



جامعة تشرين
كلية الهندسة المدنية
قسم الهندسة البيئية

دراسة تأثير مكبات (مطامر) المخلفات الصلبة على جودة مصادر
المياه السطحية والجوفية
(دراسة حالة مكب البصة)

رسالة علمية أعدت لنيل درجة الماجستير في الهندسة المدنية
اختصاص الهندسة البيئية

إعداد الطالبة
م. هاديا حبيب متوج

إشراف

أ.د.م عادل عوض

د.م رائد جعفر

قُدمت هذه الرسالة استكمالاً لمتطلبات نيل درجة الماجستير في قسم
الهندسة البيئية من كلية الهندسة المدنية في جامعة تشرين

This thesis has been submitted in partial fulfillment of the requirements of the degree of Master in Department of Environmental Engineering at the Faculty of Civil Engineering, Tishreen University.

تصريح

أُصِرَّحَ بأنَّ هذا البحث " دراسة تأثير مكبات (مطامر) المخلفات الصلبة على جودة مصادر المياه السطحية والجوفية (دراسة حالة مكب البصة) " لم يسبق أن قُبِلَ للحصول على شهادة، ولا هو مُقدَّم حاليًا للحصول على شهادة أخرى.

المرشحة

هاديا حبيب متوج



تاريخ: 2013/12/23

DECLARATION

I declare that this research " **Studying The Effect Of Landfills On The Quality Of Ground And Surface Water Sources (Case Study Al-Bassa Landfill)**" has neither been accepted before to get a degree, nor currently submitted for another certificate.

Candidate

Hadia H. Mtawege



Date: 23/12/2013

نوقشت هذه الرسالة بتاريخ 2013 /12/23 وأُجيزت.

لجنة الحكم:

الدكتور هيثم شاهين

أستاذ، قسم هندسة النظم البيئية، المعهد العالي لبحوث البيئة، جامعة تشرين.

.....

الدكتور رائد جعفر

مدرس، قسم الهندسة البيئية، كلية الهندسة المدنية، جامعة تشرين.

.....

الدكتورة كوكب حربا

مدرسة، قسم الهندسة البيئية، كلية الهندسة المدنية، جامعة تشرين.

.....

شهادة

نشهد بأن هذا العمل الموصوف في هذه الرسالة "دراسة تأثير مكبات (مطامر) المخلفات الصلبة على جودة مصادر المياه السطحية والجوفية (دراسة حالة مكب البصة)" هو نتيجة بحث علمي قامت به المرشحة السيدة هاديا حبيب متوج بإشراف الدكتور رائد جعفر (المدرس في قسم الهندسة البيئية في كلية الهندسة المدنية بجامعة تشرين، اللاذقية، سورية) والدكتور عادل عوض (الأستاذ في قسم الهندسة البيئية في كلية الهندسة المدنية بجامعة تشرين، اللاذقية، سورية)، وإن أي مرجع ورد في هذه الرسالة موثق في النص.

بإشراف

المرشحة

التوقيع

التوقيع

التوقيع

د.م عادل عوض

د.م رائد جعفر

هاديا حبيب متوج

تاريخ: 2013/12 /23

CERTIFICATION

It is hereby certified that, the work described in this thesis "Studying The Effect Of Landfills On The Quality Of Ground And Surface Water Sources (Case Study Al-Bassa Landfill)" is the results of Ms. **Hadia H. Motawege** own investigations under the supervision of Dr. **Raed Jafar** (Lecturer, Department of Environmental Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria), and Dr. **Adel Awad** (Professor, Department of Environmental Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria), and any reference of other researchers work has been duly acknowledged in the text.

Candidate

Supervisors

Signature

Signature

Signature

Hadia H. Motawege

Dr. Raed Jafar

Dr. Adel Awad

Date: 23/12/2013

جامعة تشرين

كلية الآداب والعلوم الإنسانية

قسم اللغة العربية

السيد الدكتور حميد كلية الهندسة مدرجة

بجامعة تشرين

عملاً بقرار مجلس قسم اللغة العربية رقم ٥٨٠ / تاريخ ١٠ / ٢٠١٦ المتضمن

مدققاً لغوياً لرسالة الماجستير لمؤلفها الطالب هادي مستوح

وهي بعنوان (دراسة تأصيلية لمفاهيم (مطامير) المخلوقات الصلبة على جودة مصادر المياه الصلبة والجوية (دراسة حالة حلب الصلبة) .

وتم تصويب الرسالة وتدقيقها بعد المناقشة النهائية ، كما تم الالتزام بملاحظات المدقق اللغوي أصولاً

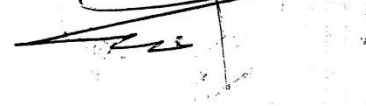
وتفضلوا بقبول الاحترام

اسم المدقق وتوقيعه : د. هادي مستوح


عميد كلية الآداب والعلوم الإنسانية
الدكتور كبريوسف طاهر

رئيس قسم اللغة العربية

الدكتور عدنان أحمد



كلمة شكر

ACKNOWLEDGMENT

أتقدم بجزيل الشكر والامتنان إلى وزارة التعليم العالي التي تسعى جاهدةً لدفع عجلة البحث العلمي في القطر.

كما أشكر جامعة تشرين بجميع كلياتها ومعاهدها لما قدمته من دعمٍ في سبيل إنجاز هذا البحث.

والشكر موصولٌ إلى كلية الهندسة المدنية وبخاصة قسم الهندسة البيئية من أعضاء هيئة تدريسية ومهندسين ومخبريين لما بذلوه من جهود وقدموه من تسهيلات فنية وإدارية من أجل إنجاز هذا البحث.

وأخص بالشكر والتقدير الأساتذة المشرفين الدكتور رائد جعفر والدكتور عادل عوض اللذين تفضلا مشكورين بالإشراف على هذه الأطروحة واللذين قدما أقصى ما لديهما من دعمٍ علميٍّ ومعنويٍّ لإتمام هذا البحث.

كما أشكر اللجنة العلمية الموقرة التي قامت بتحكيم هذا المشروع وأغننته بملاحظاتها القيمة.

فهرس المحتويات

رقم الفصل والفقرات	العناوين	رقم الصفحة
	المقدمة	3
	أهمية البحث	4
	أهداف البحث	4
	تنظيم البحث	5
الفصل الأول	الدراسة النظرية والمرجعية	7
1-1	مقدمة	7
2-1	مصادر المياه الطبيعية	7
1-2-1	مصادر المياه السطحية	7
2-2-1	مصادر المياه الجوفية	8
3-1	تلوث المياه الطبيعية	9
1-3-1	تلوث المياه السطحية	9
2-3-1	تلوث المياه الجوفية	10
4-1	النفايات والمخلفات الصلبة	11
1-4-1	تصنيف النفايات الصلبة	11
1-1-4-1	النفايات البلدية	11
2-1-4-1	النفايات الصناعية	11
3-1-4-1	النفايات الخطرة	12
2-4-1	طرق معالجة المخلفات الصلبة	12
1-2-4-1	الطمر الصحي	12

15	تحويل القمامة المنزلية إلى محسنات للتربة	2-2-4-1
15	الترميد (حرق المخلفات)	3-2-4-1
16	استخدام طرق النمذجة الحاسوبية في دراسة تلوث مصادر المياه الجوفية والسطحية	5-1
16	خطوات بناء النماذج لتمثيل جريان المياه الجوفية وانتقال الملوثات	1-5-1
16	الاستكشاف وجمع المعلومات	1-1-5-1
21	إعداد النموذج الاعتباري (التصميمي)	2-1-5-1
21	التوصيف الرياضي للعمليات الفيزيائية (المعادلات الحاكمة)	3-1-5-1
24	النموذج العددي (الرقمي)	4-1-5-1
24	معايرة النموذج	5-1-5-1
24	تحليل الحساسية	6-1-5-1
24	تقييم دقة النموذج - مصدر وأنماط الأخطاء	7-1-5-1
25	عرض بعض مشكلات تلوث مصادر المياه الجوفية والسطحية في بعض مدن العالم	6-1
34	وصف منطقة الدراسة	الفصل الثاني
34	الموقع	1-2
35	الحدود المائية لمنطقة الدراسة	2-2
35	نهر الكبير الشمالي	1-2-2
37	نهر الصنوبر	2-2-2
38	البحر الأبيض المتوسط	3-2-2
38	الخصائص الهيدرولوجية والمناخية للمنطقة المدروسة	3-2
38	المناخ	1-3-2
40	الهطول المطري	2-3-2

41	الرياح	3-3-2
41	البنية الجيولوجية للمنطقة المدروسة	4-2
43	مكب البصة	5-2
44	مراحل العمل والتشغيل في مكب البصة	1-5-2
44	المرحلة الأولى (المكب القديم)	1-1-5-2
44	المرحلة الثانية (المكب الحالي في منطقة الحكر)	2-1-5-2
47	الواقع البيئي الحالي لمكب البصة	2-5-2
49	منهجية البحث – مواد وطرائق البحث	الفصل الثالث
49	مواقع أخذ العينات الجوفية والسطحية	1-3
50	جمع العينات	2-3
51	الطرائق المخبرية لتحديد البارامترات المقاسة في العينات	3-3
51	التحاليل الفيزيائية والكيميائية	1-3-3
51	درجة حرارة المياه & درجة الحموضة pH	1-1-3-3
51	النقلية الكهربائية (EC)	2-1-3-3
52	الأوكسجين المنحل (DO)	3-1-3-3
53	العكارة (Turbidity)	4-1-3-3
53	الاحتياج البيوكيميائي (البيولوجي) للأوكسجين BOD ₅	5-1-3-3
55	جهاز الكراماتوغرافيا الشاردية الـ (IC)	6-1-3-3
55	تحليل العناصر الثقيلة	2-3-3
56	جهاز تحديد المواقع الجغرافية GPS	3-3-3
58	البرامج الحاسوبية المستخدمة في الدراسة	4-3
58	برنامج نظم المعلومات الجغرافية GIS	1-4-3
59	برنامج نمذجة المياه الجوفية GMS	2-4-3

60	النمذجة باستخدام برنامج GMS	الفصل الرابع
61	Boundary and Initial Conditions الشروط الحدية لمنطقة الدراسة	1-4
62	Conceptual Model بناء النموذج الاعتباري لمنطقة الدراسة	2-4
62	Importing the Background Image استيراد صورة رقمية للموقع المدروس المراد نمذجته	1-2-4
62	Defining the Units تعريف الوحدات	2-2-4
62	Create the Coverages إنشاء الطبقات	3-2-4
63	Building the Boundary Coverage إنشاء طبقة الحدود	1-3-2-4
63	Building the Source/Sink Coverage إنشاء طبقة مصادر التغذية والصرف	2-3-2-4
66	Delineating the Recharge Zones إنشاء طبقة مناطق الرشح	3-3-2-4
67	Defining the Hydraulic Conductivity تعريف الناقلية الهيدروليكية	4-3-2-4
68	Locating the Grid Frame توقيع إطار الشبكة	4-2-4
68	Creating the Grid إنشاء شبكة الخلايا	5-2-4
69	Defining the Active/Inactive Zones تحديد المناطق الفعالة وغير الفعالة	6-2-4
70	Interpolating Layer Elevations استيفاء ارتفاعات الطبقة	7-2-4
72	Interpolating the Heads and Elevations استيفاء المناسيب والضواغط	1-7-2-4
73	استيفاء مناسيب الطبقات bottom1 و bottom2 إلى شبكة MODFLOW	2-7-2-4
73	Fixing the Elevation Arrays تصحيح مصفوفات الارتفاعات	3-7-2-4
73	تحويل النموذج التصوري conceptual model إلى نموذج عددي	4-2-8

75	النتائج والمناقشة	الفصل الخامس
75	نتائج القياسات الفيزيائية والكيميائية وقياسات العناصر الثقيلة على العينات المأخوذة من الآبار والأنهار ومناقشتها	1-5
75	درجة الحرارة $T(^{\circ}C)$	1-1-5
79	الرقم الهيدروجيني pH	2-1-5
83	الناقلية الكهربائية $EC(\mu s/cm)$	3-1-5
86	العكارة Turbidity (NTU)	4-1-5
89	الأوكسجين المنحل DO (mg/l)	5-1-5
92	الاحتياج البيوكيميائي للأوكسجين BOD_5 (mg/l)	6-1-5
95	شاردة النترات NO_3^- (mg/l)	7-1-5
98	شاردة الفوسفات PO_4^{3-} (mg/l)	8-1-5
101	شاردة الأمونيوم NH_4^+ (mg/l)	9-1-5
104	نتائج قياس تراكيز العناصر الثقيلة	10-1-5
104	عنصر الكاديوم Cd (mg/l)	1-10-1-5
106	عنصر الرصاص Pb (mg/l)	2-10-1-5
109	عنصر النيكل Ni (mg/l)	3-10-1-5
112	عنصر الكروم Cr (mg/l)	4-10-1-5
116	تقويم صلاحية مصادر المياه الجوفية والسطحية المدروسة للشرب والري ومقارنتها مع المواصفات القياسية السورية المعتمدة في هذا المجال من خلال حساب مؤشر الجودة للمياه Water Quality Index	2-5
119	حساب مؤشر جودة المياه الجوفية بالنسبة إلى مياه الشرب والري	1-2-5
120	حساب مؤشر جودة المياه الجوفية بالنسبة إلى مياه الشرب	1-1-2-5
120	حساب مؤشر جودة المياه الجوفية بالنسبة إلى مياه الري	2-1-2-5
121	حساب مؤشر جودة المياه السطحية بالنسبة إلى مياه الشرب والري	2-2-5

122	حساب مؤشر جودة المياه السطحية بالنسبة إلى مياه الشرب	1-2-2-5
122	حساب مؤشر جودة المياه السطحية بالنسبة إلى مياه الري	2-2-2-5
123	إظهار نتائج تطبيق عملية النمذجة على النظام المائي في منطقة الدراسة باستخدام برنامج GMS	3-5
123	نتائج نمذجة الموارد المائية في منطقة مكب البصة باستخدام نموذج Modflow	1-3-5
123	إظهار خطوط تساوي الضاغط Viewing the Head Contours	1-1-3-5
124	إظهار المقاطع العرضية في سطح المياه الجوفية Viewing the Water Table in Side View	2-1-3-5
125	إظهار معدلات التدفق Viewing the Flow Budget	3-1-3-5
126	محاكاة هجرة الرشاحة وانتقال الملوثات باستخدام نموذج MT3DMS	2-3-5
132	رسم خطوط الكونتور للبارامترات المدروسة باستخدام برنامج GMS	3-3-5
132	رسم خطوط كونتور درجة الحرارة	1-3-3-5
133	رسم خطوط كونتور الرقم الهيدروجيني pH	2-3-3-5
134	رسم خطوط كونتور الناقلية الكهربائية	3-3-3-5
135	رسم خطوط كونتور عكارة المياه	4-3-3-5
136	رسم خطوط كونتور الأوكسجين المنحل DO	5-3-3-5
137	رسم خطوط كونتور الاحتياج البيوكيميائي للأوكسجين BOD ₅	6-3-3-5
138	رسم خطوط كونتور شاردة النترات NO ₃ ⁻	7-3-3-5
139	رسم خطوط كونتور شاردة الفوسفات PO ₄ ⁻³	8-3-3-5
140	رسم خطوط كونتور شاردة الأمونيوم NH ₄ ⁺	9-3-3-5
141	رسم خطوط كونتور عنصر الكاديوم Cd	10-3-3-5
142	رسم خطوط كونتور عنصر الرصاص Pb	11-3-3-5
143	رسم خطوط كونتور عنصر النيكل Ni	12-3-3-5

144	رسم خطوط كونتور عنصر الكروم Cr	13-3-3-5
145	الاستنتاجات والتوصيات	4-5
145	الاستنتاجات	1-4-5
147	التوصيات	2-4-5
148	المراجع References	
154	ملحق الصور	

فهرس الأشكال

رقم الشكل	اسم الشكل	رقم الصفحة
الشكل رقم (1-1)	أشكال الطبقات الحاملة للمياه الجوفية.	9
الشكل رقم (2-1)	نفاذية الترب المفككة اعتماداً على التوزيع الحبيبي.	18
الشكل رقم (1-2)	حدود منطقة الدراسة.	34
الشكل رقم (2-2)	حدود الحوض الصباب لنهر الكبير الشمالي.	36
الشكل رقم (3-2)	حدود الحوض الساكب لنهر الصنوبر.	38
الشكل رقم (4-2)	المتوسط الشهري لتغيرات درجة الحرارة في منطقة الدراسة للأعوام 2010، 2011، 2012.	39
الشكل رقم (5-2)	معدل الهطول المطري السنوي في منطقة الدراسة للأعوام 2010، 2011، 2012.	40
الشكل رقم (6-2)	الخارطة الجيولوجية لمنطقة الدراسة.	42
الشكل رقم (7-2)	صورة فضائية لمنطقة مكب البصة.	43
الشكل رقم (8-2)	المرحلة الأولى (مكب البصة القديم).	44
الشكل رقم (9-2)	المرحلة الثانية (مكب البصة الحالي).	45
الشكل رقم (10-2)	أنابيب جمع الرشاحة.	45
الشكل رقم (11-2)	أنابيب جمع غاز الميثان.	46
الشكل رقم (12-2)	ظهور المياه الجوفية في أثناء إنشاء حفرة تجميع الرشاحة.	46
الشكل رقم (1-3)	أماكن توضع الآبار المدروسة.	49
الشكل رقم (2-3)	نقاط الاعتیان على نهر الصنوبر.	50
الشكل رقم (3-3)	نقاط الاعتیان على نهر الكبير الشمالي.	50
الشكل رقم (4-3)	جهاز قياس درجة الحرارة ودرجة الحموضة pH.	51
الشكل رقم (5-3)	جهاز قياس درجة الناقلية الكهربائية.	52

52	جهاز قياس تركيز الأوكسجين المنحل.	الشكل رقم (3-6)
53	جهاز قياس عكارة المياه.	الشكل رقم (3-7)
54	الحاضنة والزجاجات المستخدمة في قياس تركيز الـ BOD_5 .	الشكل رقم (3-8)
55	جهاز الكراماتوغرافيا الشاردية (IC).	الشكل رقم (3-9)
56	جهاز الامتصاص الذري.	الشكل رقم (3-10)
56	جهاز الـ GPS.	الشكل رقم (3-11)
58	طبقات المعلومات في برنامج GIS.	الشكل رقم (3-12)
61	المقطع العرضي لمنطقة البحث.	الشكل رقم (4-1)
62	استيراد صورة رقمية لمنطقة البحث إلى واجهة البرنامج.	الشكل رقم (4-2)
62	إنشاء ملف النموذج الاعتباري وتسميته.	الشكل رقم (4-3)
63	إنشاء طبقة الحدود Boundary Coverage.	الشكل رقم (4-4)
63	إنشاء طبقة التغذية والصرف.	الشكل رقم (4-5)
64	تقسيم القوس الرئيسي إلى أربعة أقواس.	الشكل رقم (4-6)
65	إدخال ارتفاعات نقاط المصرف.	الشكل رقم (4-7)
65	تمثيل شبكة الآبار المدروسة في طبقة sources/sinks.	الشكل رقم (4-8)
66	طبقة مصادر التغذية و الصرف Source/Sink Coverage.	الشكل رقم (4-9)
66	إنشاء حدود مطمري النفايات في طبقة مناطق الرش.	الشكل رقم (4-10)
67	إنشاء الطبقة 1 layer.	الشكل رقم (4-11)
67	إنشاء الطبقة 2 layer.	الشكل رقم (4-12)
68	إنشاء إطار الشبكة Grid Frame.	الشكل رقم (4-13)
69	إنشاء شبكة الخلايا Grid.	الشكل رقم (4-14)
70	إنشاء شبكة الخلايا الفعالة وغير الفعالة.	الشكل رقم (4-15)
71	الخطوة الأولى من استيراد مجموعة النقاط المبعثرة.	الشكل رقم (4-16)

71	الخطوة الثانية من استيراد مجموعة النقاط المبعثرة scatter points.	الشكل رقم (4-17)
72	ظهور النقاط المبعثرة scatter points ضمن منطقة الدراسة.	الشكل رقم (4-18)
72	استيفاء المناسيب والضواغط .	الشكل رقم (4-19)
73	استيفاء مناسيب الطبقات.	الشكل رقم (4-20)
74	عملية تفحص المحاكاة Check Simulation.	الشكل رقم (4-21)
77	تغير قيم درجات الحرارة في مياه الآبار المدروسة حول المكب القديم خلال أشهر الدراسة.	الشكل رقم (5-1)
77	تغير قيم درجات الحرارة في مياه الآبار المدروسة حول المكب الحالي خلال أشهر الدراسة.	الشكل رقم (5-2)
78	تغير قيم درجات الحرارة في مياه الآبار المدروسة المتوزعة في المنطقة المحيطة بالمكبين خلال أشهر الدراسة.	الشكل رقم (5-3)
78	تغير قيم درجات الحرارة في مياه نقاط الاعتيان النهرية خلال أشهر الدراسة.	الشكل رقم (5-4)
80	تغير قيم الرقم الهيدروجيني (pH) في مياه الآبار المدروسة حول المكب القديم خلال أشهر الدراسة.	الشكل رقم (5-5)
81	تغير قيم الرقم الهيدروجيني (pH) في مياه الآبار المدروسة حول المكب الحالي خلال أشهر الدراسة.	الشكل رقم (5-6)
81	تغير قيم الرقم الهيدروجيني (pH) في مياه الآبار المدروسة المتوزعة في المنطقة المحيطة بالمكبين خلال أشهر الدراسة.	الشكل رقم (5-7)
82	تغير قيم الرقم الهيدروجيني (pH) في مياه نقاط الاعتيان النهرية خلال أشهر الدراسة.	الشكل رقم (5-8)
83	تغير قيم الناقلية الكهربائية (EC $\mu\text{s/cm}$) في مياه الآبار المدروسة حول المكب القديم خلال أشهر الدراسة.	الشكل رقم (5-9)
84	تغير قيم الناقلية الكهربائية (EC $\mu\text{s/cm}$) في مياه الآبار المدروسة حول المكب الحالي خلال أشهر الدراسة.	الشكل رقم (5-10)
84	تغير قيم الناقلية الكهربائية (EC $\mu\text{s/cm}$) في مياه الآبار المدروسة المتوزعة في المنطقة المحيطة بالمكبين خلال أشهر الدراسة.	الشكل رقم (5-11)
85	تغير قيم الناقلية الكهربائية (EC $\mu\text{s/cm}$) في مياه نقاط الاعتيان النهرية خلال أشهر الدراسة.	الشكل رقم (5-12)

87	تغير قيم العكارة Turbidity (NTU) في مياه الآبار المدروسة حول المكب القديم خلال أشهر الدراسة.	الشكل رقم (5-13)
87	تغير قيم العكارة Turbidity (NTU) في مياه الآبار المدروسة حول المكب الحالي خلال أشهر الدراسة.	الشكل رقم (5-14)
87	تغير قيم العكارة Turbidity (NTU) في مياه الآبار المدروسة المتوزعة في المنطقة المحيطة بالمكبين خلال أشهر الدراسة.	الشكل رقم (5-15)
88	تغير قيم العكارة Turbidity (NTU) في مياه نقاط الاعتيان النهرية خلال أشهر الدراسة.	الشكل رقم (5-16)
90	تغير قيم الأوكسجين المنحل DO (mg/l) في مياه الآبار المدروسة حول المكب القديم خلال أشهر الدراسة.	الشكل رقم (5-17)
90	تغير قيم الأوكسجين المنحل DO (mg/l) في مياه الآبار المدروسة حول المكب الحالي خلال أشهر الدراسة.	الشكل رقم (5-18)
90	تغير قيم الأوكسجين المنحل DO (mg/l) في مياه الآبار المدروسة المتوزعة في المنطقة المحيطة بالمكبين خلال أشهر الدراسة.	الشكل رقم (5-19)
91	تغير قيم الأوكسجين المنحل DO (mg/l) في مياه نقاط الاعتيان النهرية خلال أشهر الدراسة.	الشكل رقم (5-20)
93	تغير قيم الاحتياج البيوكيميائي للأكسجين BOD ₅ (mg/l) في مياه الآبار المدروسة حول المكب القديم خلال أشهر الدراسة.	الشكل رقم (5-21)
93	تغير قيم الاحتياج البيوكيميائي للأكسجين BOD ₅ (mg/l) في مياه الآبار المدروسة حول المكب الحالي خلال أشهر الدراسة.	الشكل رقم (5-22)
93	تغير قيم الاحتياج البيوكيميائي للأكسجين BOD ₅ (mg/l) في مياه الآبار المدروسة المتوزعة في المنطقة المحيطة بالمكبين خلال أشهر الدراسة.	الشكل رقم (5-23)
94	تغير قيم الاحتياج البيوكيميائي للأكسجين BOD ₅ (mg/l) في مياه نقاط الاعتيان النهرية خلال أشهر الدراسة.	الشكل رقم (5-24)
96	تغير قيم شاردة النترات NO ₃ ⁻ (mg/l) في مياه الآبار المدروسة حول المكب القديم خلال أشهر الدراسة.	الشكل رقم (5-25)
96	تغير قيم شاردة النترات NO ₃ ⁻ (mg/l) في مياه الآبار المدروسة حول المكب الحالي خلال أشهر الدراسة.	الشكل رقم (5-26)
96	تغير قيم شاردة النترات NO ₃ ⁻ (mg/l) في مياه الآبار المدروسة المتوزعة في المنطقة المحيطة بالمكبين خلال أشهر الدراسة.	الشكل رقم (5-27)

97	تغير قيم شاردة النترات (NO_3^- (mg/l) في مياه نقاط الاعتيان النهرية خلال أشهر الدراسة.	الشكل رقم (28-5)
99	تغير قيم شاردة الفوسفات (PO_4^{3-} (mg/l) في مياه الآبار المدروسة حول المكب القديم خلال أشهر الدراسة.	الشكل رقم (29-5)
99	تغير قيم شاردة الفوسفات (PO_4^{3-} (mg/l) في مياه الآبار المدروسة حول المكب الحالي خلال أشهر الدراسة.	الشكل رقم (30-5)
99	تغير قيم شاردة الفوسفات (PO_4^{3-} (mg/l) في مياه الآبار المدروسة المتوزعة في المنطقة المحيطة بالمكبين خلال أشهر الدراسة.	الشكل رقم (31-5)
100	تغير قيم شاردة الفوسفات (PO_4^{3-} (mg/l) في مياه نقاط الاعتيان النهرية خلال أشهر الدراسة.	الشكل رقم (32-5)
102	تغير قيم شاردة الأمونيوم (NH_4^+ (mg/l) في مياه الآبار المدروسة حول المكب القديم خلال أشهر الدراسة.	الشكل رقم (33-5)
102	تغير قيم شاردة الأمونيوم (NH_4^+ (mg/l) في مياه الآبار المدروسة حول المكب الحالي خلال أشهر الدراسة.	الشكل رقم (34-5)
102	تغير قيم شاردة الأمونيوم (NH_4^+ (mg/l) في مياه الآبار المدروسة المتوزعة في المنطقة المحيطة بالمكبين خلال أشهر الدراسة.	الشكل رقم (35-5)
103	تغير قيم شاردة الأمونيوم (NH_4^+ (mg/l) في مياه نقاط الاعتيان النهرية خلال أشهر الدراسة.	الشكل رقم (36-5)
105	تغير قيم تراكيز عنصر الكاديوم (Cd (mg/l) في مياه الآبار المدروسة حول المكب القديم خلال أشهر الدراسة.	الشكل رقم (37-5)
105	تغير قيم تراكيز عنصر الكاديوم (Cd (mg/l) في مياه الآبار المدروسة حول المكب الحالي خلال أشهر الدراسة.	الشكل رقم (38-5)
105	تغير قيم تراكيز عنصر الكاديوم (Cd (mg/l) في مياه الآبار المدروسة المتوزعة في المنطقة المحيطة بالمكبين خلال أشهر الدراسة.	الشكل رقم (39-5)
106	تغير قيم تراكيز عنصر الكاديوم (Cd (mg/l) في مياه نقاط الاعتيان النهرية خلال أشهر الدراسة.	الشكل رقم (40-5)
107	تغير قيم تراكيز عنصر الرصاص (Pb (mg/l) في مياه الآبار المدروسة حول المكب القديم خلال أشهر الدراسة.	الشكل رقم (41-5)
108	تغير قيم تراكيز عنصر الرصاص (Pb (mg/l) في مياه الآبار المدروسة حول المكب الحالي خلال أشهر الدراسة.	الشكل رقم (42-5)

108	تغير قيم تراكيز عنصر الرصاص Pb (mg/l) في مياه الآبار المدروسة المتوزعة في المنطقة المحيطة بالمكبين خلال أشهر الدراسة.	الشكل رقم (43-5)
109	تغير قيم تراكيز عنصر الرصاص Pb (mg/l) في مياه نقاط الاعتيان النهرية خلال أشهر الدراسة.	الشكل رقم (44-5)
110	تغير قيم تراكيز عنصر النيكل Ni (mg/l) في مياه الآبار المدروسة حول المكب القديم خلال أشهر الدراسة.	الشكل رقم (45-5)
111	تغير قيم تراكيز عنصر النيكل Ni (mg/l) في مياه الآبار المدروسة حول المكب الحالي خلال أشهر الدراسة.	الشكل رقم (46-5)
111	تغير قيم تراكيز عنصر النيكل Ni (mg/l) في مياه الآبار المدروسة المتوزعة في المنطقة المحيطة بالمكبين خلال أشهر الدراسة.	الشكل رقم (47-5)
112	تغير قيم تراكيز عنصر النيكل Ni (mg/l) في مياه نقاط الاعتيان النهرية خلال أشهر الدراسة.	الشكل رقم (48-5)
113	تغير قيم تراكيز عنصر الكروم Cr (mg/l) في مياه الآبار المدروسة حول المكب القديم خلال أشهر الدراسة.	الشكل رقم (49-5)
114	تغير قيم تراكيز عنصر الكروم Cr (mg/l) في مياه الآبار المدروسة حول المكب الحالي خلال أشهر الدراسة.	الشكل رقم (50-5)
114	تغير قيم تراكيز عنصر الكروم Cr (mg/l) في مياه الآبار المدروسة المتوزعة في المنطقة المحيطة بالمكبين خلال أشهر الدراسة.	الشكل رقم (51-5)
115	تغير قيم تراكيز عنصر الكروم Cr (mg/l) في مياه نقاط الاعتيان النهرية خلال أشهر الدراسة.	الشكل رقم (52-5)
123	إظهار خطوط تساوي الضاغط Head Contours.	الشكل رقم (53-5)
124	إظهار خطوط تساوي الضاغط Head Contours باللون الأزرق.	الشكل رقم (54-5)
124	إظهار المقاطع العرضية في سطح المياه الجوفية.	الشكل رقم (55-5)
125	إظهار معدلات التدفق Viewing the Flow Budget.	الشكل رقم (56-5)
126	البدء بعملية المحاكاة في نموذج MT3DMS.	الشكل رقم (57-5)
127	تسمية عملية المحاكاة leachate.	الشكل رقم (58-5)
127	تحديد فترات الإجهاد Stress Periods.	الشكل رقم (59-5)

128	تحديد إظهار المخرجات عند كل خطوة زمنية (300 days).	الشكل رقم (5-60)
128	تحديد حزم الانتقال المطلوبة Packages.	الشكل رقم (5-61)
129	تفعيل خاصيتي المسامية ومعامل التشنت في إعدادات الطبقة.	الشكل رقم (5-62)
129	تحديد تركيز الرشاحة المتسربة من المكبين.	الشكل رقم (5-63)
130	خطوط كونتور الرشاحة عند خطوة الزمن 300 days.	الشكل رقم (5-64)
130	خطوط كونتور الرشاحة عند خطوة الزمن 3000 days.	الشكل رقم (5-65)
131	نافذة animation لإظهار المحاكاة عبر مقطع فيديو.	الشكل رقم (5-66)
132	خطوط كونتور درجة الحرارة.	الشكل رقم (5-67)
133	خطوط كونتور الرقم الهيدروجيني pH.	الشكل رقم (5-68)
134	خطوط كونتور الناقلية الكهربائية.	الشكل رقم (5-69)
135	خطوط كونتور العكارة.	الشكل رقم (5-70)
136	خطوط كونتور الأوكسجين المنحل.	الشكل رقم (5-71)
137	خطوط كونتور الاحتياج البيوكيميائي للأوكسجين.	الشكل رقم (5-72)
138	خطوط كونتور شاردة النترات.	الشكل رقم (5-73)
139	خطوط كونتور شاردة الفوسفات.	الشكل رقم (5-74)
140	خطوط كونتور شاردة الأمونيوم.	الشكل رقم (5-75)
141	خطوط كونتور عنصر الكاديوم.	الشكل رقم (5-76)
142	خطوط كونتور عنصر الرصاص.	الشكل رقم (5-77)
143	خطوط كونتور عنصر النيكل.	الشكل رقم (5-78)
144	خطوط كونتور عنصر الكروم.	الشكل رقم (5-79)

فهرس الجداول

رقم الصفحة	اسم الجدول	رقم الجدول
11	المصادر العامة للنفايات البلدية الصلبة.	الجدول رقم (1-1)
13	المسافات الدنيا الفاصلة بين موقع الطمر الصحي وأهم النقاط الحساسة.	الجدول رقم (2-1)
14	المكونات الأساسية للرشاحة المتسربة من حقول الطمر الصحي.	الجدول رقم (3-1)
15	الغازات الناتجة عن حفر الطمر الصحي للمخلفات المعاشية الصلبة.	الجدول رقم (4-1)
17	المعطيات التي يجب تحريرها خلال عملية الاستكشاف وجمع المعلومات ومصادر الحصول عليها.	الجدول رقم (5-1)
21	تلخيص العمليات الفيزيائية القابلة للنمذجة في المياه الجوفية والمعطيات اللازمة.	الجدول رقم (6-1)
39	المعدلات الشهرية والسنوية لتغير درجات الحرارة ($^{\circ}C$) في محطات اللاذقية، بوقا، جبلة للأعوام 2010، 2011، 2012.	الجدول رقم (1-2)
40	كمية الهطولات المطرية الشهرية والسنوية (mm) في محطات اللاذقية، بوقا، جبلة للأعوام 2010، 2011، 2012.	الجدول رقم (2-2)
41	القيم الوسطية والأعظمية الشهرية والسنوية لسرعة الرياح (m/sec) في محطة اللاذقية للأعوام 2010، 2011، 2012.	الجدول رقم (3-2)
54	حجم العينة المطلوب على أساس قيمة BOD_5 مع عامل التصحيح المناسب.	الجدول رقم (1-3)
57	إحداثيات نقاط الرصد الجوفية والسطحية باستخدام جهاز الـ GPS.	الجدول رقم (2-3)
76	تغير قيم درجات الحرارة ($^{\circ}C$) في مياه الآبار المدروسة خلال عام كامل (من نيسان 2012 وحتى آذار 2013).	الجدول رقم (1-5)
78	تغير قيم درجة الحرارة ($^{\circ}C$) في مياه نقاط الاعتيان النهرية خلال عام كامل (من نيسان 2012 وحتى آذار 2013).	الجدول رقم (2-5)
80	تغير قيم الرقم الهيدروجيني (pH) في مياه الآبار المدروسة خلال عام كامل (من نيسان 2012 وحتى آذار 2013).	الجدول رقم (3-5)
81	تغير قيم الرقم الهيدروجيني (pH) في مياه نقاط الاعتيان النهرية خلال عام كامل (من نيسان 2012 وحتى آذار 2013).	الجدول رقم (4-5)

83	تغير قيم الناقلية الكهربائية (EC ($\mu\text{s/cm}$) في مياه الآبار المدروسة خلال عام كامل (من نيسان 2012 وحتى آذار 2013).	الجدول رقم (5-5)
84	تغير قيم الناقلية الكهربائية (EC ($\mu\text{s/cm}$) في مياه نقاط الاعتيان النهرية خلال عام كامل (من نيسان 2012 وحتى آذار 2013).	الجدول رقم (6-5)
86	تغير قيم العكارة (Turbidity (NTU) في مياه الآبار المدروسة خلال عام كامل (من نيسان 2012 وحتى آذار 2013).	الجدول رقم (7-5)
88	تغير قيم العكارة (Turbidity (NTU) في مياه نقاط الاعتيان النهرية خلال عام كامل (من نيسان 2012 وحتى آذار 2013).	الجدول رقم (8-5)
89	تغير قيم الأوكسجين المنحل (DO (mg/l) في مياه الآبار المدروسة خلال عام كامل (من نيسان 2012 وحتى آذار 2013).	الجدول رقم (9-5)
91	تغير قيم الأوكسجين المنحل (DO (mg/l) في مياه نقاط الاعتيان النهرية خلال عام كامل (من نيسان 2012 وحتى آذار 2013).	الجدول رقم (10-5)
92	تغير قيم الاحتياج البيوكيميائي للأكسجين (BOD_5 (mg/l) في مياه الآبار المدروسة خلال عام كامل (من نيسان 2012 وحتى آذار 2013).	الجدول رقم (11-5)
94	تغير قيم الاحتياج البيوكيميائي للأكسجين (BOD_5 (mg/l) في مياه نقاط الاعتيان النهرية خلال عام كامل (من نيسان 2012 وحتى آذار 2013).	الجدول رقم (12-5)
95	تغير قيم شاردة النترات (NO_3^- (mg/l) في مياه الآبار المدروسة خلال عام كامل (من نيسان 2012 وحتى آذار 2013).	الجدول رقم (13-5)
97	تغير قيم شاردة النترات (NO_3^- (mg/l) في مياه نقاط الاعتيان النهرية خلال عام كامل (من نيسان 2012 وحتى آذار 2013).	الجدول رقم (14-5)
98	تغير قيم شاردة الفوسفات (PO_4^{3-} (mg/l) في مياه الآبار المدروسة خلال عام كامل (من نيسان 2012 وحتى آذار 2013).	الجدول رقم (15-5)
100	تغير قيم شاردة الفوسفات (PO_4^{3-} (mg/l) في مياه نقاط الاعتيان النهرية خلال عام كامل (من نيسان 2012 وحتى آذار 2013).	الجدول رقم (16-5)
101	تغير قيم شاردة الأمونيوم (NH_4^+ (mg/l) في مياه الآبار المدروسة خلال عام كامل (من نيسان 2012 وحتى آذار 2013).	الجدول رقم (17-5)
103	تغير قيم شاردة الأمونيوم (NH_4^+ (mg/l) في مياه نقاط الاعتيان النهرية خلال عام كامل (من نيسان 2012 وحتى آذار 2013).	الجدول رقم (18-5)
104	تغير قيم تراكيز عنصر الكاديوم (Cd (mg/l) في مياه الآبار المدروسة خلال عام كامل (من نيسان 2012 وحتى آذار 2013).	الجدول رقم (19-5)

106	تغير قيم تراكيز عنصر الكاديوم Cd (mg/l) في مياه نقاط الاعتيان النهرية خلال عام كامل (من نيسان 2012 وحتى آذار 2013).	الجدول رقم (5-20)
107	تغير قيم تراكيز عنصر الرصاص Pb (mg/l) في مياه الآبار المدروسة خلال عام كامل (من نيسان 2012 وحتى آذار 2013).	الجدول رقم (5-21)
108	تغير قيم تراكيز عنصر الرصاص Pb (mg/l) في مياه نقاط الاعتيان النهرية خلال عام كامل (من نيسان 2012 وحتى آذار 2013).	الجدول رقم (5-22)
110	تغير قيم تراكيز عنصر النيكل Ni (mg/l) في مياه الآبار المدروسة خلال عام كامل (من نيسان 2012 وحتى آذار 2013).	الجدول رقم (5-23)
111	تغير قيم تراكيز عنصر النيكل Ni (mg/l) في مياه نقاط الاعتيان النهرية خلال عام كامل (من نيسان 2012 وحتى آذار 2013).	الجدول رقم (5-24)
113	تغير قيم تراكيز عنصر الكروم Cr (mg/l) في مياه الآبار المدروسة خلال عام كامل (من نيسان 2012 وحتى آذار 2013).	الجدول رقم (5-25)
114	تغير قيم تراكيز عنصر الكروم Cr (mg/l) في مياه نقاط الاعتيان النهرية خلال عام كامل (من نيسان 2012 وحتى آذار 2013).	الجدول رقم (5-26)
115	مجالات المتوسط الشهري والقيم الصغرى والكبرى لتراكيز العناصر الثقيلة في مياه الآبار.	الجدول رقم (5-27)
115	مجالات المتوسط الشهري والقيم الصغرى والكبرى لتراكيز العناصر الثقيلة في مياه الأنهار.	الجدول رقم (5-28)
117	فئات تصنيف المياه حسب قيمة مؤشر جودة المياه (CCME WQI).	الجدول رقم (5-29)
119	حساب مؤشر جودة المياه الجوفية بالنسبة إلى مياه الشرب والري.	الجدول رقم (5-30)
121	حساب مؤشر جودة المياه السطحية بالنسبة إلى مياه الشرب والري.	الجدول رقم (5-31)

المصطلحات العلمية

العوالق النباتية	Phytoplankton
العوالق الحيوانية	Zooplankton
طبقة حاملة للمياه	Aquifer
طبقة المياه الحرة	Unconfined aquifer
طبقة المياه الارتوازية	Confined aquifer
الطمر الصحي	Sanitary Landfill
الرشاحة	Leachate
محسّنات التربة	Compost
الترميد (حرق المخلفات)	Incineration
النماذج الرياضية	Mathematical models
الانتقال الأفقي	Advection
الانتشار	Diffusion
التشتت	Dispersion
الامتزاز	Adsorption
التبادل الأيوني	Cation and Anion Exchange
الانحلال	Dissolution
الانحلال الجزئي	Leaching
النموذج الاعتباري (التصميمي)	Conceptual model
المعادلات الحاكمة	Governing equations
طريقة الفروق المنتهية	Finite – Difference Methode (FDM)
طريقة العناصر المنتهية	Finite – Elements Methode (FEM)
العمر الرباعي	Quaternary
معايرة النموذج	Calibration
تحليل الحساسية	Sensitivity Analysis

خلايا	Cells
تحاليل	Analysis
الناقلية الهيدروليكية	hydraulic conductivity
الشروط الحدية (الشروط الطرفية)	Boundary conditions
نمذجة	Modeling
حد ضاغط محدد	specified head boundary
حد عدم جريان	no-flow boundary
الناقلية الكهربائية	Electrical Conductivity
شبكة	Grid
طبقة الحدود	Boundary Coverage
طبقة مصادر التغذية والصرف	Source/Sink Coverage
مصرف	Drain
الشروط الابتدائية	Initial conditions
الرشح	Recharge
إطار الشبكة	Grid Frame
النقاط المبعثرة	scatter points
محاكاة	Simulation
خطوط تساوي الضاغط	Head Contours
معدل التدفق	Flow Budget
المسامية	Porosity



المختصرات

الاختصار	التسمية بالعربية	التسمية بالانكليزية
GIS	نظام المعلومات الجغرافي	Geographic Information System
GMS	نظام نمذجة المياه الجوفية	Groundwater Modeling System
GPS	جهاز تحديد المواقع الجغرافية	Global Positioning System
WQI	مؤشر جودة المياه	Water Quality Index
TDS	المواد الصلبة الكلية المنحلة	Total Dissolved Solid
EC	الناقلية الكهربائية	Electrical Conductivity
DO	الأوكسجين المنحل	Dissolved Oxygen
BOD ₅	الاحتياج البيولوجي للأوكسجين	Biological Oxygen Demand
IC	جهاز الكراماتوغرافيا الشاردية	Ion Chromatography
ppm	جزء من المليون	Part per million



الملخص

ABSTRACT

تضمّن البحث إجراء تحاليل دورية فيزيائية وكيميائية وقياسات لتراكيز العناصر الثقيلة لمياه المصادر المائية السطحية والجوفية الواقعة في محيط مكب النفايات لمحافظة اللاذقية في منطقة البصة، وذلك بواقع أربع نقاط اعتيان من المصادر المائية السطحية: اثنتان على نهر الصنوبر واثنتان على نهر الكبير الشمالي، بالإضافة إلى ستة عشر بئراً من الآبار المستثمرة في المنطقة مقسّمة إلى ثلاث مجموعات: خمسة آبار حول المكب القديم وخمسة آبار حول المكب الحالي وستة آبار موزعة في المنطقة المحيطة بالمكبين.

