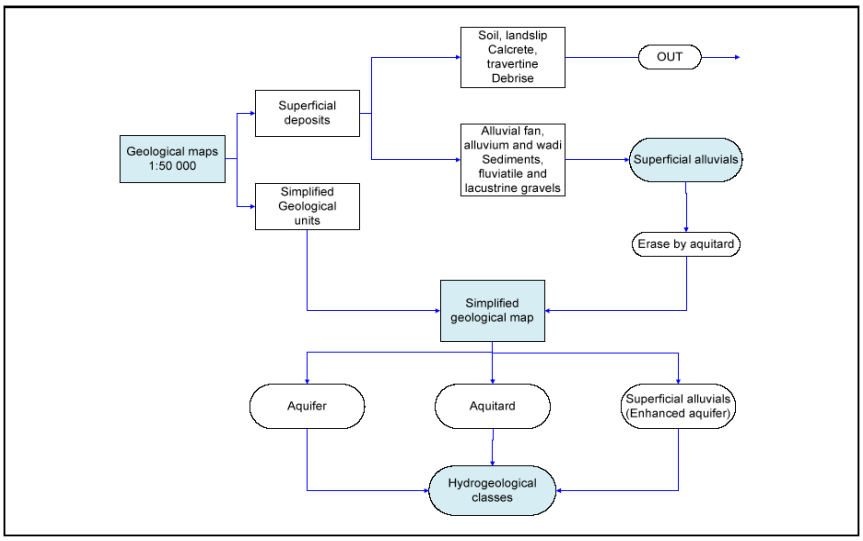
تعتبر التصنيفات الهيدروجيولوجية هي الأساس في تقييم التغذية الجوفية المخططة والتي تحدد على وجود أو عدم وجود المياه الجوفية ليتم إعادة شحنها أو تغذيتها.

تم تعديل توزيع التصنيفات الهيروجيولوجية في الأردن بحسب هوبلر وصبح عام 2001وفقاً لخرائط سلطة المصادر الطبيعية 1:50000 بالاستعانة بالخرائط الجيولوجية واستخدامها لتقييم الوضع الهيدرولوجي.

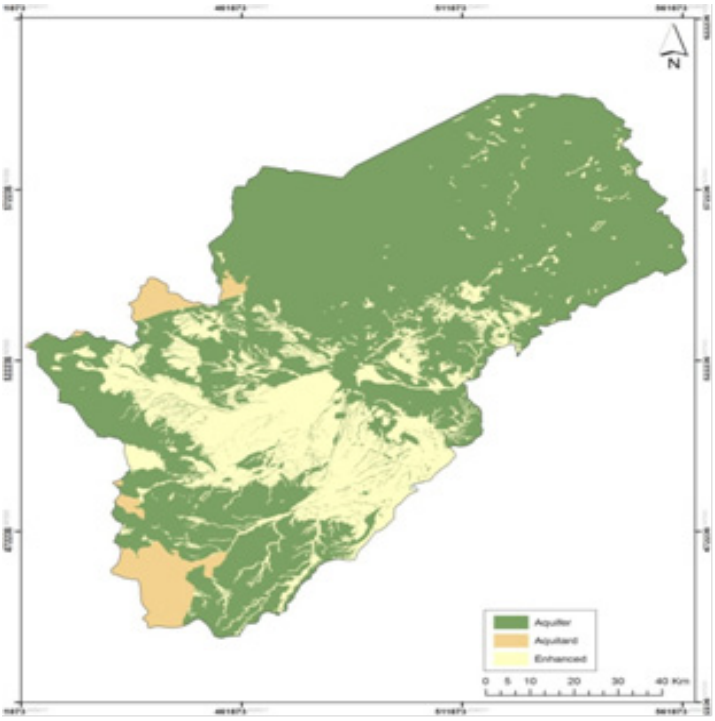
تم تقسيم منطقة الدراسة إلى طبقتين رئيسيين هما:

1. وحدة المياه الجوفية: تتكون من طبقة المياه الجوفية B4/B5 والبازلت.
2. الوحدة غير الحاملة للمياه B3.

ويبين (الشكل 5) الإجراء العام الذي يستخدم في إعداد طبقة تصنيف الهيدروجيولوجية والذي يظهر في الشكل 6.




الشكل 5 :الإجراء العام الذي يستخدم في إعداد طبقة تصنيف الهيدروجيولوجية.




الشكل 6: التصنيفات الهيدروجيولوجية

## تصنيف المنحدر والميول:

تلعب التضاريس دوراً رئيسياً في تقييم التغذية الجوفية المخططة من خلال الميل الطبوغرافي الذي يحدد فترة بقاء المياه السطحية على مساحة منطقة الدراسة.

وفقاً لراب (2008) فإن الميل الأكثر فعالية هو 0 – 5 % وضمن هذه القيمة فإن المياه سترشح بشكل سلس نظراً لعدم وجود جريان سطحي عالٍ.

## المناطق الحضرية:

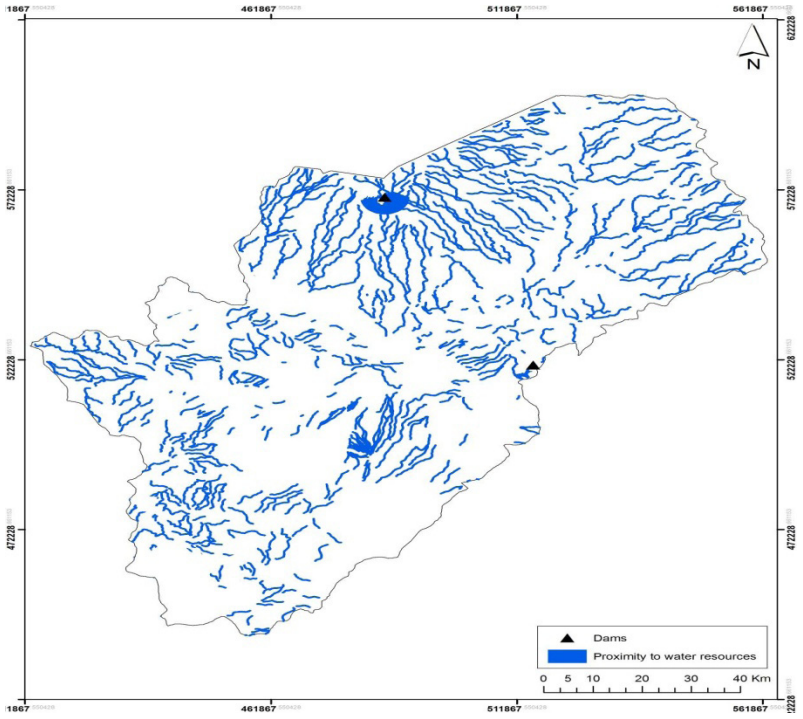
المناطق الحضرية والمستوطنات الصغيرة الموزعة على منطقة الدراسة تمثل عاملاً يحد من تقييم التغذية الجوفية المخططة، لأن التغذية الجوفية تتطلب مساحة مناسبة وبعض أعمال البناء.

تم استخدام صور الأقمار الصناعية من جوجل إيرث لتحديد توزيع المناطق الحضرية وإعداد الطبقة لتوزيع المستوطنات في المنطقة للنظر فيها من خلال تقييم التغذية الجوفية المخططة واعتبرت المنطقة العازلة 250 متر كمسافة آمنة لهذه المستوطنات.

## القرب من مصادر المياه:

تعتبر جميع موارد المياه السطحية ذات قيمة لتقييم التغذية الجوفية المخططة . في منطقة الدراسة تم النظر في جميع أنواع الموارد المائية الموجودة في عملية رسم الخرائط.

تعتبر الموارد المائية في هذا المجال هي المياه والسدود على طول الأودية إضافة لمياه الفيضان .اقترح راب عام 2008 أن تكون المسافة من أقرب مصدر مائي ما يقارب 5 كم كحد أقصى بحيث يتم تحويل المياه بشكل جريان طبيعي من المصدر المشروع للتغذية الجوفية المخططة. تم الجمع بين جميع مصادر المياه في طبقة واحدة والموضحة في الشكل 7.




الشكل 7: مصادر المياه.

## دمج الطبقات:

يظهر الإجراء المتبع في معالجة الطبقات المختلفة والجمع النهائي في الشكل 8، الذي يفصل جميع البيانات المدخلة والعمليات التي اتخذت في إطار تطبيق GIS .

## دمج الطبقات لغايات تقييم التغذية الجوفية المخططة:

تم الجمع بين طبقة تصنيف الهيدروجيولوجيا مع الميول وتظهر النتيجة في الشكل .9 وقد أدى هذا الدمج إلى ظهور خمس مناطق حسب الميل والطبقات الهيدروجيولوجية كما هو مبين في جدول 1.

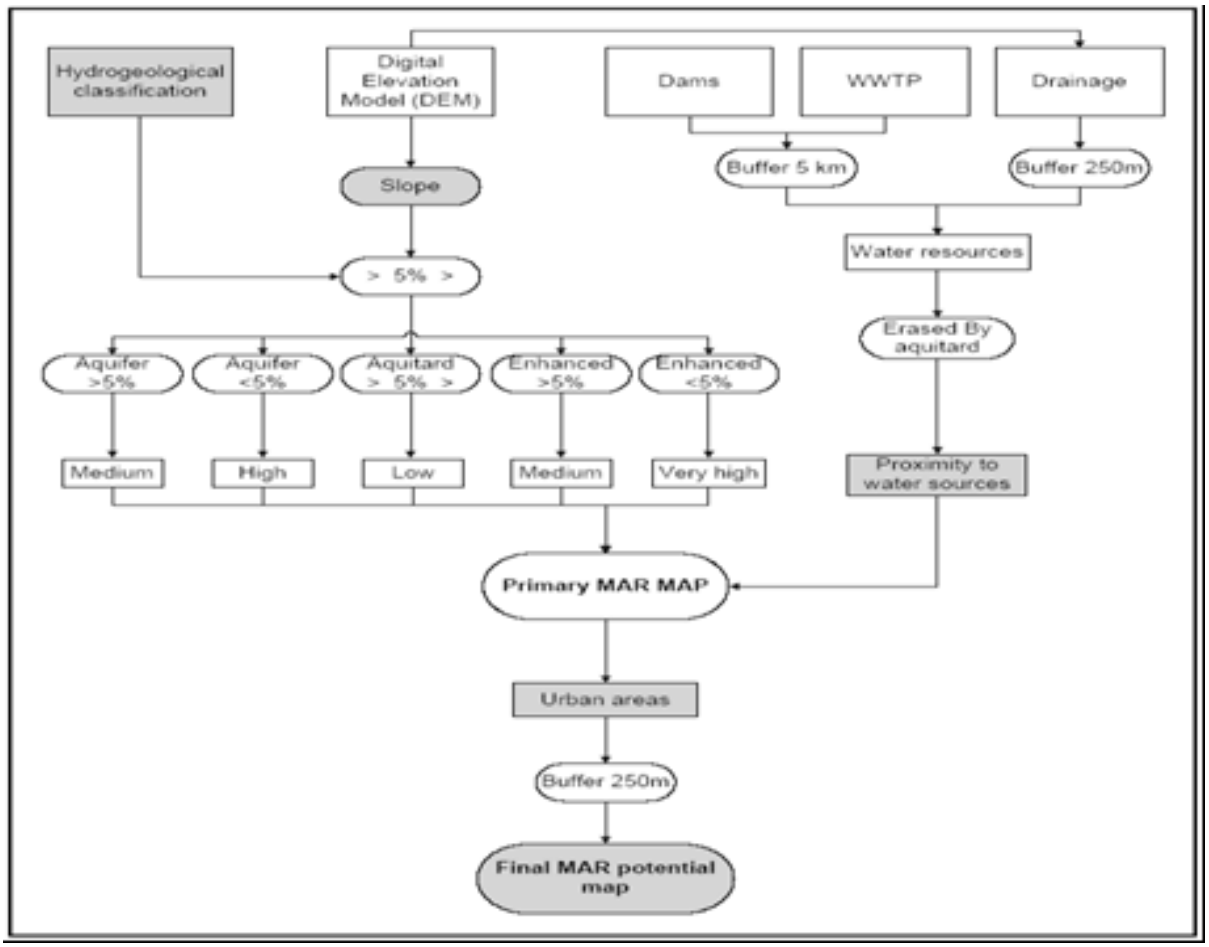
## دمج طبقات التصنيفات الهيدروجيولوجية والميول مع مصادر مياه التغذية:

من أجل الوصول لتقييم التغذية الجوفية المخططة تم الجمع بين الخريطة الموضوعية السابقة الشكل (9) مع القرب من موارد المياه.

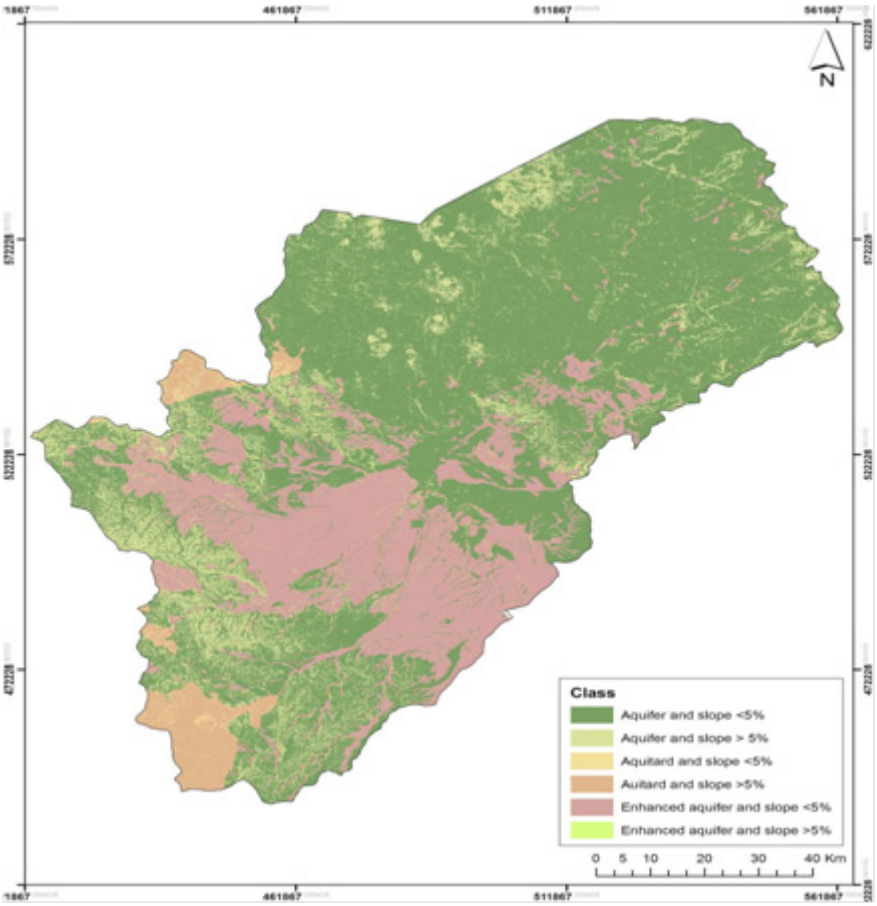
وتظهر الخريطة النهائية في الشكل (10) ، الذي يمثل الخريطة الأولية لتقييم التغذية الجوفية المخططة المحتملة لطبقة المياه الجوفية الضحلة في منطقة الأزرق.

## المناطق الحضرية:

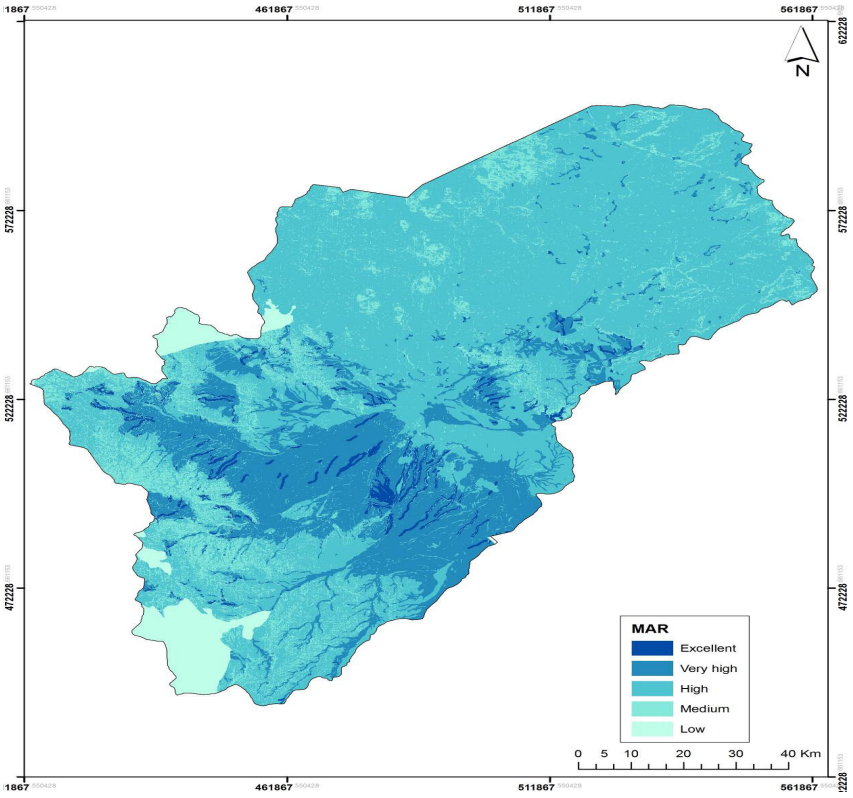
كما ذكر سابقاً، فإن المناطق الحضرية تمثل تحديداً لبناء مشاريع لتقييم التغذية الجوفية المخططة، لذلك يجب استثناؤها من مواقع التغذية الجوفية المخططة. تمت إضافة خريطة المناطق الحضرية مع منطقة أمان مقدارها 250م حول المستوطنات الرئيسية لخريطة التغذية الجوفية المخططة الأولية. وتظهر الخارطة النهائية في الشكل 11، وبالنظر إلى الإحصاءات من المناطق المحتملة للتغذية الجوفية المخططة في الجدول 2 فإنه يبدو واضحاً فعالية العملية في حوض الأزرق.



الشكل 8: دمج الطبقات للوصول للخارطة شبه النهائية.



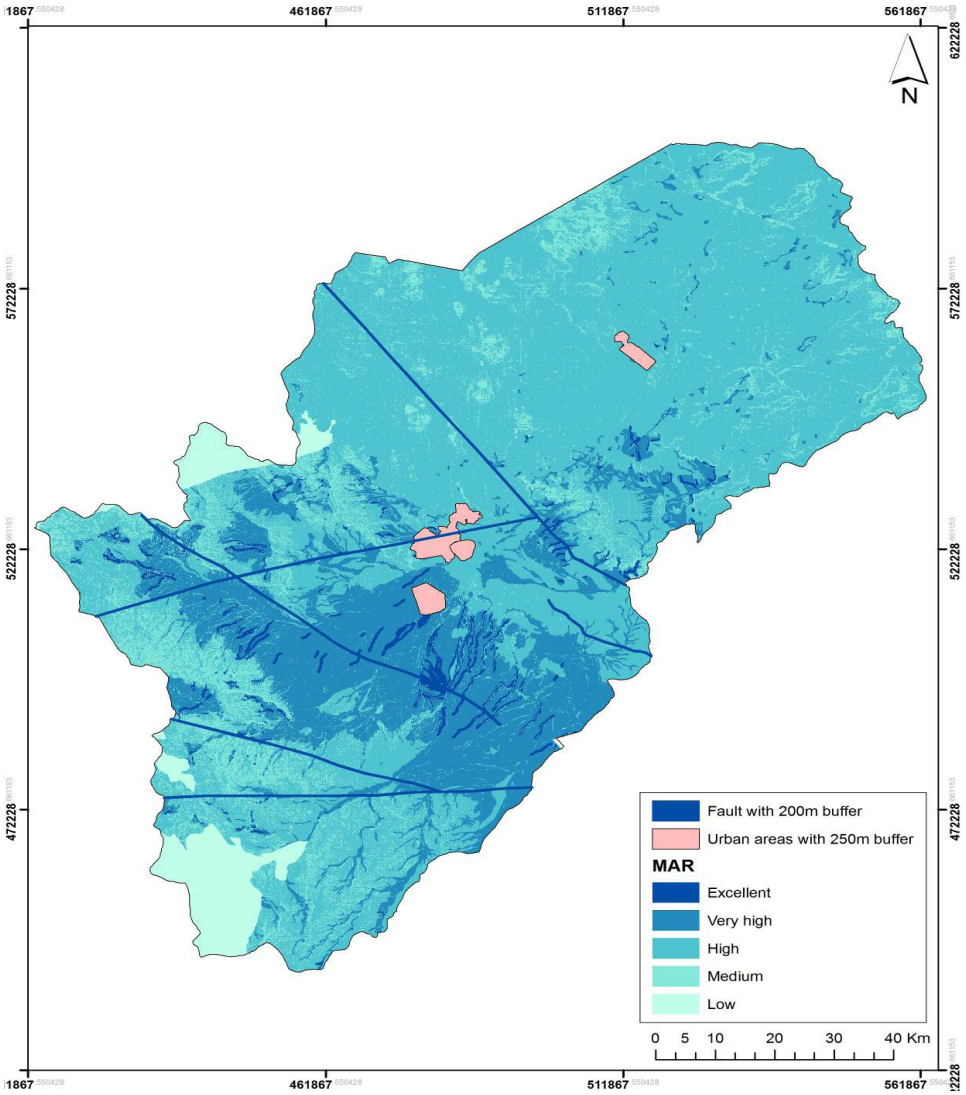

الشكل 9: الجمع بين طبقة تصنيف الهيدروجيولوجيا مع الميول.




الشكل 10: خارطة التغذية الجوفية.

## مناطق الصدوع:

تم إعداد الخرائط الكنتورية والتركيبية للحوض حيث يظهر نظام صدوع رئيسي باتجاه شمال غرب إلى جنوب شرق وقد أدى هذا النظام لإحداث مناطق ضعف أدت إلى تعزيز الموصلية الهيدروليكية العمودية وبالتالي زيادة إمكانية التغذية الجوفية المخططة وقد تم إضافة نظام الصدوع كمحفز للتغذية الجوفية كما يظهر في الشكل 11




الشكل 11: خارطة التغذية الجوفية مع نظام الصدوع.

جدول1: التصنيف حسب الميل والطبقات الهيدروجيولوجية:

| MAR parameters | MAR Potential |
|---|---|
| Aquifer and slope <5% | High |
| Aquifer and slope >5% | Medium |
| Enhanced aquifer and slope <5% | Very high |
| Enhanced aquifer and slope >5% | Medium |
| Aquitard and slope <5% | Low |
| Aquitard and slope >5% | Low |

الجدول 2: الإحصاءات والمناطق المحتملة للتغذية الجوفية المخططة:

| MAR class | Class % to the total area |
|---|---|
| Excellent | 2.34 |
| Very high | 20.55 |
| High | 61.63 |
| Medium | 11.45 |
| Low | 4.03 |

## الخلاصة:

إن الوضع المتردي لموارد المياه الجوفية في حوض الأزرق يتطلب التكيف وإعداد خطط مدروسة لوقف تدهور مصادر المياه.

وأظهر رسم الخرائط باستخدام نظم المعلومات الجغرافية أن أكثر من 20% من المساحة الإجمالية للحوض تمتلك قدرة عالية جداً للتغذية الجوفية المخططة، وذلك بسبب وجود خصائص سطحية المنحدر أو المنخفض وظروف المياه الجوفية وقربها من مصادر المياه. وشكلت المناطق ذات القدرة العالية أكثر من 61% من المساحة الكلية. فهي تتركز في الأجزاء الوسطى من حوض الأزرق حيث عمق المياه منخفض جداً، وبالتالي تعزيز العمليات الهيدروجيولوجية.

## References:


1- BGR and WAJ. "Groundwater Resources of Northern Jordan. Vol. 3 - Structural Features of the Main Hydro-geological Units in Northern Jordan. Water Authority of Jordan (WAJ) and Federal Institute for Geosciences and Natural Resources (BGR)." *BGR-Archive*. Vol. 57. No. 118702. 1994. p. 30.

2- Bouwer. "Artificial Recharge of Groundwater: Hydro-geology and Engineering." *Hydrogeology Journal*. Vol. 10. No. 1. 2002. pp. 121-142.

3- ESRI-Environmental systems research institute: ArcView GIS version 9.1. A Computer Software to Visualize. Ex-plore. Query and Analyze Data Spatially. USA. 2006.

4- Gale. "Strategies for Managed Aquifer Recharge (MAR) in Semi-Arid Areas." UNESCO.s International Hydro-logical Programme (IHP). 2005.

5- GTZ and NRA. "National Water Master Plan of Jordan. Agrar-und Hydrtechnik GMBH ESSE." Bundersanstalt fur Geowissenschaeien und Rohstoffe. Hannover. 1977.

6- Hobler and Subah. "Groundwater Resources of Northern Jordan. - Vol. 4: Hydrogeological features of Northern Jordan. -Unpublished Report. prepared by the Federal In-stitute for Geoscience and Natural Resources (BGR) and Water Authority of Jordan (WAJ)." Technical Coopera-tion Project 'Groundwater Resources of Northern Jordan.. BGRarchive. No. 118704. Amman. Hannover. 2001.

7- Jasem and Alraggad. "GIS Modeling of the Effects of Climatic Changes on the Groundwater Recharge in the Central Western Parts of Jordan." *Jordan of Civil Engi-neering*. Vol. 3. No. 5. 2009.

8- JMD-Jordanian Meteorological Department JMD open files. Jordan. 2009.

9- MWI-Ministry of Water and Irrigation. Water Informa-tion System. Hydrological. Geological and Hydro-geological Data Bank. MWI. Water Resources and Plan-ning Directorate. Amman. Jordan. 2010.

10- Pavelic. "Use of Isotopes and Geochemical Techniques in the Study of Artificial Recharge in Groundwater." Advice on Design and Monitoring to Counterparts In Jordan. Jordan. 2005.

11- Rapp. "Evaluation of Potential Sites for Managed Aquifer Recharge via Surface Infiltration in NW-Jordan." Di-ploma Thesis Part A. University of Karlsruhe. Germany. 2008.

12- Salameh. "Over-Exploitation of Groundwater Resources and Their Environmental and Socio-Economic Implica-tions: The Case of Jordan." *Water International*، Vol. 33، No. 1، 2008، pp. 55-68.

# الأوراق القطرية

# حصاد المياه والتغذية الجوفية الاصطناعية في دولة الإمارات العربية المتحدة

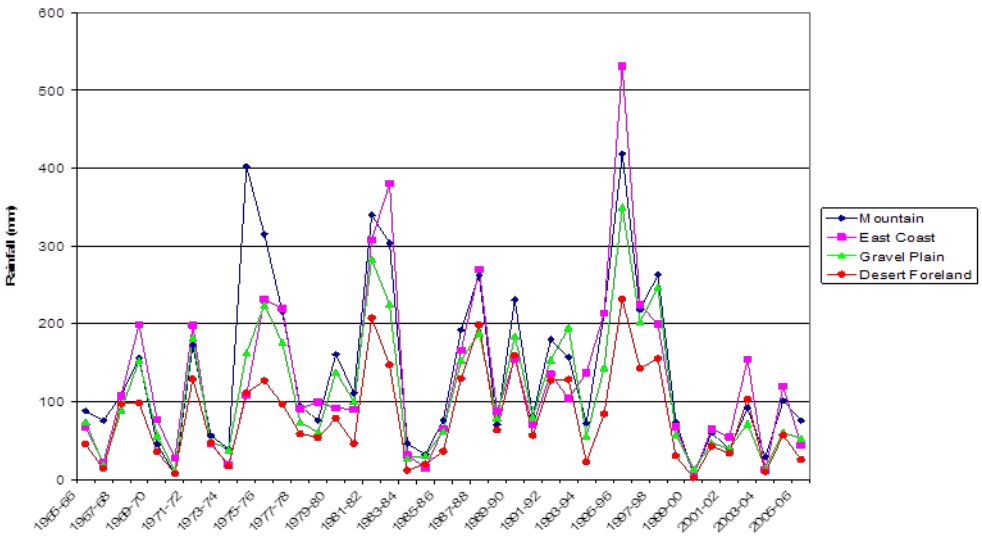
السيد / ناصر عبده محمد السفاري

## لمحة عامة عن دولة الإمارات:

### المنـــاخ:

- تقع دولة الإمارات في المناطق الجافة و ذات الرطوبة المرتفعة.
- معدل الإشعاع الشمسي اليومي 9.8 ساعة.
- معدل التبخر اليومي (8.2) ملم.
- الأمطار شحيحة و هي شتوية.
- يتراوح معدل الهطول المطري بين 25 ملم- 120 ملم في المنطقة الصحراوية.

**معدلات هطول الأمطار على مختلف المناطق:**




## التكوينـات الجيولوجيـة:

توجد المياه الجوفية في عدة تكوينات حاملة للمياه مثل:

- الحصوية.
- الرملية.
- الجيرية.

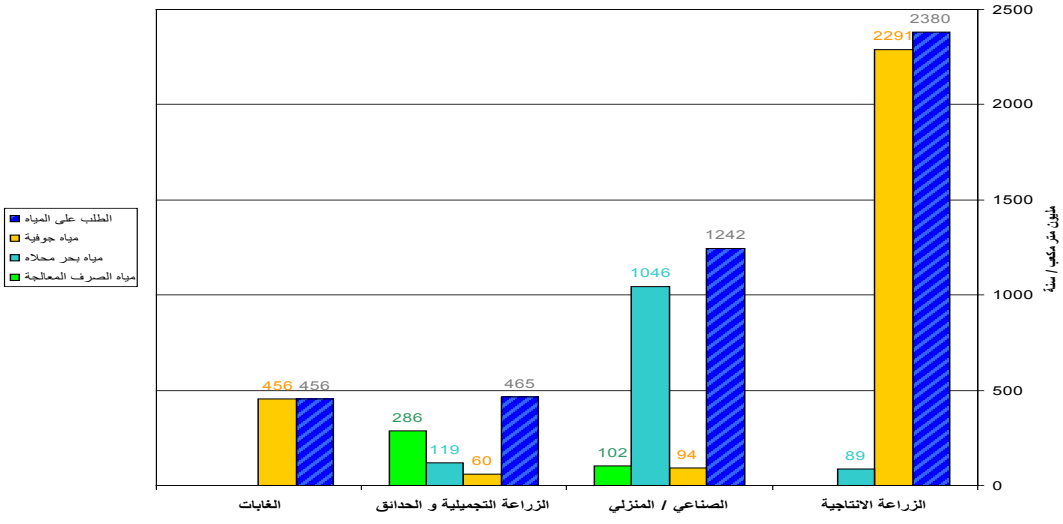
أهمها التكوينات الجيرية والحصوية التي تنتشر في المناطق الجبلية والسهول الحصوية ومجاري الأودية .

تتغذى تلك الطبقات مباشرة من مياه الأمطار أو من المياه التي تسيل في الأودية عن طريق التسرب الرأسي و الأفقي.

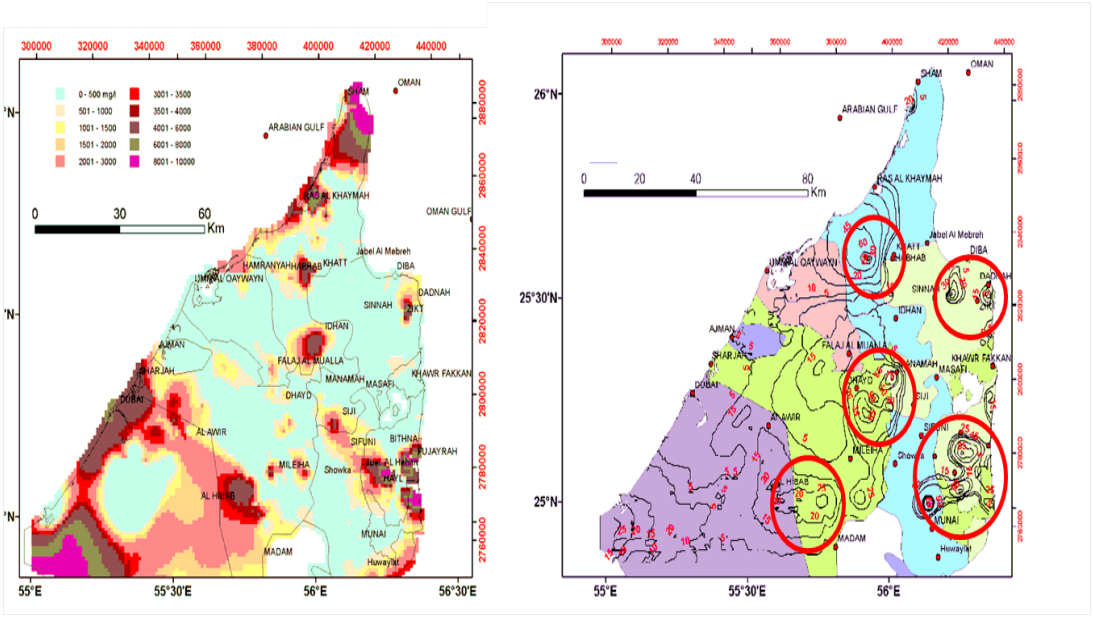
## أسباب شح المياه في دولة الإمارات:

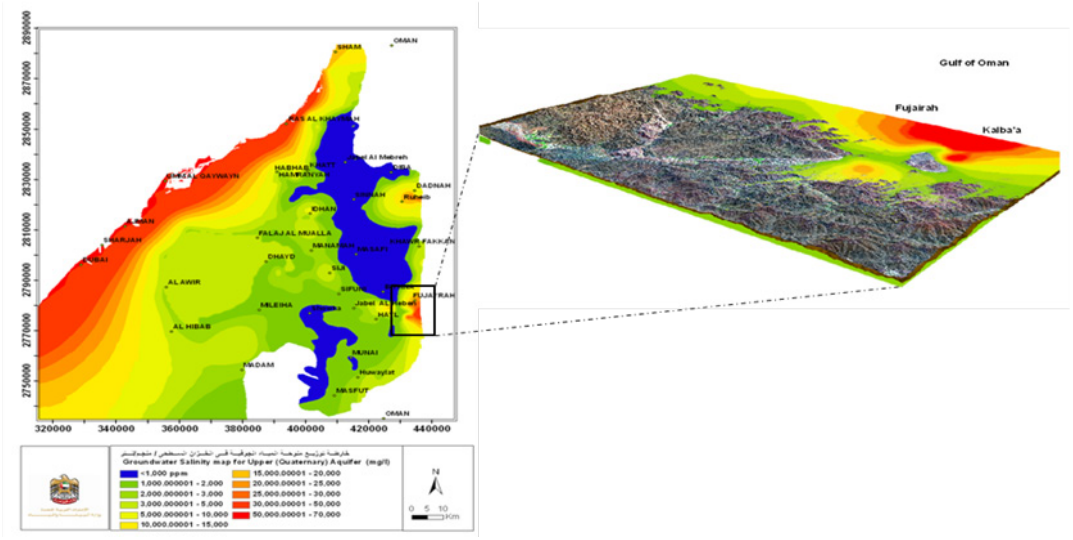
- التوسع الزراعي.
- الزيادة السكانية.
- الطفرة الاقتصادية.
- مناخ الدولة الصحراوي وارتفاع معدلات التبخر.
- تداخل مياه البحر في المناطق الساحلية.

## الميـزان المائـي لدولـة الإمـارات:



## استنزاف المياه الجوفية:




تملح المياه الجوفية للساحل الشرقي للإمارات 2010

يبلغ استهلاك المياه الجوفية ملياري متر مكعب في السنة، يستخدم 98 % من المياه الجوفية في الاستخدامات الزراعية و التشجير 2 % للاستخدامات الأخرى.

## نشاطات دولة الإمارات في الحفاظ على الموارد المائية:

- قامت دولة الإمارات ممثلة بوزارة البيئة والمياه بتبنيها لعدة مشروعات لهذا الغرض.
- أبرزها مشروع دراسة وإنشاء السدود: يهدف إلى الاستغلال الأمثل للموارد المائية وتنميتها عن طريق حجز مياه الأمطار والسيول والاستفادة منها في تغذية المياه الجوفية بدلاً من ضياعها هدرا.

## الهدف من بناء السدود:

- ضمان عدم هدر كميات كبيرة من المياه.
- درء خطرالفيضان أو السيل في المناطق العمرانية.
- تغذية خزانات المياه الجوفية.
- رفع منسوب المياه الجوفية وتحسين نوعيتها ووقف تقدم جبهة المياه المالحة عند الساحل .

- توفير مصدر مائي سطحي يصلح لأغراض الزراعة أو الشرب .
- المحافظة على التربة الزراعية و منع ا نجرافها بسبب السيل.
- الاستفادة من المواد الراسبة ( الطمي ) في بحيرة السد لتحسين التربة الزراعية .
- خدمة الأغراض البيئية و السياحية.

## مراحل إنشاء السدود و الحواجز المائية:

عملت دولة الإمارات ممثلة بوزارة البيئة و المياه على عدة مراحل للتأكد من تجميع كافة البيانات وتطبيق كافة المواصفات المناسبة لتحقيق الأهداف المرجوة من بناء السدود وحواجز التغذية، عن طريق عدة مراحل:

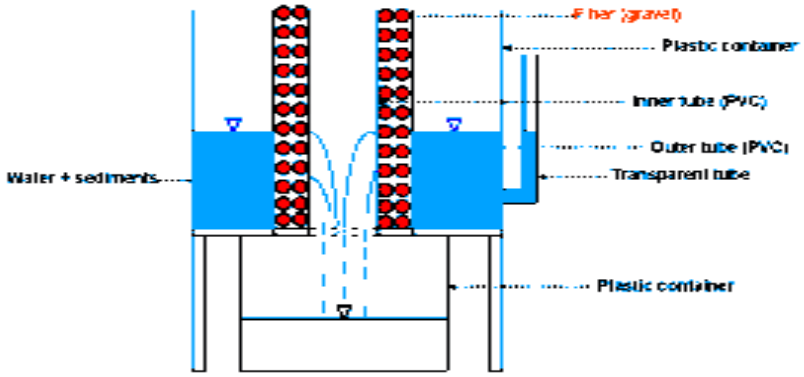
- مرحلة الدراسات الاستكشافية.
- مرحلة الدراسات الهيدرولوجية.
- مرحلة الدراسات الأولية.
- مرحلة التحريات الفنية.
- مرحلة التصاميم النهائية.
- مرحلة التنفيذ.
- المراقبة والتشغيل.

## تقنيات التغذية الاصطناعية المستخدمة في مشاريع السدود و الحصاد:

تقوم الوزارة باستخدام تقنيات التغذية الاصطناعية المختلفة، وهي :

- تقانة حقن آبار المياه الطبيعية.
- تقانة الحواجز و الأقنية للتحكم في الفيضان.
- تقانة تحرير المياه من السدود و نثرها في المناطق بأسفل السد.

