الباب الأول

المقدمة

Introduction

1-1 مقدمة عامة:

لاشك أن الماء هو عصب الحياة وأهم مكوناتها، وصدق الله عز وجل إذ يقول في كتابه العزيز:(وَجَعَلنَا مِنَ المَاءِ كُلَّ شَيءٍ حَيٍّ أفَلاَ يُؤمِنُون) (الأنبياء30) . فهو العنصر الأساسي لإستقرار الإنسان، وإزدهار حضاراته، وأينما وُجد الماء وُجدت مظاهر الحياة، ولضمان المحافظة عليه لا بد من حمايته من التلوث والإستنزاف.

يعتبر تلوث الماء من أوائل الموضوعات التي إهتم بها العلماء و المختصون في مجال التلوث و **يرجع ذلك لسببين** :

الأول : أهمية الماء و ضرورته فهو يدخل في كل عمليات الحياة والصناعة ولا يمكن لأي كائن حي أن يعيش بدونه.

الثاني : الماء يشغل أكبر حيّز في الغلاف الحيوي و هو أكثر مادة منفردة موجودة به، إذ تبلغ مساحة الغلاف المائي حوالي(70.8%) من مساحة الكرة الأرضية. وبالتالي فإن تلوث الماء يؤدي إلي حدوث أضرار بالغة ذات أخطار جسيمة بالكائنات الحية و يخل بالتوازن البيئي الذي لن يكون له معني ولا قيمة إذا ما فسدت خواص المكوّن الرئيسي له وهو الماء .

يتلوث الماء بكل ما يفسد خواصّه أو يغير من طبيعته، والمقصود بتلوث الماء هو تدّنس مجاري المياه، الآبار، الأنهار، البحار، المحيطات والمياه الجوفية، مما يجعل مياهها غير صالحة لمعظم الكائنات الحية.

تعتبر المياه الجوفية من أهم مصادر المياه التي يستخدمها الإنسان وأكثرها إنتشاراً حتى بالنسبة للدول التي توجد فيها أنهار كبيرة، لذلك فإن نوعية المياه الجوفية، وكميتها تؤثر على الموارد البشرية والحيوانية والزراعية وبالتالي على الإقتصاد الوطني.

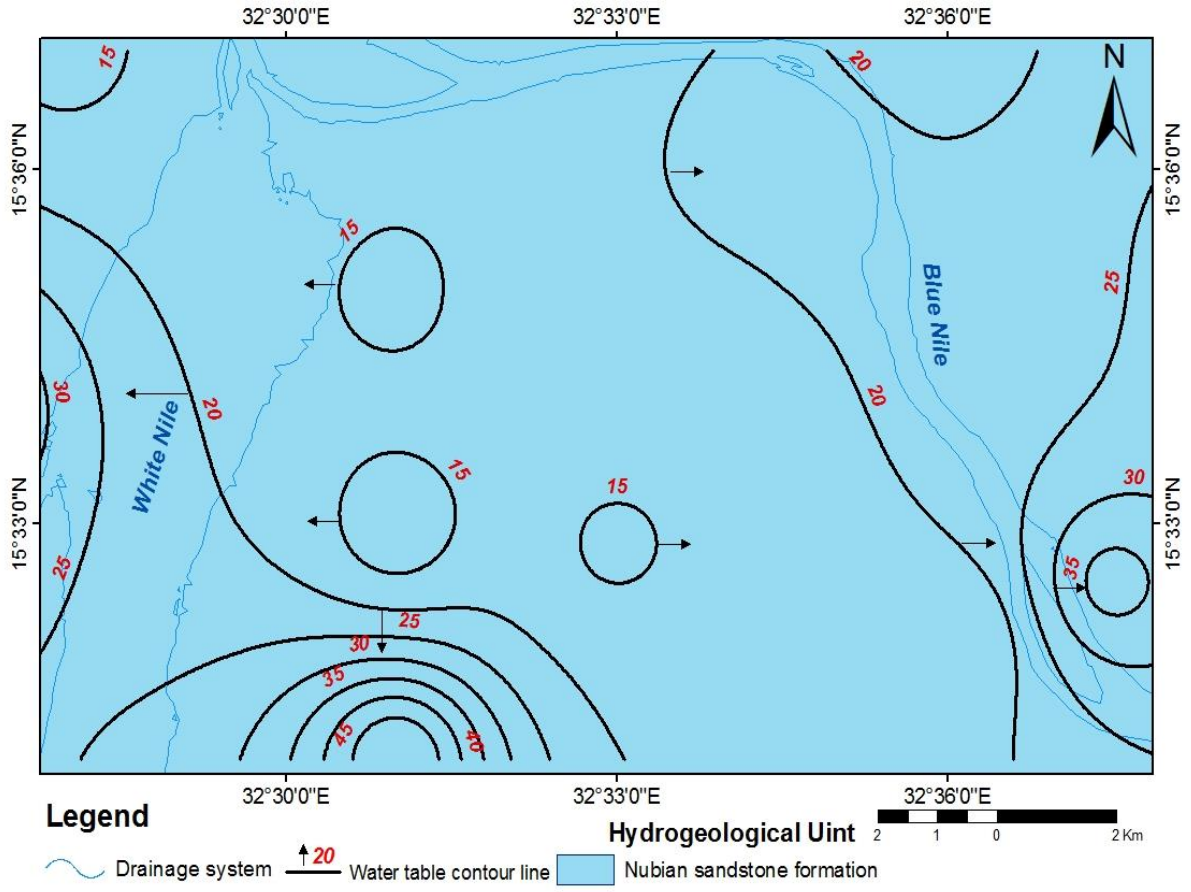
ولأن حفر الأبار – نفط، تعدين، مياه، صرف صحي – هو الطريقة الوحيدة للوصول إلى باطن الأرض عموماً والخزانات الجوفية بصورة خاصة، مما جعلها ذلك عرضة للتلوث والإستنزاف نتيجة لسوء التصميم و التشغيل غير النظيف للآبار.

لذا سوف نتطرق في هذه الدراسة للعيوب التصميمية، والتشغيلية الخاصة بحفر الآبار والتي من شأنها أن تؤثر علي المياه الجوفية بالإستنزاف أو بالتلوث، والتي عسي أن نسهم فيها بالحد من هذه الظواهر.

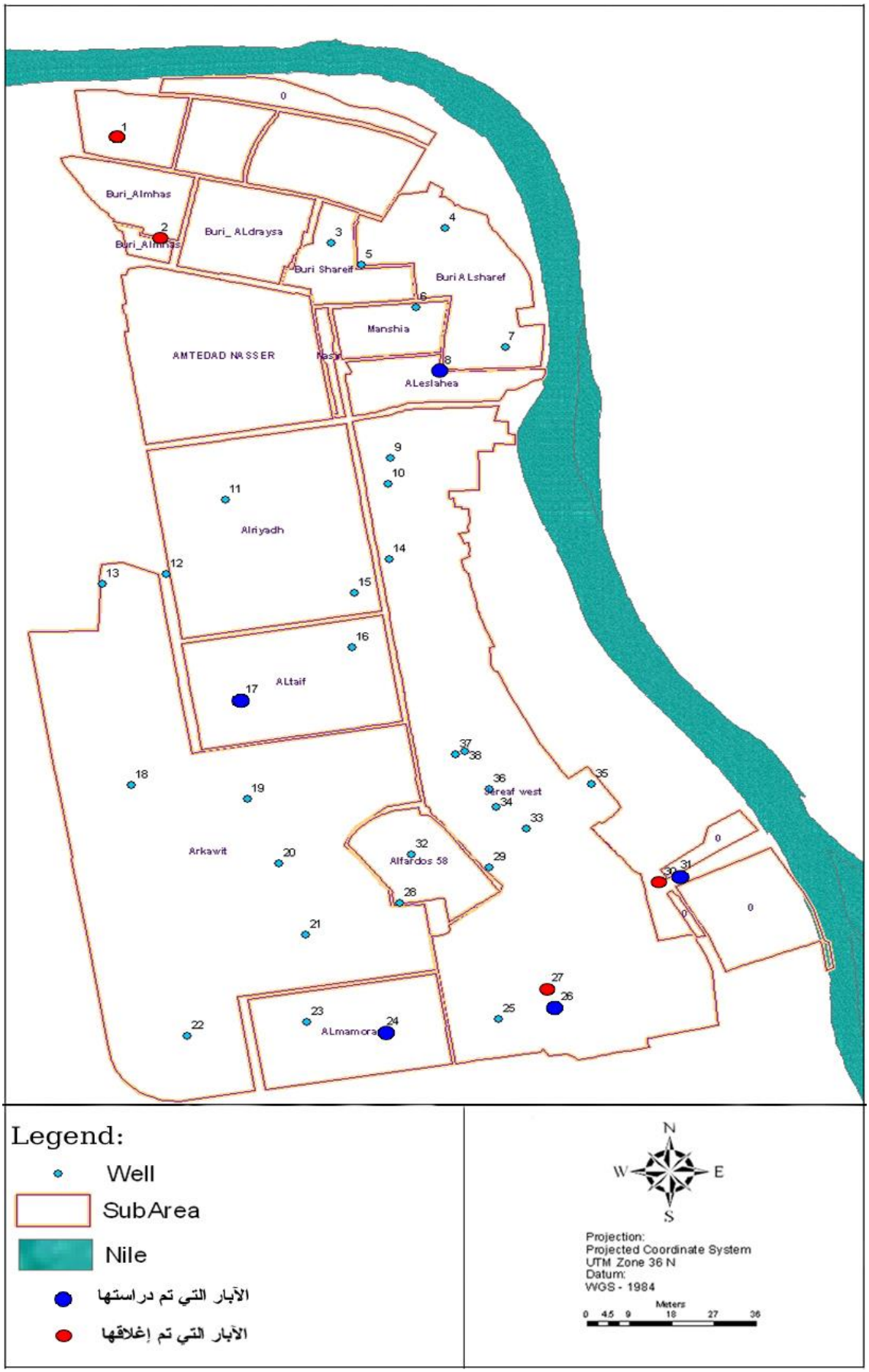
2-1 منطقة الدراسة:

تم إختيار مناطق **(المنشية، بري، إمتداد ناصر، الرياض، الطائف، أركويت، المعمورة، الجريف غرب، الفردوس)** شرقيّ الخرطوم بجمهورية السودان، وهي تقع بين خطي طول **("32°33'13",32°36'34.26")** ودائرتي عرض **("15°36'55.34" ,15°32'16.61") .**

تكمن أهمية إختيار هذه المنطقة نظراً لأنها من المناطق السكنية التي كثرت فيها شكاوي الأهالي من عدم جودة المياه الجوفية، ويرجع ذلك لأنها من أقدم المناطق التي إعتمدت علي آبار الصرف الصحي في التخلص من الفضلات وعدم مراعاة التصميم الأمثل لآبار المياه فيها.



شكل رقم (1-1): حركة المياه الجوفية في منطقة الدراسة (الإدارة العامة للمياه الجوفية و الوديان).



شكل رقم (1-2): آبار المياه الجوفية في منطقة الدراسة(هيئة مياه ولاية الخرطوم).

1-3 الأهداف:

1-3-1 الهدف العام :

- المساهمة في حماية بيئة المياه الجوفية، والحد من تلوثها عن طريق التصميم الجيد والتشغيل النظيف للآبار.

1-3-2 الأهداف المحددة :

- تحديد الأخطاء التصميمية للآبار المؤثرة على بيئة المياه الجوفية كمياً ونوعياً.
- تحديد آثار التشغيل غير النظيف على بيئة المياه الجوفية.
- المساهمة بالمعلومات الكافية للجهات ذات الصلة لضرورة تفعيل القوانين التي تحمي المياه الجوفية.

الباب الثاني

الإطار النظري والدراسات السابقة

Literature Review

1-2 بيئة المياه الجوفية :

تعـرف الميـاه الجوفيـة بأنهـا هـي الميـاه المتواجـدة تحـت سـطح الأرض، والتـي يمكـن تجميعهـا بواسـطة الآبـار و أنفـاق التصـريف، أو هـي الميـاه التـي تتـدفع بشـكل طبيعي إلى سطح الأرض بواسطة الينابيع .

تتكون هذه المياه بفعل عملية رشح المياه المتواجدة فوق سطح الأرض إلى الأسفل إعتماداً على النفاذية، وصولاً للطبقة الصخرية الحاملة للمياه. وتقع المياه الجوفية في منطقتين مختلفتين وهما المنطقة المشبعة بالماء، والمنطقة غير المشبعة بالماء .

المنطقة غير المشبعة بالماء: تقع مباشرة تحت سطح الأرض في معظم المناطق وتحتوي على المياه والهواء ويكون الضغط بها أقل من الضغط الجوي مما يمنع المياه بتلك المنطقة من الخروج منها إلى أي بئر محفور فيها، وهي طبقة مختلفة السمك، وتقع تحتها مباشرة المنطقة المشبعة. أما **المنطقة المشبعة:** هي طبقة تحتوي على مواد حاملة للمياه وتكون كل الفراغات المتصلة ببعضها مملؤة بالماء ويكون الضغط فيها أكبر من الضغط الجوي، مما يسمح للمياه بالخروج منها إلى البئر أو العيون. تغذية المنطقة المشبعة تتم عبر ترشيح المياه من سطح الأرض إلي هذه الطبقة عبر مرورها بالمنطقة غير المشبعة.

1-1-2 تغذية الخزان الجوفي :

تُغذى مياه الخزان الجوفي **بالوسائل التالية:**

- ترشيح مظاهر التساقط بواسطة أحواض التغذية أو بواسطة آبار الحقن.
- تكاثف الابخرة و ترشيح مياه التكاثف إلى الأعماق .
- من المياه السطحية .

2-1-2 العوامل المؤثرة على مستوى المياه الجوفية:

هنالك عدة عوامل تؤثر على مستوى المياه الجوفية **وهي:**

- عوامل طبيعية ناتجة من تـأثير هيدرولوجي أو جيـولوجي، وظروف جوية (تساقط، جريان سطحي، البخر والنتح والضغط الجوي).
- عوامل صناعية يساهم الإنسان في صنعها(ضخ المياه من الآبار، التغذية الصناعية).

3-1-2 حركة المياه الجوفية:

يتبع مستوى المياه الجوفية شكل تضاريس السطح، ويسيل بوضوح في إتجاه المنخفضات، وذلك بتأثير الجاذبية الارضية، حيث تخرج في شكل ينابيع(SPRINGS) في الاماكن المنخفضة.