أخذت العينات على مدار عام كامل بدءاً من شهر نيسان لعام 2012 وحتى شهر آذار لعام 2013، تم خلاله قياس (درجة حرارة الماء، درجة الحموضة pH، الناقلية الكهربائية، العكارة، الأوكسجين المنحل DO، الاحتياج البيوكيميائي للأوكسجين BOD_5)، كما تم تحديد تراكيز الشوارد التالية (NO_3^- ، PO_4^{3-} ، NH_4^+)، بالإضافة إلى تحديد تراكيز العناصر الثقيلة التالية (الكاديوم، الرصاص، النيكل، الكروم).

كما تم تقويم صلاحية مصادر المياه الجوفية والسطحية المدروسة للشرب والزّي ومقارنتها مع المواصفات القياسية السّوريّة المعتمدة في هذا المجال من خلال حساب مؤشّر الجودة لها، وذلك وفق مؤشّر الجودة (CCME WQI) الذي تم تطويره عن طريق المجلس الكندي لوزراء البيئة بناءً على أكثر البيانات شموليّة لجودة المياه في العالم (CCME WQI) Canadian Council of Ministers of the Environment, Water Quality Index.

كذلك تم بناء نموذج لنظام الموارد المائية في منطقة مكب البصة، ومن ثمّ تم إجراء محاكاة لانتقال الملوثات وهجرة الرشاحة المتسربة من مكبي البصة القديم والحالي، بالإضافة إلى رسم خطوط الكونتور للبارامترات المدروسة وذلك باستخدام برنامج نمذجة المياه الجوفية GMS (Groundwater Modeling System). ونتيجة مناقشة النتائج توصلنا إلى مجموعة من الاستنتاجات كان من أهمها:

1. ارتفاع قيم الناقلية للآبار المحيطة بالمكب الحالي عن قيمها للآبار المحيطة بالمكب القديم، بسبب ارتفاع نسبة المواد الصلبة الكلية المنحلة (TDS) في الرشاحة الناجمة عن طمر النفايات الحديثة.

2. تجاوز قيم الـ BOD_5 لمياه الأنهار وجميع الآبار المعايير المسموحة لمياه الشرب 2 mg/l بسبب تسرب الرشاحة من المكبات وتسرب مياه الصرف الصحي من الحفر الفنية والمصبّات العشوائية، بينما كانت محققة لمواصفات مياه الري 30 mg/l .

3. تجاوزت قيم شوارد النترات والفوسفات والأمونيوم لمياه الأنهار وجميع الآبار في معظم الأحيان المعايير المسموحة لمياه الشرب، أما معايير مياه الري فقد تجاوزتها شوارد النترات وحققها شوارد الفوسفات والأمونيوم، ويعود سبب ارتفاع هذه الشوارد إلى الاستخدام الجائر للأسمدة الزراعية والمبيدات الحشرية والعشبية بالإضافة إلى نشاط عمليات التحلل والتفسخ للمواد العضوية النباتية والحيوانية، كما تلعب مياه الصرف الصحي ومخلفات الحيوانات والأغنام الموجودة في منطقة المكب دوراً سلبياً إضافياً.

4. أثبتت نتائج تحاليل العناصر الثقيلة بالنسبة للآبار تجاوز عنصر الكاديوم والرصاص للحدود المسموحة بالنسبة لمياه الشرب، وبقاء عنصر النيكل والكروم ضمن الحدود المسموحة للشرب والري، أما بالنسبة للأنهار فقد تجاوزت تراكيز جميع العناصر الثقيلة المعايير المسموحة لمياه الشرب والري في معظم أوقات السنة وخاصةً في فترة الصيف، ويعزى ذلك إلى النفايات المختلطة السامة والخطرة التي يتم إلّاؤها في مكب البصة كالبطاريات التالفة ومستوعبات المواد الكيماوية والصناعية وغيرها، بالإضافة إلى المصبات العشوائية لمياه الصرف الصحي والصناعي التي تلقى مباشرةً في نهري الصنوبر والكبير الشمالي دون أدنى معالجة.

5. كان تصنيف جودة مصادر المياه الجوفية من حيث صلاحيتها للشرب سيئاً - قريباً من الحد الأدنى، بينما كان تصنيفها جيداً من حيث صلاحيتها للري.

6. كان تصنيف جودة المياه السطحية من حيث صلاحيتها للشرب رديئاً جداً، بينما كان تصنيفها وسطاً - مقبولاً من حيث صلاحيتها للري.

7. حصلنا من خلال النموذج الذي تم بناؤه لنظام المياه الجوفية والسطحية في المنطقة باستخدام نموذج Modflow من برنامج GMS على خرائط خطوط تساوي الضاغط ومعدلات التدفق وإظهار المقاطع العرضية في أية نقطة من المنطقة المدروسة، كما تم رسم خطوط الكونتور لمختلف البارامترات المقاسة، وهذا كله يعطي قدرة كبيرة على التقويم الكمي والنوعي للموارد المائية المتاحة في المنطقة مما يحسن من عملية إدارتها والاستخدام الرشيد لها في المستقبل.

8. تمكنا من محاكاة انتقال الملوثات وهجرة الرشاحة المتسربة من مكبي البصة باستخدام نموذج MT3DMS من برنامج GMS وهذا يعطي قدرة كبيرة على التنبؤ بالتغيرات المتوقعة لتراكيز هذه الملوثات خلال فترات زمنية طويلة وبكفاءة عالية.

المقدمة

Introduction

يشهد العالم طلباً متزايداً على المياه بمختلف استخداماتها، فقد أصبحت مصادر المياه في ضوء التزايد السكاني الكبير عرضةً للنضوب ولخطر التلوث. ومن أحد أشكال تلوث مصادر المياه الجوفية والسطحية بالإضافة إلى الصرف الصحي والصناعي والزراعي تبرز مشكلة النفايات والمخلفات الصلبة التي باتت تدق ناقوس الخطر في ظل تزايد معدلات تولدها وغياب الطرق والمنهجيات الصحيحة في التخلص منها بشكل سليم وغير ضار بالبيئة.

فمع التطور السريع للمجتمعات البشرية انتشرت بكثرة المكبات المعدة لاستقبال وتجميع المخلفات الصلبة والتي هي بمعظمها عشوائية في بلادنا ترمى فيها النفايات دون أي فرز، فينجم عن تحلل النفايات المتراكمة فيها وهطول مياه الأمطار عليها سائلاً يسمى بالرشاحة يكون مشبعاً بشتى أنواع الملوثات الخطرة والسامة والعناصر الثقيلة وغيرها. تلك الملوثات تجد طريقها بسهولة إلى البيئة المائية المحيطة من دون أدنى معرفة لمصيرها (أي طريق تسلك؟ إلى أين تصل؟ ما هو تأثيرها؟ ما هو مصيرها؟).

من هنا أتت ضرورة دراسة وتقصي واقع مصادر المياه الجوفية والسطحية الواقعة في جوار مكبات ومطامر النفايات للوقوف عند حقيقة ومدى تأثير هذه الملوثات على نوعية المياه وصلاحياتها للاستخدامات المختلفة من شرب وري للأراضي الزراعية. وذلك في ظل واقع توسعت فيه النشاطات البشرية في قطاعات الصناعة والزراعة والطاقة وخصوصاً في الفترة الأخيرة، إذ مما لا شك فيه أنه سينتج عن تلك النشاطات طرح الكثير من النفايات والملوثات التي ستشكل في حال لم يتم التعامل معها والتخلص منها بالطرق المناسبة خطورة على صحة الإنسان والبيئة المحيطة به.

كما تعدّ نمذجة المياه الجوفية والسطحية Ground And Surface Water Modeling إحدى الأدوات الرئيسة المستخدمة في العلوم الهيدرولوجية للتنبؤ بالتأثير المستقبلي للإجهادات المختلفة، مما يجعلها أداة مفيدة جداً لوضع الخطط المثلى في إدارة مصادر المياه الجوفية والسطحية. تشكل المنطقة المدروسة جزءاً من السهل الساحلي لمحافظة اللاذقية. وتقع جنوب شرق مركز مدينة اللاذقية بين خطي عرض $35^{\circ}31'14''$ و $35^{\circ}26'39''$ شمالاً، وبين خطي طول $35^{\circ}48'35''$ و $35^{\circ}53'30''$ شرقاً. يحدها من الجنوب الغربي البحر المتوسط، ومن الشمال الشرقي أتوستراد اللاذقية - طرطوس، ومن الشمال الغربي نهر الكبير الشمالي، ومن الجنوب الشرقي نهر الصنوبر، وتبلغ مساحتها حوالي 24 كم².

أهمية البحث (The Importance of Research)

تتلخص أهمية البحث بما يلي :

1- دراسة وتقييم جودة مصادر المياه الجوفية والسطحية المجاورة لمكب النفايات الصلبة في مدينة اللاذقية (مكبي البصة القديم والحالي) من خلال إجراء تحاليل لعدة بارامترات مع إدخال مؤشرات التلوث الخاصة بالعناصر الثقيلة التي لم تتم دراستها في الأبحاث السابقة.

2- تطبيق عملية النمذجة الحاسوبية التي لم يتم التطرق إليها أيضاً في الأبحاث السابقة والتي تفيد

بما يلي:

- ✓ التنبؤ بتغيرات مناسيب وظروف تلوث المياه كمّاً ونوعاً.
- ✓ وضع الخطط المثلى لإدارة موارد المياه الجوفية والسطحية المتاحة والاستخدام الرشيد لها وحمايتها من التلوث، الأمر الذي يسهم بدوره في تنمية المنطقة المدروسة اجتماعياً واقتصادياً كونها منطقة سياحية وزراعية بامتياز. إذ تُعدّ منطقة سهل البصة من المناطق الزراعية المهمة في محافظة اللاذقية، ويتطلب تطويرها تأمين مياه جيدة كمّاً ونوعاً لتلبية مختلف الاحتياجات، لذا كان من الضروري دراسة وتقصي واقع موارد المياه الجوفية والسطحية فيها باستخدام التقانات الحديثة.

أهداف البحث (The Objectives of Research):

تتمثل أهداف البحث في النقاط التالية:

1- تقصي واقع ودراسة مدى تلوث مصادر المياه السطحية والجوفية في المنطقة المجاورة لمكب البصة من خلال إجراء تحاليل لعدة بارامترات فيزيائية وكيميائية (درجة حرارة الماء، درجة الحموضة pH، الناقلية الكهربائية، العكارة، الأوكسجين المنحل DO، الاحتياج البيوكيميائي للأكسجين BOD_5 ، NO_3^- ، PO_4^{3-} ، NH_4^+)، بالإضافة إلى تحديد تراكيز العناصر الثقيلة التالية (الكاديوم والرصاص والنيكل والكروم).

2- تقويم مدى صلاحية مصادر المياه الجوفية والسطحية المدروسة للشرب والرّي ومقارنتها مع المواصفات القياسية السورية المعتمدة في هذا المجال من خلال حساب مؤشر الجودة لها.

3- نمذجة نظام الموارد المائية في منطقة مكب البصة، وإجراء محاكاة لانتقال الملوثات وهجرة الرشاحة المتسربة من مكبي البصة القديم والحالي، بالإضافة إلى رسم خطوط الكونتور

للبارامترات المدروسة وذلك باستخدام برنامج نمذجة المياه الجوفية (GMS (Groundwater Modeling System) الذي يمتلك قدرة كبيرة على التنبؤ بالتغيرات المستقبلية لظروف ونوعية مختلف مصادر المياه في المنطقة المدروسة.

4- مناقشة وتحليل النتائج من أجل المساهمة في وضع الخطط المثلى لإدارة موارد المياه الجوفية والسطحية وحمايتها من التلوث والاستخدام الرشيد لها. مما يساهم بدوره في تنمية المنطقة المدروسة اجتماعياً واقتصادياً كونها منطقة سياحية وزراعية.

تنظيم البحث (The Organization of Research):

يتألف البحث من خمسة فصول على النحو التالي:

الفصل الأول: الدراسة النظرية والمرجعية.

يتضمن هذا الفصل شرحاً لمصادر تلوث المياه الجوفية والسطحية مع التركيز على مطامر المخلفات الصلبة، وشرحاً لاستخدام طرق النمذجة الحاسوبية في دراسة تلوث مصادر المياه الجوفية والسطحية. بالإضافة إلى استعراض بعض الدراسات التي تناولت الموضوع عالمياً وعربياً.

الفصل الثاني: وصف منطقة الدراسة.

يتضمن هذا الفصل معلومات جيولوجية وجغرافية ومناخية عن منطقة الدراسة، بالإضافة إلى معلومات عامة عن مكبي البصة القديم والحالي.

الفصل الثالث: منهجية البحث - مواد وطرائق البحث.

ويتضمن شرحاً لكل التجارب المخبرية الفيزيائية والكيميائية وتحاليل العناصر الثقيلة التي أجريت على عينات المياه السطحية والجوفية، بالإضافة إلى البرامج الحاسوبية المستخدمة في البحث.

الفصل الرابع: النمذجة باستخدام برنامج GMS.

يتضمن هذا الفصل شرحاً لعملية نمذجة النظام المائي في منطقة البحث باستخدام برنامج نمذجة المياه الجوفية GMS، بما في ذلك من إنشاء للطبقات Coverages المكونة للنموذج الاعتباري Conceptual Model الذي يتم تحويله فيما بعد إلى نموذج عددي Numerical Model يمثل منطقة الدراسة.

الفصل الخامس: النتائج والمناقشة.

تم في هذا الفصل عرض نتائج التحاليل المخبرية للعينات وتمثيلها بيانياً ومناقشتها ومقارنتها مع المواصفات القياسية السورية المسموحة لمياه الشرب والري، ومن ثم تم تقييم صلاحية كل من مصادر المياه الجوفية والسطحية المدروسة لاستعمالات الشرب والري بالاعتماد على مؤشر الجودة الكندي.

كما تم عرض نتائج تطبيق عملية النمذجة على النظام المائي في منطقة الدراسة باستخدام برنامج GMS ونتائج إجراء عملية المحاكاة لهجرة الملوثات المتسربة من مكبي البصة القديم والحالي مع الزمن، بالإضافة إلى رسم خطوط الكونتور (تساوي التركيز) لجميع البارامترات المدروسة وأخيراً تم عرض الاستنتاجات النهائية للبحث، بالإضافة إلى تقديم بعض التوصيات والمقترحات للأبحاث المستقبلية في هذا المجال.



الفصل الأول

الدراسة النظرية والمرجعية

The Background And Referential Study

1-1 - مقدمة:

من المعلوم أن الماء هو شريان الحياة وعصبها، وهو الركيزة الأساسية الأولى التي تقوم عليها التنمية الشاملة، فعلى الرغم من أن المياه تغطي حوالي 71% من سطح الكرة الأرضية إلا أن الإنسان لا يستخدم من هذه الكمية الكبيرة جداً إلا 0.6% فقط؛ لأن 97.2% من كمية المياه على هذا الكوكب مياه مالحة على شكل بحار ومحيطات وبحيرات مالحة، و 2.2% تشكل مياهاً محبوسة على شكل جليد وتلوج. وثمة مشكلات تواجه حتى الـ 0.6% المتبقية التي تتمثل في المياه العذبة التي يستخدمها الإنسان والحيوان والنبات، تتمثل في تناقصها وانخفاضها كمياً ونوعاً، وذلك بسبب التزايد السكاني الملحوظ من جهة، إضافةً إلى مشكلة تلوث المياه من جهةٍ أخرى.

2-1 - مصادر المياه الطبيعية:

تقسم مصادر المياه الطبيعية وفقاً لمنشئها إلى نوعين هما:

1-2-1 - مصادر المياه السطحية:

هي كل المياه الجارية وكذلك المياه المخزنة على سطح الأرض، فالمياه الجارية تتجمع في مجرى مائي (نهر) يتميز بسطح تماسه (بين الماء والغلاف الجوي) الفعال وكذلك بسرعة جريانه الدائمة. أما المياه المخزنة فتكون إما على شكل احتياطي طبيعي (بحيرات صغيرة وكبيرة)، أو على شكل احتياطي اصطناعي (بحيرات وراء السدود) وهي تتميز بسطح تماس شبه ساكن وعمق وزمن مكوث كبيرين نسبياً. يتعلق التركيب الكيميائي للمياه السطحية بطبيعة الأرض التي تجري عليها خلال اجتيازها للحوض الساكن حيث تحل هذه المياه العناصر المولدة لتلك الأراضي، ويتم إغناؤها بالغازات المنحلة من خلال تماسها مع الغلاف الجوي.

تتميز مصادر المياه السطحية بما يلي:

- 1- التغيرات الفصلية وبشكلٍ أقل التغيرات اليومية للبارامترات الفيزيائية (درجة الحرارة، العكارة، التلون،...)، وكذلك زيادة تراكيز المواد الصلبة الناعمة والغروية فيها خاصةً بعد الهطولات المطرية الغزيرة.
- 2- التواجد المتكرر للمواد العضوية ذات المنشأ الطبيعي والتي تنتج من تحلل بقايا أعضاء الحيوانات والنباتات بعد موتها.
- 3- التطور الهام للعوالق النباتية (phytoplankton) وللعوالق الحيوانية (zooplankton)، إذ تتميز هذه المصادر بحياة مائية متنوعة وغنية.
- 4- حساسية تلك المصادر بالنسبة إلى التلوث المدني والصناعي والزراعي، حيث غالباً ما نجد فيها التلوث بمختلف أشكاله العضوي (كالهيدروكربونات، والفينول والمبيدات الحشرية ومزيلات الأعشاب)، أو المعدني (كالمعادن الثقيلة)؛ وبعض أنواع هذه الملوثات خطيرٌ وقد يصل إلى درجة السمية.

1-2-2- مصادر المياه الجوفية:

هي كل المياه التي لم تتبخر ولم تعد إلى البحر أو النهر عن طريق الجريانات، إنما تتسرب إلى باطن الأرض مشكلةً المياه الجوفية. إن دخول واحتجاز الماء داخل طبقات الأرض يتعلق بمواصفات وتركيب تلك الطبقات التي تشكل مكمناً مائياً يعرف باسم الطبقة الحاملة للمياه الجوفية Aquifer التي هي عبارة عن منطقة في باطن الأرض نفوذة ومحددة بجزء داخلي غير نفوذ نسبياً هو الصخور الكتيمة التي تشكل أرضية الخزان الجوفي [1].

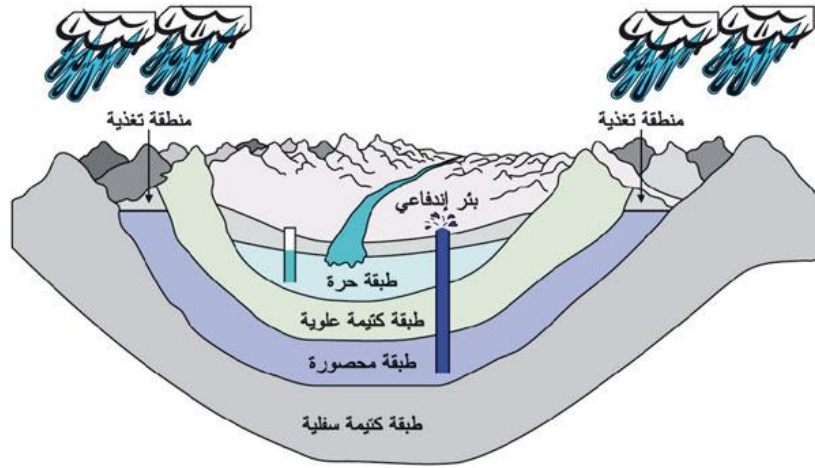
تتوضع الطبقات النفوذة والكتيمة بأشكالٍ مختلفة، فتتشأ ظروف هيدروجيولوجية متنوعة، وتتشكل عدة أنماط من الطبقات الحاملة للمياه الجوفية نميز من أهمها:

• طبقة المياه الحرة Unconfined aquifer:

تتألف هذه الطبقة من صخور نفوذة مشبعة جزئياً بالمياه، تتوضع فوق أول مستوى كتيمة. ويخضع سطح المياه الجوفية الحرة للضغط الجوي كما يساير تضاريس سطح الأرض، كما يخضع لتغيرات يومية وفصلية وتعكس تغيراته حجم احتياطي المياه الجوفية الحرة.

• طبقة المياه الارتوازية Confined aquifer:

وتسمى طبقة المياه المضغوطة أو طبقة المياه الحبيسة، وتكون عموماً محصورة بين طبقتين كتيمتين من الأعلى والأسفل، وتخضع المياه فيها لضغط أعلى من الضغط الجوي وحينما تخترق بئر ما هذه الطبقة يرتفع الماء إلى مستوى أعلى من نقطة ظهورها في البئر ويسمى منسوب المياه بالمنسوب البيزومتري. ويبين الشكل رقم (1-1) أشكال الطبقات الحاملة للمياه الجوفية.



الشكل رقم (1-1): أشكال الطبقات الحاملة للمياه الجوفية.

لا تتعلق الصفات الكيميائية للمياه الجوفية كثيراً بأصل المياه الجيولوجي وإنما تتعلق بطبيعة وتركيب باطن الأرض الذي تمر فيه. ومن المميزات العامة للمياه الجوفية: عكارة قليلة، درجة حرارة وتركيب كيميائي ثابتين، وأوكسجين منحل قليل أو شبه معدوم بشكل عام [2].

1-3-3- تلوث المياه الطبيعية:

يصطبب التلوث الماء في كل مرحلة من مراحل دورته في الطبيعة، إذ يبدأ في الجو حيث يختلط الغبار والغازات الناتجة عن وسائل النقل المختلفة ودخان المصانع مع الغيوم والأمطار، فتتساقط هذه الملوثات مع الأمطار، وتجري أول عملية تنقية لها في الأرض حيث يتخلص الماء من بعض ملوثاته، ولكن أخذت هذه العملية تفقد الكثير من فاعليتها ذلك لأن التربة نفسها أصبحت ملوثة بالعديد من المواد التي لا تلبث أن تتسرب مع مياه الأمطار إلى المياه الجوفية أو تتجرف إلى الأنهار والبحيرات والبحار فتزيد من تلوثها. ومع ازدياد عدد السكان وازدياد النشاط الصناعي وتنوعه استمر تلوث المياه في الأنهار والبحار والمحيطات بالازدياد حتى وصل إلى درجة أن الكثير من هذه المصادر المائية أصبحت غير قادرة على التنقية الذاتية [3].

1-3-1- تلوث المياه السطحية:

تعتمد المصادر المائية السطحية التي تستخدم من أجل تصريف المياه الملوثة على قدرتها على التنقية الذاتية لهضم الملوثات والحفاظ على نوعية مياهها. فالأنهار العميقة بطيئة الحركة تكون التهوية فيها ضعيفة وبالتالي تضعف قدرتها على التنقية الذاتية، أما الأنهار قليلة العمق وجزيرة الجريان تمتلك قدرة جيدة على التنقية الذاتية، وهناك الكثير من المواد الكيميائية يتم التخلص منها بالامتزاز أو التحلل البيولوجي. تحتوي مياه الصرف المنزلية والصناعية على مركبات كيميائية تتحلل بوساطة الأوكسجين المنحل، ويزداد معدل التثبيت البيولوجي كلما ارتفعت درجة الحرارة وبالتالي ينقص الأوكسجين المنحل في

المجاري المائية، ويتم التعويض عن الأوكسجين المستهلك بالتهوية المباشرة من الغلاف الجوي. وبالتالي فإن سرعة التدفق ومقداره والتهوية ودرجة حرارة الماء هي العوامل المؤثرة في عملية التنقية الذاتية من المواد العضوية.

1-3-2- تلوث المياه الجوفية:

تتعرض مصادر المياه الجوفية لأنواع مختلفة من الملوثات التي تصعب إزالتها لذلك يجب حمايتها من هذه الملوثات ومن مصادر التلوث، أما أهم مصادر تلوث المياه الجوفية فهي:

1- التخلص من النفايات:

معظم النفايات الناتجة عن التجمعات السكنية يتم دفنها تحت سطح الأرض، وتشكل مصدراً هاماً من مصادر تلوث المياه الجوفية. إذ ترشح الملوثات التي تتحلل بمياه الأمطار إلى طبقة المياه الجوفية. ويعتبر أيضاً تصريف مياه الصرف الصحي مصدراً آخر لتلوث المياه الجوفية وخصوصاً من الحفر الفنية كما يسبب التلوث بالبكتيريا والنترات والمعادن وغيرها.

2- الأعمال الزراعية:

تعتبر النشاطات الزراعية مصدراً آخر من مصادر تلوث المياه الجوفية، وتمتد على مساحات واسعة. ويؤدي استخدام المخصبات والمبيدات على نطاق واسع إلى تسرب المياه الملوثة بها إلى طبقة المياه الجوفية، وبعض مركبات المبيدات العضوية قابل للانحلال بالماء ويتحرك إلى مسافات كبيرة ضمن طبقة المياه الجوفية.

3- التسريب وإراقة السوائل:

معظم المواد السائلة تحتوي على كميات من المواد الكيميائية المؤذية، وبخاصة منتجات البترول والمحاليل العضوية التي تخزن وتنتقل بواسطة أنابيب تحت سطح الأرض. قد يحدث رشح من الخزانات الموجودة تحت سطح الأرض ومن الأنابيب المدفونة في التربة بسبب قدمها أو بسبب سوء البناء والتنفيذ وتتحرك السوائل الراشحة إلى طبقة المياه الجوفية مسببة تلوثها. على الرغم من أن هذه المواد غير منحلة في الماء إلا أن كميات قليلة منها تسبب الأذى والتلوث الكبير للمياه الجوفية.

4- التداخل مع المياه المالحة:

إن التوازن الطبيعي بين المياه العذبة والمياه المالحة على طول الشواطئ. وبما أن الوزن النوعي للمياه المالحة 1.025 فهي تطفو على المياه العذبة، ويؤدي الضخ الكبير للمياه العذبة في المناطق الساحلية إلى تسرب المياه المالحة إلى آبار المياه الجوفية العذبة وبالتالي تتملح الآبار الساحلية [4]. وبما أن موضوع البحث يتناول دراسة تأثير مكبات النفايات على جودة مصادر المياه الجوفية والسطحية سنتحدث بشيء من التفصيل عن تلوث مصادر المياه الناجم عن النفايات والمخلفات الصلبة.

1-4- النفايات الصلبة:

النفايات الصلبة هي جميع النفايات التي تنشأ عن النشاطات البشرية، قوامها صلب وتطرح لأنها عديمة الفائدة ولا حاجة لها.

1-4-1- تصنيف النفايات الصلبة:

وتصنف النفايات الصلبة إلى النفايات البلدية والنفايات الصناعية والنفايات الخطرة.

1-4-1-1- النفايات البلدية:

تشمل النفايات البلدية جميع النفايات التي تتشكل نتيجة للنشاطات البشرية في التجمعات السكنية بالإضافة إلى النفايات التي تتشكل باستمرار في الشوارع والحدائق والساحات. ويبين الجدول رقم (1-1) المصادر العامة للنفايات البلدية الصلبة.

الجدول رقم (1-1): المصادر العامة للنفايات البلدية الصلبة [4]

نوع النفايات الصلبة	المنشأة التي تتشكل فيها النفايات	المصادر
بقايا غذائية، مهملات، رماد، نفايات خاصة.	المنازل المنفردة والوحدات السكنية.	منزلية
بقايا غذائية، مهملات، رماد، نفايات الهدم والبناء، نفايات خاصة، نفايات ضارة أحياناً.	المستودعات، المطاعم، المخازن التجارية، الأبنية الإدارية، الفنادق، الاستراحات، المطابع، ورشات إصلاح السيارات، المستشفيات، المباني التعليمية وغيرها.	تجارية
نفايات خاصة، مهملات.	الشوارع، الأزقة، الحدائق، الملاعب، الشواطئ، الطرق السريعة، مناطق الاستجمام.	المساحات المكشوفة
نفايات محطات المعالجة، بشكل أساسي الحمأة المتشكلة.	مياه، مياه صرف.	محطات المعالجة

1-4-1-2- النفايات الصناعية:

هي النفايات التي تنشأ عن العمليات الصناعية وتضم بشكل رئيسي البقايا والرماد والنفايات الخاصة حسب كل صناعة.

1-4-3- النفايات الخطرة:

هي النفايات التي تشكل خطراً مباشراً فورياً أو خلال مدة من الوقت على حياة الإنسان أو الحيوان أو النبات. وتصنف النفايات كنفايات خطرة إذا كانت تملك واحدة من المواصفات التالية:

- 1- قابلة للاشتعال، 2- تآكلية، 3- تفاعلية، 4- سامة. والمصدر الأساسي للنفايات البيولوجية الخطرة هو المشافي أو مراكز الأبحاث البيولوجية، كما تتشكل النفايات الخطرة في كميات محددة خلال معظم النشاطات الصناعية [4].

1-4-2- طرق معالجة المخلفات الصلبة:

إن أقدم الطرق التي استخدمت للتخلص من المخلفات الصلبة كانت الأرضية (الترابية)، التي يتم فيها رمي المخلفات على الأرض وفي الحفر والأودية لتتحلل تحت تأثير الهواء والعوامل الطبيعية الأخرى. ولقد أدت هذه الطريقة البدائية إلى مشكلات بيئية كثيرة نذكر منها:

- 1- تلوث المياه السطحية والجوفية.
- 2- تحول المنطقة إلى بؤرة للأمراض والجذاز والذباب ومصدر للروائح الكريهة.
- 3- مصدر للحرائق ذاتية الاشتعال (خاصة في الأوقات الحارة من السنة).
- 4- تخريب الجمال الطبيعي للمنطقة والإقلال من قيمة المناطق المجاورة.

أما الطرق المتبعة حديثاً فتتنوع تبعاً لعوامل مختلفة أهمها تركيب المخلفات النوعي، المتطلبات الصحية، الظروف الاقتصادية بالإضافة إلى توفر المساحات اللازمة. من هذه الطرق:

- 1- الطمر الصحي، 2- تحويل القمامة إلى محسنات للتربة، 3- الحرق [3].

1-2-4-1- الطمر الصحي Sanitary Landfill:

يعتبر الطمر الصحي من أكثر طرق التخلص من المخلفات انتشاراً. من أجل اختيار موقع الطمر نقوم بإنشاء ما يسمى دائرة التأثير (الإيضاح) التي تشمل كل المناطق التي تجمع منها المخلفات. تقارن عدة مواقع من أجل الطمر الصحي ثم يتم اختيار واحداً منها، حيث تقوم الجهة المسؤولة بإجراء الدراسات (الهيدرولوجية، الجيولوجية، الطبوغرافية، والجيوتكنيكية) على الموقع المختار.

❖ مواصفات الطمر الصحي:

يجب على موقع المظمر الصحي أن يحقق الشروط التالية:

- 1- توفر المساحة أو السعة اللازمة للنفايات.
- 2- أن تكون المسافة بين المدينة والموقع قصيرة نسبياً وأن تتوفر الطرق الصالحة للوصول إليه.
- 3- أن تكون طبوغرافية الموقع وهيدرولوجيته مناسبة.
- 4- مراعاة الشروط المناخية في المنطقة وأخذ الاحتياطات من أجل التشغيل في الطقس الرطب.

- 5- مراعاة الشروط البيئية المحلية (كالضجيج والرائحة والغبار والحشرات الناقلة للأمراض ومتطلبات التحكم بالعوامل الجمالية).
- 4- أن لا يكون الموقع في مكان شديد الرياح للحد من تناثر الأوراق والبلاستيك وغيرها.
- 5- أن تتوفر في الموقع (إذا أمكن) التربة اللازمة لتغطية المخلفات.
- 6- أن ينسجم الموقع مع القوانين والخطط التنظيمية للمدينة وأن يكون بعيداً عن مناطق توسع المدينة.
- 7- أن يكون ثمن الأرض منخفضاً وتفضل المناطق ذات المردودية الاستثمارية المنخفضة.
- 8- لا يجوز توضع أراضي الطمر ضمن مساحات محددة بما يلي: بحيرات، برك، أراضي رطبة، أنهار، سهول فيضية، طرق عامة، مساحات سكنية، آبار التزويد بالمياه، مطارات. بالإضافة لذلك لا يسمح بتوضع موقع الطمر الصحي في الأماكن التي تؤدي إلى إفساد الآبار الجوفية أو مصادر المياه السطحية. وعند غياب اللوائح التي تحدد مسافات الأمان (Safe Distances) لبعد موقع الطمر عن مصادر المياه والنقاط الحساسة، يمكن اعتماد المسافات الواردة في الجدول رقم (1-2) [3]، [4]، [5].

الجدول رقم (1-2): المسافات الدنيا الفاصلة بين موقع الطمر الصحي وأهم النقاط الحساسة [3]

النقطة	المسافات الدنيا (m)
بحيرة أو بركة	300
نهر	90
آبار التزويد بالمياه	360
طريق عام أو حديقة عامة	300
المطارات	3030

❖ تشكّل الرشاحة في حقول الطمر الصحي:

تعرف الرشاحة (Leachate) بأنها السائل المرتشح من خلال النفايات الصلبة وتتشكل بشكل عام من تحلل النفايات الصلبة ومن الرطوبة الموجودة فيها مسبقاً، ومن مياه الأمطار الواصلة إليها، بالإضافة إلى المياه الخارجية التي تتسرب بطريقة ما إلى حقول الطمر. تتنوع العناصر الكيميائية وتختلف تراكيزها في الرشاحة ضمن مجال واسع. ويعد تركيب المخلفات، عمر حقل الطمر والمناخ العوامل الأساسية المسببة لذلك [5].

وبيّن الجدول رقم (1-3) المكونات الأساسية للرشاحة المتسربة من حقول الطمر الصحي مع مجالات تراكيزها [4].

الجدول رقم (1-3): المكونات الأساسية للرشاحة المتسربة من حقول الطمر الصحي [4]

القيمة mg/l عدا pH		المكونات
النموذجي	المجال	
10000	2000-30000	الطلب الحيوي للأوكسجين BOD ₅
6000	1500-20000	الكربون العضوي الكلي TOC
18000	3000-45000	الطلب الكيميائي للأوكسجين COD
500	200-1000	المواد الصلبة الكلية المعلقة TSS
200	10-600	النيتروجين العضوي
200	10-800	نيتروجين الأمونيا
25	5-40	النترات
30	1-70	الفوسفور الكلي
3000	1000-10000	القلوية CaCO ₃
6	5.3-8.5	pH
3500	300-10000	القساوة الكلية كـ CaCO ₃
1000	200-3000	الكالسيوم
250	50-1500	المغنزيوم
300	200-2000	البوتاسيوم
500	200-2000	الصوديوم
500	100-3000	الكلور ايد
300	100-1500	السلفات
60	50-600	الحديد الكلي

❖ تشكل الغازات في حقول الطمر الصحي:

تعتمد نوعية الغازات المتشكلة في حقول الطمر الصحي بشكل رئيسي على نوع المخلفات، وكما في مياه الرشح فإن كمية ونوعية غازات حقول الطمر تتغيران مع الزمن [3].