## تقانة آبار حقن المياه الطبيعية :

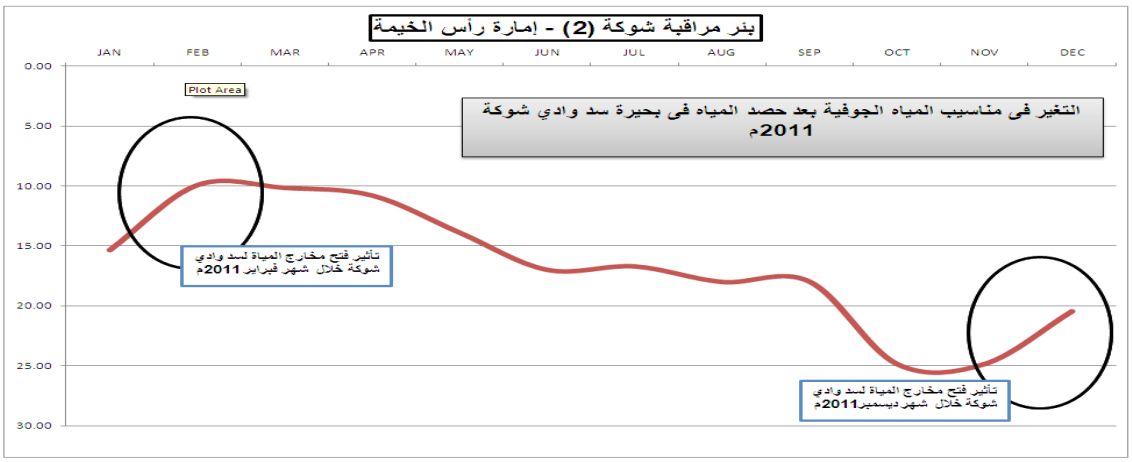


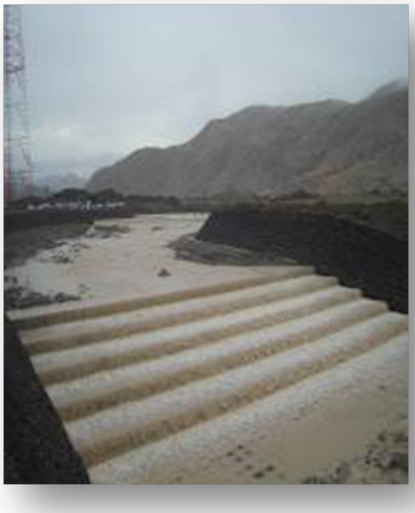

بئر التغذية في بحيرة سد إذن 21 ـ 10 ـ 2012م

## مراحل تنفيذ حفر بئر التغذية والقياسات الجيوفيزيائية المرافقة في بحيرة سد إذن ـ ديسمبر 2011م:

## تقانة الحواجز و الأقنية وتحرير المياه:

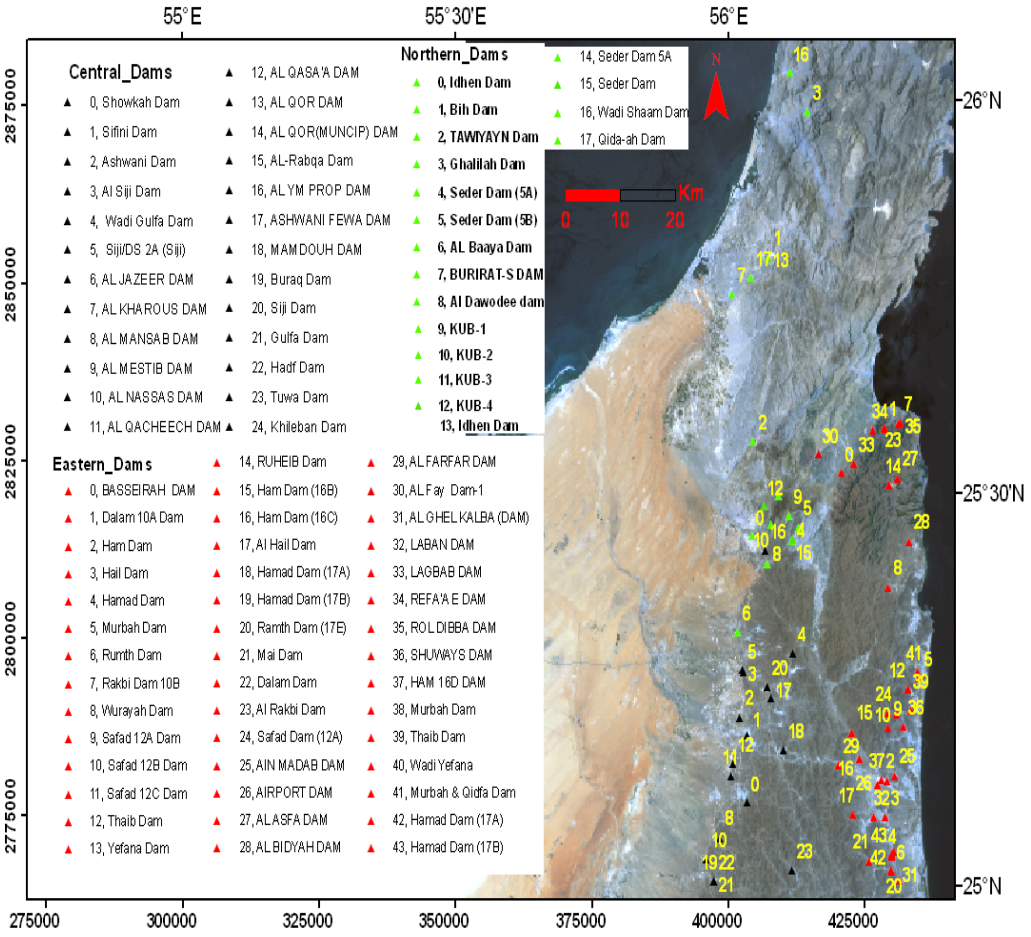
- تم استخدام هذه التقانة في بحيرتي سد شوكة وسد الحيل وهي تعتبر من السدود الكبرى في الدولة.





## الإنـجازات المحققة في مجال بناء السدود:

- إنجازات الدولة في بناء حوالي (116) سداً و حاجزاً .
- السعة التخزينية لهذه الخزانات و الحواجز تقدر ب (118) مليون متر مكعب تقريباً.




حصدت تلك السدود كميات كبيرة من المياه في بحيراتها منذ بدء إنشائها عام 1982م وحتى ديسمبر 2011م تقدر بأكثر من500 مليون متر مكعب.

كانت نتائج التغذية الاصطناعية واضحة في:

- تنمية وتحسين منسوب المياه الجوفية.
- تنمية وتحسين نوعية المياه الجوفية.
- درء خطر الفيضان عن المناطق التي تقع حول السدود.

حاجز السيجي – إمارة الفجيرة

بحيرة سد شوكة

## المشاريع المستقبلية:

- دراسة تحسين و زيادة تغذية المياه الجوفية من البحيرات و الحواجز و السدود.
- دراسة وتطبيق نظام الري الموحد عند مواقع السدود.
- دراسة وتطوير الأفلاج بربط قنواتها ببحيرات السدود.
- المحافظة على السدود و الحواجز بصيانتها بشكل دوري.
- صيانة الأفلاج بشكل دوري بتنظيف قنواتها وتأهيل الآبار ( أمهات الفلج ).
- تطوير السياسات والإجراءات للمحافظة على موارد المياه وتنميتها والحفاظ على السدود والمنشئات المائية في الدولة.

# حصاد المياه والتغذية الجوفية في مملكة البحرين

المهندس/ حسن علي حسن الذوادي

## 1 ـ مقدمة:

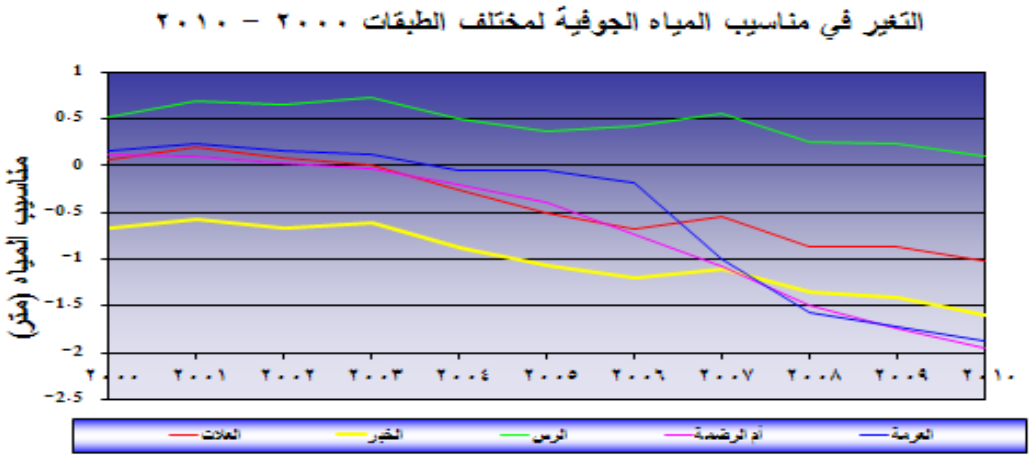
تقع مملكة البحرين من ضمن المناطق الجافة أو شبه الجافة والتي تتسم بندرة الأمطار وعدم انتظام تساقطها في المكان والزمان، حيث يبلغ معدل الأمطار في البحرين حوالي 72 مليمترا/ سنة، ومعدلات التبخر تصل إلى أكثر من 3000 مليمتر/ سنة، ويبلغ متوسط درجة الحرارة في الصيف 36 درجة مئوية مع رطوبة عالية مما يؤدي إلى استحالة وجود مياه سطحية على مدار السنة؛ لذا تعتمد مملكة البحرين بشكل أساسي على المياه الجوفية والمتمثلة في خزان الدمام الجوفي وخزانات أخرى لتلبية احتياجاتها من المياه، بالإضافة إلى المصادر غير التقليدية مثل المياه المحلاة بغرض استخدامها للقطاع البلدي ومياه الصرف الصحي المعالجة بغرض استخدامها للقطاع الزراعي.

وخلال الأربعة عقود الأخيرة، شهدت مملكة البحرين مشكلات مائية حادة تمثلت في هبوط مستويات المياه الجوفية وتدهور نوعيتها بمعدلات خطيرة (الشكلين 1و2)، نتيجة للطلب المتزايد على هذه المياه لتلبية متطلبات الزيادة السكانية والنمو الحضري والاقتصادي، مما استلزم اتخاذ إجراءات وتدابير هامة تمثلت في زيادة إمدادات المياه وتنظيم وترشيد استخدامات الموارد المائية المتاحة، وتطوير الأطر الإدارية والمؤسسية والتشريعية المعنية بالمياه.

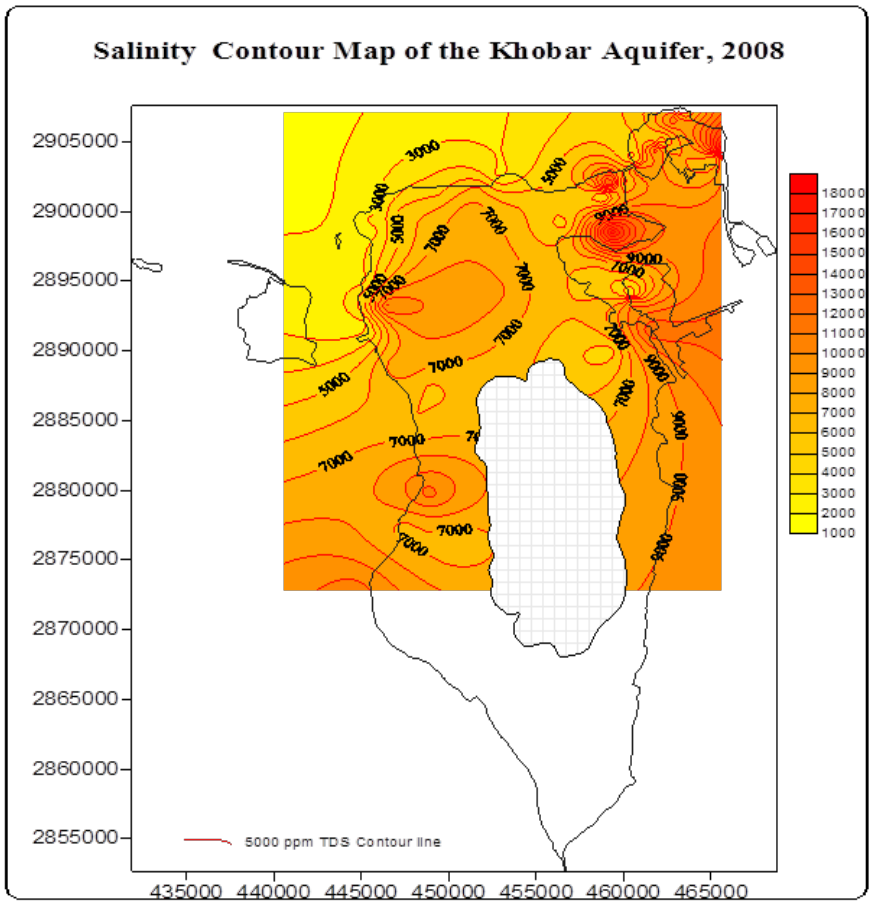
وبالتوازي مع ذلك، تبنت الإدارة المائية عدة مشاريع ومقترحات مشاريع لتغذية المياه الجوفية باستخدام مصادر مائية وتقنيات تغذية متعددة. كما أجريت عدة دراسات تحضيرية حول مدى إمكانية استخدام تقانات التغذية الاصطناعية في زيادة مخزون المياه الجوفية، وبيان المحددات الهيدروجيولوجية والطبيعية والبيئية والصحية المرتبطة بها. وعلى نفس الصعيد، تم تنظيم ورش عمل ومنتديات لتوفير خلفية نظرية وعملية لمفاهيم وتقنيات التغذية الاصطناعية.

وتعتبر التغذية الاصطناعية للمياه الجوفية أحد الخيارات الإستراتيجية الهامة للإدارة المائية لمواجهة مشاكل نقص المياه والحد من تأثيراتها السلبية على التنمية. وتهدف هذه التقنية بصورة رئيسية إلى زيادة مخزون المياه الجوفية وتحسين نوعيتها، بالإضافة إلى حمايتها من أخطار تداخل مياه البحر وزحف المياه المالحة. وتتم تغذية المياه الجوفية بوسائل متعددة وباستخدام منظومات ومصادر مائية مختلفة.

وتقدم هذه الورقة ملخصاً لأنشطة التغذية الاصطناعية للمياه الجوفية في مملكة البحرين والتي نفذت خلال الثلاثة عقود الأخيرة، وذلك من خلال استعراض المشاريع التجريبية والتجارب والأفكار التي طرحت كمقترحات مشاريع لتغذية المياه الجوفية.




شكل (1) التغير في مناسيب المياه الجوفية لمختلف الطبقات 2000ـ2010م




شكل (2) خارطة لتوزيع الملوحة في طبقة الخبر للعام 2008

الخريطة الطبوغرافية للحوض الجوفي للخبر + توزيع الملوحة في الحوض

## 2 ـ تجارب ومشاريع التغذية الاصطناعية للمياه الجوفية في مملكة البحرين:

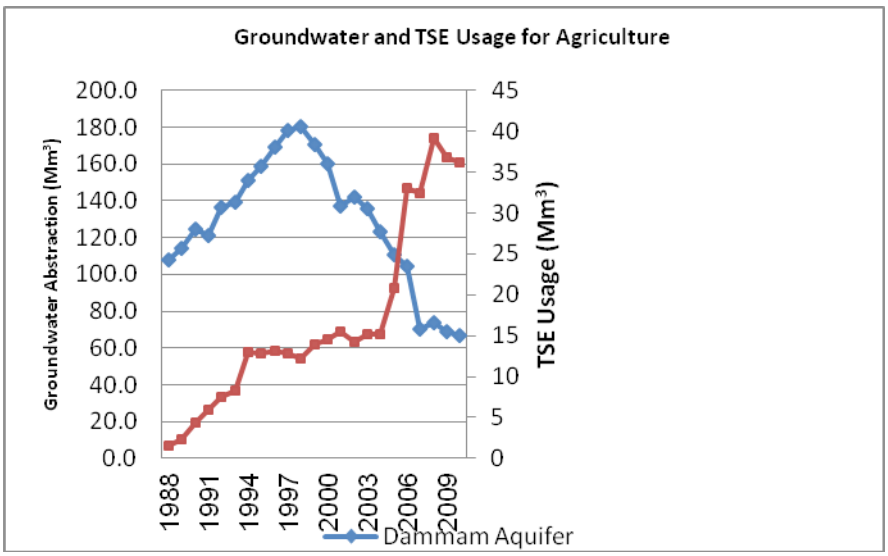
انطلقت التجربة البحرينية في مجال تغذية المياه الجوفية منذ العام 1984م. وتم حتى الآن تنفيذ مجموعة من المشاريع التجريبية والتجارب المحدودة لتغذية المياه الجوفية بمياه العواصف المطرية ومياه الصرف الصحي المعالجة. وفيما يلي عرض مختصر لهذه التجارب والأنشطة والتي تم تلخيص خطوطها العامة في الجدول (1) في نهاية التقرير.

### 2.1 مشروع التغذية الاصطناعية بمياه الأمطار في منطقة الرميثة:

نفذ هذا المشروع في العام 1984 بهدف تغذية طبقة الروس بمياه السيول المطرية التي تتجمع في منخفض الرميثة، حيث تم حفر بئري تغذية في تلك الطبقة لهذا الغرض. وأظهرت النتائج الأولية نتائج مشجعة فيما يتعلق بتحسن الملوحة وارتفاع مناسيب المياه الجوفية.

### 2.2 مقترح مشروع للتغذية الاصطناعية بمياه الصرف الصحي المعالجة في محطة توبلي:

طرحت فكرة هذا المشروع في العام 1990 في أعقاب توفر كميات مناسبة من مياه الصرف الصحي المعالجة (شكل 3)، وبالمقابل عدم استكمال المنشآت الزراعية ومستلزمات نقل هذه المياه إلى مناطق الاستخدام. وكان الهدف الرئيس من هذا المشروع هو الاستفادة من المياه المعالجة الزائدة عن احتياجات القطاع الزراعي عن طريق حقنها في طبقة الروس و أم الرضمة المالحة. واُقترح حفر بئر تجريبي في هذه الطبقة داخل الأراضي الحكومية التي تشمل محطة توبلي المركزية لمعالجة مياه الصرف الصحي، على أن يتم التفكير في مرحلة لاحقة في دراسة مدى إمكانية حفر بئر آخر في حوض الخبر، إذا ما طرأت تحسينات جوهرية على نوعية المياه المعالجة.




شكل (3) كميات المياه الجوفية ومياه الصرف الصحي المعالجة المستخدمة في الزراعة

### 2.3 مشروع التغذية الاصطناعية بمياه الأمطار في حوض الزلاق:

نفذ هذا المشروع التجريبي في العام 1991 بتنسيق مشترك بين وزارة الإسكان ووزارة التجارة والزراعة (آنذاك) ممثلة بإدارة مصادر المياه، وتضمن المشروع حفر ثلاثة آبار/ منها بئر تغذية وبأنابيب تغليف مثقبة لترسيب المياه من حوض التصريف إلى حوض الخبر، وبئر ثالث لمراقبة تغيرات مناسيب وملوحة المياه الجوفية وتقييم التجربة وتمثلت أهداف المشروع في زيادة المخزون الجوفي لحوض الخبر وحماية الأراضي الزراعية والمنشآت السكنية من أخطار فيضانات العواصف المطرية.

وجاءت النتائج الأولية مشجعة وإيجابية فيما يتعلق بارتفاع مناسيب المياه الجوفية وتحسن نوعية المياه، حيث سجلت مناسيب المياه في موقع المشروع ارتفاعاً قدره 0.92 متر، في حين انخفضت ملوحة المياه في الموقع من 5248 جزء في المليون إلى 3600 جزء في المليون، أي بنسبة تحسن وقدرها حوالي 32 %. الشكل (4) يوضح موقع مشروع حوض الزلاق، ويتم حالياً عمل تنظيف وصيانة للحوض ولآبار التغذية وتوصيل الآبار بغرفة المرشحات وأجهزة قياس تدفق المياه.

شكل(4): موقع مشروع التغذية الاصطناعية في حوض الزلاق

شكل(5): بناء غرفة ترشيح مياه الأمطار في موقع آبار التغذية بحوض الزلاق

### 2.4 مشروع التغذية الاصطناعية بمياه الأمطار ومياه الصرف المنزلي في منخفض البحيرة:

نفذ هذا المشروع من قبل الهيئة البلدية المركزية آنذاك بالتعاون مع إدارة مصادر المياه بوزارة التجارة والزراعة، وكان الهدف منه التخلص من مياه الأمطار ومياه الصرف الصحي المنزلي التي تتجمع في منخفض البحيرة عن طريق تخزينها في طبقة الروس – أم الرضمة بتقنية الحقن أو التسرب الطبيعي، وتضمن المشروع حفر ثلاثة آبار تغذية في الطبقة المذكورة، بحيث تتم الاستفادة من بئر المراقبة الواقع في المنطقة للحصول على المعلومات اللازمة لتقييم التجربة.

في بداية المشروع تم ضخ كميات كبيرة من المياه في البئر الأول ولكن لم تقيّم النتائج بصورة علمية، وبرزت أثناء تنفيذ التجربة صعوبات ومشكلات فنية، مما تطلب تغيير خطة العمل أكثر من مرة لتفادي تلك الصعوبات.

**2.5 مشروع التغذية الاصطناعية بمياه الصرف الصحي المعالجة في موقع هورة عالي:**

قامت إدارة مصادر المياه خلال العام 1995 بحفر بئرين للتغذية الاصطناعية في حوض الخبر بالقرب من الخزان الرئيسي لمياه الصرف الصحي المعالجة بمنطقة هورة عالي. وكان الهدف من هذا المشروع تغذية حوض الخبر بالفائض من مياه الصرف الصحي المعالجة.

**2.6 مشروع التغذية الاصطناعية بمياه العواصف المطرية في مدينة عيسى (شارع بغداد):**

يعتبر هذا المشروع التجريبي والذي نفذ بمنطقة مدينة عيسى في شارع بغداد (شكل 6)، المشروع الوحيد الذي تم التخطيط له وتصميمه وتقييمه بصورة علمية ومنهجية. وتضمنت مكونات المشروع حفر بئرين في حوض الخبر أحدهما بئر تغذية وآخر بئر مراقبة. كما تم استخدام بعض آبار المراقبة والآبار الخاصة القريبة من موقع المشروع لمراقبة مناسيب المياه الجوفية وملوحتها. وخلال عامي 1999 و2000، تم توسيع نطاق المشروع بحفر بئرين إضافيين للتغذية.

شكل (6) المشروع التجريبي لتغذية المياه الجوفية بمياه العواصف المطرية في مدينة عيسى (شارع بغداد)

وتم تشغيل المشروع لتحقيق هدفين هما:

1. التغلب على مشكلة الفيضانات في مدينة عيسى (شكل 7).
2. زيادة مخزون المياه الجوفية في طبقة الخبر.

شكل (7) تجمع مياه العواصف المطرية في شارع بغداد بمدينة عيسى سنة 1993م

**2.7 مشروع التغذية الاصطناعية بمياه السيول في الرفاع الغربي/جري الشيخ (شارع ولي العهد):**

نفذ هذا المشروع في عام 1998 بالتنسيق بين الهيئة البلدية المركزية آنذاك ووزارة الأشغال والزراعة، وبالتعاون مع وزارة الإسكان ومديرية الأشغال العسكرية بقوة دفاع البحرين. وجاءت فكرة المشروع في أعقاب حدوث فيضانات كبيرة من مياه العواصف المطرية في المناطق المحيطة بشارع ولي العهد. وجرى تفضيل خيار التخلص من

هذه المياه عن طريق ترشيحها إلى المياه الجوفية. وبعد دراسة الموضوع الطبوغرافي والهيدروجيولوجي في المنطقة اقترح أن يكون ذلك إما عن طريق تقنية حفر الترشيح أو تقنية حفر الترشيح مع عمود التغذية.

**2.8 مشروع التغذية الاصطناعية بمياه الصرف الصحي المعالجة في المنطقة الغربية:**

بدأ العمل في تنفيذ هذا المشروع في العام 1999 في إطار المرحلة الثانية من مشروع إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة لأغراض الري، بالتعاون بين وزارة شئون البلديات والزراعة ووزارة الأشغال. وتضمن المشروع حفر بئرين للتغذية في طبقة الروس – أم الرضمة في منطقتي الهملة والدمستان في إطار البرنامج المقترح لحفر 32 بئراً للطوارئ (للاستخدام لأغراض الري في حالة توقف أو نقص الإمداد من مياه الصرف الصحي المعالجة). وكان التصور الأولي هو أن يبدأ المشروع التجريبي بهذين البئرين على أن تعمم التجربة في مناطق أخرى إذا ما ثبت نجاحها.

**2.9 مشروع التغذية الاصطناعية بمياه الصرف الصحي المعالجة في موقع هورة عالي:**

جرى تنفيذ هذا المشروع في موقعين بمدينة زايد بالتنسيق بين وزارة شئون البلديات والزراعة ومديرية الأشغال العسكرية بقوة دفاع البحرين، وبالتعاون مع إدارة الطرق بوزارة الأشغال. وكغيره من مشاريع التغذية، كان الهدف من المشروع هو التغلب على أو الحد من أضرار مشكلة الفيضانات في المنطقة، وفي نفس الوقت تغذية المياه الجوفية بمياه الأمطار. وتم بهذا الغرض حفر بئرين للتغذية في العام 2000 في طبقة الخبر.

**2.10 مشروع التغذية الاصطناعية بمياه العواصف المطرية في مدينة عيسى (شارع الدوحة):**

شرع في تنفيذ هذا المشروع في العام 2007 في موقعين بشارع الدوحة بمدينة عيسى، بواسطة أربعة آبار (بئر للتغذية وبئر للمراقبة في كل موقع)، وبالتنسيق بين وزارة شئون البلديات والزراعة وزارة الأشغال. وبدأ التشغيل الفعلي للمشروع التجريبي في العام 2009 حيث تم تصميم برنامج متكامل للمراقبة لمرحلتي قبل بدء المشروع وبعد التشغيل الفعلي للمشروع. يسير المشروع بصورة منهجية على غرار المشروع التجريبي بمدينة عيسى (شارع بغداد).

**2.11 مشروع التخزين الجوفي الإستراتيجي للفائض من مياه التحلية في المحرق والسلمانية:**

يهدف هذا المشروع إلى الاستفادة من الفائض من المياه المحلاة التي تتوفر في أوقات الاستهلاك العادي Average demand من خلال حقنها في الطبقة المائية الرئيسية وبالتالي توفير مخزون مائي جوفي إستراتيجي للطوارئ. وبدأت فكرة المشروع في العام 2008 بالتنسيق بين وزارة شئون البلديات والزراعة وهيئة الكهرباء والماء، حيث أعد تقرير حول المشروع واختيرت بعض محطات الضخ التابعة للهيئة (السلمانية والماحوز) للبدء بتنفيذ تجارب الحقن. وجاء تفضيل هذه المواقع وفقاً لاعتبارات هيدورجيولوجية وهيدروكيميائية.

**2.12 مشروع التغذية الاصطناعية بمياه الصرف الصحي المعالجة في مواقع مختارة (مشروع تحت الدراسة):**

شرعت وزارة الأشغال في عام 2011 بتبني مشروع طموح لتغذية المياه الجوفية بمياه الصرف الصحي المعالجة التي تزيد على متطلبات الري. وأعدت وثيقة مناقصة للمشروع، ونوقشت في ورشة عمل ضمت كافة الجهات المعنية بالمياه.

ومن المتوقع أن تشتمل الدراسة على ثلاث مراحل هي: مرحلة الجدوى ومرحلة تصميم المشاريع التجريبية واختيار المواقع وإجراء الاختبارات، تليها مرحلة المرور إلى المرحلة العملية التي ستتضمن تنفيذ مشاريع التغذية الكاملة في حالة ثبوت نجاح المشاريع التجريبية.

جدول (1) ملخص بأنشطة التغذية الاصطناعية للمياه الجوفية في مملكة البحرين

| المشروع | تاريخ تنفيذ المشروع | موقع المشروع | مصدر مياه التغذية |
|---|---|---|---|
| 1 | 1984 | الرميثة | مياه أمطار/سيول مطرية |
| 2 | 1990 | توبلي | مياه صرف صحي معالجة |
| 3 | 1992 | حوض الزلاق | مياه أمطار/سيول مطرية |
| 4 | 1993 | منخفض البحيرة | مياه أمطار وصرف صحي |
| 5 | 1995 | هورة عالي | مياه صرف صحي معالجة |
| 6 | 1995 | مدينة عيسى (شارع بغداد) | مياه أمطار/سيول مطرية |
| 7 | 1998 | شارع ولي العهد | مياه أمطار/سيول مطرية |
| 8 | 1999 | المنطقة الغربية (الهملة ودمستان) | مياه صرف صحي معالجة |
| 9 | 2000 | مدينة زايد | مياه أمطار |
| 10 | 2007 | مدينة عيسى (شارع الدوحة) | مياه عواصف مطرية |
| 11 | 2009 | المحرق والسلمانية والماحوز | الفائض من مياه التحلية |
| 12 | 2011 | ستحدد مواقع المشروع وفقاً لمخرجات الدراسة | مياه صرف صحي معالجة |

## 3 ـ الخاتمة والتوصيات:

انطلقت التجربة البحرينية في مجال تغذية المياه الجوفية منذ منتصف الثمانينيات من القرن الماضي. ولكن من الملاحظ إن معظم أنشطة تغذية المياه الجوفية أتت انطلاقاً من بعض المشاكل التي تواجهها بعض القطاعات مثل الفيضانات الناتجة عن العواصف والسيول المطرية والمشاكل البيئية الناشئة عن فوائض مياه الصرف الصحي المعالجة. ولتحقيق الفائدة القصوى من هذه المشاريع، ينبغي الحرص على أن تكون غالبية تلك الأنشطة مشاريع قائمة بذاتها. إن دراسة الوضع الجيولوجي والهيدروجيولوجي بصورة دقيقة والتعمق في الدراسات التحضيرية ودراسات الجدوى قبل الشروع في تنفيذ مثل هذه المشاريع ضروري لتفادي أي تأثيرات سلبية على أنظمة المياه الجوفية.

إن مشاريع تغذية المياه الجوفية في حاجة إلى وجود برامج مراقبة نظامية معتمدة على أنظمة وشبكات رصد فعالة تساعد على تتبع التغيرات التي تطرأ على ملوحة المياه ومعرفة تغيرات المناسيب لتحدد تغيرات المخزون ومعدلات حركة المياه الجوفية واتجاهاتها، الأمر الذي يسهم في استمرار وتقويم تلك المشاريع والتجارب وتطويرها. كما أنه من المهم إيجاد نظام مبكر لحماية الأوضاع الهيدروجيولوجية الطبيعية من التدهور بفعل عمليات التغذية وبالذات عند استخدام المياه المحلاة كمصدر للتغذية، واعتماد إجراءات صارمة في إعادة استثمار المياه المحقونة المتأتية من مصادر مائية أخرى كمياه الصرف الصحي المعالجة ومياه العواصف والسيول المطرية. وعلى الدوام ستظل الحاجة ماسة لاستمرار تدفق المعلومات وإيجاد درجة عالية من التنسيق بين الجهات المعنية والجهات القائمة على التنفيذ لتحسين وزيادة كفاءة منظومات التغذية الاصطناعية.

# حصاد المياه والتغذية الجوفية في الجمهورية التونسية

المهندس/ نجيب السعدي

| منظمة الأغذية والزراعة – برنامج التعاون مع الحكومة الإيطالية | |
|---|---|
| تسمية المشروع | تنمية تقنيات حصاد المياه على نطاق صغير بالمناطق القاحلة |
| رقم المشروع | GCP/INT/092/ITA |
| الجهة المانحة | الحكومة الإيطالية |
| الجهات المكلفة بالتنفيذ | وزارة الفلاحة و الموارد المائية والثروة السمكية ببوركينا فاسو ـ وزارة الفلاحة بالجمهورية التونسية |
| المدة | سنتان |
| تاريخ انطلاق المشروع | فبراير 2012 |
| مساهمة الجهة المانحة | 1.600.000 USD |

## الإشكاليات المطروحة على المشروع:

التدهور المتزايد والمتواصل للموارد الطبيعية من مياه وتربة نتيجة للتغيرات الاجتماعية والاقتصادية والعوامل الطبيعية للتدهور تقتضي ضرورة ترشيد إدارة هذه الموارد.

ولذلك من المهم تحسين مستوى معرفة الممارسين وصناع السياسات في مجال حصاد مياه الأمطار والإمكانيات التي تتيحها كإستراتيجية لتأقلم السكان في المناطق القاحلة.

## الجهات المتدخلة والمنتفعون من المشروع:

- بصفة عامة، سيستفيد من المشروع المؤسسات الوطنية للبلدان القاحلة وخاصة في إفريقيا، التي تسعى لتطوير إستراتيجياتها للتكيف مع التغيرات البيئية والمناخية.
- وبشكل خاص، فإن المشروع سيعود بالنفع على سكان منطقة تاشين بمطماطة بالبلاد التونسية و منطقة دوري بببوركينا فاسو .

## الإطار المنطقي للمشروع:

### تأثير المشروع:

المساهمة في الحد من الفقر الريفي وانعدام الأمن الغذائي بمناطق الأراضي الجافة من خلال التثمين والإدارة المستدامة لحصاد مياه الأمطار على نطاق ضيق لتحسين توفر المياه للزراعة.

### التأثيرات المباشرة للمشروع:

تعزيز مهارات المؤسسات الوطنية بالبلدان القاحلة على تقنيات حصاد المياه في النظم الزراعية والرعوية.

## الإطار المنطقي للمشروع:

### المخرجات:

المخرج الأول (1):

إنجاز دراسة حول حالة أنظمة حصاد المياه في البلدان القاحلة وآفاق تطويرها من قبل فريق من الخبراء والتصديق عليها من طرف المؤسسات الوطنية والخبراء الدوليين.

المخرج الأول (2):

تحسين نظم حصاد المياه في بلدين من المناطق القاحلة (بوركينا فاسو وتونس)، من أجل ضمان الأمن الغذائي المحلي والإدارة المستدامة للأراضي.

### المخرجات الفرعية:

- وضع خطة عمل تشاركية لتحسين فرص الوصول وإدارة منسقة للمياه في كل مناطق التدخل.
- تنفيذ التهيئة المائية والزراعية لتحسين الوصول إلى المياه وإدارتها.
- تكثيف وتنويع الإنتاج الزراعي في كل مناطق التدخل.
- تعزيز القدرات التنظيمية والتقنية للمؤسسات المحلية.

### الأنشطة:

- زيادة الوعي لدى المجتمعات الريفية بأهمية المشروع.
- إعلام و تحسيس المتساكنين حول المشروع.
- القيام بتشخيص تشاركي سريع وتخطيط إجراءات لتحسين حصاد المياه لإنتاج المحاصيل الزراعية والحيوانية والتدابير المصاحبة لها.
- وضع خطة عمل تشاورية بين جميع المستفيدين.
- إعداد الدراسات الفنية لتنفيذ أشغال الأعمال الفنية.
- التعاقد العقاري.
- إنجاز أشغال التهيئة (إعادة تأهيل وتحديث الجسور والطوابي) والتدابير الإضافية مثل زراعة الأشجار والمسالك الزراعية.
- وضع خطة لإدارة موارد المياه والمنشآت.
- تحديد الاحتياجات في مجال التكوين وتدريب المنتجين والمجموعات المسؤولة.
- تعزيز الحكم المحلي.
- إنتاج المواد التعليمية والمعلومات.
- تنظيم تبادل الزيارات بين مواقع المشروع ومواقع أخرى.
- تدريب الفنيين وباقي المتدخلين في المشروع.
- إرساء نظام إدارة المعلومات ومتابعة المشروع.
- دعم البحوث الحقلية.

## المناطق المستهدفة:

| منطقة تدخل المشروع | أشغال التهيئة المتوقعة |
|---|---|
| منطقة تاشين من ولاية قابس | - تحديث الجسور والطوابي<br>- إصلاح الأخاديد<br>- الغراسات المثمرة<br>- المسالك الزراعية<br>- إحداث نقاط ماء |

## مستويات تدخل المشروع:

تشمل تدخلات المشروع مستويات مختلفة:

- على الصعيد العالمي، تثمين ونشر إمكانات نظم حصاد المياه لتحقيق الأمن الغذائي والإدارة المستدامة للنظم الإيكولوجية.
- على الصعيد الوطني، فإن المشروع يهدف إلى دمج نظم حصاد المياه في الخطط والسياسات التنموية الوطنية.
- على الصعيد المحلي، يهدف المشروع إلى تحسين نظم حصاد المياه على مستوى المجتمعات المحلية.

## منهجية عمل المشروع:

- المشروع المقترح يستند إلى المنهجية المستخدمة في المشروع ITA/028/1NT/GCP المرتكزة على التنمية المحلية، التشاركية والتفاوضية.
- سيتم اعتماد منهج المشاركة بين المستفيدين من جانب المؤسسات المحلية، ثم قيام ورشة عمل بالمشروع 28/2/2012م.
- ثم بمشاركة المستفيدين يتم تشخيص المشاكل، ثم إنجاز الخطة التنموية ثم قيام ورشة لمناقشة خطط التنمية يومي 20 و21 ديسمبر 2012.
- الشروع في إعداد الخطوط المرجعية لإعداد دراسة حول حالة أنظمة حصاد المياه في البلدان القاحلة وآفاق تطويرها.

# تجميع وحصاد المياه الجوفية الاصطناعية بحوض قالمة بوشقوف في الجمهورية الجزائرية

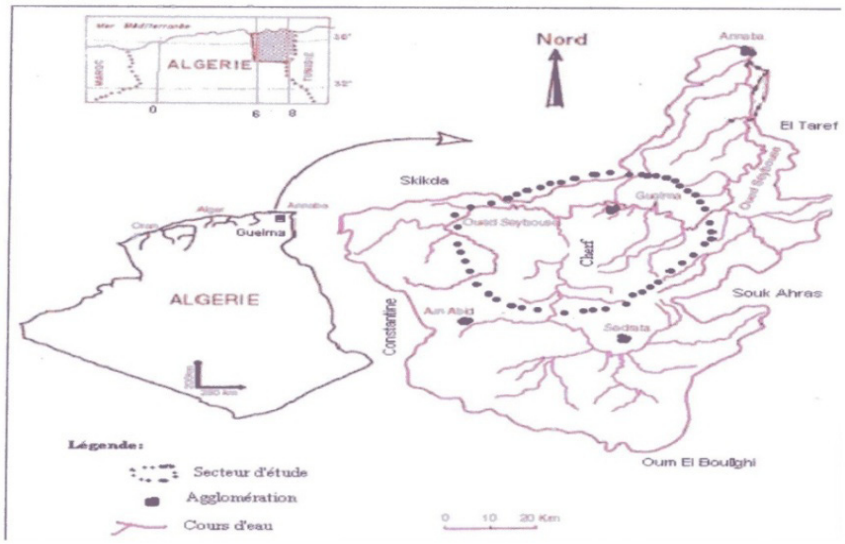
المهندس/ محمد زين الدين زموش


## الملخص:

- المياه مهددة تهديداً نوعياً وكمياً رغم إنجاز سدود جديدة واللجوء إلى تحلية مياه البحر.
- الجزائر ستسجل عجزاً مائياً ب 0،1 مليار متر مكعب على مدى سنة 2025 ميلادي.
- ضياع كمية كبيرة من المياه بسبب الملوحة الناجمة من تقدم مياه البحر على مستوى المياه الجوفية المحاذية للشواطئ وتأثيرها في الصخور نتيجة عملية الغسيل على الطبقات الجيولوجية المؤثرة سلبياً على نوعية الموارد المائية.
- نذكر بالنسبة لمقاييس المنظمة العالمية للصحة بأن المياه ذات نسبة معدنية كبيرة غير منصوح بها للاستهلاك أما بالنسبة لاستعمال هذه المياه للسقي ينجم عنها اختناق النبات.
- يتضح بأن شمال الجزائر به عجز من جهة نقص الموارد المائية، في نفس الوقت أن حاجيات الماء في ازدياد من جهة أخرى وحجم المياه المخزنة في نقص وهذا لعدة أسباب طبيعية و بشرية التي تمس منشآت التنقيب المستقبلية المراد إنجازها.
- تعالج في هذه الدراسة أهم المشاكل التقنية التي تمس كمية ونوعية الموارد المائية وهي كالتالي:
- تبخر السدود، تسربات ضفاف وحوض تجميع مياه السدود، تسربات مياه البحر على مستوى المياه الجوفية الشاطئية، وبعد ذلك سنحاول إعطاء بعض الاقتراحات للحفاظ على الموارد المخزنة وزيادتها القصوى وهذا لتغطية حاجيات المياه والرفع منها.


## مقدمة عن منطقة الدراسة:

منطقة قالمة الواقعة على مسافة 116 كلم شرقاً عن ولاية قسطنطينة و65 كلم جنوب غرب عنابة و77 كلم غرب من سوق اهراس و537 كلم شرق عاصمة الجزائر، الارتفاع المتوسط لهذه المنطقة 290م تغطي مساحة 4101 كلم$^2$ (المصدر الوكالة الوطنية للموارد المائية 2005).




رسم بياني للموقع الجغرافي رقم 01

## التضاريس العامة:

تتكون أكثر من 32.82 % من الجبال من أهمها:

ماونة: نقطة ارتفاع 1411 م.

هوارة: نقطة ارتفاع 1292 م.

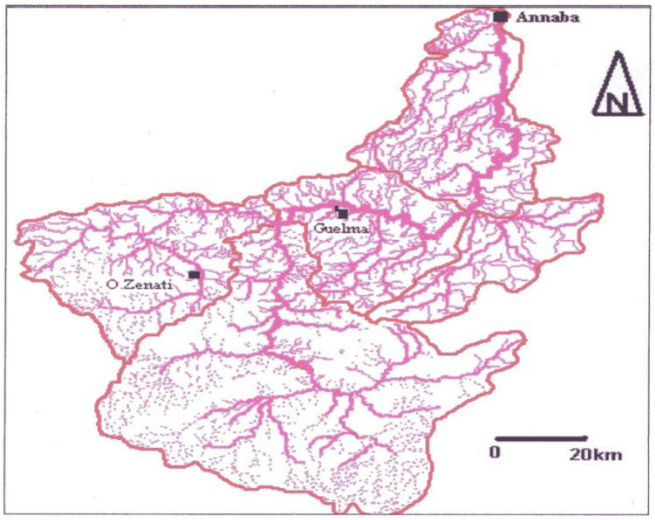
طاية: (بوهمدان) نقطة ارتفاع 1208 م.