4-1-2 تلوث المياه الجوفية:

بصفة عامة تُعتبر المياه الجوفية نقية وخالية من التلوث والبكتيريا الضارة، ولكنها قد تتعرض للتلوث نتيجة لبعض النشاطات الانسانية والعوامل الخارجية **مثل:**

- وجود عيوب في تصاميم آبار المياه .
- وجود عيوب في تشغيل الآبار .

- ❖ عدم الإهتمام بعزل الآبار المهجورة.
- ❖ إستعمال طرق غير صحيحة للتخلص من القاذورات ومياه الصرف الصحي والمخلفات الصناعية والزراعية والحيوانية.
- ❖ وجود مواد في التربة تذوب بواسطة المياه المرتشحة.

تتعرض الطبقات السطحية الحاملة للمياه للتلوث بدرجة كبيرة، وكلما كان مستوي الماء في تلك الطبقات قريب من سطح الأرض إزدادت قابليتها للتلوث. وقد تنتقل البكتيريا إلي طبقات أعمق، خاصة إذا كانت المواد الصخرية المكونة لتلك الطبقات عالية المسامية والنفاذية. ولحماية آبار المياه فإنه ينبغي أن تحدد مواقعها بعيداً عن مصادر التلوث ويراعي عند تصميمها وإنشائها الحماية الصحية اللازمة.

سوف نتطرق للتصميم والتشغيل الخاص بالآبار وأثرهما على بيئة المياه الجوفية، بإعتبارهما من اهم مسببات التلوث والإستنزاف المباشر لها.

2-2 أثر التصميم على بيئة المياه الجوفية:

يشمل إصطلاح تصميم الآبار إختيارالموقع المناسب والأبعاد المطلوبة للبئر، ثم إختيار المواد التي تُستعمل في إنشائه. والتصميم الجيد يهدف إلى ضمان الأداء الأفضل، والعمر الأطول للبئر وأخيرا الكلفة المعقولة، وعند تصميم البئر يجب أخذ العوامل المذكورة مترابطة.

إن العوامل الفنية وعوامل الكلفة يجب أن تحلل بصورة جيدة، فمثلاً أنه من غير الصحيح تصميم بئر لإنتاج (300 جالون/الدقيقة) لبيت ريفي لا يحتاج أكثر من (15 جالون/الدقيقة). لذلك فإنه من غير الصحيح إستعمال حجم غير مناسب لأنابيب التغليف وأنابيب الترشيح، أو إستعمال مواد ذات نوعية رديئة من شأنها أن تؤثر على إنتاجية ونوعية المياه الجوفية لأغراض خفض التكلفة فقط.

كل بئر يتكون من عنصرين رئيسيين، العنصر الأول هو **التغليف** (Casing) الذي يعمل كغطاء لمعدات الضخ وكذلك كقناة عمودية يجري خلالها الماء من الطبقة الحاملة للماء إلى المستوى الذي يدخل فيه المضخة ومنها إلى السطح. والعنصر الثاني فهو **جزء الأخذ** (Intake portion) وهو الجزء الذي يدخل من خلاله الماء من الطبقة الحاملة للمياه إلى البئر، وتصميم هذا الجزء يجب أن يكون دقيقاً، لكونه يؤثر بصورة فعالة على أداء البئر.

2-2-1عناصر تصميم الآبار وأثرها على بيئة المياه الجوفية:

2-2-1-1 إختيار موقع البئر :

موقع البئر يحدد أساساً حسب الغرض من البئر، فمثلاً الآبار الإنتاجية التي تُستخدم للشرب والإمداد فيجب أن نأخذ في الإعتبار عند تحديدها جودة المياه الجوفية، وإستمرارية المياه لفترة طويلة.

وكذلك آبار الري يجب الأخذ في الإعتبار عن تحديدها العوامل الكيميائية (مثل الملوحة، نسبة إمتصاص الصوديوم، وغيرها).

عند تحديد موقع البئر أيضاً يجب مراعاة توفر كمية كافية من المياه الجوفية لتقابل إحتياجات الضخ. كما يجب عند تحديد الآبار أن نأخذ في الإعتبار أن يكون البئر بعيدا عن مصادر التلوث مثل : (مناطق تخزين الوقود، الكيماويات، المجاري القريبة، خطوط الصرف الصحي، وحقول التخلص).

ويمكن إستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية(G I S) والدراسات الهايدروجيولوجية والجيوفيزيائية لتحديد موقع البئر المثالي الذي لا يؤثرعلى بيئة المياه الجوفية، والنمذجة الهيدرولوجية في طرق انتقال الملوثات (Modeling Of Groundwater Contamination) ومعرفة مدى إمكانية وصول الملوثات للبئر وبالتالي للخزان الجوفي.

2-2-1-2-2 أنابيب التغليف:

تعتبر أنابيب التغليف من العناصر الرئيسية لحماية المياه الجوفية من التلوث، ودرجة حمايتها تعتمد على التنسيق بين خصائصها (الفيزيائية والكيميائية) وبين مناطق وضعها على طول البئر.

بالإضافة إلي أن أنابيب التغليف تستخدم لمنع تمدد وتهدم جدار للبئر وحصر قطر وعمق البئر وإنتاجيته، إلا أن المهام الأساسية لها **هي** :

- ❖ الحماية من الملوثات السطحية.
- ❖ عزل الطبقات الحاملة للمياه المالحة، وغير المرغوب فيها وذلك بالتسميت.
- ❖ عزل الطبقات الملوثة بمياه الصرف الصحي وذلك بالتسميت.
- ❖ منع هروب سائل الحفر إلى الطبقات المنتجة.

1-2-1-2-2 أنابيب التغليف حسب نوع المادة المصنعة :

يمكن تصنيفها إلي :

- ❖ **أنابيب تغليف حديدية وتنقسم إلى :**

  - أنابيب من الحديد الصلب : Steel Casing
  - أنابيب من الحديد المجلفن: Galvanized Steel Casing
  - أنابيب الحديد الغير قابل للصدأ: Stain Less Steel

- ❖ **أنابيب الفايبر قلاس Fiberglass مثل:**

  - البولي فينيل كلورايد PVC .

- ❖ **أنابيب الإسبستوس الأسمنتية**

يتم إختيار أنواع أنبوب التغليف للقطاعات المختلفة حسب الخواص الملائمة والموضحة في **جدول (2-1)** أدناه .

جدول (2-1) : مقارنة بين أنابيب التغليف من حيث مادة التصنيع.

Comparison of Well Casing Materials

	Material					
	Fiberglass			Asbestos	Low-Carbon	Type 304
	ABS	PVC	Epoxy	Cement	Steel	Stainless Steel
Specific gravity	1.04	2.40	1.89	1.85	7.85	8.0
Tensile strength (psi)	4,500	8,000	16,750	3,000	35,000 yld[a] 60,000 ultimate	30,000 yld[a] 60,000 ultimate
Tensile modulus (10^6 psi)	.30	.41	2.30	3.00	30.00	29.00
Impact strength (ft·lb/in.)	6.0	1.0	20.0	1.0	b	a
Upper temperature limits (°F)	180	140	200[c]	250	800 to 1,000	800 to 1,000
Thermal expansion (10^{-6} in./in. °F)	55	30	8.5	4.5	6.6	10.1
Heat transfer (Btu in./h ft^2 °F)	1.35	1.10	2.30	3.56	333.0	96.0
Water absorption (wt %/24 h)	0.30	0.05	0.20	2.0	Nil	Nil

2-2-1-2-2 بعض الحالات التي تؤدي إلى فشل أنابيب التغليف:

- عدم الوضع في الإعتبار الضغوطات الداخلية و الخارجية للطبقات مقارنة مع ضغوط الأنبوب.
- فشل ربطها جيداً وذلك عن طريق اللحام أو المسننات نسبة لبعض الإرتجاجات أثناء عملية التغليف.
- وجود فتحات أو تسرب في الأنابيب.
- إلتواء الأنابيب في حالة تدويرها أثناء عملية التسميت أو في حالة ميلان البئر.
- عدم إستقامتها مما يؤدي إلى صعوبة ربطها بالمسننات أو باللحام.
- الإستخدام الغير سليم أثناء شحنها أو ترحيلها أو عدم المحافظة على المسننات.
- تفاعلها مع بعض الطبقات وذلك ينتج من عدم الدراسة الجيدة، مما يؤدي إلى تآكلها داخلياً.
- عدم إختيار القطر المناسب مع معدات نظافة وتنمية الآبار.

3-1-2-2 عمق البئر:

يتم تحديد عمق البئر عادة على ضوء المعلومات المتحصل عليها من البئر الإختباري(Test Hole) أو من سجلات الآبار القريبة التي تخترق نفس الطبقة الحاملة للمياه، وكلما زاد عمق الخزان الجوفي قلت إحتمالية تلوثه.

و يتم إكمال البئر حتى قاع الخزان الجوفي لسببين:

- ❖ زيادة الإستفادة من سمك الخزان الجوفي، مما ينتج عنه زيادة إنتاجية البئر.
- ❖ ضمان إستمرارية الإنتاج في حالة إنخفاض منسوب الماء (Draw Down).

4-1-2-2 المصافي:

1-4-1-2-2 طول مصفاة البئر:

يتم إختيار أقصى طول لمصفاة البئر حسب سمك الخزان الجوفي، والإنخفاض المتوقع لمنسوب المياه، ووجود طبقات متعددة ضمن الحامل المائي (Stratification).

2-4-1-2-2 حجم فتحات مصفاة البئر:

يكون إختيار حجم فتحات الترشيح من خلال تحديد القطر المؤثر لتربة الطبقة المنتجة للمياه، وذلك بإجراء إختبار التدرج الحبيبي للتربة.

3-4-1-2-2 قطر مصفاة البئر:

يتم إختيار قطر المصفاة لتحقيق المساحة المفتوحة التي يلزم توفيرها بما يحقق سرعة لدخول المياه التي لا تزيد عن 0.1 قدم لكل ثانية (3سم لكل ثانية)عند التصميم القياسي. قطر المصفاة يتم تحديده بعد تحديد طول المرشح وقطر فتحات المصفاة. حيث طول المصفاة يتوقف على سمك الخزان الجوفي، أما قطر الفتحات للمصفاة فيعتمد على التدرج في حجم الحبيبات للتربة المحيطة.

4-4-1-2-2 إختيار مادة الصنع للمصافي Selection of material :

إختيار مادة الصنع للمصفاة تتحكم فيها ثلاث عوامل:

- ❖ الأملاح الذائبة .
- ❖ وجود تجمعات بكتيرية.
- ❖ إحتياجات القوة للمصفاة.

من خلال التحاليل المعملية للمياه، يمكن التعرف على الأملاح الذائبة في الماء، حيث يتم دراستها ومعرفة عدوانية المياه، أو قابليتها لإحداث ترسيبات، حيث يمكن لهذه الأملاح أن تؤدي للتآكل والترسيبات للمصافي.

المياه العدوانية تؤدي لتآكل المصفاة، حيث يمكن أن تسبب تلف للبئر أكثر مما يحدثه تآكل أنابيب التغليف. إتساع فتحات المصفاة يسمح بدخول كميات كبيرة من الرمال للبئر، أيضاً يؤدي إلى دخول المياه الملوثة أو الغير مرغوب فيها، لذلك يجب إستخدام مصافي مصنوعة من معدن مقاوم للتآكل.

2-2-1-4-5 الحالات التالية توضح الظروف العدوانية للمياه:

- الرقم الهيدروجيني(PH) أقل من 7 حيث تكون المياه حامضية.
- الأكسجين المذاب أكثر من (2 PPM).
- كبريتيد الهيدروجين أكثر من(1 PPM).
- الأملاح الكلية المذابة أكثر من (1000 PPM) تنشط التآكل الكهروكيميائي، وتجعل المياه عدوانية، ولذلك يفضل أن تكون المصفاة مصنوعة من معدن مقاوم للتآكل.
- كما يتوقع حدوث التآكل في حالة زيادة ثاني أكسيد الكربون المذاب عن(50 PPM) ، وكذلك في حالة زيادة أملاح الكلوريدات عن(50 PPM) .
- وجود أي عاملين من عوامل تنشيط التآكل يزيد من عدوانية المياه.

2-2-1-4-6 المياه التي تحدث ترسيبات:

بعض المياه التي تحدث ترسيبات على سطح المصفاة وفي مسام التربة خارج المصفاة المقابلة لها، تحدث إنسدادات في فتحات المصفاة وفي مسام التربة. تزال هذه الترسيبات عادة بوضع حامض قوي(مثل حامض الهيدروكلوريك) في البئر الذي يذيب هذه الترسيبات. ولذلك في هذا النوع من المياه يجب وضع مصفاة مصنوعة من مادة مقاومة للتآكل لتتحمل تأثير المعالجة بالحامض.

بعض المياه الجوفية تحتوي على نوع من البكتيريا يسمى بالبكتيريا المؤكسدة للحديد، رغم أنها غير ضارة بالصحة إلا أنها تسبب إنسداد في مسام التربة وفي فتحات المصفاة. هذه البكتيريا تنتج من تراكم المواد الجلاتينية وتؤكسد الحديد والمنجنيز، حيث يمكن حدوث إنسداد كامل للبئر في وقت قصير، فقد ثبت في بعض الحالات إنخفاض إنتاجية البئر بنسبة (75%) في فترة من ثلاثة شهور حتى عام.

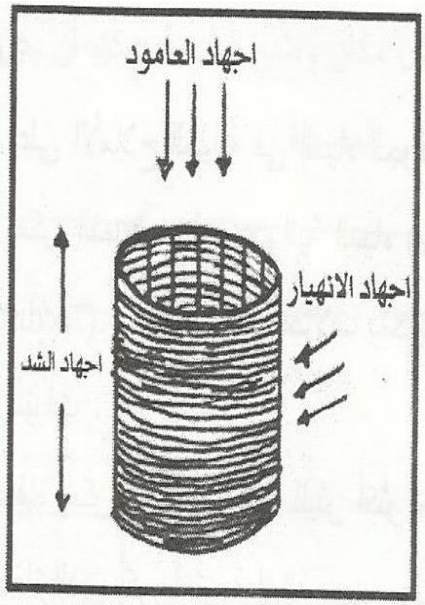
في هذه الحالة نستخدم محلول كلور قوي نسبياً والذي يقتل البكتيريا، يلي ذالك إستخدام محلول حامض الهيدروكلوريك لإذابة الحديد والمنجنيز المترسب ثم إزالة هذه الترسيبات من المنطقة المحيطة بمصفاة البئر بالضخ، ونظراً لإستخدام أحماض عدوانية فإنه يلزم تركيب مصفاة من مادة مقاومة للتآكل.