وبعد غاز ثاني أوكسيد الكربون وغاز الميثان، الغازين الأساسيين الناتجين عن التحلل اللاهوائي لعناصر النفايات الصلبة، إذ يشكلان 90 % من حجم الغازات الناتجة عن تحلل النفايات الصلبة في حقول الطمر. ويتجمع غاز الميثان بالقرب من حقول الطمر ولا يسبب أية مشكلة في حال وجود التهوية المناسبة، أما غاز ثاني أوكسيد الكربون ويسبب كثافته يميل إلى الحركة باتجاه الأسفل في حقول الطمر وقد يصل إلى المياه الجوفية، وينحل بسرعة في المياه مؤدياً إلى تخفيض pH مما يزيد في قساوة المياه وتركيز المعادن المنحلة من خلال انحلال كربونات الكالسيوم والمغنزيوم في المياه [4].

ويبين الجدول رقم (1-4) الغازات الناتجة عن حفر الطمر الصحي للمخلفات المعاشية الصلبة [3].

الجدول رقم (1-4): الغازات الناتجة عن حفر الطمر الصحي للمخلفات المعاشية الصلبة [3]

نوع الغاز	نسبته المئوية	صفاته
الميثان CH_4	50-60 %	مشتعل، أخف من الهواء
ثاني أكسيد الكربون CO_2	20-30 %	خانق، أثقل من الهواء
أول أكسيد الكربون CO	ضعيفة	سام
الأزوت N_2	15-25 %	خامد
الهيدروجين H_2	ضعيفة	قابل للاحتراق
النشادر NH_3	ضعيفة	روائح مميزة
كبريت الهيدروجين H_2S	ضعيفة	سام، ذو رائحة كريهة
أوكسجين O_2	2 %	-
بخار الماء H_2O	متغيرة	-
التوليين C_7H_8	ضعيفة	رائحة كريهة جداً

1-4-2-2- تحويل القمامة المنزلية إلى محسنات للتربة Compost:

يعد تحويل الفضلات العضوية (خضار، بقايا أطعمة، ..) الموجودة في المخلفات المعاشية الصلبة إلى مادة صالحة للاستعمال الزراعي، أحد الوسائل المتبعة في التخلص من القمامة والإقلال من مخاطرها البيئية.

تتحول المواد العضوية إلى كومبوست بوساطة الكائنات الحية الدقيقة الهوائية التي تتكاثر على هذه المواد وباعتبار أن المخلفات الصلبة تتكون من مواد عضوية قابلة للتحلل ومن مواد غير قابلة للتحلل، فإن كفاءة التحلل تتعلق بالتركيب العضوي كشرط مسبق. وكمثال هنا نورد قمامة مدينة اللاذقية التي تتكون من أكثر من 70 % مواد عضوية، والنسبة الباقية مواد غير قابلة للتحلل (بلاستيك، زجاج، معادن، قماش). وبشكل عام فإن نسبة المواد التي تتحول إلى كومبوست هي 50 % من المخلفات الداخلة إلى معمل المعالجة، والباقي مواد مرفوضة يجب التخلص منها بالحرق أو الطمر.

1-4-2-3- الترميد (حرق المخلفات) Incineration:

يعد الترميد أسلوباً لمعالجة القمامة كثير الشيع وواسع الانتشار في البلدان الصناعية المتقدمة (وصل عدد أفران ترميد القمامة في أوروبا الغربية عام 1980 إلى 2000 فرنًا)، خصوصاً أن القمامة المدينية تحوي نسباً كبيرة من المواد القابلة للاحتراق (أوراق، أخشاب، بلاستيك، ...) في تلك البلدان. تتحول معظم المواد المحترقة إلى غازات تخرج إلى الجو بعد تنظيفها مما علق بها من الشوائب، ونسبة صغيرة تتحول إلى ذرات وبقايا غير قابلة للاحتراق تطمر في أماكن خاصة. إن بقايا عملية الاحتراق (الخبث) لا تشكل خطراً على البيئة المحيطة، فهي عبارة عن مواد خامدة يمكن الاستفادة منها في ردم المنحدرات وتسوية المنخفضات دون أية مضاعفات بيئية [3].

1-5- استخدام طرق النمذجة الحاسوبية في دراسة تلوث مصادر المياه الجوفية والسطحية:

تعد نمذجة أنظمة المياه حالياً أفضل وسيلة متاحة للتنبؤ المستقبلي لأية مسألة مائية مهما كانت معقدة وهناك مجالات واسعة لاستخدامها تشمل البيئة المائية ومطامر النفايات والمناجم وغيرها. إذ يمكننا النماذج المبنية لتمثيل المياه الجوفية من التنبؤ بتغيرات ظروف ومناسيب المياه الجوفية وكذلك التنبؤ بتأثير الإجراءات المتخذة وذلك اعتماداً على نتائج سيناريوهات هذه النماذج، من أجل تقييم موارد المياه الجوفية، لما لذلك من فائدة في وضع الأسس والسيناريوهات المطلوبة على المدى البعيد، بهدف وضع الخطط الأمثل لإدارة موارد المياه المتاحة والاستخدام الرشيد لها.

يُعرّف النموذج Model بأنه تمثيل تقريبي للنظام أو للعمليات الحقيقية [6]، إذ يحاكي النموذج بشكل عام الخصائص المكانية والزمنية Areal and temporal properties للنظام، أو لأحد أقسامه، إما بطريقة فيزيائية (حقيقية) أو رياضية (تجريدية) [7].

إن النماذج التي تستخدم المعادلات الرياضية لوصف عناصر جريان المياه الجوفية تسمى رياضية، وتُعرف النماذج الرياضية Mathematical models بأنها أفكار تجريدية تمثل العمليات بصفاتها معادلات Equations، والخصائص الفيزيائية بصفاتها ثابتة أو معاملات في المعادلات، وتُمثل قياسات الحالة الراهنة أو الممكنة في النظام بصفاتها متغيرات [6].

يمكن استخدام نماذج المياه الجوفية لثلاثة أغراض عامة:

- للتنبؤ أو توقع التغيرات المحتملة الاصطناعية أو الطبيعية في نظام المياه الجوفية المدروس.
- لوصف النظام من أجل تحليل الافتراضات المتعددة حول طبيعته وديناميكيته. وتساعد النماذج على تقديم فهم أفضل للنظام والتخطيط للتغيرات المستقبلية.
- لإنشاء نظام افتراضي Hypothetical system يمكن استخدامه لدراسة مبادئ جريان المياه الجوفية المتعلقة بمسائل متنوعة أو مُحَدَّدة [6].

1-5-1- خطوات بناء النماذج لتمثيل جريان المياه الجوفية وانتقال الملوثات :

1-5-1-1- الاستكشاف وجمع المعلومات:

تتطلب نمذجة الملوثات في المياه الجوفية معلومات عن طبيعة المياه الجوفية وعن مصدر الملوثات، وكذلك معلومات عن سلوك تفاعل هذه الملوثات مع بعضها البعض ومع الطبقة الحاملة للمياه الجوفية. إن تجميع و ترتيب المعلومات والمستندات المتوفرة هو في جميع الأحوال أول خطوة عمل ببناءة في الوصول إلى بناء نموذج لتمثيل المياه الجوفية، وينبغي أن تساهم في هذا البحث جميع المؤسسات المتخصصة التي تعمل هيدرولوجياً وتقنياً في المجال المعني.

تحدد المسائل التي ينبغي الإجابة عنها من خلال النموذج نوع وحجم الاستكشافات، هذا وتفق كلفة الاستكشاف كلفة النمذجة المنحصرة بهيدروليك المياه الجوفية وحدها، إذ يتطلب الأمر وجود كثافة معلومات أكبر وعدد أكبر من القيم المميزة غير المعروفة بشكل جيد.

تتضمن الاستكشافات المبادئ الأساسية من أجل تحديد منطقة النموذج بامتدادها الأفقي والشاقولي، ومن أجل تعريف الشروط المحيطية والقيم المميزة الهيدروليكية والهيدروكيميائية والهيدروجيولوجية، ومن أجل تمثيل الظروف الفيزيائية والكيميائية المتغيرة فراغياً وزمنياً ضمن منطقة النموذج [8].

ويجب أن تشمل الاستكشافات ما يلي :

1- الأساس والمياه الجوفية والسطحية:

هنا يجب تحديد الشروط المحيطية كمصببات الأنهار ومصاريفها، وكذلك منسوب المياه الجوفية والنفاذية تجاهها، وظروف المياه السطحية المؤثرة ويقدم الجدول رقم (1-5) شرحاً توضيحياً عن المعطيات التي يجب تحريها ومصادر الحصول عليها.

الجدول رقم (1-5): المعطيات التي يجب تحريها خلال عملية الاستكشاف وجمع المعلومات ومصادر الحصول عليها [8]

المعطيات	مصادر المعلومات
الجيولوجيا	
أ) صخور متفككة: تسلسل الطبقات اضطرابات/لا تجانسات التوزيع الحي/المسامية ب) صخور صلبة: نوع الصخر، البناء التكتوني سطوح الفصل، اضطرابات	الخرائط الجيولوجية، المراجع، السبور التحريات الجيوفيزيائية، قطف العينات التجارب المخبرية الخرائط الجيولوجية، المراجع، السبور، سبور قلبية، قياسات السبور، تقييم الصور الجوية
المياه الجوفية وعمليات النقل	
• منسوب المياه الجوفية وتأرجحاته الينابيع وتصريفها • طوابق المياه الجوفية، اتجاه الجريان • سرعة جريان المياه الجوفية • النفاذية إزاء المياه، الناقلية، معامل التخزين	• الخرائط الهيدروجيولوجية، مؤسسات المياه الجوفية في المقاطعات الاتحادية، مراكز القياس في منشآت المياه أو في الآبار وغيرها، الآبار ومواضع قياس الماء الجوفي • محطات قياس المياه الجوفية، الحرارة تجارب Tracer، التجارب المخبرية، تجارب الضخ، تجارب التسرب، الارتشاح والإعصار، اختبارات الصدم بالمطرقة الساقطة
تركيب المياه الجوفية	
التركيب الكيميائي للمياه الجوفية، والقدرة على الحجز، وعمليات التبادل عمر المياه الجوفية، مدة التخزين	العينات، التحاليل الكيميائية، خرائط جودة المياه الجوفية، تحديد سلوك الامتزاز والعمليات الجيوكيميائية، التحديد الإشعاعي للعمر، التحليل النظائري
معطيات الطقس والمياه السطحية	
الساقط المائي/التبخير المياه السطحية وتأرجحات منسوب المياه	الأرصاد الجوية خرائط التربة دفاتر المياه السنوية

2- التربة:

يتضمن الاستكشاف الإحاطة بالتكوين الطبقي وبشكل خاص التقسيم إلى طبقات ناقلة للمياه الجوفية وأخرى ممانعة للمياه أو غير ناقلة لها ويبين الشكل رقم (2-1) تمثيلاً تخطيطياً لعوامل النفاذية المتوسطة للتربة المشبعة وغير المشبعة بالمياه الجوفية وعلاقتها بالتركيب الحبي لهذه التربة [8].



الشكل رقم (2-1): نفاذية التربة المفككة اعتماداً على التوزيع الحبيبي [8].

3- المواد الموجودة في المياه الجوفية:

و هنا يجب معرفة معلومات عن طبيعة ونوع الملوثات والمواد الموجودة في المياه الجوفية.

من أهم المواد العضوية المحتمل وجودها في المياه الجوفية والتي يجب دراستها:

- 1- الاحتياج الكيميائي للأوكسجين COD.
- 2- الاحتياج الحيوي للأوكسجين BOD.
- 3- المحتوى الكلي من المواد المنحلة TOC.
- 4- الزيوت المعدنية والمواد الهيدروكربونية المشابهة.
- 5- النفط والمواد الهيدروكربونية العطرية الأخرى بما فيها الهيدروكربونات العطرية متعددة الحلقات.
- 6- الهيدروكربونات الهالوجينية .

أما المواد غير العضوية فأهمها:

- 1- ثاني أكسيد الكربون المنحل أو النقي وحمض الكربون.
- 2- الملح (كلور الصوديوم).
- 3- السولفيد، السلفات (الكبريتات).
- 4- النترات، النتريت، الأمونيوم.
- 5- الحديد والمغنسيوم.
- 6- المعادن الثقيلة الأخرى.

4- انتشار المواد (الانتقال) في المياه الجوفية:

إن آليات الانتقال الأساسية بالنسبة للمواد المذابة في المياه الجوفية هي:

1- الانتقال الأفقي Advection :

هو حركة المواد مع المياه في اتجاه جريان المياه الجوفية ويسمى أيضاً بالانتقال بالحمل. وتتحدد حركة المياه الجوفية في الجزء الأكبر منها بالانتقال الأفقي والذي يتعلق مقداره واتجاهه بالميل الهيدروليكي الموجود .

2- الانتشار Diffusion :

الانتشار الجزيئي هو عبارة عن عملية توازن فيزيوكيميائية يتم فيها تحرك الجزيئات من المناطق ذات التركيز الأعلى إلى المناطق ذات التركيز المنخفض، غير أن مساهمة الانتشار في النقل يمكن إهمالها إزاء المؤثرات الأخرى .

إذ يلعب الانتشار دوراً فقط في الطبقات القليلة النفاذية الممانعة للمياه الجوفية وحتى في الطبقات غير الناقلة، وعادةً يتم أخذه بعين الاعتبار ابتداءً من قيم النفاذية $K_f \geq 10^{-9} \text{ m/s}$ ، ويتم تحديد معاملات الانتشار بوساطة التجارب المخبرية .

3- التشتت Dispersion :

التشتت هو عملية ميكانيكية ويمكن أن يحدث في الاتجاهين الطولي والعرضي. يؤدي التشتت الذي يفرضه هيكل الحبيبات إلى تخفيض ميل التركيز ويحدث نتيجة الفروقات في حجم المسامات، إذ يتشكل مقطع غير منتظم للسرعة ضمن الفتحة المسامية مما يؤدي إلى انعطاف الجريان من خلال الهيكل الحبيبي المتين. يحدث التشتت الطولاني في اتجاه الجريان وتسببه السرعات المختلفة الملحوظة، كما يحدث عندما تتحرك جزيئات السائل عبر المسامات العريضة والأقل تعرجاً. أما التشتت العرضاني فيحدث باتجاه متعامد مع الجريان نتيجةً للانفصال والانحراف المتكررين للجريان عبر جزيئات التربة في المستودع الجوفي [8]، [9].

5- العمليات الفيزيائية- الكيميائية التي تخضع لها المواد الموجودة في المياه الجوفية:

تشمل الإحاطة بالعمليات الفيزيائية - الكيميائية معرفة معلومات عن سلوك وتفاعل الملوثات والمواد الموجودة في المياه الجوفية مع بعضها البعض ومع الطبقة الحاملة للمياه الجوفية وتشمل:

1- الامتزاز Adsorption:

هو عملية تلتصق فيها الجزيئات على سطح المواد الصلبة بتأثير قوى الكهرباء الساكنة، مثل قوى فاندر فالس van - der - vals، أو الجسور الهيدروجينية. وتبعاً لنوع هذا الارتباط يكون الامتزاز عكوساً أو لا عكوس، وعندما يكون عكوساً يسمى بالامتزاج (Desorption).

2- التبادل الأيوني Cation and Anion Exchange:

في هذه العملية تمتاز الصخور على سطوح حبيباتها كمية من الشوارد الموجودة في المياه الجوفية، في حين تتحرر من الصخور إلى المياه الجوفية كمية من الشوارد معادلةً في شحنتها لتلك الشوارد التي امتزتها.

3- العمليات الميكروبيولوجية:

تنتج هذه العمليات عن النشاط الحيوي للعضويات الدقيقة (النباتية والحيوانية) والتي تساهم في:

- 1- عزل الفضلات الكربونية.
- 2- استهلاك الأوكسجين المتوفر وخلق بيئة لا هوائية.
- 3- المشاركة في تفاعلات الشوارد المعدنية.
- 4- أكسدة أو اختزال المركبات اللاعضوية.

4- الانحلال Dissolution والانحلال الجزئي Leaching:

الانحلال Dissolution: هو انتقال مادة (عضوية أو لا عضوية أو غازات) من الوسط المحيط (بما فيه الصخور الحاملة للمياه) إلى المياه بشكل أيوني- جزيئي.

الانحلال الجزئي Leaching: هو انتقال فلز Mineral إلى محلول المياه الجوفية دون أن تتحطم شبكته البلورية [5]، [8].

1-5-1-2- إعداد النموذج الاعتباري (التصميمي) Conceptual Model:

يسبق عملية النمذجة العددية الحقيقية إنشاء تمثيل تخطيطي ورمزي للنظام الواقعي الحقيقي وهو ما يسمى غالباً بالنموذج التصميمي. ويتم فيه وضع معلومات عن الموازنة المائية وبارامترات الطبقة الحاملة والإجهادات الهيدرولوجية عليها وكذلك الشروط المحيطية الطبيعية والحالات الحدية. هذا وتحسن عمليات المعايرة والنمذجة الرقمية من النموذج المصمم بشكل متعاقب عن طريق عملية تكرارية iteration وتجعلانه أكثر دقة [8].

1-5-1-3- التوصيف الرياضي للعمليات الفيزيائية (المعادلات الحاكمة Governing Equations):

يتألف النموذج الرياضي من جملة من المعادلات الأساسية التي ينبغي أن تملك حلاً واضحاً من خلال اختيار الشروط الابتدائية والمحيطية المناسبة. ويبين الجدول رقم (1-6) تلخيصاً للعمليات الفيزيائية القابلة للنمذجة في المياه الجوفية والمعطيات اللازمة لها وكذلك الصعوبات التي يمكن مواجهتها [7]، [8].

الجدول رقم (1-6): تلخيص العمليات الفيزيائية القابلة للنمذجة في المياه الجوفية والمعطيات اللازمة [8]

العمليات الفيزيائية	معطيات الادخال	الاستخدام في النموذج كـ	الصعوبات
الجريان المشبع	المعطيات الهيدرولوجية التوزيع الفراغي للنفاذية هيدروليكية kf بدلالة تباين الخواص والمسامية ومعامل التخزين S النوع (غير نفوذ؟) وهندسة والشكل الهندسي لمخطط منطقة النموذج المعطيات الهيدرولوجية مناسيب المياه الجوفية في المنطقة المدروسة معدلات الجريان الخارج والداخل (مثل الكميات المسحوبة) التبادل مع المياه السطحية	متحولات المعادلة شروط محيطي حالة بدائية، قيم المقارنة حد المعادلة / شرط محيطي حد المعادلة / شرط محيطي	قيم kf تتعلق بمقياس طريقة التحديد وتعلق عملية الانتقال بشدة بتوزيع kf على الأغلب عملية تقدير للجيولوجيين أو الهيدرولوجيين عوامل التسرب لا يمكن

قياسها عملياً وبذلك ينبغي معايرة القيم	حد المعادلة	(عوامل التسرب ومقاومة المياه السطحية) تغذية المياه الجوفية من الأمطار	
الإعاقة في المنطقة غير المشبعة عند الحساب بطريقة الجريان غير المستقر	متحولات المعادلة	التشتتية الطولية والعرضية	انتقال الكواشف التقليدية
متعلق بمقياس التجربة وبالاتجاه	متحولات المعادلة	الكثافة واللزوجة (اللزوجات الكيميائية) للمواد الضارة السائلة	
التوصيف الواقعي لمناطق فصل الجبهة الكثيفة هو صعب (غالباً ما يكون تداخل حاد (Sharp interface)	شرط محيطي	الذوبانية في الماء	
	حالة بدائية، حد المعادلة / شرط محيطي	الجريانات الكتلية: التمهيد النقطي (آبار الشفط، التسربات...) التركيز ومعدلات التسرب النقطية، كتلة المواد المخلوطة بسرعة. النقل الخطي (مياه الجريان، تمديدات غير عازلة): معدلات التركيز والرشح في واحدة الأطوال النقل المساحي (الزراعة، التساقطات (Fallout): معدلات التركيز والرشح في واحدة المساحة	
تمثيل عدم تجانس الأساس من خلال نموذج، غير ممكن وفق المقياس المطلوب	حد المعادلة	حدود الامتزاز والامتصاص أو معامل الإعاقة	إضافياً عند انتقال المواد غير التقليدية المختواه في الماء
أخذ التفاعلات الكيميائية بالاعتبار في نماذج الانتقال لا يزال في طور البداية	كأعلاه كأعلاه كأعلاه	زمن نصف القيمة للمواد المشعة ثوابت توازن التفاعلات الكيميائية معدلات التفكك الجراثومية	

إن معادلة جريان المياه الجوفية غالباً ما تكون مشتقة من ثلاث علاقات أساسية هي:

- علاقة دارسي.
- علاقة الاستمرار.
- قانون انحفاظ المادة (توازن الكتلة).

ونتيجةً لذلك نحصل على المعادلة الكاملة التي تصف انتشار المواد المحتواة في المياه الجوفية كما يلي :

$$\frac{\partial}{\partial t} \left[\underset{\substack{\uparrow \\ 1+2}}{\rho \ n \ C + \rho_F (1-n) \ C_a} \right] = \underset{\substack{\uparrow \\ 3}}{\frac{\partial}{\partial x_i} \left[n \ (D_d + D_{i,j}) \frac{\partial \rho C}{\partial x_j} \right]} - \underset{\substack{\uparrow \\ 4}}{\frac{\partial}{\partial x_i} (n \ \rho \ C \ v_a)} - \underset{\substack{\uparrow \\ 5}}{q * \rho_P \ C_P} - \underset{\substack{\uparrow \\ 6}}{F}$$

حيث : 1: التخزين.

2: الامتزاز.

3: الانتشار والتشتت.

4: الانتقال الأفقي (بالحمل).

5: حد خاص بالمنبع.

6: الحد العام لتفاعل التفكك.

و حيث ρ : الكثافة الوسطى للسائل في عنصر الحجم $(M.L^{-3})$.

n : المسامية.

C : التركيز $(M.L^{-3})$.

ρ_F : كثافة النسيج الحبيبي $(M.L^{-3})$.

C_a : تركيز المواد المحتواة الممتزة منسوبةً إلى ρ_F .

$D_{i,j}$: معاملات التشتت.

V_a : سرعة الجريان المتوسطة $(L.T^{-1})$.

ρ_P : كثافة المواد المحمولة والمفرغة بالمنبع $(M.L^{-3})$.

C_P : تركيز المادة المحمولة من المنبع أو المفرغة في المستقر $(M.L^{-3})$.

F : حد عام خاص بتفاعلات التفكك.

1-5-1-4- النموذج العددي (الرقمي):

إن المبدأ الذي يستند إليه مثل هذا النموذج هو حل المعادلات التفاضلية الجزئية التي تصف الجريان الجوفي وانتقال المحلول رياضياً بواسطة الطرائق الرقمية. هناك نوعان أساسيان من الطرائق الرقمية تلاقيان قبولاً جيداً في حل معادلات جريان المياه الجوفية هما:

- 1- طريقة الفروق المنتهية (Finite – Difference Methode) (FDM): هي طريقة حساب عددية تجزئ الفراغ (المجال المدروس) تجزئاً منتظماً إلى أجزاء متجانسة مستطيلة الشكل.
 - 2- طريقة العناصر المنتهية (Finite – Elements Methode) (FEM): هي طريقة حساب عددية تجزئ منطقة البحث إلى عناصر متجانسة ذات أطراف مائلة ومنحنية .
- ومن المميز بالنسبة إلى هذه الطرق أن الحل هنا غير مستمر ولكنه محسوب فقط في نقاط محددة سلفاً هي العقد، أما بين العقد فيمكن اعتبار الحل ثابتاً، أو يمكن مقارنته بواسطة توابع الاستكمال الخطي Interpolation [6]، [8].

1-5-1-5- معايرة النموذج Calibration:

هي عملية تتم فيها ملاءمة قيم المتحولات في النموذج الرياضي بحيث ينتج أفضل تطابق ممكن بين القيم المقاسة (الحقلية) والقيم المقدرة (الحسابية). تتبع عملية المعايرة الفترة الزمنية التي جمعت فيها بيانات النموذج، وكلما طالت تلك الفترة كلما كان النموذج أكثر دقة.

1-5-1-6- تحليل الحساسية Sensitivity Analysis:

يتأثر النموذج المعايير بعدم الاستقرار الناتجة من عدم التحديد الدقيق لتوزيع قيم البارامترات ضمن المجال المدروس، كما يوجد عدم استقرار في تحديد الشروط الحدية والإجهادات. فيهدف تحليل الحساسية إلى تحديد التأثيرات الكمية لقيم البارامترات غير المؤكدة.

1-5-1-7- تقييم دقة النموذج - مصدر وأنماط الأخطاء:

عند الحصول على نتائج النموذج لا بد من السؤال عن مدى دقة وصحة هذه النتائج. هناك نوعان من الأخطاء الناتجة عن دراسة النمذجة:

- 1- أخطاء حسابية: تنتج من خطوات العمليات العددية التقريبية لحل المعادلة المتحكممة. ونقدر هذه الأخطاء عادةً بتطبيق معادلة الاستمرار ومبادئ حفظ الكتلة (التخزين = الداخل - الخارج).
- 2- أخطاء المعايرة: تعود هذه الأخطاء إلى افتراضات النموذج وحدود البارامترات، وتقاس بمقارنة القيم المتوقعة للنموذج مع القيم المقاسة حقلياً [6]، [7]، [8].

1-6- عرض بعض مشكلات تلوث مصادر المياه الجوفية والسطحية في بعض مدن

العالم:

ركز العديد من الدراسات والأبحاث العلمية خصوصاً في السنوات الأخيرة على دراسة جودة مصادر المياه الجوفية والسطحية ومشاكل تلوثها بشكل عام، ودراسة تلك المجاورة لمطامر المخلفات الصلبة والمتأثرة بالرشاحة الناجمة عنها بشكل خاص، والتي اعتمدت بمعظمها على تطبيق عمليات النمذجة والمحاكاة للملوثات. ومن هذه الأبحاث:

- طبقت طريقة النمذجة العددية لدراسة الجريان غير المستقر الناجم عن مطمر صحي. حيث مكن النموذج الناتج من التنبؤ بعمق الإشباع الأعظمي في طبقة الدريناج والذي يمكن عند معرفته من حساب تصريف الدريناج الأعظمي والذي بدوره أيضاً يمكن من تصميم أنبوب الدريناج المسامي اللازم لتصريف الرشاحة من المكب [10].

- ومن أجل التنبؤ بحركة الملوثات ضمن البيئة المستتعية التي يتم تصريف الرشاحة إليها من مكب Alice and Fraser الذي يقع في منطقة Ontario استُخدم نموذج الفروق المنتهية متعدد الأبعاد المعتمد على معادلة الانتقال الأفقي - التشتت من أجل التنبؤ بهجرة الملوثات. وتم تكييف النموذج مع كل من الخصائص الهيدرولوجية للمستتق وتدفق المياه الجوفية وسعة الامتصاص والتحلل للتربة العضوية. فأظهرت نتائج النمذجة أن تربة المستتق تمتلك من السعة ما يعيق بشكل فعلي هجرة أصناف الملوثات المتعددة الموجودة في رشاحة المكب [11].

- وبغرض تقييم أثر الرشاحة الناجمة عن المطامر على جودة ونوعية المياه الجوفية في المنطقة المحيطة بها أجريت دراسة على مكب في منطقة أثينا، تم فيها مراقبة عدد من البارامترات الفيزيائية والكيميائية بما فيها المعادن وذلك بأخذ عينات من مواقع متعددة تغطي مساحة 3km من المكب. فأظهرت النتائج المخبرية أن جودة المياه الجوفية تتأثر بشكل كبير بالرشاحة حيث أن معظم البارامترات المختبرة أظهرت تراكيزاً متزايدة [12].

- أما من أجل تقييم الموثوقية لأداء أنظمة مراقبة المياه الجوفية في مواقع مكبات النفايات فقد استخدم تحليل Monte-Carlo لإدخال بارامترات عدم الموثوقية، حيث اعتبرت الناقلية الهيدروليكية وموضع التسرب كمغيرات عشوائية في توابع الكثافة الاحتمالية الموصوفة. وتمت مزوجة موديل للمياه الجوفية بطريقة الفروق المنتهية مع موديل لتتبع أثر جسيم عشوائي يحاكي مسار ملوث متسرب من المكب من أجل كل تحقيق لـ Monte-Carlo، فأظهرت التحاليل أن لدرجة التشتت الجانبي تأثيراً هاماً على موثوقية نظام المراقبة باعتبارها البارامتر الأساسي في مراقبة اتساع بقعة الملوث. وخلصت الدراسة

إلى أن موثوقية الممارسة التي كانت متبعة بوجود ثلاثة آبار مراقبة غير كافية لمنع تلوث المياه الجوفية من المكبات [13].

• وفي دراسة أجريت من أجل محاكاة انتقال وتغير الملوثات السائلة عبر عمود تربة من السطح إلى المياه الجوفية تم استخدام نموذج رياضي وحاسوبي يدعى LEACHM (Leaching Estimation and Chemical Model) لمحاكاة أصناف السيلينيوم مثل (selenate, selenite and selenomethionine) بالإضافة إلى المبيدات والنتروجين. بني الموديل على معادلة توازن الكتلة المتضمنة كلاً من الانتقال بالحمل، الانتقال بالتشتت، الامتزاز السطحي، والأكسدة والإرجاع، بالإضافة إلى التحولات البيولوجية والكيميائية. وحلت المعادلات رقمياً بطريقة الفروق المنتهية. كان الاستنتاج الأساسي من هذه الدراسة هو أنه كلما تقدمت المحاكاة في الزمن اقتربت تراكيز أصناف السيلينيوم المختلفة من القيم المقاسة [14].

• ولدراسة الخزان الجوفي الأيوسيني الذي يقع في الحوض الشمالي الشرقي في الضفة الغربية من فلسطين، تم إنشاء نموذج رياضي باستخدام برنامج MODFLOW من أجل تقييم كمية المياه التي يعطيها الخزان سنوياً وإجراء الموازنة المائية له، وكذلك لتحديد اتجاهات حركة المياه الجوفية في داخل الخزان الجوفي. فأشارت النتائج إلى أن النموذج لا يعمل إلا على مستوى هيدروليكي ابتدائي للمياه الجوفية لا يقل عن 340 م فوق سطح البحر. كما أظهر النموذج تطابقاً بين مستويات المياه وتدفق الينابيع المقاسة والمحسوبة، وتبين كذلك أن خطوط تدفق المياه الجوفية تتجمع وتتكثف باتجاه الشمال والشمال الشرقي للحوض مما يشكل حفرة بالوعية (sink) [15].

• وفي دراسة أجريت على منشأة مكب بسعة 2000 طن/ يوم يقع في أستراليا تم تطوير نموذج عددي ثنائي الأبعاد من أجل نمذجة تصريف المياه والملوثات المرتبطة بها من المكب إلى أقرب طبقة للمياه الجوفية. تمثل الهدف بتقييم هجرة الرشاحة من المكب من أجل السيطرة على الآثار البيئية المرتبطة بها، ولا سيما على المياه الجوفية. حيث تم في هذا المشروع تقدير كمية الرشاحة ومحاكاة انتقال الملوثات إلى سطح المياه الجوفية باستخدام نموذج (HELP) Hydrologic Evaluation of Landfill Performance وأظهرت خطوط تساوي التراكيز لأجل (5, 25, 50, 75) سنة من بعد وصول الرشاحة إلى سطح المياه الجوفية أنه حتى بعد 75 سنة لن يصل الملوث إلى المجرى المستقبلي وبذلك تحقق المياه المواصفات التي تجعلها صالحة لاستخدامها كمياه للشرب [16].

• ولدراسة تلوث طبقة المياه الجوفية الناجم عن مكب Bhalaswa في مدينة New Delhi، تم تحديد تراكيز الملوثات الأساسية في المياه الجوفية كالكلوريد و COD وغيرها. وأظهرت نتائج المحاكاة المطبقة على انتقال الكلوريد من موقع المكب أن تراكيز المحاكاة التي نتجت عن استخدام نموذج انتقال

أحادي البعد كانت متطابقة ومنسجمة مع التراكيز المقاسة له على بعد بقطر 75m من موقع المكب. مما يستدعي توجيه عناية ملحة باتجاه التزود بالمياه الجوفية من تلك المنطقة [17].

- ولمحاكاة سلوك نظام التدفق تحت ضغوط مختلفة في طبقات المياه الجوفية غير المحصورة طبق نموذج ثلاثي الأبعاد يعتمد طريقة الفروق المنتهية (finite-difference method) وذلك في سهل Bou-Areg الذي يقع على ساحل البحر الأبيض المتوسط شمال شرق المغرب، والذي يحتوي على اثنتين من التكوينات الرسوبية. وكانت قد استخدمت حزمة النمذجة MODFLOW المطبقة في نظام نمذجة المياه الجوفية (GMS) لهذا الغرض. وأظهرت نتائج المحاكاة أن التقلبات في الضغوط الهيدروليكية تعتمد على التغيرات الموسمية في التغذية الطبيعية من هطول الأمطار ونظام الري. وقد اعتمدت سيناريوهات مختلفة للتنبؤ باستجابة النظام الجوفي في ظل ظروف مختلفة [18].

- وتناولت دراسة أخرى توضع شبكات مراقبة المياه الجوفية والسطحية، وبيّنت أشكال العلاقة بينهما، وتقدير عملية التغذية بتأثير الهطل المطري والري. وتم التوسع في بحث طريقة موازنة رطوبة التربة، التي تُعدّ الطريقة المباشرة لتقدير التغذية اعتماداً على البيانات الحقلية، إضافةً إلى طرائق أخرى تعتمد على التجارب الحقلية لتقدير التغذية باستخدام البيزومتري، أو تحديد حركة المشعرات ضمن التربة مع الزمن [19].

- وفي دراسة أخرى تم شرح تقانات التحري عن المياه الجوفية، وأنواع شبكات المراقبة، وتصميمها، وطرائق مراقبة أعماق المياه الجوفية وكميتها ونوعيتها، وإدارتها [20].

- كما تناول مجموعة من الباحثين دراسة البحث في أشكال العلاقة المتبادلة بين المياه السطحية والجوفية، والطرائق الحقلية لتحديد التبادل بينهما، وخصائص الطبقة المائية، وتجارب الضخ والسكب [21].

- هذا وتم استخدام نموذج موازنة مياه التربة - المياه الجوفية - Soil water balance - groundwater model، لتحديد تدفقات التبادل بين المياه السطحية والجوفية وتغذية المياه الجوفية في الأحواض الموجودة في النموذج المثالي لمصبطة الفيضان في الأحواض المنخفضة لـ Central European Lowland Floodplain catchment في الأراضي المنخفضة الشمالية الشرقية الألمانية Northeast German lowlands، مع الأخذ بالحسبان التبادل المتغير في المنطقة الانتقالية بين المياه الجوفية والمياه السطحية. وبيّنت نتائج النمذجة أن هنالك جريانات تبادل أساسية بين النهر والمياه الجوفية، التي تخضع إلى تغيير مكاني وزماني شديد، ووجد أن المياه السطحية والجوفية تسيطر على ديناميكية تغذية المياه الجوفية في مصبطة الفيضان، ويفوق تأثيرها الرشح الشاقولي والمياه التي تأخذها الجذور [22].

• وأثبتت دراسة أجريت في منطقة Wakool أن للهطل المطري تأثيراً مهماً في تغيرات عمق سطح المياه الجوفية الحرة، حيث تراوح معامل الارتباط بين الهطل المطري وتغير سطح المياه الجوفية (R) بين 0.84~0.95 للفترات الزمنية المعتمدة [23].

• ولقد بينت دراسة أجريت في تايوان أن منسوب المياه الجوفية يعتمد خطياً على كمية الهطل المطري الفعّال التراكمي، بعد إزالة المؤثرات الأخرى كالضغط الجوي، والهزات الأرضية، والمد الأرضي باستخدام برنامج BAYTAP-G. ووضعت معادلة رياضية للعلاقة بين زيادة منسوب المياه الجوفية وكمية الهطل المطري الفعّال التراكمي، فتبين أن الهطل المطري الذي يحدث في الأحواض الساكبة المجاورة يسبب تغيرات في مناسيب المياه الجوفية. وأن الشدة الأصغر للهطل المطري لفترة طويلة تُحدث تغيرات كبيرة لمنسوب المياه الجوفية، مقارنة مع الشدة الأعظمية له لفترة قصيرة [24].

• وأظهرت دراسة أجريت على الحوض الجوفي Bethamangala في الهند أن تغذية المياه الجوفية تتأثر بنوع التربة أكثر من تأثرها باستخدام الأراضي، وأن موازنة المياه الجوفية تعتمد على مقدار السحب منها أكثر مما تعتمد على معدل التغذية. وتوافقت معدلات التغذية المقدرة، الناتجة من المحاكاة مع معدل التغذية المقدّر باستخدام طريقة ارتفاع منسوب المياه Water table rise method وبيّنت النتائج أن الأعمال الزراعية الحالية التي تُحدث تغذية بمقدار 70mm/y للمياه الجوفية، قد تكون مستدامة [25].

• وفي دراسة أخرى تم عرض تقانات التحري عن المياه الجوفية المتضمنة قياس مناسيب المياه الجوفية، وقياسات الهطل المطري والتبخر، وتقدير تغذية المياه الجوفية، إضافة إلى نوعيتها وإدارة البيئية لها، وقد وضّح ذلك بأمثلة عن مخططات تنمية موارد المياه الجوفية المستدامة وغير المستدامة على مقاييس كبيرة وإقليمية، إضافة إلى أمثلة عن التقانات الحديثة لإدارة المياه الجوفية [26].

• وأوضح مجموعة من الباحثين أن العلاقة بين التبخر من سطح المياه الجوفية الحرة ETg وعمق سطح المياه الجوفية WTD، ليست منحني بسيطاً لنقصان معدلات التبخر عندما يكون منسوب المياه الجوفية عميقاً كما اقترح باحثون آخرون. وتختلف العلاقة بين ETg و WTD بشكل واضح بين المروج الخضراء الرطبة meadows والسهول playas، مبيّنة أن النماذج يجب أن تأخذ بالحسبان مصدر المياه. ففي المروج الخضراء تكون العلاقة بين ETg و WTD متوافقة، على عكس الأراضي السهلية [27].

• وبين بحث آخر تأثير تسرب مياه العاصفة في مناسيب المياه الجوفية، ضمن الطبقات الحاملة المتشبكة في المناطق المدنية باستخدام طريقة Fuzzy modeling، من أجل النمذجة الفعّالة للسلوك الديناميكي لمناسيب المياه الجوفية تبعاً لتغيرات شدة الهطل المطري في الطبقات المائية المتشبكة،

وطُوِّرت طريقة Fuzzy modeling التي تعتمد على تجزئة المجال الكلي لنظام فترة البيانات إلى فترات متعددة أصغر، وكل منها متعلق بنموذج Fuzzy صحيح محلياً. وتبيّن أن طريقة النمذجة المحلية باستخدام Fuzzy، أداة فعّالة لتصنيف البيانات المتاحة للإدخال والإخراج ضمن مجموعات تصف التشابه في السلوك الديناميكي لنظام المياه الجوفية بسبب الهطل المطري. وأعطت نتائج النمذجة تنبؤات بدقة كبيرة، وتمثيلاً تفسيرياً للسلوك الديناميكي لنظام المياه الجوفية [28].