دباغ: نقطة ارتفاع 1060 م.

باقي التضاريس مكونة من السهول والسهوب 27.22 %، سفوح الجبال 26.29 %.

## الشبكة الهيدرولوجية:

الشبكة مكثفة ومتشعبة متكونة أساساً من وادي سيبوس وروافده التي تسمح بصرف وتجميع المياه على مساحة 6471 كلم$^2$ لتصب في البحر الأبيض المتوسط غرب مدينة عنابة، هذا جزء من الحوض الساكب لقسنطينة. سيبوس، ملاق- المصدر (الوكالة الوطنية للموارد المائية 2005).




الرسم البياني للشبكة الهيدروغرافية رقم 02

الشبكة الهايدرولوجية تمر على محاور أساسية على مستوى طبقات MARNES سهلة التفكيك الواقعة في الجهة الشمالية الشرقية من التراب الوطني حوض سيبوس يمتد على مسافة قدرها 240 كلم.

ويشمل 86 بلدية و7 ولايات شرق الجزائر هي: عنابة، الطارف، قالمة، سكيكدة، أم البواقي، قسنطينة وسوق أهراس .

## جيولوجيا:

الطبقات المدروسة هي حوض مملوء ALLUVIUM متكون من مستويات عليا ومتوسطة وPLIO QUATERNARY منخفضة على انكسارات على الضفة اليمني لواد سيبوس، تربتها موجودة ضمن محيط السقي به نشاط فلاحي مكثف واستعمال المخصبات الكيميائية بكثافة وبطريقة غير مدروسة.

في المناطق العليا المياه الجوفية مغذاة من تساقط مياه الأمطار ومن المياه الجوفية الواقعة في المناطق العليا للجريان على ارتفاع متوسط (300 م)، فترة الصيف تكون مغذاة بمياه السقي مصدرها وادي سيبوس.

## الإشكاليات الموجودة:

- شمال شرق الجزائر كان مزوداً بمياه شرب للسكان من خلال المياه الجوفية ALLUVIAL الاستعمال الزائد لهذه الطبقات للمياه الجوفية المذكورة لا تسمح بتغطية حاجيات كل القطاعات ولهذا السبب تم إنجاز سد بوهمدان.

ـ الطبقة المذكورة هي جزء من محيط السقي التي تعتمد فيها طريقة سقي الرش المحوري الذي يسهل عملية الغسيل وتحويل مختلف الأسمدة والمخصبات الكيميائية المستعملة نحو المياه الجوفية على مستوى المنطقة غير المشبعة عبر المجاري المائية.

هذه الطبقة معرضة للتلوث الفلاحي ANTHROPIOGENIC من جهة وانخفاض مستوى المياه الجوفية الناتجة عن الاستغلال المفرط وعجز المورد المائي في إعادة التعبئة والتجديد من جهة أخرى.

## الاقتراحـــات:

بناءً على كل هذه الإشكاليات هناك أربعة محاور رئيسية:

1. تخصيص المياه الجوفية لتزويد السكان بمياه الشرب فقط أو بعض من الصناعات النوعية المطلوبة.
2. اللجوء لطريقة عقلانية من الكم باستعمال طبقة جوفية كوارتس في بعض من القطاعات التي عندها عجز.
3. وضع سياسة إعادة تهيئة طبقة المياه الجوفية مبسطة حسب طبيعة المياه الجوفية المتدهورة.
4. ضرورة وضع معاينة ميدانية للأحواض الجوفية وإنجاز خريطة مبسطة حسب الطبيعة الجيولوجية لطبقات الأرض لأهدافها الثلاثة.

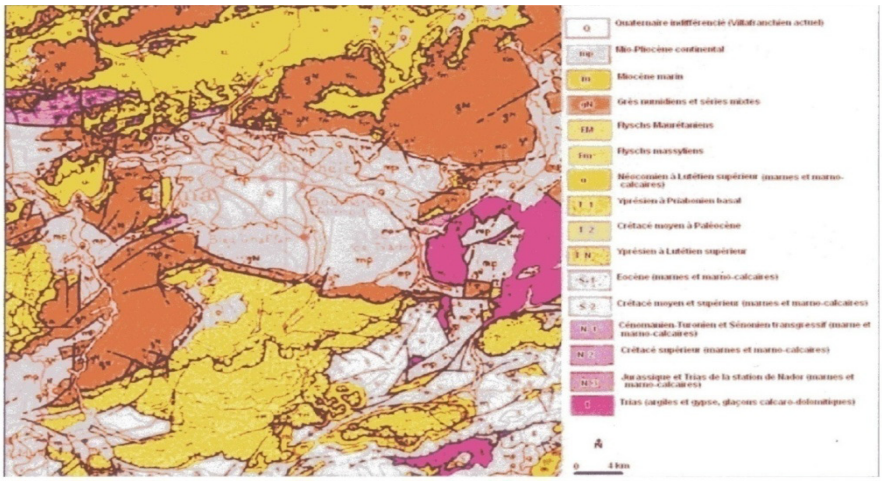
**تقييم قدرات هذه الطبقات كموارد مائية إنتاجية تحدد شيئين:**

أهمية حجم المورد المائي الموجود في الطبقة، وأهمية الكميات القادرة للاستخراج بالضخ.

1. تشخيص مشاكل نوعية المياه والتركيب الكيمائي لها علاقة مباشرة على التركيبة المينرالوجية للأراضي المستغلة ولكن تبادل المياه الجوفية بالمياه السطحية الطبيعية (مجاري مائية، بحر، مستنقعات، سبخات مالحة) أن تكون محملة بمواد كيميائية منها SULFATE أو CHLORINE وتكون غير صالحة للاستهلاك ولهذا نوعية المياه معرضة إلى التلوث من جراء النشاطات البشرية الفلاحية والصناعية.
2. إجراء تقييم استعمال درجة منح طبقات هذه المياه بالتعريف بمصادر أخذ المياه الجوفية.

بالنسبة إلى الحالة الموجودة، القاعدة السطحية لطبقة المياه الجوفية المتوسطة هي مغذية لوادي سيبوس على طول ضفافه وعلى مدى السنة كاملة بإجراء عملية صب المياه على مجاري هذا الوادي من سد بوهمدان 220 مليون م$^3$، أما بالنسبة للقاعدتين المتبقيتين القصوى والدنيا نقترح ما يلي:

- السقي المحوري يسمح بتغذية طبقة المياه الجوفية في فترة الصيف.
- إنجاز منشآت التخزين (حواجز مائية) على شكل منحنى على طول مجرى الوادي وطول طبقة المياه الجوفية.
- إنجاز آبار عميقة لضخ المياه مع مراعاة مميزات الطبقة السطحية الجوفية (منطقة قابلة النفود، تسرب إلى الأعماق شكل قاعدة الطبقة واتجاه جريان المياه).
- الاستعمال العقلاني للأسمدة والمخصبات الكيميائية.
- إنشاء محيطات لحماية طبقة المياه الجوفية.



الرسم البياني الجيولوجي رقم 03

# حصد وخزن مياه الأمطار والسيول في المملكة العربية السعودية وجهود معهد الأمير سلطان لأبحاث البيئة والمياه والصحراء

الدكتور/ عبد العزيز محمد بسام

## المقدمة:

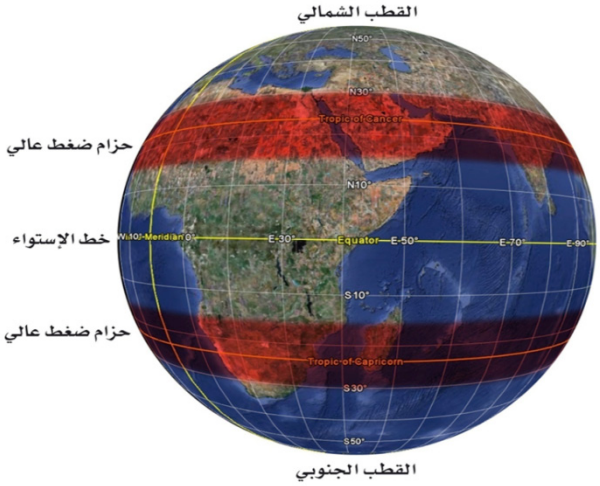
اتبعت أساليب حصد وخزن مياه الأمطار والسيول منذ زمن بعيد وثبت نجاحها في كثير من الدول ذات البيئة الجافة أو المطيرة. كما تم استخدامها من قبل بعض المنظمات الدولية وبصورة خاصة منظمة الأغذية والزراعة الدولية (FAO) التي توصي باستخدام هذه الأساليب باعتبارها الأكثر أهمية للزراعة المروية في المناطق الجافة وشبه الجافة.

وهناك أساليب مختلفة في حصد وخزن مياه الأمطار والسيول ففي الدول المطيرة التي يكثر فيها سقوط الأمطار تستخدم خزانات بأحجام مختلفة من الخرسانة أو البلاستيك أو الأسفلت لتجميع المياه. وتعتبر هذه الأساليب مكلفة إلا أن كميات الأمطار وتكرار تساقطها يجعل استخدامها اقتصادياً.

بينما تتسم الجزيرة العربية والمناطق الجافة بصفة عامة بظروف مناخية وبيئية جافة في معظم الأوقات تتخللها بعض الفترات القصيرة من الهطول المطري الغزير الذي تسيل على إثره الأودية والشعاب مما يحتم ضرورة الحد من مخاطر هذه السيول والاستفادة من المياه وتقليل فقدها بالتبخر نتيجة لتعرضها لدرجات حرارة مرتفعة باستخدام أساليب غير مكلفة اقتصادياً كحصد وخزن مياه الأمطار والسيول وبشكل يناسب تلك الظروف المناخية.

## مسببات الجفاف الرئيسية:

1- الحرارة العالية مع قلة الأمطار.
2- الحواجز الجبلية.
3- أحزمة الضغط العالية. ويعتبر هذا العامل من أهم العوامل المسببة للجفاف في موقعين حول الكرة الأرضية تقع في المناطق ما بين خطي عرض 15 و 30 شمال وجنوب خط الاستواء. ويعود ذلك إلى أن الرياح الدافئة المشبعة ببخار الماء والماطرة حول مناطق خط الاستواء تبدأ رحلتين تجاه القطب الشمالي والقطب الجنوبي بسبب دوران الأرض حول محورها. وما تلبث هذه الكتل الهوائية الهائلة وهي في طريقها إلى الشمال والجنوب أن تبرد وتثقل متسببة في إيجاد مناطق مرتفعات جوية كبيرة حول المناطق المذكورة أعلاه. تتسبب هذه الكتل الهوائية الباردة بإذن الله في منع الهواء المشبع ببخار الماء في تلك المناطق من الارتفاع لكي تزداد رطوبته النسبية ويتساقط على شكل مطر.



## التغير المناخي :

### أولاً: الأسباب الرئيسية للتغير المناخي:

1ـ تزايد تركيز الغازات الدفيئة (ثاني أكسيد الكربون، الميثان، أكسيد النيتروز، كلورو فلورو كربون ) في الغلاف الجوي.
2ـ تزايد تركيز ونشاط الشوائب والعوالق Aerosols التي تنتشر في الغلاف الجوي وتمتص الإشعاع الشمسي والأشعة تحت الحمراء. وهي تعمل على تغير الخصائص الفيزيائية والكيميائية للغيوم وتقلل من فرصة بقائها في الجو وتساعد على هطول الأمطار.
3ـ الاستخدام السيئ للأراضي حيث يساهم قطع أشجار الغابات في زيادة الأشعة المنبعثة من الأرض. ويمثل التغير في استخدام الأرض بصفة عامة ما يقارب خُمس تأثير انبعاث الغازات الدفيئة .

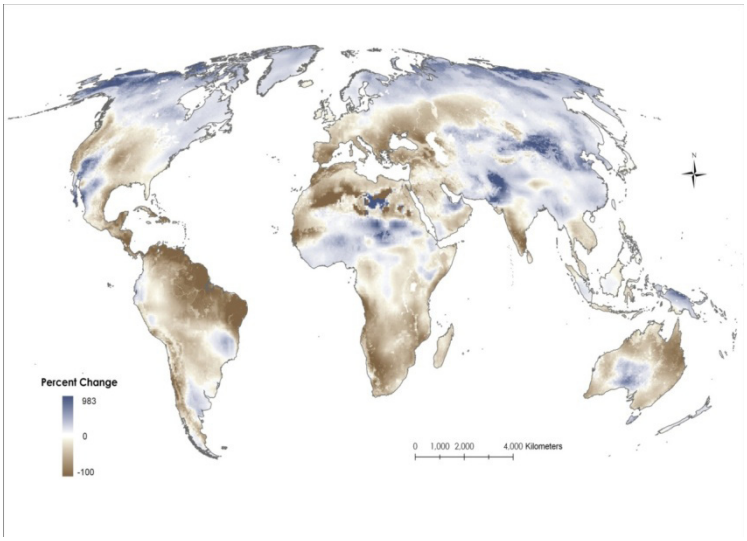
### ثانياً: التغير المناخي وعلاقته بالجفاف:

أجريت دراسات مستفيضة منذ عدة عقود تشير إلى أن الا نحباس الحراري سوف يتسبب في تغير ملحوظ في أنماط هطول الأمطار في العالم حيث أن هناك مناطق سوف يهطل عليها أقل أو أكثر من المعدلات السنوية.

وبينت الدراسات التي أجريت في كل من جامعة ستنافورد، ووكالة الفضاء الأمريكية (ناسا) واللجنة الحكومية للتغير المناخي (IPCC) التابعة للأمم المتحدة وجهات دولية عديدة منها ما يلي:

- أماكن سوف تكثر فيها الأمطار بنسبة 983 % .
- أماكن سوف تقل فيها الأمطار100 % .
- أماكن سوف تقل أو تزداد فيها الأمطار بنسب مختلفة.

وتدل هذه الدراسات إلى توقع زيادة معدل سقوط الأمطار على وسط وشرق الجزيرة العربية بأكثر من 25 % خلال العقود القليلة القادمة بإذن الله كنتيجة للتأثيرات الناتجة عن التغيرات المناخية.




التغير المتوقع في توزيع سقوط الأمطار خلال الفترة من 1990 ـ 2060م

من هذا المنطلق وجب البحث عن إستراتيجيات عملية للاستفادة من مياه الأمطار والسيول التي تهطل على المملكة العربية السعودية وخاصة في ظل الزيادة المتوقعة بإذن الله ومن أهم هذه الإستراتيجيات أساليب حصد وخزن مياه الأمطار والسيول. وتبرز أهمية هذه الإستراتيجيات في حالة المناطق التي من المتوقع زيادة معدل سقوط الأمطار فيها، وتبرز أهميتها بشكل أكبر في المناطق التي ستعاني من نقص الأمطار للحد من توسع ظاهرة التصحر. وتعتبر أساليب حصد وخزن مياه الأمطار والسيول من الوسائل الهامة في الاستفادة من تلك المياه. وقد اتبعت هذه الأساليب

منذ زمن بعيد وثبت نجاحها في عدد من الدول المشابهة في بيئتها لظروف المملكة، ومن قبل بعض المنظمات الدولية، مما شجع على تطبيقها في المملكة وتطويرها بما يتناسب مع الظروف البيئية السائدة.

**أولاً: مشروع الملك فهد لحصد وخزن مياه الأمطار والسيول:**

قام معهد الأمير سلطان لأبحاث البيئة والمياه والصحراء في جامعة الملك سعود بالرياض بتصميم وتنفيذ مشروع الملك فهد لحصد وخزن مياه الأمطار والسيول منذ عام 1425هـ (2004م) وحظي بدعم وموافقة صاحب السمو الملكي الأمير سلطان بن عبد العزيز يرحمه الله.

## الهدف من المشروع:

1. زيادة المصادر المائية في المملكة.
2. الاستفادة من مياه الأمطار والسيول بخزنها في الطبقات السطحية المتأثرة بالضغط الجوي (Atmospheric Aquifers) للمحافظة عليها من التبخر أو بتحويلها إلى غدران اصطناعية لاستخدامها مباشرة ولفترات أطول وذلك لتأمين المياه لسكان القرى والهجر والبادية وسقي الماشية والمزروعات.
3. الحد من مخاطر السيول التي تحدث نتيجة للأمطار التي تسقط على المملكة بغزارة خلال فترات زمنية قصيرة.
4. إعادة تأهيل القرى والهجر اجتماعياً واقتصادياً للحد من الهجرة منها إلى المدن المزدحمة بسبب نقص المياه.
5. تحقيق الزراعة المستدامة في المناطق الزراعية التقليدية الواقعة على ضفاف الأودية التي تتمتع بتربة رسوبية خصبة والتي أصبحت تعاني من نقص الماء بسبب ضعف المخزون المائي لعدم استفادتها من مياه السيول.
6. تأمين مخزون إستراتيجي من المياه حول المدن والقرى للاستفادة منه وقت الحاجة.
7. تخفيف الضغط على المياه الجوفية العميقة الأزلية، مما يساهم في ترشيد استعمال المياه.

## مراحل تنفيذ المشروع:

اعتمدت خطة العمل في مشروع الملك فهد لحصد وخزن مياه الأمطار والسيول على أن يتم وفق ثلاث مراحل رئيسة:

1. المرحلة التجريبية.
2. مرحلة التقويم وتطوير الأداء.
3. مرحلة تعميم تنفيذ الأساليب المطورة على مستوى المملكة.

## إستراتيجيات تنفيذ المشروع:

1. إنشاء غدران اصطناعية (حفائر تخزينية) كبيرة تحول إليها مياه السيول المتدفقة في الأودية للاستفادة منها بدل ضياعها بالانتشار أو التبخر.
2. حفر آبار التغذية الاصطناعية في أحواض السدود لتغذية الطبقات الجوفية بمياه الأمطار والسيول.

**أولاً: الغدران الاصطناعية:**

**مواقع تنفيذ الغدران الاصطناعية:**

- ضرما.
- عشيرة سدير.

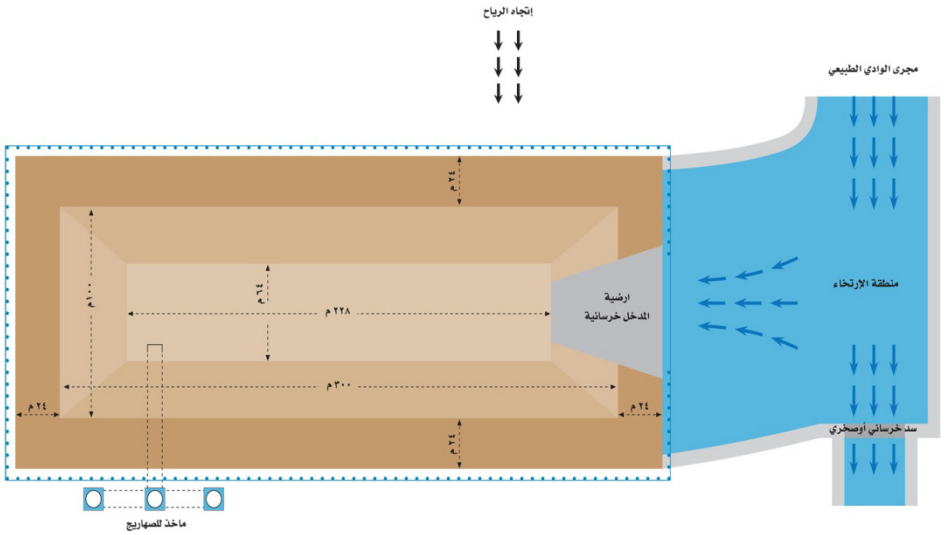
**اختيار موقع الغدير:**

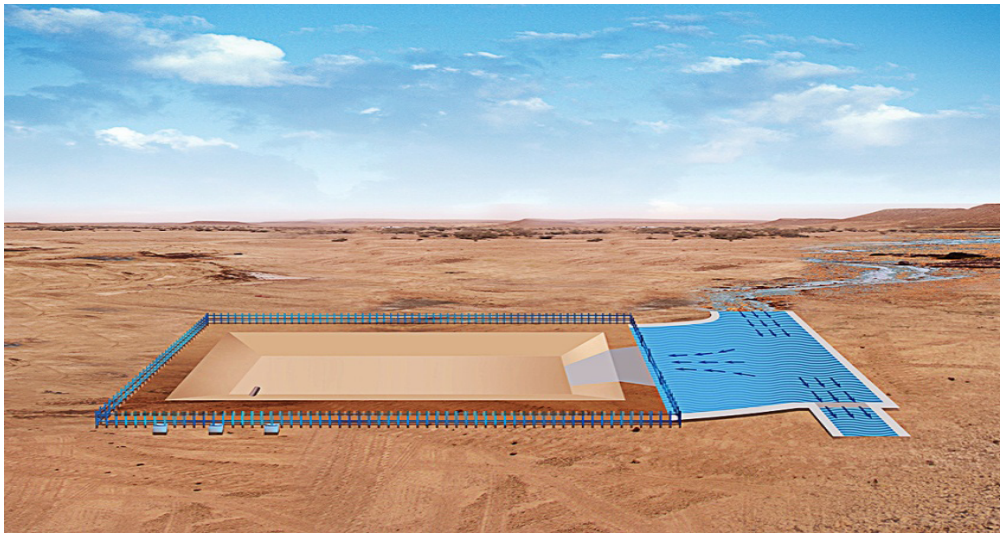
يتم اختيار وتحديد موقع الغدير بعد دراسة الظروف المناخية والوضع الطبوغرافي والهيدروجيولوجي والبيئي للمنطقة وحاجة السكان مع الأخذ بعين الاعتبار ما يلي:

1. القرب من أماكن تواجد القرى والهجر وسكان البادية ومربي الماشية.
2. القرب من ممر مائي غير عميق مرتبط بمساقط مياه واسعة تضمن جريانه لوقت أطول وبكميات مياه أغزر.
3. إنشاء الغدير بحيث يكون الضلع الأطول له متعامداً مع اتجاه الرياح السائدة في المنطقة لتقليل التبخر.
4. يجب أن تكون الأرض التي ينشأ عليها الغدير واسعة الامتداد غير صخرية لتفادي صعوبة الحفر إلى العمق المطلوب وتقليل التكلفة. كما يجب أن تكون التربة غير رملية لمنع تسرب المياه.

## المواصفات العامة للغدير :

1. طول الغدير 300 متر.
2. عرض الغدير 100 متر.
3. عمق الغدير حوالي 9 أمتار.
4. يتناقص الميل الجانبي لحفرة الغدير بنسبة 1: 5 نحو الأسفل.
5. يستفاد من الأتربة المزاحة من الغدير في تنفيذ عقوم حوله بعرض لا يقل عن 20 متراً وارتفاع لا يقل عن 2،5 متر لتخفيف أثر الرياح والحد من التبخر. كما تستخدم في إنشاء مناطق الارتخاء ( المناطق التي تستقبل مياه السيول المحملة بالطمي قبل دخولها إلى الغدير).
6. رص أرضية الغدير والميول الجانبية لتقليل النفاذية وتثبيت التربة.



إنشاء سد خرساني غير مكلف لحجز مياه المجرى المائي بارتفاع يعلو مدخل المياه إلى الغدير بحوالي 70 سم لكي يساعد في تجميع المياه بمنطقة الارتخاء قبل دخولها للغدير.

8. يجب أن لا يقل عرض مدخل الماء إلى الغدير عن 20 متراً وأن يتم رصفه بالأسمنت حتى قاع الغدير لمنع الانجراف.

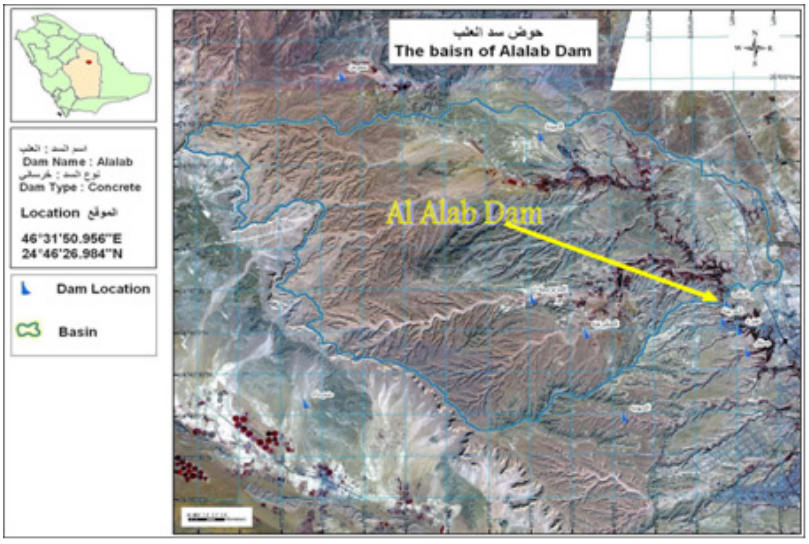
9ـ تثبيت أنبوب بقطر 18 بوصة يعلو أرض قاعدة الغدير بحوالي 20 سم يمتد أفقياً خارج الغدير لمسافة 25 متراً، حيث يتعامد معه أنبوب أفقي آخر يثبت عليه ثلاثة أنابيب رأسية بقطر 5 بوصات لتشكل مآخذ لسحب المياه من الغدير.

10ـ إقامة سياج يحيط بالغدير لمنع سقوط الأنقاض وللحماية من السقوط في مياهه والمحافظة عليها من التلوث، وإقامة شريط نباتي خارج السياج للحد من التبخر وتحسين بيئة المنطقة.

الغدير الاصطناعي في ضرما بعد سقوط الأمطار في ذي القعدة 1427هـ

## ثانياً: آبار تغذية الطبقات السطحية:

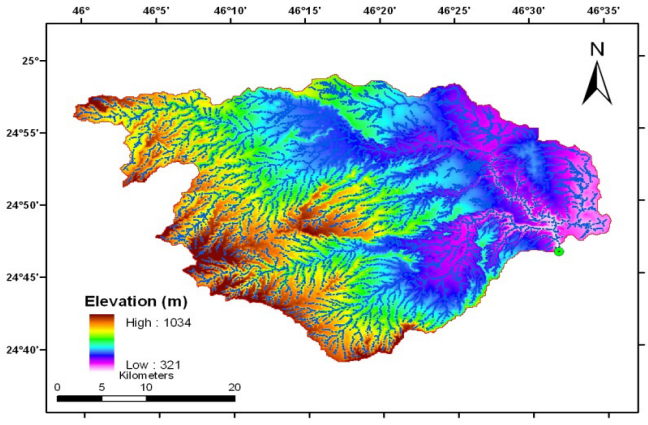
تم تنفيذ آبار تغذية الطبقات السطحية في أحواض سدود كل من :




1- العلب.
2- الحريق.
3- ضرما.
4- المزيرعه.
5- حريملاء.
6- المطيرفة.
7- الغاط.
8- الغيل بالأفلاج.
9- ثادق.
10- حوطة بني تميم.

مراحل تنفيذ التغذية السطحية:

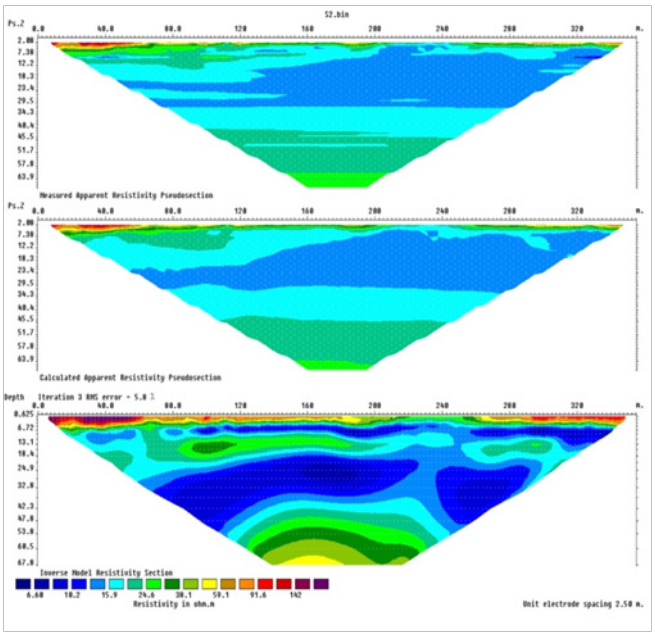
1- دراسة مجاري الأودية التي تصب في السد من خلال صور الأقمار الصناعية.
2- إعداد نماذج الارتفاعات الرقمية لمجاري الأودية.
3- إجراء الدراسات المورفومترية لحوض السد لتحديد حجم التصريف المائي المتوقع وبالتالي تحديد عدد آبار التغذية التي سيتم إنشاؤها في حوض السد.



| morphometric parameters | Abbr. | Unit | Value |
|---|---|---|---|
| Basin Area | A | $Km^2$ | 1291 |
| Total Stream Length (km) | Ct | km | 2515 |
| Basin Slope | BS | m/m | 0.07587 |
| Maximum Flow Distance | MFD | m | 75874 |
| Maximum Flow Slope | MFS | m/m | 0.00393 |
| Centroid Stream Distance | CSD | m | 38660 |
| Centroid Stream Slope | CSS | m/m | 0.00410 |
| South Aspect ratio | %SF | % | 0.42078 |
| North Aspect ratio | %NF | % | 0.57922 |
| Maximum Stream Length | MSL | m | 75477 |
| Maximum Stream Slope | MSS | m/m | 0.003595 |
| Basin Length | L | m | 57549 |
| Shape Factor (Circularity) | Shape | $mi^2/mi^2$ | 2.5662 |
| Sinuosity Factor | Sin | msl/l | 1.3115 |
| Perimeter | P | m | 253371 |
| Elevation | AVEL | m | 823 |
| Basin Centroid X | | m | 631821 |
| Basin Centroid Y | | m | 2747430 |
| Average Stream Slope | ASS | m/m | 0.02143 |
| Drainage Density | $D_d$ | $Km^{-1}$ | 1.948 |
| Relief | $H_b$ | m | 950 |
| Relief Ratio | R | | 0.0165 |
| Elongation | E | | 0.624 |

**نتائج الدراسات المورفومترية لحوض الوادي:**

1ـ الرفع المساحي لتعيين مناسيب سطح الأرض بالنسبة لمفيض السد وذلك بهدف تحديد المواقع المناسبة لحفر آبار التغذية وتركيب الأنابيب عليها وتحديد ارتفاعات المحابس المثبتة على كل منها.



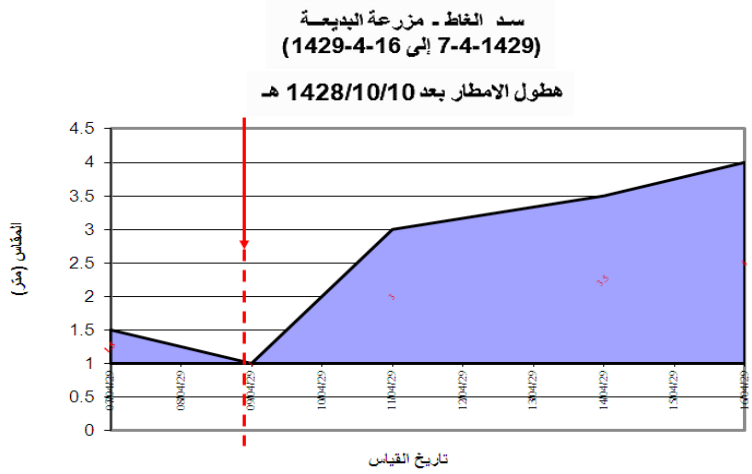
شكل يوضح نموذج لنتائج الدراسة الجيوفيزيائية للطبقات الرسوبية في حوض أحد السدود

2ـ إجراء الدراسات الجيوفيزيائية لمعرفة نوعية طبقات أحواض الخزن وسمكها.

3ـ حفر آبار التغذية بأعماق متفاوتة في حوض السد حسب طبيعة الطبقات الرسوبية.

4ـ تجهيز ثلاثة أنابيب تغذية طول كل منها 6 أمتار وقطر 18 بوصة ويشق في كل أنبوب حوالي 70 فتحة طولية بعرض 4 ملمترات وطول 50 سنتمتراً. ويتم وضع الأنابيب الثلاثة في البئر حتى عمق 18 متراً تحت سطح الأرض، ويعبأ الفراغ بين الأنبوب وجوانب البئر بكميات من البحص بحجم لا يتجاوز 2 سم مكعب. ويركب من الأعلى أنبوب تغذية رابع بطول 6 أمتار فوق سطح الأرض يثبت عليه ثلاثة محابس بقطر 8 بوصات على ارتفاع 50، 100، 150 سنتمتر على التوالي. وتصب قاعدة خرسانية بسماكة 50 سنتمتراً عند قاعدة الأنبوب الرابع على سطح الأرض لتثبيت الأنابيب ومنع التسرب وانهيار البئر.

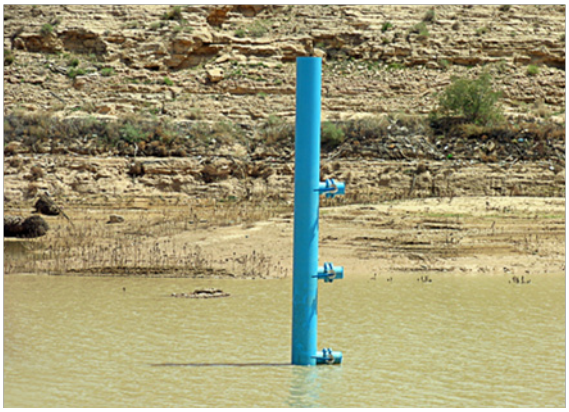
5ـ مراقبة مستوى الماء الأرضي في آبار المزارع المجاورة للسد قبل هطول الأمطار وبعد إجراء عمليات التغذية الاصطناعية التي تلي هطول الأمطار.



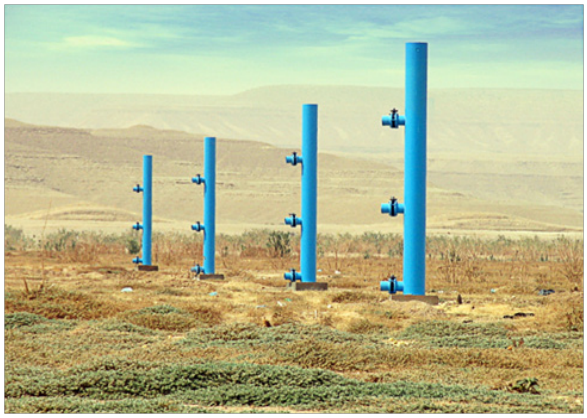

رسم توضيحي لتغير منسوب الماء في بئر المراقبة بمزرعة البديعة بالغاط

## نماذج من أساليب التخزين الجوفي المنفذة في المشروع :

**سد العلب بالدرعية :**



سد الحريق:



**سد ضرمـــا :**

### الملامح العامة لنجاح عمليات التغذية الجوفية :

1. انخفاض مستوى الماء في حوض السدود بنسب كبيرة خلال فترة وجيزة، وتخزين كميات كبيرة من المياه في الطبقات السطحية من الأرض وصلت إلى حوالي 7 ملايين متر مكعب في حوض سد الحريق.
2. ارتفاع مستوى الماء الأرضي في آبار المزارع القريبة من السدود وزيادة معدل الضخ فيها.
3. تحسن نوعية الماء وانخفاض نسبة ملوحته في آبار المزارع المجاورة وإلى مسافات تصل إلى 40 كم.
4. تحسن في نوعية ثمار الأشجار مثل النخيل والحمضيات وكذلك بعض البقوليات الحساسة للأملاح.
5. استمرار وجود الماء في معظم آبار المزارع لفترات أطول بكثير من الفترات التي سبقت تنفيذ المشروع. فقد أثبتت قراءات مناسيب آبار المزارع في كل من الدرعية والعمارية ارتفاعاً ملحوظاً في مستوى الماء الأرضي

بعد توقف هطول الأمطار بعشرة أشهر من آخر هطول مطري. وأثبتت التحاليل المخبرية أن مصدر هذه المياه هو عملية الخزن الجوفي التي اتبعت في أحواض سدود هذه المناطق إذ خلت من أية ملوثات كيميائية أو بكتريولوجية.

6- ساعد استخدام أساليب الخزن في الطبقات السطحية في أحواض السدود في الحد من الآثار السلبية لها في المناطق الجافة. كما أن تكلفة هذه الأساليب منخفضة مقارنة بالفائدة الكبرى التي يتم الحصول عليها.

## ثانياً: مشروع الأمير سلطان لإعادة تأهيل القرى والهجر في المملكة:

### أهداف المشروع:

يهدف المشروع إلى تحقيق النتائج التالية:

1- توفير دراسة متكاملة عن الأودية ومواقع تجمعات المياه وكميات الأمطار الساقطة والسيول.
2- توفير المياه لسكان القرى والهجر لأغراض الشرب والزراعة وسقي الماشية من خلال تقنيات حصد وخزن المياه.
3- الاستفادة من مياه الأمطار والسيول بخزنها في الطبقات السطحية للمحافظة عليها من التبخر أو بتحويلها إلى غدران اصطناعية لاستخدامها مباشرة ولفترات أطول.
4- زيادة المخزون الإستراتيجي من المياه للأجيال القادمة.
5- الاستفادة من أساليب وتقنيات حصد وخزن مياه الأمطار والسيول لتقليل مخاطر السيول على المدن والقرى والهجر التي تسقط على المملكة بغزارة خلال فترات زمنية قصيرة.
6- تحديد المعايير والمواصفات المناسبة لاختيار نوعية وعدد ومواقع تلك الأساليب في الأودية والشعاب.
7- اقتراح الطرق المناسبة للحد من التصحر واستزراع الصحاري لتوفير بيئة رعي ملائمة.
8- تخفيف الضغط على المدن المزدحمة.
9- تحسين الظروف البيئية بالأودية حول السدود الركامية المقترحة.

### إستراتيجية تنفيذ المشروع:

سيتم التركيز في تنفيذ هذا المشروع على استخدام طرق اقتصادية ومستدامة لحصد وخزن مياه الأمطار والسيول من خلال استخدام الطرق التالية:

1- التغذية الاصطناعية للمياه الجوفية في أحواض السدود باستخدام آبار التغذية.

2- الإكثار من إنشاء السدود الركامية والخرسانية صغيرة الحجم قليلة التكلفة بالقرب من القرى والهجر والتجمعات السكانية الصغيرة والمتوسطة في الأودية والشعاب لحصد وخزن أكبر كمية من مياه الأمطار والسيول.

3- استخدام الغدران الصناعية وتحويل مياه السيول لها.

## أولاً: مشاريع آبار الخزن الجوفي:

تم تنفيذ آبار تغذية الطبقات السطحية في أحواض سدود كل من :

1- سد تمرية .

2- سد قطن بالقصيم.

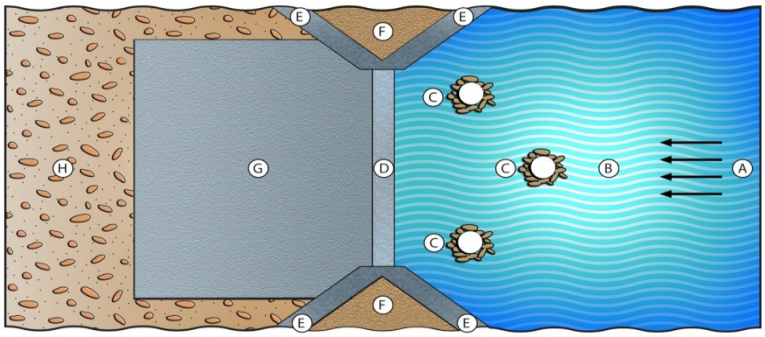
3- سد نقبين بحائل.

4- سد رميض بحائل.

5. سد وسمي بحائل.
6. سد القويعية.
7. سد الدقلة.

**ثانياً: السدود الخراسانية أو الركامية الصغيرة:**

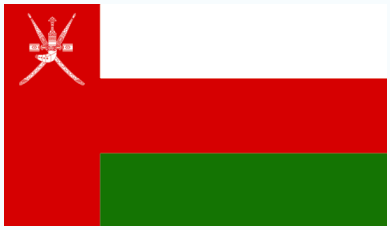
من الأساليب الجديدة التي طورها معهد الأمير سلطان لأبحاث البيئة والمياه والصحراء إنشاء سدود صغيرة قليلة التكلفة في مجاري الأودية بهدف حجز المياه وتحقيق تنمية مستدامة.
يتم إنشاء سدود خرسانية أو ركامية بارتفاع 1 متر وطول يساوي ثلثي طول الممر المائي مع تمهيد جانبي السد با نحدار مناسب بشكل حرف (V) للسماح بانسياب المياه الزائدة دون الضغط على جسم السد. كما يتم تبطين أرض تصريف الماء أمام السد بالخرسانة للحفاظ على التربة من الا نجراف.