2-2-1-4-7 قوة المصفاة:

يتم إختيار معدن المصفاة أحيانا على أساس قوة التحمل. فالمصفاة غالبا تتعرض لأحمال عمودية (ضغط رأسي)، وضغط أفقي (ضغط الإنهيار). **الشكل (2-1)** يوضح أنواع الإجهادات على المصفاة .

عند الإنشاء يكون قطر الحفر مفتوح حيث المصفاة مثبتة في أنابيب التغليف مباشرة، مما يجعلها تتحمل الوزن الكلي لأنابيب التغليف، وهذا الحمل هو حمل العمود على المصفاة. حمل الشد يحدث على المصفاة عند إنشاء مقاطع طويلة من المصافي وأنابيب التغليف، وعليه فإن المصفاة يجب أن يتوفر لها إجهاد الشد الكافي لتتحمل أي مصافي أو أنابيب تغليف معلقة أسفلها مؤقتاً. بعد إلتصاق المصفاة بتربة الخزان الجوفي، فإن ضغط التربة يسبب إجهادات أفقية على المصفاة وخاصة أثناء التنمية. على المصفاة أن توفر مقاومة للإنهيار لتحمل ضغط التربة والضغط الهيدروليكي. تحدث معظم الإنهيارات للمصفاة أثناء الإنشاء، وأثناء وضع الغلاف الحصوي، وأثناء التنمية.

المصفاة يجب أن تكون مقاومة لكل من حمل العمود وضغط الإنهيار الذي يتناسب مع معامل اللدونة لمادة الصنع. وبما أن الغرض الأساسي للمصفاة هو السماح بدخول المياه مع أقل فاقد بالإحتكاك، فيجب أن يتوفر لدى المصفاة قوة التحمل لمقاومة القوى المعرضة لها وفي نفس الوقت أقصى مساحة مفتوحة تتناسب مع متطلبات التحمل.



شكل(2-1) : أنواع الإجهادات على المصفاة.

2-2-1-4-8 أنواع المصافي من حيث المادة:

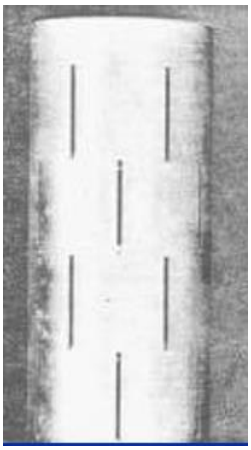
حالياً توجد مواد عديدة تستخدم في صناعة المصافي وذلك يتوقف على ظروف المنطقة التي يراد فيها الحفر وتنقسم إلى مصافي معدنية و مصافي غير معدنية.

❖ **المصافي المعدنية Metallic Screens:**

والتي بدورها تنقسم إلي:

➢ **مصافي مصنوعة من الحديد او الصلب العادي:**

وتمثلها المصافي ذات الفتحات المخرمة والفتحات الطولية **(شكل 2-2)**. وهي تتميز بتحمل الإجهادات. ولكن من عيوبها أنها ذات إنتاجية ضعيفة، وقابلة للصدأ.



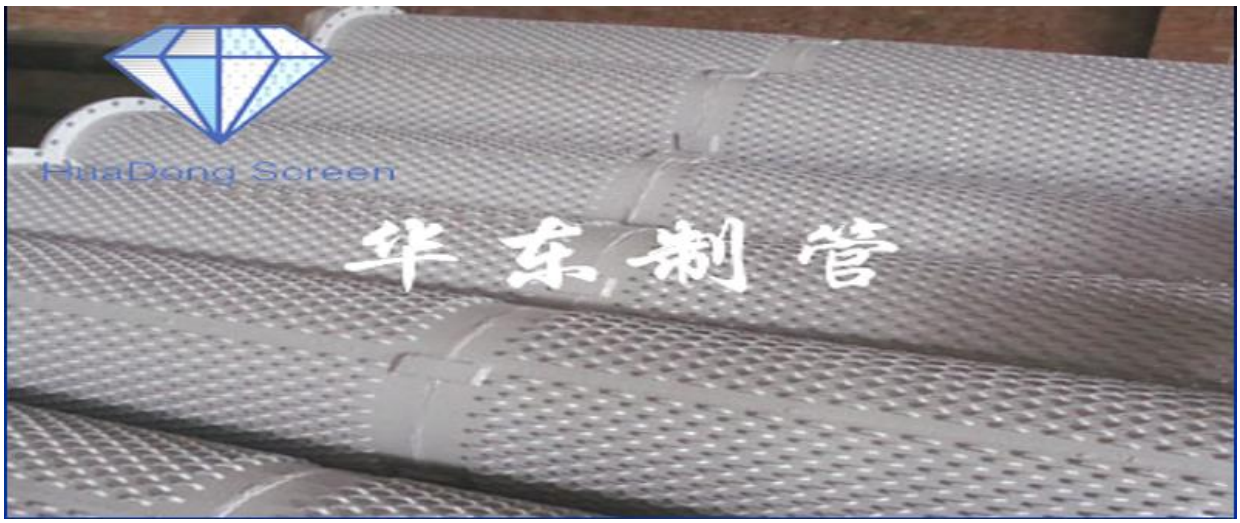
شكل(2-2): المصافي ذات الفتحات الطولية.

➢ **مصافي مصنوعة من الألمونيوم:**

تمتاز بأنها غير قابلة للصدأ. من عيوبها أنها غالية الثمن وتتفاعل كيميائياً في باطن الأرض.

➢ **مصافي مصنوعة من الحديد غير القابل للصدأ:**

تمثلها مصافي جونسون Johnson screen وهي لا تتفاعل مع المياه ويمكن إستخدامها في الأعماق البعيدة. **(شكل 2-3)**



شكل(2-3) : مصافي جونسون.

➢ **مصافي يدخل في تصنيعها النحاس:**

تستخدم سبائك النحاس للعمل على ترشيح المياه الداخلة إلى فتحات المصافي من الرمال.

❖ **المصافي غير المعدنية Non-Metallic Screens:**

يستخدم هذا النوع من المصافي في المناطق التي تعمل فيها المياه على إحداث الصدأ والتآكل **ويمكن حصرها في :**

- **مصافي البلاستيك P.V.C :**

من عيوبها عدم تحمل البلاستيك للضغط ودرجات الحرارة العالية.

- **مصافي الإسبستوس والنسيج الزجاجي :**

تستخدم لتفادي النشاط المسبب للصدأ، ولكن قد تم منع إستخدمها لأنها تسبب السرطان.

2-2-1-2-5 الغلاف الحصوي :

المقصود بهذه العملية هو وضع خليط حصوي متدرج الحجم في الفراغ الحلقي (بين المصافي وجدران البئر)، ليكون غلافاً محكماً حول المصافي في البئر، لمنع إنتقال المواد الناعمة من تربة الخزان مع الماء إلي داخل البئر.

2-2-1-2-5-1 معايير إختيار الغلاف الحصوي:

يعتمد إختيار الغلاف الحصوي على **معايير ثابتة** تتعلق بنوعية تكوينات الخزانات الجوفية، والمواد المستخدمة كغلاف حصوي.

2-2-1-2-5-2 فوائد الغلاف الحصوي:

❖ زيادة الإنتاجية .
❖ يمنع دخول الرمال إلى المصفاة .
❖ يمنع حدوث تفاعل بين المصافي والطبقة الحاملة للمياه.
❖ يقلل صدأ فتحات المصافي.

2-2-1-2-6 السمنتة (العزل):

هي عبارة عن عملية ضخ السائل الأسمنتي(Slurry) (ماء + اسمنت + إضافات أخرى) من داخل مواسير التغليف ثم إزاحته إلى الفراغ الحلقي، أي أننا نقوم بإستبدال سائل الحفر الموجود في الفراغ الحلقي بسائل أسمنتي والذي يتصلب بعد فترة زمنية معينة مشكلاً حول مواسير التغليف ما يسمى بالحجر الإسمنتي.

2-2-1-6-1 خواص الحجر الأسمنتي :

لكي يقوم الحجر الأسمنتي بوظائفه يجب أن يتمتع بجملة من الخواص الهامة نستعرضها فيما **يلي:**

2-2-1-6-1-1 المقاومة الميكانيكية للحجر الأسمنتي :

هي تمثل مدى إمكانية الحجر الأسمنتي المتشكل لمقاومة جهد الإنضغاط الذي يتعرض له .

وتعريفاً: هي القوة المطبقة على **($1cm^2$)** من سطح مكعب أسمنتي متصلب، واللازمة لتهشيمه ويجب أن تكون هذه القوة كبيرة كي يشكل الحجر الإسمنتي صلة وصل جيدة بين مواسير التغليف وصخور الطبقات المخترقة، ومقاومة الضغوط عند متابعة الحفر وأثناء الإنتاج .

تعتمد قيمة المقاومة الميكانيكية للحجر الأسمنتي على عدة عوامل **أهمها:** التركيب المعدني الكيميائي لمسحوق الأسمنت ونسبة الماء إلى هذا المسحوق، والسطح النوعي للمسحوق الأسمنتي ونوعية وكمية المواد المضافة، ودرجة الحرارة والضغط .

يلاحظ تأثير التركيب المعدني الكيميائي لمسحوق الأسمنت على صلابة الحجر عند زمن التصلب الطويل وكلما زاد زمن التصلب زادت الصلابة.

تزداد المقاومة الميكانيكية للحجر الأسمنتي بسرعة عند إستخدام مسحوق بسطح نوعي مرتفع، بينما تتناسب المقاومة الميكانيكية عكسياً مع نسبة الماء للأسمنت(w/c). إن معالجة السائل الأسمنتي بمسرعات التصلب تمكن من زيادة المقاومة الميكانيكية الأولية للحجر الإسمنتي ويكون تأثير مبطئات التصلب بالعكس .

يمكن زيادة المقاومة الميكانيكية للحجر الأسمنتي بمعالجة السائل أو المسحوق الأسمنتي بنسبة معينة من الرمل الكوارتزي.

2-2-1-6-1-2 نفوذية الحجر الإسمنتي :

هي السمة الثانية الهامة من خواص الحجر الأسمنتي وتحدد درجة عازلية الأسمنت للطبقات، وبالتالي تقييم فعالية عملية السمنتة، حيث يجب أن تكون نفوذية الحجر الإسمنتي صغيرة جداً أو معدومة وتقدر بوحدة **(mD)** وهي تعتمد على عدة عوامل **هي** : التركيب الكيميائي للأسمنت، نسبة الماء إلى الأسمنت، الإضافات الأخرى للسائل الأسمنتي، الضغط، درجة الحرارة، و زمن التصلب(حيث كلما زاد الزمن قلت النفوذية).

2-2-1-6-1-3 التغير الحجمي للحجر الإسمنتي :

إن تفاعل الأسمنت مع الماء يقلل من الحجم المطلق للأسمنت، أو أن الماء بإتحاده مع معادن الخبث الحراري يؤدي إلى نقص الحجم الظاهري (ظاهرة الإنكماش). وفي ظروف البئر ونتيجة ترشيح جزء من الماء في الطبقات المسامية يقل حجم الطور السائل ويؤدي إلى إنكماش الحجر الأسمنتي مما يؤدي إلى ظهور قنوات بين مواسير التغليف والحجر الأسمنتي والصخور .

إن ضمان التسميت الجيد للمناطق المنتجة يتطلب إستخدام سوائل أسمنتية تعطي حجراً لا ينكمش، ويمكن للحجر الإسمنتي أن يولد تمدداً أو انكماشاً تحت تأثير عوامل مختلفة.

2-2-1-6-1-4 إلتصاق الحجر الأسمنتي بالسطح الخارجي لمواسير التغليف ومع جدران البئر الصخرية:

يعتمد قيام الحجر الأسمنتي بوظائفه العامة إلى حد كبير على مدى إلتصاقه مع مواسير التغليف و مع جدران البئر الصخرية، ويجب العمل بإستمرار للحصول على درجة إلتصاق عظمى .

تتأثر درجة الإلتصاق هذه بعدة عوامل **أهمها** : درجة نظافة هذه السطوح من سائل الحفر أو من القشرة الطينية لسائل الحفر، نوع مسحوق الأسمنت المستخدم، درجة الحرارة، خشونة سطوح التلامس. لذلك يجب أن ننزع القشرة الطينية بطرق ميكانيكية أو كيميائية، كما يجب أن تنظف السطوح الخارجية لمواسير التغليف من الطلاء الواقي .

تؤدي قوة الإحتكاك التي تتولد عند ضغط المعدن بالحجر الإسمنتي دوراً هاماً في زيادة درجة الإلتصاق، كما يمكن زيادة الإلتصاق بزيادة إضطراب السائل الأسمنتي في الفراغ الحلقي.

2-2-1-6-1-2 تأثير الشروط الطبقية على عملية السمنتة:

تتأثر خواص كل من السائل الأسمنتي والحجر الذي يتشكل عند تصلبه بشكل ملحوظ بالشروط الطبقية حيث ينقل السائل، وفيما يلي ندرس تأثير هذه الشروط:

❖ **تأثير الضغط على عملية السمنتة :**

يتميز تأثير الضغط بمحدوديته على عملية السمنتة إجمالاً فهو يقلل من زمن تكاثف السائل الأسمنتي، والزمن الذي يبدأ عنده هذا السائل بالتصلب (زمن بدء الشك). إن زمن التصلب يتناقص مع تزايد قيمة الضغط حتى **($350\ Kg/cm^2$)**، حيث يلاحظ إنعدام تأثير الضغط، أما تأثير الضغط على الحجر الأسمنتي فيكون بزيادة المقاومة الميكانيكية الأولية وذلك من خلال زيادة سرعة التجمد، كما أن نفوذية الحجر الإسمنتي تقل بإرتفاع قيمة الضغط المؤثر عليه وذلك بفعل إرتصاص حبيبات الأسمنت مع بعضها البعض.