- وفي دراسة أجريت من أجل نمذجة التبادل بين المياه الجوفية والسطحية لمنطقة الري في Murumbidgee استخدم برنامج MODFLOW مع MT3D ضمن بيئة PMWIN. فبني النموذج من أربع طبقات، وكل طبقة مؤلفة من 106 صفوف، و 113 عمود. واعتبرت فترة الإجهاد 30 يوماً لمحاكاة فترات الري وغيرها بخطوة زمنية قدرها يوم واحد. وبعد معايرة النموذج، استُخدم لمحاكاة السيناريوهات الممكنة لإدارة المياه الجوفية. فبيّنت نتائج بيانات البيزومتري والنموذج الرقمي هبوطاً عاماً في مناسيب المياه الجوفية في المنطقة. ويُعزى ذلك إلى أعمال إدارة المياه والأرض، إضافة إلى المناخ الجاف نسبياً خلال العقد الأخير. كما أنّ بعض المناطق مثل Yenda، Murrumbidgee، وبعض المناطق في Kooba، و Benerembah تملك معطائيات محدودة لتصريف المياه الجوفية. وهي معرضة لمخاطر ناجمة من مشاكل المياه الجوفية الحرة وملوحة التربة، إذا لم تُدرّ فعالية المحصول شتاءً وعند الري ضمن المقدرة الإقليمية لجريان المياه الجوفية [29].

- كما عرض باحثون أنواع نماذج المياه الجوفية، ومحاكاة أنظمة المياه الجوفية الثنائية والثلاثية الأبعاد، واستخدام كود Modflow 2000 [30].

- ومن أجل التنبؤ بنقصان التغذية للطبقة المائية الناتج من التغيّر المناخي في ولاية Washington، تم استخدام برنامج Visual Modflow فُوجِد أن هذا النقصان يكون بمقدار 5.6-6.3 % لفترة 2010-2039، محدثاً نقصاناً متغيّراً مكانياً في مناسيب المياه الجوفية التي تتراوح بين 0.05 م إلى أكثر من 0.25 م في معظم المناطق المرتفعة. ومن أجل سيناريو آخر لفترة 2040-2069 تناقصت التغذية بنسبة 12.7-14.6 % مسببةً هبوطات في مناسيب المياه الجوفية أكثر من 0.25 م في المناطق المرتفعة. وهذه المناسيب المنخفضة للمياه الجوفية ستؤدي إلى نقصان الميل الهيدروليكي من مناطق التغذية إلى مناطق الصرف، وسيبعثه نقصان في تصريف المياه الجوفية الذي يعدّ جرياناً أساسياً لتغذية المجاري المائية [31].

- ودرس باحثون تأثير التغيّر المناخي في تغذية المياه الجوفية في الحوض الساكب Grand River. حيث اعتمدت الدراسة على طريقة فيزيائية تُستخدم لوصف التأثير الزمني والمكاني للتغيّر المناخي على تغذية المياه الجوفية. واعتماداً على النموذج الهيدرولوجي HELP3، استُخدمت هذه

الطريقة لتقدير التغذية المحتملة للمياه الجوفية على مقياس كبير بتحليل عالٍ زمنياً ومكانياً. ووضع الباحثون نموذجاً لتأثير التغير المناخي بتغيير بارامترات الإدخال للنموذج باستخدام التغيرات المتوقعة في المناخ الإقليمي. فبيّنت نتائج النمذجة أنّه من المتوقع أن يزداد المعدّل الكلي لتغذية المياه الجوفية كنتيجة للتغير المناخي. وستسهم الشدّة الأعظمية، وتكرار الهطل المطري، إسهاماً مهماً في الجريان السطحي، بينما سيؤدي الاحتباس الحراري إلى زيادة معدل التبخر-النتح. وستقل درجات الحرارة الدافئة شتاءً فترة تجمد الأرض، وسينحرف الذوبان الربيعي من الربيع إلى الشتاء، ليسمح بتسرب مياه إضافية إلى باطن الأرض. وبيّنت الدراسة أنّ تأثيرات التغير المناخي يتبعها تغيرات مكانية كبيرة [32].

• ووضّحت دراسة أخرى الفرق بين طريقتي الفروق المنتهية والعناصر المنتهية عند حلّ المعادلات الحاكمة بالطرائق الرقمية، وتصميم النموذج وتطويره وتطبيقه. وعرضت أسس مراقبة المياه الجوفية، وتصميم أجهزة المراقبة، وطريقة أخذ عينات المياه الجوفية وتحليلها حقلياً أو مخبرياً، وتقويم هذه البيانات. وبيّنت أنّ تغيّر المناخ يؤثر مباشرةً في الموازنة المائية للمياه السطحية، وأنّ تأثيره غير مباشر في نظام المياه الجوفية، إذ إنّهُ يؤثر من خلال الشروط الحدية للتغذية والتصريف التي تصل نظام المياه الجوفية بالمياه السطحية، وأنّ تقدير تأثير تغيّر المناخ في المياه الجوفية يتطلب نماذج تركز على الشروط الحدية. ويمكن أن تُستخدم النماذج المتكاملة أو المزوجة للمياه السطحية والجوفية لتحديد تأثير المناخ. وقد استخدم النموذج الهيدرولوجي HELP3 مع برنامج GIS لتقدير التوزع المكاني لمعدلات تغذية المياه الجوفية، وتأثير المناخ في الحوض الساكب Grand River Ontario. لقد كان من الضروري استخدام GIS ونظام إدارة قواعد البيانات الارتباطية، نظراً للحجم الكبير من البيانات المطلوبة للنمذجة العددية للعمليات في الحوض الساكب على نطاق إقليمي. وبيّنت النتائج أنّ حوالي خُمس الهطل المطري الكلي يذهب لتغذية المياه الجوفية، وبلغ المعدّل الوسطي للتغذية تقريباً 200 mm/yr ، وأنّ هذه المنهجية قابلة للتطبيق على مقاييس متعددة [33].

• وبيّنت دراسة علمية كيفية إعداد النموذج الرقمي، وأنواع الشبكات المستخدمة وبارامترات الإدخال، والشروط الحدية للنموذج، وطرائق معايرته وصولاً إلى تحقيقه، واستخدامه للتنبؤ بوساطة Modflow، كما عرضت الطرائق المستخدمة للاستيفاء interpolation عند رسم خرائط مناسيب المياه الجوفية [34].

• وإدارة المياه الجوفية في موقع Mizunami Underground في منطقة Tono اليابانية طبّقت نمذجة المياه الجوفية بالتركيز على التنبؤ الدقيق لسلوك الضغط الهيدروليكي hydraulic pressure ضمن مجال الجريان. ركّزت هذه الدراسة بشكل أساسي على تطوير نموذج هجين وجديد، بجمع ميزات ونقاط القوة للنماذج الاعتبارية (نموذج جريان المياه الجوفية 3D FEM) والنماذج العشوائية (GA) و (ANN). واستخدمت النماذج الهجينة بعد ذلك للتنبؤ بتغيرات الضغط الهيدروليكي عند أعماق مختلفة،

بجوار مشروع البناء الذي يخلخل بوضوح نظام المياه الجوفية الموجود ونمط جريانها. وبيّنت الدراسة أن النموذج المطور (FEM-GA) مفيد للتقدير الوسطي لبارامتر الطبقات المائية الإقليمية، بوجود بيانات حقلية متوافرة أو قليلة، وهذا يعدّ خطوة مهمة نحو محاكاة نظام حقيقي، والتخطيط الفعال والإدارة لمصادر المياه الجوفية. وأعطى النموذج المهجن FEM-GA-ANN نتائج أفضل بكثير من نموذج FEM في التحقيق والتدريب في حالة الاختبار [35].

- واستخدم نموذج PRAMS لتحديد الإسهام النسبي لكل من الهطل المطري، ونمو أشجار الصنوبر، والضخ المتزايد في هبوط مناسيب المياه الجوفية في منطقة Gnangara Mound للفترة الممتدة بين 1993-2003. فبيّنت نتائج النمذجة أنّ 32% من الهبوط يحدث بسبب قلّة الهطل المطري، و38% بسبب زراعة الصنوبر، و23% بسبب زيادة الضخ من الطبقة السطحية، و7% بسبب الضخ من الطبقة المضغوطة [36].

- وفي إطار التعاون المائي السوري الهولندي قامت شركة DHV للمياه، والتي تهتم بمسائل إدارة الموارد المائية بإنجاز مشروع إدارة الموارد المائية لحوض الساحل وذلك بالتعاون مع مديرية الري العامة لحوض الساحل في اللاذقية. بدأ المشروع في شهر تشرين الأول 2002 بهدف وضع تصورات مستقبلية لتطوير الموارد المائية المتاحة في حوض الساحل السوري واقتراح استراتيجيات لحماية هذه الموارد من التلوث والنضوب. وفي شهر أيلول عام 2004 صدرت نتائج هذه الدراسة في ثمانية مجلدات تناولت فيها تقويم الظروف الهيدرولوجية في منطقة الدراسة، وإعداد نموذج رياضي مبسط لإدارة موارد المياه في حوض نهر الصنوبر [37].

- وفي عام 2005 نفذت الهيئة العامة للاستشعار عن بعد مشاريع مهمة في المنطقة الساحلية أهمها مشروع الإدارة المتكاملة لحوض الساحل بالاعتماد على المعطيات الطبيعية والبيئية والسكانية، وكان من بين أهم الأهداف المنجزة إعداد خرائط غرضية رقمية بمقاييس متوسطة 1/50000 تُستخدم كقاعدة بيانات وتُمكن من اتخاذ القرار من وضع خطط الاستثمار المطلوبة، إضافةً إلى دراسة أهم الملوثات في المنطقة الساحلية باستخدام طريقة جمع العينات الحقلية من التربة والمياه وتحليلها بهدف إعطاء صورة واضحة عن التلوث في المنطقة الساحلية. ثم أعدت عام 2008 بالتعاون مع الهيئة العامة للموارد المائية دراسةً استشعاريةً هيدرولوجيةً لحماية نبع السن من التلوث. حيث وضعت الدراسة مخططاً لتحديد نطاقات الحماية المقترحة لنبع السن، ورصدت حركة المياه الجوفية التي تتجه بشكل عام من الشرق إلى الغرب وبيّنت أن مصدر تغذية النبع بشكل أساسي من الجهة الشرقية والشمالية الشرقية [38]، [39].

• كما أجريت دراسة من أجل نمذجة تلوث مياه نهر العاصي في سورية باستخدام برنامج نظام المعلومات الجغرافي GIS. واعتمدت الدراسة على 33 نقطة مراقبة على طول المجرى لدراسة مؤشرات جودة المياه. واختبرت الباحثة صلاحية النموذج بحساب معامل الارتباط باستخدام برنامج (SPSS) بين نتائج التحاليل المخبرية لعينات المياه المأخوذة من المناطق المدروسة والنتائج المستوفاة (Interpolated) باستخدام برنامج GIS [40].

• وشرحت دراسة أجريت على مياه بحيرة مريوط في الإسكندرية/مصر كيفية إجراء التخطيط الإستراتيجي لإدارة الموارد المائية من خرائط تلوث المياه باستخدام برنامج GIS في ظل نقص المعلومات والبيانات المتاحة. فتوصلت الدراسة إلى أن تقانة الخرائط التي يؤمنها البرنامج تقدم للمخططين وصانعي القرار معلومات واضحة ودقيقة تساعد في اتخاذ القرار المناسب وإيجاد الحل السريع للمشكلة دون الحاجة إلى المزيد من الوقت للحصول على بيانات إضافية [41].

• هذا وتناول مجموعة باحثين دراسة تلوث المياه الجوفية ومراقبتها ونمذجتها، إضافة إلى دراسة تأثير التغيرات المناخية في المياه الجوفية، ودور نظام المعلومات الجغرافي في هندسة المياه الجوفية وتقويمها [6].

• وبيّنت دراسة أخرى تناولت التركيب الكيميائي للمياه الجوفية، وصلاحية مياه الينابيع والآبار للشرب في منطقة تغذية نبع السن، أنّ المياه صالحة للشرب من الناحيتين الكيميائية والجرثومية مع بعض التحفظات (حسب المواصفة القياسية السورية لمياه الشرب رقم 45) على تراكيز بعض الشوارد الكيميائية [42].

• وفي دراسة أجريت لتحقيق الحل الأمثل (الأمثلة) في إزالة الملوثات من وسط مائي جوفي استخدمت تقنية الخوارزميات الجينية (GAs). وتمثلت نتائج سيناريوهات النمذجة في تحديد المواقع المثلى للآبار التي من خلالها سيتم العمل على إزالة مخروط التلوث، وأعطت هذه الطريقة مرونة في التعامل مع الأنظمة البيئية المائية الحساسة [43].

• واستخدم في بحث آخر برنامج GMS- Groundwater Modeling System للتنبؤ بالتغيرات المتوقعة لموارد المياه الجوفية خلال فترات زمنية طويلة في سهل عكار جنوب مدينة طرطوس، بهدف تطويرها وإدارتها [44].

• ودرس باحثون آخرون الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمياه الجوفية، والعلاقة المتبادلة بين المياه السطحية والجوفية، وتداخل مياه البحر مع المياه الجوفية العذبة، وخصائص نظام المياه الجوفية الحرّة في الأراضي المروية [2].

• كما بحثت دراسة في تغيّرات مناسيب المياه الجوفية بتأثير العوامل الطبيعية والاصطناعية، وأسس نمذجة المياه الجوفية، وإدارتها، وحمايتها من التلوّث والنضوب [45].

• هذا وقامت المهندسة عبير سويد في عام 2009 بدراسة تغير مؤشرات تلوث المياه الجوفية فقط في محيط مكب البصة بالعلاقة مع الظروف الهيدرولوجية حيث تمت دراسة مؤشرات تلوث المياه الجوفية التالية (PO_4^- ، NO_3^- ، CL^- ، COD ، BOD_5)، ولكن لم يتم أخذ تلوث المياه السطحية والتلوّث بالعناصر الثقيلة بعين الاعتبار، كما لم يتم التطرق إلى استخدام طرائق النمذجة أو البرامج الحاسوبية للتنبؤ بحركة وتغير تراكيز الملوثات والرشاحة الناجمة عن المكب. وهذا ما سناحول دراسته واستكمالها في هذا البحث [46].

==☆==

الفصل الثاني

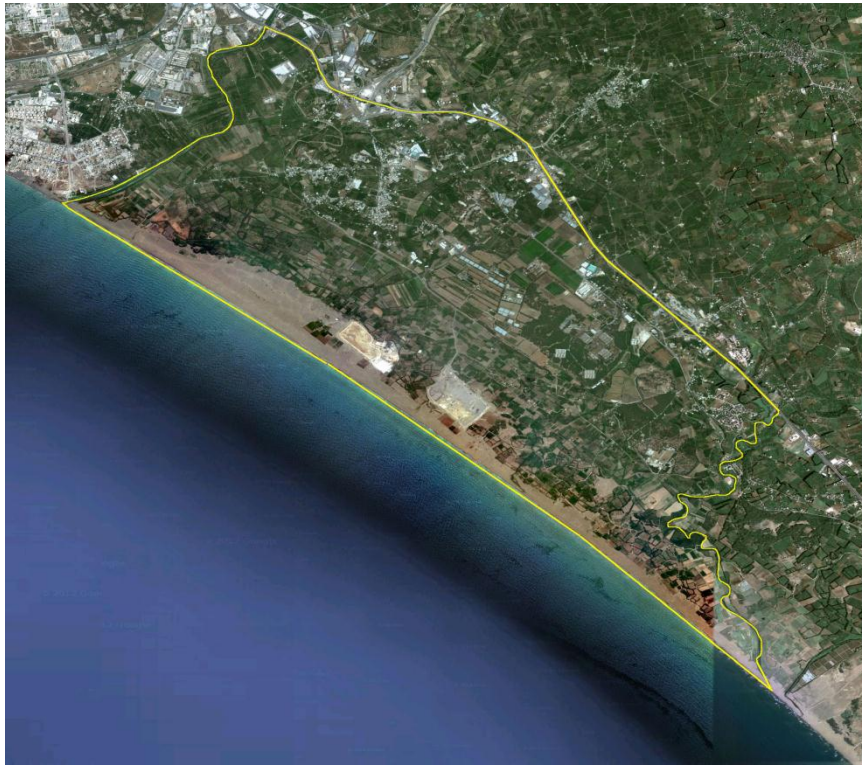
وصف منطقة الدراسة

The Describtion Of The Study Erea

2-1- الموقع:

تشكّل المنطقة المدروسة جزءاً من السّهل الساحلي لمحافظة اللاذقية. حيث تقع جنوب شرق مركز مدينة اللاذقية وتمتد بين خطي عرض $35^{\circ}31'14''$ و $35^{\circ}26'39''$ شمالاً، وبين خطي طول $35^{\circ}48'35''$ و $35^{\circ}53'30''$ شرقاً.

يحد المنطقة المدروسة من الجنوب الغربي البحر المتوسط، ومن الشمال الشرقي أتوستراد اللاذقية - طرطوس، ومن الشمال الغربي نهر الكبير الشمالي، ومن الجنوب الشرقي نهر الصنوبر، وتبلغ مساحتها حوالي 24 كم². ويبين الشكل رقم (2-1) حدود منطقة الدراسة.



الشكل رقم (2-1): حدود منطقة الدراسة.

2-2- الحدود المائية لمنطقة الدراسة:

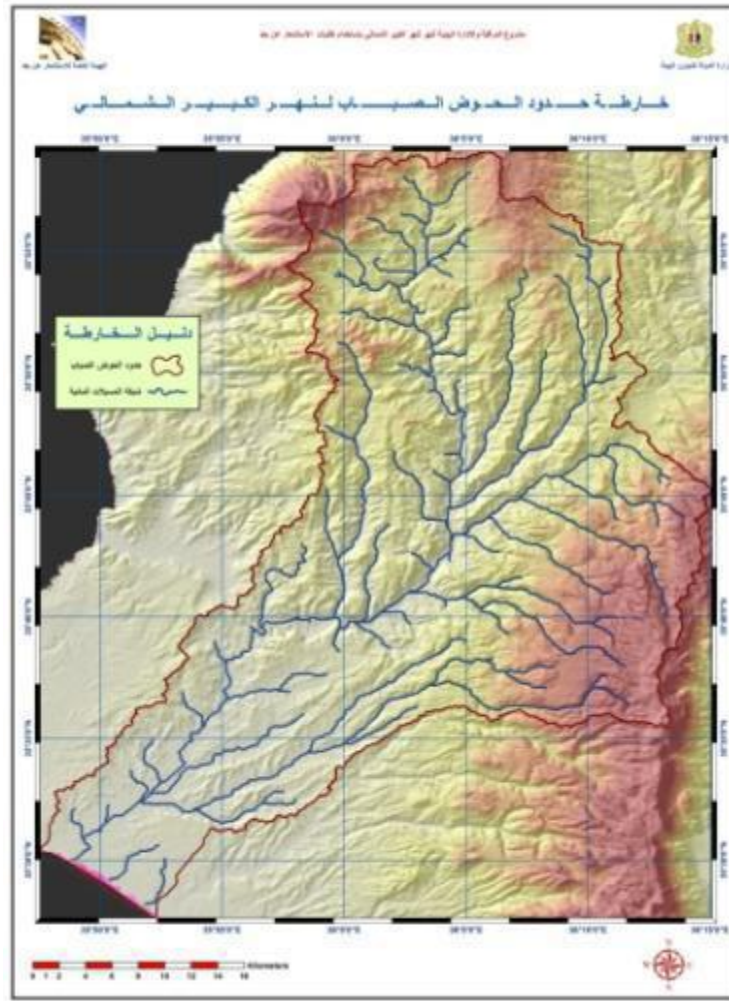
2-2-1- نهر الكبير الشمالي:

يعد نهر الكبير الشمالي من أكبر الأنهار الساحلية إذ يبلغ طوله ضمن الأراضي السورية 56 كم ويصل تدفقه الأعظمي إلى 40 م³/ثا وينحدر مجراه بشكل سريع حتى منطقة بناء سد 16 تشرين حيث يتحول النهر بعدها إلى سهلي لينحدر بشكل بسيط إلى أن يصل إلى مصبه. ويتميز حوض النهر بكثافة الغطاء النباتي وخصوبة الأراضي الزراعية.

ينبع نهر الكبير الشمالي من النهاية الشمالية الغربية لجبال اللاذقية وتحديداً من المرتفع الواقع عند الحدود التركية والمعروف بجبال الأنصاري على ارتفاع يتجاوز الـ (1100م) قطعاً مسافة (89) كم ليصب في البحر المتوسط على بعد 4 كم جنوب مدينة اللاذقية.

تبلغ مساحة الحوض الصباب لنهر الكبير الشمالي من منبعه إلى مصبه حوالي (1100) كم² يقع منها حوالي 173 كم² في الأراضي التركية و 929 كم² ضمن الأراضي السورية، بالنسبة للجزء الواقع ضمن الأراضي السورية يأخذ الحوض شكل مثلث كما يوضح الشكل رقم (2-2) تمتد قاعدته من شمال شرق صلنفة وحتى كسب على السفوح الجنوبية الشرقية لجبل الأقرع، وتشكل هذه القاعدة خط تقسيم المياه الذي يفصل بين حوض هذا النهر وحوض نهر العاصي ويتطابق خط تقسيم المياه المذكور مع قمم ذرا صلنفة (جبل النبي متى) وجسر الشغور مروراً بمرتفعات قرية بداما فذرا هضبة البابر وقمة الأقرع.

أما رأس المثلث فهو مصب النهر الذي يبعد 3 كم جنوب مدينة اللاذقية على البحر المتوسط، وبشكل الضلع الجنوبي لهذا الحوض خط تقسيم المياه الفاصل بينه وبين حوض نهر الصنوبر المسابر لمحور قرى (صلنفة، الحارة، مزار القطرية)، أما الضلع الشمالي الغربي للمثلث فيشكله خط تقسيم المياه لمحور قرى (كسب، عين البيضا) الذي يفصله عن حوض وادي قنديل ونهر العرب وبعض السواقي التي تصب في البحر مباشرة [47]، [48].



الشكل رقم (2-2): حدود الحوض المائي لنهر الكبير الشمالي.

يقع سرير نهر الكبير الشمالي ضمن السهل الساحلي حيث تنتشر الأراضي الزراعية والتجمعات السكانية على الجبال والهضاب وضمن السرير أحياناً وكذلك المنشآت الزراعية والحيوانية والمنشآت الصناعية. ولأن مجرى النهر منخفض عن المناطق المحيطة على جانبيه فإن جريان الملوثات من الأطراف إليه يعد سهلاً، الأمر الذي جعل من سرير النهر مجمعاً متاحاً لتوريد مختلف أنواع الملوثات التي يمكن حصرها بما يلي :

- ملوثات الصرف الصحي الناجمة عن التجمعات السكانية للقرى المجاورة.
- ملوثات ناجمة عن المبيدات والأسمدة الكيماوية المستخدمة للمزروعات.
- ملوثات ناجمة عن رمي النفايات والمخلفات الصلبة مباشرة في سرير النهر.
- ملوثات ناجمة عن المنشآت الصناعية (معامل رخام، كسارات، معامل بلوك).
- ملوثات موسمية ناجمة عن معاصر الزيتون، وتعد من أخطر هذه الملوثات.

وفي مسح ميداني أجرته الهيئة العامة للاستشعار عن بعد بالتعاون مع وزارة الدولة لشؤون البيئة تبين أن عدد التجمعات العمرانية ضمن الحوض الصباب وصل إلى 270 تجمعاً عمرانياً تتوزع على أكثر من 40 بلدية، وأن هناك 6 منشآت صناعية كبيرة، و 77 منشأة صناعية صغيرة، و 26 معمل رخام وجص، و 10 صناعات كيميائية، و 37 مستودعاً خاصاً وحكومياً، و 20 مبنى حكومياً، و 9 مرائب حكومية وخاصة، و 20 مطعمًا وفندقًا، و 20 استراحة وصالة أفراح، و 46 معصرة زيتون [49].

2-2-2- نهر الصنوبر:

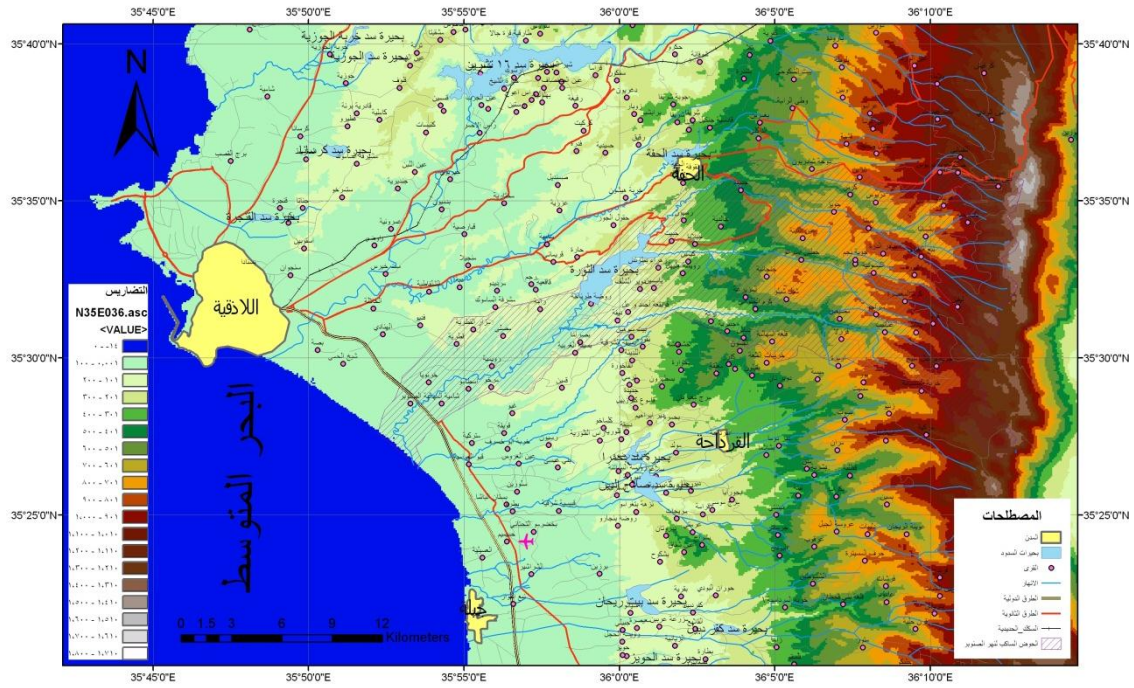
يعتبر نهر الصنوبر من أهم أنهار المنطقة الساحلية يحد حوضه من الشمال الغربي حوض نهر الكبير الشمالي، ومن الشرق حوض نهر العاصي، الذي تفصله عنه سلسلة جبال اللاذقية ويحده من الجنوب حوض نهر المضيق.

ينبع نهر الصنوبر من السفوح الغربية لسلسلة جبال اللاذقية على ارتفاع 1300 م، يتألف مجرى النهر من الحصى الصغيرة المستديرة، ومجراه متعرج كثير الالتواءات في بعض الأماكن. تنمو شجيرات كثيفة وأشجار حراجية على ضفتي النهر، وتستخدم المصاطب الجانبية التي ترتفع حوالي 4 م فوق سرير النهر كأراضي زراعية تنمو فيها أشجار الحمضيات والزيتون وبعض النباتات الحولية. يلتقي نهر الصنوبر عدداً من الروافد، منها نهر طرجانو وديفة، ويبلغ عرضه الأعظمي عند المصب 40 م.

مساحة حوض نهر الصنوبر 268 كم² ويبلغ متوسط ميل سطح الحوض 0.00154 ومتوسط ميل سطح الحوض النهري في القسم الغربي منه 0.00005 وهذا يدل على حصول ترسيب في القسم الغربي من الحوض.

يأخذ الحوض الساكب لنهر الصنوبر شكلاً منحنياً، فيبلغ طوله 38.5 كم، وعرضه الوسطي 6.96 كم، والعرض الأعظمي له 14.5 كم بينما يصل الارتفاع الوسطي للحوض إلى 540 م. يصل طول نهر الصنوبر إلى 45.5 km وتغطي قاعدته حصى خشنة بقطر (5-10) سم. يجري نهر الصنوبر في القسم السفلي من حوضه، عبر سهل ساحلي باتجاه الجنوب الغربي، فيبلغ عرضه عند المصب 40 م.

تتراوح القيم الوسطية لتدفق نهر الصنوبر في موقع (جسر طريق عام اللاذقية- طرطوس) (3-7) م³/ثا وقد تزيد على 30 م³/ثا شتاءً بينما تنخفض إلى أقل من متر مكعب خلال الخريف والربيع ويجف غالباً في الصيف. ويبين الشكل رقم (2-3) حدود الحوض الساكب لنهر الصنوبر [47].



الشكل رقم (2-3): حدود الحوض الساكب لنهر الصنوبر.

2-2-3- البحر الأبيض المتوسط:

يظهر تأثير البحر الأبيض المتوسط على آبار المياه الجوفية في منطقة الدراسة عند انخفاض منسوب المياه الجوفية والذي يحدث أحياناً نتيجة عدم هطول الأمطار خلال أشهر الجفاف، أو عند الضخ الزائد من مياه الآبار. ولكن تأثيره ضعيف بشكل عام بسبب طبيعة المنطقة الطبوغرافية والانحدار باتجاه البحر، فضلاً عن كون عمق المياه الجوفية قليل جداً وقريباً من سطح الأرض في تلك الآبار.

2-2-3- الخصائص الهيدرولوجية والمناخية للمنطقة المدروسة:

إن الوضع الهيدرولوجي لأي منطقة يعتمد بشكل أساسي على المناخ السائد فيها وعلى البنية الجيولوجية لها وشكلها الطبوغرافي. تتطلب الدراسة الهيدرولوجية تجميع بيانات عن الرطوبة، ودرجة الحرارة، والهطل المائي، وسرعة الرياح.. وغيرها ويجري جمع تلك البيانات من محطات الأرصاد الجوية.

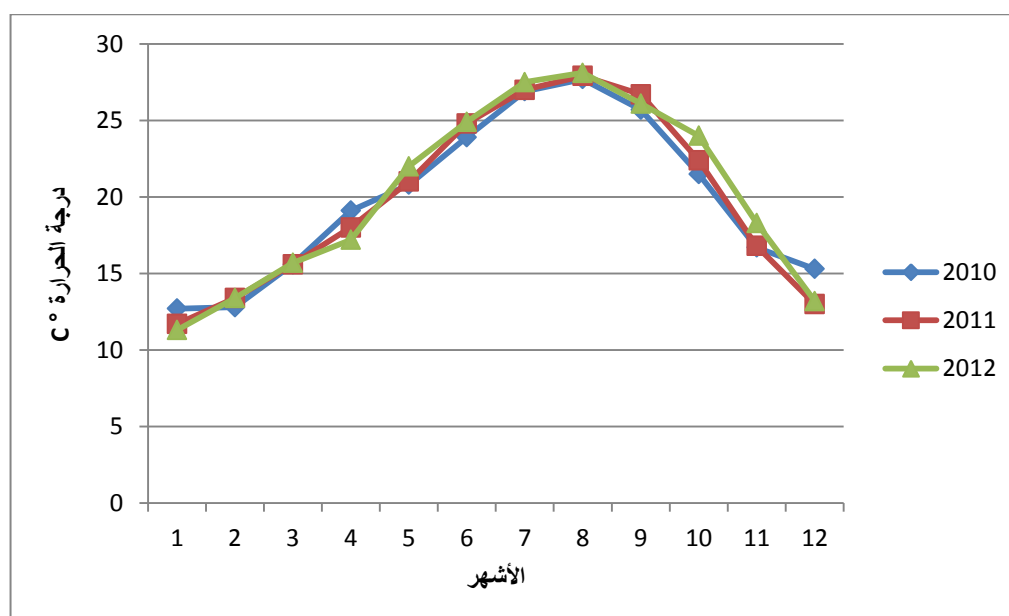
2-3-1- المناخ:

إن المناخ السائد في المنطقة متوسطي، حيث يكون الطقس معتدلاً، تتخلله بعض الأيام الباردة شتاءً، ومعتدلاً إلى حار نسبياً صيفاً. كما يتميز مناخ المنطقة برطوبة مرتفعة نسبياً طوال فترة السنة تتراوح بين (60-75) %، إذ يسود المنطقة بشكل عام مناخ البحر الأبيض المتوسط.

حيث ترتفع درجات الحرارة في فصل الصيف وتتراوح بين (22-29) درجة مئوية، بينما تنخفض في أشهر الشتاء وتتراوح بين (10-16) درجة مئوية. ويبين الجدول رقم (2-1) تغيرات درجة الحرارة الشهرية ومعدلاتها السنوية للأعوام 2010، 2011، 2012 في بعض محطات الرصد المجاورة للمنطقة المدروسة وهي محطات اللاذقية وبوقا وجبلة (مطار الباسل). كما يبين الشكل رقم (2-4) المتوسط الشهري لتغيرات درجة الحرارة في منطقة الدراسة للأعوام 2010، 2011، 2012 [50].

الجدول رقم (2-1): المعدلات الشهرية والسنوية لتغير درجات الحرارة (C °) في محطات اللاذقية، بوقا، جبلة للأعوام 2010، 2011، 2012 [50]

المعدل السنوي	الأشهر												السنة	محطة الرصد
	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1		
19.8	15.3	16.7	21.5	25.7	27.7	26.9	23.9	20.8	19.1	15.6	12.8	12.7	2010	اللاذقية
19.8	13.0	16.8	22.4	26.7	27.9	27.0	24.8	21.0	18.0	15.6	13.4	11.7	2011	
20.1	13.2	18.3	24.0	26.1	28.1	27.5	24.9	22.0	17.2	15.7	13.4	11.3	2012	
19.6	14.1	15.5	21.5	26.0	28.4	27.0	24.3	21.4	18.5	14.9	12.0	11.2	2010	بوقا
19.3	11.1	15.2	21.0	25.6	27.4	27.1	25.0	21.9	19.1	15.8	12.6	10.4	2011	
19.6	11.8	16.7	22.8	25.7	22.9	27.6	27.9	22.5	18.8	14.8	12.6	10.7	2012	
18.7	14.0	16.0	20.5	24.7	26.3	25.6	22.2	19.6	17.8	14.5	12.0	11.9	2010	جبلة
18.6	11.4	15.5	21.6	25.0	26.4	25.6	23.3	19.5	16.8	14.6	13.0	11.1	2011	
19.5	13.0	19.0	23.2	25.2	26.8	26.3	23.5	21.5	16.0	14.7	12.7	12.7	2012	



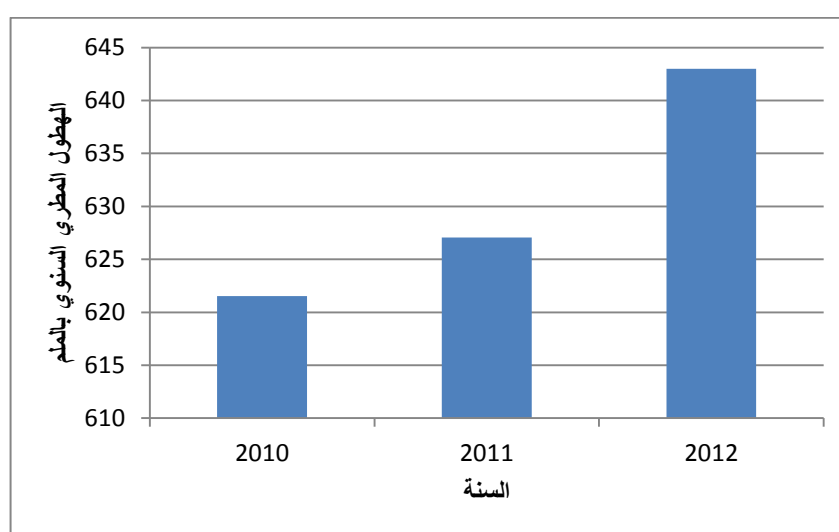
الشكل رقم (2-4): المتوسط الشهري لتغيرات درجة الحرارة في منطقة الدراسة للأعوام 2010، 2011، 2012.

2-3-2- الهطول المطري:

تتميز الهطولات المطرية في المنطقة المدروسة بأنها غزيرة نسبياً، يهطل معظمها في الفترة ما بين شهري كانون الأول وشباط، والقليل منها خلال أشهر تشرين الأول وتشرين الثاني وآذار ونيسان، حيث يتراوح معدل الهاطل المطري ما بين (500-1000) ملم سنوياً، ومن النادر أن تحصل هطولات في أشهر الصيف، ويبين الجدول رقم (2-2) كمية الهطولات المطرية الشهرية والسنوية في محطات الرصد المجاورة لمنطقة الدراسة والمتمثلة بمحطات اللاذقية وبوقا وجبلة (مطار الباسل) للأعوام 2010، 2011، 2012 [50]. كما يبين الشكل رقم (2-5) معدل الهطول المطري السنوي في منطقة الدراسة للأعوام 2010، 2011، 2012 [50].

الجدول رقم (2-2): كمية الهطولات المطرية الشهرية والسنوية (mm) في محطات اللاذقية، بوقا، جبلة للأعوام 2010، 2011، 2012 [50]

المجموع السنوي	الأشهر												السنة	محطة الرصد
	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1		
550.0	76.8	82	26.4	84.7	7.5	0	40.9	6.5	16.5	16.1	96.7	95.9	2010	اللاذقية
591.1	19.1	45.8	118.3	58	0	1	0	3.6	78.7	92.4	70.6	103.6	2011	
664.1	152.2	103.9	25.1	0.3	0	0	4.2	22.5	33.5	34.6	181.1	106.7	2012	
639.3	89.7	87.9	46.4	66.4	24	0	42	5.1	44.6	20	108.5	104.7	2010	بوقا
688.9	17	41.5	102.1	74.2	0	4.6	11.8	1	91.1	107.4	82.7	155.5	2011	
668.7	204.6	126.0	12.4	3.0	0	0	0.5	0	6.0	34.1	173.6	108.5	2012	
675.3	89.9	108.4	34	19.2	6.4	0	36.9	34.5	54.6	36.3	135.3	119.8	2010	جبلة
601.2	17.5	113.5	68.4	39.7	0.6	0	0	1	67.3	80.6	90.3	122.3	2011	
596.2	129	130	4.2	0	0	0	2.8	35.8	62.7	49.1	94.1	88.5	2012	



الشكل رقم (2-5): معدل الهطول المطري السنوي في منطقة الدراسة للأعوام 2010، 2011، 2012.

2-3-3- الرياح:

تتأثر منطقة الدراسة برياح تختلف جهة هبوبها باختلاف فصول السنة، حيث تكون الرياح السائدة شرقية، وشمالية شرقية خلال الفصل البارد من العام، وتنبدل لتصبح جنوبية، وجنوبية غربية في الفصل الحار. تصل السرعات القصوى للرياح في المنطقة إلى (25-30) م/ثا أو أكثر، وذلك من الجهات التي يسيطر فيها اتجاه الرياح السائدة. ويبين الجدول رقم (2-3) القيم الوسطية والأعظمية الشهرية والسنوية لسرعة الرياح والتي تم تسجيلها في محطة الأرصاد الجوية باللائقية للفترة الممتدة من عام 2010 وحتى عام 2012 [50].