A = ممر مائي بعرض لا يقل عن 10 أمتار ولا يزيد على 50 متراً.
B = منطقة حفر وتسوية لتخزين المياه بطول فرضي (24م) يساوي ضعف عرض الممر المائي (12م)
C= بئر تغذية جوفية مركب عليه ماسورة مغلقة من الأعلى وعليها محبسان لتغذية المياه إلى الطبقات السطحية. ويتراوح عدد الآبار في المنطقة B بين 2 – 4 آبار حسب عرض الممر المائي ولا يزيد ارتفاع أي منها عن ارتفاع السد.
D= سد خرساني بطول (8م) يساوي ثلثي عرض الممر المائي وبارتفاع 1م وبسماكة نصف متر.
E= جوانب السد وبنفس سماكته وبارتفاع (2م) يزيد على ارتفاع السد بمتر واحد.
F= ردم من نواتج حفر وتسوية المنطقة B.
G= مسقط المياه أمام السد مغطى بطبقة خرسانية بسماكة 15سم وبطول (4م) يساوي نصف طول السد وعرضه (10م) يزيد عن طول السد بمترين.
H = منطقة تصريف المياه الزائدة مغطاة بالحجارة.

**التأييد والدعم الدولي للمشروع:**

1. أوصى المجلس العربي للمياه بتطبيق الأساليب المتبعة في مشروع الملك فهد لحصد وخزن مياه الأمطار والسيول في المملكة العربية السعودية في جميع المناطق الجافة وخاصة في الوطن العربي.
2. أشاد بنتائج المشروع العديد من الجهات المتخصصة مثل أعضاء من البرلمان الأسترالي وخبراء دوليون من جامعة أريزونا ومن منظمات الأمم المتحدة ووكالة الفضاء الأرجنتينية ووكالة الفضاء الأوروبية ومن المشاركين في كثير من المؤتمرات الدولية المتخصصة في المياه.



# تقييم كفاءة سدود التغذية الجوفية للمياه في سلطنة عمان

المهندس/ منير سعود الزدجالي

## المقدمة:

- تنحصر مصادر المياه في الأقاليم الجافة وشبه الجافة فقط في المياه الجوفية نتيجة لارتفاع درجات الحرارة وقلة الأمطار.
- ساهم كلّ من درجات الحرارة المرتفعة وقلة هطول الأمطار والاستنزاف الكبير للمياه الجوفية في جعل المياه الجوفية مفتاح لقضية إدارة المياه المحدودة في الأقاليم الجافة وشبه الجافة.
- مع قلة الأمطار وتسارع عجلة التنمية التي شهدتها السلطنة خلال السنوات الأخيرة وارتفاع استهلاك المياه الجوفية أصبح العجز المائي ( الذي قدر بحوالي 369 م م3) أمراً واقعاً في كثير من المناطق متمثلاً في هبوط منسوب المياه الجوفية وتدهور نوعيتها وجفاف كثير من الأفلاج والآبار ودخول مياه البحر في الخزانات الجوفية المتاخمة للسواحل.
- يعتبر قطاع الزراعة من أكبر القطاعات استخداماً للمياه حيث يستهلك أكثر من 80 % من الموارد المائية المتاحة.
- ولتنمية الموارد المائية بالسلطنة كان لزاماً دراسة الطرق المثلى لاستغلال أي مصدر مائي ومنها الأمطار التي عادة ما يتم فقدها بالبحر والصحاري.
- جاءت مشاريع السدود وبالأخص سدود التغذية الجوفية في مقدمة مشاريع الحصاد المائي بالسلطنة لما تمثله من أهمية في تغذية المخزون الجوفي.

## نبذة عن سلطنة عمان:

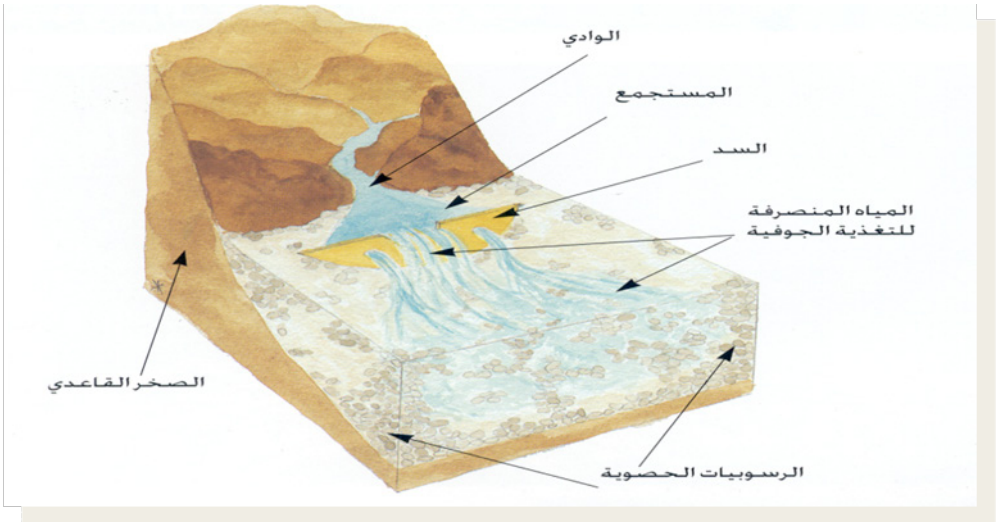
### هيدرولوجية السلطنة:

- تقع السلطنة ضمن نطاق المناخ الجاف وشبه الجاف.
- يبلغ المتوسط السنوي لهطول الأمطار 100 مليمتر يتدرج بين مليمترات في بعض المناطق الصحراوية 350 مليمتر في المناطق الجبلية.
- على الرغم من المناخ الجاف إلا هطول الأمطار الغزيرة على المنحدرات الصخرية تسبب فيضانات كبيرة في بعض الأحيان وينتج عن فقدان (كميات كبيرة نتيجة البخر الصحراء أو الوصول إلى البحر).

1 0 إ لى أ ن ذلك في يتم إ لى

## مفهوم التغذية الجوفية:

هي العملية المخططة من قبل الإنسان والتي بموجبها تسرب المياه السطحية من الأودية باطن الأرض بمعدلات وكميات تفوق التغذية الجوفية الطبيعية عدة مرات.




## أنواع السدود في السلطنة:

- سدود التغذية الجوفية.
- سدود التخزين السطحي.
- سدود الحماية من مخاطر الفيضانات.

## سدود التغذية الجوفية:

- منشآت هندسية مائية تشيد على مجاري الأودية أو الأنهار لحجز كمية من مياه الأنهار أو الفيضانات ومنعها من الضياع هدراً في الصحراء أو البحر.
- تم إنشاء عدد (43) سداً للتغذية الجوفية موزعة على مناطق السلطنة.
- تتراوح السعات التخزينية للسدود الحالية بين0.5 ( إلى 16) م.م3 في حين تتراوح أطوالها بين (48 ــ9 ألف متر ) ، والارتفاع يتراوح بين (4.5 ـ 25متراً) .
- معظم السدود القائمة تم إنشاؤها من المواد المحلية (الأتربة والصخور) المتوفرة بموقع السد الأمر الذي يسهم في خفض التكلفة الإنشائية المدكوكة المتوفرة بموقع السد نفسه، الأمر الذي يسهم في خفض التكلفة الإنشائية .
- تم إعداد الكثير من الدراسات لإقامة سدود للتغذية الجوفية على مجموعة من الأودية بالسلطنة والتي تتدرج من دراسات استكشافية وأولية إلى دراسات تفصيلية.
- جاري حالياً إعداد مجموعة أخرى من الدراسات الجديدة وتحديث الدراسات المعدة سابقاً.

## الأجزاء الرئيسة للسد:

### بحيرة السد:

هي شكل من أشكال أحواض تخزين المياه أو بحيرة صناعية على جانبي السد والتي تتجمع فيها أكبر كمية ممكنة من المياه.

## باب المفيض:

### مفيض السد:

وهو ذلك الجزء من السد الذي يعمل على تصريف مياه الفيضان بأمان وقد صمم المفيض لاستقبال المياه الفائضة من فوق جسم السد.

## حوض التهدئة:

لتكسير طاقة الفيضان العابرة من فوق المفيض وإضعافها بحيث لا تتسبب في نحر الطبقة أسفل السد وبالتالي تشكيل الخطر على ثباته وسلامته.

## الأكتاف:

توجد على جانبي جسم السد، ولكل سد كتف أيمن وأيسر وفي أغلب السدود تجد أن الكتف الأيمن يختلف في الطول والارتفاع عن الكتف الأيسر. وتختلف المواد أو المكونات التي تستخدم لبناء هذه الأكتاف.

## الفتحات:

تنظم عملية التغذية الجوفية خلال فترة بقاء المياه داخل بحيرة السد عن طريق التحكم في فتح وغلق هذه الفتحات والتي عادة ما تكون في مفيض السد.

## شبكة المراقبة الهيدرومترية:

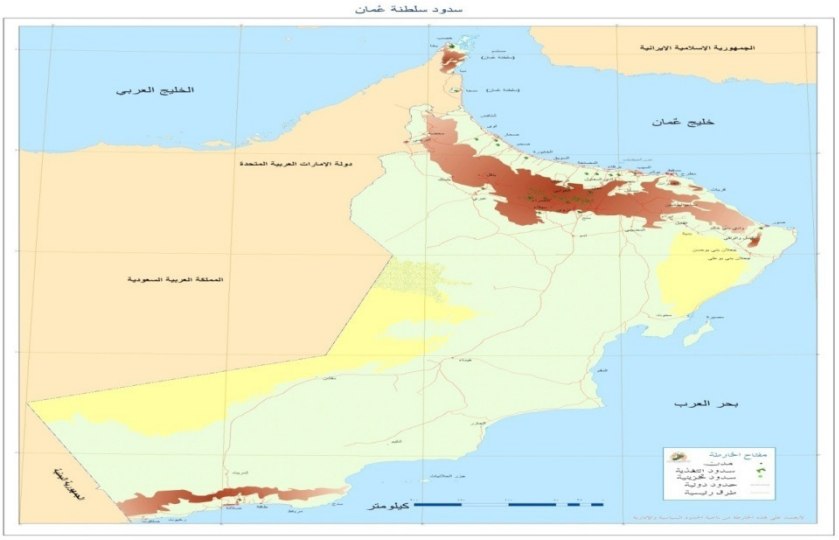
يتم من خلالها مراقبة أداء وكفاءة السد وتتضمن أجهزة لقياس منسوب المياه في البحيرة ومحطات لقياس تدفق الأودية وآبار لرصد منسوب المياه في منطقة التغذية الجوفية وأخرى لرصد أية تسربات قد تحدث في جسم السد بالإضافة إلى أعمدة قياس كميات الطمي في بحيرة التخزين ونقاط مساحية على جسم السد والمفيض لرصد أية تغييرات في منسوب السد.

## أبرز القواعد التي يبنى عليها اختيار موقع سدود التغذية الجوفية:

- كمية المياه التي يتوقع باحتمال ضياعها سنوياً من مياه فيضان الوادي.
- طبوغرافية وجيولوجية الموقع.
- طبيعة الأراضي الخلفية لموقع السد المقترح.
- نوعية السد.
- مكان حجز المياه بالسد.

### سدود التغذية الجوفية في سلطنة عُمان

| م | اسم السد | الولاية | السعة التخزينية (مليون م³) | سنة التنفيذ | م | اسم السد | الولاية | السعة التخزينية (مليون م³) | سنة التنفيذ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ١ | وادي الخوض | السيب | ١١,٦ | ١٩٨٥ | ٢١ | وادي المعيدن | نزوى | ٢,٥٠ | ٢٠٠٢ |
| ٢ | وادي حلتي/صلاحي | صحار | ٠,٥٥ | ١٩٨٥ | ٢٢ | وادي مستل١ | نخل | ٠,١٨ | ٢٠٠٤ |
| ٣ | وادي قريات | بهلاء | ٠,١٣ | ١٩٨٦ | ٢٣ | وادي مستل٢ | نخل | ٠,٠٧ | ٢٠٠٤ |
| ٤ | وادي خصب | خصب | ١٦ | ١٩٨٦ | ٢٤ | وادي بني خروص | المصنعة | ٥,٠٠ | ٢٠٠٤ |
| ٥ | وادي الشرجة | خصب | ١,٥٠ | ١٩٨٦ | ٢٥ | وادي الصاروج | مدحاء | ١,٣٥ | ٢٠٠٤ |
| ٦ | وادي موة | خصب | ١,٤٠ | ١٩٨٦ | ٢٦ | وادي السحتن١ | الرستاق | ٠,٠٤ | ٢٠٠٦ |
| ٧ | وادي الجزي | صحار | ٥,٤ | ١٩٨٩ | ٢٧ | وادي السحتن٢ | الرستاق | ٠,٠٧ | ٢٠٠٦ |
| ٨ | وادي تنوف | نزوى | ٠,٦٨ | ١٩٨٩ | ٢٨ | وادي العوابي | العوابي | ٠,٢٩ | ٢٠٠٦ |
| ٩ | وادي الغول | الحمراء | ٠,٤٥ | ١٩٨٩ | ٢٩ | وادي النخب | دبا | ٢,٨٠ | ٢٠٠٦ |
| ١٠ | وادي الكبير | عبري | ٠,٥٠ | ١٩٩٠ | ٣٠ | وادي ثميد | بدبد | ٠,١٠ | ٢٠٠٦ |
| ١١ | وادي المعاول | بركاء | ١٠,٠٠ | ١٩٩١ | ٣١ | وادي الجويف | البريمي | ٠,٤٢ | ٢٠٠٦ |
| ١٢ | وادي الفليج-صور | صور | ٠,٧٨ | ١٩٩١ | ٣٢ | صهناء | مدحاء | ٠,٥٣٠ | ٢٠١٠ |
| ١٣ | وادي الفرع | الرستاق | ٠,٦٠ | ١٩٩٢ | ٣٣ | وادي السرين السفلي | العامرات | ١,٠٧٠ | ٢٠١١ |
| ١٤ | وادي الفليج-حلبان | بركاء | ٣,٧٠ | ١٩٩٢ | ٣٤ | وادي السرين العلوي | العامرات | ٠,٧٢٠ | ٢٠١١ |
| ١٥ | وادي الطو | بركاء | ٥,١٠ | ١٩٩٢ | ٣٥ | وادي مسيليك | محضة | ١,٧٥٠ | ٢٠١١ |
| ١٦ | وادي صحلنوت | صلالة | ٦,٤ | ١٩٩٣ | ٣٦ | وادي محضة | محضة | ١,١٠٠ | ٢٠١١ |
| ١٧ | وادي عاهن | صحم | ٦,٨٠ | ١٩٩٤ | ٣٧ | مصح | محضة | ٠,٠٣٠ | ٢٠١١ |
| ١٨ | وادي الحواسنة | الخابورة | ٣,٧٠ | ١٩٩٥ | ٣٨ | حيوان | محضة | ٠,٠١٢ | ٢٠١١ |
| ١٩ | وادي الأعلى | بهلاء | ٠,٠٤ | ١٩٩٦ | ٣٩ | أبو قلعة | محضة | ٠,٠٤٦ | ٢٠١١ |
| ٢٠ | وادي الرحبة | بهلاء | ٠,٠٥ | ١٩٩٦ | | | | | |



الصورة توضح عمليات الإنشاء لسد التغذية الجوفية على وادي الصاروج

المواد المستخدمة في الإنشاء عبارة عن الأتربة والصخور المستخرجة من بحيرة السد

## التشغيل والمراقبة في سدود التغذية الجوفية:

**التشغيل:**

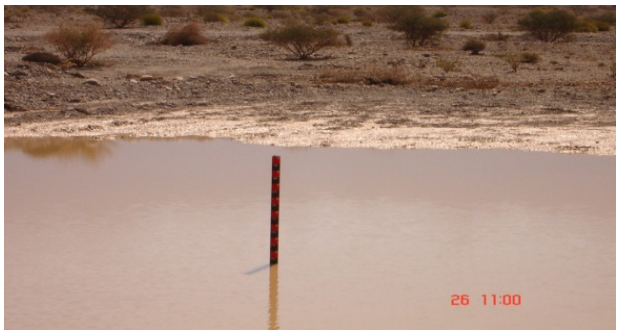
- يتم احتجاز المياه في سدود التغذية الجوفية لمدة لا تتجاوز أسبوعين لترسيب الطمي تفادياً لطمر منطقة التغذية الجوفية بتلك المواد.

- بعد هذه الفترة يتم إطلاق المياه عبر فتحات السد بكميات بسيطة لتحقيق تغذية جوفية عالية مع مراعاة عدم التأثير على الممتلكات الواقعة أسفل السد أو إعاقة حركة السير في الشوارع .

**المراقبة:**

تزود سدود التغذية الجوفية بأجهزة لرصد بيانات الفيضانات التي تحتجزها كتاريخ ووقت وكمية الفيضان .

أعمدة قياس كميات الطمي في بحيرات السدود لتقييم كميات الطمي المترسبة .




نقاط مساحية على جسم السد لرصد أية انخفاضات في جسم السد .

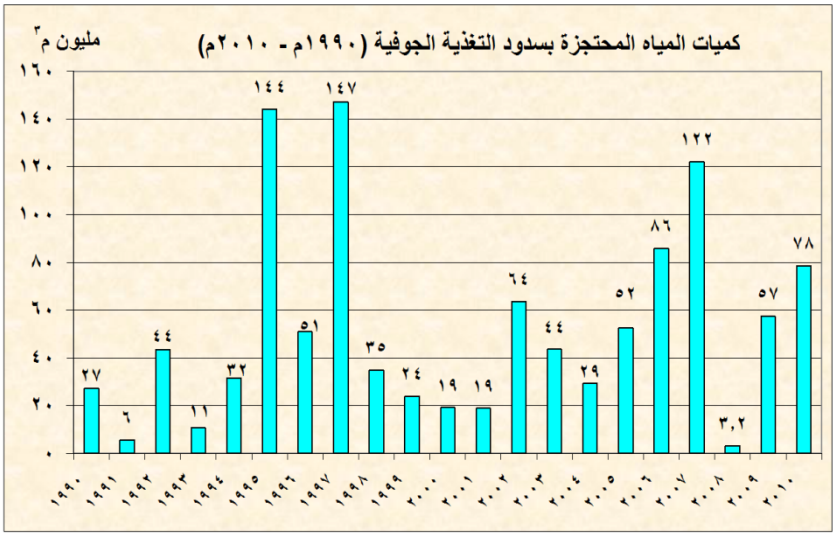
آبار للمراقبة على جسم السد لرصد أية تسربات وكذلك آبار في منطقة التغذية الجوفية بهدف رصد عملية التغذية.

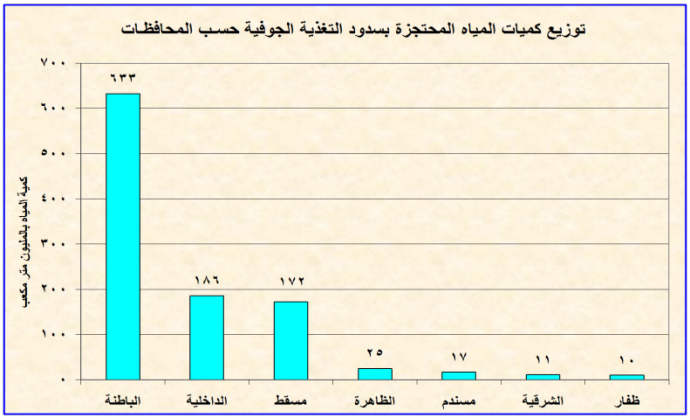
## صيانة سدود التغذية الجوفية:

- يتم تنفيذ خطط وبرامج مشاريع الصيانة الدورية لسدود التغذية الجوفية وفق أسس علمية مدروسة من أجل تحقيق الأهداف المرجوة من إنشائها.
- تتمثل أعمال الصيانة في إزالة الترسبات الطينية وتنظيف جسم السد من مخلفات الفيضانات وتشحيم فتحات السد وأعمال أخرى تتطلبها الصيانة.
- يتم طرح أعمال الصيانة كمناقصة على الشركات المحلية.

## تقييم كفاءة سدود التغذية الجوفية:

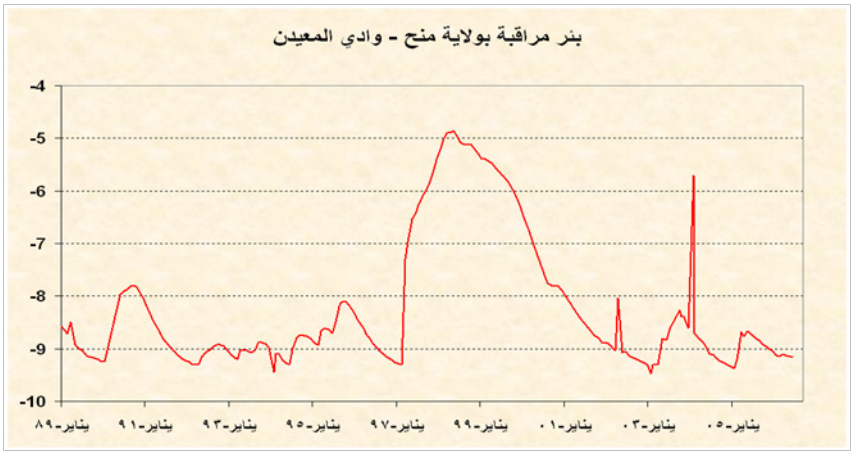
- احتجزت سدود التغذية الجوفية منذ تشغيلها وحتى عام 2011 أكثر من (1100) مليون متر مكعب من المياه.
- تم استغلال كميات المياه المحتجزة بالسدود في تغذية الخزانات الجوفية وزيادة مناسيب المياه بالآبار والأفلاج الواقعة بالمناطق المستفيدة وبالتالي تم استغلالها للأغراض الزراعية والاستخدامات الأخرى.






## زيادة تدفقات الأفلاج ومناسيب المياه بالآبار الواقعة أسفل بحيرات هذه السدود:

- ساهمت السدود التخزينية وسدود التغذية الجوفية في زيادة المخزون الجوفي بصفة عامة وبالتالي ارتفاع مستويات المياه الجوفية التي تتدفق منها أمهات الأفلاج الداؤودية خاصة تلك الواقعة أدنى بحيرات السدود.
- في فبراير عام 2005م ارتفعت مستويات المياه بصورة كبيرة بلغت متراً واحداً في أحد آبار المراقبة أسفل سد وادي المعيدن بولاية نزوى حيث احتجز السد آنذاك (2،5) مليون متر مكعب. كذلك الحال وفي نفس الفترة زاد تدفق فلج عـز بولاية منح والذي يقع أدنى سد وادي المعيدن بمقدار كبير يصل إلى (90) لتراً في الثانية.



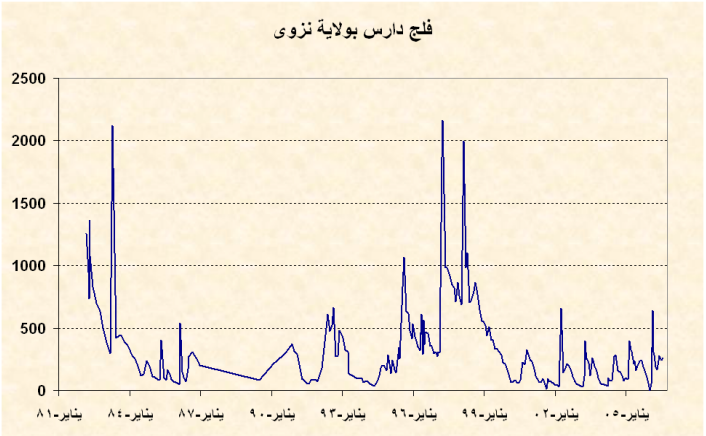

بئر مراقبة أسفل وادي المعيدن توضح ارتفاع وانخفاض مناسيب المياه

بئر مراقبة الفلج أسفل سد وادي المعيدن توضح ارتفاع وانخفاض مناسيب المياه

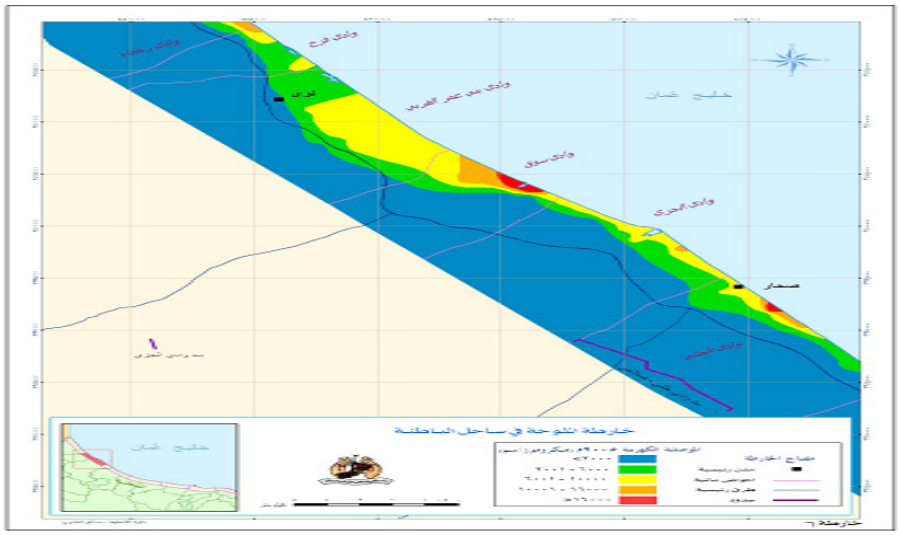
## سد وادي تنوف:

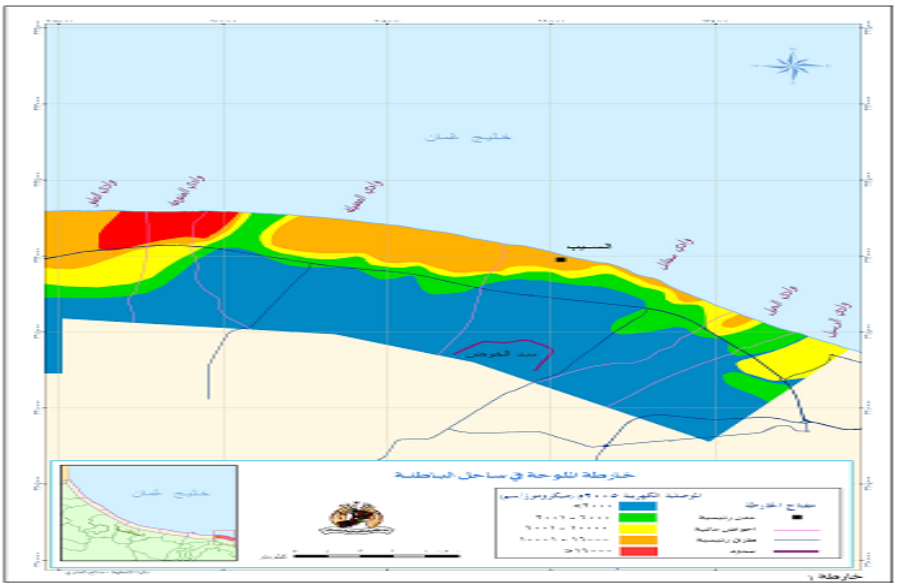
نتيجة إنشاء سد وادي تنوف تلاحظ أدنى بحيرة السد حيث أمهات أفلاج كل من فلج دارس وفلج تنوف، من نقاط ومحطات الرصد والمراقبة الآتي:

- زاد تدفق فلج دارس بولاية نزوى من (90) لتراً/ الثانية ليصل إلى (394) لتراً / الثانية.
- زاد تدفق فلج تنوف من (21) لتراً/ الثانية ليصل إلى (51) لتراً/ الثانية.




- تساهم سدود التغذية الجوفية في تغذية الخزان الجوفي وارتفاع مناسيب المياه الجوفية وبالتالي تقليل مستوى ملوحة المياه بالأجزاء الساحلية.
- ساهمت سدود التغذية الجوفية بساحل الباطنة البالغ عددها (14) سداً في زيادة معدلات التغذية الجوفية بالأجزاء الواقعة أدنى بحيراتها وهو ما أدى إلى أن بعض أجزاء من السهل الساحلي أصبح لديها كميات من المياه العذبة تتوازن مع معدلات السحب من الخزان الجوفي وبالتالي تحسنت ملوحة المياه ببعض آبار المراقبة على جانبي الشارع العام الممتد على طول ساحل الباطنة.
- تشير نتائج مسوحات مراقبة الملوحة لعام 2009م إلى تحسن ملحوظ في نوعية المياه بالآبار الواقعة أدنى الجزي وحلتي صلاحي، كما تناقصت بصورة كبيرة ملوحة المياه الجوفية بالأجزاء الواقعة أدنى سد وادي الخوض بمحافظة مسقط.
- وتشير نتائج مسوحات مراقبة الملوحة لعام 2005م إلى تحسن ملحوظ في نوعية المياه بالآبار الواقعة أدنى سدود الجزي وحلتي صلاحي حيث يلاحظ اختفاء اللون الأحمر وهو ما يمثل الملوحة العالية أكثر من 16 ملليموزاً/ سم وزيادة مساحة اللون الأخضر ومثل الملوحة أقل 6 ملليموزات / سم.
- كما تحسنت بصورة كبيرة ملوحة المياه الجوفية بالأجزاء الواقعة أدنى سد وادي الخوض بمحافظة مسقط حيث زادت مساحة اللون الأزرق وتمثل ملوحة المياه أقل من 2000 ميكروموز/ سم .





## مشروع تقييم كفاءة سدود التغذية الجوفية:

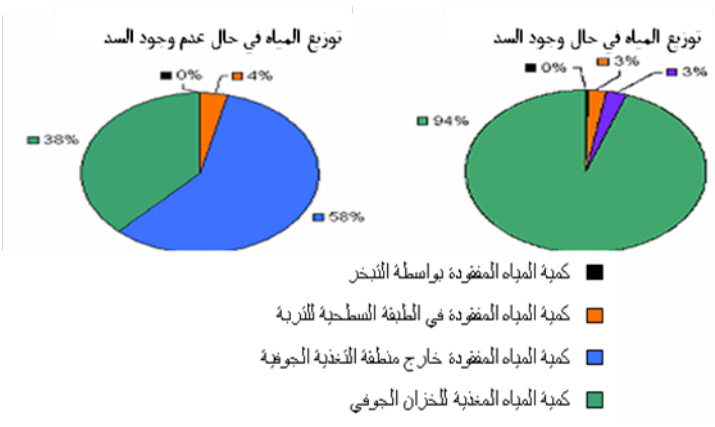
- تم إجراء مشروع دراسة بحثية لمدة أربع سنوات بالتعاون مع جامعة ميونخ التقنية الألمانية لتقييم كفاءة السدود القائمة ووضع التوصيات لزيادة كفاءتها .
- المشروع عبارة عن تجارب حقلية ومخبرية على أحد السدود (سد وادي عاهن) بالإضافة إلى جمع وتحليل البيانات المتعلقة بمعدلات التغذية المتسربة إلى الخزان الجوفي ومحاكاتها بواسطة برامج النمذجة الرياضية.
- التجربة تضمنت عدداً من الخطوات أهمها:
  - حفر بئر على عمق 30 متراً في وادي عاهن وتزويده بجهاز استشعار لرصد مستوى المياه بالخزان الجوفي.
  - بناء حوض خرساني بجانب بئر المراقبة (3،8م عرض و3،11 متر طول).
  - حفر 11 حفرةً على أعماق متفاوتة (0،5 – 20 متراً) مع تركيب أجهزة استشعار لقياس معدلات التسرب وقياس حرارة المياه ورطوبة التربة.

## مقارنة للتغذية الجوفية بوجود السد أو عدمه:

| العوامل المؤثرة | التغذية الجوفية بدون السد |
|---|---|
| كمية الفيضان المقدرة | 5 ملايين متر مكعب |
| التدفق (للحالة الثابتة) | 60 متراً مكعباً في الثانية |
| عرض القناة | 20 متراً |
| ميل الوادي | % 0.5 |
| منطقة التغذية المستهدفة | 10 كم |
| نوع التربة | ترابي صخري |
| معدل التبخر (السطح) | 5 مم/يوم |
| عمق التبخر أسفل التربة | 2 متر |

| النتـــائـــج | التغذية الجوفية بدون السد | التغذية الجوفية مع السد |
|---|---|---|
| مدة الجريان | 1 يوم | 14،5 |
| المساحة الافتراضية للجريان | 37،1 كم | 11،4 كم |
| حجم التبخر في مجرى الوادي | 966 م3<br>% 0،02 | 7235 م3<br>% 0،14 |
| حجم الفقد المائي من أعلى التربة | 188،406 م3<br>% 3،77 | 128،074 م3<br>% 2،56 |
| حجم المياه المفقودة خارج منطقة التغذية | 2،904،379 م3<br>% 58،09 | 143،380 م3<br>% 2،87 |
| حجم التغذية الجوفية | 1،906،249 م3<br>% 38،12 | 4،721،312 م3<br>% 94،43 |

التجارب الحقلية بسد وادي عاهن



## تأثير قيام سد التغذية الجوفية على الفيضانات:

- خلصت الدراسة إلى أن كفاءة السد وصلت إلى 94 % بالإضافة إلى وضع توصيات لطرق زيادة الكفاءة .
- خرجت الدراسة بعدد من التوصيات لتشغيل سدود التغذية الجوفية منها:
  - تخفيض كميات المياه المصروفة من خلال فتحات السد بشكل يتناسب مع تفريغ بحيرة السد في فترة قصيرة لتلافي تأثر جودة المياه المحتجزة وتكاثر الميكروبات المسببة للأمراض.
  - وضع فتحات تصريف المياه على مجارٍ مائية أوسع وتحويل المياه المصروفة إلى مجارٍ مختلفة.
  - دقة اختيار جيولوجية منطقة التغذية أسفل السد أثناء دراسة الجدوى للسد.
  - صيانة القنوات المائية أسفل السد لإزالة الترسبات الطينية في حال وجودها.

## مؤشرات أخرى لكفاءة سدود التغذية الجوفية:

- تناقص طلبات تعميق الآبار في المناطق الواقعة أسفل سدود التغذية الجوفية كمؤشر ضمني على إسهام هذه السدود في تعزيز الوضع المائي.
- التنمية الزراعية للمناطق الواقعة أسفل سدود التغذية الجوفية.
- لوحظ في إحدى الدراسات انخفاض نسبة الملوحة بنسبة (20) % في (21)% من مجمل الآبار الموجودة في منطقة التغذية الجوفية لسد وادي الفليج الأمر الذي يعتبر أثراً ملموساً في الحد من تداخل المياه المالحة بالمياه العذبة .
- تزايد عدد طلبات إنشاء سدود التغذية الجوفية بمختلف ولايات السلطنة.

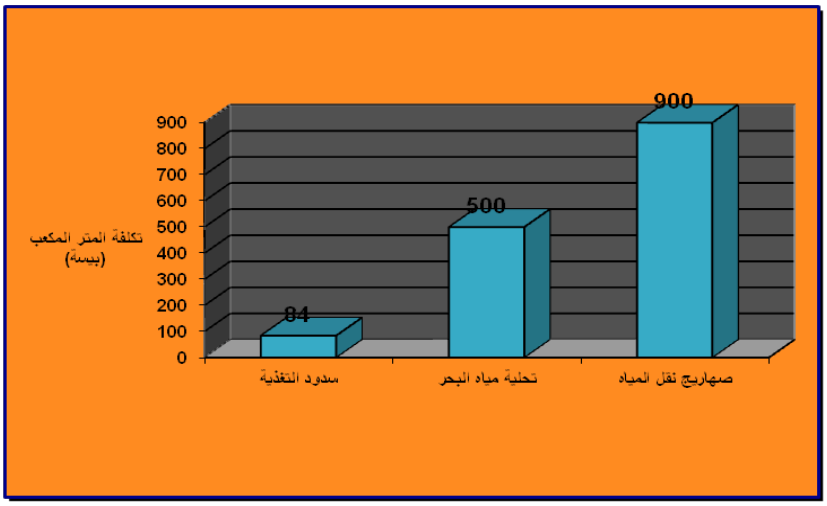
## العائد الاقتصادي لسدود التغذية الجوفية:

- خزنت ما يزيد على (1100) مليون متر مكعب من مياه الفيضانات منذ إنشائها وحتى 2011م.
- تغذية الخزان الجوفي لتوفير مزيد من المياه لاستمرارية المشاريع التنموية المختلفة.
- ساهمت بشكل فعال في تخفيف ظاهرة تداخل مياه البحر المالحة بالمياه الجوفية العذبة.
- لها دور رائد في التقليل من مخاطر الفيضانات الصغيرة والمتوسطة على المناطق السكنية والممتلكات الواقعة أدنى السد.
- تعتبر أقل تكلفة مقارنة بالمصادر المائية الأخرى بالسلطنة.
- تسهم السدود في النهوض بالنشاط السياحي والنشاطات الأخرى ذات الصلة كونها تمثل مناطق جذب سياحي وخصوصاً في مواسم الفيضانات .

## اقتصاديات سدود التغذية الجوفية بالسلطنة:

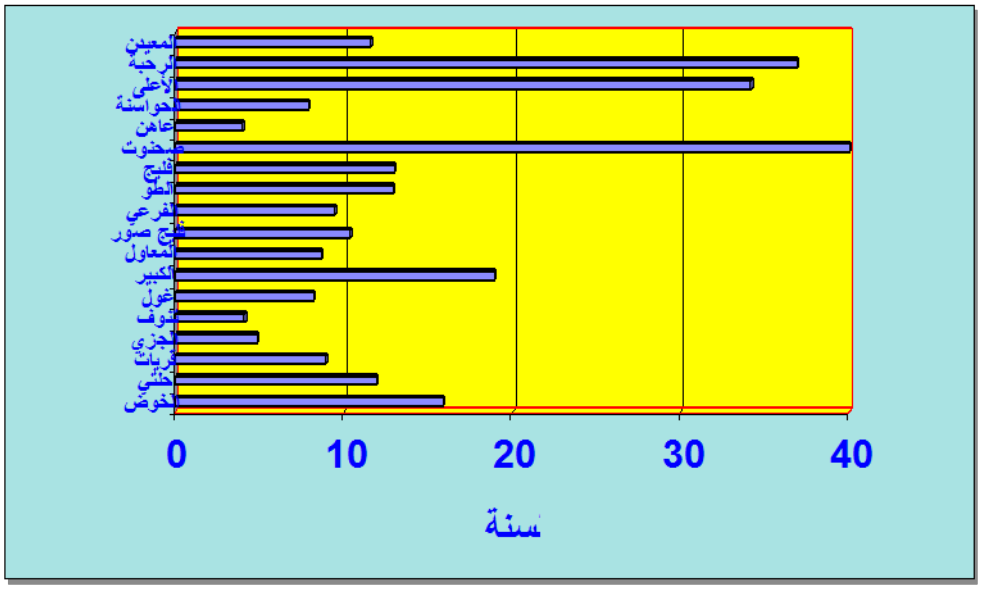
مقارنة سدود التغذية بمصادر مائية أخرى:

تعتبر سدود التغذية الجوفية أقل كلفة مقارنة بالمصادر المائية الأخرى حيث تبلغ تكلفة المتر المكعب من المياه 84 بيسة.



**استرداد قيمة العائد:**

أسماء السدود للتغذية الجوفية التي تم إنشاؤها




رسم بياني يوضح عدد السنين اللازمة لاسترجاع قيمة الاستثمار لكل سد

في الواقع أن فترة الاسترجاع أقل من ذلك إذا أخذنا في الاعتبار الفوائد الأخرى للسدود المتمثلة في الحماية من الفيضانات ومنع دخول مياه البحر.

## الخلاصة:

- يوجد بالسلطنة عدد 43 سد تغذية بطاقة تخزينية إجمالية 90 مليون متر مكعب وقد بلغت كمية المياه المحتجزة في هذه السدود أكثر من 1100 مليون متر مكعب من مياه الفيضانات منذ إنشائها وحتى عام 2011م.
- تقدر تكلفة المتر المكعب من مياه التغذية الجوفية التي توفرها السدود بحوالي 84 بيسة أما تكلفة الصيانة فلا تتجاوز 4 بيسات للمتر المكعب.
- تساهم السدود في توفير الحماية من آثار الفيضانات للمناطق السكنية والمنشئات العامة وتساهم أيضاً في منع دخول مياه البحر في خزانات المياه الجوفية المتاخمة للسواحل.
- استرجعت كثير من سدود التغذية قيمها الاستثمارية خلال فترات تتراوح من 3 إلى 11 سنة ويبلغ المتوسط العام لفترة الاسترجاع حوالي 8 سنوات ويعني هذا أن هذه السدود توفر مياه للتغذية الجوفية مجاناً بعد انقضاء هذه الفترة بعد إنشائها.
- أثبتت سدود التغذية الجوفية جدواها وأظهرت نتائج ملموسة من خلال زيادة مناسيب المياه في الأفلاج والآبار، وفي ضوء الدراسات التي تم إجراؤها لتقييم كفاءة السدود تم التوصل إلى أن كفاءتها تصل إلى 95 %.
- تتم عمليات الصيانة الدورية للسدود ومراقبتها وخصوصاً في مواسم الفيضانات لضمان سلامتها وتحقيق الأهداف التي أنشئت من أجلها.
- السلطنة ماضية في وضع الخطط والبرامج للمحافظة على الموارد المائية وتنميتها سواءً من خلال تنفيذ المزيد من السدود والدراسات المتعلقة بها أو من خلال الوسائل الأخرى.
- تلعب سدود التغذية الجوفية دوراً بارزاً في الحد من ظاهرة التصحر من خلال تعزيز الموارد المائية وبالتالي زيادة الرقعة الزراعية.
- المحافظة على هذه المكتسبات المائية الحيوية واجب على كل من يقطن السلطنة.