❖ **تأثير درجة الحرارة على عملية السمنتة :**

تتميز درجة الحرارة بتأثيرها الهام على عملية السمنتة وهو تأثير سلبي في كل الحالات تقريباً. إن لزوجة السائل الأسمنتي تصل إلى القيمة الحدية (وصول لزوجته إلى القيمة الحدية 100 P) بعد ثلاث ساعات من تحضيره عند تعريضه لدرجة حرارة مقدارها ($45\ C^O$) بينما تصل إلى القيمة الحدية بعد نصف ساعة فقط عند وجوده في وسط درجة حرارته ($95\ C^O$)، أي أن الزمن الذي يمكن خلاله دفع السائل الإسمنتي للحركة يتناقص بشدة مع ارتفاع درجة الحرارة، لذلك يجب معالجة السائل الإسمنتي بمبطئات التصلب، والتي تحدد كميتها ونوعيتها وفقاً لنوع الخليط ودرجة الحرارة في البئر.

❖ **تأثير المياه الطبقية على عملية السمنتة:**

يمكن أن تتسبب المياه الطبقية في تسريع تصلب السائل الأسمنتي بسبب ما تحتويه من أملاح مختلفة. لكن التأثير الأهم لها هو على الحجر الإسمنتي المتشكل، إذ تعمل على تخريبه (من خلال التآكل

الكيميائي) عند احتواءها على الشوارد الحامضية بتراكيز مرتفعة (Cl^-,HCO_2^-,SO_4^{-2})، حيث تتفاعل هذه الشوارد مع المعادن المشكلة للحجر الأسمنتي الذي يفقد مقاومته كلياً بعد زمن قصير من تشكله في الفراغ الحلقي مقابل الطبقات الحاملة للمياه الطبقية، وتعتبر شوارد الكبريتات (SO_4^{-2}) أكثرها فتكاً بالأسمنت (وتسمى في هذه الحالة بالمياه الكبريتية). من أجل المحافظة على مقاومة كافية للحجر الأسمنتي مقابل المياه الكبريتية تستعمل مساحيق الأسمنت المناسبة والمعالجة بالمركبات الضرورية.

3-6-1-2-2 أهمية عملية السمنتة للبئر:

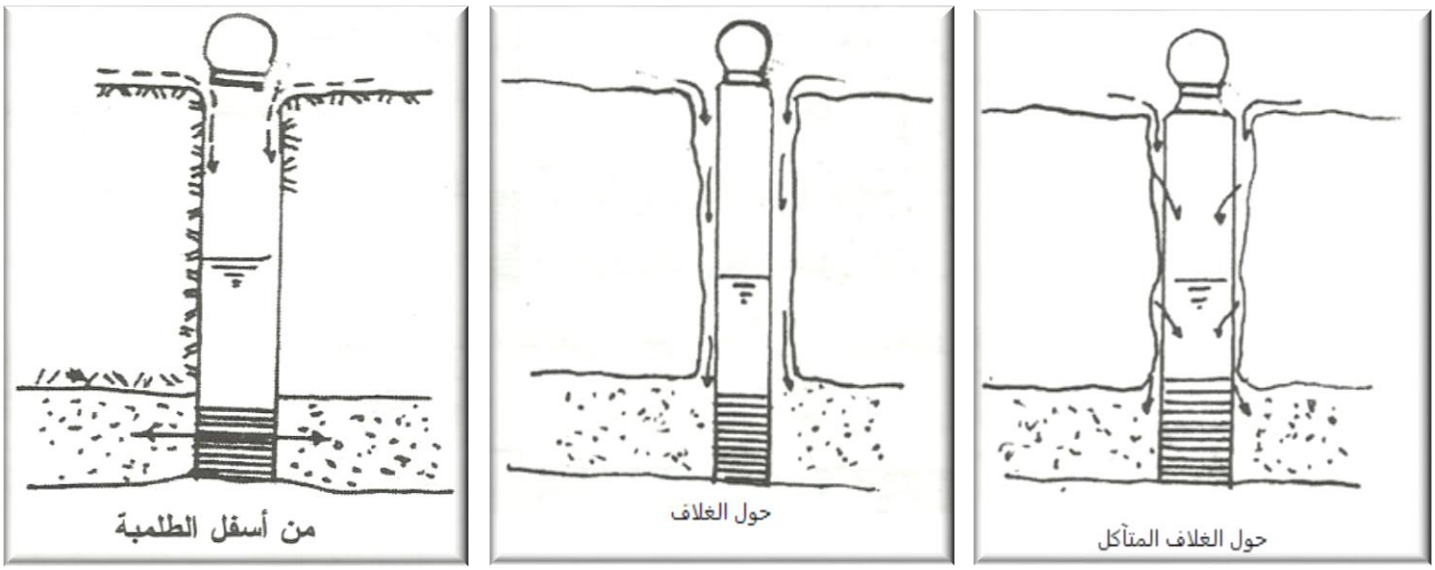
تُوضح بالنقاط التالية:

- **عزل الطبقات الجيولوجية** : حيث تعزل العمليات الأسمنتية الطبقات الجيولوجية عن بعضها البعض وهي الوظيفة الأهم لعمليات السمنتة، حيث تمنع إختلاط الموائع المتواجدة فيها وعدم إنتقالها من المناطق ذات الضغط المرتفع إلى المناطق ذات الضغط المنخفض وتحقق عازلية جيدة للطبقات المنتجة عن بقية الطبقات الأخرى، الأمر الذي يسهل إستثمارها على مراحل.
- **حماية مواسير التغليف من التأثير التآكلي** بفعل المياه الطبقية المالحة أو سائل الحفر الذي دخل الطبقة أو بقي خلف مواسير التغليف أو بفعل الموائع الطبقية الحامضية **($SO4^{-2}$, CO2,CO,NO3-)**.
- **إبعاد تأثير سائل الحفر أو فاقد الرشح عن الطبقات الصخرية**، حيث تبعد عمليات السمنتة تأثير سائل الحفر أو فاقد الرشح عن الطبقات التي تتأثر ثبوتيتها بالماء (غضار، ملح) وبذلك تثبت عمليات السمنتة هذه الطبقات وتمنعها من الإنهيار وبالتالي تحمي مواسير التغليف من الضغط الخارجي الناتج عن التهدم والآثار السلبية التي قد تتبع ذلك.
- **تثبيت مواسير التغليف وتدعيمها** من خلال تشكيل رابطة مقاومة بين السطح الخارجي للمواسير والجدران الصخرية للبئر.

2-2-2 التصميم للحماية من التلوث :

توجد فراغات حول القطر الخارجي للغلاف نظراً لعدم إنتظام إستقامة أجناب الحفر للبئر ولكون قطر الحفر بالضرورة يجب أن يكون أكبر من قطر الماسورة المستخدمة كغلاف، لذلك يمكن للمياه الملوثة من الصرف السطحي أو من التربة غير تربة الخزان الجوفي المُزود خلال ثقوب التآكل في المصفاة حيث تتحرك إلى أسفل خلال هذه الفراغات. وهذا يلوث المياه المنتجة من البئر.

(الشكل 2-4) يبين حالات تلوث المياه في الخزان الجوفي وفي البئر. عملية حجز المياه حول المحيط الخارجي لأنابيب التغليف تتم حتى العمق الآمن، إما عن طريق الوصول إلى طبقة صماء تعلو الخزان الجوفي أو عن طريق الوصول إلى منسوب الضخ، ففي هذه الحالة ومع إتباع قواعد أخرى يمكن حماية المياه المنتجة من البئر من التلوث البيكتريولوجي وخاصة بالنسبة للخزانات الجوفية من التربة الرملية الحاملة للمياه.



شكل(2-4): حالات تلوث المياه في الخزان الجوفي وفي البئر.

لحماية المياه الجوفية من التلوث، عند تصميم الآبار يجب أن تؤخذ في الإعتبار **الإجراءات التالية :**

- ❖ أدنى عمق لغلاف البئر الذي يوفر منع التسرب للمياه حول محيطه الخارجي.
- ❖ تركيب أنابيب التغليف بإحكام ليمنع دخول المياه مع العزل الخارجي للحماية من التآكل وإحداث ثقوب في أنابيب التغليف.

تصمم الآبار المنتجة لمياه الشرب من خزان جوفي من الصخور المتشققة بغلاف مانع لنفاذية المياه وممتد إلى عمق كبير أسفل سطح الأرض وأسفل أي تكوينات صخرية؛ نتيجة للرمال الصخرية التي يمكن وجودها في المحيط القريب من البئر بهدف الحماية الطبيعية لنوعية المياه.

التكوينات الصخرية ذات التشققات والفتحات الكبيرة تكون فرصة التنقية الطبيعية للمياه فيها ضعيفة مثلما يحدث في حالات تحرك المياه الجوفية في تربة حاملة غير صماء. يجب أن يؤخذ في الإعتبار عند التصميم للبئر التحشية الأسمنتية حول غلاف البئر من سطح التربة حتى العمق المناسب، وهذا يتطلب حفر قطر أكبر من قطر أنابيب التغليف إلى العمق المطلوب لتوفير فراغ حول غلاف البئر لوضع الحشوة الأسمنتية حول ماسورة أنابيب التغليف.

إن ظهور الملوثات في المياه يرجع إلى عدم لحام الفراغ حول أنابيب التغليف وهذا ما أثبتته الخبرة وذلك رغم ما يتم من إحتياطات على السطح العلوي وزيادة عمق أنابيب التغليف، وخاصة في حالة الآبار في الخزانات الجوفية حيث التربة الرملية الحاملة للمياه. قطر الحفر يمكن أن يكون بدون غلاف في التربة المتماسكة مثل الطفلة الجافة المتماسكة أو الصخور الغير مسامية أو بغلاف مؤقت بالقطر المناسب. يكون من المهم سحب أنابيب التغليف المؤقت عند وضح التحشية الأسمنتية وليس بملئ الفراغ

بين أنابيب التغليف المؤقتة وأنابيب التغليف الأساسية. حيث يمكن حدوث التسرب الرأسي بسرعة خارج أي غلاف بدون تحشية في التربة القريبة من السطح.

قطر الحفر الزائد عن القطر الخارجي للغلاف المستديم يجب أن يتراوح ما بين(4 بوصة إلى 6 بوصة) لوضع التحشية الأسمنتية، وفي حالة إستخدام ماسورة التحشية (Grout pipe) لا يقل القطر الزائد عن (6 بوصة) لإمكان استخدام ماسورة التحشية(2 بوصة) خارج أنابيب التغليف. أما في حالة وضع مادة التحشية بالضغط إلى أسفل خلال وخارج قاع أنابيب التغليف إلى الفراغ المحيط فإن القطر الخارجي للحفر قد يقل إلى(2 بوصة) أكبر من قطر أنابيب التغليف.العمق المطلوب للفراغ حول أنابيب التغليف لوضع مادة التحشية يختلف طبقاً للظروف الجيولوجية وحالة الموقع.

لحماية البئر من وصول المياه الملوثة السطحية يراعي أن ترتفع أنابيب تغليف البئر بمسافة لا تقل عن متر واحد فوق سطح الأرض، بالإضافة إلى عمل بلاطة من الخرسانة حول غلاف البئر بقطر لايقل عن (10 أمتار) وبسمك (20 سنتمتر) حول أنابيب التغليف، ويتدرج السمك إلى الخارج إلي أن يصل سمك(5 سنتمتر)، كما في **(الشكل 2-5).** كما يراعى إختيار موقع البئر بعيداً عن مصادر تلوث المياه الجوفية.

تعتبر آبار الصرف الصحي (التخلص) من أخطر مصادر تلوث المياه الجوفية، لذلك لابد من مراعاة إختيار المسافات الآمنة لآبار المياه من آبار الصرف الصحي، وكذلك مراعاة السمنتة المطلوبة لضمان حماية المياه الجوفية وتقليل خطر تلوثها.

هنالك بعض المايكروبات إذا وجدت في الماء تعتبر دالة على تلوث المياه الجوفية بمياه آبار الصرف الصحي، وأهم هذه المايكروبات بكتيريا الإشتريشيا كولاي(E.coli)، ولمعرفة وجودها لابد من إجراء الإختبارات المعملية البيولوجية.

2-2-3 إختبار تلوث عينة الماء بمياه المجاري :

- طريقة عد الأطباق
- إختبار مجموعة القولون، **ويضم :**

i. الإختبار الإحتمالي: هو إختبار إبتدائي لمعرفة مدى تلوث المياه، وإذا أعطى نتيجة موجبة يجعلنا نشك في وجود بكتيريا E.coli.

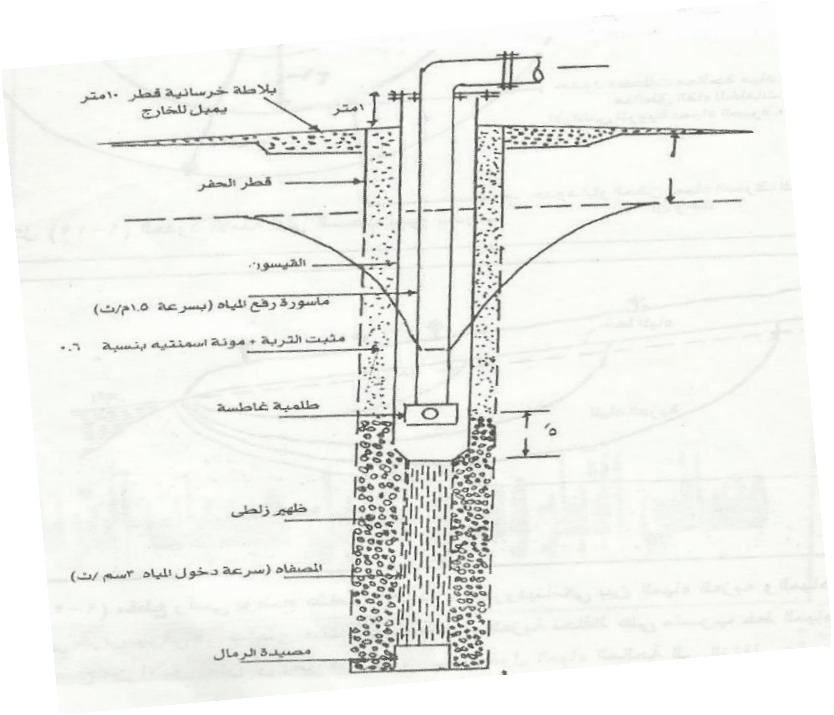
ii. الإختبار التحقيقي: هو إختبار يتم للتأكد من إيجابية وجود بكتيريا E.coli بإستخدام بيئات صلبة تحتوي على كواشف معينة.

iii. الإختبار التكميلي: يتم للتأكد من أن مستعمرات E.coli و *Enterobacter aerogenes* *التي ظهرت على الأطباق تابعة لمجموعة* E.coli.