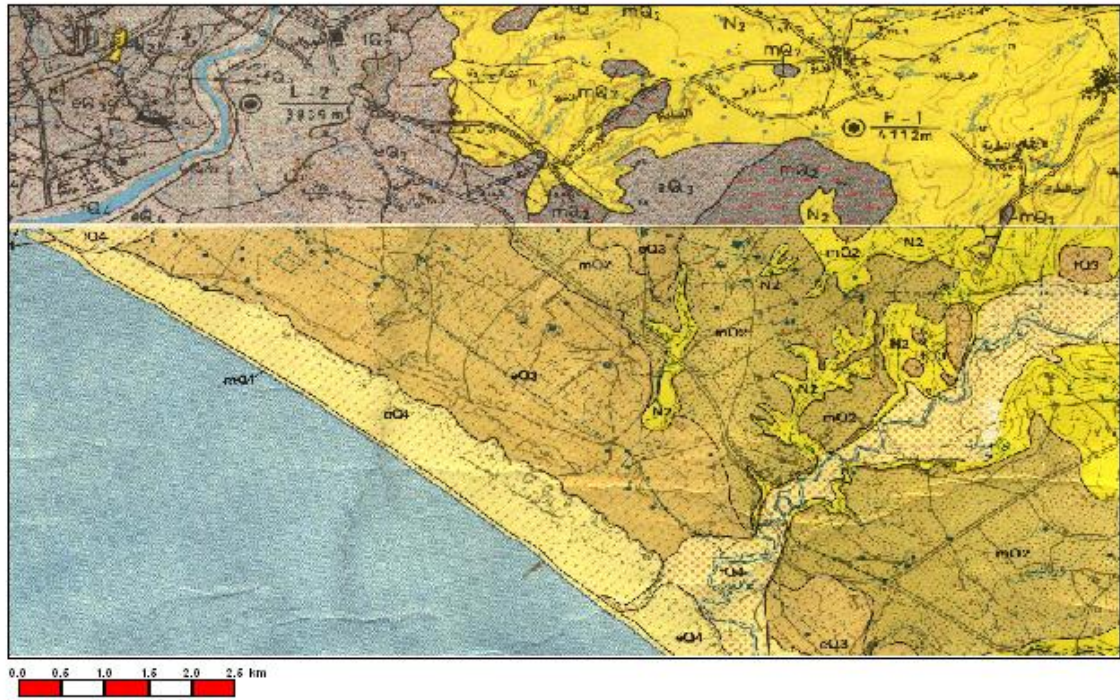
الجدول رقم (2-3): القيم الوسطية والأعظمية الشهرية والسنوية لسرعة الرياح (m/sec) في محطة اللاذقية للأعوام 2010، 2011، 2012 [50]

المعدل السنوي	الأشهر												سرعة الرياح (m/sec)
	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
4.25	6.0	3.7	2.9	2.7	3.3	4.0	3.6	3.3	4.2	5.3	5.6	6.4	الوسطية
20.8	24	23	21	16	13	14	27	17	21	23	24	27	الأعظمية

2-4- البنية الجيولوجية للمنطقة المدروسة:

تعتبر البنية الجيولوجية من العوامل الأساسية التي تتحكم بالوضع الهيدروجيولوجي للمنطقة، حيث تجرى الأبحاث الجيولوجية المائية لتعيين انتشار الطبقات الحاملة للمياه وإيضاح انتمائها الطبقي وعمق تطبيقها وتفيد في معرفة مساحة تغذيتها واتجاه حركة المياه الجوفية فيها. وتتألف البنية الجيولوجية لمنطقة الدراسة من:

- منطقة التهوية : تتألف من تشكيلات الرباعي، وتتراوح سماكتها من 0 إلى (3-5) م.
 - طبقة تتألف من رمال ناعمة سلتية جافة مع حصى ناعمة، وتتراوح سماكتها بين 7-9 م.
 - طبقة حاملة للمياه الجوفية الحرّة تتألف من رمال رطبة، وتتراوح سماكتها بين 9-11 م.
 - طبقة حاملة للمياه الجوفية تتألف من كونغولوميرا وتوضعات ريحية، وتتراوح سماكتها بين 30-50 م.
 - طبقة شبه كتيمة: وتتألف من غضار كربوناتي مع رمل وحصى بالإضافة إلى المارل، والحجر الكلسي والسيلت، وهي تشكّل مستوى الأساس للطبقات الحاملة للمياه الجوفية في منطقة الدراسة.
- جميع التشكيلات الجيولوجية في منطقة الدراسة تعود إلى العمر الرباعي Quaternary، كما هو مبين في الشكل رقم (2-6) إذ تغطي رسوبيات الرباعي حوالي 60% من أراضي المنطقة المدروسة.



الشكل رقم (2-6): الخارطة الجيولوجية لمنطقة الدراسة.

وهي تتألف من حجر رملي متصلب وحجر رملي بحري وكونغلولميرا نهريّة وتوضعات رحيّة تصل سماكتها الإجمالية إلى أكثر من (50م) في سرير نهر الكبير الشمالي. كما تنتشر رسوبيات على امتداد نهر الكبير الشمالي ويلاحظ حقل طمي واسع في المجرى السفلي لنهر الصنوبر، يفصله عن البحر شريط كثبان رملية، تشكل حاجزاً لفيضان النهر.

وبشكل عام تتألف التوضعات اللحية الحديثة من حصى ورمال مع سلت ورمال تصل سماكتها حتى (10م). كما تنتشر رمال رحيّة تتوضع على شكل كثبان رملية غربي منطقة البصة قرب مصب نهر الكبير الشمالي، تحتوي قليلاً من الحصى، تصل سماكتها إلى أكثر من (20) م في قرية البصة [48]، [51].

2-5- مكب البصة:

يقع مكب البصة على بعد 15 كلم جنوب شرق مركز مدينة اللاذقية، وعلى امتداد شاطئ البحر المتوسط بطول 3 كم، بين نهري الكبير الشمالي والصنوبر، ويشغل مساحة 100 هكتار على شاطئ البحر مباشرةً في موقع يتمتع بمزايا سياحية معطلة. وهو يستوعب نفايات كل من مدينة اللاذقية والمدن الثلاث التابعة لها جبلة والحفة والقرداحة إذ يعتبر هذا المكب هو المكب الرئيس في محافظة اللاذقية.

بدأ استخدام مكب البصة منذ بداية السبعينيات 1970 حيث كانت ولا تزال النفايات تلقى دون تغطيتها بالتربة ودون قيام بلدية المنطقة بأي عمل منظم في هذا المجال، مما أدى إلى تفاقم مشكلة التلوث في منطقة المكب. تقدر كمية النفايات الواصلة إلى مكب البصة بحوالي 800 طن في اليوم من الريف والمدينة. ويبين الشكل رقم (2-7) صورة فضائية لمنطقة المكب [52].



الشكل رقم (2-7): صورة فضائية لمنطقة مكب البصة.

2-5-1- مراحل العمل والتشغيل في مكب البصة:

تم العمل في مكب البصة على مرحلتين فبات مؤلفاً من جزأين المسافة بينهما حوالي 1 كم:

2-5-1-1- المرحلة الأولى (المكب القديم):

كانت بإشراف مجلس مدينة اللاذقية وامتدت بين عامي (2003-2006) بمساحة 18 هكتاراً، ومن ثم انتقلت تبعيتها إلى مديرية الخدمات الفنية فقامت بإعادة تأهيل هذا الجزء وتم الوصول إلى الطبقة النهائية فعملت على إغلاق المكب. ويبين الشكل رقم (2-8) حدود المكب في هذه المرحلة.



الشكل رقم (2-8): المرحلة الأولى (مكب البصة القديم).

2-5-1-2- المرحلة الثانية (المكب الحالي في منطقة الحكر):

وهي بإشراف مديرية الخدمات الفنية باللاذقية وامتدت بين عامي (2006-2009) بمساحة 24 هكتاراً وفق دراسة الوكالة اليابانية للتعاون الدولي /جاিকা/، إلا أن عدم استلام الموقع الجديد في قاصية وعدم توفر البديل بعد إغلاق هذا المكب جعل المرحلة الثانية مفتوحة إلى يومنا هذا.

يتكون المكب في هذا الجزء من ثلاث خلايا طمر بمساحة إجمالية 20 هكتاراً، سعة الخلية الواحدة 300000 م³ من النفايات، أضيفت إليها اثنتان بارتفاع طمر 5.5 م، كما هو مبين بالشكل رقم (2-9) وتم التعاقد على تنفيذ هذه المرحلة حسب ما يلي:

- عقد مع شركة المشاريع المائية انتهى في عام 2007.

- عقود مع مؤسسة تنفيذ الإنشاءات العسكرية مازالت مستمرة حتى تاريخه بسبب عدم القدرة على استلام الموقع البديل في قاصية، فتم من خلالها رفع منسوب الطمر من 5.5 م إلى 10 م لعدم إمكانية التوسع الأفقي بإضافة خلايا جديدة.



الشكل رقم (2-9): المرحلة الثانية (مكب البصة الحالي).

وكانت أهم الأعمال المنفذة في مكب الحكر بإشراف الوكالة اليابانية /جايكا/ خلال هذه المرحلة:

- 1- وضع طبق عزل في أرضية المكب هي عبارة عن طبقة غضارية كثيفة بسماكة 50-70 سم.
- 2- وضع أنابيب مثقبة لجمع الرشاحة بمعدل أنبوب كل 45 م وتمت إحاطتها بطبقة فلتر من الحصى لتسهيل وصول الرشاحة إليها وعدم انسدادها، الشكل رقم (2-10).



الشكل رقم (2-10): أنابيب جمع الرشاحة.

3- تركيب أنبوب لجمع غاز الميثان عند كل نقطة التقاء لأنابيب جمع الرشاحة، وأحيط كل أنبوب بطبقة مفلتزة من الحصى يحصرها شبك، الشكل رقم (2-11).



الشكل رقم (2-11): أنابيب جمع غاز الميثان.

4- بالنسبة لحفرة جمع الرشاحة عندما تم البدء بإنشائها ظهرت مياه جوفية على عمق 70 سم فتركّت مياه الرشاحة تجري بشكل طبيعي بدون أي تجميع، الشكل رقم (2-12) [52].



الشكل رقم (2-12): ظهور المياه الجوفية أثناء إنشاء حفرة تجميع الرشاحة.

أما أهم ما ميّز تلك المرحلة فيمكن إجماله بالتالي :

- 1- غياب سياسة المراقبة اليومية الصارمة لأعمال الطمر وعدم قيام أعمال الطمر اليومي بشكل فني جيد بسبب غياب تواجد الكادر الفني المعني بالتشغيل، مما ساهم في تقصير عمر المرحلة الثانية وساهم في عدم رص النفايات بشكل جيد، الأمر الذي ينتج عنه مستقبلاً مشاكل تترتب عنها هبوطات وعدم إمكانية استخدام السطح النهائي لأعمال رمي أخرى.
- 2- انتشار البدو حول مواقع الفترتين الأولى والثانية مما ساهم في خلق فوضى سببت فيما بعد تلوث رمال الشاطئ، وخلق بؤر مستقرة للتلوث بسبب انتشار حظائر قطعان الغنم في مناطق وجودهم.
- 3- تواجد النباشين بشكل غير منظم وبأعداد كبيرة ساهم في تواجد عدد من نقاط جمع المواد المدورة في الأراضي الزراعية المحيطة مما ساعد في تلويث هذه المناطق.
- 4- عدم إغلاق المرحلة الثانية والتي كان من المفترض حسب الدراسة اليابانية أن تتم في نهاية عام 2009 بسبب عدم استلام الموقع الجديد لإنشاء المطمر الصحي في قاصية لأسباب تتعلق بظروف الموقع المراد استلامه وهذا ساعد على نشوء ظروف جديدة سلبية لعمليات التشغيل والطمر [53].

2-5-2- الواقع البيئي الحالي لمكب البصة:

- 1- تراكم القمامة بشكل فظيع فمنذ أكثر من عامين وصل استيعاب المكب إلى الحد الأقصى حسب المعطيات والدراسات الرسمية، ورغم ذلك مازال حتى الآن يستقبل أكثر من 800 طن من القمامة يومياً، لتتحول المنطقة إلى جبال من القمامة ضاعت فيها ملامح الطرقات وأصبحت الأراضي المجاورة تنن تحت وطأة غزو القمامة.
- 2- تسرب العصارة السائلة إلى التربة ومنها إلى مصادر المياه الجوفية، إذ يتسرب يومياً كمية تقدر بنحو 50 م³ من الرشاحة الملوثة جراثيمياً وكيميائياً إلى البحر مباشرةً أو إلى التربة والمياه الجوفية [53].
- 3- انتشار النفايات والأكياس البلاستيكية المتناثرة بفعل الرياح وأعمال النباش والتي أدت إلى توسيع رقعة التلوث للمنطقة المحيطة بما فيها الشاطئ ومياه البحر.
- 4- السور الذي يحيط بالمكب ليفصل القمامة عن الأراضي المجاورة اختفى وضاعت معالمه وانجرفت القمامة نحو الأراضي الزراعية المجاورة.
- 5- رمي مخلفات معامل البلاط والرخام وجفت معاصر الزيتون، ومؤسسة التبغ التي تحرق مصادراتها في المنطقة وغيرها من الجهات الأخرى التي ترمي مخلفاتها على اختلاف أنواعها ودرجات خطورتها عشوائياً ومن دون أي إجراءات احتياطية ومن دون أية معالجة.
- 6- لا يوجد أي استغلال للغاز المنطلق من فوهات غاز الميثان.

- 7- وجود النباشين بشكل غير منظم وبأعداد كبيرة تقدر ما بين 300 إلى 1000 والذين يقومون بعمليات نبش وفرز عشوائية للنفايات في المكب ومحيطه، مما أدى إلى وجود عدد من نقاط جمع المواد المدورة في الأراضي الزراعية المحيطة، الأمر الذي ساهم في تلويث هذه المناطق.
- 8- انتشار قطعان من الأغنام العائدة لعائلات البدو المستوطنة في المنطقة ترعى على المخلفات في المكب ومحيطه.
- 9- اندلاع الحرائق بشكل مستمر في المكب وخصوصاً في فصل الجفاف بشكل طبيعي أو بفعل النباشين، ما يؤدي لانتشار الغازات السامة والضارة بالإنسان والبيئة [53].

==☆==

الفصل الثالث

منهجية البحث – مواد وطرائق البحث

The Methodology And Used Materials Of The Research

3-1- مواقع أخذ العينات الجوفية والسطحية:

تناولت الدراسة الحقلية والمخبرية اختيار شبكة رصد مناسبة (آبار) لدراسة جودة المياه الجوفية مؤلفة من ستة عشر بئراً مستثمراً في المنطقة موزعة على الشكل التالي:

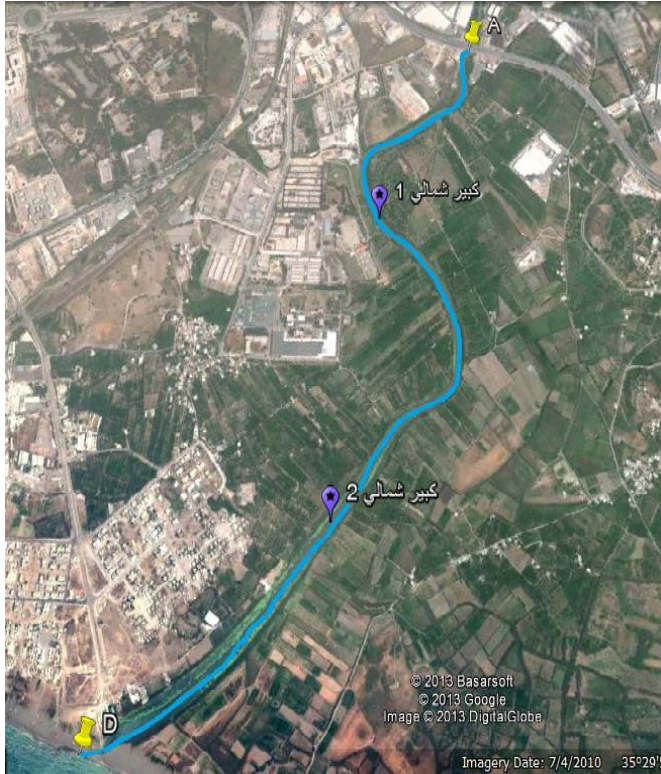
- خمسة آبار حول المكب القديم، وهي الآبار ذوات الأرقام من 1 إلى 5.
- خمسة آبار حول المكب الحالي، وهي الآبار ذوات الأرقام من 6 إلى 10.
- ستة آبار موزعة في المنطقة المحيطة بالمكبين، وهي الآبار ذوات الأرقام من 11 إلى 16.

بالإضافة إلى اختيار نقاط رصد على نهري الصنوبر والكبير الشمالي لدراسة جودة المياه السطحية بواقع نقطتي اعتيان على كل منهما. ويبين الشكل رقم (3-1) أماكن توزيع الآبار المدروسة.

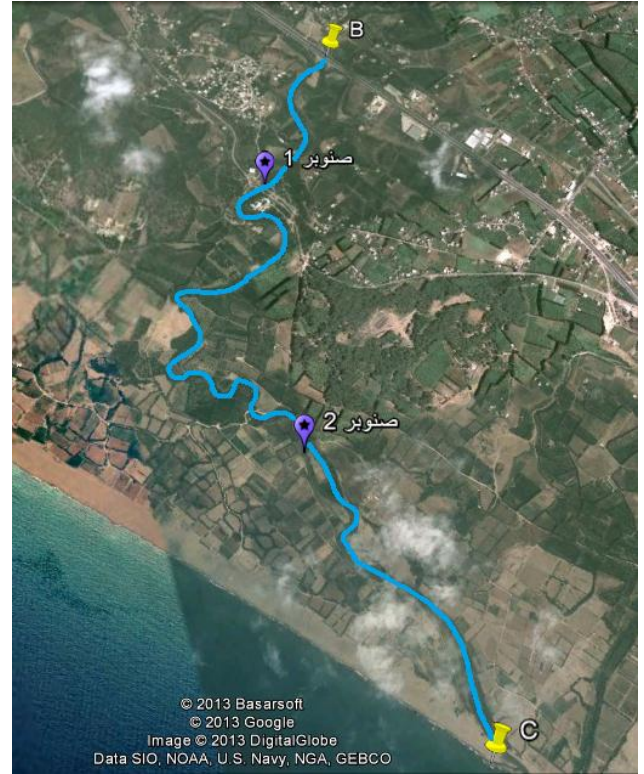


الشكل رقم (3-1): أماكن توزيع الآبار المدروسة.

كما يبين الشكلان رقم (2-3) و (3-3) أماكن توضع نقاط الاعتيان النهرية المدروسة على كل من نهري الصنوبر والكبير الشمالي.



الشكل رقم (3-3): نقاط الاعتيان على نهر الكبير الشمالي.



الشكل رقم (2-3): نقاط الاعتيان على نهر الصنوبر.

3-2- جمع العينات:

تم أخذ العينات المائية من آبار المياه الجوفية ومن نقاط الاعتيان النهرية المدروسة بمعدل مرة واحدة في الشهر بالنسبة للتحاليل الفيزيائية والكيميائية، وبمعدل مرة واحدة كل ثلاثة أشهر بالنسبة لتحاليل العناصر الثقيلة، اعتباراً من شهر نيسان لعام 2012 وحتى شهر آذار لعام 2013. شملت القياسات الفيزيائية والكيميائية ما يلي: درجة حرارة الماء، درجة الحموضة pH، الناقلية الكهربائية، العكارة، الأوكسجين المنحل DO، الاحتياج البيوكيميائي للأكسجين BOD₅، كما تم تحديد تراكيز الشوارد التالية (NH_4^+ ، PO_4^{3-} ، NO_3^-). بينما شملت قياسات العناصر الثقيلة تحديد تراكيز كل من العناصر التالية: الكاديوم، الرصاص، النيكل، الكروم.

تم جمع العينات في عبوات من البولي إيثيلين سعتها 250 مل وذلك بعد غسل العبوة بماء العينة عدة مرات، ثم تم إغلاقها بإحكام، مع تثبيت شريط ورقي لاصق على كل عبوة مدون عليه: [نوع العينة (جوفية أم سطحية) - رقم العينة - تاريخ قطف العينة]. ثم نقلت العينات بواسطة حاوية مبردة إلى

المختبر، حيث حفظت في البراد بدرجة حرارة (4°C) ريثما يتم تحليلها خلال فترة لا تتجاوز الـ 24 ساعة بالنسبة للتحاليل الفيزيائية والكيميائية، بينما تم حفظ عينات العناصر الثقيلة بإضافة حمض الآزوت المركز إليها (بمقدار 0.5 مل لكل 250 مل) ريثما يتم تحليلها خلال فترة لا تتجاوز الستة أشهر [54].

3-3- الطرائق المخبرية لتحديد البارامترات المقاسة في العينات:

3-3-1- التحاليل الفيزيائية والكيميائية:

3-3-1-1- درجة حرارة المياه (Temperature) & درجة الحموضة pH Value :

تم قياس درجة الحموضة باستخدام جهاز قياس pH الحقلي من النموذج (PH 315i/SET) لشركة WTW، إذ تمت هذه العملية في الحقل مباشرةً بعد قطف العينات من الموقع، وذلك بغمر المسبر في العينة والانتظار حتى ثبات القيمة على الشاشة ثم أخذ القراءة. أما بالنسبة لدرجة حرارة المياه فتظهر مباشرةً بعد غمر المسبر الخاص بدرجة الحرارة في العينة مباشرةً، ويبين الشكل رقم (3-4) جهاز قياس درجة الحرارة ودرجة الحموضة.



الشكل رقم (3-4): جهاز قياس درجة الحرارة ودرجة الحموضة pH.

3-3-1-2- الناقلية الكهربائية (Electrical Conductivity) EC :

تم قياس الناقلية الكهربائية باستخدام جهاز الـ EC الحقلي من طراز (Cond315i/SET) لشركة WTW، حيث تمت هذه العملية مباشرةً في الحقل بعد قطف العينات من الموقع، وذلك

بغمر المسبر في العينة والانتظار حتى ثبات القيمة على الشاشة ثم تؤخذ القراءة، ويبين الشكل رقم (5-3) جهاز قياس درجة الناقلية الكهربائية.



الشكل رقم (5-3): جهاز قياس درجة الناقلية الكهربائية.

3-3-1-3-3 الأوكسجين المنحل (Dissolved Oxygen) DO:

تم قياس الأوكسجين المنحل باستخدام جهاز قياس DO الحقلي من النموذج (Oxi315i/SET) لشركة WTW بعد معايرته قبل كل عملية قياس، إذ تمت هذه العملية في الحقل مباشرةً بعد قطف العينات من الموقع، حيث نضغط زر التشغيل ونقوم بغمر مسبر الجهاز في العينة فتظهر قيمة تركيز الأوكسجين المنحل على الشاشة مباشرةً. ويبين الشكل رقم (6-3) جهاز قياس تركيز الأوكسجين المنحل.



الشكل رقم (6-3): جهاز قياس تركيز الأوكسجين المنحل.

3-3-1-4- العكارة (Turbidity):

تم قياس عكارة المياه بواسطة الجهاز المخبري من النموذج 2100P لشركة Hatch، حيث تملأ مياه العينة في إحدى العبوات الزجاجية الخاصة بالجهاز، ثم توضع في مكانها المخصص بعد ذلك نضغط زر (Read) و نقرأ قيمة العكارة مباشرة، وفي حال كانت العينة ذات عكارة أكبر من المجال الذي عايرنا عليه الجهاز سابقاً نضغط زر (RNG) فيتغير المجال أوتوماتيكياً ونقرأ القيمة الصحيحة. ويبين الشكل رقم (3-7) جهاز قياس عكارة المياه.



الشكل رقم (3-7): جهاز قياس عكارة المياه.

3-3-1-5- الاحتياج البيوكيميائي (البيولوجي) للأوكسجين BOD_5 (Biological Oxygen Demand):

تحدد قيمة الـ BOD_5 مخبرياً باستخدام الجهاز (WTW) والحاضنة (TS606-G/4i) وهو يعتمد على قياس فرق الضغط في الهواء فوق العينة، حيث تستهلك البكتريا الأوكسجين أثناء تفكيك المواد العضوية وتطلق غاز ثاني أوكسيد الكربون الذي يتم امتصاصه بواسطة حبات صغيرة من كلس الصودا الموضوعة في حامل القلوية الخاص بكل زجاجة، فيقوم الجهاز بتحويل هذا الانخفاض في الضغط إلى قيمة الـ BOD_5 المعبر عنها رقمياً.

خطوات العمل:

1- نملأ زجاجات الجهاز بحجم العينة الملائم حسب الجدول رقم (3-1) الخاص بالجهاز.

الجدول رقم (3-1): حجم العينة المطلوب على أساس قيمة BOD_5 مع عامل التصحيح المناسب [54]

عامل التصحيح	الحجم المطلوب ملؤه بالـ mg/l	BOD_5 (mg/l)
1	432	0-40
2	365	0-80
5	250	0-200
10	164	0-400
20	97	0-800
50	43.5	0-2000

- 2- ندخل القطعة المعدنية الممغنطة في كل زجاجة.
- 3- نضع حبتين من ماص ثاني أكسيد الكربون في حامل القلوية.
- 4- نضع الزجاجات في مواقعها على الجهاز (مجموعة المانومتريات المبينة بالشكل رقم (3-8)).
- 5- نشغل الحاضنة على الدرجة 20 و ندخل مجموعة المانومتريات.
- 6- بعد تحقق التعادل الحراري بين الجهاز والعينات نضع حساس الـ BOD_5 الرقمي أعلى كل زجاجة ونغلق بإحكام ثم نضغط زر التشغيل.
- 7- تكون قيمة الـ BOD_5 = القراءة بعد خمسة أيام * F عامل التصحيح الذي يؤخذ من الجدول التالي رقم (3-1).



الشكل رقم (3-8): الحاضنة والزجاجات المستخدمة في قياس تركيز الـ BOD_5 .

جميع الأجهزة المذكورة سابقاً موجودة في مخبر البيئة التابع لقسم البيئة في كلية الهندسة المدنية في جامعة تشرين.

3-1-3-6- جهاز الكراماتوغرافيا الشاردية الـ (IC):

تم حساب تراكيز الأيونات المنحلة في الماء باستخدام جهاز كراماتوغرافيا التبادل الشاردي الـ (IC) (Ion Chromatography) من طراز (IC-SCL-10AVP-SHIMADU) الموجود في المعهد العالي لبحوث البيئة في جامعة تشرين، والذي يعتمد على مبدأ الفصل الكروماتوغرافي للشوارد المنحلة على عمودين كراماتوغرافيين أحدهما يعمل على فصل الشوارد الموجبة، بينما يفصل الآخر الشوارد السالبة وذلك بدرجات متفاوتة تبعاً للخواص الكيميائية لهذه الشوارد ودرجات غليان كلٍ منها. ولدى حقن ماء العينة ضمن العمودين الكراماتوغرافيين يتم فصل هذه الشوارد تباعاً حسب زمن خروجها من العمودين وبالتالي يتم الكشف عنها ورسم الاستجابة لكل شاردة على راسمة أو نظام حاسوبي لمعالجة النتائج. ويبين الشكل رقم (3-9) جهاز الكراماتوغرافيا الشاردية.



الشكل رقم (3-9): جهاز الكراماتوغرافيا الشاردية (IC).

3-3-2- تحليل العناصر الثقيلة:

تم قياس تراكيز العناصر الثقيلة باستخدام جهاز الامتصاص الذري (Atomic Absorption Spectrometer) من طراز (Varian 220) الموجود في المعهد العالي للبحوث البحرية في جامعة تشرين والذي يعمل بتقنية طيف اللهب، حيث يتم قياس تركيز كل عنصر باستخدام طريقة المنحني العياري التي تقوم على دراسة العلاقة بين الامتصاصية وبين تركيز العنصر المدروس وذلك بتحضير سلسلة محاليل عيارية من المحلول الأم لكل عنصر. إذ يوجد لكل عنصر طول موجة خاص تمتصه ذراته، وتكون كمية امتصاص الضوء متعلقة بعدد ذرات ذلك العنصر (تركيزه). ويبين الشكل رقم (3-10) جهاز الامتصاص الذري.



الشكل رقم (3-10): جهاز الامتصاص الذري.

3-3-3- جهاز تحديد المواقع الجغرافية GPS (Global Positioning System):

تم استخدام جهاز GPS من نوع (Trimble Navigation Limited) لتوقيع إحداثيات الآبار والنقاط المدروسة على المحاور X و Y و Z وبدقة ± 5 م. ويبين الشكل رقم (3-11) جهاز الـ GPS والذي تمت استعارته من مخبر قسم الهندسة المائية التابع لكلية الهندسة المدنية في جامعة تشرين.



الشكل رقم (3-11): جهاز الـ GPS.

ويبين الجدول رقم (3-2) إحداثيات نقاط الرصد الجوية والسطحية التي حصلنا عليها باستخدام جهاز الـ GPS.

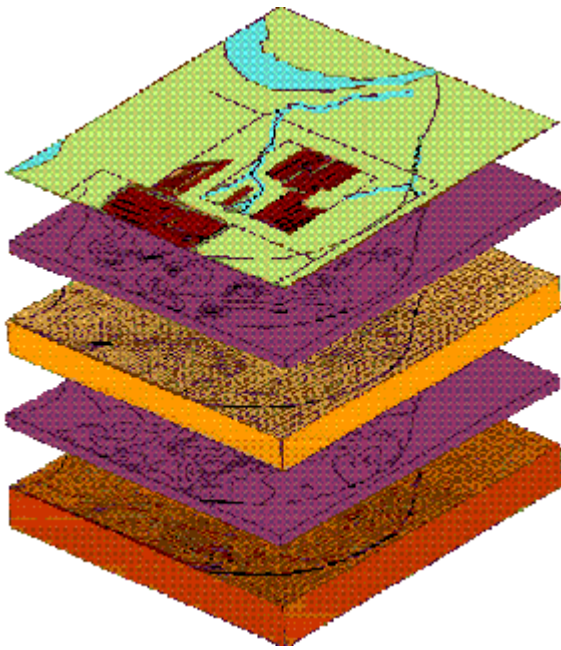
الجدول رقم (2-3): إحداثيات نقاط الرصد الجوفية والسطحية باستخدام جهاز الـ GPS.

إحداثيات نقطة الرصد			اسم نقطة الرصد	نوع نقطة الرصد	رقم نقطة الرصد
N	E	Z			
Log/lat seconds		m			
35°29'14.41"	35°50'38.94"	7	بئر 1	جوفية	1
35°29'6.75"	35°50'50.28"	7	بئر 2	جوفية	2
35°29'2.52"	35°51'3.48"	7	بئر 3	جوفية	3
35°28'52.45"	35°51'6.39"	6	بئر 4	جوفية	4
35°28'46.84"	35°50'55.63"	5	بئر 5	جوفية	5
35°28'41.86"	35°51'6.81"	5	بئر 6	جوفية	6
35°28'49.59"	35°51'23.42"	7	بئر 7	جوفية	7
35°28'46.00"	35°51'34.65"	8	بئر 8	جوفية	8
35°28'35.89"	35°51'39.72"	9	بئر 9	جوفية	9
35°28'23.42"	35°51'37.15"	6	بئر 10	جوفية	10
35°28'5.94"	35°52'14.25"	7	بئر 11	جوفية	11
35°28'38.42"	35°52'13.07"	12	بئر 12	جوفية	12
35°29'7.79"	35°51'50.48"	30	بئر 13	جوفية	13
35°29'39.90"	35°51'8.37"	20	بئر 14	جوفية	14
35°29'42.94"	35°50'27.49"	8	بئر 15	جوفية	15
35°30'11.10"	35°50'8.11"	9	بئر 16	جوفية	16
35°28'10.50"	35°53'14.85"	11	صنوبر 1	سطحية	17
35°27'26.65"	35°53'8.66"	5	صنوبر 2	سطحية	18
35°30'53.12"	35°49'40.36"	8	كبير شمالي 1	سطحية	19
35°30'17.28"	35°49'22.46"	4	كبير شمالي 2	سطحية	20

3-4- البرامج الحاسوبية المستخدمة في الدراسة:

3-4-1- برنامج نظم المعلومات الجغرافية GIS:

يعرف نظام المعلومات الجغرافية (Geographic Information System) GIS بأنه نظام كمبيوترى لجمع وإدخال ومعالجة وتحليل وعرض وإخراج المعلومات الجغرافية والوصفية لأهداف محددة. فبرنامج GIS هو برنامج كمبيوترى يربط المعلومات الجغرافية (خرائط، صور جوية، صور فضائية) مع المعلومات الوصفية (المعلومات الجدولية) وبخلاف الخريطة الورقية المستوية، يقدم الـ GIS العديد من طبقات المعلومات المختلفة كما في الشكل رقم (3-12).



وتتطلب الدراسات البيئية استخدام كم هائل من البيانات المعقدة والكثيرة وفي غالب الأحيان لا يمكن تقييم هذه البيانات وربطها بصورة صحيحة بسبب ضيق الوقت والموارد إذ يكمن التحدي الكبير في الربط بين هذه البيانات وتحليلها بطرق سريعة ودقيقة للوصول إلى الحلول المثلى وتأتي نظم المعلومات الجغرافية كتكنولوجيا كمبيوترية تقوم بأداء المهمة على أكمل وجه وهي تساعد في دمج المعلومات الجغرافية المكانية مع المعلومات الوصفية في نظام تحليلي متكامل وتمكن الخبراء البيئيين من تصور ونمذجة العالم الحقيقي رقمياً وتنظيم المعلومات.

الشكل رقم (3-12): طبقات المعلومات في برنامج GIS.

وللتوصل إلى القرار الصحيح، لا بد من الربط بين المعلومات اللازمة لحل المسألة القائمة وبين التوصل إلى أفضل الحلول آخذين بالاعتبار جميع المعطيات المتوفرة. فالغرض من نظام المعلومات الجغرافية هو إيجاد إطار عمل مكاني حاسوبي، يدعم عملية اتخاذ القرار في الاستخدام الذكي للموارد الطبيعية المتوفرة على سطح الأرض وإدارة البيئة المحيطة بالإنسان. ويُعد نظام المعلومات الجغرافية أداة فعالة جداً في تطوير الحلول المتعلقة بالموارد المائية مثل:

- إدارة الأحواض الصبابة (Watershed Management).
- والمياه الجوفية (Groundwater).
- وإدارة الفيضان (Flood Management).
- ونوعية المياه (Water Quality).

سنستخدم في هذا المشروع نظام المعلومات الجغرافية (GIS) (الإصدار 9.2) للقيام بمختلف عمليات النمذجة والتحليل، والتعامل مع الخرائط والبيانات المتوافرة كافةً [55].

3-4-2- برنامج نمذجة المياه الجوفية GMS:

يعد برنامج نمذجة المياه الجوفية (GMS Groundwater Modeling System) من أكثر البرمجيات البيئية تطوراً في مجال نمذجة المياه الجوفية والتي هي متاحة اليوم. ويستخدم GMS في عدد كبير وسريع النمو من المواقع الخاصة والدولية.

إن برنامج GMS (نظام نمذجة المياه الجوفية) عبارة عن حزمة شاملة توفر الأدوات اللازمة لكل مرحلة من مراحل محاكاة المياه الجوفية بما في ذلك توصيف الموقع، تطوير النموذج، تحليل نتائج العمل، المعايرة والتصور. كما أن برنامج GMS هو النظام الوحيد الذي يدعم التشكيلات الجيولوجية ثنائية وثلاثية الأبعاد 2D and 3D geostatistics.

يتضمن برنامج GMS النماذج التالية: MODFLOW، MODPATH، MT3D، RT3D، SEAM3D، SEEP2D، FEMWATER، و PEST، و UCODE UTCHEM.

ميزات برنامج GMS :

1- استيراد وتصدير بيانات نظم المعلومات الجغرافية GIS الخطية vector والشبكية raster من برامج ARC/INFO, ArcView.

2- يتاح لمدقق النموذج في برنامج GMS ولأجل كل موديل تدقيق وفحص المشاكل المحتملة قبل حفظ وتشغيل النموذج.

3- إمكانية إطلاق جميع الموديلات من قائمة GMS مباشرة.

4- إمكانية توليد منحنيات السلاسل الزمنية من القيم المحسوبة في أي نقاط محددة.

5- كما يمكن استخدام البيانات المحسوبة من خلال الجمع بين مجموعات البيانات وباستخدام أي تعبير رياضي لإنشاء مجموعة بيانات جديدة.

6- يمكن نسخ الصور إلى الحافظة ولصقها في تطبيقات أخرى.

7- توفر مجموعة من أدوات الرسم التي تمكن من إضافة العناوين، والأسهم وغيرها من الشروح

على أي رسم أو مخطط في برنامج GMS.

ولهذا النموذج أهمية كبيرة في دراسة تأثير مكبات النفايات على مصادر المياه الجوفية والسطحية المحيطة خلال فترة زمنية معينة، كما يساعدنا في التنبؤ بمسار وتغير تراكيز الرشاحة الناجمة عن المكب مع الزمن.

==☆==

الفصل الرابع

النمذجة باستخدام برنامج GMS

The Modeling By Using GMS Brogram

يتضمن هذا الفصل عملية نمذجة الموارد المائية في منطقة مكب البصة وذلك باستخدام برنامج نمذجة المياه الجوفية (GMS (Groundwater Modeling System).

اعتمدنا نموذج Modflow من برنامج GMS 7.0 - Groundwater Modeling System وهو من أكثر النماذج الثلاثية الأبعاد انتشاراً في العالم، الذي يعطي دقة كبيرة في التقويم الكمي لحركة المياه الجوفية، والتنبؤ بالتغيرات المتوقعة خلال فترات زمنية طويلة. كما يمتاز بقدرته على تمثيل الخصائص الجيولوجية والهيدروجيولوجية للطبقات الحاملة للمياه الجوفية بكفاءة عالية.

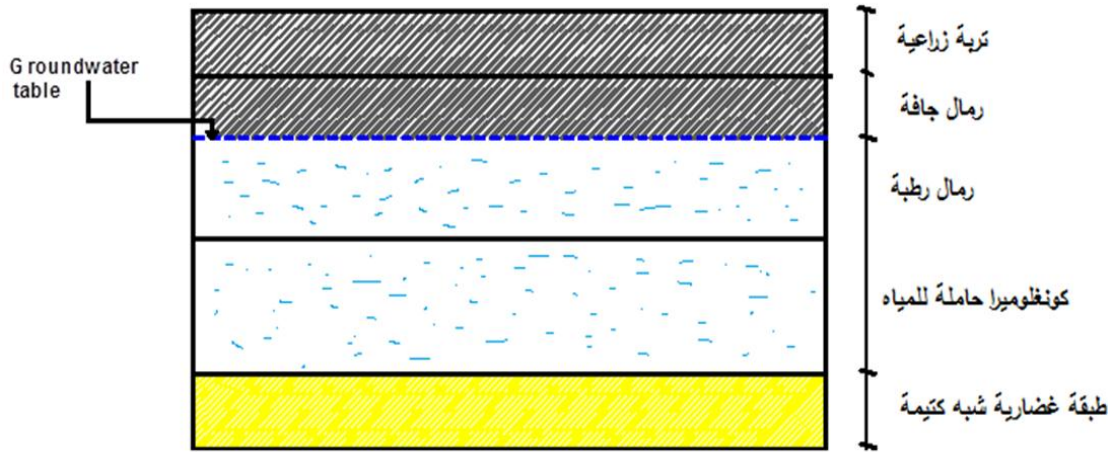
يعدّ نموذج Modflow (نموذج جريان المياه الجوفية ثلاثي الأبعاد الذي يعتمد على طريقة الفروق المنتهية) الذي طوّره عدد من العلماء، منهم: McDonald and Harbaugh (1988), Harbaugh and McDonald (1996), Harbaugh et al. (2000). من أكثر برامج النمذجة استخداماً واختباراً وتحقيقاً في الوقت الحاضر. ويعدّ برنامج (GMS) Groundwater Modeling System من البرامج المستخدمة بشكل واسع لنمذجة المياه الجوفية [56].

يوجد طريقتان لبناء نموذج MODFLOW ضمن GMS، الطريقة الأولى grid approach والثانية conceptual model approach .