# الحصاد المائي في المناطق الجبلية في سلطنة عمان

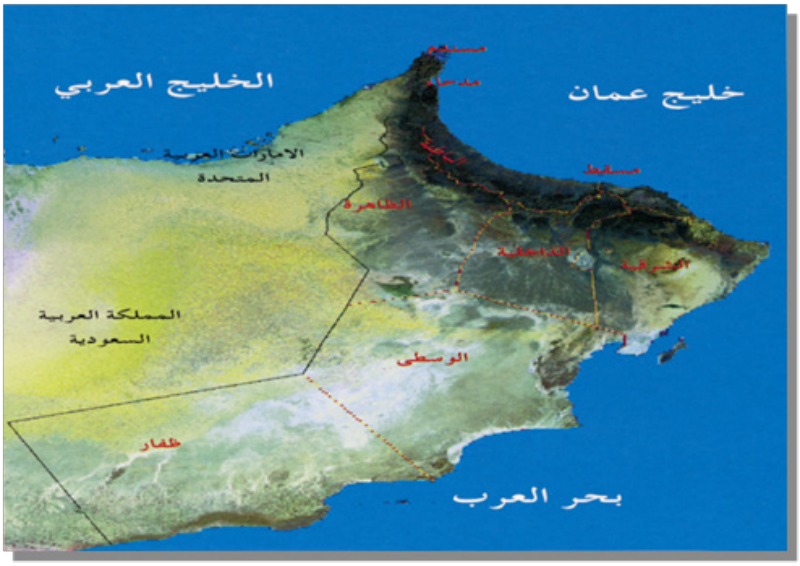
المهندس/ أحمد بن أحمد الزكواني

## المقدمة:

نظراً للتدهور البيئي الذي صاحب دورات الجفاف المتعاقبة على الكرة الأرضية بالإضافة إلى تزايد عدد السكان واحتياجاتنا للماء والضغط الشديد على الموارد المائية المتاحة مع صعوبة استغلالها في بعض الأحيان لارتفاع التكلفة ، وللحفاظ على منسوب المياه في المخازن الجوفية العميقة فقد أخذت تقنيات حصد مياه الأمطار نصيباً وافراً من الاهتمام من قبل الحكومة الرشيدة.

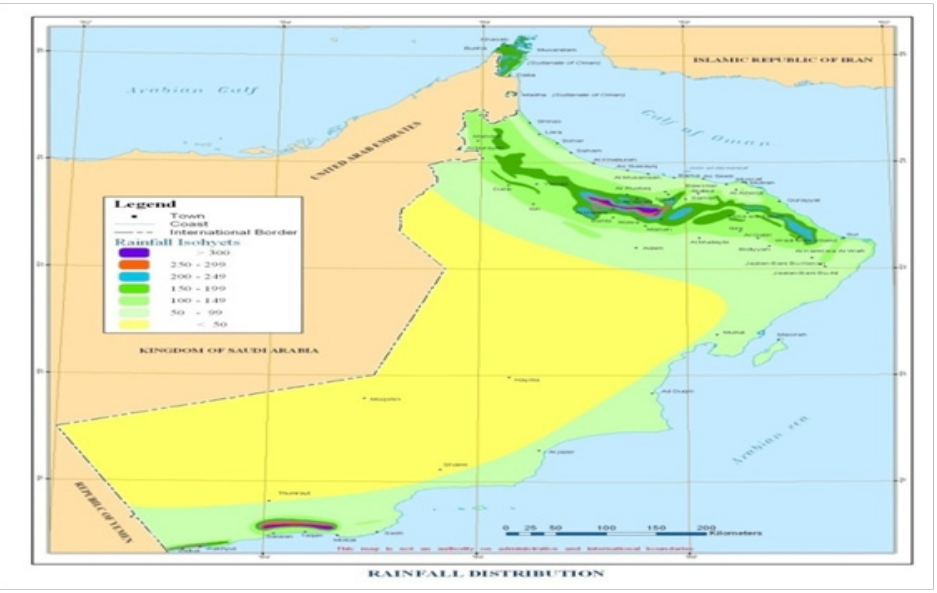
## نبذة عن سلطنة عمان:

| | |
|---|---|
| الموقع | جنوب شرق شبه الجزيرة العربية |
| المساحة | 310.000 كم$^2$ |
| طول الشواطئ | 2092 كيلومتر |
| عدد السكان (تعداد عام 2003م) | 2.340.815 نسمة |
| أهم المحاصيل الزراعية | التمور والحمضيات والمانجو والأعلاف وغيرها |




## الأمطار في سلطنة عمان :

- المتوسط السنوي لهطول الأمطار 100 مليمتر.
- يتراوح من 10 مليمترات في بعض المناطق الصحراوية إلى 350 مليمتر في المناطق الجبلية.
- على الرغم من المناخ الجاف إلا أن هطول الأمطار الغزيرة على المنحدرات الصخرية تسبب فيضانات كبيرة في بعض الأحيان وينتج عن ذلك فقدان كمية كبيرة من هذه المياه في البحر أو الصحراء.



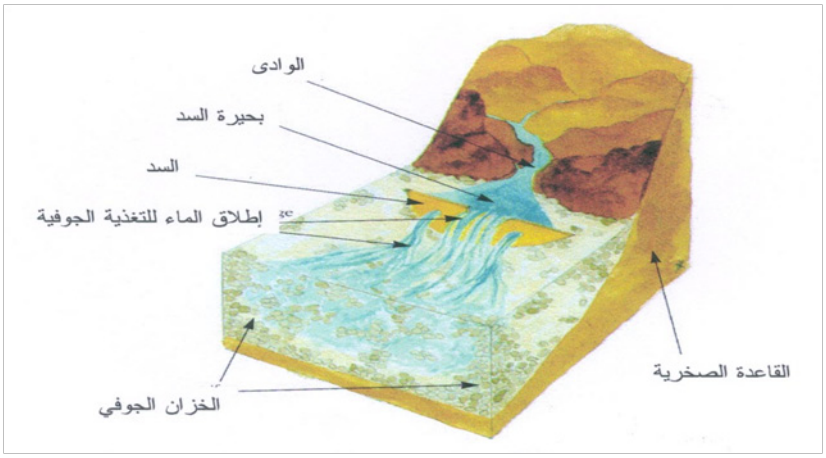

## أنواع مشاريع الحصاد المائي :

- سدود التغذية الجوفية.
- سدود التخزين السطحي.
- سدود الحماية من مخاطر الفيضانات.
- البرك المائية.

## مشاريع الحصاد المائي:

تعتبر السدود إحدى الروافد الأساسية لتنمية الموارد المائية في السلطنة وعليه قامت الحكومة بتنفيذ (146) سداً منها (43) سداً للتغذية الجوفية و(90) سداً للتخزين السطحي و(13) سداً للحماية ومكنت هذه السدود من احتجاز حوالي (1644) مليون متر مكعب منذ إنشائها وحتى نهاية عام 2012 م.

## سدود التغذية الجوفية ـ مفهوم التغذية الجوفية :

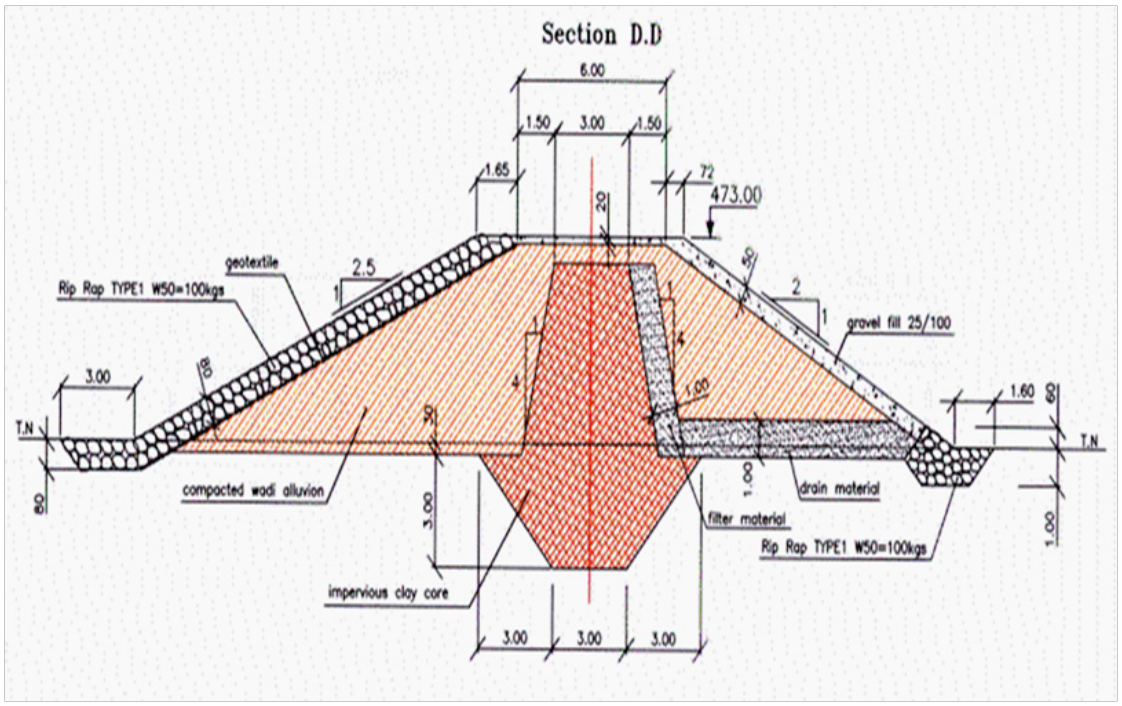



- فيضانات خاطفة وسريعة تحدث أثناء الأمطار.
- تحجز سدود التغذية كمية من مياه الفيضانات لفترة مؤقتة.
- إطلاق المياه المحتجزة ببطء لتغذية الخزانات الجوفية.

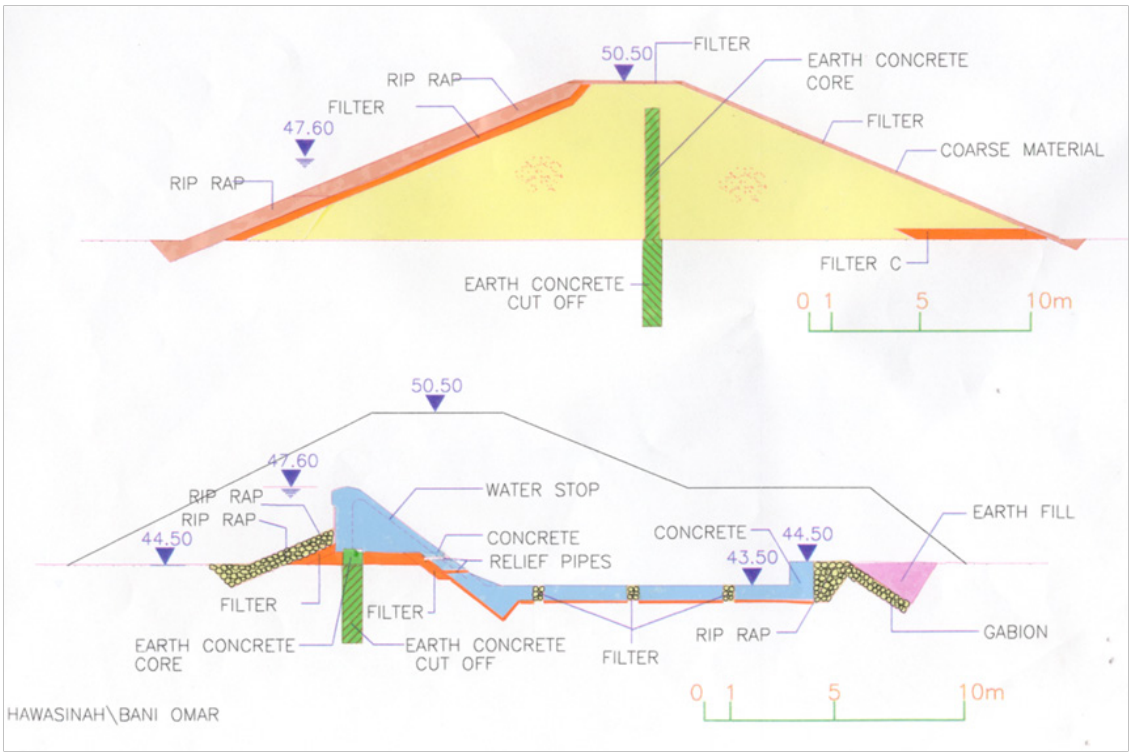
## سدود التغذية الجوفية:

- عبارة عن سدود يتم تشييدها في الأودية لكي تحجز كمية من مياه الفيضانات لفترة مؤقتة ويتم إطلاقها ببطء لتغذية الخزانات الجوفية.
- إنشاء عدد (43) سداً للتغذية الجوفية موزعة على مناطق السلطنة.
- معظم السدود القائمة تم إنشاؤها من الأتربة والصخور المدكوكة المتوفرة بموقع السد نفسه ، الأمر الذي يسهم في خفض التكلفة الإنشائية.
- تم إعداد الكثير من الدراسات لإقامة سدود للتغذية الجوفية على مجموعة من الأودية بالسلطنة والتي تتدرج من دراسات استكشافية وأولية إلى دراسات تفصيلية.
- جاري حالياً إعداد مجموعة أخرى من الدراسات الجديدة وتحديث الدراسات المعدة سابقاً.
- تم تشييد عدد (43) سداً للتغذية الجوفية بمختلف محافظات ومناطق السلطنة:
  - عدد (15) في محافظتي شمال وجنوب الباطنة.
  - عدد (7) في محافظة الداخلية.
  - عدد (6) في محافظة مسندم.
  - عدد (4) في محافظتي شمال وجنوب الشرقية.
  - عدد (3) في محافظة مسقط.
  - عدد (6) في محافظة البريمي.
  - عدد (1) في كل من محافظتي ظفار والظاهرة.

## سدود التغذية الجوفية (تصميم) :

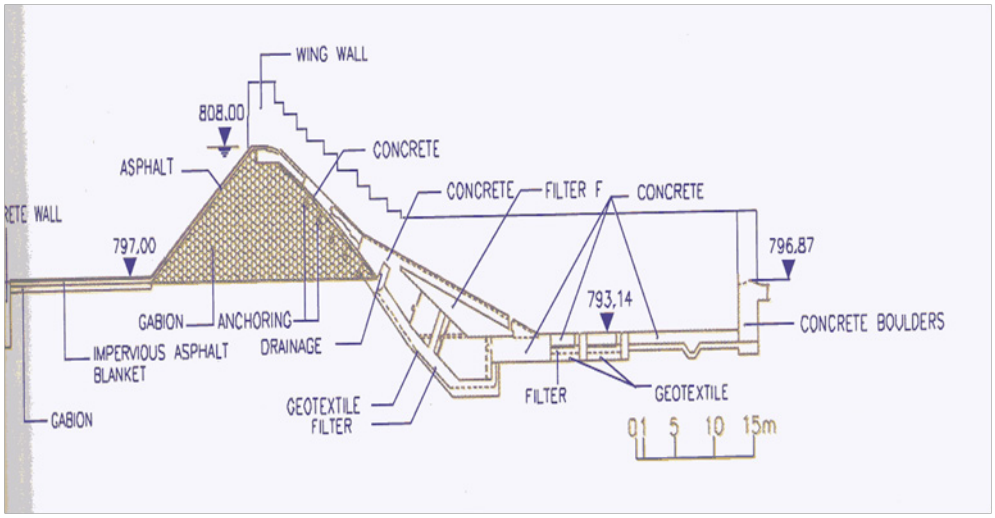



نموذج لسد ترابي مع قالب طيني عديم النفاذية :



**نموذج لسد ترابي مع قاطع من الخرسانة اللدنة:**

**نموذج لمفيض من الخرسانة**




خرسانة هدار خرساني . وأسفلت جابيون

## سدود التغذية الجوفية :

سد التغذية الجوفية على وادي الخوض بولاية السيب في نوفمبر 1995م

سد التغذية الجوفية على وادي الفرع بولاية الرستاق

سد التغذية الجوفية على وادي تنوف بولاية نزوى

سد التغذية الجوفية على وادي الحواسنة ووادي بني عمر بولاية الخابورة

سد التغذية الجوفية على وادي المعيدن بولاية نزوى

سد التغذية الجوفية على وادي الصاروج بولاية مدحاء

## سدود التخزين السطحي:

- عبارة عن سدود صغيرة يتم تشييدها في المناطق الجبلية لتعمل على تخزين مياه الفيضانات لاستخدامها في أغراض الشرب والزراعة وسقي المواشي .
- تم إنشاء عدد (90) سداً للتخزين السطحي موزعة على مناطق الجبل الأخضر وجبل شمس وجبل الكور وجبل السراه وجبال محافظة ظفار .
- توجد بعض السدود التي تم إنشاؤها من قبل المواطنين بصورة تقليدية .
- تم تشييد هذه السدود من الحجارة المأخوذة من الموقع نفسه وخليط من الأسمنت وتم تزويدها بمرشحات طبيعية. كما تم تزويد معظم هذه السدود بخطوط أنابيب ومضخات وخزانات لتوصيل المياه إلى منازل المواطنين ليتم استغلالها في مختلف استعمالاتهم اليومية .
- بعض مواقع هذه السدود من الصعب الوصول إليها وبالتالي تم استخدام الطائرة العمودية والوسائل التقليدية الأخرى في نقل المواد .

## فوائد السدود التخزينية :

- استقرار السكان في مناطقهم وعدم هجرتهم للمدن.
- الحفاظ على التقاليد الموروثة.
- عدم تركيز الضغط على مصادر المياه للمدن.
- المحافظة على الحياة البيئية.
- استصلاح المزيد من الأراضي الزراعية.

تم تشييد عدد (90) سداً للتخزين السطحي بمختلف المناطق الجبلية بالسلطنة بسعة تخزينية إجمالية (100.186) مليون متر مكعب :

| المناطق الجبلية | عدد السدود |
|---|---|
| الجبل الأخضر | 45 |
| جبل شمس | 18 |
| جبل الكور | 5 |
| جبل السراه | 5 |
| جبال محافظة ظفار | 4 |
| جبل ضوي | 7 |
| جبال المارات | 3 |
| الجبل الأبيض | 2 |
| محافظة مسقط (وادي ضيقة) | 1 |

## مشروع سد وادي ضيقة (مكونات المشروع):

| المرحلة الأولى | المرحلة الثانية |
|---|---|
| - سد رئيسي من الخرسانة المدكوكة | - خط أنابيب رئيسي للمستفيدين من مجرى الوادي لكل من المزارع وحيل الغاف ودغمر |
| - مفيض خرساني | - خط أنابيب رئيسي حتى خزان المياه بولاية العامرات لتزويد محافظة مسقط |
| - سد جانبي ركامي (الأتربة المدكوكة والأحجار) | - محطة معالجة المياه |
| - برج من الخرسانة المسلحة لأخذ المياه | - محطتان للضخ |
| - المبنى الإداري للسد | - عدد (٣) خزانات رئيسية من الخرسانة المسلحة |
| | - محطة تهوية المياه |
| | - نظام جمع المعلومات والتحكم (سكادا) |
| | - مجمع إدارة المشروع |

| | السد الرئيسي | السد الجانبي |
|---|---|---|
| نوع السد | خرسانة مدكوكة | ركامي حجري |
| السعة التخزينية | 100 مليون م$^3$ | |
| الطول (م) | 410 | 360 |
| الارتفاع (م) | 75.43 | 49.16 |
| عرض القمة (م) | 5 | 10 |
| عرض القاعدة (م) | 55.4 | 183 |
| الحجم (م$^3$) | 590.000 | 947.395 |
| الفيضان التصميمي | 18.398 م$^3$/ث | |
| طول المفيض | 201.74 م | |
| ارتفاع المفيض | 67.5 م | |
| عدد الفتحات | 11 | |
| قطر الفتحات | 1 إلى 1.6 م | |

## سدود الحماية من مخاطر الفيضانات:

- عبارة عن سدود لحجز أكبر قدر ممكن من مياه الفيضانات والتحكم في تدفقها بهدف توفير أقصى درجات الحماية للبنى الأساسية والممتلكات العامة والخاصة من الفيضانات الكبيرة والمشابهة للفيضانات التي حدثت أثناء الأنواء المناخية الاستثنائية.
- تتميز السلطنة بوجود جبال مرتفعة شديدة الانحدار وعارية من الغطاء النباتي مع مناخ جاف ومعدلات سقوط أمطار متغيرة جداً كل هذا يؤدي إلى حدوث واحد من أعلى معدلات فيضانات الذروة المعروفة في العالم مقارنة بأحواض الصرف ذات المساحة المماثلة.
- تم إنشاء سدين للحماية من مخاطر الفيضانات تتراوح سعتهم التخزينية من 22 ـ 77 مليون متر مكعب،كما تقوم بدور الحصاد المائي.

## سدود الحماية من مخاطر الفيضانات :

منشآت مائية هندسية لحجز أكبر قدر ممكن من مياه الفيضانات والتحكم في تدفقها بهدف توفير أقصى درجات الحماية للبنى الأساسية والممتلكات العامة والخاصة من الفيضانات الكبيرة والمشابهة للفيضانات التي حدثت أثناء الأنواء المناخية الاستثنائية.

## السدود القائمة (سدود الحماية):

تم تشييد عدد (13) سداً للحماية من مخاطر الفيضانات بمحافظة مسقط وظفار :

| المحافظة | عدد السدود | إجمالي السعة التخزينية (مليون م$^3$) |
|---|---|---|
| محافظة مسقط (بلدية مسقط) | 11 | 20.37 |
| ظفار | 1 | 77.2 |
| سد مرتفعات العامرات | 1 | 22 |

## سدود الحماية بمحافظة مسقط:

| م | اسم السد | السعة التخزينية (مليون م3) | سنة التنفيذ |
|---|---|---|---|
| 1 | مسقط | 0،25 | 1993 |
| 2 | الأنصب | 17،7 | 1992 |
| 3 | الجفنين | 2،42 | 1993 |
| 4 | مطيرح أ | - | 1993 |
| 5 | مطيرح ب | - | 1993 |
| 6 | وادي خلفان | - | 1993 |
| 7 | الزبادية | - | 1993 |
| 8 | طويان | - | 1993 |
| 9 | الوشل | - | 1993 |
| 10 | حلة الغريفة أ | - | 1993 |
| 11 | حلة الغريفة ب | - | 1993 |

# حصاد المياه والتغذية الجوفية في فلسطين

**الدكتور/ فرح أحمد محمود صوافطة**

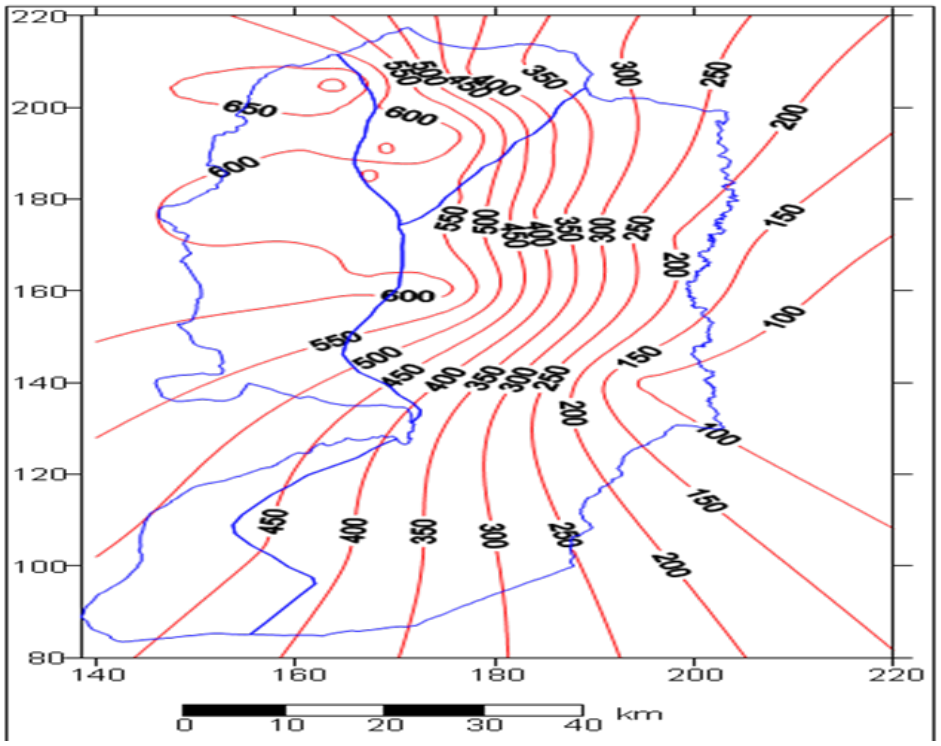
## المقدمة :

- تبلغ مساحة فلسطين الكلية 27 ألف كم2.
- وتبلغ مساحة الضفة الغربية 5700 كم2.
- وتتوسط فلسطين من الشمال إلى الجنوب وفي الجهة الشرقية منها يبلغ تعداد السكان حوالي 3.5 مليون نسمة .

## الأمطـار :

- حجم الأمطار الساقطة على الضفة الغربية سنوياً حوالي 2.9 مليار م3 سنوياً، يذهب حوالي 65 ـ 70 % منها بالتبخر أي حوالي 1960م.م3/سنوياً، كما تبلغ نسبة الجريان السطحي في الأودية ما بين 2 ـ 3% أي حوالي 60 ـ 90 م.م3 سنوياً ويرشح إلى داخل التربة للمياه الجوفية حوالي 25 % أي ما يعادل 800 م.م3 سنوياً. يسيطر الاحتلال على حوالي 85 % من هذه الكمية، ويتصرف الفلسطينيون بما يعادل 110ـ 120 م.م3.
- يتراوح معدل الأمطار ما بين 140ـ700 ملم/سنة تتناقص باتجاه الشرق و الجنوب وتزداد باتجاه الغرب والشمال.

## التوزيع المطري فـي الضفة الغربية:

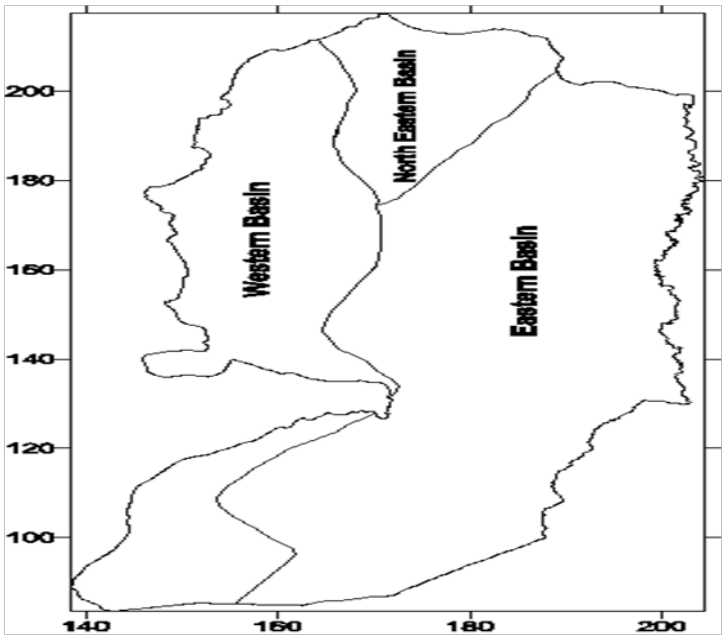


## الأحواض المائية في الضفة الغربية:

الحوض المائي الجبلي ويقسم إلى ثلاثة أقسام :

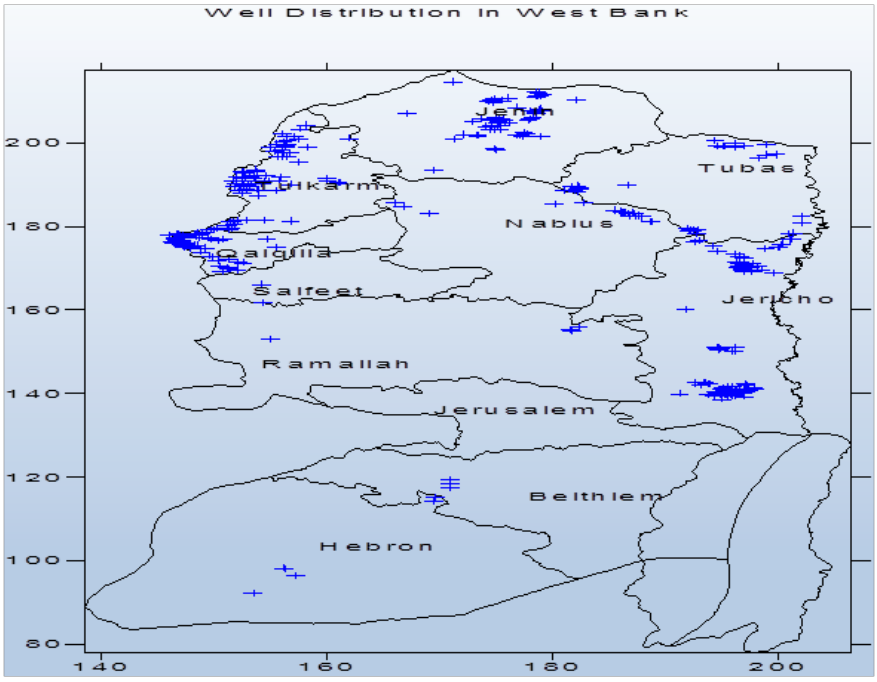
- الحوض الشرقي: تبلغ مساحته 2705كم2، ومعدل التغذية السنوية حوالي 172م.م3.
- الحوض الشمال الشرقي وتبلغ مساحته 1050 كم2، ويصل معدل التغذية السنوية حوالي 145م.م3.
- الحوض الغربي وتبلغ مساحته 1795كم2، ويصل معدل التغذية السنوية حوالي 362م.م3. ويمتد إلى داخل الأراضي المحتلة عام 1948 .
- معدل التصريف السنوي لهذه الأحواض حوالي 700م. م3. يسيطر الاحتلال على حوالي 85 % من هذه الكمية، ويتصرف الفلسطينيون بما يعادل 110 – 120 م.م3.

## الأحواض المائية الرئيسية :



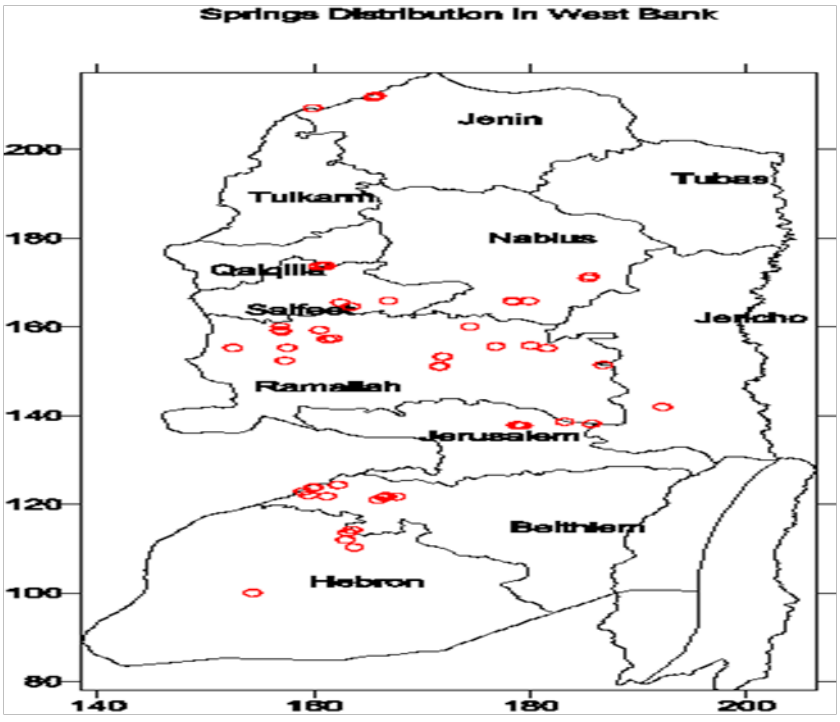

## توزيع مصادر المياه:

المياه السطحية (نهر الأردن): ويصل معدل تصريفه حوالي 1400 م.م3. تبلغ حصة الفلسطينيين منه 250 م.م3،ويستولى الاحتلال على هذه الحصة، ولا يستفيدون منها نهائياً.




الآبار حوالي 390 بئر ارتوازي يمتلكها الفلسطينيون ويبلغ تصريفها حوالي 60 مليون متر مكعب، وهي في غالبها من الأحواض الجوفية السطحية. وحوالي 50 بئراً يمتلكها الاحتلال ويبلغ معدل إنتاجها حوالي 65 م.م$^3$ / سنة.

**الينابيع** :




**الحصاد المائي** :

آبار الجمع تنتشر في فلسطين ظاهرة آبار جمع الأمطار عبر التاريخ فمعظم البيوت في الريف الفلسطيني تمتلك آبار لجمع المياه ويقدر عددها بحوالي 90 ـ 100 ألف بئر تحصد ما مجموعه حوالي 10م.م3 /سنوياً من المياه لأغراض الشرب.

منذ إنشاء السلطة الفلسطينية تم استصلاح ما يقرب من 70 ألف دونم من الأراضي المزروعة وتم عمل ما يقارب 7000 بئر في هذه الأراضي تحصد ما مجموعه 500 ألف م3/سنوياً.

ويقدر حجم المياه الراشحة إلى التربة من خلال استصلاح الأراضي بما لا يقل عن 5م.م3/ يتم تخزينها في الطبقة الترابية العليا أو ترشح للمياه الجوفية من خلال المصاطب المنشأة بغرض حفظ التربة واستصلاح الأراضي للزراعة.

منذ قدوم السلطة الفلسطينية وهي تحاول استرداد حقوق الفلسطينيين في المياه التي يستولى عليها الاحتلال. وكذلك إيجاد مصادر مياه بديلة، فتم خلال هذه الفترة حفر آبار جديدة للشرب وكذلك تم استصلاح العديد من الينابيع، وإنشاء العديد من شبكات المياه لإدارة المياه المتوفرة بالشكل الأمثل. وكذلك إيجاد مصادر مياه أخرى غير التقليدية فتم خلال هذه الفترة التركيز على حصاد المياه من خلال آبار الجمع على مستوى المزرعة أو المساكن.

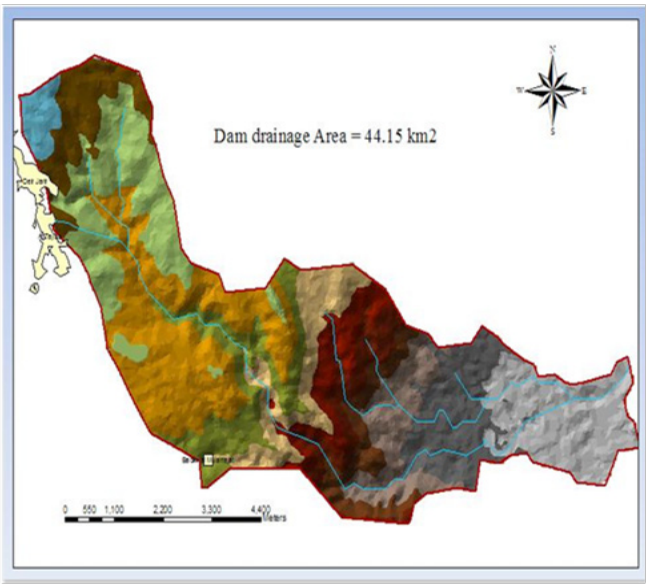
وبقي التفكير قائماً لإنشاء السدود وكانت أول تجربة لإنشاء سد في محافظة أريحا عام 2010م.

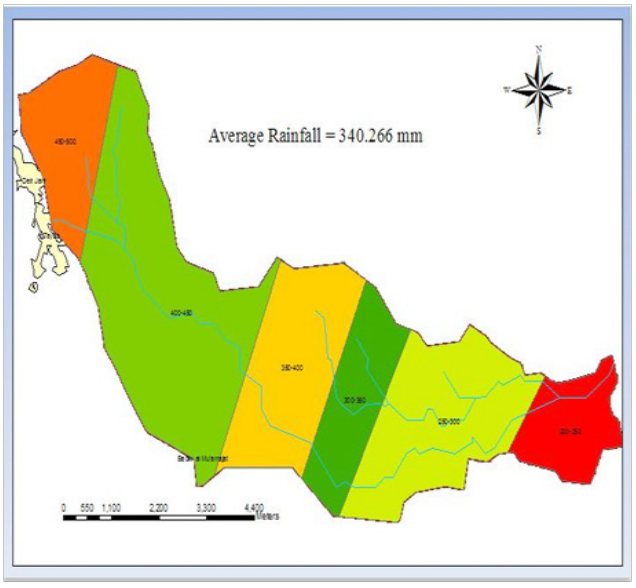
**تجربة سد العوجا:**

- تم إنشاء هذا السد على وادٍ فرعي مغذي لوادي العوجا الرئيسي على إحداثيات شمال 149873، شرق 192591. ويقع في محافظة (أريحا) قرية العوجا.
- وتبلغ السعة التخزينية لهذا السد حوالي 700 ألف م3 /سنة، ويمكن إدارة ما بين 1.5ـ2 م.م3 سنوياً من مياه نبع العوجا.
- ويتراوح معدل تساقط الأمطار في هذه المنطقة ما بين 140ـ600 ملم /سنة بمتوسط 370 ملم/سنة. تبلغ كمية الفيضان في هذا الوادي حوالي 450 ألف متر مكعب من المياه سنوياً.

**منطقة التغذية لسد العوجا :**

**نظام التغذية والتوزيع المطري لمنطقة السد:**



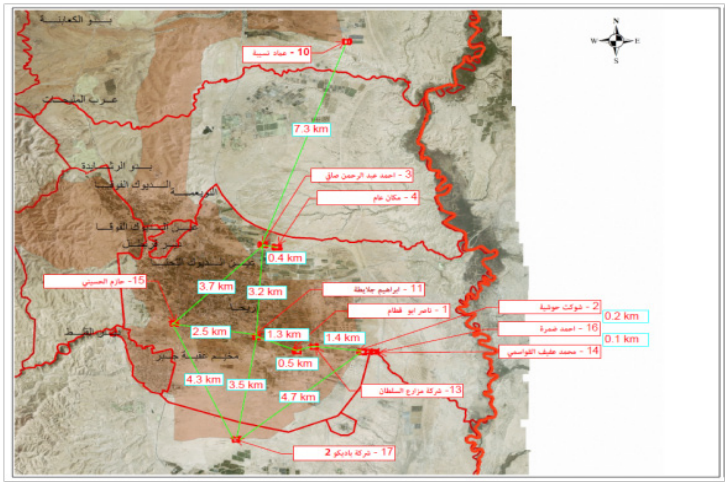

**معيقات الاحتلال :**

**منظر عام لسد العوجا بعد الفيضان** (2011ـ2012):

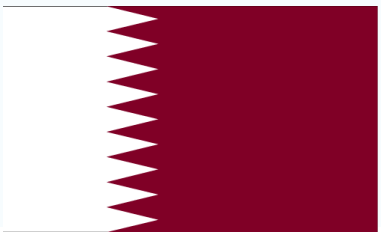
**الحفر الاختيارية لأرضية السد خلال إجراء الدراسات :**

- لدينا دراسات أولية لعدة مواقع لإنشاء السدود والبرك الترابية بهدف حصاد مياه الفيضان والتغذية الجوفية لقرب هذه المواقع من الأحواض المائية الجوفية.
- إنشاء 18 بركة ترابية في السفوح الشرقية.
- تم الانتهاء من الدراسات الأولية لإنشاء سد في منطقة الفارعة بسعة تخزينية ما بين 6 ـ 8م.م3 سنوياً.