- الكشف عن الميكروبات الأخرى.

2-2-3-1 مواصفات العينة للفحص المخبري:

- يجب أن تكون العينة في زجاجة معقمة.
- أن تكون ممثلة للمصدر.
- يجب الحذر من تلوثها بعد أخذها.
- الفحص يتم مباشرة بعد أخذ العينة.



شكل(2-5): حماية البئر من وصول المياه الملوثة السطحية.

3-2 أثر التشغيل الغير نظيف على بيئة الخزان الجوفي:

2-3-1 تطهير و تنمية البئر:

يتعرض البئر أثناء التنفيذ للتلوث من الأتربة والمصادر الخارجية من المياه السطحية وأدوات التنفيذ، ويجب تطهير البئر والطبقة المحيطة به من أي أثر لهذا التلوث والأتربة، وذلك بالرفع المتقطع للمياه من البئر والتي تسمح للأتربة في الطبقة المحيطة بدخول البئر ليمكن رفعها مع المياه، ويجب أن يبدأ الرفع بمعدل صغير جداً ثم يتزايد بعد ذلك لمنع التأثير علي فتحات المرشحات.

يمكن توجيه مياه تحت ضغط أو هواء مضغوط لداخل البئر أثناء عملية الرفع ليساعد ذلك علي تطهير البئر من أي مواد تكون عالقة بالأسطح الداخلية أثناء عملية الإنشاء، وتساعد علي مزج الأتربة المترسبة بالقاع وحملها مع المياه أثناء عملية الرفع.

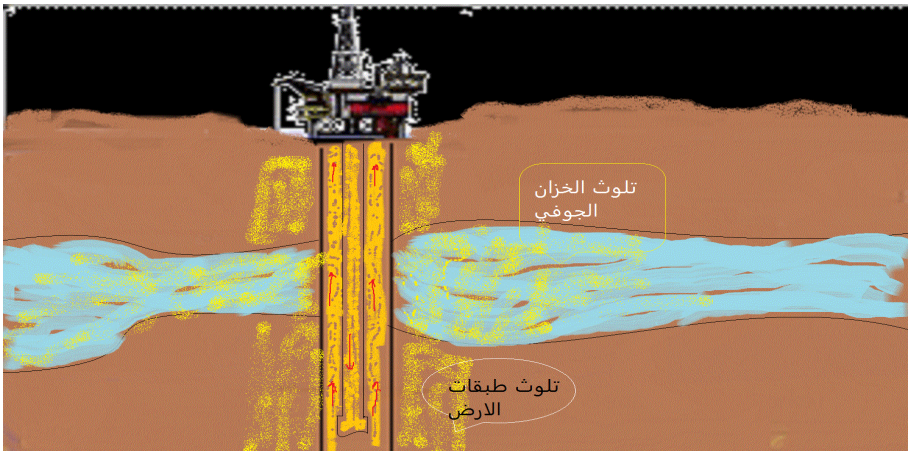
وبعد تنظيف البئر من الأتربة يستخدم الكلور بتركيز (50 PPM - 200) للقضاء علي أي ملوثات تكون بداخل البئر، بحيث تبقي هذه المياه بالبئر لعدة ساعات ثم يصير رفع المياه من البئر لمدة نصف ساعة بحيث تصرف هذه المياه ولا يسمح بإستعالمها لزيادة تركيز الكلور بها، ثم يجري تحليل شامل لمياه البئر للتأكد من خلوها من التلوث قبل السماح بإستعمالها، فإذا كان لا يزال بها مواد ملوثة، تُعاد عملية التطهير بالكلور حتي تُظهر التحليلات خلو مياه البئر من التلوث ثم يُسمح بإستعمالها.

كما يتعرض البئر للتلوث أيضاء أثناء تشغيله من أثر إصلاح و صيانة البئر و صيانة وحدات الرفع، ويجب تطهير البئر بالطريقة السابقة قبل إعادة تشغيله. ويتعرض البئر أيضا للتلوث أثناء التشغيل عن طريق زيوت الماكينات المستعملة في عملية الحفر و التي تصل إلي المياه الجوفية عن طريق البئر، وأيضا سوء الاستعمال من قبل العمال. وعموماً فإن أكثر الملوثات للخزان الجوفي أثناء التشغيل هو سائل الحفر (Drilling Mud).

2-3-2 أثر سوائل الحفر على بيئة الخزان الجوفي:

2-3-2-1 التحديات البيئية:

يعتبر التحدي الأكبر اليوم فيما يتعلق بتركيب موائع الحفر هو مواجهة إرتفاع الضغط ودرجة الحرارة اللذان يوجدان في بعض الآبار العميقة والآبار الأفقية مع تجنب إحداث أضرار بيئية. يجب إختيار مكونات مائع الحفر بحيث يؤدي أي تصريف للطين أو فتات الصخور إلى أقل ضرر ممكن للبيئة. وتعتبر الإهتمامات البيئية هي العامل الرئيسي المحرك للأبحاث الخاصة بتطوير موائع الحفر. كما أن لصحة العاملين على جهاز الحفر تأثير هام عند إختيار الموائع، حيث يتم إختيار المنتجات التي لها حد أدنى من الضرر على الصحة، و**(الشكل 2-6)** يوضح تلوث الخزانات الجوفية بموائع الحفر .



شكل(2-6): تلوث الخزانات الجوفية بسوائل الحفر.

بالرغم من أن الموائع هي مواداً أساسية في عمليات الحفر الناجحة للآبار، لكنها قد تصبح أحد أكثر مسببات الفوضى والأوساخ الناتجة عن عملية الحفر، لذلك يجب التخلص من قطع الصخور المستخرجة من حفرة البئر، وكذلك أي مائع حفر يظل عالقاً بها.

تعتمد درجة تأثير مائع الحفر على البيئة على نوع طين الحفر المستخدم والظروف البيئية السائدة. تعتبر موائع الحفر التي أساسها الماء والمستخدمة في عمليات الحفر أقل تلويثا بالمقارنة مع تلك التي أساسها الزيت . ومع العديد من الملوثات يتغير التأثير على البيئة طبقاً لنوع المادة الملوثة التي يتم تصريفها والتي تتشتت بالتالي في البيئة المحيطة. عند تصريف قطع الصخور الملوثة بموائع الحفر الزيتية (سواء بحقنها في آبار عميقه أوعلى السطح) ، فإنها لا تتشتت بنفس القدر الذي تتشتت به أنواع الطين التي أساسها الماء، ويمكن أن يكون للتركيزات الكبيرة من المواد العضوية مثل النفط تأثيراً كبيراً على بيئة المياه الجوفية وكذلك البيئة المحيطة بها. عند تحلل المواد العضوية، يتم إستهلاك الأكسجين وإنتاج كبريتات سامة، وهذه الظروف يمكن أن تسبب في تلوث الخزانات الجوفية التي يمر بها البئر.

2-3-2-2 سوائل الحفر المصطنعة كيميائياً:

لقد كان لقطع الصخور الملوثة بسوائل الحفر المركّبة بالزيت وقعاً شديداً على البيئة في أجزاء كثيرة من العالم، وأدى ذلك إلى تطوير سوائل حفر مصطنعة كيميائيا (*Synthetic*) تكون لطيفة للبيئة ليس لأداء جيد فحسب، ولكنها أقل سُميّة أيضاً، وفي معظم الحالات تكون أكثر قابلية للتحلل الحيوي.

2-3-3 إختبار سوائل الحفر وضبط شرائعها:

يتفاوت تنظيم شرائع سوائل الحفر حسب الموقع الجغرافي والتشريع المحلي لكل بلد. تُجرى إختبارات لتحديد مقدار سُمية المواد الكيماوية المختلفة المضافة، ويتم عمل إختبارات إضافية لجمع البيانات حول التحلل الحيوي والتراكم الحيوي.

2-3-3-1 إختبارات السُمِيّة (*Toxicity*):

تستخدم إختبارات السمية للتنبؤ بتأثير المادة الملوثة على البيئة المستقبلة لها، وتستخدم نتائج تلك التجارب في تقدير أقصى كمية من المادة يمكن إضافتها وتصريفها بدون أن يكون لها تأثير سام مباشر على البيئة عامةً، وبيئة الخزان الجوفي بشكل خاص. يعتمد نوع الإختبار الذي يتم إجراؤه على التشريعات المحلية وعلى مستقبلية الملوث المحتملة.

2-3-3-2 التحلل الحيوي (*Biodegradation*):

يعتبر التحلل الحيوي عاملاً حاسماً في تقليل التأثير البيئي طويل المفعول لسوائل الحفر، لكن من المهم بنفس القدر تقليل كمية الصرف في المقام الأول، ويتم تحقيق ذلك بإعادة تدوير سوائل الحفر بقدر ما يمكن وبتصميمها بطريقة يسهل معها تحقيق ذلك. على سبيل المثال فإنه في المناخل الهزازة للطين الصفحي تنفصل السوائل ذات اللزوجة المنخفضة بسهولة من قطع الصخور، الأمر الذي يؤدي إلى إستخلاص سائل الحفر وتقليل كمية المواد العضوية المنصرفة .

التحلل البيولوجي هو تكسير مادة عضوية مثل البترول بتأثير كائنات حية، تعرف بإسم الميكروبات الحية (*Micro-organism*) وخصوصاً البكتريا. وتتحلل بعض المواد حيوياً بصورة أسرع، وبدرجة أكبر من المواد أخرى، وينتج عن التحلل الحيوي المطلق ثاني أكسيد الكربون والماء. ويمكن أن تتحلل بعض المواد إلى جزيئات وسطية أصغر ويسمي ذلك بالتحلل الإبتدائي. عادة ما تكون تلك الجزيئات مركبات وسيطة في عملية التحلل الحيوي المطلق، ولكن يمكن في بعض الحالات أن تكون

قادرة على البقاء أو تكون أكثر سمية من المادة الملوثة الأصلية ويمكن أن يحدث التحلل الحيوي في ظروف هوائية (في وجود الأكسجين Aerobic) وظروف لا هوائية (بدون أكسجين Anaerobic).

لقد بدأت سوائل الحفر على شكل طين، أي مجرد أوحال وماء ولم يتبقى من تلك السوائل إلا إسمها، فالسوائل الحديثة يتم تصميمها لتواجه ظروف حفر متعددة، وهناك الكثير من العوامل التي يجب أخذها في الإعتبار وتقييمها تقييماً جيداً، ليس أقلها عامل السلامة البيئية **(JASEM ISSN - 2001)**.

2-3-5 تأثير طريقة الحفر على بيئة الخزان الجوفي:

يمكن أن تؤثر طريقة الحفر غير الملائمة على كمية المياه الجوفية أو على نوعيتها. ويكون ذلك إما بتقليل جودة المياه أو بنقصان الإنتاجية وإستنزاف البئر، لذلك يجب دراسة منطقة البئر المراد حفره جيداً قبل الشروع في عمليات الحفر، بإتباع الطرق الجيوفيزيائية أو أي طريقة أخرى لمعرفة نوعية الطبقات وأماكن تواجد الشقوق والتكهفات حتى لا يحدث فقدان لدورة سائل الحفر، مما يؤدي إلى نزوله إلى الخزان الجوفي وتلويثه.

كما يمكن لسائل الحفر السميك (ذو لزوجة عالية) أن يتسبب في إغلاق مسامات الخزان وبالتالي يقلل من إنتاجية البئر. إن الحفر الدوراني بإستعمال الطين(البنتونايت) يكون ضارا للطبقات الحاملة للماء ذات الضغط المنخفض بسبب دخوله إلى الطبقة، مما يضعف قابليتها الانتاجية **(المنقوشي – 2006)**.

2-4 دور التشريعات والقوانين في حماية المياه الجوفية :

تزداد الحاجه إلى المياه مع تطور المجتمع وزيادة الحاجة إليه للإستعمالات المختلفة، ولذلك تبرز الحاجه أكثر إلى إدارة المياه سواء كانت السطحية أو الجوفية.

تعتمد هذه الادارة على جانبين أساسين هما :

- المعرفة الصحيحة بالجوانب العلمية والفنية لمصادر المياه (كماً ونوعاً).
- الرقابة لإستعمال المياه بصورة عقلانية .

2-4-1 الشكل الهرمي للقوانين والأنظمة المائية:

بالإمكان تمييز أربعة مراحل تشريعية في مجال التشريعات المائية :

- **القانون الأساسي للمياه :** ويصدر من السلطة التشريعية وهو عبارة عن وثيقة قانونية عامة موجزة وموجهة.
- **لقانون التنظيمي:** ويصدر عن جهة مُخولة بإصداره، ويتناول بشئ من التفصيل النقاط القانونية ذات العلاقة باستثمار وإدارة موارد المياه **ويشمل:**

  - الأنظمة التي يجب أن يتقيد بها المواطن.
  - برامج تهدف إلي تحسين الوضع الإقتصادي والإجتماعي للمواطن.

- **القرارات الإدارية:** وهي قرارات صادرة عن السلطة التنفيذية، وتشمل التفاصيل اللازمة لتطبيق وتنفيذ القانون.
- **الأحكام القضائية:** وتشمل قرارات المحاكم ذات العلاقة، وتغطي أوجه التشريع التي لم تُغطى صراحة في القانون المائي الأساسي.

2-4-2 التشريعات النافذة لحماية المياه الجوفية :

يتم إستثمار المياه الجوفية عن طريق الينابيع والآبار. بالنسبة للآبار فيعتبر حق الإنتفاع منها للجهة التي قامت بإنشائه وهي الجهة المسئولة عن حدوث أي أخطار منه، ويخضع حفر الآبار الجوفية ونصب أجهزة الضخ عليها إلى ترخيص مسبق ويراعى فيها عدم تجاوز كمية السحب المحددة، وما زالت تشريعات حماية بيئة الخزان الجوفي نادرة الوجود خاصة في السودان، وأصبحت أهمية حماية الخزانات الجوفية من التلوث والأضرار التي تلحق بالصحة العامة من جراء إستخدام الماء الملوث واضحة الان .