تتضمن الطريقة الأولى العمل المباشر على خلايا grid ثلاثية البعد حيث يتم تطبيق المصادر المائية وجميع بارامترات النموذج على الخلايا بشكل مباشر . أما الطريقة الثانية فتتضمن استخدام أدوات GIS (النقطة، الخط، المضلع) من أجل تمثيل منطقة الدراسة ضمن قسم Map. حيث يتم تحديد أماكن المصادر المائية sources/sinks ويتم إنشاء طبقات للبارامترات المختلفة مثل الناقلية الهيدروليكية hydraulic conductivity إضافة لحدود النموذج وجميع البيانات المطلوبة ضمن النموذج الاعتباري conceptual model. وعند الانتهاء من بناء النموذج نقوم بإنشاء شبكة الخلايا grid وتحويل كامل النموذج إلى نموذج grid. وفي عملنا على البرنامج سنستخدم الطريقة الثانية [57].

4-1- الشروط الحدية لمنطقة الدراسة Boundary and Initial Conditions:

- يحد منطقة الدراسة من الجنوب الغربي البحر المتوسط .
- ومن الشمال الشرقي أتوستراد اللاذقية - طرطوس.
- ومن الشمال الغربي نهر الكبير الشمالي.
- ويحدها من الجنوب الشرقي نهر الصنوبر.
- يمثل كل من نهري الصنوبر والكبير الشمالي شرطاً حدياً بضغط محدد specified head boundary، يتعلّق بعمق المياه في النهرين ومنسوبهما بالنسبة إلى سطح البحر.
- بينما يمثل البحر حداً بضغط ثابت $H = \text{constant} = 0$.
- الحد الشمالي الشرقي سيتم اعتباره حد عدم جريان no-flow boundary.
- سنفترض أن التدفق القادم إلى النظام هو بشكل أساسي عبر الهطول المطري.
- كما أن آبار المياه الجوفية wells المدروسة في المنطقة سيتم تمثيلهما في النموذج.
- كذلك سنقوم بتمثيل المصارف الموجودة في المنطقة على أنها drains.
- يتألف المقطع العرضي للمنطقة المدروسة (الشكل رقم (4-1)) من طبقتين رسوبيتين أساسيتين:
 - الطبقة العليا ستتم نمذجتها على أنها طبقة حرة (غير مضغوطة) unconfined layer،
 - في حين ستتم نمذجة الطبقة السفلى على أنها طبقة مضغوطة confined layer.
- وجميع التشكيلات الجيولوجية في المنطقة تعود إلى العمر الرباعي Quaternary.

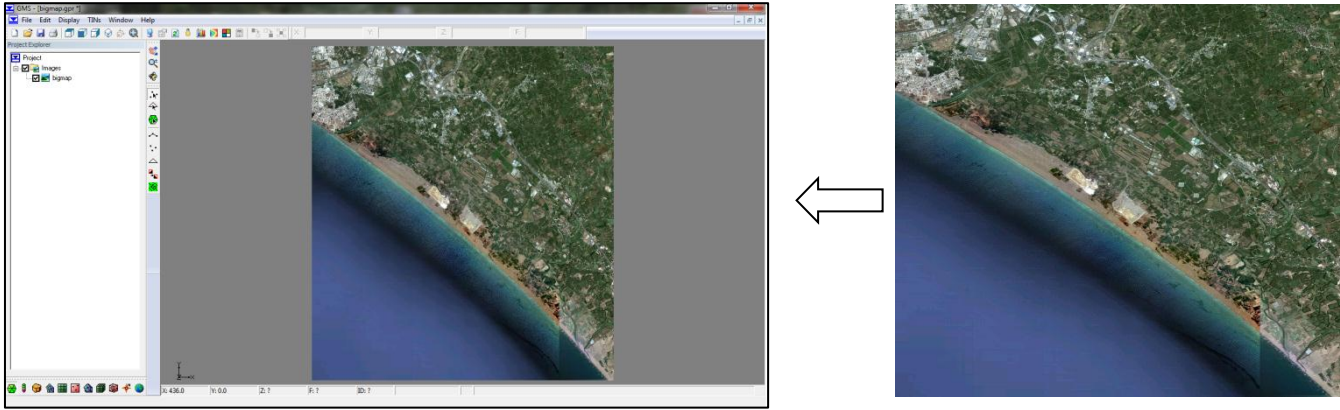


الشكل رقم (4-1): المقطع العرضي لمنطقة البحث.

2-4- بناء النموذج الاعتباري لمنطقة الدراسة Conceptual Model:

1-2-4- استيراد صورة رقمية للموقع المدروس المراد نمذجته Importing the

Background Image: فتظهر في النافذة اليمنى من البرنامج كما يبين الشكل رقم (2-4) وتصبح جاهزة لوضع عناصر الموديل عليها بعد إرجاعها إلى الإحداثيات الصحيحة.



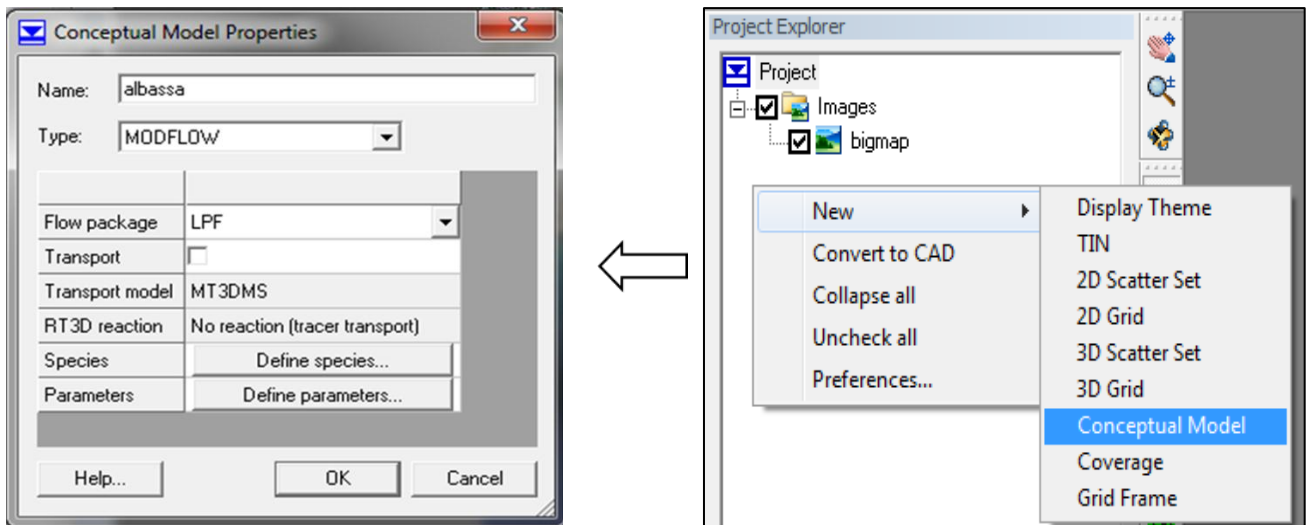
الشكل رقم (2-4): استيراد صورة رقمية لمنطقة البحث إلى واجهة البرنامج.

2-2-4- تعريف الوحدات Defining the Units:

فمن أجل الطول *Length* نختار المتر (m)، و من أجل الزمن *Time* نختار اليوم (d) و نهمل الوحدات الأخرى لأنها لن تستخدم في النمذجة.

3-2-4- إنشاء الطبقات Create the Coverages:

سنقوم بإنشاء النموذج الاعتباري Conceptual Model الممثل للنموذج، والذي سيحتوي فيما بعد على كل طبقات النموذج Coverages. ندخل اسم النموذج albassa ونختار نموذج MODFLOW (الشكل رقم (3-4)).



الشكل رقم (3-4): إنشاء ملف النموذج الاعتباري وتسميته.

1-3-2-4 - إنشاء طبقة الحدود :Building the Boundary Coverage

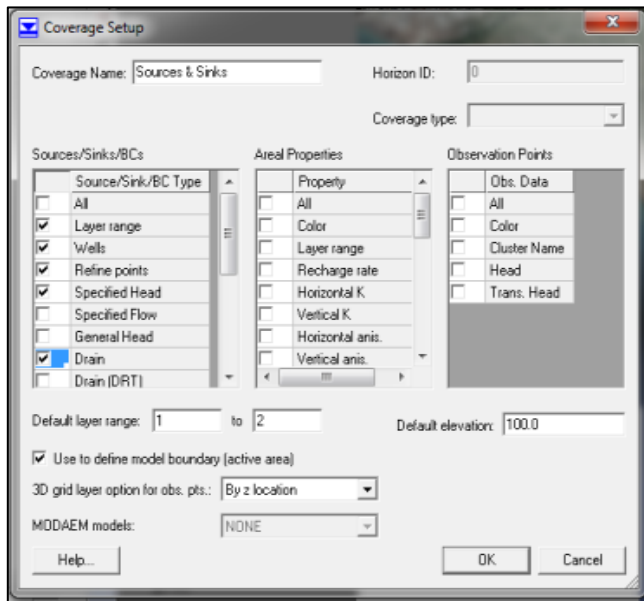
في هذه الطبقة نقوم بإنشاء قوس arc يمثل الحدود الخارجية للمنطقة المدروسة بحيث يشكل حلقة مغلقة حول منطقة الدراسة وذلك باستخدام الأداة Create Arc (الشكل رقم (4-4)).



الشكل رقم (4-4): إنشاء طبقة الحدود Boundary Coverage.

2-3-2-4 - إنشاء طبقة مصادر التغذية والصرف :Building the Source/Sink Coverage

يتم في هذه الطبقة تعريف مصادر التغذية والصرف للمياه الجوفية من (آبار، أنهار، مصارف).



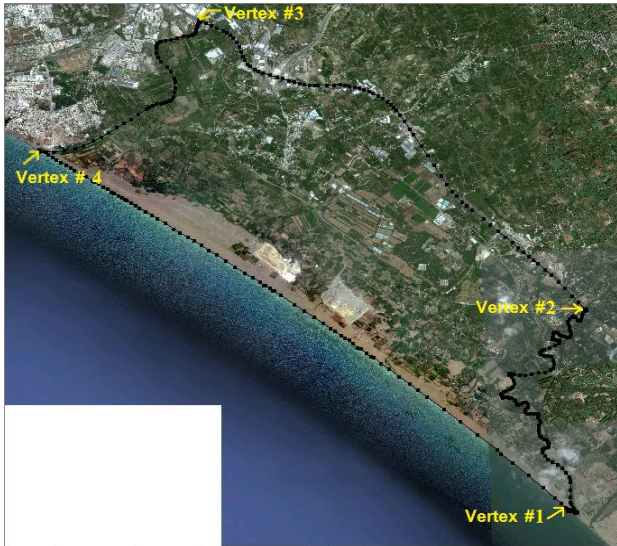
حيث نقوم بتفعيل الخيارات التالية في إعدادات الطبقة (الشكل رقم (4-5)):

- Layer range
- Wells
- Refine points
- Specified Head
- Drain

الشكل رقم (4-5): إنشاء طبقة التغذية والصرف.

1- تمثيل النهرين والبحر كأقواس ضاغط محدد:

في هذه المرحلة نقوم بتقسيم القوس الذي أنشأناه إلى أربعة أقواس، القوس الشمالي يستخدم كحد عدم تدفق، والأقواس الثلاثة الباقية على طول الحدود الشرقية والجنوبية والغربية للنموذج تستخدم كحدود ضاغط محدد لتمثيل البحر جنوباً ونهر السنوبر شرقاً ونهر الكبير الشمالي غرباً. يتم ذلك باستخدام الأداة Select Vertices  وتحديد الذروة المطلوبة ثم نختار الأمر Vertex -> Node.



حيث أنه وكما هو موضح في الشكل رقم (4-6) :

Vertex #1 تقع عند نقطة التقاء (مصب) نهر السنوبر بالبحر.

Vertex #2 تقع عند نقطة التقاء نهر السنوبر مع الطريق الدولية في الجهة الشرقية من النموذج.

Vertex #3 تقع عند نقطة التقاء نهر الكبير الشمالي مع الطريق الدولية في الجهة الغربية من النموذج.

الشكل رقم (4-6): تقسيم القوس الرئيسي إلى أربعة أقواس.

Vertex #4 تقع عند نقطة التقاء (مصب) نهر

الكبير الشمالي بالبحر وهذه النقطة تكون من نوع node بطبيعة الحال لأننا بدأنا برسم القوس ابتداءً منها.

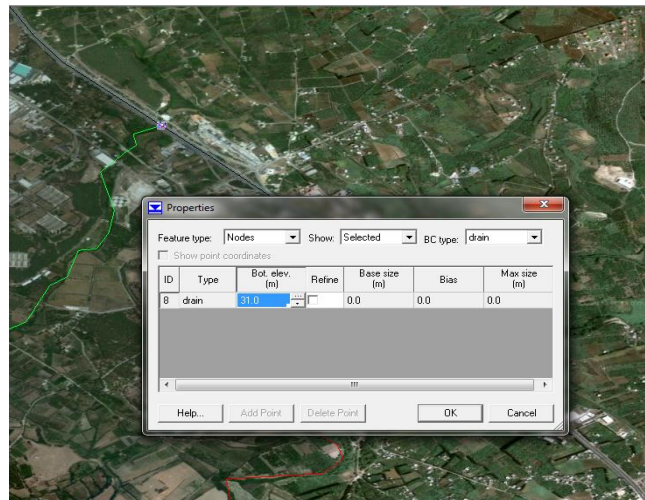
ثم نقوم بتمثيل النهرين والبحر على أنها أقواس ضاغط محدد عن طريق تغيير نوعها إلى spec. head في جدول المواصفات Attribute Table الخاص بكلٍ منها فنلاحظ أن لون هذه الأقواس قد تغير إلى اللون الأحمر دلالةً على نوع القوس. بعدها نقوم بإدخال قيمة الضاغط عند نقطتي البداية والنهاية لكل قوس وسنفترض أن الضاغط يتغير بشكل خطي على طول كل قوس.

- بالنسبة للنقطة node1 المتوضعة عند نقطة التقاء نهر السنوبر بالبحر، وللنقطة 4 node التي تقع عند نقطة التقاء (مصب) نهر الكبير الشمالي بالبحر، ندخل في جدول المواصفات القيمة الثابتة 0 للضاغط Head-Stage بعد اختيارهما بالأداة  Select Points/Nodes.

- بنفس الطريقة ندخل القيمة 15 للنقطة 2 node الواقعة عند نقطة التقاء نهر السنوبر مع الطريق الدولية في الجهة الشرقية من النموذج، والقيمة 7 للنقطة 3 node التي تقع عند نقطة التقاء نهر الكبير الشمالي مع الطريق الدولية في الجهة الغربية من النموذج. هذه القيم تتعلق بعمق المياه في النهرين ومنسوبهما بالنسبة إلى سطح البحر.

2- تعريف أقواس المصارف :Defining the Drain Arcs

هنا نقوم برسم الرافد الموجود في المنطقة والذي يعمل على صرف المياه الجوفية، ثم نغير نوعه في جدول المواصفات إلى drain فيتغير لونه إلى الأخضر، أما ارتفاعات المصرف elevations فيتم تحديدها من خلال النقاط nodes عند بداية ونهاية هذا المصرف (على افتراض أن الارتفاع يتغير بشكل خطي على طول المصرف بين القيمتين المحددتين) فندخل لنقطة البداية القيمة 31 ولنقطة النهاية القيمة 0 كما في الشكل رقم (7-4). (حصلنا على هذه القيم من خلال استخدام برنامج google earth).



الشكل رقم (7-4): إدخال ارتفاعات نقاط المصرف.

3- إنشاء الآبار :Creating the Wells

الخطوة الأخيرة في إنشاء طبقة sources/sinks هي إنشاء الآبار، حيث تمثل الآبار ضمن البرنامج على أنها نقاط.

هنا نقوم بتمثيل شبكة الآبار الممتلئة لآبار الأهالي البالغ عددها 16 بئراً منتشرة في منطقة البحث (الشكل رقم (8-4)) وذلك عن طريق إدخال إحداثياتها التي حصلنا عليها باستخدام جهاز الـ GPS.



الشكل رقم (8-4): تمثيل شبكة الآبار المدروسة في طبقة sources/sinks.

بعد أن أكملنا إنشاء جميع عناصر ومكونات طبقة التغذية والصرف من أنهار وآبار ومصارف تظهر لدينا الطبقة كما في الشكل رقم (4-9).



الشكل رقم (4-9): طبقة مصادر التغذية و الصرف Source/Sink Coverage.

4-3-3-2-4 - إنشاء طبقة مناطق الرشح :Delineating the Recharge Zones

وفيها نفترض أن التصريف موزع بشكل منتظم على كامل المساحة باستثناء مطمري النفايات landfills حيث سيكون التصريف من خلالهما أقل بسبب وجود بطانة من طبقة غضارية شبه كتيمة توضع أسفل المطامر. وضمن هذه الطبقة نقوم بإنشاء حدود مطمري النفايات كما في الشكل رقم (4-10).



الشكل رقم (4-10): إنشاء حدود مطمري النفايات في طبقة مناطق الرشح.

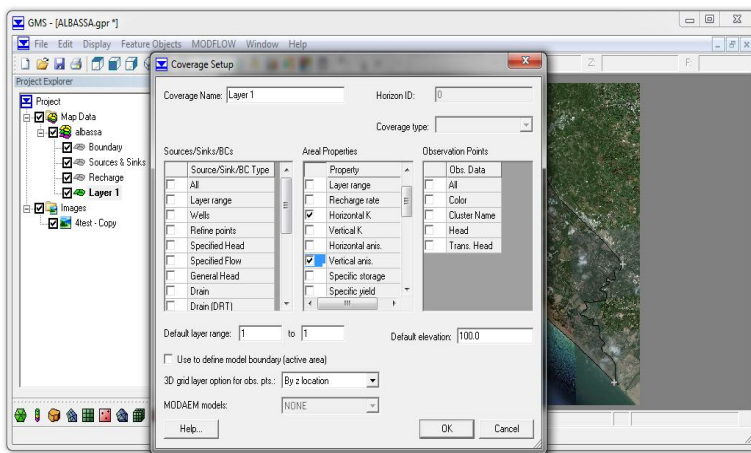
ثم نقوم بإدخال قيمة التصريف إلى مناطق الرشح كما يلي: بالنسبة لمضلي مطمري النفايات ندخل لكلٍ منهما قيمة معدل التصريف 0.00006 m/day Recharge rate أما بالنسبة للمضلع الآخر الذي يمثل منطقة الدراسة باستثناء المطمرين ندخل قيمة معدل التصريف له 0.00695 m/day [57].

4-3-2-4- تعريف الناقلية الهيدروليكية Defining the Hydraulic Conductivity:

نقوم هنا بإنشاء الطبقتين العلوية Layer 1 و السفلية Layer 2 وإدخال قيم الناقلية الهيدروليكية الخاصة بكل طبقة.

1- إنشاء الطبقة العلوية Top Layer:

نسمي هذه الطبقة Layer 1 وإدخال قيمة الناقلية الهيدروليكية للطبقة العلوية ضمن نافذة إعدادات



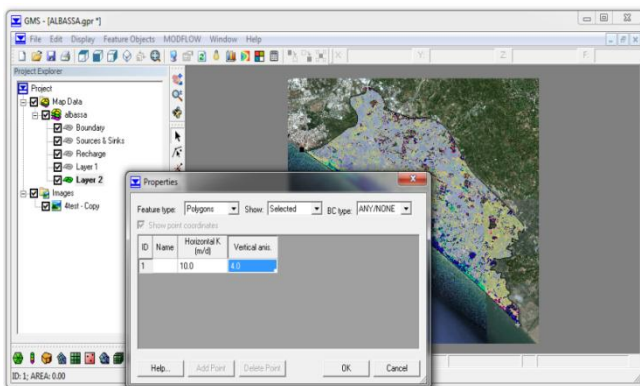
الطبقة Coverage Setup نفعل الخيارين Horizontal K و Vertical anis ونغيّر الخيار Default layer range ليكون من 1 إلى 1 كما في الشكل رقم (4-11).

ثم من قائمة Feature Objects نختار Build Polygons لإنشاء المضلع الخاص بها.

الشكل رقم (4-11): إنشاء الطبقة 1 layer.

وفي جدول مواصفاتها نغيّر قيمة Horizontal K إلى 5.5 وقيمة Vertical anis إلى 4 [57].

2- إنشاء الطبقة السفلية Bottom Layer :



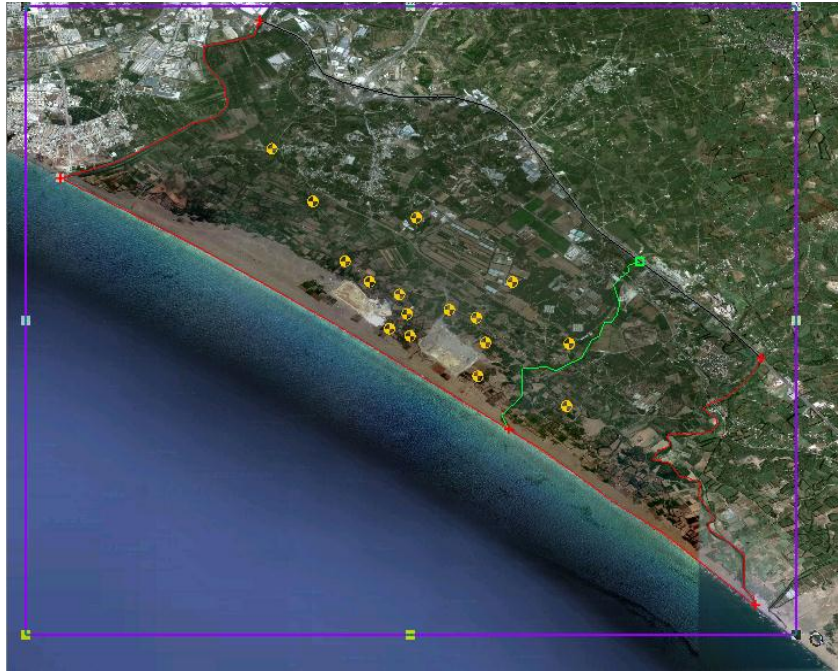
ننشئ هذه الطبقة بنفس الطريقة ونسميها Layer 2 ونغيّر الخيار Default range layer ليكون من 2 إلى 2 ، كما نغيّر قيمة Horizontal K إلى 10 وقيمة Vertical anis إلى 4، كما في الشكل رقم (4-12).

الشكل رقم (4-12): إنشاء الطبقة 2 layer.

4-2-4- توقيت إطار الشبكة : Locating the Grid Frame

بعد الانتهاء من بناء جميع طبقات النموذج coverages أصبحنا جاهزين لإنشاء الشبكة ولكن يجب أولاً أن نحدد موقع وتوجيه الشبكة باستخدام إطار الشبكة، إذ يمثل إطار الشبكة الحدود الخارجية للشبكة ويمكن أن نضعه فوق خريطة الموقع رسومياً.

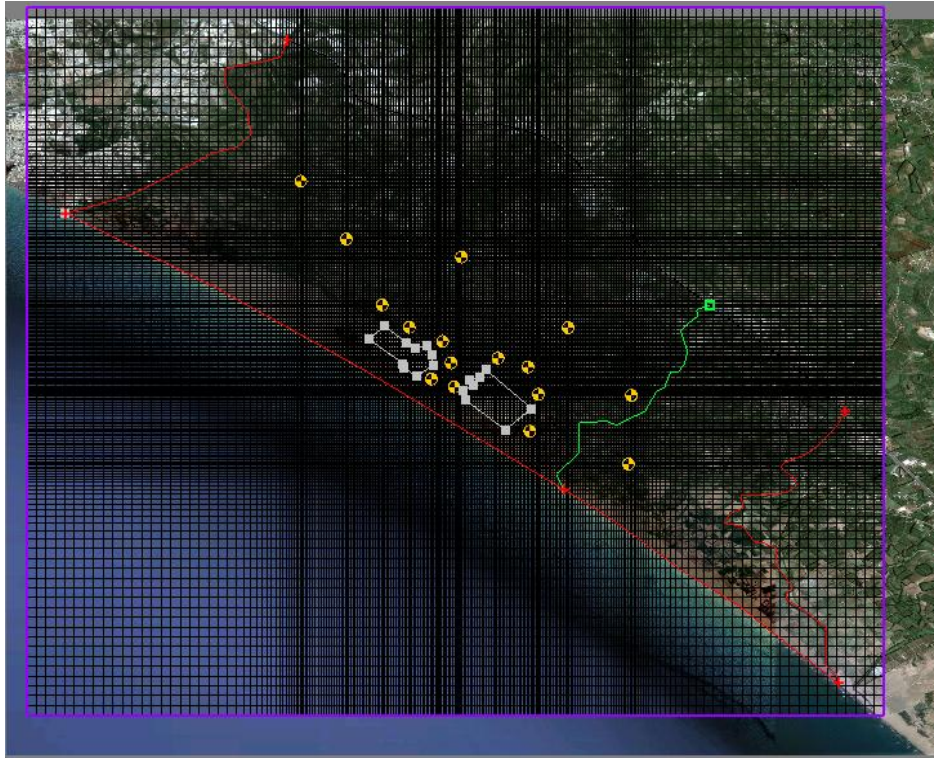
ننشئ طبقة جديدة اسمها Grid Fram ثم نختار Fit to Active Coverage لكي يحيط الإطار بحدود منطقة الدراسة كما في الشكل رقم (4-13).



الشكل رقم (4-13): إنشاء إطار الشبكة Grid Frame.

5-2-4- إنشاء شبكة الخلايا : Creating the Grid

لنحصل على شبكة الخلايا من قائمة Feature Objects نختار الأمر 3D Grid Map -> وضمن القسم Z-Dimension نغير قيمة Num cells إلى 2. والشبكة موضحة بالشكل رقم (4-14).



الشكل رقم (4-14): إنشاء شبكة الخلايا Grid.

6-2-4- تحديد المناطق الفعالة وغير الفعالة Defining the Active/Inactive Zones:

الآن وبعد أن أنشأنا الشبكة الخطوة التالية هي تحديد المناطق الفعالة (التي سيتم فيها الحسابات) وغير الفعالة في النموذج، وهذا ينجز أوتوماتيكياً باستخدام المعلومات الموجودة في شريحة sources/sinks فمن قائمة Feature Objects نختار الأمر Activate Cells in Coverage(s)، فنلاحظ أن كل خلية داخل أي مضلع من شريحة sources/sinks (داخل حدود منطقة الدراسة) قد حددت كخلية فعالة وكل خلية خارج المضلع حددت كخلية غير فعالة، كما هو موضح بالشكل رقم (4-15).



الشكل رقم (4-15): إنشاء شبكة الخلايا الفعالة وغير الفعالة.

4-2-7- استيفاء ارتفاعات الطبقة Interpolating Layer Elevations:

نحن الآن بحاجة لتحديد ارتفاعات الطبقة والضغط الابتدائية، ومن أجل نموذج بطبقتين نحتاج لأن نعرف منظومة (مصفوفة) ارتفاعات الطبقة من أجل :

- أعلى الطبقة الأولى (سطح الأرض الطبيعية).
- أسفل الطبقة الأولى.
- وأسفل الطبقة الثانية.

حيث يعتبر أعلى الطبقة الثانية مساوياً لأسفل الطبقة الأولى.

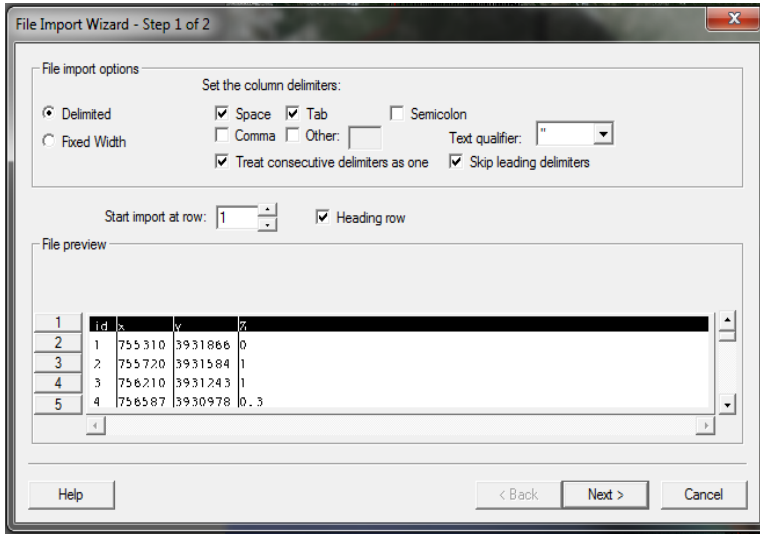
إحدى طرق تحديد ارتفاعات الطبقة هي استيراد مجموعة من النقاط المبعثرة محددة الارتفاعات ومن ثم استيفاء الارتفاعات مباشرةً إلى ارتفاعات الطبقة. يتم القيام بذلك عادةً باستخدام مجموعة من النقاط المبعثرة. في هذه الحالة سوف نستخدم مجموعتين من النقاط المبعثرة: الأولى من أجل سطح الأرض الطبيعية والثانية من أجل ارتفاعات أسفل الطبقة الأولى وأسفل الطبقة الثانية. غالباً ما تؤخذ نقاط سطح الأرض الطبيعية من الخريطة الطبوغرافية، بينما تأتي ارتفاعات الطبقة من معلومات حفر الآبار التي تخترق هذه الطبقة [57].

يتم استيراد مجموعة النقاط المبعثرة إلى برنامج الـ GMS من ملف نصي نقوم باستيراده، كان قد أنشئ كملف إكسل Excel spreadsheet وصدر من الإكسل على شكل نص delimited text.

حيث يتم استيراد الملف النصي إلى GMS بعد فتحه من زر open على خطوتين:
الخطوة الأولى: تسمح لنا بتحديد كيف سترتب المعلومات وأين تبدأ المعلومات في الملف. كما هو

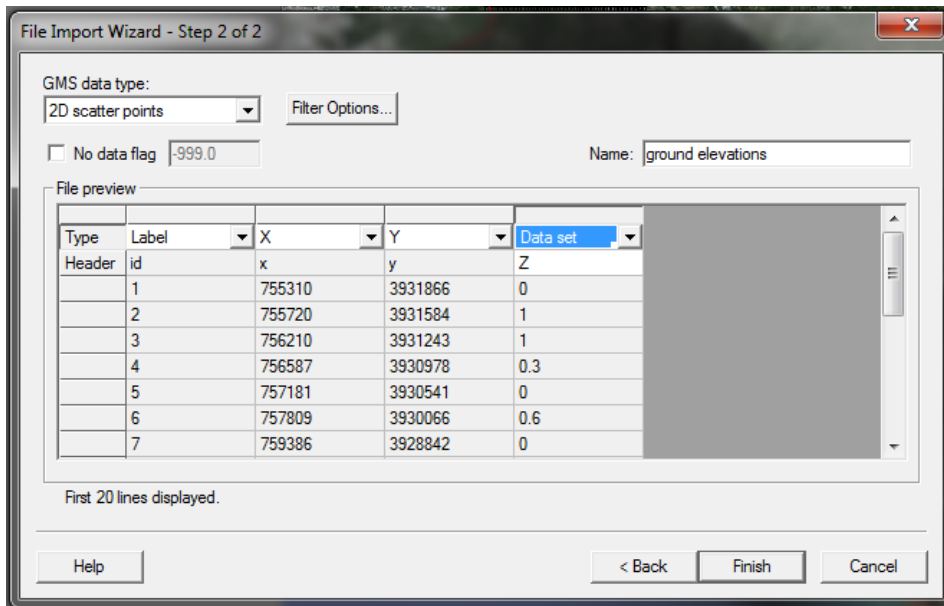
مبين في الشكل رقم (4-16).

في هذا الملف يحتوي السطر الأول على عناوين الأعمدة، فالعمود الأول يحتوي على ID النقاط، بينما يحتوي العمود الثاني على قيم X للنقاط، والعمود الثالث يحتوي على قيم Y للنقاط، أما العمود الرابع فيحتوي على قيم المعلومات المرتبطة بالنقاط وهي في حالتنا هذه قيم الارتفاعات Z.



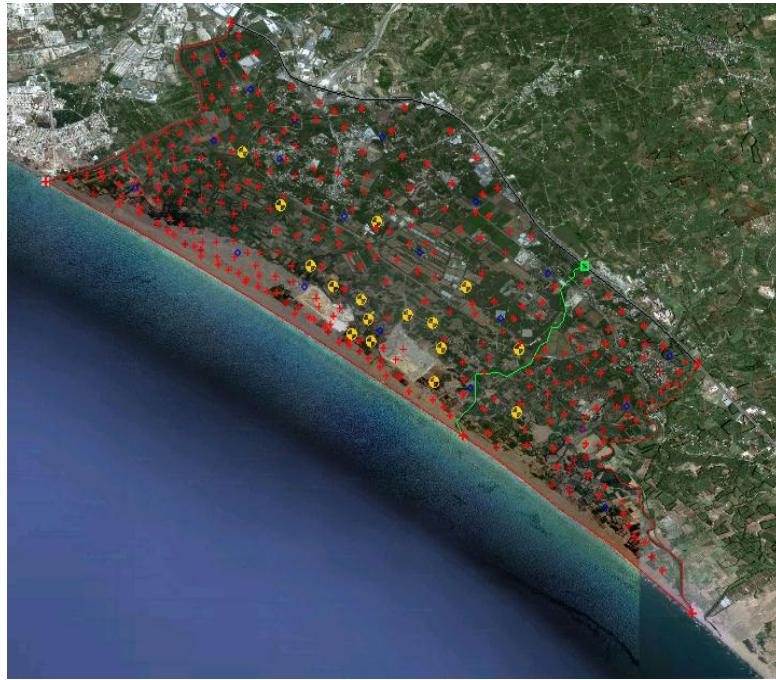
الشكل رقم (4-16): الخطوة الأولى من استيراد مجموعة النقاط المبعثرة.

الخطوة الثانية: تسمح لنا الخطوة الثانية بتحديد كل نوع من المعلومات ماذا يعني، ويتم ذلك باختيار نوع المعلومات الصحيح في السطر Type row من أجل كل عمود في الملف. بما أننا حددنا بأننا نريد استخدام سطر العناوين heading row في الخطوة الأولى، فإن الـ GMS يبحث عن العناوين وأتوماتيكياً يجد أعمدة X و Y التي قمنا باختيارها في السطر Type من الجدول، كما يظهر الشكل رقم (4-17).



الشكل رقم (4-17): الخطوة الثانية من استيراد مجموعة النقاط المبعثرة scatter points.

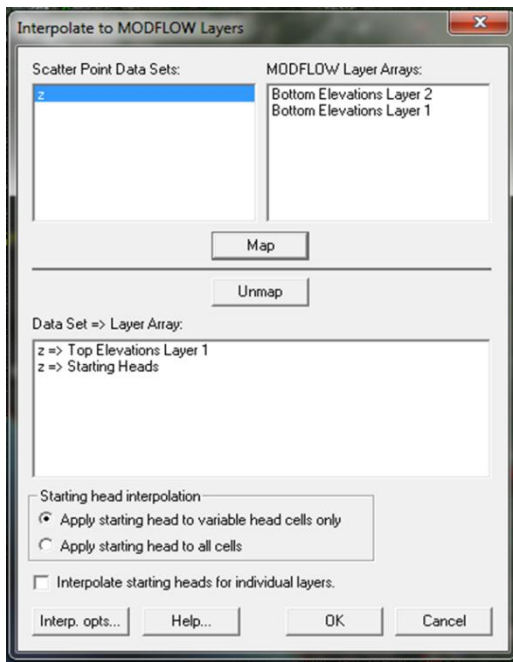
بعد أن نضغط Finish نلاحظ أن النقاط المبعثرة قد ظهرت على الشاشة كما في الشكل رقم (4-18).



الشكل رقم (4-18): ظهور النقاط المبعثرة scatter points ضمن منطقة الدراسة.

الآن وبعد استيراد النقاط نقوم بإجراء عملية الاستيفاء إلى طبقات النموذج.

4-2-7-1 - استيفاء المناسيب والضواغط Interpolating the Heads and Elevations:

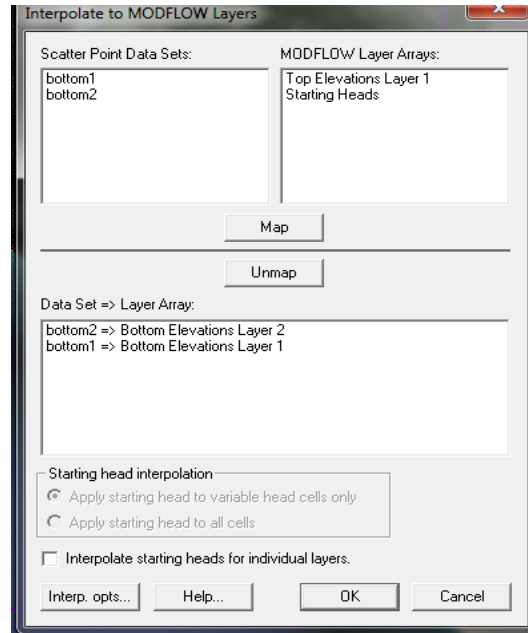


الشكل رقم (4-19): استيفاء المناسيب والضواغط.

- سنقوم الآن باستيفاء مناسيب سطح الأرض الطبيعية والضواغط البدائية إلى شبكة MODFLOW.
1. نحدد بالمؤشر مجموعة النقاط التي أنشأناها ground elevations ونختار الأمر Interpolate To /MODFLOW Layers.
2. نحدد مجموعة البيانات (z) ground_elev و Starting Heads ثم نضغط Map.
3. ثم نحدد (z) ground_elev و Top Elevations Layer1 ثم نضغط Map، الشكل رقم (4-19).
4. نختار موافق لإنجاز الاستيفاء.

4-2-7-2-4- استيفاء مناسب الطبقات bottom1 و bottom2 إلى شبكة MODFLOW:

نطبق الأمر *Interpolate To | MODFLOW Layers*. هنا سيقوم GMS أوتوماتيكياً بعمل تنظيم لمصفوفتي أسفل الطبقة الأولى وأسفل الطبقة الثانية إلى مجموعة النقاط المناسبة وذلك بالاعتماد على اسم مجموعة البيانات، كما يوضح الشكل رقم (4-20).



الشكل رقم (4-20): استيفاء مناسب الطبقات.

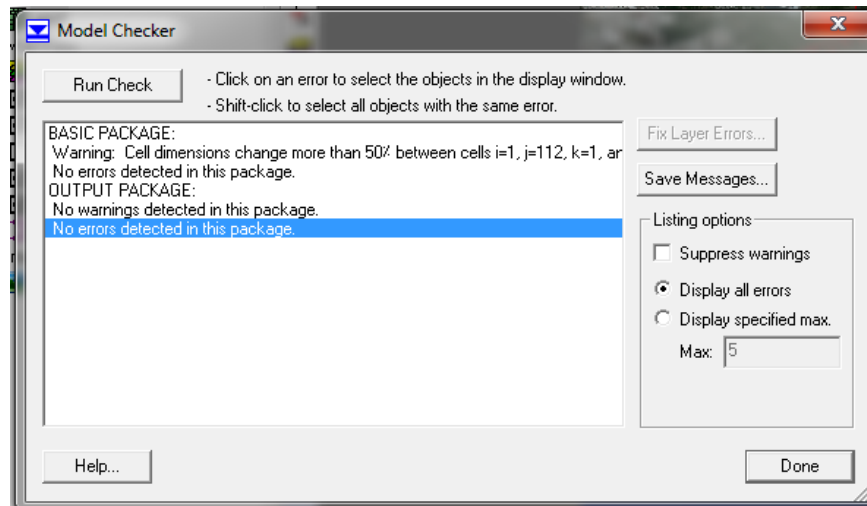
4-3-7-2-4- تصحيح مصفوفات الارتفاعات Fixing the Elevation Arrays:

يزودنا برنامج GMS بمجموعة أدوات لتصحيح مشاكل ارتفاعات الطبقات، فمن خلال الأمر Check Simulation نلاحظ وجود أخطاء عديدة في الطبقتين. هناك طرق عدة لتصحيح هذه الأخطاء، سنستخدم طريقة Truncate to bedrock هذه الطريقة تجعل جميع الخلايا التي تقع ما دون أسفل الطبقة غير فعالة.