**مواقع بعض البرك الترابية :**




**منطقة التغذية لسد الفارعة :**



# آبار التغذية الطبيعية والاصطناعية للحوض الجوفي في دول قطر

المهندس/ عبد العزيز علي عجلان المريخي

## الهدف من هذه الورقة:

هو إلقاء الضوء على مختلف جوانب ومراحل التنمية الشاملة لمصادر المياه الجوفية وخاصة المتجددة منها وطرق تنميتها، وإدارتها بما يتوافق والظروف المحلية وضمن أوضاع الجفاف السائدة بإنتهاج الأساليب الفعالة وتطبيقها وتلافي النقاط السلبية منها وصولاً إلى الاستثمار الأمثل لتلك الموارد بما يحقق أهداف برامج التنمية للموارد المائية والحفاظ عليها. وتتركز هذه الوفرة على المشاريع و البرامج والخطوات التي اتخذت في سبيل الحفاظ على الموارد المائية وزيادة مخزونها سواء عن طريق المشروع الرائد لحصاد مياه الأمطار في المنخفضات أو المستجمعات المطرية . بغية التخفيف من آثار الجفاف وزيادة المخزون المائي الجوفي وللاستفادة من العواصف المطرية مختلفة الشدة.

## المقدمة:

الماء أساس الحياة، وهو مورد حيوي يرتكز عليه إنتاج الغذاء ويشكل أهم عناصر البيئة، كما يلعب دوراً رئيسياً في التنمية الصناعية والاقتصادية بكافة جوانبها.

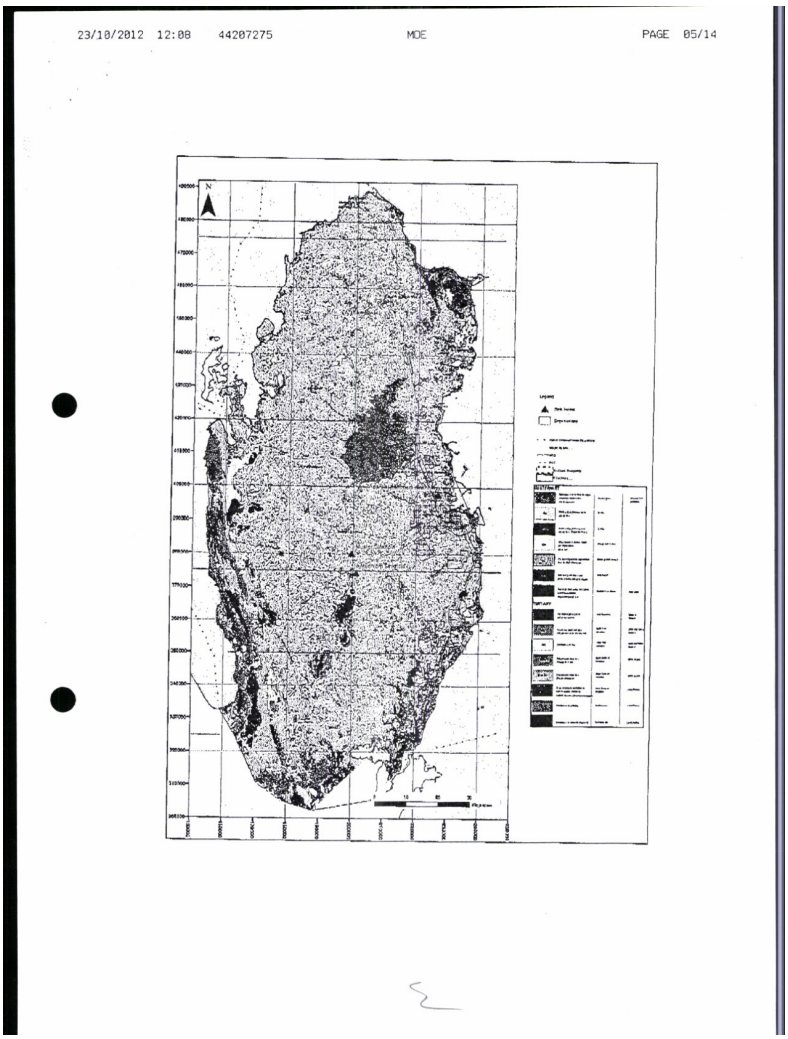
ويكسب الماء أهمية خاصة في الدول العربية نظراً لندرته ومحدوديته والنمو السكاني السريع، وتتبلور مشكلة المياه في الطلب المتزايد على المياه العذبة وخاصة في دول شبه الجزيرة العربية التي اتجهت إلى عملية تحلية مياه البحر لسد النقص الذي بدأ يزيد يوماً بعد يوم.

تقع دولة قطر في منتصف الخليج العربي وهي شبه جزيرة تقدر مساحتها بحوالي 11606.8 كم$^2$ يبلغ عدد سكانها حوالي (1699435) ألف نسمة «تعداد مارس 2010م»، كما تقع دولة قطر كسائر دول الخليج العربي في مناطق جافة والأمطار شحيحة ودرجات حرارتها مرتفعة مما يزيد من نسبة التبخر ونظراً لذلك فقد شهدت تطوراً كبيراً في مجال تنمية الموارد المائية منذ أوائل السبعينات بتنفيذ العديد من المشاريع التنموية في مجال الموارد المائية بالتعاون مع المنظمات الدولية والعربية.

## الأوضاع الجيولوجية:

شبه جزيرة قطر هي جزء من سطح الجزيرة العربية وتتميز بسمك الصخور الرسوبية، كما تشكل شبه جزيرة قطر محدبة عريضة يمتد محورها من وسط البلاد في الشمال إلى الجنوب ويعود منشأها إلى نهاية عصر الايوسين والتي استمرت حتى الاوليغوسين.

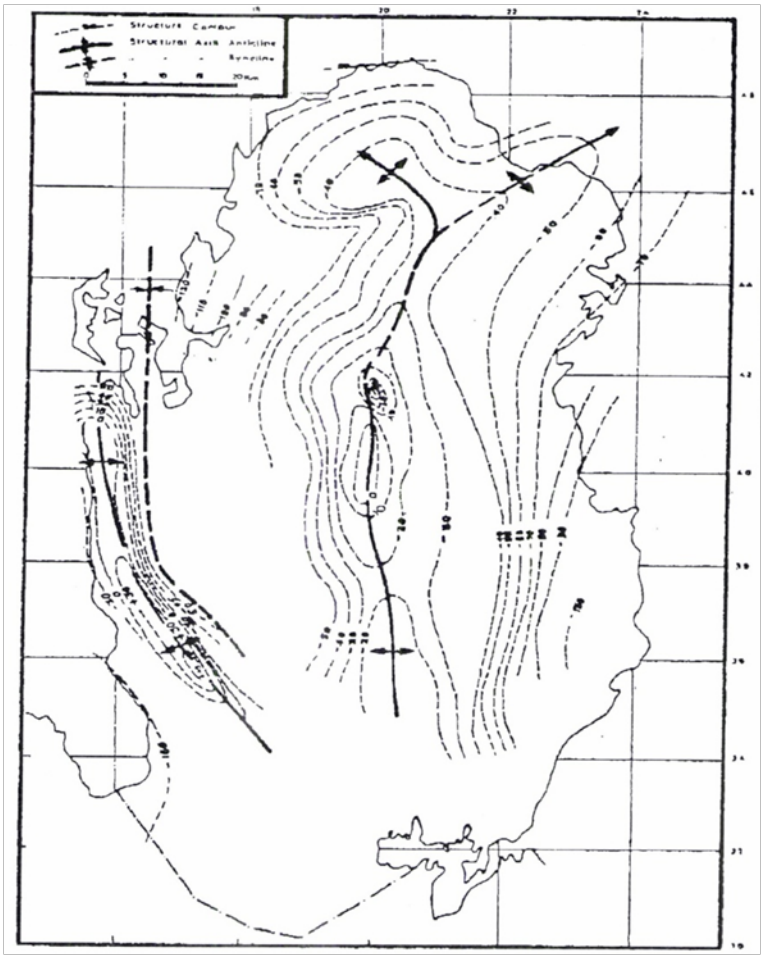
تغطي معظم أرجاء أراضي الدولة صخور الحجر الجيري والطباشيري والدولوميت العائدة لتكوين الدمام الأعلى، وتعود إلى عصر الأيوسين الأوسط. تعلوها طبقات من صخور الحجر الجيري التابعة لتكوين الرس وتعود إلى عصر الأيوسين الحديث.




شكل (1)

تنتشر أهم الكسور في ثلاثة اتجاهات رئيسية شمال شرقي، جنوب غربي، جنوب شرقي. وتعتبر هذه الكسورات ذات أهمية هيدروجيولوجية خاصة. ومن أهم المظاهر والنتائج العملية التي تم التواصل إليها من خلال إنجاز برامج الدراسات والتحريات الجيولوجية والجيوفيزيائية، تحديد نطاق كما في الشكل (1) يمثل التغيرات السحنية الجانبية الذي تقع قمته في منتصف البلاد وتتفرغ شعبيته نحو الشمال الشرقي والشمال الغربي كما في شكل (2) وتكمن أهميته في تقسيم البلاد إلى منطقتين تتميزان بمواصفات هيدروجيولوجية متمايزة، المنطقة الشمالية وتقع على اتصال هيدروليكي مباشر ما بين التوضعات العائدة لطبعة الرس العليا وطبقة أم الرضمه الدنيا حيث تتسرب المياه إلى أعلى طبقة أم الرضمه في مجال النطاق الانتقالي والذي يتميز بارتفاع قيم معاملاته الهيدروليكية سواء لمعامل النفاذية، أو معامل التخزين.

أما في المنطقة الجنوبية فقد أدى إلى وجود الطبقة الحاجزية (المدارشيل) إلى الحد من تسرب مياه الأمطار إلى الطبقات الدنيا مما قلل من عملية إذابة طبقات الجص والانهدريت ووضع الموارد المائية الجوفية في الدرجة الثانية من حيث الأهمية بالنسبة لتواجد المياه الجوفية، أو وفرتها، نظرا لتدني قيم المعاملات الهيدروليكية، وانخفاض تصاريف الآبار فيها.



شكل (2)

تشتمل الموارد المائية التقليدية وغير التقليدية في الدولة على المصادر المائية الرئيسية التالية:

1- الموارد المائية الجوفية Ground water Resources.

2- محطات تحلية المياه Desalination Plants.

3- المياه العادمة المعالجة T.S.E.

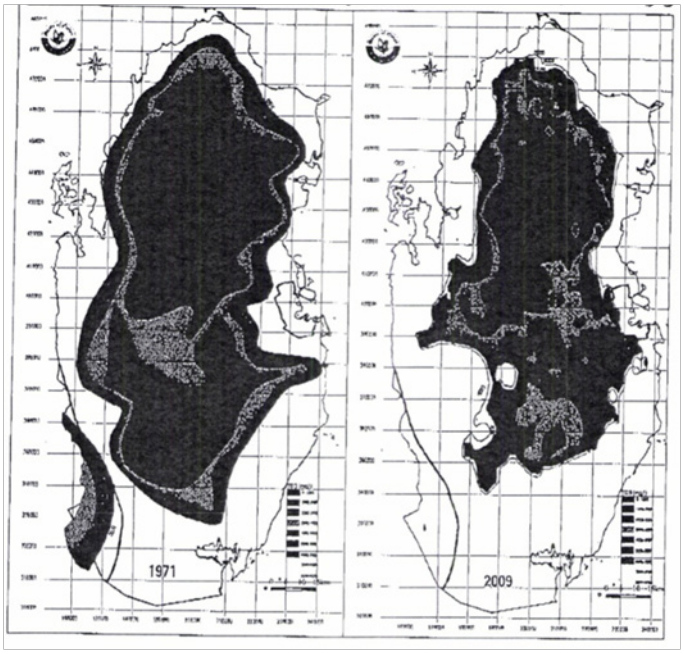
تعد طبقتا الرس والجزء العلوي من طبقة أم الرضمه المستويين المائيين الرئيسيين العاملين للمياه الصالحة لأغراض الشرب والري والاستخدام المنزلي، وتبلغ ملوحة طبقة الرس حوالي 500 ملغ/ل ويزداد مجموع الأملاح الذائبة TDS كلما اتجهنا نحو البحر وكلما ازداد عمق المياه في الآبار.

## الطبقة الحاملة للمياه:

الطبقة الحاملة للمياه وهي في المنطقة الشمالية طبقة الرس وأعلى طبقة أم رضمه حيث يوجد اتصال بينهما في أجزاء كبيرة متفرقة ، أما في المنطقة الجنوبية فأغلب التغذية إلى طبقة الرس حيث الاتصال بين طبقة الرس وأم الرضمه ضعيف وفي أغلب الأحيان نجد أن المياه تتكون من جزء أعلاه طبقة الرس وباقي الطبقة صماء حتى تصل إلى الطبقة السفلى وهي أم الرضمة التي تضمن مياه مالحة نسبياً.

## ملوحة المياه الجوفية:

التوزيع الحالي للمياه العذبة والمياه قليلة الملوحة والمياه المالحة على امتداد الدولة، فقد وجد أن منطقة تواجد المياه العذبة في شمال ووسط الدولة قد تناقص من حوالي 15 % من مساحة الدولة في العام 1971 إلى مجرد 2 % من مساحة الدولة في العام 2009م، وتمثل منطقة تواجد المياه العذبة حالياً 11 % تقريباً مما كانت عليه في العام 1971 حيث يمثل الاضمحلال الكمي والنوعي بتواجد المياه الجوفية بدولة قطر كما في شكل رقم (3) ، وعلى الرغم من أن المياه الجوفية الجيدة نسبياً إجمالاً بمعزل عن البحر إلى أن هناك عدة عوامل ومنها تأثير تداخل مياه البحر من المناطق المجاورة للبحر وتصاعد المياه المالحة من الطبقات السفلي.




شكل (3)

## التغذية للحوض الجوفي:

تعتبر التغذية المباشرة وغير المباشرة للحوض الجوفي من مياه الأمطار هي المصدر الطبيعي الوحيد في قطر. تحدث التغذية للطبقة الحاملة للمياه إما مباشرة من خلال تسرب مياه الأمطار المتساقطة على سطح الأرض أو غير مباشرة من خلال تسرب مياه السيول المتجمعة في المنخفضات عن طريق الوديان المؤدية إليها وذلك في حالة تجمع مياه السيول الناتجة من العواصف المطرية.

وتعتمد الكمية المتسربة الناتجة من التغذية المباشرة على مدى نفاذية الطبقة السطحية للأرض والتي تختلف اختلافاً كبيراً نظراً لتفاوت معامل النفاذية بين أنواع التربة المختلفة، أما الكمية المغذية عن طريق التسرب غير المباشر من مياه السيول المتجمعة في المنخفضات فتصل إلى الطبقة الحاملة للمياه الجوفية بعد أن تفقد منها كميات نتيجة التبخر واحتفاظ التربة بجزء منها .

## معادلة التغذية للحوض الجوفي:

$$RO = (188(6.5+h) + 8T)\ A$$
$$RC = = (124(12+h) + 3T)\ A$$

Ro = حجم السيل بالمتر المكعب.

Rc = حجم التغذية للحوض الجوفي بالمتر المكعب.

H = المطر المتساقط بالمليمتر.

T = المدة الزمنية لسقوط المطر بالدقيقة.
A = مساحة تجميع المطر بالكيلو متر المربع.

تتم التغذية للحوض الجوفي في قطر عن طريق التغذية المباشرة من كميات الأمطار المتساقطة من خلال تسرب هذه المياه من سطح الأرض إلى الطبقة الحاملة للمياه وفي حالة هطول الأمطار بكثافة عالية مما تسبب في حدوث السيول وتجميعها في المنخفضات فإن ذلك يزيد من معدل التغذية عن طريق غير مباشر من تشرب هذه المياه إلى الأحواض الجوفية بعد أن يفقد منها جزء كبير بسبب التبخر.

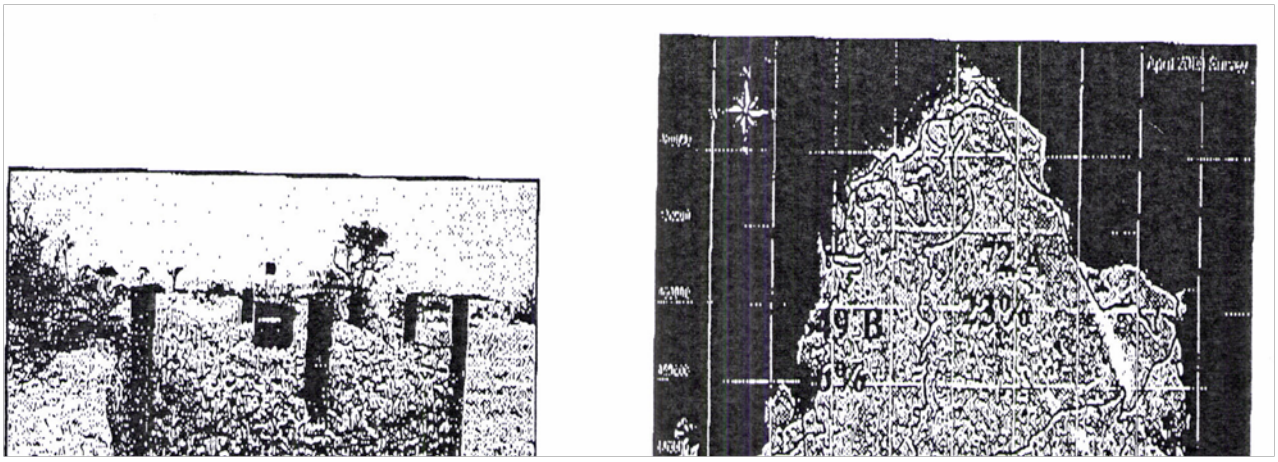
وقد قسمت شبه الجزيرة القطرية إلى عدد 10 أحواض سطحية رئيسية والتي تشمل جميع المنخفضات والذي يصل عددها إلى 850 منخفضاً بلغت مساحتها الإجمالية 6979 كم$^2$.

فإنه تم تقسيم هذه الأحواض العشرة الرئيسية إلى منطقة شمالية وتشمل عدد 4 أحواض رئيسية وتبلغ مساحتها 3055 كم$^2$ ومنطقة جنوبية لتشمل عدد 6 أحواض رئيسية تبلغ مساحتها 3924 كم$^2$.

وفي حالة سقوط الأمطار بمعدلات تقل عن معدل حدوث السيول فإن التغذية للطبقة الحاملة للمياه في حدود 10 % من كمية الأمطار المتساقطة في المنطقة الشمالية و 6 % منها في المنطقة الجنوبية أما في حالات المعدلات العالية من سقوط المطر على هيئة عواصف مطرية فإن نسبة التغذية تزيد في المنطق الشمالية لتصل إلى 15 % وفي المنطقة الجنوبية إلى 10 % فقط.

ولهذا فقد دلت التجارب الحقلية أن النسبة المئوية للمياه المتسربة للحوض الجوفي الناشئة عن تجمع السيول تتراوح ما بين 47.3 % إلى 86.4 % وبمتوسط وقدره 66.9 %.

وقد تبين أن المنخفضات التي جهزت بآبار تغذية من مياه الأمطار قد حققت زيادة في نسبة المياه المتسربة تقدر بحوالي 30 % مقارنة بالمناطق التي تخلو من تلك الآبار.



شكل (4)

## العوامل المؤثرة في التغذية للخزان الجوفي :

1- من أهم العوامل المؤثرة لتغذية الخزان الجوفي حجم أحواض تجميع المطر من حيث مساحة هذا الحوض وعمقه أي الفرق بين منسوب سطح الأرض من الحد الفاصل لمساحة التجميع إلى أدنى منسوب.

2- الغطاء النباتي الطبيعي يتضح أن له تأثيراً في معدلات التغذية فنجد أن كثافة الغطاء النباتي الطبيعي في الجنب أكبر منها في الشمال وكذلك أن المنطقة المتوسطة بين الكثافتين تتمشى مع الحد الفاصل بين الطبقة الحاملة للمياه الشمالية والجنوبية، وقد يرجع ذلك أساساً إلى الاختلاف الظاهري في نوعيات التربة السطحية حيث تغطي المنطقة الجنوبية نسبة أكبر من الترسبات والطبقات الرملية التي تساعد على الاحتفاظ بالماء ومن ثم انتشار الغطاء النباتي.

3ـ شدة المطر وكميته من العوامل المؤثرة في تكوين السيول وبالتالي التغذية للحوض الجوفي، ونعني بالشدة أن تكون كمية المطر المتساقط كثيرة في زمن قصير، وبذلك تتجمع مياه الأمطار في المنخفضات من فائض احتياج التربة السطحية للأراضي المحيطة به وقدرت الكمية اللازمة لتكوين هذه السيول بمعدل أكثر من 10 ملليمترات في اليوم وبالتالي تتسرب هذه المياه عن طريق غير مباشر إلى الطبقة الحاملة للمياه.

## الخلاصـــة:

هذا وقد تم تنفيذ ما يزيد على 341 بئر تغذية تقريباً حتى الآن وذلك منذ أن بدأ تنفيذ المرحلة الأولى من المشروع عام 1987م كما يوضح الشكل رقم (4)، كما أن برامج العمل تتضمن حفر المزيد من تلك الآبار.

من خلال الغرض السابق للتغذية الطبيعية والتي تتم مباشرة من خلال تسرب المياه المتجمعة في المنخفضات إلى الطبقات الحاملة للمياه ومقارنة ذلك بالنتائج التي تم الحصول عليها بعد تنفيذ آبار التغذية يتضح مدى الفائدة من تطبيق التقنيات المناسبة لبيئتنا وبما يتناسب أيضاً مع كميات مياه الأمطار.

**المراجـــع:**


1ـ تأثير مياه الأمطار في ارتفاع منسوب المياه الجوفية والسطحية، فبراير 1990م، إدارة البحوث الزراعية والمائية وزارة الشؤون البلدية والزراعة.

2ـ تنمية وزارة الموارد المائية المتكاملة لتخفيف آثار الجفاف، مايو 1997م، غدارة البحوث الزراعية والمائية وزارة الشؤون البلدية والزراعة.

3ـ التقرير الموسمي للبحوث الزراعية والمائية 1995/94م.

4ـ نشرات الأرصاد المائية ـ إدارة المياه ـ وزارة البيئة 2010م.

5ـ عامر/ تغذية المياه الجوفية الاصطناعية تجربة قطر في إدارة البحوث الزراعية والمائية، قسم البحوث المائية وزارة البلدية والزراعة 2008/5/26 مملكة البحرين.

6ـ مشروع لدراسة التغذية الطبيعية والاصطناعية لمخزون المياه الجوفية في دولة قطر وزارة البيئة 2010م.

# الفرص والتحديات لحصاد المياه والتغذية الجوفية الاصطناعية للمياه الجوفية في دولة ليبيا

**الدكتور/ صلاح مفتاح عبد الله حمد**


## الملخص:

هذه الورقة تناقش حصاد المياه السطحية في دولة ليبيا والفرص المتاحة والتحديات والمعوقات التي تواجه إمكانيات الاستثمار والتنمية في هذا المجال، لقد تمت الاستعانة ببعض الدراسات السابقة والمحدودة، ونظراً لاهتمام العديد من المؤسسات فيها بهذا الموضوع إلا أنه في ظروف عدم التكامل بينها نجد أن عملية الحصول على البيانات ليست سهلة.

تمت مناقشة التجربة الليبية في مجال حصاد المياه والتغذية الاصطناعية للخزانات الجوفية والتي في معظمها متعلقة بالرشح المباشر من البحيرات المائية المتكونة خلف السدود، بالإضافة إلى اقتراح المواقع المناسبة لعملية الشحن الاصطناعي للخزانات الجوفية واستعراض أهم العوائق والتحديات التي تواجه حصاد المياه والتغذية الاصطناعية في ليبيا .


## المقدمة:

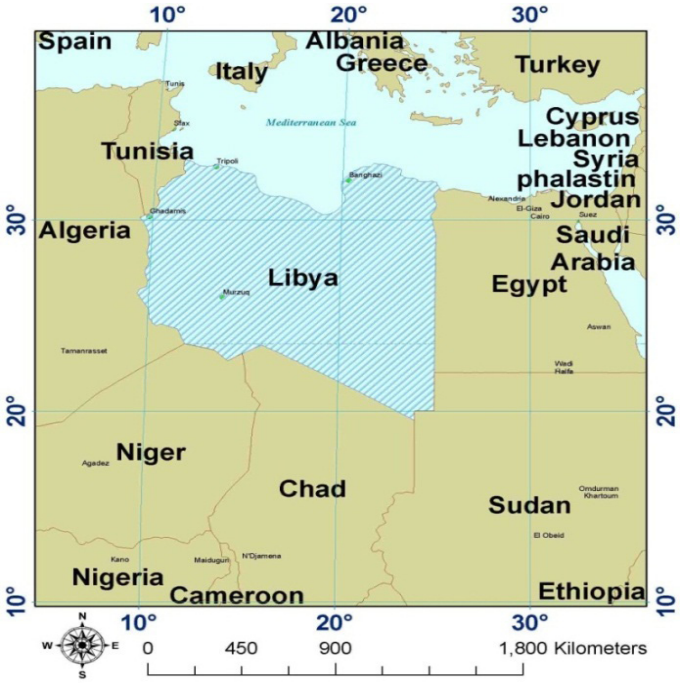
ليبيا تقع في الساحل الشمالي لإفريقيا، كما هو موضح بالشكل رقم (1) بين كل من جمهورية مصر العربية شرقاً وتونس والجزائر غرباً، وتشاد والسودان والنيجر جنوباً يحدها البحر الأبيض المتوسط شمالاً، كما تبلغ مساحتها الإجمالية حوالي 1،759،540 كيلو متر مربع.

تضم الأراضي الليبية العديد من الوحدات التضاريسية المميزة و المتباينة و التي يمكن تحديدها ضمن ثلاثة نطاقات رئيسية يحتوي كل منها على مجموعة من الوحدات التضاريسية التي تتشابه نوعاً ما في أشكالها و في العوامل الجيومورفولوجية المسئولة عنها و هي (UNESCO، 2012):

- نطاق السهول الساحلية : سهل الجفارة، سهل الخمس، سهل مصراتة ، سهل بنغازي، سهل سرت والسهول الشرقية.
- نطاق المرتفعات الشمالية: الجبل الغربي (جبل نفوسة)، الجبل الأخضر، هضبة البطنان والدفنة.

## النطاق الصحراوي:

- الهضاب: هضبة الحمادة الحمراء.
- المنخفضات الشمالية: منخفض الجغبوب، منخفض أوجلة وجالو وأجخرة، منخفض مرادة.
- الأحواض: حوض أوباري، حوض مرزق وحوض الكفرة.
- الجبال: جبل السوداء، جبل الهروج، جبل تيبستي، جبل العوينات، وجبل أكاكوس.
- الأودية: وادي الشاطئ ووادي الحياة.
- المسطحات الرملية والسرير.



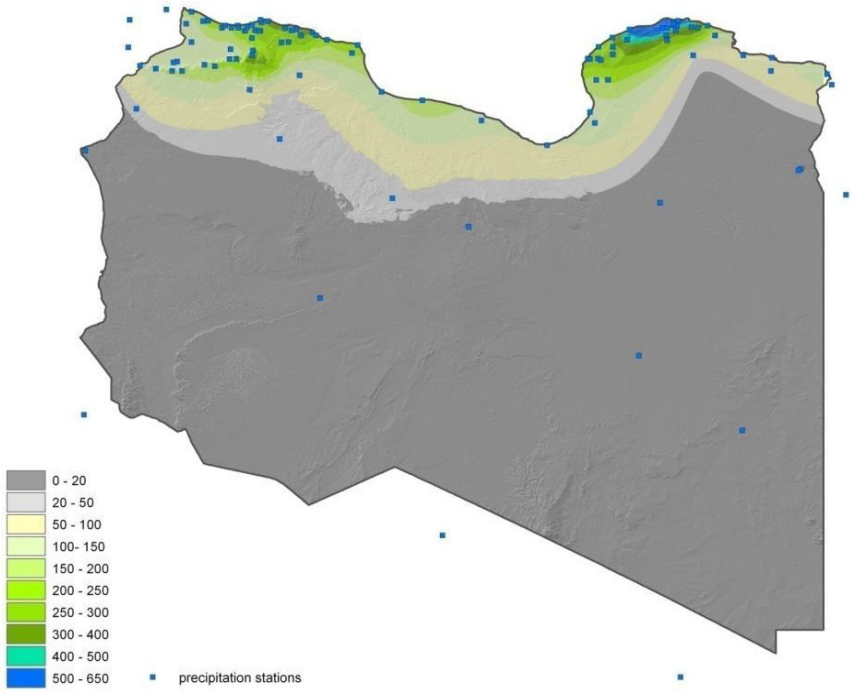

شكل رقم (1) موقع ليبيا

يتميز مناخ معظم أراضي ليبيا بالجفاف مع اختلاف كبير في درجة الحرارة، و تعتبر منطقة الصحراء الكبرى في الجنوب و البحر المتوسط في الشمال بمثابة العوامل الرئيسية التي تحدد المناخ في البلاد، ففي المنطقة الساحلية يعتبر فصل الشتاء معتدلاً رغم تساقط الثلج في بعض المناطق المرتفعة أحياناً، ولا ينخفض معدل درجة الحرارة عن 5 درجات مئوية، أما فصل الصيف فيعتبر حاراً نسبياً حيث تبلغ درجة الحرارة أقصاها في شهر " أغسطس" و لا يتجاوز معدل الحرارة الشهري خلال هذه الفترة 30 درجة مئوية . تسقط الأمطار في أواخر الخريف والشتاء وأوائل الربيع. كما هو مبين من خريطة الهطول المطري بالشكل رقم (2)، كما أنه لا تسقط أمطار خلال فصل الصيف. وفي المناطق الجبلية كالجبل الغربي و الجبل الأخضر يكون للارتفاع و القرب من البحر تأثير معدل لدرجة الحرارة . أما فيما يتعلق بالمنطقة الصحراوية فإن معدل درجة الحرارة العام يزيد على 30 درجة مئوية خلال فصل الصيف و لا يتجاوز 5 درجات مئوية خلال فصل الشتاء. وبينما يعتبر سقوط الأمطار غير شائع في المناطق الصحراوية تحدث أحياناً عواصف مطرية بل يسقط الثلج في بعض الأحيان .

وعموماً فإن ليبيا تتميز بمناخ معتدل يتسم بالتنوع من مناخ البحر المتوسط في الساحل الشمالي إلى المناخ الصحراوي في الجنوب مما يجعله عامل جذب و مقوماً هاماً من مقومات صناعة السياحة بها. من حيث الفصول المناخية و المواسم السياحية يمكن تقسيم البلاد إلى ثلاث مناطق مميزة.

(Aquastat، 2006) و (UNESCO، 2012):

- منطقة ساحل البحر الأبيض المتوسط والذي يمتاز بصيف جاف وشتاء رطب.
- مناطق الجبل الأخضر وجبل نفوسه واللتان تمثلان هضاب مرتفعة تمتاز مناخياً ببرودة وتساقط للمطر والثلوج في الشتاء.
- مناطق الجنوب والتي تمتاز بمناخ صحراوي جاف ودرجات حرارة عالية .




شكل رقم (2) متوسط الهطول السنوي في ليبيا (ARC_ICARDA، 2008).

تمثل المياه الجوفية حوالي 97 % من إجمالي المياه المستهلكة في الأغراض المختلفة وتتغذي الخزانات من موارد المياه السطحية المحدودة والمتمثلة في الجريان السطحي للأودية الموسمية في الفصول المطيرة وتقدر كميات التغذية السنوية المباشرة بحوالي 600 مليون متر مكعب، بينما يقدر إجمالي الاستهلاك الحالي بحوالي 4.98 مليار متر مكعب في السنة، ويشير ذلك إلى أن 87 % من المياه الجوفية المستعملة حالياً من مصادر مائية غير متجددة. تعرض الوضع المائي في ليبيا خلال السنوات الأخيرة إلى عدة ظواهر أهمها(الهيئة العامة للمياه ،2006):

زيادة الطلب على المياه الجوفية بالمناطق الساحلية مسبباً هبوطاً حاداً لمناسيب المياه ونتج عنه تداخل مياه البحر والخزانات الجوفية السطحية وجفافها في بعض المناطق الداخلية مما أدى إلى اختفاء بعض العيون الطبيعية وخاصة في منطقة جبل نفوسه والواحات.

الزيادة المتنامية في المساحات المروية بالمناطق الجنوبية وما صاحبها من زيادة في استهلاك المياه نتج عنها هبوط بمناسيب المياه وانخفاض الضغط الارتوازي بالعديد من المناطق مثل وادي الشاطئ والجفرة وغدامس وسوف الجين.

تغدق الأراضي الزراعية بالمناطق الجنوبية والجفرة نظراً لعدم كفاءة نظم الصرف أو عدم توفرها أساساً وبالتالي زيادة رقعة التصحر.

## حصاد المياه في ليبيا:

أدرك الليبيون القدماء أسوة ببقية جيرانهم في الشمال الإفريقي أهمية مياه الأمطار وحسن استثمارها لبلدهم الجاف الخالي من الأنهار المستديمة والمياه الجوفية السهلة المنال. ولذلك حاولوا استغلال هذا المورد بشتى الطرق وأقصى ما لديهم من علم وتقنية. ولقد كشفت الدراسات الأثرية والتاريخية (جولد تشايلد،1952 ) قيام زراعات بعلية متقدمة جداً ومتوغلة في أعماق الصحراء ساهمت في إنتاج وتصدير كميات من المواد الغذائية كالحبوب والزيوت إلى أجزاء متعددة من الإمبراطورية الرومانية إضافة إلى مواجهة الاحتياجات الغذائية المحلية. وتركزت هذه الزراعات حول المناطق المرتفعة من جبل نفوسة والجبل الأخضر وفي السهول وبطون الوديان والمنخفضات حيث كانت تنشأ السدود التعويقية والتخزينية والمصاطب الحجرية والترابية والصهاريج. (الغرياني، 2002).

خلال العقود الماضية في ليبيا كان هناك العديد من المشاريع الخاصة بحصاد المياه نظراً لقلة الموارد المائية المتاحة، فكان من الضروري توظيف كافة الإمكانيات لتحقيق الاستفادة القصوى من موارد المياه السطحية، حيث تم وضع البرامج والخطط الكفيلة بتحقيق الاستفادة من مياه الأودية الموسمية وذلك بتقسيم ليبيا إلى سبع مناطق كما مبين في الجدول رقم (1) وتم تجميع كافة البيانات من واقع الدراسات المبدئية والتفصيلية لتكون أساساً لاستكمال الدراسات الخاصة للاستفادة من مياه هذه الأودية (الهيئة العامة للمياه، 2009).

**جدول رقم (1) كميات المياه السطحية (مليون متر مكعب) التي يمكن حجزها و المتوقع حجزها مستقبلاً (الهيئة العامة للمياه، 2009).**

| المنطقة | الإجمالي القابل للتخزين | المتحكم فيه سنة 1977 | المتحكم فيه سنة 2009 | المتوقع التحكم فيه مستقبلاً |
|---|---|---|---|---|
| 1.سهل الجفارة وسفح جبل نفوسة | 87 | 10.10 | 25.50 | 47.30 |
| 2.الخمس مصراته | 27 | 13.50 | 17.40 | 20.76 |
| 3.حوض غدامس سوف الجين | 16 | - | - | 13.10 |
| 4.المنطقة الوسطى | 3 | 0.90 | 1.80 | 2.10 |
| 5.الجبل الأخضر وسهل بنغازي | 45 | 13.60 | 15.95 | 35.90 |
| 6.جنوب الجبل الأخضر | 11 | - | - | - |
| 7.البطنان | 11 | - | - | 1.35 |
| **الإجمالي** | 200 | 38.10 | 60.65 | 120.51 |

واعتبرت مجموعة الأودية التي تصب مياهها في البحر ذات أولوية في إنشاء السدود عليها للاستفادة من هذه المياه قبل وصولها للبحر ، وكان من أهداف إنشاء السدود التالي:

- حماية المدن والقرى السكنية و المشاريع الزراعية والصناعية من أخطار الفيضانات.
- استغلال المياه التي يمكن تجميعها في الأغراض الزراعية و المنزلية.
- حماية التربة من الا نجراف وتكوين مسطحات مائية ببطون الأودية لاستغلالها زراعياً.
- تغذية الخزانات الجوفية.

ولتحقيق الأهداف المذكورة أعلاه تم الانتهاء من تنفيذ عدد 18 سداً رئيسياً كما بالجدول رقم (2) أقيمت على أهم الوديان بليبيا بلغ إجمالي سعتها التخزينية 389 مليون متر مكعب، والمتوسط السنوي لحجم التخزين حوالي 6 ملايين متر مكعب من المياه.

كما قامت الهيئة العامة للمياه بدراسة للوديان الرئيسية الأخرى والتي يمكن إقامة السدود عليها، وقد تعاقدت على تنفيذ عدد 4 سدود رئيسية كما مبين في الجدول (3) وتم الانتهاء من الدراسات وإعداد المواصفات الفنية لعدد 7 سدود كما بالجدول رقم (4) بمختلف مناطق ليبيا وطرحت في عطاءات كما تم اقتراح تنفيذ عدد 13 سداً آخراً بعد الانتهاء من دراستها كما بالجدول رقم (5).

**جدول رقم (2) السدود المنفذة (الهيئة العامة للمياه، 2009).**

| رقم | اسم الوادي | المنطقة | السعة التخزينية لبحيرة السد (مليون متر مكعب) | متوسط التخزين السنوي (مليون متر مكعب) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | وادي المجينين | بن غشير | 58 | 10 |
| 2 | وادي كعام | ازليطن | 111 | 13 |
| 3 | وادي غان | غريان | 30 | 11 |
| 4 | وادي زارت | الرابطه | 8.6 | 4.5 |
| 5 | وادي لبدة | الخمس | 5.2 | 3.4 |
| 6 | وادي القطارة | بنغازي | 120 | 12 |
| 7 | وادي القطارة الثانوي | بنغازي | 1.5 | 0.50 |
| 8 | وادي مرقص | راس الهلال | 0.15 | 0.15 |
| 9 | وادي بن حواد | بن جواد | 0.34 | 0.34 |
| 10 | وادي زازه | العقورية | 2 | 0.80 |
| 11 | وادي درنه | درنه | 1.15 | 1.0 |
| 12 | وادي بومنصور | درنه | 23.7 | 2.0 |
| 13 | وادي تبريت | زليطن | 1.6 | 0.50 |
| 14 | وادي الذكر | زليطن | 2.4 | 0.50 |
| 15 | وادي جارف | سرت | 2.4 | 0.30 |
| 16 | وادي الزيد | سرت | 2.6 | 0.50 |
| 17 | وادي الزهاويه | سرت | 2.2 | 0.70 |
| 18 | وادي الشوكه (زقار) | الجفره | 3.65 | 0.20 |
| المجموع | | | 375.584 | 61.39 |

**جدول رقم (3) السدود المتعاقد على تنفيذها (الهيئة العامة للمياه، 2009).**

| رقم متسلسل | اسم الوادي | المنطقة | السعة التخزينية لبحيرة السد (مليون متر مكعب) | متوسط التخزين السنوي (مليون متر مكعب) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | وادي بوشيبه | غريان | 5.5 | 2.58 |
| 2 | وادي الرمان | غريان | 3.75 | 1.4 |
| 3 | وادي تلال | سرت | (6.2+2.5) | - |
| 4 | وادي النغار ( الأحمر) | بنغازي | 19.5 | 5.85 |
| المجموع | | | 37.45 | 9.83 |

**جدول رقم (4) السدود الجاهزة للتعاقد (الهيئة العامة للمياه، 2009).**

| رقم مسلسل | اسم الوادي | المنطقة | السعة التخزينية لبحيرة السد (مليون متر مكعب) | متوسط التخزين السنوي (مليون متر مكعب) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | وادي الخليج | البيضاء | 5 | 2.5 |
| 2 | وادي المعلق | البيضاء | 6 | 3 |

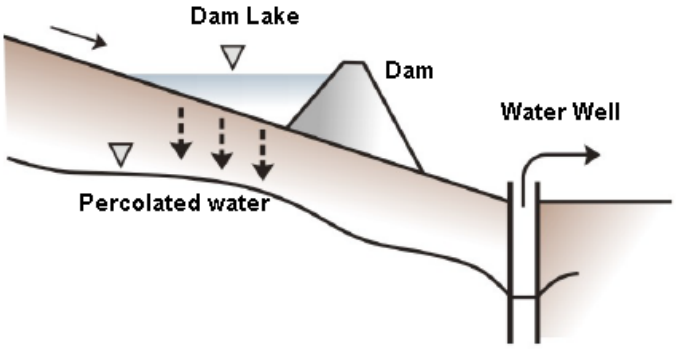
| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 3 | وادي الشهوبيين | ترهونه | 3.3 | 1.02 |
| 4 | وادي الزغادنه | ترهونه | 1.9 | 0.62 |
| 5 | وادي ترغت | القربولي | 8.4 | 2.08 |
| 6 | وادي قريم | القربولي | 2.6 | 0.62 |
| 7 | وادي غنيمه | القربولي | 2.4 | 0.63 |
| **المجموع** | | | 29.6 | 10.47 |

كما توجد المئات من صهاريج التجميع الصغيرة والسدود التعويقية المنفذة من قبل الدولة الليبية والمواطنين. بالإضافة إلى العديد من المبادرات وخطط العمل المتعلقة بحصاد المياه السطحية في ليبيا وفي الآونة الأخيرة تم اتفاق للتعاون بين المركز الدولي للبحوث الزراعية في المناطق الجافة (إيكاردا) ومركز البحوث الزراعية (ARC) في عام 2007 لتعزيز التعاون لمدة خمس سنوات من خلال دعم صندوق الثقة من ليبيا إلى إطلاق برنامج متكامل للبحث من أجل التنمية في ليبيا يغطي ثلاثة مجالات رئيسية من أهمها حصاد المياه (ARC-ICARDA، 2008).