إن نظم وتعليمات حماية مصادر المياه واردة في التشريعات المائيه القائمة بشكل عام، إلا أن أنظمة السيطرة على المياه الجوفية لم تحظ بالقدر الكافي من الأحكام المبنية على قواعد علمية، **وعليه فإن التشريعات والقوانين المائية ينبغي أن تخضع حفر البئر إلى الشروط والإلتزامات التالية :**

- تحديد موقع البئر من قبل الجهة المختصة - إدارة الآبار والمياه الجوفية مثلاً - بناءاً على دراسة تفصيلية.
- مراقبة حفر البئر من قبل الجهة المختصة.
- مراقبة فحص البئر وإكماله من قبل الجهة المختصة.
- تحديد طاقة أجهزة الضخ المستعملة وتحديد كمية الضخ من قبل الجهة المختصة.

لحماية بيئة الأرض من آبار الغاز والنفط، يجب الحصول على ترخيص وهذا الترخيص يتطلب منع تسرب النفط المُراق. حماية المياه الجوفية من التلوث تتطلب التخلص من الطبقات المالحة ومخلفات الصرف الصحي، والترخيص أيضاً يتطلب عادة تصليح الأدوات المستخدمة في الإنتاج. كما أن الترخيص يحمي المياه الجوفية ببرامج التسميت وإنزال أنابيب التغليف لأي بئر، واللذان يعزلان تدفق النفط والغاز أو المياه المالحة بين الخزانات الجوفية.

الباب الثالث

طريقة عمل البحث

Methodology

1-3 طريقة عمل البحث :

بعد أن قمنا بتحديد مشكلة الدراسة، والمتضمنة في إسم المشروع فقد قمنا بتحديد الهدف العام والأهداف المحددة من هذه الدراسة والسعي لتحقيق هذه الأهداف والوصول إليها، وكان لابد من تحـديد مكان معين لتحقيق هذه الأهداف، وهنا قد وقع إختيارنا علي منطقة شرق الخرطوم كمنطقة ونموذج لهذه الدراسة، وقد تم تحديد إحداثياتها وحدودها الجغرافية، كما تم تضمين صورة جوية لها.

أيضاً تضمنت طريقة إجراء البحث ما يلي :

▶ الزيارة الميدانية لمواقع الآبار وذلك بغرض الملاحظة المبدئية لحالة الآبار. وتم إبـداء بعـض الآراء عنها، كملاحظة إحاطة مواقع الآبار بآبار الصرف الصحي، وكذلك قرب بعض الآبار من مصادر التلوث مثل المقابر كما في **الشكل (3-1).** كما تم إستفسار الأهالي عن حالة المياه و مدي رضاهم وتقبلهم لجودة هذه المياه، وكـانت النتيجة أن معظم الأهالي غير راضين عن جودة المياه.

شكل (3-1) : قُرب البئر رقم (1) من المقابر- (Google Earth).

▶ الإستعانة بالمراجع والكتب العلمية المختلفة وبيوت الخبرة وذلـك لدراســة الأطر النظرية والدراســات السابقة المتعلقة بالمشكلة قيد الدراسة.

▶ إستخراج الوثائــق الرسمية (الخطابات) مــن رئاســة القــسم بالكلية، وعنونتــها للجــهات ذات الصلة، وذلك بغرض الإمـداد بالمعــلومات البحـثية التي تخدم المشروع، وتم إمـدادنا بالفعل بالـبــيانـات اللازمة للمشروع قيد الدراسة.

▶ تحليل هذه المعلومات، وتدقيقها، و فرزها، وإختيار المعلومات اللازمة فقط للمشروع قيد الدراسة.

▶ جمع عدد خمس عينات من منطقة الدراسة، وتحليلها وإجراء الإختبارات المعملية اللازمة (الحيوية) و تم الحصول على نتائج الإختبارات الفيزيائية والكيميائية من سجلات الآبار السابقة لدى الإدارة العامة للمياه الجوفية والوديان وهيئة مياه ولاية الخرطوم.

▶ الإختبارات المعملية الحيوية للعينات الخمس تمت كما يلي:

1- الإختبار الإحتمالي:

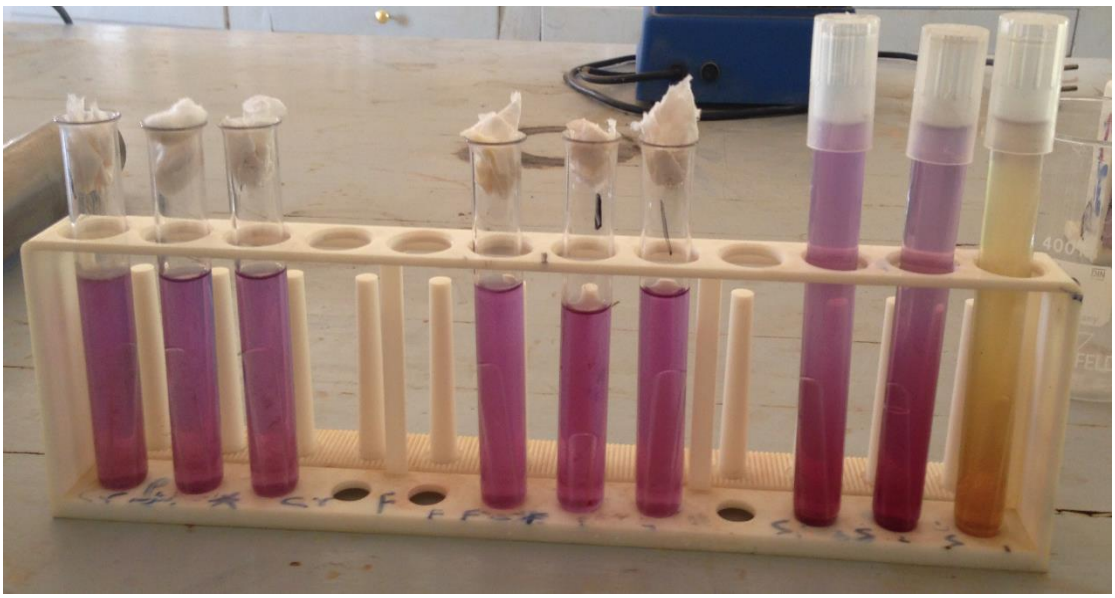
تم تجهيز محلول مركز بوضع(17.5) جرام من (MacConkey Broth) في (250) ملليتر من الماء المقطر في دورق، وتم تجهيز محلول مخفف بوضع (8.75) جرام من (MacConkey Broth) في 250 ملليتر من الماء المقطر في دورق، وسخنت المكونات فى حمام مائى، ثم تم توزيع (9) ملليتر من المحلول المركز على ثلاثة أنابيب اختبار، ثم أضفنا (10) ملليتر من عينة الماء للأنابيب التي تحتوي على تركيز مضاعف، تم توزيع (9) ملليتر من المحلول المخفف على (6) أنابيب إختبار، ثم وضع (1) ملليتر من العينة لكل انبوب من الأنابيب الثلاث الأولى ذات التركيز العادي، ثم أضفنا (0.1) مليلتر للأنابيب الثلاثة الأخيرة ذات التركيز العادي.

تم رص الأنابيب على حسب ترتيبها، ووضعت فى الحضانة على(37) درجة مئوية لمدة (24) ساعة ثم نظرنا وسجلنا الملاحظات، والنتيجة النهائية كانت بعد(48) ساعة، وأخذت نتائج العدد الأكثر إحتمالاً من **جدول (3-1) .**

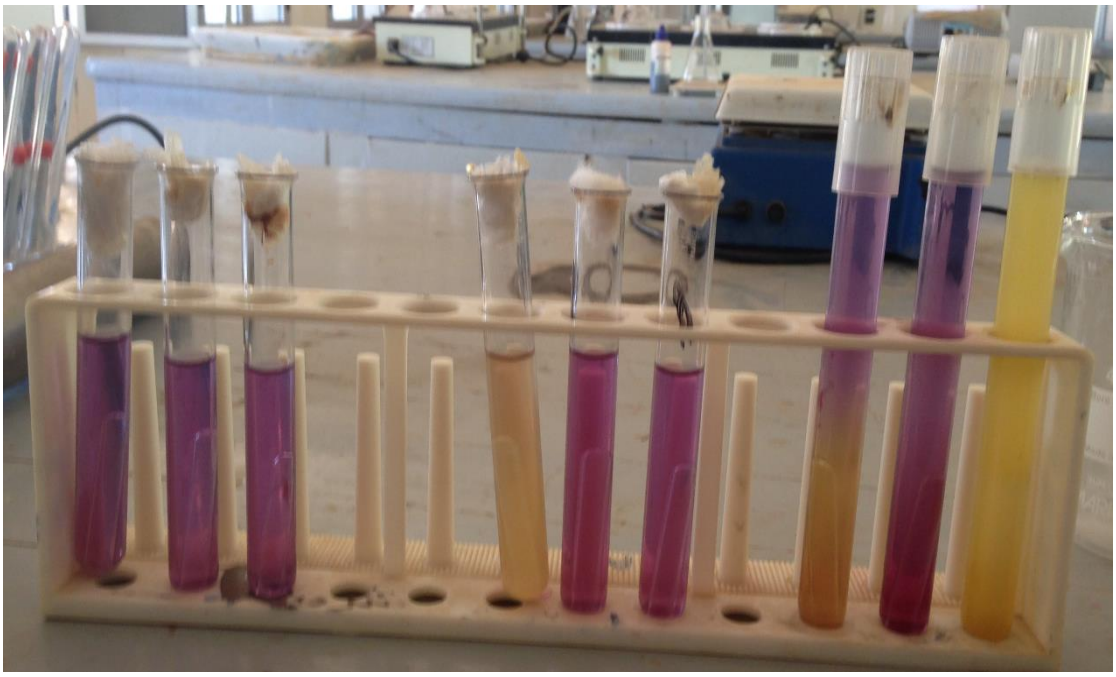
جدول (3-1): تحديد العدد الأكثر إحتمالا للبكتريا(MPN).

Combination of Positives	MPN Index/ 100 mL	95% Confidence Limits		Combination of Positives	MPN Index/ 100 mL	95% Confidence Limits	
		Lower	Upper			Lower	Upper
				4-2-0	22	9.0	56
0-0-0	<2	—	—	4-2-1	26	12	65
0-0-1	2	1.0	10	4-3-0	27	12	67
0-1-0	2	1.0	10	4-3-1	33	15	77
0-2-0	4	1.0	13	4-4-0	34	16	80
				5-0-0	23	9.0	86
1-0-0	2	1.0	11	5-0-1	30	10	110
1-0-1	4	1.0	15	5-0-2	40	20	140
1-1-0	4	1.0	15	5-1-0	30	10	120
1-1-1	6	2.0	18	5-1-1	50	20	150
1-2-0	6	2.0	18	5-1-2	60	30	180
2-0-0	4	1.0	17	5-2-0	50	20	170
2-0-1	7	2.0	20	5-2-1	70	30	210
2-1-0	7	2.0	21	5-2-2	90	40	250
2-1-1	9	3.0	24	5-3-0	80	30	250
2-2-0	9	3.0	25	5-3-1	110	40	300
2-3-0	12	5.0	29	5-3-2	140	60	360
3-0-0	8	3.0	24	5-3-3	170	80	410
3-0-1	11	4.0	29	5-4-0	130	50	390
3-1-0	11	4.0	29	5-4-1	170	70	480
3-1-1	14	6.0	35	5-4-2	220	100	580
3-2-0	14	6.0	35	5-4-3	280	120	690
3-2-1	17	7.0	40	5-4-4	350	160	820
				5-5-0	240	100	940
4-0-0	13	5.0	38	5-5-1	300	100	1300
4-0-1	17	7.0	45	5-5-2	500	200	2000
4-1-0	17	7.0	46	5-5-3	900	300	2900
4-1-1	21	9.0	55	5-5-4	1600	600	5300
4-1-2	26	12	63	5-5-5	>1600	—	—

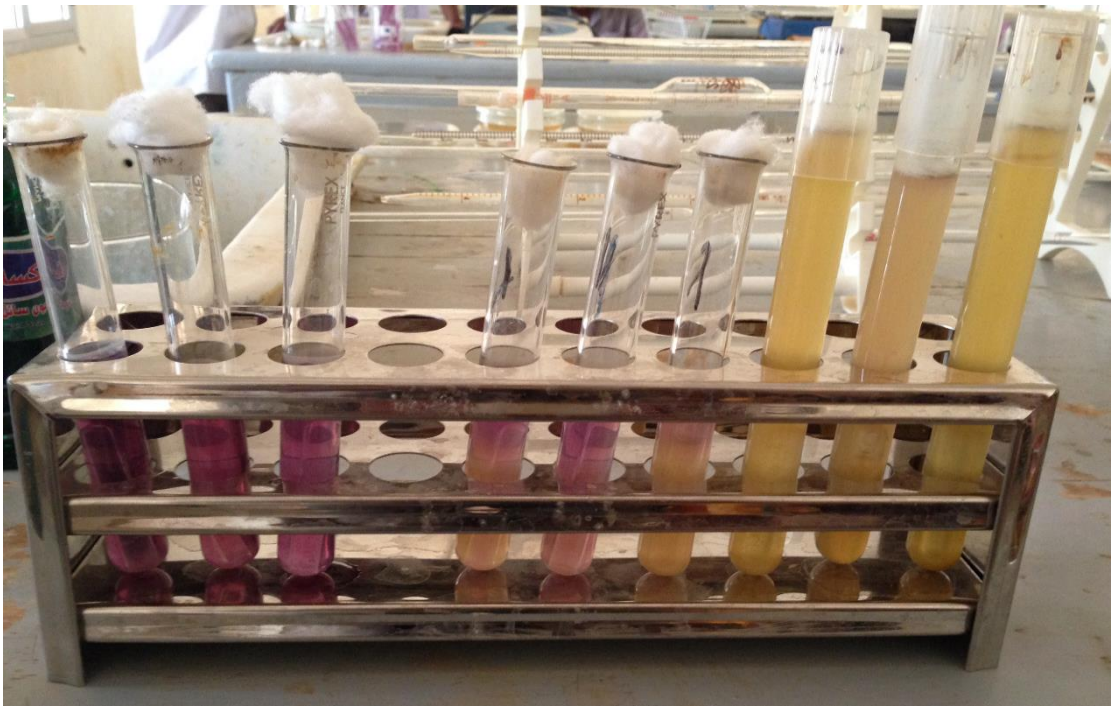
تم أخذ النتائج بعد 48 ساعة وكان شكل العينات الخمس بعد الإختبار كالآتي:



شكل (3-2) : الإختبار البكتريولوجي الإحتمالي لعينة البئر رقم (1).