4-8-2-4- تحويل النموذج التصوري conceptual model إلى نموذج عددي Numerical

:Model

هنا نقوم بعملية تفحص المحاكاة Check Simulation وبعد الانتهاء نلاحظ عدم وجود أخطاء في النموذج. كما في الشكل رقم (4-21).



الشكل رقم (4-21): عملية تفحص المحاكاة Check Simulation.

وأخيراً نقوم بعملية تشغيل النموذج من خلال الخيار MODFLOW Run. وسنقوم بإظهار وعرض نتائج عملية النمذجة في الفصل الخامس (فصل النتائج والمناقشة).

الفصل الخامس

النتائج والمناقشة

Results And Discussion

5-1- نتائج القياسات الفيزيائية والكيميائية وقياسات العناصر الثقيلة على العينات المأخوذة من الآبار والأنهار ومناقشتها:

تم تمثيل نتائج القياسات الفيزيائية والكيميائية وقياسات العناصر الثقيلة التي تم إجراؤها على العينات المأخوذة من الآبار والأنهار وفق جداول ومخططات بيانية باستخدام برنامج (Excel 2010)، وفيما يلي عرض للنتائج وفق الجداول والمخططات البيانية ومن ثم مناقشة هذه النتائج.

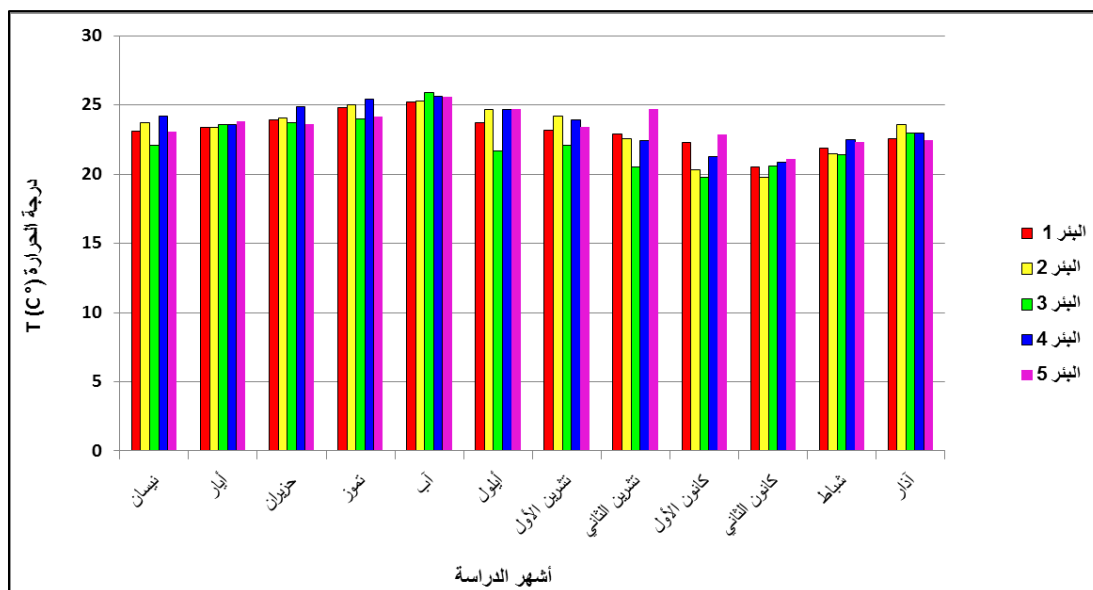
5-1-1- درجة الحرارة $T(C^{\circ})$:

يبين الجدول رقم (5-1) و (5-2) نتائج قياس درجات الحرارة $T(C^{\circ})$ في عينات المياه المأخوذة من الآبار ونقاط الأنهار على التوالي خلال عام كامل، كما تم تمثيل النتائج المدونة في الجدولين بيانياً وفق المخططات رقم (5-1) و (5-2) و (5-3) بواقع مخطط ممثل لكل مجموعة من الآبار المدروسة على حدة ووفق المخطط رقم (5-4) بالنسبة لنقاط الاعتیان النهرية.

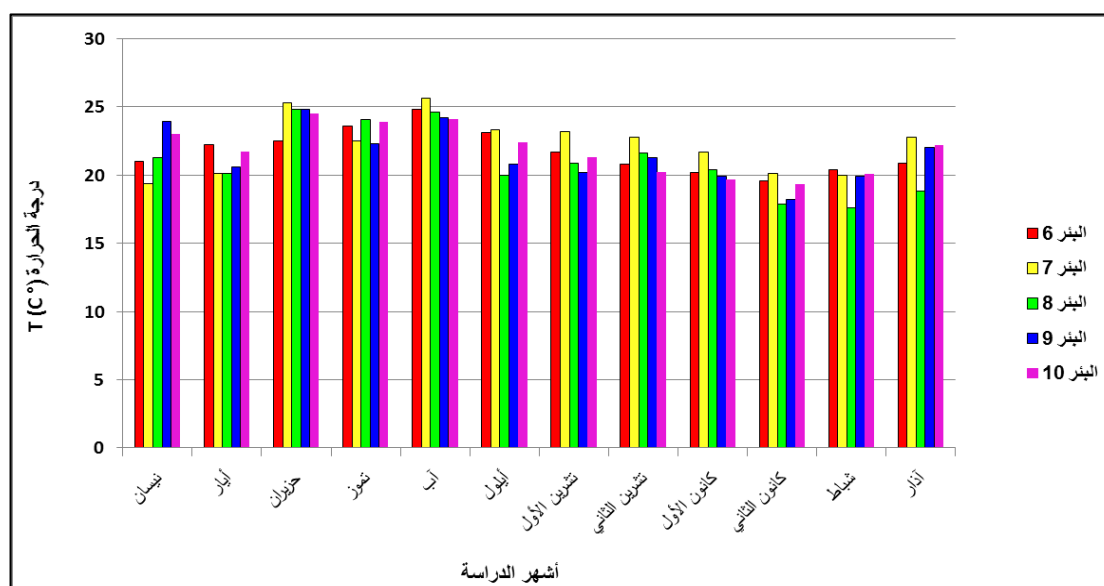
الجدول رقم (5-1): تغير قيم درجات الحرارة ($T(^{\circ}C)$) في مياه الآبار المدروسة خلال عام كامل (من نيسان 2012 وحتى آذار 2013)

المتوسط	آذار	شباط	كانون 2	كانون 1	تشرين 2	تشرين 1	أيلول	آب	تموز	حزيران	أيار	نيسان	الشهر رقم البئر
23.13	22.6	21.9	20.5	22.3	22.9	23.2	23.7	25.2	24.8	23.9	23.4	23.1	البئر 1
23.18	23.6	21.5	19.8	20.3	22.6	24.2	24.7	25.3	25	24.1	23.4	23.7	البئر 2
22.37	23	21.4	20.6	19.8	20.5	22.1	21.7	25.9	24	23.7	23.6	22.1	البئر 3
23.53	23	22.5	20.9	21.3	22.4	23.9	24.7	25.6	25.4	24.9	23.6	24.2	البئر 4
23.49	22.5	22.3	21.1	22.9	24.7	23.4	24.7	25.6	24.2	23.6	23.8	23.1	البئر 5
21.73	20.9	20.4	19.6	20.2	20.8	21.7	23.1	24.8	23.6	22.5	22.2	21	البئر 6
22.23	22.8	20	20.1	21.7	22.8	23.2	23.3	25.6	22.5	25.3	20.1	19.4	البئر 7
21.01	18.8	17.6	17.9	20.4	21.6	20.88	20	24.6	24.1	24.8	20.1	21.3	البئر 8
21.51	22	19.9	18.2	19.9	21.3	20.2	20.8	24.2	22.3	24.8	20.6	23.9	البئر 9
21.87	22.2	20.1	19.3	19.7	20.2	21.3	22.4	24.1	23.9	24.5	21.7	23	البئر 10
21.12	19.4	17.9	17.6	19.4	21.5	20.5	21.3	23.6	24.1	24.9	22.3	20.9	البئر 11
21.93	22.7	20.1	19	19.9	21.7	22.1	23.2	25.5	24.1	25.2	20.1	19.5	البئر 12
22.16	23.2	20.8	20.1	20.7	21.3	22	23.1	24.8	24.3	22.4	21.7	21.5	البئر 13
20.70	20.5	19.5	18.3	20.2	19.9	20.2	20.6	23.1	22.6	21.9	21	20.6	البئر 14
21.39	20.3	19.7	17.9	19.8	21.2	20.1	20.8	24.9	23.1	24.2	21.8	22.9	البئر 15
21.88	22.8	20	19.9	19.5	20.6	23.1	23.3	25.8	22.7	25.3	20	19.5	البئر 16

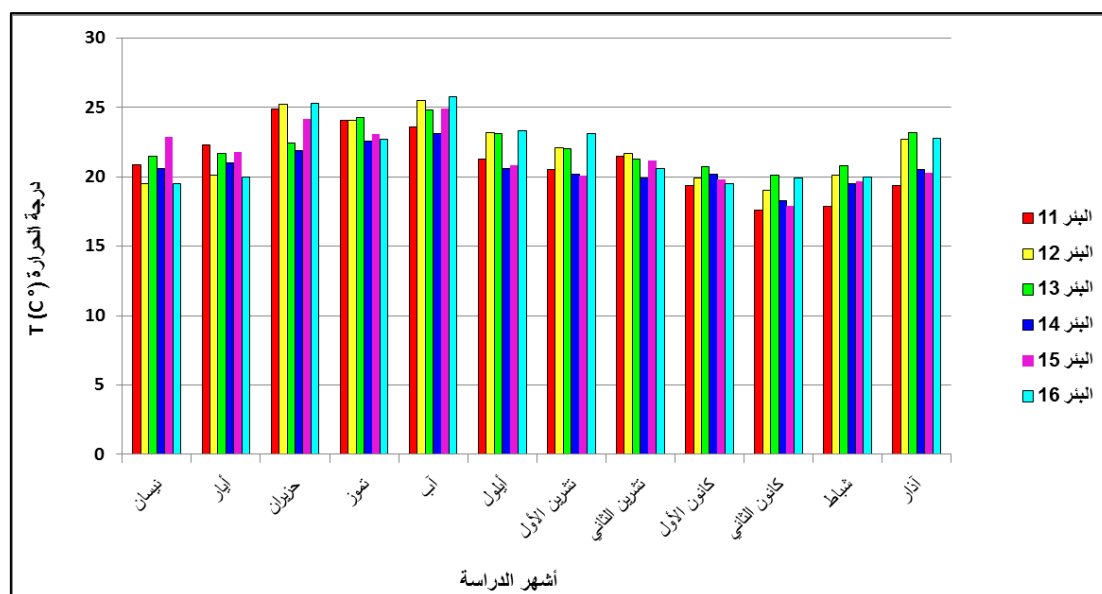
تم تمثيل نتائج الجدول السابق بثلاثة مخططات بيانية حيث تم تمثيل نتائج كل مجموعة من الآبار المدروسة بمخطط بياني مستقل.



الشكل رقم (1-5): تغير قيم درجات الحرارة في مياه الآبار المدروسة حول المكب القديم خلال أشهر الدراسة.



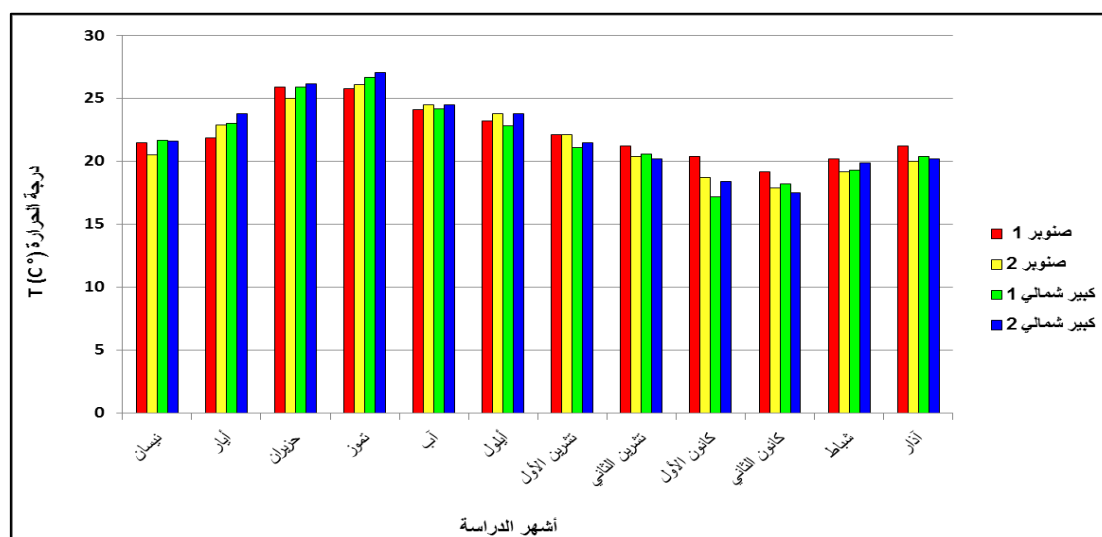
الشكل رقم (2-5): تغير قيم درجات الحرارة في مياه الآبار المدروسة حول المكب الحالي خلال أشهر الدراسة.



الشكل رقم (3-5): تغير قيم درجات الحرارة في مياه الآبار المدروسة المتوزعة في المنطقة المحيطة بالمكبين خلال أشهر الدراسة.

الجدول رقم (2-5): تغير قيم درجة الحرارة $T(^{\circ}C)$ في مياه نقاط الاعتيان النهرية خلال عام كامل (من نيسان 2012 وحتى آذار 2013)

المتوسط	آذار	شباط	كانون 2	كانون 1	تشرين 2	تشرين 1	أيلول	آب	تموز	حزيران	أيار	نيسان	الشهر اسم النقطة
22.23	21.2	20.2	19.2	20.4	21.2	22.1	23.2	24.1	25.8	25.9	21.9	21.5	صنوبر 1
21.76	20	19.2	17.9	18.7	20.4	22.1	23.8	24.5	26.1	25	22.9	20.5	صنوبر 2
21.76	20.4	19.3	18.2	17.2	20.6	21.1	22.8	24.2	26.7	25.9	23	21.7	كبير شمالي 1
22.06	20.2	19.9	17.5	18.4	20.2	21.5	23.8	24.5	27.1	26.2	23.8	21.6	كبير شمالي 2



الشكل رقم (4-5): تغير قيم درجات الحرارة في مياه نقاط الاعتيان النهرية خلال أشهر الدراسة.

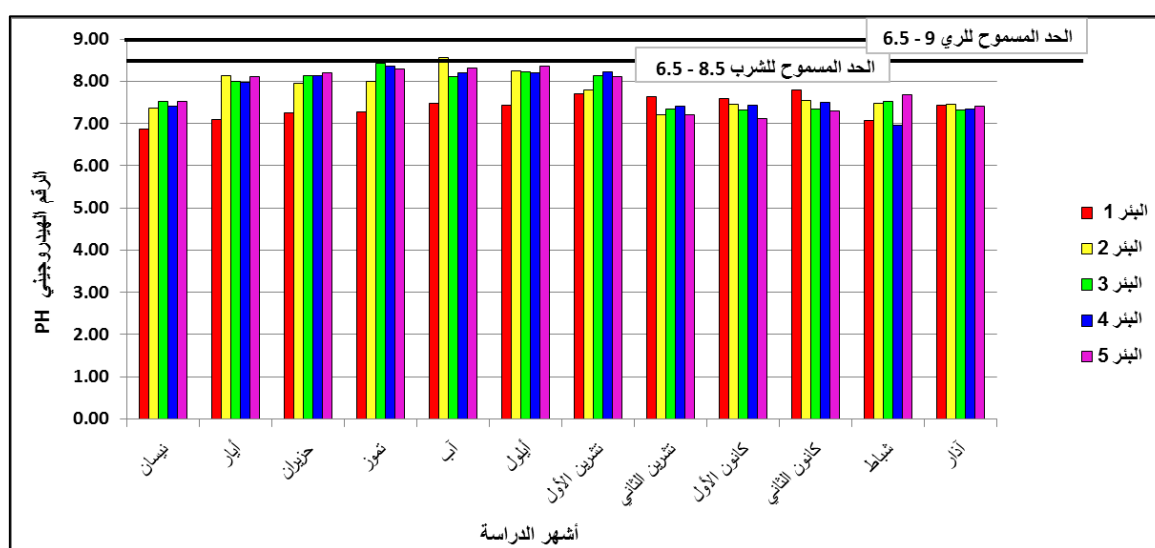
✓ من خلال النتائج السابقة للآبار ونقاط الأنهار المدروسة خلال فترة الدراسة نجد أن المتوسط الشهري لقيم درجة الحرارة في مياه الآبار تراوح ما بين 23.49°C - 20.7°C ، وقد تركزت القيم العليا لدرجة الحرارة في عينات مياه الآبار المدروسة في فترة الصيف وبلغت أعلى قيمة لها في شهر آب 25.9°C وذلك للبئر رقم (3) والقيم الصغرى لها كانت محصورة في فصل الشتاء وبلغت أصغر قيمة لها في شهر كانون الثاني 17.6°C وذلك للبئر رقم (11)، كما تراوح المتوسط الشهري لقيم درجة الحرارة في نقاط الاعتیان النهرية ما بين 22.23°C - 21.76°C ، وقد تركزت القيم العليا لها خلال فترة الصيف وبلغت أعلى قيمة لدرجة الحرارة في شهر تموز 27.1°C للنقطة رقم (2) الواقعة على نهر الكبير الشمالي والقيم الصغرى لدرجة الحرارة كانت خلال فترة الشتاء وبلغت أصغر قيمة لها في شهر كانون الأول 17.2°C وذلك للنقطة رقم (1) الواقعة على نهر الكبير الشمالي، وقد كانت النتائج متوافقة مع التغيرات المناخية لمنطقة لدراسة حيث تتمتع المنطقة بمناخ متوسطي معتدل تتخلله بعض الأيام الباردة شتاءً ومعتدل إلى حار نسبياً صيفاً. وباعتبار أن الآبار المدروسة قليلة العمق نسبياً ونقاط الاعتیان النهرية هي نقاط سطحية فهي تتأثر بشكل كبير بالتغيرات المناخية للمنطقة المحيطة [48].

5-1-2- الرقم الهيدروجيني pH:

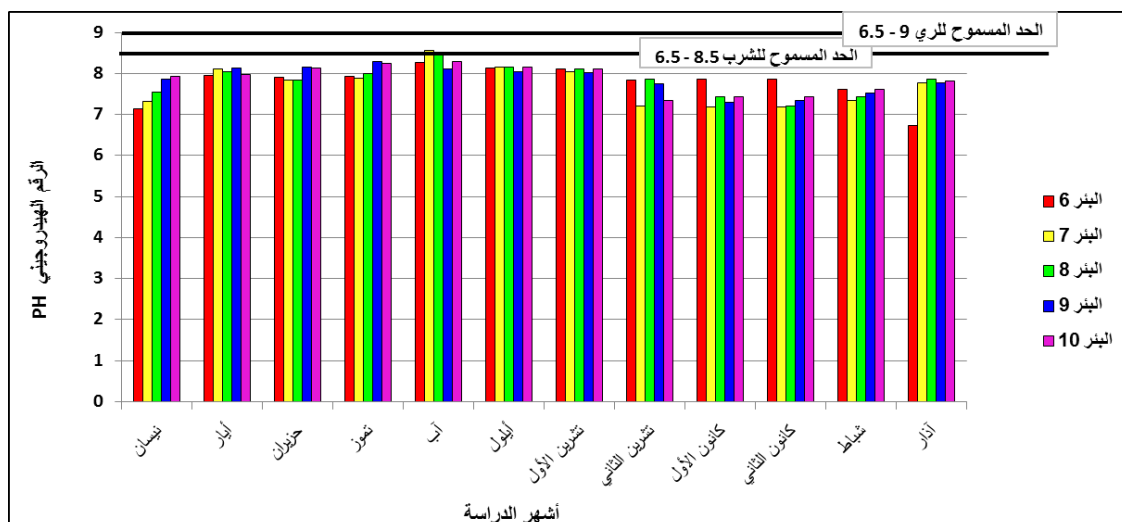
يبين الجدولان رقم (3-5) و (4-5) نتائج قياس الرقم الهيدروجيني (pH) في عينات المياه المأخوذة من الآبار ونقاط الأنهار على التوالي خلال عام كامل، كما تم تمثيل النتائج المدونة في الجدولين بيانياً وفق المخططات رقم (5-5) و (6-5) و (7-5) بواقع مخطط ممثل لكل مجموعة من الآبار المدروسة على حدة ووفق المخطط رقم (5-8) بالنسبة لنقاط الاعتیان النهرية.

الجدول رقم (3-5): تغير قيم الرقم الهيدروجيني (pH) في مياه الآبار المدروسة خلال عام كامل (من نيسان 2012 وحتى آذار 2013)

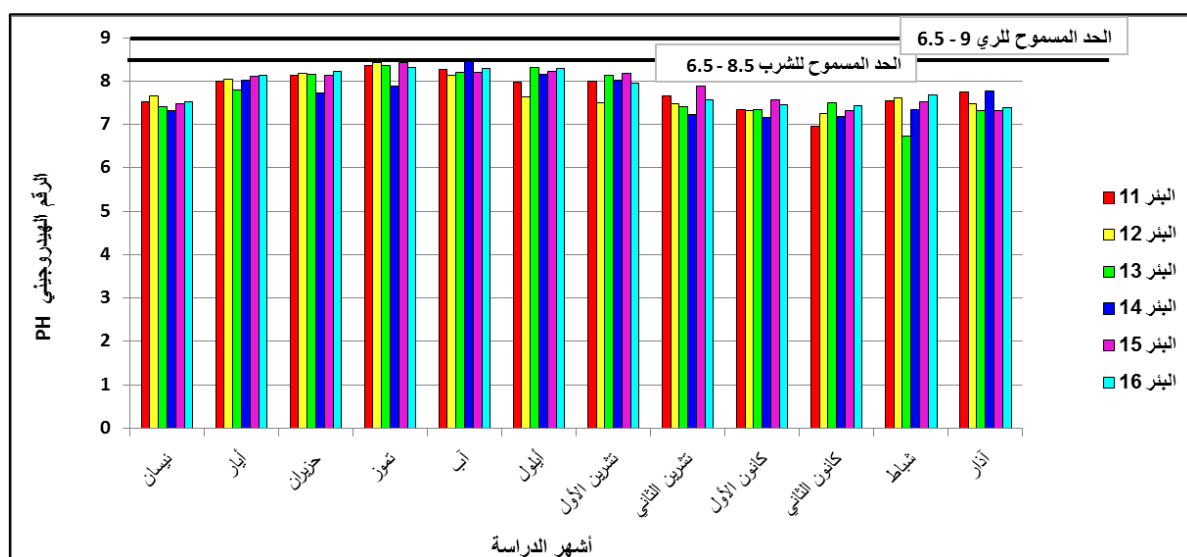
المتوسط	آذار	شباط	كانون 2	كانون 1	تشرين 2	تشرين 1	أيلول	آب	تموز	حزيران	أيار	نيسان	الشهر رقم البئر
7.39	7.43	7.08	7.80	7.58	7.64	7.70	7.44	7.47	7.27	7.25	7.10	6.87	البئر 1
7.76	7.45	7.47	7.55	7.45	7.21	7.79	8.25	8.57	7.99	7.95	8.12	7.36	البئر 2
7.78	7.32	7.51	7.33	7.31	7.35	8.12	8.23	8.11	8.42	8.13	8.00	7.52	البئر 3
7.76	7.33	6.95	7.49	7.42	7.41	8.22	8.2	8.21	8.35	8.14	7.97	7.4	البئر 4
7.80	7.41	7.67	7.30	7.11	7.21	8.10	8.35	8.31	8.29	8.21	8.11	7.52	البئر 5
7.77	6.74	7.60	7.86	7.85	7.83	8.11	8.13	8.26	7.93	7.90	7.95	7.13	البئر 6
7.72	7.78	7.33	7.18	7.18	7.21	8.05	8.15	8.57	7.89	7.83	8.11	7.32	البئر 7
7.83	7.87	7.43	7.2	7.42	7.85	8.1	8.16	8.47	7.99	7.84	8.04	7.55	البئر 8
7.85	7.77	7.53	7.33	7.3	7.75	8.01	8.05	8.10	8.28	8.16	8.12	7.85	البئر 9
7.87	7.82	7.61	7.44	7.42	7.35	8.11	8.15	8.3	8.24	8.12	7.98	7.92	البئر 10
7.79	7.75	7.55	6.96	7.34	7.65	7.99	7.98	8.26	8.35	8.14	8.00	7.52	البئر 11
7.72	7.47	7.62	7.24	7.32	7.47	7.50	7.63	8.14	8.42	8.18	8.03	7.65	البئر 12
7.72	7.32	6.72	7.49	7.33	7.41	8.12	8.32	8.21	8.35	8.15	7.79	7.41	البئر 13
7.69	7.78	7.33	7.19	7.17	7.22	8.02	8.16	8.47	7.89	7.73	8.02	7.32	البئر 14
7.86	7.32	7.51	7.32	7.57	7.88	8.18	8.22	8.19	8.43	8.14	8.11	7.48	البئر 15
7.85	7.39	7.67	7.44	7.46	7.57	7.94	8.29	8.3	8.31	8.22	8.12	7.51	البئر 16



الشكل رقم (3-5): تغير قيم الرقم الهيدروجيني (pH) في مياه الآبار المدروسة حول المكب القديم خلال أشهر الدراسة.



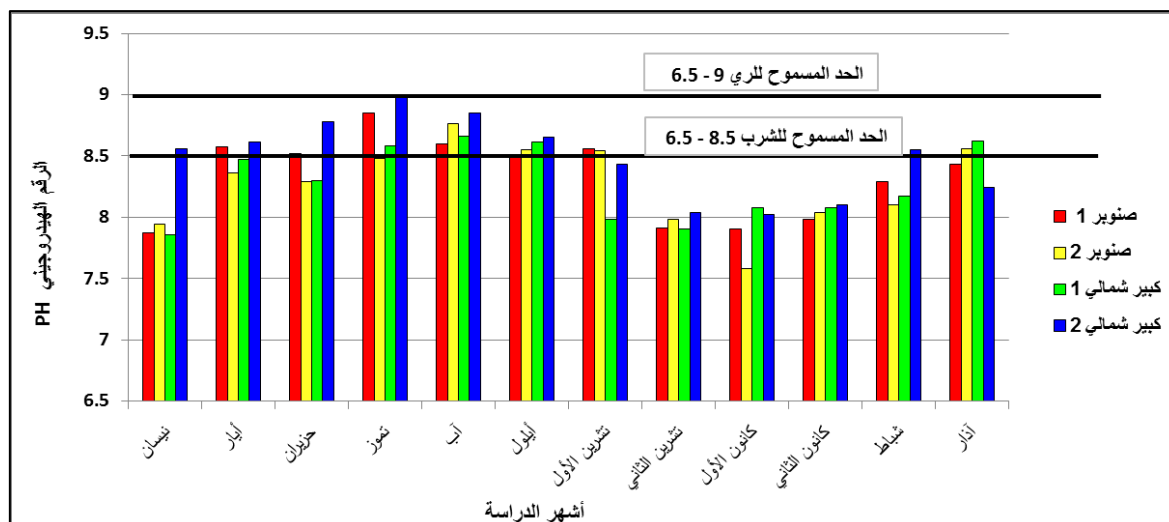
الشكل رقم (5-6): تغير قيم الرقم الهيدروجيني (pH) في مياه الآبار المدروسة حول المكب الحالي خلال أشهر الدراسة.



الشكل رقم (5-7): تغير قيم الرقم الهيدروجيني (pH) في مياه الآبار المدروسة المنتزعة في المنطقة المحيطة بالمكبين خلال أشهر الدراسة.

الجدول رقم (5-4): تغير قيم الرقم الهيدروجيني (pH) في مياه نقاط الاعتيان النهرية خلال عام كامل (من نيسان 2012 وحتى آذار 2013)

المتوسط	آذار	شباط	كانون 2	كانون 1	تشرين 2	تشرين 1	أيلول	آب	تموز	حزيران	أيار	نيسان	الشهر اسم النقطة
8.33	8.43	8.29	7.98	7.90	7.91	8.56	8.51	8.6	8.85	8.52	8.57	7.87	صنوبر 1
8.27	8.56	8.10	8.04	7.58	7.98	8.54	8.55	8.76	8.48	8.29	8.36	7.94	صنوبر 2
8.28	8.62	8.17	8.08	8.08	7.90	7.98	8.61	8.66	8.58	8.30	8.47	7.86	كبير شمالي 1
8.49	8.24	8.55	8.10	8.02	8.04	8.43	8.65	8.85	9.00	8.78	8.61	8.56	كبير شمالي 2



الشكل رقم (5-8): تغير قيم الرقم الهيدروجيني (pH) في مياه نقاط الاعتيان النهرية خلال أشهر الدراسة.

✓ بالعودة إلى النتائج المعروضة سابقاً نجد أن المتوسط الشهري لقيم درجة الـ pH في عينات مياه الآبار تراوح ما بين [7.39 - 7.87] ، وقد تركزت القيم العليا في فترة الصيف وبلغت أعلى قيمة لها في شهر آب 8.57 للبئر رقم (2) والقيم الصغرى لدرجة الـ pH كانت في فترة الشتاء وبلغت أصغر قيمة خلال شهر شباط 7.62 وذلك للبئر رقم (12)، كما تراوح المتوسط الشهري لقيم درجة الـ pH في نقاط الاعتيان النهرية ما بين [8.27 - 8.49]، حيث تركزت القيم العليا خلال فترة الصيف وبلغت أعلى قيمة لها في شهر تموز 9.00 للنقطة رقم (2) الواقعة على نهر الكبير الشمالي في حين بلغت أصغر قيمة لها في شهر كانون الأول 7.58 وذلك للنقطة رقم (2) الواقعة على نهر السنوبر.

✓ نلاحظ أن القيم العليا لدرجة الحموضة في مياه الأنهار والآبار قد تركزت في فصل الصيف وقد يعزى هذا إلى أن ارتفاع درجة الحرارة صيفاً يزيد من عملية انحلال الأكاسيد المعدنية الموجودة في طبقات التربة، مما يرفع من درجة الـ pH [58].

✓ نلاحظ أن قيم الـ pH لمياه الآبار محققة بشكل عام للمواصفة القياسية السورية من حيث صلاحيتها للشرب والري [59]، [60].

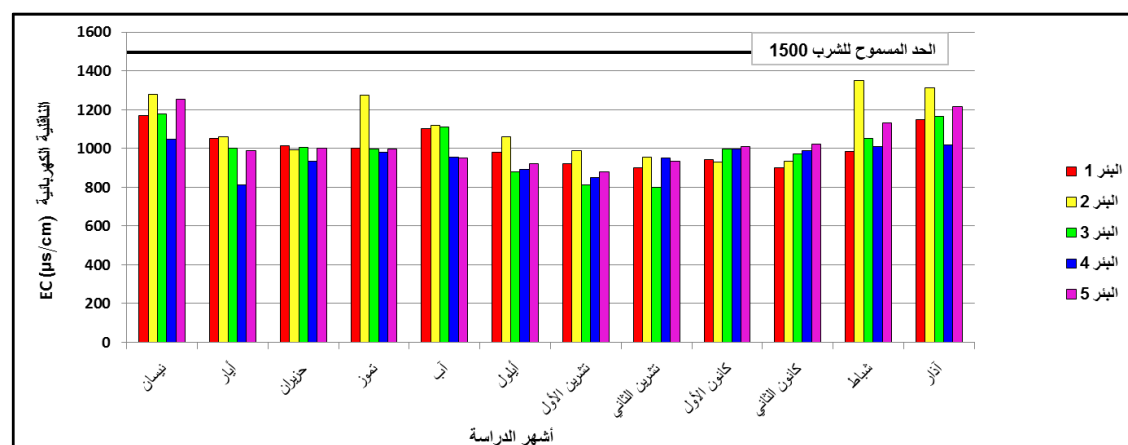
✓ أما قيم الـ pH لمياه الأنهار محققة لشروط الري [6.5-9] ولكنها تجاوزت في بعض القيم معايير مياه الشرب [6.5-8.5] [59]، [60].

5-1-3- الناقليّة الكهربائيّة (EC (µs/cm):

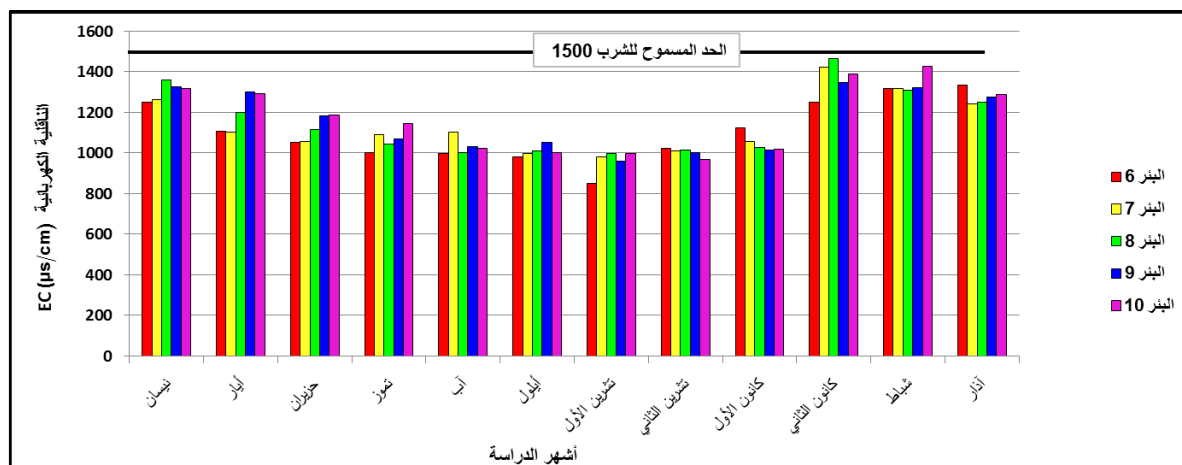
يبين الجدولان رقم (5-5) و (6-5) نتائج قياس الناقليّة الكهربائيّة (EC (µs/cm في عينات المياه المأخوذة من الآبار ونقاط الأنهار على التوالي خلال عام كامل، كما تم تمثيل النتائج المدونة في الجدولين بيانياً وفق المخططات رقم (5-9) و (5-10) و (5-11) بواقع مخطط ممثّل لكل مجموعة من الآبار المدروسة على حدة ووفق المخطط رقم (5-12) بالنسبة لنقاط الاعتيان النهرية.

الجدول رقم (5-5): تغير قيم الناقليّة الكهربائيّة (EC (µs/cm في مياه الآبار المدروسة خلال عام كامل (من نيسان 2012 وحتى آذار 2013)

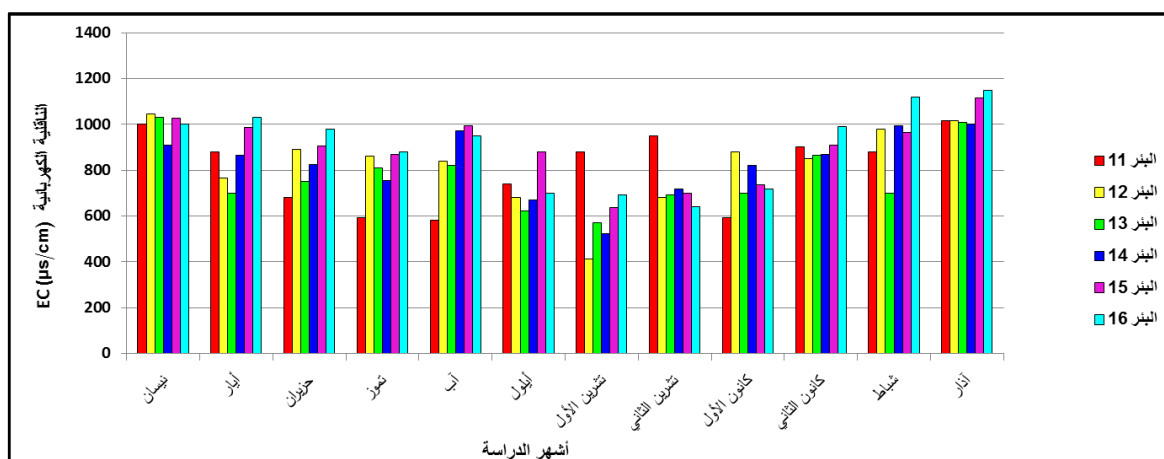
الشهر رقم البئر	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين 1	تشرين 2	كانون 1	كانون 2	شباط	آذار	المتوسط
البئر 1	1169	1050	1014	1000	1100	980	920	900	944	900	985	1150	1009.33
البئر 2	1280	1060	992	1276	1120	1060	987	955	930	934	1351	1312	1104.75
البئر 3	1179	1000	1005	998	1110	880	810	798	998	970	1050	1165	996.92
البئر 4	1047	812	932	978	955	890	850	950	998	990	1010	1017	952.42
البئر 5	1252	990	1000	998	952	920	880	932	1011	1020	1130	1214	1024.92
البئر 6	1250	1104	1053	1000	998	980	850	1020	1121	1250	1316	1333	1106.25
البئر 7	1260	1100	1055	1090	1100	997	980	1010	1057	1420	1315	1240	1135.33
البئر 8	1360	1200	1115	1044	1000	1010	996	1015	1027	1465	1308	1250	1149.17
البئر 9	1324	1300	1180	1070	1030	1051	960	1000	1015	1344	1322	1274	1155.83
البئر 10	1317	1290	1184	1146	1024	1000	997	968	1017	1389	1424	1287	1170.25
البئر 11	1000	880	680	593	580	738	880	950	593	900	880	1017	807.58
البئر 12	1046	767	890	862	838	680	413	682	880	850	979	1017	825.33
البئر 13	1030	698	750	811	820	623	570	692	700	863	700	1010	772.25
البئر 14	910	865	824	755	973	670	522	718	820	867	992	1000	826.33
البئر 15	1025	987	905	867	993	879	636	698	735	910	963	1114	892.67
البئر 16	1000	1031	979	880	950	700	692	640	719	990	1120	1147	904.00



الشكل رقم (5-9): تغير قيم الناقليّة الكهربائيّة (EC (µs/cm في مياه الآبار المدروسة حول المكب القديم خلال أشهر الدراسة.