وبالرغم من مجهودات حصاد المياه في ليبيا إلا أن استخدامها في الاستهلاك الحضري ما زال محدوداً وتقتصر الخبرة الليبية في التغذية الاصطناعية للمياه الجوفية فقط في بناء السدود كما هو موضح في الشكل التخطيطي رقم (3) الذي يبين نوع التغذية الاصطناعية في ليبيا، كما في سد القطارة بالمنطقة الشرقية الشكل (4) وسد وادي كعام في المنطقة الغربية كما بالشكل (5) على الرغم من عدم وجود الرصد الدوري نوعياً وكمياً للمياه الجوفية، فإن التحقيقات الميدانية والاستبيانات من المزارعين وأصحاب المصلحة أثبتت وجود تغييرات إيجابية حدثت في المياه الجوفية بعد بناء السدود وخلال مواسم الأمطار.

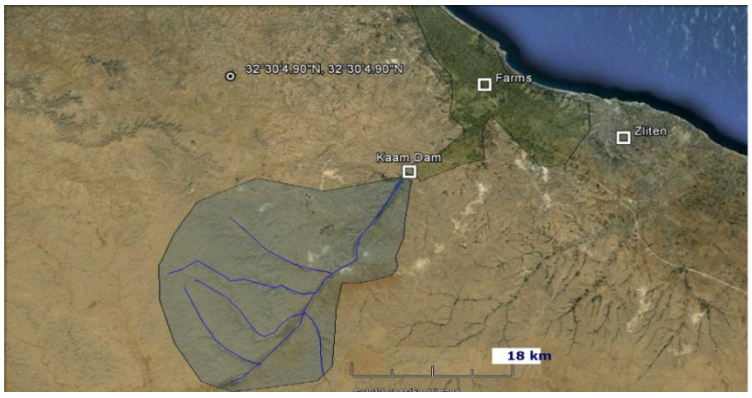
**جدول رقم (5) السدود المقترحة (الهيئة العامة للمياه، 2009).**

| رقم مسلسل | اسم الوادي | المنطقة | السعة التخزينية لبحيرة السد (مليون متر مكعب) | متوسط التخزين السنوي (مليون متر مكعب) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | وادي بني وليد | بني وليد | 10.40 | 7.20 |
| 2 | وادي اتمساله | بني وليد | 9.3 | 3.25 |
| 3 | وادي منصور | بني وليد | 4.25 | 1.80 |
| 4 | وادي ميمون | بني وليد | 3.40 | 0.85 |
| 5 | وادي نالوت | نالوت | 5.90 | 1.25 |
| 6 | وادي ابو الرصف | الحرابه | 15.00 | 2.28 |
| 7 | وادي ام القرب | الرحيبات | 10.00 | 1.55 |
| 8 | وادي جناون | جادو | 5.00 | 0.89 |
| 9 | وادي طبرق | البطنان | 2.35 | 1.35 |
| 10 | وادي السواخ | غريان | 6.00 | 2.60 |
| 11 | وادي ابوعائشه | غريان | 2.80 | 1.30 |
| 12 | وادي الباب | بنغازي | 31.30 | 8.80 |
| 13 | وديان سرت بن جواد | الوسطى | 1.25 | 1.25 |
| **المجموع** | | | 106.88 | 33.65 |




**شكل رقم** (3) **شكل تخطيطي لنوع التغذية الاصطناعية في ليبيا** (Murray، 2008)

**شكل رقم** (4) **وادي القطارة**




**شكل رقم** (5) **وادي كعام**

## 5.المواقع المقترحة للتغذية الاصطناعية:

إن الأهداف الأساسية للتغذية الاصطناعية هي المحافظة على المصادر المائية والاستخدام الأفضل لخزانات المياه الجوفية عن طريق تخزينها قرب مناطق الطلب وتقليل عملية البخر لمياه الأمطار وإيقاف حدوث الانهيارات الأرضية وتجنبها عن طريق رفع منسوب المياه الجوفية وحماية الخزانات الجوفية العذبة من زحف المياه المالحة من البحر إلى الخزانات الجوفية بالمنطقة وتخزين المياه السطحية الزائدة عن الحاجة تخزيناً جوفياً مثل مياه الفيضانات (الجمعان، 2006 ).

وهناك العديد من العوامل التي يتعين النظر فيها عند تحديد ما إذا كان موقع معين سوف يكون قابلاً للشحن الاصطناعي أم لا، مع الأخذ في الاعتبار أن كل تقنية خاصة بالتغذية الاصطناعية لها خصائصها الخاصة، وبالتالي طريقة تحديد الموقع سوف تختلف عن غيرها من التقنيات (Saravi et al، 2006)أهم المعايير للمواقع المناسبة للتغذية الاصطناعية للمياه الجوفية هي :

- معدل هطول الأمطار.
- كمية الجريان السطحي.
- الخصائص المكانية للمسقط المائي كالميل والمساحة.
- جيولوجيا المنطقة ونوع الخزانات الجوفية.

من خلال المعايير السابقة فإن منطقة الجبل الأخضر تعتبر منطقة واعدة للشحن الاصطناعي للمياه الجوفية، حيث تشمل المنطقة كل المناطق الواقعة بين البحر الأبيض المتوسط وخط (31) شمالاً والمنطقة المحصورة من بنغازي غرباً وحتى البردي شرقاً ولا تعد من الجبل المناطق القليلة الأمطار والواقعة جنوب خط عرض (32) شمالاً وحتى سبخه القنين ووادي الحميم والوادي الفارغ ووادي المراء جنوباً، في موسم الأمطار والذي يمتد من شهر سبتمبر إلى شهر إبريل نجد أن معدل التساقط المطري يصل إلى أكثر من 600 مم/ سنة بمنطقة شحات وما حولها ( قمة الجبل الأخضر ) ويقل بشكل فجائي جنوباً وتدريجياً في اتجاه الشرق والغرب ليصل معدل الهطول السنوي إلى 93 مم / السنة جنوب طبرق (بقاعدة العدم) وليصل إلى 253 مم / السنة بمنطقة بنغازي.

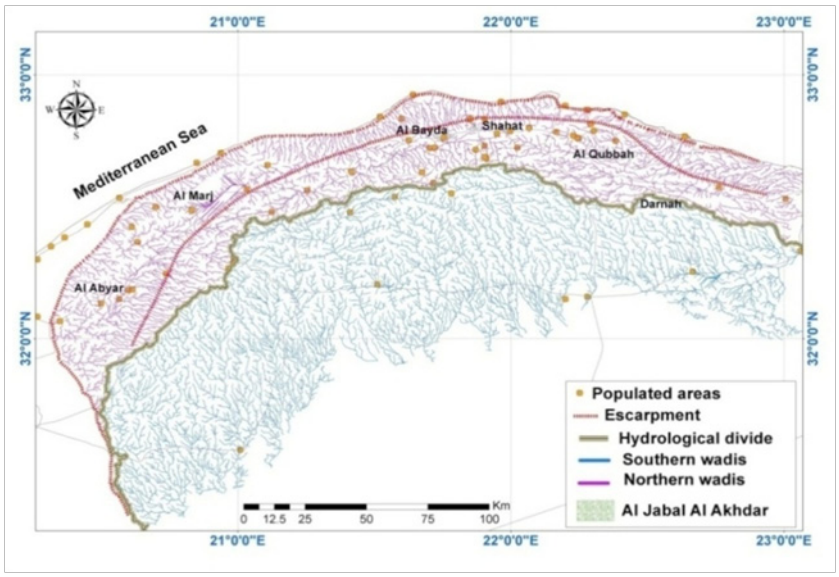
مما سبق عرضه نستخلص أن المساحات المائية السطحية لمنطقة الجبل الأخضر تمثل المنطقة الأكثر هطولاً بالدولة الليبية كما هو مبين بالشكل رقم (2) والشكل رقم (6) .

وتصنف الأودية بمنطقة الجبل الأخضر حسب موقعها الجغرافي واتجاه تدفق المياه كما في بالجدول رقم (6) والشكل رقم (7) إلى:

- الأودية الشمالية: وتمتاز بالعمق والميل الحاد.
- الأودية الجنوبية: وتمتاز بالاتساع والميل المتوسط.

**جدول رقم (6) تصنيف الأودية بمنطقة الجبل الأخضر** (Hamad، 2005).

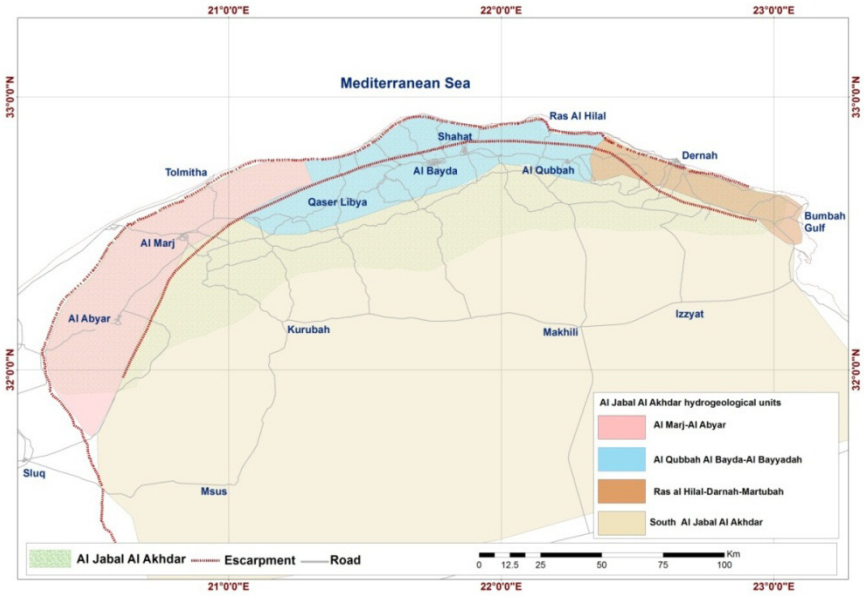
| المساحة بالكيلومتر المربع | عدد الأودية |
|---|---|
| 1ـ الأودية الشمالية | |
| من 10 ـ 40 | 60 |
| من40 ـ 80 | 19 |
| أكبر من 80 | 14 |
| 2ـ الأودية الجنوبية | |
| من 10 ـ40 | 0 |
| من40 ـ80 | 4 |
| أكبر من 80 | 31 |




شكل رقم (7) المساقط المائية بالجبل الأخضر (Hamad، 2005).

تتخلل منطقة الجبل الأخضر ثلاث وحدات هيدروجيولجية لكل منها خصائص جغرافية وجيولوجية وهيدرولوجية متميزة، كما هو موضح بالشكل رقم (8)، وهذه المناطق هي (Arghain and Hamad، 2006):

1. (سهل بنغازي- المرج – الأبيار – البيضاء- القبة).
2. (رأس الهلال – درنه – مرتوبة- البمبة – طبرق).
3. (جنوب الجبل الأخضر).




شكل رقم (8) الوحدات الهيدروجيولوجية شمال شرق ليبيا . (Arghain and Hamad، 2006)

وهذه الوحدات الهيدروجيولوجية تتواجد بها الخزانات الجوفية التالية (الهيئة العامة للمياه، 2006):

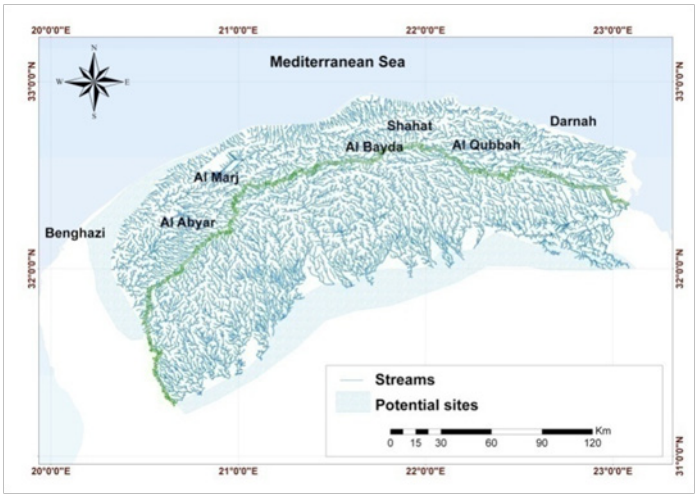
## الخزان الجوفي السطحي:

- خزان العصر الرباعي: ويتكون من حطام الصخور لتكوينات الجبل الأخضر ورسوبيات الأودية ويتواجد هذا الخزان على أعماق تتراوح ما بين 20 إلى 70 متراً وتقدر إنتاجية الآبار بحوالي 1.8م$^3$/ساعة وبنوعية مترديه بسبب تداخل مياه البحر في المناطق الساحلية وتصريف مياه الصرف الصحي في المناطق الأخرى.

- خزان العصر الميوسيني: ويتكون من الحجر الجيري المارلي ويتواجد على أعماق تتراوح ما بين 100ـ 150 متر وبمعدل إنتاجية للآبار في حدود 3.6 م$^3$/ساعة و يحتوي الجزء العلوي منه على مياه متباينة الملوحة نتيجة السحب الجائر وتداخل مياه البحر.
- الخزان الجوفي العميق:
- خزان العصر الأوليجوسيني: ويتكون من الحجر الجيري الكالكرينيتي ويتواجد على أعماق تتراوح ما بين 150 إلى 250 متر وبنوعية من 0.5 إلى 1.5 جرام/ لتر وإنتاجية الآبار من 3.6 إلى 10.8 م$^3$/ساعة.
- خزان العصر الأيوسيني: ويتكون من الحجر الجيري النيموليتي ويعتبر الخزان الجوفي الرئيسي ويتواجد على أعماق تتراوح ما بين 250 و 450 متر ونوعية مياه من 0.5 إلى 1.5 جرام / لتر وبإنتاجية تتراوح من 7 إلى 36 م$^3$/ ساعة.
- خزان العصر الكريتواي العلوي ـ الباليوسيني: ويتكون من الحجر الجيري الكالكرينيتي ويتواجد هذا الخزان على أعماق تتراوح ما بين 450 إلى 600 متر ويمتاز بنوعية مياه تصل إلى 0.5 جرام / لتر وتقدر إنتاجية الآبار التي تخترق هذا الخزان بحوالي 36 م$^3$/ساعة.

هذه الخزانات تتغذى من مياه الجريان السطحي لأودية الجبل الأخضر ومستهدفة للتغذية الاصطناعية نظراً لخصائصها الجيولوجية والمتمثلة في تكوينها من الحجر الجيري المتميز بالشقوق والفواصل .

والظواهر الكارستية، ويبين الشكل رقم (9) المواقع المقترحة بمنطقة الجبل الأخضر لتغذية الخزانات الجوفية اصطناعياً بالمياه السطحية حيث المنطقة الشمالية والمتمثلة في السهول الساحلية والمنطقة الجنوبية والمتمثلة في مناطق البلط.




شكل رقم (9) المواقع المقترحة بمنطقة الجبل الأخضر
لتغذية الخزانات الجوفية اصطناعياً بالمياه السطحية

## التحديات والمعوقات:

مشاريع حصاد المياه السطحية في ليبيا تعتبر من المشاريع الناجحة إلا أنه توجد بعض المعوقات والتحديات التي تؤثر في تطويرها واستثمارها والتي يمكن أن تلخص كما يلي.

- المركزية في التخطيط والتمويل.
- عدم توفر الميزانيات والموارد المالية اللازمة.
- التداخل بين المؤسسات المائية وعدم وجود التنسيق والتكامل بين مؤسسات المياه.
- عدم استقرار الهيكل التنظيمي للمؤسسات المائية.

- عدم كفاية القدرات المؤسسية على المستويين الإقليمي والمحلي.
- عدم إشراك أصحاب المصلحة بشكل فعال.
- الأبعاد الاجتماعية والاقتصادية لم يتم أخذها في الاعتبار عند التخطيط والتنفيذ.
- لا وجود لبرامج تنمية القدرات في مجال إدارة المياه السطحية.
- عدم وجود نهج طويل لأنشطة التوعية.
- عدم وجود برامج مراقبة ورصد لموارد المياه السطحية .

## الخلاصـــة:

من خلال المناقشة الواردة أعلاه يتضح أن موارد المياه السطحية في ليبيا تقتصر على المناطق الشمالية من البلاد والتي تعتبر كميات صغيرة يمكن تطويرها واستثمارها بتنفيذ مشاريع السدود المقترحة وتقنيات حصاد المياه الأخرى كما يمكن للتغذية الاصطناعية للمياه الجوفية الاصطناعية أن تنجز وفق برنامج تجريبي يشمل فترة مراقبة وتجميع للبيانات.

## المراجـــع:


1. الغرياني سعد أحمد.2002.حصاد المياه وزراعة الجريان السطحي بليبيا كلية الزراعة جامعة طرابلس . بحث غير منشور.
2. الهيئة العامة للمياه .2006. الوضع المائي في ليبيا.
3. الهيئة العامة للمياه .2009. منجزات الهيئة العامة للمياه .
4. جولد تشايلد .ر.ج.1952 الزراعة في ليبيا الرومانية المجلة الجيوغرافية ،مجلد 25،صفحة 70ـ 80 باللغة الإنجليزية .
5. مندوبية ليبيا لدى اليونسكو.2012.

http://libya-unesco.org/arabic/libya-ar.htm

6. عبد الله الجمعان .2006. مطالب بتكوين مظلة خليجية موحدة لبرامج التغذية الاصطناعية للمياه الجوفية.جريدة الوسط.

http://www.aawsat.com/details.asp?issueno=9896&article=349973

**7. ARC-ICARDA. 2008.** Partnership Between The Libyan Agricultural Research Center (ARC) and The International Center for Agricultural Research in the Dry Areas(ICARDA)

*URL:* http://www.arc-icarda-libya.org/

**8. Arghin S.S.، S.M. Hamad.2006.** Water Resources of Al Jabal Al Akhdar North east Libya .Unpublished report

**9. AQUASTAT** - FAO>s Information System on Water and Agriculture. 2006.

*URL:* http://www.fao.org/nr/water/aquastat/countries_regions/libya/index.stm

**10. General Water Authority Libya–GWA-.2009.** Report of achievements. Unpublished Report.

**11. Hamad، Salah M. .2005.** Delination of South Al Jabal Al Akhdar basin area.General Water Authority . Libya .Unplished report.

12. **Hamad، Salah M. .2012.** Status of Groundwater Resource of Al Jabal Al Akhdar Region، North East Libya. International conference of the Water Resources and Water Security in the Middle East and Mediterranean Region . Amman Jordan

13. **Murray، R. 2008.** Artificial Recharge: The intentional banking and treating of water in Aquifers. Lecture notes prepared for the Department of Water Affairs and Forestry. Pretoria، South Africa.

URL: http://www.artificialrecharge.co.za/coursenotes/lecturenotes.pdf

# المياه الجوفية (الإدارة والمعوقات) في جمهورية مصر العربية

الدكتورة/ ناهد السيد العربي

## خلفية عامة للمياه الجوفية بمصر:

تعاني جمهورية مصر العربية من محدودية الموارد المائية العذبة وتوزيعها الجغرافي تقتصر مساحة وادي النيل على حوالي 4 % من مساحة الجمهورية أما الأمطار فهي موسمية وتتركز على السواحل الشمالية .

وقد أدى هذا التوزيع المائي غير المتوازن إلى تكدس سكان الجمهورية حول مجرى نهر النيل والذي أصبح في وقتنا الراهن صعباً وسوف يصبح مستحيلاً في السنوات القادمة.

تمثل المياه الجوفية المصدر الإستراتيجي للمياه العذبة في المستقبل ضمن الخطة الإستراتيجية حتى 2050 مما يتطلب حسن استخدامها من خلال السياسات المناسبة لضمان تواصل هذا المصدر المائي الهام لأجيال قادمة بالأخص الأحواض غير المتجددة بالصحراء المصرية. كما أنها سوف تلعب دوراً رئيسياً في إعادة توزيع سكان الجمهورية.

## تصنيف الموارد المائية بمصر:

**تتمثل الموارد المائية في جمهورية مصر العربية فيما يلي:**

- المياه النيلية (حصة سنوية قدرها 55.5 مليار م3/سنة).
- السيول والأمطار (السيول موسمية ومحدودة والأمطار تتراوح من 150مم/سنة على الساحل إلى جنوب القاهرة).
- المياه الجوفية العذبة (الخزانات الجوفية النيلية والخزان النوبي بجنوب مصر).
- المياه الجوفية غير العذبة (الخزانات الجيرية بسيناء والصحراء الغربية).

## المياه الجوفية العذبة:

يشمل الإطار الهيدروجيولوجي لجمهورية مصر العربية ستة أحواض متميزة:

1. **حوض الحجر الرملي النوبي**: ويظهر على السطح في مساحة تبلغ حوالي 30 % من مساحة الجمهورية ويختفي تحت تكوينات الحجر الجيري في الجزء الشمالي من الصحراء الغربية وبعض أجزاء شبه جزيرة سيناء ومصر العليا. ويمتد حوض الحجر الرملي النوبي عبر حدود مصر في السودان جنوباً وليبيا غرباً.

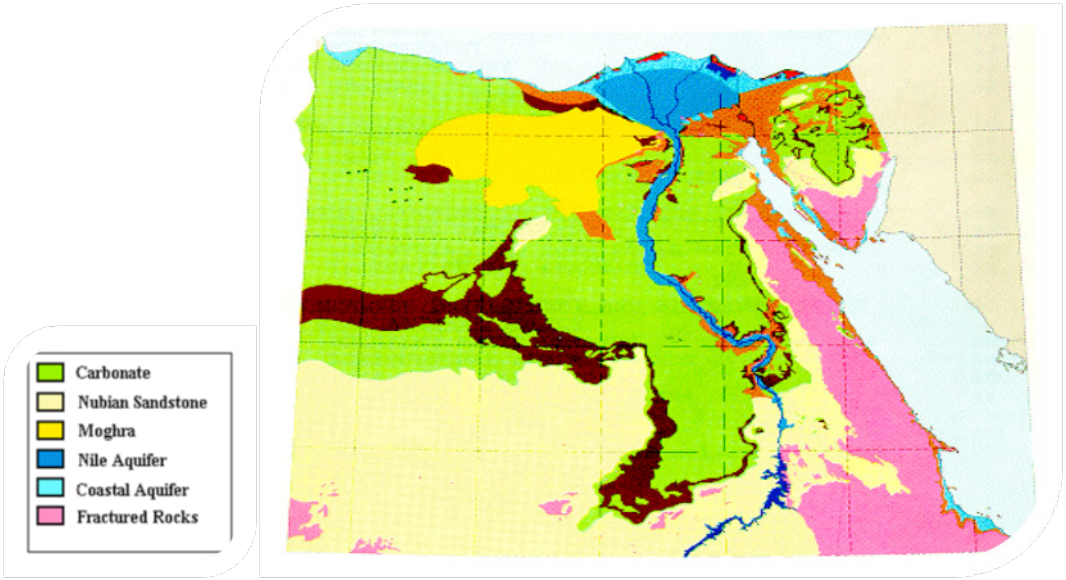
2. **حوض الحجر الجيري**: ويظهر على السطح في مساحة تبلغ حوالي 50 % من مساحة الجمهورية في شمال الصحراء الغربية، كما يظهر في بعض أجزاء الصحراء الشرقية ووسط شبه جزيرة سيناء.

3. **حوض المغرا**: ويظهر على السطح في مساحة لا تتعدى 2000 كم مربع غرب الدلتا وجنوب منخفض القطارة ويمتد حتى غرب الفيوم وشمال الواحات البحرية.

4. **الأحواض الساحلية**: وتشمل الأحواض الممتدة على ساحل البحر الأبيض غرب مدينة الإسكندرية والأحواض الممتدة بشمال سيناء وعلى امتداد سواحل مصر على البحر الأحمر.

5. **حوض نهر النيل**: ويشمل وادي النيل من أسوان حتى البحر الأبيض ويغطي مساحة لا تزيد على 4 % من مساحة الجمهورية.

6- **حوض الصخور الصلدة المتشققة**: ويغطي معظم مساحة الصحراء الشرقية وجنوب سيناء.




**مصادر ومعدلات التغذية لأحواض المياه الجوفية في جمهورية مصر العربية:**

| الحوض | الموقع | المساحة السطحية كم2 | مصدر التغذية | معدلات التغذية أمطار/ري مم/السنة | حجم التغذية السنوية مليون م3/ السنة | ملاحظات |
|---|---|---|---|---|---|---|
| الحجر الرملي النوبي | كل الأحواض | 300000 | لا يوجد تقريباً | - | - | غير متجدد تقريباً |
| الحجر الجيري | كل الأحواض | 500000 | لا يوجد تقريباً | - | - | غير متجدد تقريباً |
| المغرا | غرب الدلتا | 2000 | فائض الري | قليل جداً | قليلة جداً | غير متجدد تقريباً |
| الأحواض الساحلية | الساحل الغربي وشمال سيناء | 60000 | الأمطار | 15 | 100 | باقي التغذية يذهب إلى البحر ولا يستفاد منها. |
| | البحر الأحمر | 70000 | الأمطار | 30 | 100 | باقي التغذية يذهب إلى البحر ولا يستفاد منها. |
| حوض نهر النيل | الوجه القبلي | 10000 | فائض الري النيلي | 40 | 4000 | تعتمد التغذية على الري النيلي ليست مصدراً مائياً. |
| | الوجه البحري (جنوب الدلتا) | 15000 | فائض الري النيلي | 40 | 6000 | تعتمد التغذية على الري النيلي ليست مصدراً مائياً. |
| حوض الأحجار المتشققة | جنوب سيناء والصحراء الشرقية | | ما يصل إليها من الأمطار المتسربة | قليلة جداً | قليلة جداً | يعتمد على ما يصل إلى الشقوق نتيجة للأمطار |

## المشكلات التي تواجه المياه الجوفية بمصر:

1ـ الضخ الجائر للمياه الجوفية (متجددة أو غير متجددة):

الضخ الجائر (over Exploitation) هو ضخ كميات من الخزان الجوفي تفوق التغذية (الخزان المتجدد) مما يتسبب في نضوب الخزانات الجوفية وخاصة غير المتجددة وقد ينتج عنه أيضاً تغير في سريان المياه الجوفية مما تسبب في تداخل نوعية متدنية من مياه الخزانات المحيطة ذات النوعية المالحة (جانبية أو رأسية Upcoming) للخزانات المتجددة أو غير المتجددة.

وفيما يخص الخزانات الجوفية الساحلية يحدث زحف للمياه المالحة من مياه البحر.

2ـ تلوث المياه الجوفية:

لإمكان حماية المياه الجوفية لابد من التعرف على أسباب تدهورها سواء كانت أسباباً داخلية أو خارجية (مستحدثة) تشمل الأسباب الداخلية النوعية الأساسية للمياه الجوفية الناتجة عن نوع وتكوين صخور منطقة التغذية والتفاعلات الجيوكيميائية التي تتعرض لها خلال مسارها داخل الصخور المختلفة من موقع التغذية إلى موقع الاستخدام، إلى جانب قابلية المياه الجوفية للتلوث.

أما الأسباب الخارجية فهي ما يمكن أن يحدث نتيجة تدخل الإنسان وتؤدي إلى تلوث المياه الجوفية وتغير نوعيتها .

3ـ تدخل ماء البحر:

السحب الجائر للمياه الجوفية من الخزانات الجوفية الساحلية خاصة للري يسبب مشاكل واسعة الانتشار من هبوط مناسيب المياه الجوفية ونضوب الخزانات الجوفية وتدخل ماء البحر حيث إن سحب المياه الجوفية من المناطق الساحلية أعلى بعدة مرات من التغذية الحالية. والسحب الجائر للماء العذب من الخزانات الجوفية الساحلية عادة يكون مصحوباً بزيادة الملوحة حيث يتم استبدال الماء العذب المسحوب بماء مالح (تداخل ماء البحر). حيث يكون ماء البحر جبهة تحت الماء العذب . ولهذا فإن منطقة الاتصال بينهم تأخذ شكل انتقالي نتيجة للتشتت الهايدروديناميكي (hydrodynamic dispersion) وتتغير كثافة الماء المختلط داخل هذا النطاق. وحيث أن هذا النطاق صغيراً بالنسبة إلى سمك الخزان الجوفي (منطقة الانتقال التدريجي من الماء العذب إلى ماء البحر) فإنه يكاد يقارب سطح حاد (sharp interface).

## إدارة وحماية المياه الجوفية بمصر:

Groundwater Management and Protection

تعتمد الإدارة السليمة للمياه الجوفية بمصر على عدة عوامل من أهمها:

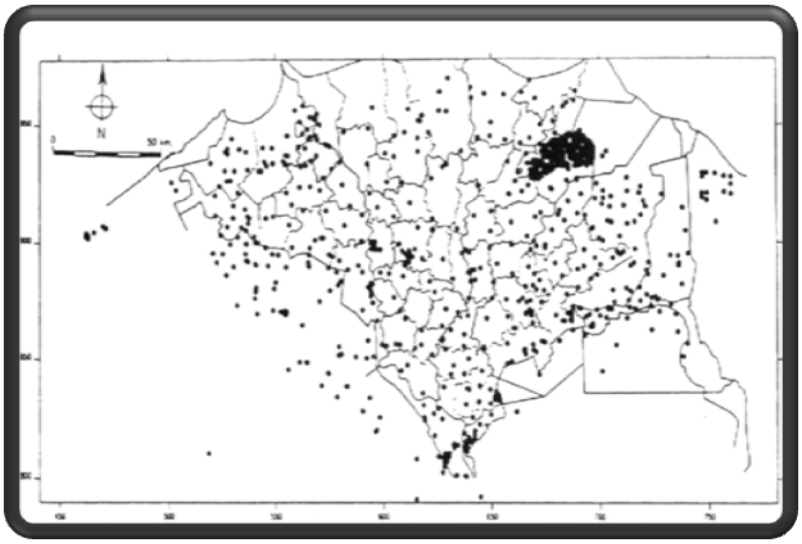
1. نظم مراقبة المياه الجوفية كماً ونوعاً.
2. استخدام المياه الجوفية شبه المالحة.
3. استخدام تقنيات الشحن الاصطناعي للخزانات الجوفية.
4. تقنية حصاد مياه الأمطار.

## نظم مراقبة المياه الجوفية كماً ونوعاً:

المراقبة الدورية من أهم التقنيات المساعدة في إعطاء الإنذار المبكر لنوعية المياه الجوفية من مخاطر التلوث. وتتم المراقبة الدورية في مصر من خلال:

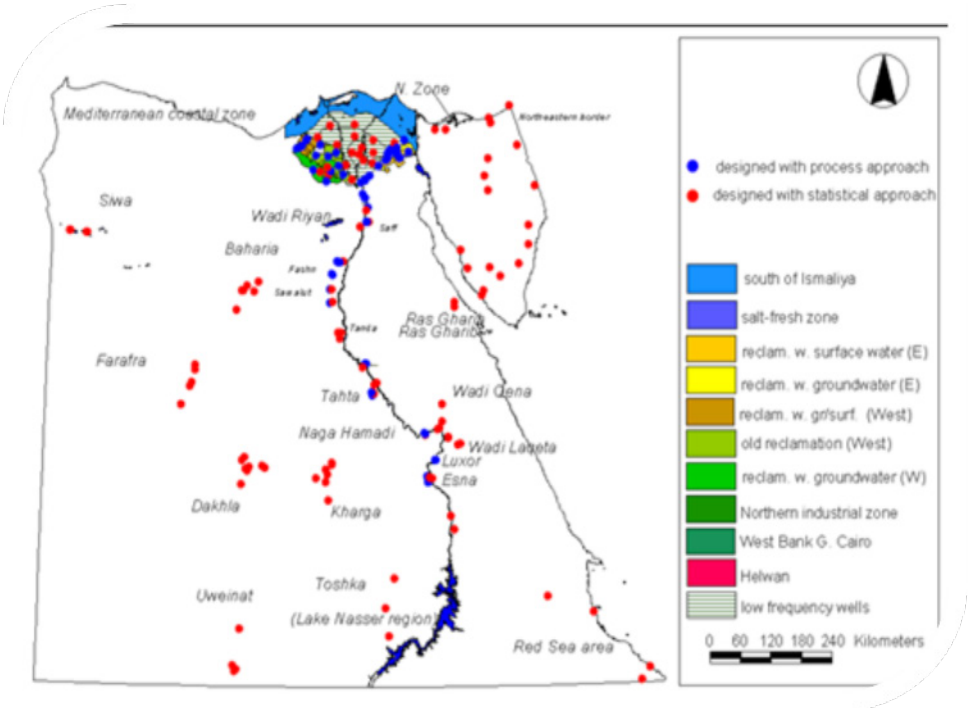
1ـ شبكة مراقبة مناسيب المياه الجوفية:

وتتكون من 200 نقطة موزعة على أنحاء الجمهورية ويتم رصدها بصورة دورية.



الشبكة القومية لمراقبة نوعية المياه الجوفية

تتكون من 230 نقطة مراقبة ويتم أخذ عينات من هذه الآبار بصورة دورية لتقييم التغير في نوعية المياه الجوفية على الأجل الطويل وتحديد التلوث الناجم من الأنشطة المختلفة أو زحف جبهة المياه المالحة. وتساعد متخذي القرار من وضع الخطط التنموية على أسس سليمة.




## المياه الجوفية غير العذبة:

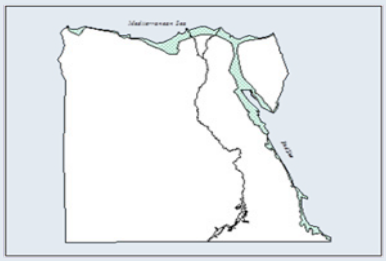
تنتشر المياه الجوفية غير العذبة في معظم الأحواض وتتراوح الأملاح الكلية الذائبة بها بين 1500 ، 15000 جزء/المليون.

مبدئياً أمكن تقدير المخزون من هذه المياه في التكوينات المختلفة بالمناطق الجغرافية سالفة الذكر بحوالي 112 مليار متر مكعب

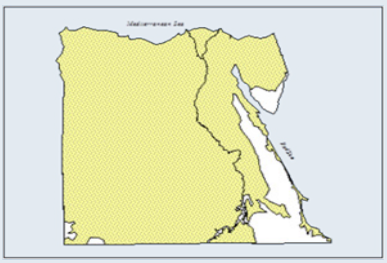
| الموقع | الحوض/ التكوين | المحتوى الكلي للأملاح جزء/ مليون | المخزون مليار متر مكعب |
|---|---|---|---|
| السواحل المصرية | وديان – حجر جيري | أكبر من 2000 | 2 |
| حواف الوادي والدلتا والساحل الشمالي | النيل | أكبر من 1500 | 4 |
| غرب الدلتا | المغرا | أكبر من 3000 | 1 |
| الصحراء الغربية | الحجر الجيرى | أكبر من 3000 | 5 |
| الصحراء الشرقية وسيناء والصحراء الغربية | بعض طبقات من الحجر الرملي النوبي (متفاوت الأعماق) | 3000 ـ 1500 | 100 |
| إجمالي الجمهورية | كل الأحواض | | 112 |

المغرا

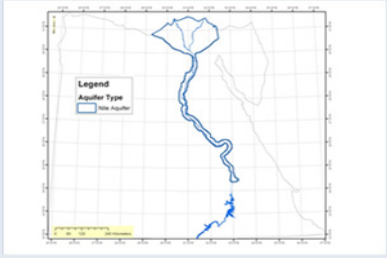
الخزانات الساحلية



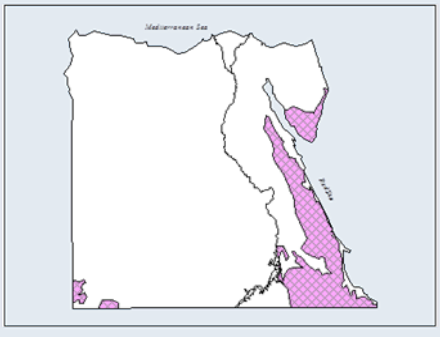
الحجر الرملى النوبى



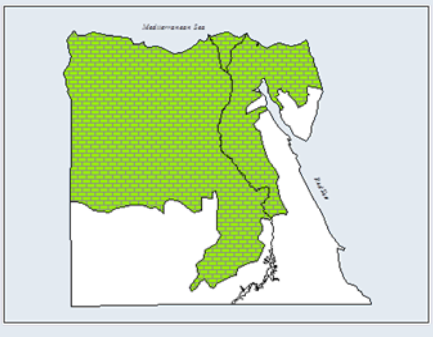
خزان النيل




الأحجار المتشققه



الحجر الجيرى



## الشحن الاصطناعي للخزانات الجوفية:

تعتبر تقنية الشحن الصناعي من أهم التقنيات المستخدمة لحماية الخزان الجوفي من التدهور ويمكن تعريفها كما يلي :

- هو انتقال مياه سطحية إلى الخزان الجوفي باستخدام تقنية بواسطتها يمكن التحكم في المياه المراد شحنها كماً وكيفاً وذلك حسب المعاملات الهيدروليكية الحاكمة لمعدلات الشحن والاستعاضة.
- تقنيات الشحن الاصطناعي.
- الشحن السطحي (غير المباشر).

يتم من خلال النطاق غير المشبع وذلك باستخدام :أحواض الشحن – قنوات مائية – مواسير مخرمة مدفونة.

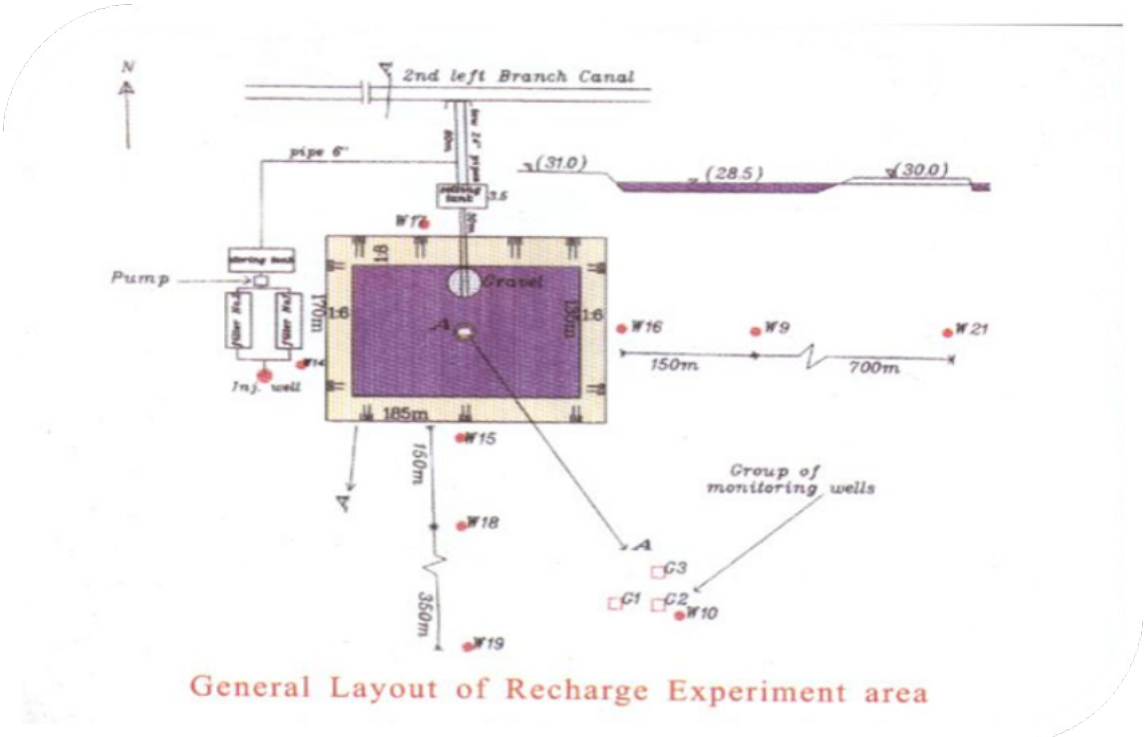
## الشحن العميق (المباشر):

يتم الشحن مباشرة إلى النطاق المشبع وذلك بواسطة الآبار الجوفية وتضغط المياه بالحقن بطلمبة أو بالجاذبية بارتفاع عمود المياه داخل البئر.

## الشبكة القومية لمراقبة نوعية المياه الجوفية:

1. الشحن الاصطناعي للمياه السطحية ( الفائض من مياه الترع) بمنطقة البستان.