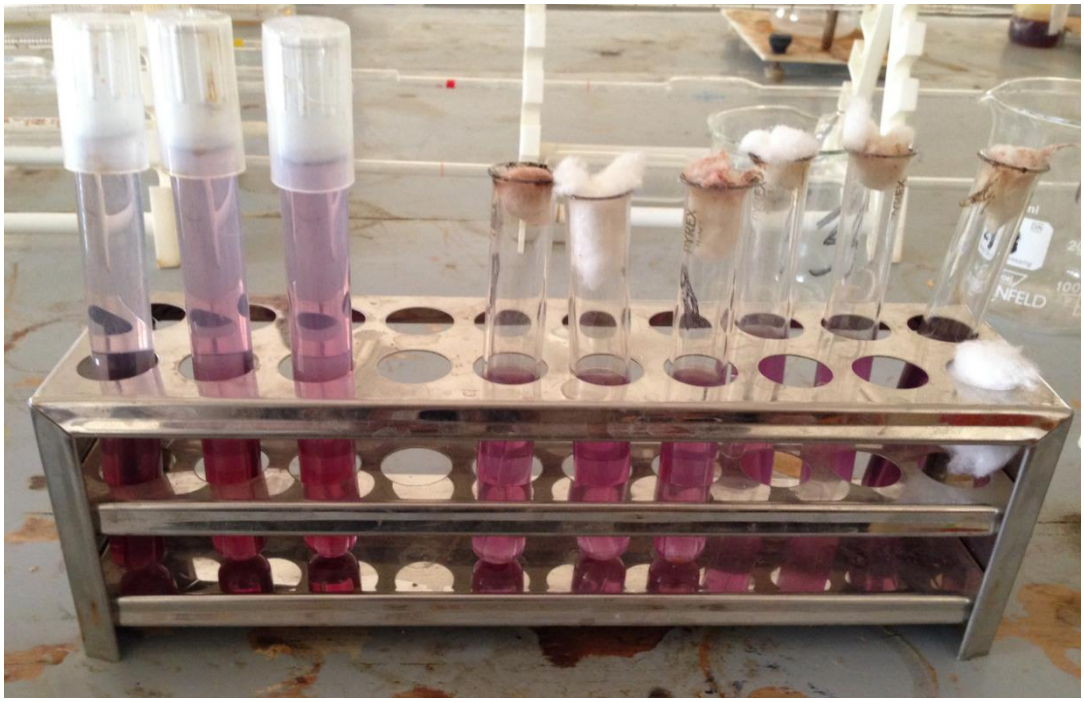


شكل (3-3) : الإختبار البكتريولوجي الإحتمالي لعينة البئر رقم (2).



شكل (3-4) : الإختبار البكتريولوجي الإحتمالي لعينة البئر رقم (3).

شكل (3-5) : الإختبار البكتريولوجي الإحتمالي لعينة البئر رقم (4).

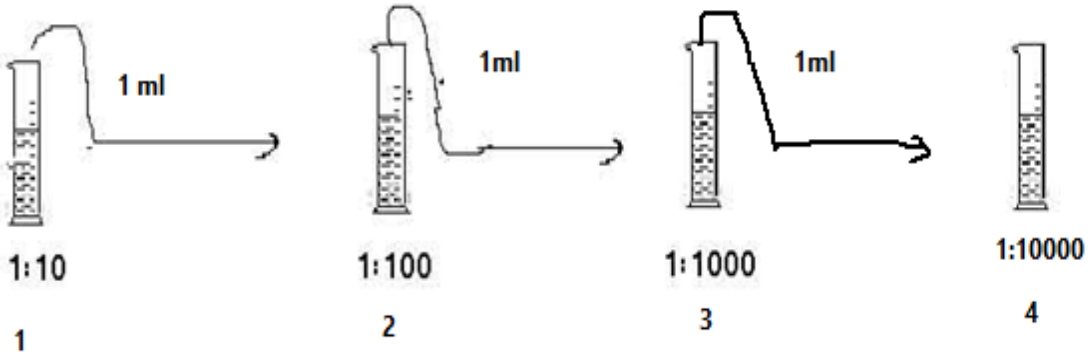


شكل (3-6) : الإختبار البكتريولوجي الإحتمالي لعينة البئر رقم (5).

2- إختبار طريقة العد الكلي للبكتريا :

تم تحضير محلول الوسط بإضافة (14) جرام من **(Nutrient Agar- MM0073)** إلى (500) ملليترمن الماء المقطر وتم وضعه في حمام مائي، وتم تحضير أربعة أنابيب تحتوي كل منها على (9) ملليتر من الماء المقطر، ثم أضفنا (1) ملليتر من عينة الماء إلى الانبوب الأول، ثم أخذنا (1) ملليتر من الأنبوب الأول إلى الأنبوب الثاني، وكذلك من الثاني الى الثالث ومن الثالث الى الرابع كما **بالشكل (3-1).**

وزعنا محلول الوسط (AGAR) علي أربعة أطباق و أضفنا في كل طبق (1) ملليتر من العينة وتم تحريك الأطباق لضمان مزج العينة مع الوسط. وضعنا الأطباق في الحاضنة بدرجة حرارة (37) درجة مئوية لمدة (48) ساعة، ثم تم إستخراج الأطباق وعد مستعمرات البكتيريا في جهاز العد.



شكل (3-7): طريقة تخفيف تركيز محلول الوسط .

▶ التوصل إلي خلاصة المشروع قيد الدراسة بناءاً علي البحث النظري و العملي و الزيارات الميدانية لمنطقة الدراسة.

▶ إبداء التوصيات اللازمة بشأن المساهمة في حل المشكلة قيد الدراسة، وذلك من خلال النتائج والخلاصة اللتان تم التوصل إليهما.

▶ مراجعة المشروع مراجعة دقيقة و تنسيق المشروع، وإخراج المشروع في صورته النهائية، وعليه طباعة المشروع.

الباب الرابع

النتائج و المناقشة

Results & Discussion

1-4 حالات الآبار و وضعها البيئي في منطقة الدراسة:

من الزيارات الميدانية لآبار منطقة الدراسة تبين لنا أن معظمها لم يراعى عند إنشائها التصميم الأمثل والشكل البيئي المطلوب، وتتمثل الأخطاء التصميمية لآبار منطقة الدراسة في الآتي:

أولاً: عدم إختيار المكان المناسب للآبار، ويتضح ذلك في وجود بعض الآبار بالقرب من مصادر التلوث كالمقابر، وبقية الآبار تتوسط مناطق آبار الصرف الصحي لجميع المساكن والمنشآت في المنطقة.

ثانياً: عدم وجود التسميت المناسب و الصبة الخرسانية السطحية لفتحة البئر، حيث اتضح لنا أن معظم الآبار في منطقة الدراسة لم يوفر بها تسميت ولا صبة خرسانية سطحية . بل أن هنالك آبار يوجد حولها الأحجار والأوساخ والحشائش والأتربة، ويدل ذلك علي أن هنالك عدم إهتمام بنظافتها، ويعتبر هذا من مصادر التلوث المباشرة للمياه الجوفية، ويظهر ذلك جلياً في نتائج الإختبار الحيوي الإحتمالي لعينة من تلك الآبار.

ثالثاً: عدم إختيار المواد الملائمة لأنابيب التغليف، حيث إتضح لنا أن معظم الآبار بمنطقة الدراسة بها أنابيب تغليف صدئة.

رابعاً: عدم القيام بعمليات إعادة التأهيل للآبار المحتاجة، بل و حتي عدم توفير السبل التي تضمن صيانتها لاحقاً، كوجود آبار لا تحتوي علي فتحة لدخول جهاز قياس منسوب الماء (Indicator) لمراجعة مستوي الماء واجراء الصيانة اللازمة في حال إقتضي ذلك.

خامساً: عدم وجود مواسير - حنفيات - في معظم الآبار لأخذ عينات المياه منها لفحصها و إختبار مدي صلاحية مياه البئر وجودتها، وهذا يعني صعوبة أخذ العينات من تلك الآبار مما يعني عدم صيانتها وإعادة تأهيلها مرة أخري.

لاحظنا أيضا وجود العديد من الآبار التي تم إغلاقها أو هجرها، وذلك بسبب أنها غير صالحة للإستخدام و الشرب أو قلة إنتاجيتها عموماً وذلك حسب إفادات المسؤولين اللذين بدورهم رفضو أيضا التعمق في تفاصيل أكثر حول هذه الآبار المغلقة. ومما لا يدع مجالاً للشك بأن هذه الآبار المغلقة و المهجورة من شأنها أن تؤثر علي المياه الجوفية - إن صّحت عدم صلاحيتها - بحكم أنها تكون غالباً في نفس طبقات الآبار المحفورة جوارها.

2-4 القوانين والتشريعات السارية في المنطقة:

الإشكال الرئيسي الذي تواجهه المنطقة أن هنالك عدم تحديد للسلطة المعنية بحماية المياه الجوفية، حيث توجد في المنطقة أكثر من سلطة، وتتمثل تلك السلطات في :

- وزارة البيئة.
- الإدارة العامة للمياه الجوفية والوديان.
- هيئة مياه ولاية الخرطوم.
- محلية الخرطوم شرق.

كل سلطة من هذه السلطات لها قوانين خاصة بها، مما أدي إلي بعثرة الورق وحدوث التجاوزات. فمثلاً الإدارة العامة للمياه الجوفية والوديان و وزارة البيئة في قوانينهما تمنعان حفر آبار الصرف الصحي

وتفرض عقوبات على كل مخالف، وفي المقابل محلية الخرطوم شرق تسمح بحفر آبار الصرف الصحي مقابل الحصول علي ترخيص فقط.

3-4 عينات الآبار المأخوذة من منطقة الدراسة:

4-3-1 Well No. (1) :

Location : الطائف مربع (24)

Longitude : 15°33'56.39" **N**

Latitude : 32°34'1.01" **E**

التحليل الكيميائي Chemical Analysis :

جدول (4-1) : النتائج الكيميائية للبئر رقم (1) وخصائصها.

الوصف	النتيجة		الوصف	النتيجة
Depth (m)	106.7		Cl (ppm)	8.0
S.W.L (m)	15.5		SO_4 (ppm)	35.0
YEILD (m^3/h)	40.00		Ca (ppm)	51.0
ECOND(us/cm)	330		Mg (ppm)	17.0
PHL	8.0		Na (ppm)	0.00
TDS(ppm)	140.0		K(ppm)	0.00
$CaCO_3$ (ppm)	200.0		F(ppm)	0.20
ALKAL (ppm)	550.0		NO_3(ppm)	0.00
Na_2CO_3 (ppm)	0.0		NO_2(ppm)	0.00
HCO_3 (ppm)	0.0		NH_3(ppm)	0.00

التحليل البكتريولوجيBiological Analysis:

أ- الإختبار الإحتمالي للبكتريا القولونية :

جدول (4-2) : نتائج الإختبار البكتريولوجي الإحتمالي للبئر رقم (1).

Confidence Limits		MPN Index/ 100 mL	Combination of Positives	البئر Well
Low	High			
10	11	2	1-0-0	Well No.(1)

ب- إختبار العدد الكلي للبكتريا :

جدول (4-3) : نتائج العدد الكلي للكبتريا للبئر رقم (1).

التركيز للبكتيريا (CFU/ml)	10	10^2	10^3	10^4
Well No.(1)	10*14	10^2*12	10^3*9	10^4*6

ملاحظات حول البئر رقم (1):

- عدم وجود صبة خرسانية فوق فتحة البئر، و كذلك عدم وجود الإرتفاع المناسب لأنبوب التغليف أعلي سطح الأرض، مما يسمح بدخول المياه السطحية و الملوثات.
- وجود صدأ في أنبوب التغليف بصورة ملحوظة، وذلك لعدم إستخدام المواد المناسبة لأنابيب التغليف، مما يؤثر علي نتائج الإختبارات الكيميائية لعينة المياه.
- قرب البئر من آبار الصرف الصحي، مما يؤدي ذلك لتلوث المياه الجوفية، والذي يظهر جلياً في نتائج الإختبارات البكتريولوجية لعينة المياه.
- عدم وجود التسميت بالصورة المطلوبة، وذلك من خلال سجلات البئر القديمة المتوفرة لدي هيئة مياه ولاية الخرطوم، مما يؤدي لدخول الملوثات للبئر و بالتالي للمياه الجوفية.

شكل (4-1): بئر رقم (1).

4-3-2 Well No. (2) :

Location : المنشية

Longitude: 15°35'31.93" **N**

Latitude : 32°34'51.60" **E**

التحليل الكيميائي Chemical Analysis :

جدول (4-4) : النتائج الكيميائية للبئر رقم (2) وخصائصها.

الوصف	النتيجة		الوصف	النتيجة
Depth (m)	86.0		Cl (ppm)	39.0
S.W.L (m)	12.0		SO_4 (ppm)	43.0
YEILD (m^3/h)	85.00		Ca (ppm)	38.00
ECOND(us/cm)	240		Mg (ppm)	15.70
PHL	7.9		Na (ppm)	50.00
TDS(ppm)	170.0		K(ppm)	10.00
$CaCO_3$ (ppm)	188.0		F(ppm)	0.50
ALKAL (ppm)	207.0		NO_3(ppm)	4.40
Na_2CO_3 (ppm)	49.8		NO_2(ppm)	0.000
HCO_3 (ppm)	207.0		NH_3(ppm)	0.480

التحليل البكتريولوجي Biological Analysis :

أ- الإختبار الإحتمالي للبكتريا القولونية :

جدول (4-5) : نتائج الإختبار البكتريولوجي الإحتمالي للبئر رقم (2).

Confidence Limits		MPN Index/ 100 mL	Combination of Positives	البئر Well
Low	High			
12	15	4	1-1-0	Well No.(2)

ب- إختبار العدد الكلي للبكتريا :

جدول (4-6) : نتائج العدد الكلي للكبتريا للبئر رقم (2).

التركيز للبكتيريا (CFU/ml)	10	10^2	10^3	10^4
Well No.(2)	10*53	10^2*50	10^3*35	10^4*8

ملاحظات حول البئر رقم (2):

- عدم وجود صبة خرسانية فوق فتحة البئر، و كذلك عدم وجود الإرتفاع المناسب لأنبوب التغليف أعلي سطح الأرض، مما يسمح بدخول المياه السطحية و الملوثات والأوساخ التي توجد حوله.
- وجود صدأ في أنبوب التغليف بصورة كبيرة، وذلك لعدم إستخدام المواد المناسبة لأنابيب التغليف، مما يؤثر علي نتائج الإختبارات الكيميائية لعينة المياه.
- قرب البئر من آبار الصرف الصحي، مما يؤدي ذلك لتلوث المياه الجوفية، والذي يظهر جلياً في نتائج الإختبارات البكتريولوجية لعينة المياه.

شكل (4-2): بئر رقم (2).

4-3-3 Well No. (3) :

Location : الجريف غرب

Longitude: 15°33'5.49" **N**

Latitude : 32°35'52.38" **E**

 # التحليل الكيميائي Chemical Analysis :

جدول (4-7) : النتائج الكيميائية للبئر رقم (3) وخصائصها.

الوصف	النتيجة		الوصف	النتيجة
Depth (m)	140.3		Cl (ppm)	12.0
S.W.L (m)	24.7		SO_4 (ppm)	18.0
YEILD (m^3/h)	16.40		Ca (ppm)	23.20
ECOND(us/cm)	304		Mg (ppm)	12.00
PHL	7.4		Na (ppm)	23.50
TDS(ppm)	212.0		K(ppm)	0.00
$CaCO_3$ (ppm)	108.0		F(ppm)	0.00
ALKAL (ppm)	158.6		NO_3(ppm)	1.32
Na_2CO_3 (ppm)	53.6		NO_2(ppm)	0.013
HCO_3 (ppm)	158.6		NH_3(ppm)	0.000

التحليل البكتريولوجيBiological Analysis :

أ- الإختبار الإحتمالي للبكتريا القولونية :

جدول (4-8) : نتائج الإختبار البكتريولوجي الإحتمالي للبئر رقم (3) .

Confidence Limits		MPN Index/ 100 mL	Combination of Positives	البئر Well
Low	High			
3	24	8	3-0-0	Well No.(3)

ب- إختبار العدد الكلي للبكتريا :

جدول (4-9) : نتائج العدد الكلي للكبتريا للبئر رقم (3).

التركيز للبكتيريا (CFU/ml)	10	10^2	10^3	10^4
Well No.(3)	10*60	10^2*52	10^3*22	10^4*9

 # ملاحظات حول البئر رقم (3):

- عدم وجود صبة خرسانية فوق فتحة البئر، مما يسمح بدخول المياه السطحية و الملوثات.
- وجود صدأ في أنبوب التغليف بصورة ملحوظة، وذلك لعدم إستخدام المواد المناسبة لأنابيب التغليف، مما يؤثر علي نتائج الإختبارات الكيميائية لعينة المياه.
- قرب البئر من آبار الصرف الصحي، مما يؤدي ذلك لتلوث المياه الجوفية.

شكل (4-3): بئر رقم (3).

4-3-4 Well No. (4) :

Location : المعمورة

Longitude: 15°32'19.88" **N**

Latitude : 32°34'37.25" **E**

 # التحليل الكيميائي Chemical Analysis :

جدول (4-10) : النتائج الكيميائية للبئر رقم (4) وخصائصها.

الوصف	النتيجة		الوصف	النتيجة
Depth (m)	167.7		Cl (ppm)	16.0
S.W.L (m)	18.3		SO_4 (ppm)	233.0
YEILD (m^3/h)	20.45		Ca (ppm)	43.14
ECOND(us/cm)	453		Mg (ppm)	30.14
PHL	7.6		Na (ppm)	21.17
TDS(ppm)	272.0		K(ppm)	2.92
$CaCO_3$ (ppm)	234.4		F(ppm)	0.21
ALKAL (ppm)	250.0		NO_3(ppm)	4.40
Na_2CO_3 (ppm)	0.0		NO_2(ppm)	0.014
HCO_3 (ppm)	0.0		NH_3(ppm)	0.122

التحليل البكتريولوجي Biological Analysis:

أ- الإختبار الإحتمالي للبكتريا القولونية :

جدول (4-11) : نتائج الإختبار البكتريولوجي الإحتمالي للبئر رقم (4).

Confidence Limits		MPN Index/ 100 mL	Combination of Positives	البئر Well
Low	High			
3	24	9	2-1-1	Well No.(4)

ب- إختبار العدد الكلي للبكتريا :

جدول (4-12) : نتائج العدد الكلي للكبتريا للبئر رقم (4).

التركيز للبكتيريا (CFU/ml)	10	10^2	10^3	10^4
Well No.(4)	10*68	10^2*52	10^3*33	10^4*12

 # ملاحظات حول البئر رقم (4) :

- عدم الإهتمام بنظافة البئر بالصورة المطلوبة، وذلك بدلالة وجود الحشائش المتراكمة بصورة كبيرة فوق البئر، التي بدورها تشكل بيئة ملائمة لنمو الحشرات الضارة بالبئر.
- عدم وجود صبة خرسانية فوق فتحة البئر، و كذلك عدم وجود الإرتفاع المناسب لأنبوب التغليف أعلي سطح الأرض، مما يسمح بدخول المياه السطحية و الملوثات.
- وجود صدأ في أنبوب التغليف، وذلك لعدم إستخدام المواد المناسبة لأنابيب التغليف، مما يؤثر علي نتائج الإختبارات الكيميائية لعينة المياه.
- قرب البئر من آبار الصرف الصحي، مما يؤدي ذلك لتلوث المياه الجوفية، والذي يظهر جلياً في نتائج الإختبارات البكتريولوجية لعينة المياه.
- عدم توفر فتحة في البئر لإدخال جهاز قياس مستوي الماء الثابت في البئر، مما يعني إنعدام مجرد التفكير في إعادة تأهيل البئر مستقبلاً.

شكل (4-8): بئر رقم (4).

4-3-5 Well No. (5) :

Location : الفردوس

Longitude: 15°32'27.09" **N**

Latitude : 32°35'21.84" **E**

 # التحليل الكيميائي Chemical Analysis :

جدول (4-13) : النتائج الكيميائية للبئر رقم (5) وخصائصها.

الوصف	النتيجة		الوصف	النتيجة
Depth (m)	173.2		Cl (ppm)	9.9
S.W.L (m)	16.0		SO_4 (ppm)	1.0
YEILD (m^3/h)	54.55		Ca (ppm)	36.00
ECOND(us/cm)	304		Mg (ppm)	10.80
PHL	7.4		Na (ppm)	10.00
TDS(ppm)	228.0		K(ppm)	2.00
$CaCO_3$ (ppm)	134.0		F(ppm)	0.50
ALKAL (ppm)	183.0		NO_3(ppm)	8.36
Na_2CO_3 (ppm)	51.9		NO_2(ppm)	0.000
HCO_3 (ppm)	183.0		NH_3(ppm)	0.048

 # التحليل البكتريولوجي Biological Analysis :

أ- الإختبار الإحتمالي للبكتريا القولونية :

جدول (4-14) : نتائج الإختبار البكتريولوجي الإحتمالي للبئر رقم (5).

Confidence Limits		MPN Index/ 100 mL	Combination of Positives	البئر Well
Low	High			
—	—	<2	0-0-0	Well No.(5)

ب- إختبار العدد الكلي للبكتريا :

جدول (4-15) : نتائج العدد الكلي للكبتريا للبئر رقم (5).

التركيز للبكتيريا (CFU/ml)	10	10^2	10^3	10^4
Well No.(5)	10*7	10^2*4	--------	--------

 # ملاحظات حول البئر رقم (5) :

- عدم وجود صبة خرسانية فوق فتحة البئر، و كذلك عدم وجود الإرتفاع المناسب لأنبوب التغليف أعلي سطح الأرض، مما يسمح بدخول المياه السطحية و الملوثات.
- وجود صدأ في أنبوب التغليف بصورة خفيفة، وذلك لعدم إستخدام المواد المناسبة لأنابيب التغليف، مما يؤثر علي نتائج الإختبارات الكيميائية لعينة المياه.
- قرب البئر من آبار الصرف الصحي، مما يؤدي ذلك لتلوث المياه الجوفية.

شكل (4-10): بئر رقم (5).

جدول (4-16) : نتائج التحليل الكيميائي للعينات الخمس.

Well No.(5)	Well No.(4)	Well No.(3)	Well No.(2)	Well No.(1)	البئر / الوصف
173.2	167.7	140.3	86.0	106.7	Depth (m)
16.0	18.3	24.7	12.0	15.5	S.W.L (m)
54.55	20.45	16.40	85.00	40.00	YEILD (m^3/h)
304	453	304	240	330	ECOND(us/cm)
7.4	7.6	7.4	7.9	8.0	PHL
228.0	272.0	212.0	170.0	140.0	TDS(ppm)
134.0	234.4	108.0	188.0	200.0	$CaCO_3$ (ppm)
183.0	250.0	158.6	207.0	550.0	ALKAL (ppm)
51.9	0.0	53.6	49.8	0.0	Na_2CO_3 (ppm)
183.0	0.0	158.6	207.0	0.0	HCO_3 (ppm)
9.9	16.0	12.0	39.0	8.0	Cl (ppm)

1.0	233.0	18.0	43.0	35.0	SO_4 (ppm)
36.00	43.14	23.20	38.00	51.00	Ca (ppm)
10.80	30.14	12.00	15.70	17.00	Mg (ppm)
10.00	21.17	23.50	50.00	0.00	Na (ppm)
2.00	2.92	0.00	10.00	0.00	K(ppm)
0.50	0.21	0.00	0.50	0.20	F(ppm)
8.36	4.40	1.32	4.40	0.00	NO_3(ppm)
0.000	0.014	0.013	0.000	0.000	NO_2(ppm)
0.048	0.122	0.000	0.480	0.000	NH_3(ppm)

جدول (4-17): نتائج الإختبار البكتريولوجي الإحتمالي للعينات الخمس.

Confidence Limits		MPN Index/ 100 mL	Combination of Positives	البئر Well
Low	High			
10	11	2	1-0-0	Well No.(1)
12	15	4	1-1-0	Well No.(2)
3	24	8	3-0-0	Well No.(3)
3	24	9	2-1-1	Well No.(4)
—	—	<2	0-0-0	Well No.(5)

جدول (4-18) : نتائج إختبار العدد الكلي للبكتريا للعينات الخمس.

10^4	10^3	10^2	10	التركيزللبكتريا (CFU/ml)
10^4*6	10^3*9	10^2*12	10*14	Well No.(1) (CFU/ml)
10^4*8	10^3*35	10^2*50	10*53	Well No.(2) (CFU/ml)
10^4*9	10^3*22	10^2*52	10*60	Well No.(3) (CFU/ml)
10^4*12	10^3*33	10^2*52	10*68	Well No.(4) (CFU/ml)
------	------	10^2*4	10*7	Well No.(5) (CFU/ml)

الباب الخامس

الخلاصة والتوصيات

Conclusions & Recommendation

1-5 الخلاصة :

من خلال بحثنا النظري والعملي والزيارات الميدانية توصلنا إلى أن :

- هنالك أخطاء تصميمية للآبار متمثلةً في :
  - إختيار موقع غير مناسب للآبار، كتواجد آبار جوار المقابر و آبار الصرف الصحي والذي من شأنه أن يؤثر على بيئة المياه الجوفية نوعياً.
  - إختيار مواد غير مناسبة لأنابيب التغليف والمصافي .
  - عدم تغطية البئر بالشكل المناسب أعلى سطح الأرض، كذلك عدم توفر إرتفاع مناسب لأنابيب التغليف فوق سطح الأرض؛ مما يجعلها عرضة لدخول المياه السطحية والملوثات.
  - عدم التسميت بالصورة الصحيحة.
- هنالك أخطاء تشغيلية للآبار متملثلة في:
  - إستخدام طرق حفر في المناطق غير المناسبة.
  - عدم تطهير البئر من الإضافات الكيميائية لسائل الحفر.
  - عدم تطهير المعدات اثناء التشغيل.
- الإختبار الإحتمالي للبكتيريا القولونية يؤشر بنسبة كبيرة إلى تلوث المياه الجوفية من آبار الصرف الصحي.
- عدم تفعيل القواين والتشريعات الموجودة لحماية بيئة المياه الجوفية.

2-5 التوصيات :

بناءً على ما خلصنا إليه في هذا البحث و للإسهام في حماية بيئة المياه الجوفية، عليه نوصي **بالآتي:**

- ضرورة الإلتزام بكافة عناصر التصميم المثلى للآبار، وذلك بإختيارالموقع المناسب و مواد الإنشاء المناسبة وعمل التسميت.
- ضرورة الإلتزام بالتشغيل النظيف للآبار، وذلك بمنع تسرب ملوثات العمل والآليات القديمة التي تتسرب منها الزيوت وإستخدام طرق الحفر المناسبة للمكان المناسب.
- منع حفر آبار الصرف الصحي منعاً باتاً بإعتبارها ملوثا مباشرا للمياه الجوفية.
- تفعيل القوانين والتشريعات اللازمة لحماية بيئة المياه الجوفية وتطويرها لتواكب التشريعات العالمية.
- ضرورة التعاون المشترك بين المؤسسات ذات الصلة مع بعضها البعض وبين الباحثين للمساهمة في تكوين قاعدة بيانات مثالية.

قائمة المصادر و المراجع

(1) المكتبة الوطنية ببغداد، محاضرات في الحفر و المياه الجوفية، 1985.

(2) سعدية عاكول الصالحي، عبد العباس فضيخ الغريري ، البيئة و المياه ، دار الصفاء للنشر ، الطبعة الأولي، 2008.

(3) قانون هيئة مياه ولاية الخرطوم، 2009 .

(4) محمد أحمد السيد خليل، المياه الجوفية والآبار، دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع، القاهرة، 2005.

(5) محمد صادق العدوي، هندسة الإمداد بالماء - الهندسة الصحية - (1)، جامعة الأسكندرية، 1982.

(6) Hamid Abd ElAal El Mangoushi, 2006, Water Well Construction Problems & Their Relationship to the Groundwater Pollution Hazard Dissertation Being Submitted in accordance with Partial Requirement for the Degree of M.Sc. Technology (Groundwater).

(7) Hamid Abd El Aal El Mangoushi, 2014 Water Well Design and Construction.

(8) http://www.planetseed.com/pt-br/node/15440 .

(9) http://www.wikipedia.org/ .

(10) JASEM ISSN, 2001, Effect of Drilling Fluid Additives on the Niger Delta Environment : (A Case Study) of the Soku Oil Fields, Department Of Petroleum Engineering, University Of Port Harcourt .

(11) Jonathan Bellarby, 2009 WELL COMPLETION DESIGN, SPE Aberdeen, UK, First Edition.

الملحقات

Appendix