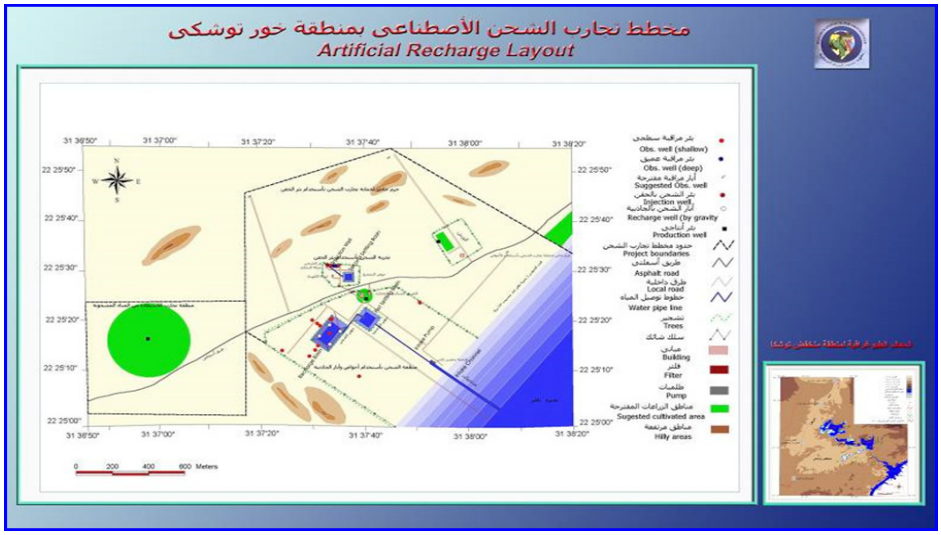
وتعتبر كل هذه التجارب على مستوى الدراسة والتقييم للوصول لخطوط استرشادية ولم يتم تطبيقها حتى الآن كأحد مكونات إدارة الموارد المائية بمصر.




General Layout of Recharge Experiment area

2- **الشحن للخزان الحجر الرملي النوبي بمنطقة توشكي للفائض من مياه نهر النيل باستخدام تجارب مختلفة :**

- الشحن السطحي خلال النطاق غير المشبع باستخدام حوض للشحن للخزان.
- الشحن العميق ببئر تكون مصافيه أمام أنسب طبقات الحجر الرملي النوبي ويتم الشحن تحت ضغط أعلى من الضغط الجوي.
- الشحن العميق تحت الجاذبية الأرضية باستخدام آبار شحن.

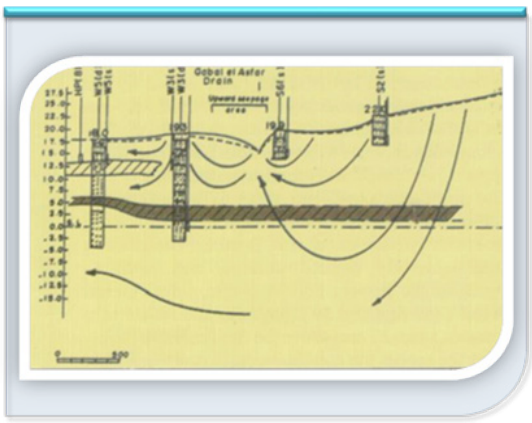



Injection Well (Tushka)

Recharge basin (Tushka)

**الشحن الاصطناعي (غير المباشر) باستخدام مياه الصرف الصحي المعالج بمنطقة الجبل الأصفر (في الري) :**

- The use of sewage effluent for irrigation in Egypt started in 1915 at a location known as "El Gabal El Asfar" farm
- After primary treatment، the effluent is used to irrigate an area of 3000 feddans. The southern portion has been irrigated for more than 80 years;.
- Recently، a portion of the untreated sewage water is diverted from the Seil drain (in the south eastern corner of the area) into El Gabal El Asfar drain.(Elarabi، 2011)



## حصاد مياه الأمطار:

- Rainwater harvesting provides an independent water supply during regional water restrictions، and in developed countries is often used to supplement the mains supply. Rainwater harvesting systems are appealing as they are easy to understand، install and operate.

- In Egypt، the North-West coast and the Northern Sinai areas have a long tradition in water harvesting.

Conclusion remarks:

- The Egyptian practice of protecting groundwater resources is based on (i) improved groundwater monitoring and adoption of early warning monitoring strategies، and (ii) using artificial recharge technique to mitigate groundwater withdrawal and salt water intrusion.

- The groundwater monitoring system in Egypt is an important element of the protection program to continually meet protection objectives and to determine whether، when and how groundwater contamination is controlled.

Artificial recharge of groundwater is an important technique for Egypt،s water policy in which water conservation and reuse of water has high priority. This holds especially for schemes aiming at reuse of treated wastewater. Artificial recharge can also be used to counteract salt water intrusion.

# حصاد المياه والتغذية الجوفية في الجمهورية اليمنية

المهندس/ عبد الواحد محمد الحمدي

## المقـــدمة:

إن للموارد المائية أهمية خاصة في تاريخ الشعب اليمني، حيث لعبت الدور الرئيسي في نشوء وتطور الحضارات اليمنية ولا تزال تمثل أهم مصادر الثروة الوطنية وتضمن الاستقرار للأغلبية الساحقة من السكان، كما أن عادات وتقاليد وأعراف الري والعلاقات القائمة على موارد المياه تمثل جزءاً أساسياً أصيلاً من تراث الشعب الحضاري، وهي العنصر الوحيد تقريباً الذي يوفر بيئة صالحة للحياة في الريف اليمني حتى الآن كما أن لعلاقات استثمار المياه جذور عميقة في التاريخ ويمكن التأكيد على أنها نشأت وتطورت على نفس الأرض اليمنية، الأمر الذي يكسبها صفة مميزة متلائمة مع طبيعة الموقع الجغرافي والبيئة التركيبية والمورفولوجية والمناخية، ويمكن الاعتقاد بأنها ليست وليدة زمن محدد أو من وضع نظام أو دولة واحدة حتى يمكن وضع بداية محددة لبدايتها التاريخية. ويستدل من التاريخ اليمني القديم حول أو نظام سياسي معروف لإدارة المياه في اليمن منذ القرن الرابع عشر قبل الميلاد حيث أن دولة معين قد اهتمت بشئون المياه في ذلك الزمن.

لقد كان للدول اليمنية القديمة دور الريادة في تنظيم علاقات استثمار المياه. ولم تزدهر الحضارة اليمنية القديمة إلا بفعل بناء السدود والقنوات وإعمار الإنشاءات المختلفة للاستفادة من مياه الأمطار والسيول بما يتلاءم مع طبيعة الأرض والمناخ وأساليب الاستثمار للمياه بواسطة تلك المنشآت ويتم تنظيم عمليات الاستهلاك من خلال نظم وقواعد وأحكام لعلاقات الاستثمار بين المستفيدين من المياه. ومن أجل المحافظة على مصادر المياه ومنشآتها، إذ أنه من المستحيل تصور نشوء حضارة بدون أنظمة وتشريعات وغياب لسلطة الدولة. وتجدر الإشارة إلى أنه حينما كانت تضعف سلطة الدولة تتدهور المنشآت المائية ومعها يقف التطور الحضاري، وتبدأ الهجرات السكانية مثلما حدث لسد مأرب وهجرة اليمنيين المعروفة إلى خارج اليمن.

ولا يخفى على أحد أن الوضع المائي الراهن بدأ يتعرض للتدهور في العديد من الأحواض المائية، وذلك بسبب المتغيرات العديدة التي دخلت على الوضع المائي منذ منتصف السبعينات، منها طبيعية، وأخرى اقتصادية واجتماعية أدت إلى اختلالات واضحة في الوضع المائي، ومن هنا بدأت مشكلة المياه في الظهور في بعض المناطق كمؤشر ينذر بمدى الخطر الذي يهدد هذا المورد الحيوي الهام ، وقد لعبت المياه الدور الرئيسي في التوسع الحضري، والنمو السكاني والتوسع في الزراعة المروية. ومع تدني كفاءة الري وعدم تنفيذ التشريعات المنظمة لإدارة الموارد المائية برزت التأثيرات السلبية على الميزان المائي في اليمن. وفي هذه الورقة سيلقي الضوء على أهم جوانب قضايا المياه في اليمن.

## الموارد المائية المتاحة:

## الموارد المائية المتجددة:

### الأمطار:

تقع اليمن مناخياً في المنطقة الجافة، وشبه الجافة والتي تتميز بقلة هطول الأمطار وارتفاع نسبة التبخر.

و تقدر كميات الأمطار السنوية بحوالي من 65 – 93 مليار متر مكعب تستحوذ المنحدرات الغربية والجنوبية الغربية والهضاب العليا على النسبة الأكبر من المطر الفعال، ثم تقل الأمطار تدريجياً بالاتجاه الشرقي والشمالي الشرقي، وحتى سيادة المناخ الصحراوي على أطراف الربع الخالي.

و بالاستناد إلى ظواهر المناخ السائد يتم تقسيم اليمن إلى أربعة أقاليم مناخية هي:

1. السواحل الجنوبية والغربية، حيث يسود المناخ الاستوائي الحار والجاف مع ارتفاع الرطوبة النسبية وكميات التبخر. وتتراوح كميات هطول الأمطار بين (50 – 150) ملم على السواحل الجنوبية وحتى ارتفاع 150 ملم فوق سطح البحر. وتزيد على السواحل الغربية لتصل إلى حوالي 350 ملم حتى ارتفاع 400 متر فوق سطح البحر. وعموماً فإن نسبة الهطول المطري إلى كميات التبخر تتراوح بين أقل من 0،03 إلى 0،25.
2. سلطان 600 – 1800ملم على المنحدرات الغربية و 350 – 500 ملم على المنحدرات الجنوبية الغربية. وتمثل نسبة الأمطار إلى كميات التبخر نحو 0،30 إلى أكثر من 0،50.
3. المرتفعات العليا، حيث تنخفض درجات الحرارة شتاءً إلى ما يقارب الصفر وتقل الرطوبة النسبية وترتفع كميات التبخر ويقل هطول الأمطار لتتراوح بين 400 ملم إلى أقل من 200 ملم. وتزداد هذه الظواهر حدة وقساوة بالاتجاه الشرقي، وتمثل هذه الرقعة المنطقة الانتقالية بين المناخ المعتدل والمناخ الصحراوي.
4. المناطق الشرقية، حيث يسود المناخ القاحل وتتراوح كميات الهطول المطري بين أقل من 50 ملم إلى 100 ملم تقريباً، وترتفع كميات التبخر إلى أكثر من 3500 ملم، وتقل كميات الرطوبة عن (20 – 40 %) وتتباين درجات الحرارة صيفاً وشتاءً ونهاراً وليلاً وتسود العواصف الرملية مع انعدام الغطاء الخضري ووجود كل ما يميز المناخ الصحراوي عدا عدد من الأودية الخصبة التي تتوافر فيها المياه الجوفية وإمكانيات الري بالاستفادة من السيول الموسمية.

**وإذا دقق النظر في معدلات الهطول المطري للسنة يتضح ما يلي:**

- إن كمية الهطول المطري السنوي والتي تسقط بمعدل أقل من 100 مليمتر تقدر بحوالي 7 مليارات متر مكعب سنوياً وهي تعادل 10،43 % من إجمالي كمية الهطول، وتعتبر هذه الكمية من الأمطار تعتبر عديمة الفائدة تقريباً، إذ تفقد بالتبخر بأنواعه المختلفة وتقع معظم أراضي البلاد في هذا النطاق المطري.
- تقدر كمية الهطول المطري والتي تتساقط بمعدل ما بين (100 – 300) ملليمتر بحوالي 31 مليار متر مكعب سنوياً وهي تعادل 46،27 % من إجمالي كمية الهطول المطري، ويستفاد منها جزئياً في تحسين المراعي وإنتاج بعض المحاصيل الزراعية، وهنالك كمية قليلة من هذه الأمطار تذهب لتغذية الطبقات المائية الجوفية وما تبقى منها يذهب في الجريان السطحي.
- ما تبقى من الهطول المطري والبالغ مقداره حوالي 29 مليار متر مكعب، ويعادل 43،30 % من إجمالي كمية الهطول المطري، حيث أن معدل الهطول المطري أعلى من 300 ملليمتر/ سنة، يذهب جزء منه في تغذية الطبقات المائية الجوفية ويستخدم الجزء الذي يخزن في طبقة التربة السطحية في إنتاج المحاصيل. وهناك جزء يضيع بالتبخر. أما ما يتبقى من هذه المياه فيذهب مع الجريان السطحي، وقدرت مياه الجريان السطحي الكلية في أودية البلاد المختلفة بحوالي 3500 مليون متر مكعب / السنة من ذلك الهاطل ( حيث قدر عامل الجريان السطحي بحوالي 5 %) بينما تقدر بقية المصادر بحوالي4،800 مليون م/3. تجدر الإشارة إلى أن المميزات العامة للأقاليم المناخية المشار إليها أعلاه لا تعني أنه لا توجد بعض السمات والمحددات المحلية لعناصر المناخ وخصوصاً الأمطار، ذلك أن العواصف المطرية تتسم بالتذبذب من فصل إلى آخر ومن منطقة إلى أخرى حتى في إطار الإقليم الواحد، ولذلك فإن متوسط أرقام الهطول المطري لا تعني أن جميع مناطق الإقليم تستفيد منها بنسب متساوية إذ أن العواصف المطرية في معظمها تنتشر على مساحات صغيرة ونادراً ما تشمل مساحات واسعة كما أنها قد تهطل بكميات غير معتادة في منطقة ما وتسبب فيضانات مدمرة. وقد لا تهطل الأمطار في مواسم وفي مناطق اعتادت على هطول الأمطار مما يجعل من الصعب توقع احتمالات الأمطار والفيضانات أو احتمالات الجفاف ولذلك فإن رصد أمطار كثيفة في موقع لا يعني أنها تشمل بالضرورة مناطق الأقاليم الأخرى.

## المياه السطحية:

تتكون المياه السطحية من الجريان السطحي الناتج عن الأمطار بشكل سيول وفيضانات ورشوحات سيلية وغيول موسمية تتأثر كلياً أو جزئياً بمواسم الجفاف.

تقدر كميات المياه السطحية بحوالي 2 – 2.3 مليار متر مكعب وهو ما يمثل 2 – 3 % فقط من كميات الأمطار وهي كميات تقديرية ومعظمها افتراضية استقرائية نظراً لضعف العلاقة بين المناطق المطرية وكثافة الهطول وربطها بعلاقة واقعية ومجربة مع كميات التدفق في مواقع القياس، فوق ذلك أن أجهزة القياس إما غير موجودة أصلاً أو أن القراءات متقطعة أوفي مقاطع القراءة تتعرض للتغيير مما يؤثر سلباً على دقة القياس بالإضافة إلى أن معظم كميات المياه السطحية من السيول تستهلك في أعالي الأودية وبالتالي فإن الكميات المقدرة أعلاه قد تكون أكبر أو أقل من الواقع. كما أن تدرج الهضبة اليمنية بالارتفاع من سواحل البحار والصحارى بميول حادة وتتخللها أودية ضيقة تتجه من الداخل إلى الخارج في مختلف الاتجاهات، وهذا الشكل الهرمي جعل من اليمن شبه جزيرة تصرف المياه من الداخل إلى اتجاه الخارج مما شتت المياه السطحية وحرم اليمن من مصادر خارجية. كما أن حدة الميول تساعد على تسريع تصريف مياه السيول خلال وقت قصير لا يتجاوز الساعات أو الأيام أثناء هطول الأمطار وتجعل الأودية جافة إلا من بعض الرشوحات السيلية في عدد من الأودية الكبيرة.

ومن خلال تتبع خط توزيع المياه وسط الهضبة اليمنية من الشمال إلى الجنوب ثم إلى الشرق على حواف المنحدرات الغربية والجنوبية والشرقية يمكن تقسيم اليمن إلى عدد من الأحواض وفقاً للاتجاهات العامة للصرف السطحي للمياه الجارية فيه وأهمها:

- حوض البحر الأحمر ويشمل السهول والمنحدرات الغربية والشمالية الغربية.
- حوض خليج عدن ويشمل السهول والمنحدرات الجنوبية الغربية.
- حوض البحر العربي يشمل مساحات شاسعة تمتد من حواف المنحدرات الشرقية والغربية الجنوبية وحتى وادي المسيلة بحضرموت وحوض الغيضة بالمهرة.
- حوض الربع الخالي ورملة السبعتين ويشمل المنحدرات والمناطق المحاذية للصحراء في المناطق الشرقية والشمالية الشرقية. والملحق المرفق يوضح الأودية الواقعة في نطاق تلك الأحواض.

أما الينابيع والغيول فيمكن تقسيمها بحسب كميات تدفقها واستمراريتها ونوعية مياهها وطبيعة تواجدها إلى الآتي:

## غيول موسمية:

يرتبط وجودها واستمراريتها وكميات تدفقها ارتباطاً وثيقاً بمواسم الأمطار والسيول وتجف كلياً في مواسم الجفاف لنفس العام، ومع ذلك تشكل مصدراً مهماً للمياه ويعتمد عليها في الري التكميلي وبحسب تقديرات (wray_35) فإن كميات المياه والرشوحات السيلية المؤقتة وشبه الدائمة قد تصل إلى حوالي 40 % من مجموع المياه السطحية لبعض الأودية.

## الينابيع الدائمة وشبه الدائمة:

تتواجد هذه الينابيع في المنحدرات الغربية والجنوبية بالإضافة إلى عدد قليل في بعض الأودية الرئيسية في المناطق الأخرى وقد تأثر بعضها بفعل الضخ الجائر للمياه الجوفية إلى حد الجفاف. وقد نشأ بفعل التشققات الصخرية للطبقات الحاوية للمياه تحت تأثير الميول الحادة للطبقات الجيولوجية أو ارتفاع الصخور القاعدية إلى السطح بالإضافة إلى عوامل جيولوجية أخرى.

وعلى الرغم من أن استمرار تدفق بعضها لا يرتبط بالضرورة بمواسم الأمطار إلا أنها تتأثر كماً ونوعاً بفعل فترات الجفاف بدرجات متفاوتة، وفي حين لبعضها أهمية خاصة وحيوية على حياة السكان المحليين إلا أن بعضها لا يصلح إلا لشرب الحيوان أو لخدمة الأغراض المنزلية فقط.

## الينابيع المعدنية والحارة:

يتواجد هذا النوع من الينابيع عادة بفعل عودة المياه إلى السطح من أعماق كبيرة أما بسبب تكشف الطبقات الحاوية الممتدة إقليمياً أو عبر التشققات والصدوع الأرضية بسبب ارتفاع الحرارة والضغط في باطن الأرض ولبعضها علاقة بالنشاطات البركانية.

## المياه الجوفية:

تقدر كميات المياه الجوفية بحوالي (10370) مليار متر مكعب منها حوالي (1525) مليون متر مكعب فقط مياه متجددة. وتعتمد تغذية المياه الجوفية على التسربات الناتجة عن الأمطار والجريان السطحي بأشكال مباشرة وغير مباشرة تختلف من حوض إلى آخر تبعاً للظروف المحلية كما أن تصرفها الطبيعي عبر العودة إلى السطح يقتصر على بعض الينابيع شبه الموسمية أو عبر الرشوحات السيلية سريعة التأثر بالجفاف.

وبالإطلاع على الجدول أدناه لتقدير كمية التغذية والسحب من المخزون الجوفي يتضح أن كميات السحب من المياه الجوفية تقدر بأكثر من (2110) مليون متر مكعب مقابل 1525 مليون متر مكعب تغذية سنوية أي أن النسبة تساوي 140 % تقريباً.

| م | الحوض المائي | السحب التقديري مليون متر3 في السنة | معدل التغذية مليون متر3 في السنة | المخزون في الحوض مليون متر3 في السنة |
|---|---|---|---|---|
| 1 | حوض تهامة الرباعي | 810 | 550 | 250،000 |
| 2 | الحوض الجنوبي الساحلي (غرب المكلا) | 225 | 375 | 70،000 |
| 3 | تكوينات المكلا | 575 | 500 | 10،000،000 |
| 4 | حوض مناطق المرتفعات الجبلية | 2110 | 1525 | 10،370،000 |

المصدر (wary 1995)

وعموماً فإن الدراسات التي تم إجراؤها على الأحواض المائية الجوفية في اليمن لم تكن كافية سواء من الناحية المكانية أو المناخية حيث أن معظم هذه الدراسات كانت تتم في مناطق محدودة حسب متطلبات خطط التنمية والحاجة العاجلة إلى توفير المياه لها، ولم تأخذ بعين الاعتبار حصر الموارد المائية الجوفية بشكل كامل وتفصيلي،كذلك كانت نتيجة مثل هذه الدراسات في معظم الأحيان سطحية وغير كاملة ولا تشمل الطبقات المائية العميقة التي تخزن الكميات الأكثر من المياه الجوفية.

وعليه: فإن معظم المعلومات المتوفرة حالياً تتركز في الطبقات متوسطة العمق لا تتجاوز عمق الحفر فيها 500 متر.

## الموارد المائية غير التقليدية:

### مياه الصرف الصحي المعالجة:

تنحصر موارد المياه غير التقليدية في الوقت الراهن في اليمن في مياه الصرف الصحي الذي أخذت كمياته تتزايد من عام إلى آخر وتقدر كمية مياه الصرف الصحي بحوالي 37 مليون متر مكعب، يستفاد من حوالي 20 مليون متر3 منها كمياه معالجة جزئياً في ري بعض الزراعات المحددة كالأشجار الغبوبية وذلك لتدني نظام المعالجة لشح مصادر التمويل.

### تحلية مياه البحر:

لا توجد في اليمن سوى محطة واحدة تقوم بعملية التحلية لمياه البحر والموجودة في منطقة الحسوه بعدن والتي تساهم في تزويد محافظة عدن بمياه الشرب، وتشير المعلومات إلى أن هذه المحطة كانت تنتج حوالي 3،5 مليون متر مكعب من المياه في بداية التسعينات بينما قل أداء هذه المحطة مؤخراً حتى وصلت إلى أقل من 290 ألف متر مكعب في السنة. ويظل خيار تحلية مياه البحر هو أحد الخيارات المطروحة لتوفير الاحتياجات المائية الضرورية وخصوصاً في المناطق الساحلية.

كما أن هناك دراسات لتزويد مدينة تعز بالماء من خلال تحلية مياه البحر.

## مجالات استخدام المياه:

لا يزال استخدام المياه للزراعة يحتل المركز الأول حيث تستخدم أكثر من 90 %، إذ أنها تشكل المهنة الأساسية للسكان. كما أن سكان الريف يشكلون نسبة 77 % من إجمالي عدد السكان.

وبالنظر إلى أن اليمن لا تزال في بداية الطريق من المنظور التنموي المتعدد النشاطات وما يرتبط بذلك من تزايد الطلب على المياه بالإضافة إلى الحاجة إلى رفع وتيرة الإنتاج الزراعي لمواجهة الطلب على الغذاء بالمقارنة مع الزيادة الكبيرة في عدد السكان والجدول التالي يلخص استخدامات المياه بين القطاعات المختلفة.

| م | نوع الاستخدام | كميات المياه المستخدمة مليون متر مكعب/ السنة | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 1990 | 2000 | 2010 |
| 1 | الزراعة | 2700 | 3094 | 3328 |
| 2 | الاستخدام المنزلي | 168 | 238 | 552 |
| 3 | الصناعة والتعدين | 31 | 68 | 90 |
| الإجمـــــالي | | 2899 | 3400 | 3970 |

في حين تقدر المياه المتجددة السنوية بحوالي 2500 متر3 (منها 1500 مليون م3 مياه جوفية متجددة + 1000 مليون م3 مياه سطحية متجددة) وهذا يعني زيادة الفجوة بين الاستخدامات والمياه المتجددة، فقد ارتفعت الفجوة من 400 مليون متر مكعب عام م1990 إلى 900 مليون متر مكعب عام 2000م ومن المتوقع أن ترتفع إلى حوالي 470 مليون متر مكعب عام 2010م.

## المشاكل التي تواجه الموارد المائية:

### 1. الاستنزاف الجائر للأحواض الجوفية:

حيث تتعرض الكثير من الأحواض الجوفية لاستنزاف سريع ومفرط تتجاوز إمكانية التغذية السنوية، ولا يتوزع الاستنزاف بشكل منتظم على كافة الأحواض والمناطق المائية، ففي حوض صنعاء مثلاً تبلغ جملة الموارد المتجددة 80 مليون متر مكعب سنوياً بينما وصلت الاستخدامات في السنوات الأخيرة إلى 225 مليون متر مكعب في السنة.

ونتيجة لهذا الاستنزاف فقد هبطت مستويات المياه الجوفية بمعدلات كبيرة وصلت خلال السنوات الأخيرة إلى الأرقام التالية:

| | | |
|---|---|---|
| 1 | حوض صنعاء | 6 – 8 أمتار سنوياً |
| 2 | حوض صعدة | 5 – 6 أمتار سنوياً |
| 3 | حوض عمران | 3 أمتار سنوياً |
| 4 | رداع | 5 أمتار سنوياً |
| 5 | تعز | 1،5 – 2 متر سنوياً |
| 6 | تبن ـ أبين | 0،2 – 1 متر سنوياً |
| 7 | تهامة | 1 – 3 أمتار سنوياً |

**وترتب على ذلك الآتي:**

- النقص الحاد في إمدادات المياه في عدد من المدن الرئيسية منها (تعز، صنعاء، صعدة).
- جفاف الكثير من الآبار في بعض الأحواض (تعز، صعدة، رداع) والذي يكاد أن يقضي على النشاط الزراعي في هذه المناطق.

- ازدياد الهجرة من الريف إلى المدينة نتيجة شح المياه في الكثير من المناطق الزراعية والريفية مما أجبر سكان هذه المناطق إلى الاتجاه نحو المدن وتغيير نوعية نشاطهم الاقتصادي مع ما يترتب ذلك من اختلال في التوازن الديموغرافي وإرباكاً للخطط الاقتصادية والإنمائية.
- تدني نوعية المياه لهذه الأحواض.
- موت واندثار الغطاء النباتي في هذه المناطق مما يؤدي إلى التصحر.
- تداخل مياه البحر مع المياه الجوفية وخصوصاً في المناطق الساحلية.

### 2. تلوث المياه الجوفية والسطحية:

تعتبر المياه العامة الناتجة عن استخدامات المياه للأغراض المنزلية والصناعية من أهم ملوثات المياه سواء الجوفية أو السطحية وبالمقابل فأن الاستفادة منها عبر معالجتها وإعادة استخدامها لا تزال في مستويات متدنية جداً.

**ويتم التخلص من هذه المياه بإحدى الطرق التالية:**

- جزء منها يتجمع عبر الشبكات العامة للصرف الصحي إلى محطات المعالجة ثم يتم تسييلها إلى السطح أو يتم التخلص منها في البحار بعد معالجة جزئية.
- نسبة كبيرة من المياه العادمة الناتجة عن الاستهلاك المنزلي وغيره تحقن تحت السطح عبر البيارات أو الحفر.
- كميات غير محددة من المياه العادمة يتم إطلاقها وتسييلها مع الجريان السطحي (الوديان، المناطق الريفية وغيرها).

وبالتالي فإن إمكانية تلوث المياه السطحية والجوفية محتملة بل ومؤكدة في عدد من المواقع بالإضافة إلى الأخطار المتزايدة على الصحة العامة، كذلك فإن مقالب القمامة ومختلف المخلفات الصناعية والزيتون وكذا بقايا المبيدات والأسمدة المستخدمة في الزراعة وغيرها تضيف عبئاً آخر على زيادة احتمال تلوث المياه.

### أسباب المشكلة في اليمن:

من خلال الدراسات التي تم إنجازها في معظم الأحواض والمناطق المائية تم استخلاص أسباب المشكلة المائية والتي تحدد بالأسباب التالية:

- **أسباب طبيعية – بيئية:**

- موقع اليمن ضمن المناطق الجافة وشبه الجافة والتي تمتاز بأمطارها القليلة وغير المنتظمة في الزمان والمكان وطبيعة أراضيها الوعرة.
- ارتفاع درجة الحرارة التي تتسبب في زيادة الطلب على الماء، وكذا زيادة معدلات التبخر، وبالتالي التبخر- نتح الذي ينتج عنه فقد كميات كبيرة من المياه ونقص حاد لاحتياجات الري في الزراعة.
- الطبوغرافية شديدة الانحدار لمساقط المياه والأحواض المائية السطحية ويتسبب ذلك في الجريان السطحي السريع لمياه الأمطار والسيول، مما يقلل من تغذية المياه الجوفية وخصوصاً في المرتفعات.
- عدم وجود أنهار دائمة الجريان وكذا بحيرات عذبة ذات أهمية كما أن معظم الأحواض الجوفية كلية ومحدودة السعة وتتأثر سريعاً بمواسم الجفاف.

### أسباب اجتماعية – اقتصادية:

يمكن تلخيص ذلك في التالي:

- الطلب المتزايد على المياه نتيجة لارتفاع معدلات النمو السكاني والذي يقدر بـ 3.02 % وتسارع التنمية الاجتماعية والاقتصادية والتحسن المتزايد في مستوى المعيشة ولم يواكب ذلك تطور في تنمية الموارد المائية.
- الهجرة المستمرة من الريف إلى المدينة نتيجة لنقص فرص العمل وتدهور الموارد المائية في المناطق الريفية مما ينتج عنه المزيد من التدهور في المناطق الريفية ومزيد من الضغط على المصادر

الطبيعية المحدودة في المدن، بالإضافة إلى أن تركز السكان في المدن دون وجود صرف صحي مناسب يحدث تلوثاً للخزانات الجوفية وهو ما ينعكس سلباً على الموارد المائية وصحة الإنسان وعلى التنمية بشكلٍ عام.

- تدني مستوى الوعي بشكلٍ عام بخلفيات أبعاد القضايا المائية وأهمية ترشيد استخدامها.
- شحة الموارد المالية. إذ أن نقص التمويل لا يعيق فحسب المنتفعين من تبني تقنيات أكفاء بل إنه يعيق أيضاً الهياكل المؤسسية (إن وجدت) القائمة على تخطيط إدارة المياه في تنفيذ الكثير من برامجها المستهدفة ورفع كفاءة المنتفعين بموارد المياه.
- غلاء التكنولوجيا الحافظة والمرشدة للمياه.
- ضعف منظومة الحوافز الاقتصادية/ المالية المقدمة للمزارعين لاستخدام تكنولوجيا الري الحديث.
- تفتت الأراضي الزراعية، وهذا يتطلب إنشاء شبكة توزيع معقدة وغالباً غير كفوءة.

## أسباب تقنية فنية:

**وتتمثل بالآتي:**

- انتشار تكنولوجيا الحفر حيث بلغ عدد الحفارات في البلاد حوالي 200 حفار، وهذه الحفارات يملكها أفراد أو شركات.
- عدم تغطية العديد من مناطق الجمهورية بشبكات محطة القياس والرصد المائي والمناخي للحصول على البيانات الصحيحة وفي الأوقات المطلوبة.
- نقص الدراسات الفنية المائية لجميع الأحواض والمناطق المائية، ولم يتم بعد إجراء تقييم نهائي للموارد المتجددة وغير المتجددة، مع العلم أن الدراسات التي تمت حتى الآن هي أهم الأحواض المائية في اليمن وبحاجة إلى المزيد من المراجعة والتقييم.
- غياب الأنشطة البحثية المائية لتطوير وتنمية وزيادة كفاءة وصيانة الأحواض المائية من التدهور البيئي.
- نقص الكوادر الفنية العليا المتخصصة في مجال المياه والقضايا المرتبطة بها وكذا الكادر الفني والتقني.
- ضعف التوعية والإرشاد ونقل التكنولوجيا المرشدة للمياه، وعدم اعتبار المياه مسألة أساسية في وضع البرامج التي تبرز حجم المشكلة والمساهمة في توعية المواطنين.
- تدني كفاءة شبكة نقل المياه، وهذا يؤدي إلى إهدار كميات كبيرة من المياه دون مبرر، حيث تصل كفاءة الري ما بين 35 – 40 %، والفقد من شيكات تموين المياه لأغراض الشرب حوالي 40 %

## أسباب مؤسسية – تشريعية:

**وتتمثل بالآتي:**

- عدم صدور اللوائح التنفيذية لقانون المياه.
- عدم تحديد وتوثيق حقوق المياه، ووضع آلية لحماية هذه الحقوق.
- ضعف آليات فرض القوانين وتطبيقها.
- ضعف آليات التنسيق بين الجهات العاملة في المياه.

## الحلـول والمعالجـات:

1. العمل على تنمية وترشيد استخدامات الموارد المائية.

- الاستفادة القصوى من حصاد المياه وذلك عن طريق التوسع في بناء السدود والحواجز المائية.
- رفع كفاءة الري من خلال تبني الطرق الحديثة المناسبة للري، ورفع كفاءة نقل وتوزيع المياه على أن يوجه الدعم للفلاحين لتسهيل حصولهم على وسائل ري مناسبة ، وكذلك إرشاد الري، وتسهيل الأغراض وغير ذلك.
- تقليل الفاقد من الشبكة الرئيسية لنقل المياه للأغراض المنزلية.
- رفع كفاءة محطات المعالجة لمياه الصرف الصحي لتحسين مخرجاتها من مياه الصرف المعالجة وذلك لاستخدامها في الأغراض الزراعية المقيدة.
- التوجه نحو تحلية مياه البحر كمرحلة أولى في المناطق الساحلية وذلك لتغطية احتياجات مياه الشرب في هذه المناطق.
- الصيانة المستمرة لمشاريع المياه وكذا المنشآت المائية وإشراك المستفيدين في التشغيل والصيانة.
- توفير الموازنات الكافية للبحث العلمي والإرشاد في مجال تنمية وترشيد استخدامات الموارد المائية.

## حماية الموارد المائية من التلوث:

- ضرورة مواكبة مشاريع الصرف الصحي لمشاريع المياه بحيث لا تشكل مخرجاتها أي مصدر محتمل بتلويث المياه السطحية والجوفية.
- إلزام أصحاب المصانع بعمل محطات معالجة في موقع المصنع لمعالجة المياه الناتجة عن الإنتاج الصناعي والاستفادة منها في إعادة تدويرها مرة أخرى.
- وضع ضوابط لحماية المياه من التلوث الناتج عن مقالب النفايات الصلبة والمسالخ ومحطات الغسيل وتصريف الزيوت وغيرها.
- التوسع في مشاريع الصرف الصحي في المناطق الريفية بدلاً عن إسالتها عبر الجريان السطحي في الأودية.

## تقوية دور الجهات العاملة في قطاع المياه:

- تقوية القدرات المؤسسية والتشريعية للجهات العاملة في قطاع المياه ورفع مستوى الكادر معيشياً وعلمياً.
- إصدار اللائحة التنفيذية لقانون المياه.
- رصد موازنات كافية لمنشآت حصاد المياه وبناء السدود.
- وضع التشريعات موضع التنفيذ فيما يخص حماية الموارد المائية من التلوث.
- تفعيل اللائحة المنظمة لحفر الآبار.

## التجربة اليمنية في حصاد المياه:

إذا كان شح الموارد المائية حقيقة فأن توجيه وتكييف الجهود للمحافظة عليها وحمايتها وتنميتها هدف من أهم الأهداف التي تسعى الدولة والمجتمع إلى تحقيقه رغم أن هذا الهدف هو في نفس الوقت وسيلة وحيدة لاستمرار الحياة وإنمائها وفوق ذلك كله فإن أهمية الموارد المائية تفوق أهمية أي ثروة طبيعية أخرى مهما بلغ وزنها في الاقتصاد والتنمية ولذلك اهتمت الدولة بالتوسع في حصاد مياه الأمطار باعتبارها المصدر الوحيد لتنمية المياه الجوفية وتلبية الاحتياجات السكانية من المياه للاستخدامات المنزلية والري **ويتمثل ذلك بالآتي:**

### 1. التوسع في إنشاء السدود والحواجز الصغيرة والمتوسطة:

وهذا النوع من الإنشاءات مناسباً في ظروف شح مصادر المياه في الكثير من الأودية في الهضبة الجبلية معاً إذا ما أحسن اختيار مواقعها ذلك أن هطول الأمطار وحدوث الجريان السطحي يتم خلال دقائق فقط وبسبب الانحدار الكبير فإن المياه تذهب سريعاً وتجرف معها التربة التي هي شرط وجود الإنسان في هذه المناطق وبالتالي لا تتم الاستفادة المثلى من المياه السطحية وبسبب عدم وجود أحواض جوفية كبيرة كما سبقت الإشارة إلى ذلك فإن هذه المناطق تعاني من الجفاف رغم هطول الأمطار فيها ولا يتمكن المزارعون إلا من زراعة محصول واحد في العام وأحياناً تموت المزروعات عطشاً قبل نضجها لذلك فإن بناء السدود الصغيرة والمتوسطة **سيساعد على**:

- تلبية احتياجات السكان من المياه للاستخدامات المنزلية والري.
- حفظ التربة من جرف السيول وكذلك من الغمر بالمياه.
- تجنب الأخطار المستقبلية التي قد تسببها السدود الكبيرة في الأودية الصغيرة والضيقة.
- تشجيع الفلاحين على الإقدام على بنائها نظراً للتكاليف الأقل في الإنشاء والتشغيل والصيانة.

### 2. السدود الكبيرة والحواجز التحويلية:

في المواسم المطرية تحدث أحياناً سيول كبيرة وفيضانات في عدد كبير من الأودية الرئيسية والمتوسطة وشكلت خلال مراحل تطورها دلتاوات لها أهمية اقتصادية واجتماعية كبيرة وفي بعض المواسم يذهب جزء من هذه السيول والفيضانات للبحار أو الصحراء بدون الاستفادة منها بل أنها تُحدث أضراراً في الأرض الزراعية وتهدد حياة السكان القريبين من مجاري الأودية.

لذلك فإن بناء السدود والحواجز التحويلية في أماكن مختارة ومناسبة سيساعد على ما يلي:

- الاستفادة من مياه السيول والفيضانات التي تذهب للبحر أو الصحراء.
- حماية التربة من الانجراف وتجنب الكوارث التي تسببها الفيضانات.
- حقن الطبقات الجوفية بمياه أكثر مما هو معتاد مما سيساعد على وقف زحف المياه المالحة باتجاه الأحواض الجوفية الساحلية.
- زيادة الرقعة الزراعية ومكافحة التصحر.... الخ.

**إجمالي أعداد السدود والحواجز المائية المنفذة وقيد التنفيذ من قبل وزارة الزراعة والري**

| م | الوصف | إجمالي أعداد السدود والحواجز المائية | | | الإجمالي |
|---|---|---|---|---|---|
| | | المنجز | قيد التنفيذ | الجديد | |
| 1 | السدود التخزينية | 343 | 176 | 13 | 532 |
| 2 | الحواجز التحويلية | 32 | 8 | 2 | 42 |
| 3 | الخزانات | 517 | 201 | 8 | 726 |
| 4 | القنوات | 120 | 45 | 1 | 166 |
| 5 | أخرى | 28 | 2 | 1 | 1507 |
| الإجمـــــــالي | | 1040 | 432 | 25 | 2973 |

جدول يوضح الأودية الواقعة في نطاق تلك الأحواض:

| الحوض | | اسم الوادي | المساحة (كم مربع) | معدل هطول المطر (م.م) | متوسط الجريان السطحي | معدل الجريان السطحي |
|---|---|---|---|---|---|---|
| الأحواض المائية الغربية | أحواض تهامة الشمالية | وادي جيزان | 1100 | 550 | 72 | 0.13 |
| | | وادي حرض- جيزان | 8800 | 225 | 70 | 0.035 |
| | أحواض تهامة الغربية | وادي مور | 8100 | 410 | 129 | 0.06 |
| | | وادي سردود | 2700 | 500 | 82 | 0.05 |
| | | وادي سهام | 4900 | 340 | 73 | 0.064 |
| | | وادي رماع | 2700 | 350 | 50 | 0.08 |
| | | وادي زبيد | 4700 | 400 | 86 | 0.06 |
| | | وادي نخلة،الدومين | 1500 | 350 | 11 | 0.02 |
| | | وادي رسيان | 2000 | 350 | 16 | 0.02 |
| | | وادي الغيل في موزع | 1500 | 450 | 20 | 0.02 |
| الأحواض المائية الشرقية | أحواض الربع الخالي | وادي نجران( داخل الحدود) | 4400 | 100 | 70 | 0.13 |
| | | أودية (ملح، قف، خب، سيلة) | 9100 | 75 | 70 | 0.01 |
| | | وادي الجوف | 14000 | 110 | 150 | 0،02 |
| | | وادي الدهنا | 12600 | 200 | 100 | 0،03 |
| | أحواض رملة السبعتين | وادي حريب | | 75 | 20 | 0،03 |
| | | وادي بيحان | 13000 | 75 | 48 | |
| | | وادي مرخة وهمام | ــــــ | 75 | ــــــ | ــــــ |