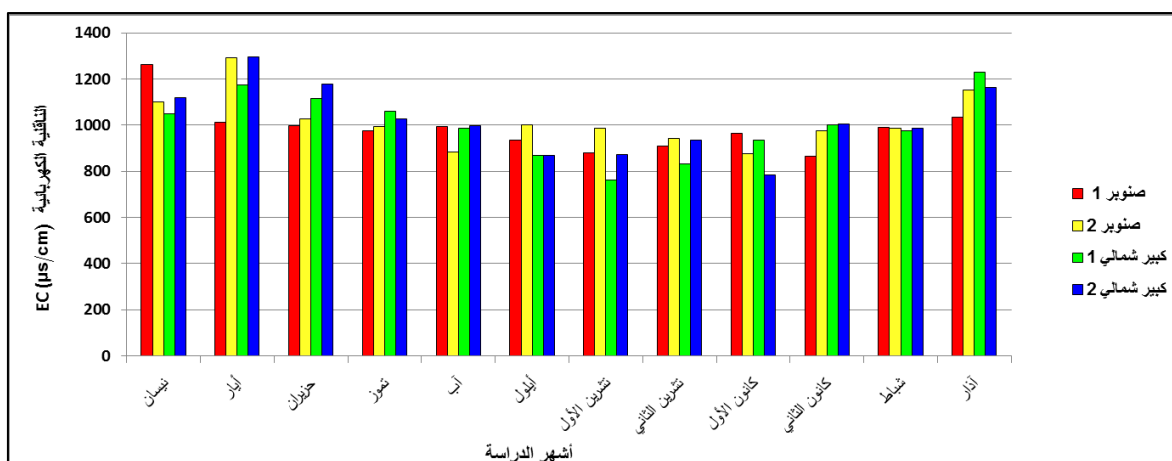
الشكل رقم (5-10): تغير قيم الناقلية الكهربائية EC (µs/cm) في مياه الآبار المدروسة حول المكب الحالي خلال أشهر الدراسة.



الشكل رقم (5-11): تغير قيم الناقلية الكهربائية EC (µs/cm) في مياه الآبار المدروسة المتوزعة في المنطقة المحيطة بالمكبين خلال أشهر الدراسة.

الجدول رقم (5-6): تغير قيم الناقلية الكهربائية EC (µs/cm) في مياه نقاط الاعتيان النهرية خلال عام كامل (من نيسان 2012 وحتى آذار 2013)

المتوسط	آذار	شباط	كانون 2	كانون 1	تشرين 2	تشرين 1	أيلول	آب	تموز	حزيران	أيار	نيسان	الشهر اسم النقطة
985.17	1033	990	863	965	910	880	934	995	976	999	1013	1264	صنوبر 1
1017.17	1150	988	975	875	942	986	1000	883	992	1025	1290	1100	صنوبر 2
998.92	1230	976	1000	935	830	762	870	985	1060	1115	1174	1050	كبير شمالي 1
1019.08	1164	988	1003	783	935	871	869	999	1025	1177	1295	1120	كبير شمالي 2



الشكل رقم (5-12): تغير قيم الناقلية الكهربائية (EC (µs/cm في مياه نقاط الاعتيان النهرية خلال أشهر الدراسة.

✓ بملاحظة النتائج المعروضة في الجداول والأشكال السابقة نجد أن المتوسط الشهري لقيم الناقلية الكهربائية في عينات مياه الآبار تراوح ما بين $772.25 - 1170.25 \mu\text{s/cm}$ ، وقد تركزت القيم العليا للناقلية الكهربائية في فترة الشتاء وبلغت أعلى قيمة لها خلال شهر كانون الثاني $1465 \mu\text{s/cm}$ وذلك للبئر رقم (8)، في حين بلغت أصغر قيمة خلال شهر تشرين الأول $413 \mu\text{s/cm}$ وذلك للبئر رقم (12)، كما تراوح المتوسط الشهري لقيم الناقلية الكهربائية في نقاط الاعتيان النهرية ضمن المجال $985.17 - 1019.08 \mu\text{s/cm}$ ، وقد بلغت أعلى قيمة لها في شهر أيار $1295 \mu\text{s/cm}$ وذلك للنقطة رقم (2) الواقعة على نهر الكبير الشمالي في حين سجلت أصغر قيمة لها خلال شهر تشرين الأول $762 \mu\text{s/cm}$ وذلك للنقطة رقم (1) الواقعة على نهر الكبير الشمالي.

✓ نلاحظ أن القيم العليا للناقلية في مياه الأنهار والآبار قد تركزت في فترة الشتاء ويعود ذلك بشكل أساسي إلى الهطولات المطرية الغزيرة التي تحمل معها رشاحة النفايات والأسمدة الكيميائية والمخصبات الزراعية وتنقلها مباشرة إلى مصادر المياه الجوفية والسطحية، بالإضافة إلى الأملاح القادمة مع مياه الصرف الصحي والصناعي التي تصب في الأنهار مباشرة، كل ذلك يرفع من نسبة المواد الصلبة الكلية المنحلة (TDS) وبالتالي يزيد من قيم الناقلية الكهربائية [58].

✓ كانت قيم الناقلية للآبار المحيطة بالمكب الحالي أكبر منها للآبار المحيطة بالمكب القديم، ويعزى ذلك إلى أن الرشاحة الناجمة عن طمر النفايات الحديثة تتميز بارتفاع نسبة المواد الصلبة الكلية المنحلة (TDS)، والتي يعني ارتفاعها ارتفاع قيم الناقلية الكهربائية.

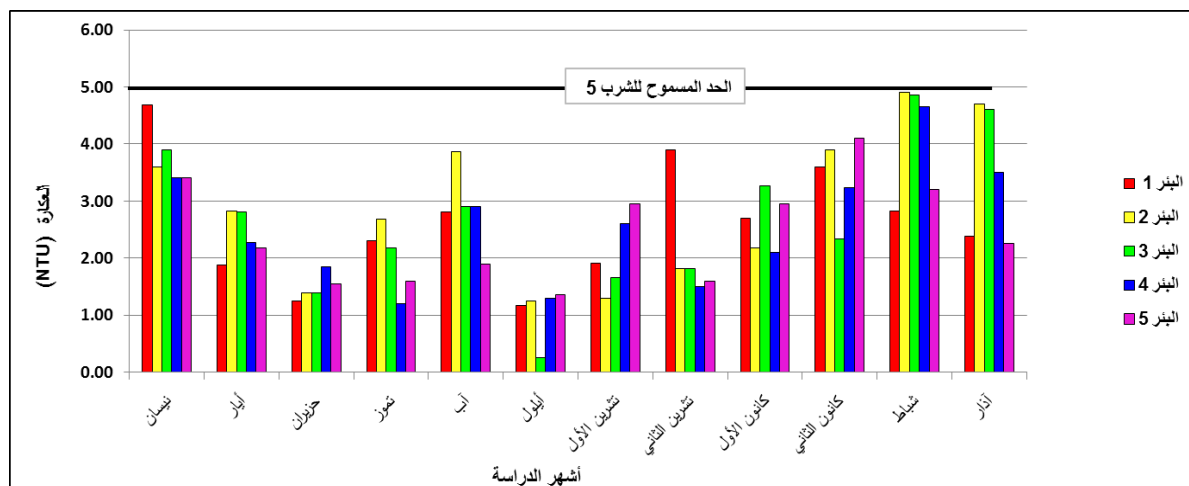
✓ نلاحظ أن قيم الناقلية لمياه الآبار والأنهار لم تتجاوز الحد المسموح لمياه الشرب $1500 \mu\text{S/cm}$ حسب المواصفة القياسية السورية [59].

5-1-4- العكارة (Turbidity (NTU):

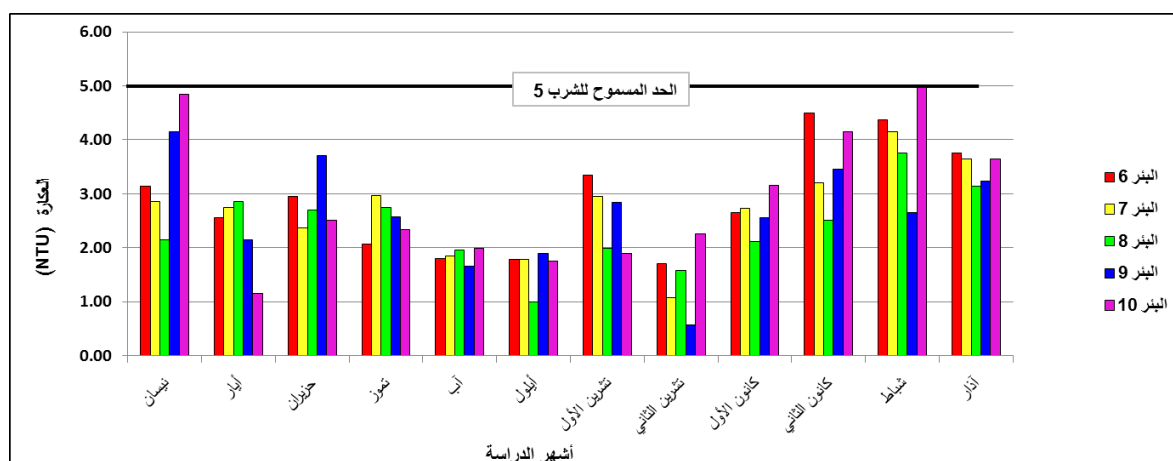
يبين الجدولان رقم (5-7) و (5-8) نتائج قياس العكارة (Turbidity (NTU في عينات المياه المأخوذة من الآبار ونقاط الأنهار على التوالي خلال عام كامل، كما تم تمثيل النتائج المدونة في الجدولين بيانياً وفق المخططات رقم (5-13) و (5-14) و (5-15) بواقع مخطط ممثّل لكل مجموعة من الآبار المدروسة على حدة ووفق المخطط رقم (5-16) بالنسبة لنقاط الاعتيان النهرية.

الجدول رقم (5-7): تغير قيم العكارة (Turbidity (NTU في مياه الآبار المدروسة خلال عام كامل (من نيسان 2012 وحتى آذار 2013)

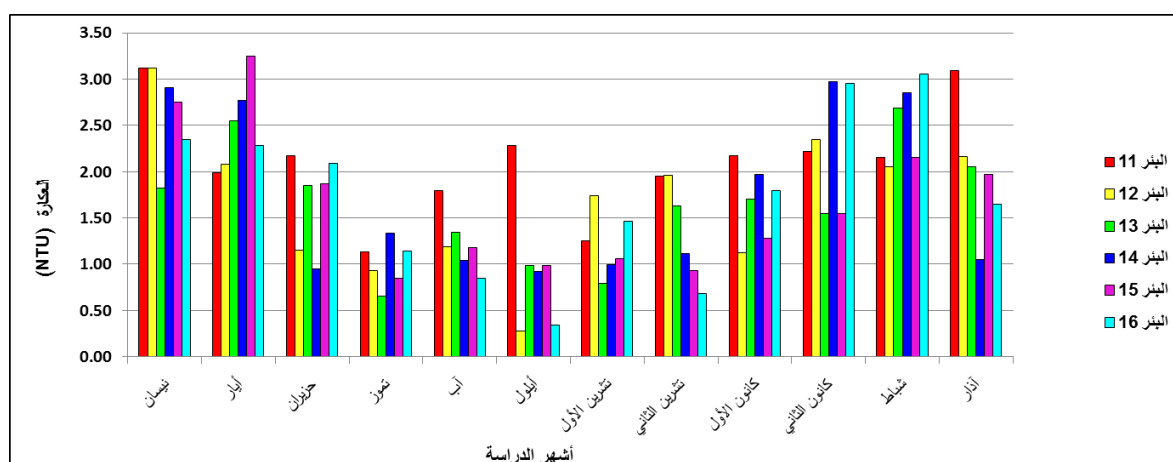
المتوسط	آذار	شباط	كانون 2	كانون 1	تشرين 2	تشرين 1	أيلول	آب	تموز	حزيران	أيار	نيسان	الشهر رقم البئر
2.62	2.38	2.83	3.60	2.70	3.90	1.91	1.17	2.81	2.30	1.24	1.87	4.68	البئر 1
2.87	4.70	4.91	3.90	2.17	1.81	1.30	1.24	3.87	2.68	1.38	2.83	3.60	البئر 2
2.66	4.60	4.85	2.33	3.27	1.81	1.66	0.25	2.90	2.18	1.38	2.81	3.90	البئر 3
2.54	3.50	4.66	3.24	2.10	1.50	2.60	1.29	2.90	1.20	1.85	2.27	3.40	البئر 4
2.42	2.25	3.20	4.10	2.95	1.60	2.95	1.36	1.90	1.60	1.55	2.17	3.40	البئر 5
2.88	3.75	4.37	4.50	2.65	1.70	3.35	1.78	1.80	2.06	2.95	2.55	3.14	البئر 6
2.69	3.64	4.15	3.20	2.73	1.07	2.95	1.78	1.85	2.96	2.36	2.75	2.85	البئر 7
2.37	3.14	3.75	2.50	2.11	1.57	1.98	0.99	1.95	2.74	2.69	2.85	2.15	البئر 8
2.62	3.23	2.65	3.45	2.55	0.57	2.84	1.89	1.65	2.57	3.70	2.15	4.15	البئر 9
2.89	3.65	4.98	4.15	3.15	2.25	1.89	1.75	1.98	2.33	2.50	1.15	4.84	البئر 10
2.11	3.09	2.15	2.22	2.17	1.95	1.25	2.28	1.79	1.13	2.17	1.99	3.12	البئر 11
1.68	2.16	2.05	2.35	1.12	1.96	1.74	0.28	1.19	0.93	1.15	2.08	3.12	البئر 12
1.63	2.05	2.69	1.55	1.70	1.63	0.79	0.98	1.34	0.65	1.85	2.55	1.82	البئر 13
1.74	1.05	2.85	2.97	1.97	1.11	0.99	0.92	1.04	1.33	0.95	2.77	2.91	البئر 14
1.65	1.97	2.15	1.55	1.28	0.93	1.06	0.98	1.18	0.85	1.87	3.25	2.75	البئر 15
1.72	1.65	3.05	2.95	1.79	0.68	1.46	0.34	0.85	1.14	2.09	2.28	2.35	البئر 16



الشكل رقم (5-13): تغير قيم العكارة (Turbidity (NTU) في مياه الآبار المدروسة حول المكب القديم خلال أشهر الدراسة.



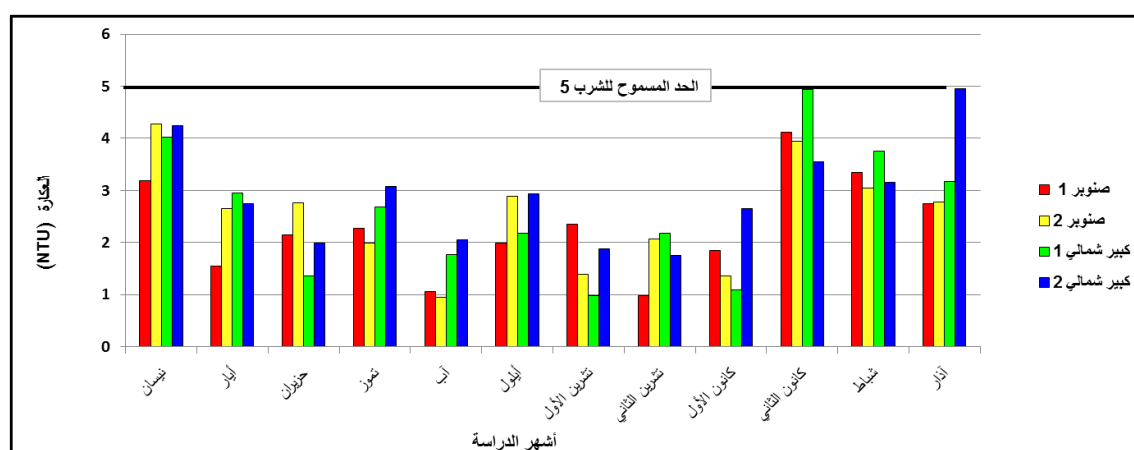
الشكل رقم (5-14): تغير قيم العكارة (Turbidity (NTU) في مياه الآبار المدروسة حول المكب الحالي خلال أشهر الدراسة.



الشكل رقم (5-15): تغير قيم العكارة (Turbidity (NTU) في مياه الآبار المدروسة المتوزعة في المنطقة المحيطة بالمكبين خلال أشهر الدراسة.

الجدول رقم (5-8): تغير قيم العكارة (Turbidity (NTU) في مياه نقاط الاعتيان النهرية خلال عام كامل (من نيسان 2012 وحتى آذار 2013)

الشهر اسم النقطة	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين 1	تشرين 2	كانون 1	كانون 2	شباط	آذار	المتوسط
صنوبر 1	3.18	1.55	2.15	2.27	1.05	1.98	2.35	0.97	1.85	4.11	3.35	2.75	2.30
صنوبر 2	4.28	2.65	2.76	1.98	0.95	2.88	1.39	2.07	1.35	3.94	3.05	2.77	2.51
كبير شمالي 1	4.02	2.95	1.36	2.68	1.77	2.18	0.97	2.18	1.08	4.94	3.76	3.17	2.59
كبير شمالي 2	4.25	2.74	1.98	3.08	2.05	2.94	1.88	1.75	2.65	3.55	3.16	4.96	2.92



الشكل رقم (5-16): تغير قيم العكارة (Turbidity (NTU) في مياه نقاط الاعتيان النهرية خلال أشهر الدراسة.

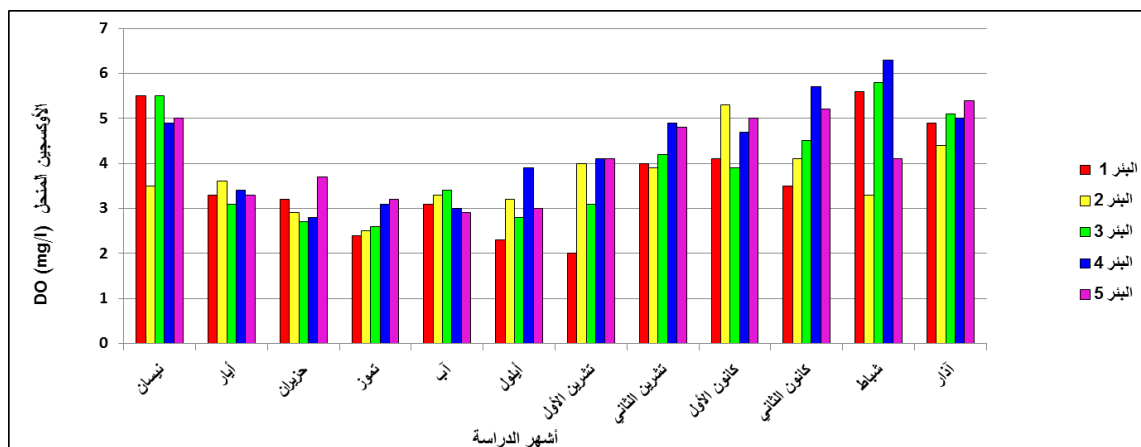
- ✓ من خلال النتائج السابقة نلاحظ أن المتوسط الشهري لقيم العكارة في عينات مياه الآبار تراوح ما بين 1.63 – 2.89 NTU، وقد تركزت القيم العليا لعكارة المياه في فترة الشتاء وبلغت أعلى قيمة لها خلال شهر شباط 4.98 NTU وذلك للبئر رقم (10)، في حين بلغت أصغر قيمة لها خلال شهر أيلول 0.25 NTU وذلك للبئر رقم (3)، كما تراوح المتوسط الشهري لقيم العكارة في نقاط الاعتيان النهرية ضمن المجال 2.30 – 2.92 NTU، وقد بلغت أعلى قيمة لها في شهر آذار 4.96 NTU وذلك للنقطة رقم (2) الواقعة على نهر الكبير الشمالي في حين سجلت أصغر قيمة لها خلال شهر آب 0.95 NTU وذلك للنقطة رقم (2) الواقعة على نهر الصنوبر.
- ✓ نلاحظ أن القيم العليا للعكارة في مياه الأنهار والآبار قد تركزت في فصل الشتاء ويعزى ذلك بشكل رئيسي إلى الهطولات المطرية التي تحمل معها الرشاحة من مكبات النفايات والأسمدة الكيميائية والأملاح المذابة من طبقات التربة وتنقلها مباشرة إلى المياه الجوفية والسطحية.
- ✓ كانت قيم العكارة للآبار المحيطة بالمكب الحالي أكبر منها للآبار المحيطة بالمكب القديم، أما الآبار البعيدة عن المكبين فقد كانت قيم العكارة في مياهها هي الأخفض.
- ✓ نلاحظ أن قيم العكارة لمياه الآبار والأنهار بقيت ضمن الحد المسموح بحسب المواصفة القياسية السورية لمياه الشرب 5 NTU [59].

5-1-5- الأوكسجين المنحل (DO (mg/l):

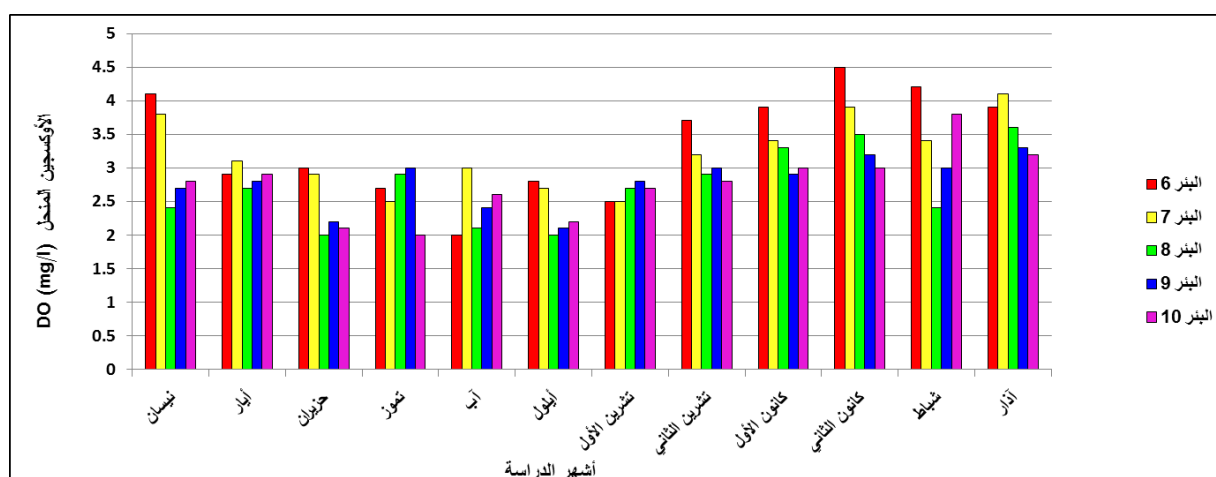
يبين الجدولان رقم (5-9) و (5-10) نتائج قياس الأوكسجين المنحل (DO (mg/l في عينات المياه المأخوذة من الآبار ونقاط الأنهار على التوالي خلال عام كامل، كما تم تمثيل النتائج المدونة في الجدولين بيانياً وفق المخططات رقم (5-17) و (5-18) و (5-19) بواقع مخطط ممثل لكل مجموعة من الآبار المدروسة على حدة ووفق المخطط رقم (5-20) بالنسبة لنقاط الاعتيان النهرية.

الجدول رقم (5-9): تغير قيم الأوكسجين المنحل (DO (mg/l في مياه الآبار المدروسة خلال عام كامل (من نيسان 2012 وحتى آذار 2013)

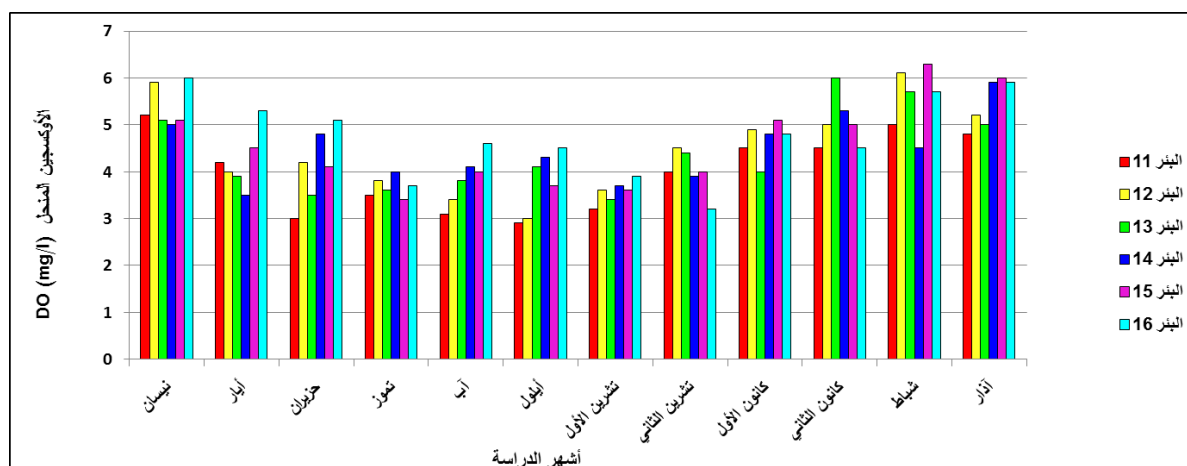
المتوسط	آذار	شباط	كانون2	كانون1	تشرين2	تشرين1	أيلول	آب	تموز	حزيران	أيار	نيسان	الشهر رقم البئر
3.66	4.9	5.6	3.5	4.1	4	2	2.3	3.1	2.4	3.2	3.3	5.5	البئر 1
3.67	4.4	3.3	4.1	5.3	3.9	4	3.2	3.3	2.5	2.9	3.6	3.5	البئر 2
3.89	5.1	5.8	4.5	3.9	4.2	3.1	2.8	3.4	2.6	2.7	3.1	5.5	البئر 3
4.32	5	6.3	5.7	4.7	4.9	4.1	3.9	3	3.1	2.8	3.4	4.9	البئر 4
4.14	5.4	4.1	5.2	5	4.8	4.1	3	2.9	3.2	3.7	3.3	5	البئر 5
3.35	3.9	4.2	4.5	3.9	3.7	2.5	2.8	2	2.7	3	2.9	4.1	البئر 6
3.21	4.1	3.4	3.9	3.4	3.2	2.5	2.7	3	2.5	2.9	3.1	3.8	البئر 7
2.71	3.6	2.4	3.5	3.3	2.9	2.7	2	2.1	2.9	2	2.7	2.4	البئر 8
2.78	3.3	3	3.2	2.9	3	2.8	2.1	2.4	3	2.2	2.8	2.7	البئر 9
2.76	3.2	3.8	3	3	2.8	2.7	2.2	2.6	2	2.1	2.9	2.8	البئر 10
3.99	4.8	5	4.5	4.5	4	3.2	2.9	3.1	3.5	3	4.2	5.2	البئر 11
4.47	5.2	6.1	5	4.9	4.5	3.6	3	3.4	3.8	4.2	4	5.9	البئر 12
4.38	5	5.7	6	4	4.4	3.4	4.1	3.8	3.6	3.5	3.9	5.1	البئر 13
4.48	5.9	4.5	5.3	4.8	3.9	3.7	4.3	4.1	4	4.8	3.5	5	البئر 14
4.57	6	6.3	5	5.1	4	3.6	3.7	4	3.4	4.1	4.5	5.1	البئر 15
4.77	5.9	5.7	4.5	4.8	3.2	3.9	4.5	4.6	3.7	5.1	5.3	6	البئر 16



الشكل رقم (5-17): تغير قيم الأوكسجين المنحل DO (mg/l) في مياه الآبار المدروسة حول المكب القديم خلال أشهر الدراسة.



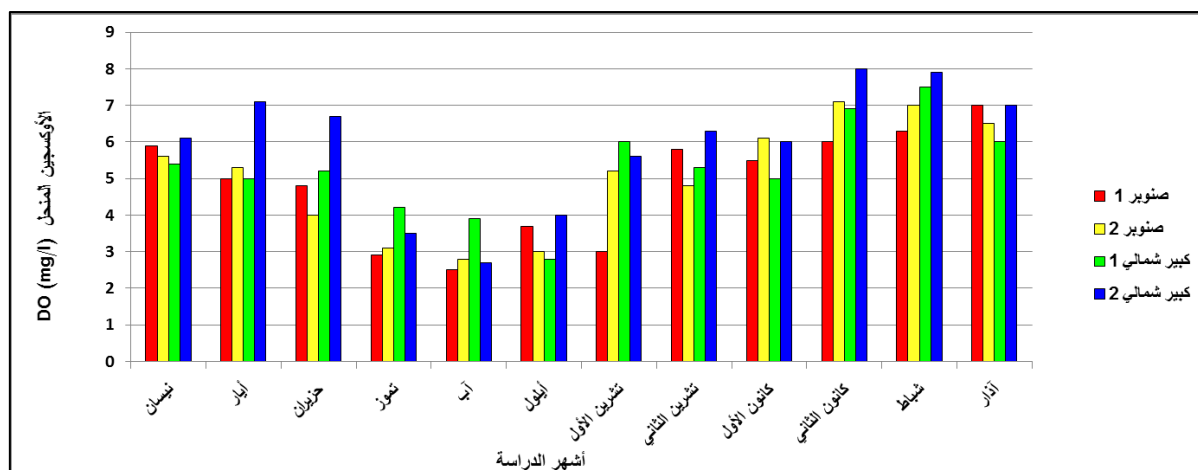
الشكل رقم (5-18): تغير قيم الأوكسجين المنحل DO (mg/l) في مياه الآبار المدروسة حول المكب الحالي خلال أشهر الدراسة.



الشكل رقم (5-19): تغير قيم الأوكسجين المنحل DO (mg/l) في مياه الآبار المدروسة المتوزعة في المنطقة المحيطة بالمكبين خلال أشهر الدراسة.

الجدول رقم (5-10): تغير قيم الأوكسجين المنحل DO (mg/l) في مياه نقاط الاعتيان النهرية خلال عام كامل (من نيسان 2012 وحتى آذار 2013)

الشهر اسم النقطة	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين 1	تشرين 2	كانون 1	كانون 2	شباط	آذار	المتوسط
صنوبر 1	5.9	5	4.8	2.9	2.5	3.7	3	5.8	5.5	6	6.3	7	4.9
صنوبر 2	5.6	5.3	4	3.1	2.8	3	5.2	4.8	6.1	7.1	7	6.5	5.0
كبير شمالي 1	5.4	5	5.2	4.2	3.9	2.8	6	5.3	5	6.9	7.5	6	5.3
كبير شمالي 2	6.1	7.1	6.7	3.5	2.7	4	5.6	6.3	6	8	7.9	7	5.9



الشكل رقم (5-20): تغير قيم الأوكسجين المنحل DO (mg/l) في مياه نقاط الاعتيان النهرية خلال أشهر الدراسة.

✓ من خلال النتائج السابقة نلاحظ أن المتوسط الشهري لقيم DO في عينات مياه الآبار تراوح ضمن المجال $2.71 - 4.77$ mg/l، وقد تركزت القيم العليا لقيم DO في فترة الشتاء وبلغت أعلى قيمة لها خلال شهر شباط 6.3 mg/l وذلك للبئر رقم (4)، في حين بلغت أصغر قيمة له خلال شهر حزيران 2 mg/l وذلك للبئر رقم (8)، كما تراوح المتوسط الشهري لقيم DO في نقاط الاعتيان النهرية ضمن المجال $4.9 - 5.9$ mg/l، وقد بلغت أعلى قيمة لها في شهر كانون الثاني 8 mg/l وذلك للنقطة رقم (2) الواقعة على نهر الكبير الشمالي في حين سجلت أصغر قيمة لها في شهر آب 2.5 mg/l وذلك للنقطة رقم (1) الواقعة على نهر الصنوبر.

✓ نلاحظ أن القيم العليا للأوكسجين المنحل في مياه الأنهار والآبار قد تركزت في فترة الشتاء وانخفضت في فترة الصيف ويعزى ذلك إلى استهلاك الأوكسجين في عمليات تفكك وأكسدة المواد العضوية من قبل الأحياء الدقيقة وفي عمليات التنفس للأحياء المائية.

✓ كانت قيم الأوكسجين المنحل في الأنهار أكبر منها في الآبار حيث أن العمليات الفيزيائية والكيميائية تستهلكه في الأعماق، بينما التهوية السطحية وعمليات التمثيل الضوئي للنباتات تزيده في الأنهار.

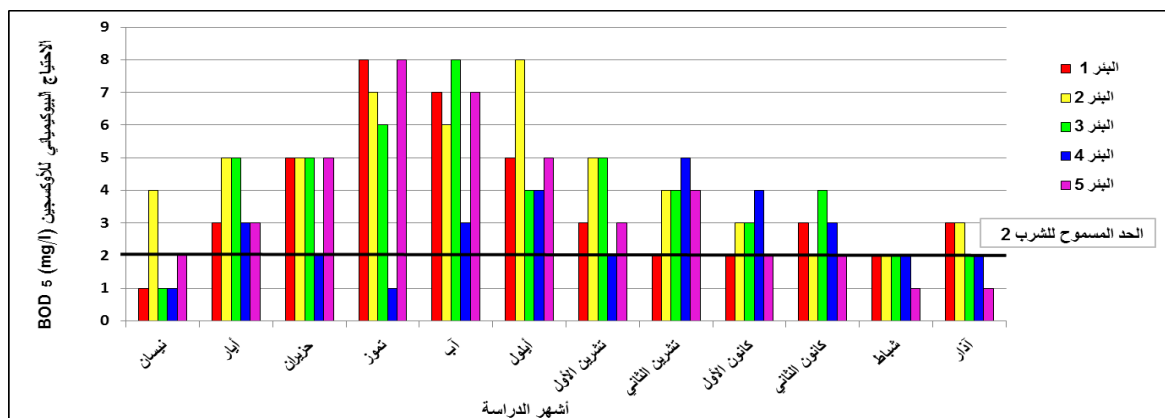
✓ نلاحظ أن قيم الأوكسجين المنحل في مياه الآبار البعيدة عن المكبين كانت هي الأعلى، تلتها القيم في مجموعة الآبار حول المكب القديم، ومن ثم قيم DO في الآبار حول المكب الحالي وهذا يشير إلى أن التلوث العضوي الأكبر في المنطقة ناجم عن المكب الحالي.

5-1-6- الاحتياج البيوكيميائي للأكسجين (BOD₅ mg/l):

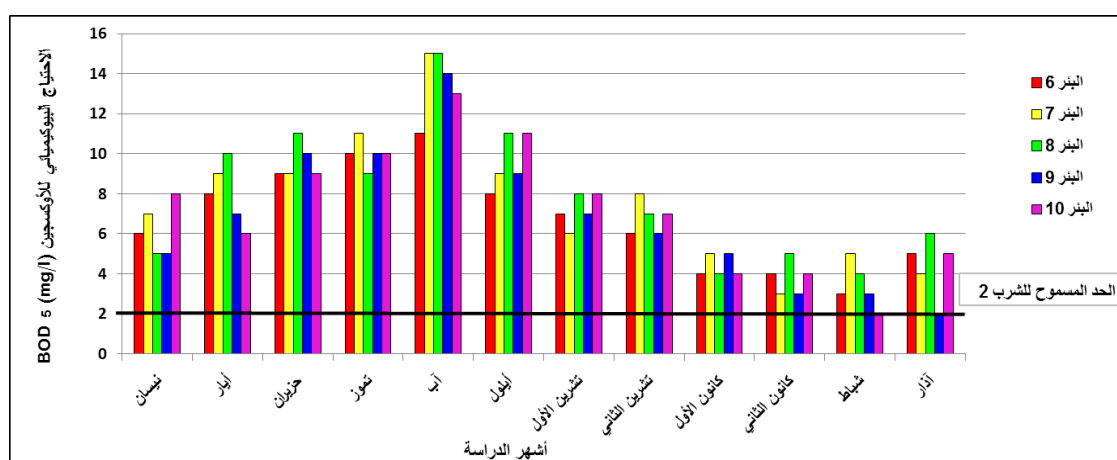
يبين الجدول رقم (5-11) و (5-12) نتائج قياس الاحتياج البيوكيميائي للأكسجين (BOD₅ mg/l) في عينات المياه المأخوذة من الآبار ونقاط الأنهار على التوالي خلال عام كامل، كما تم تمثيل النتائج المدونة في الجدولين بيانياً وفق المخططات رقم (5-21) و (5-22) و (5-23) بواقع مخطط ممثل لكل مجموعة من الآبار المدروسة على حدة ووفق المخطط رقم (5-24) بالنسبة لنقاط الاعتيان النهرية.

الجدول رقم (5-11): تغير قيم الاحتياج البيوكيميائي للأكسجين (BOD₅ mg/l) في مياه الآبار المدروسة خلال عام كامل (من نيسان 2012 وحتى آذار 2013)

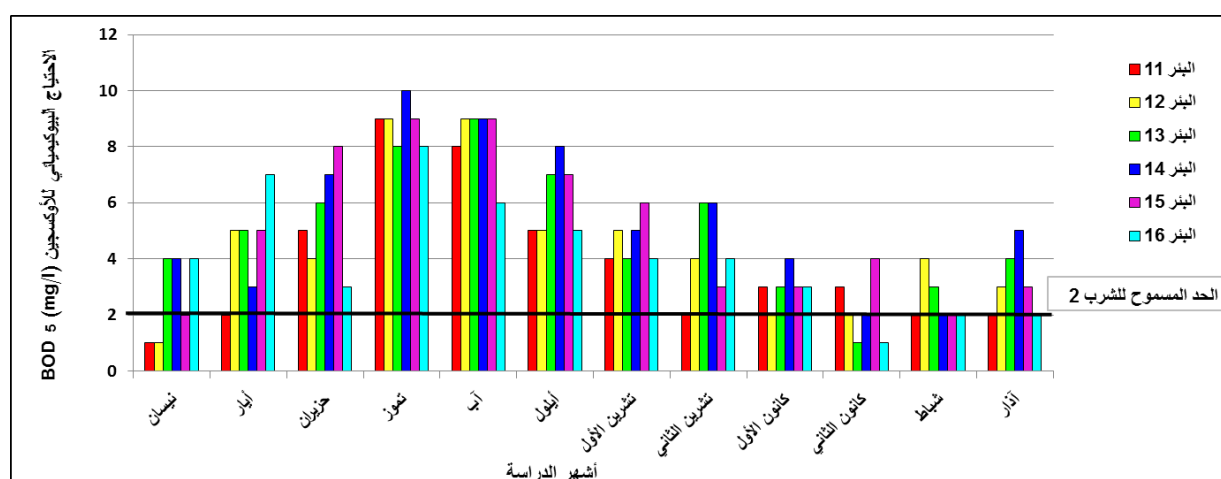
المتوسط	آذار	شباط	كانون 2	كانون 1	تشرين 2	تشرين 1	أيلول	آب	تموز	حزيران	أيار	نيسان	الشهر رقم البئر
3.67	3	2	3	2	2	3	5	7	8	5	3	1	البئر 1
4.50	3	2	2	3	4	5	8	6	7	5	5	4	البئر 2
4.08	2	2	4	3	4	5	4	8	6	5	5	1	البئر 3
2.67	2	2	3	4	5	2	4	3	1	2	3	1	البئر 4
3.58	1	1	2	2	4	3	5	7	8	5	3	2	البئر 5
6.75	5	3	4	4	6	7	8	11	10	9	8	6	البئر 6
7.58	4	5	3	5	8	6	9	15	11	9	9	7	البئر 7
7.92	6	4	5	4	7	8	11	15	9	11	10	5	البئر 8
6.75	2	3	3	5	6	7	9	14	10	10	7	5	البئر 9
7.25	5	2	4	4	7	8	11	13	10	9	6	8	البئر 10
3.83	2	2	3	3	2	4	5	8	9	5	2	1	البئر 11
4.42	3	4	2	2	4	5	5	9	9	4	5	1	البئر 12
5.00	4	3	1	3	6	4	7	9	8	6	5	4	البئر 13
5.42	5	2	2	4	6	5	8	9	10	7	3	4	البئر 14
5.08	3	2	4	3	3	6	7	9	9	8	5	2	البئر 15
4.08	2	2	1	3	4	4	5	6	8	3	7	4	البئر 16



الشكل رقم (5-21): تغير قيم الاحتياج البيوكيميائي للأوكسجين BOD_5 (mg/l) في مياه الآبار المدروسة حول المكب القديم خلال أشهر الدراسة.



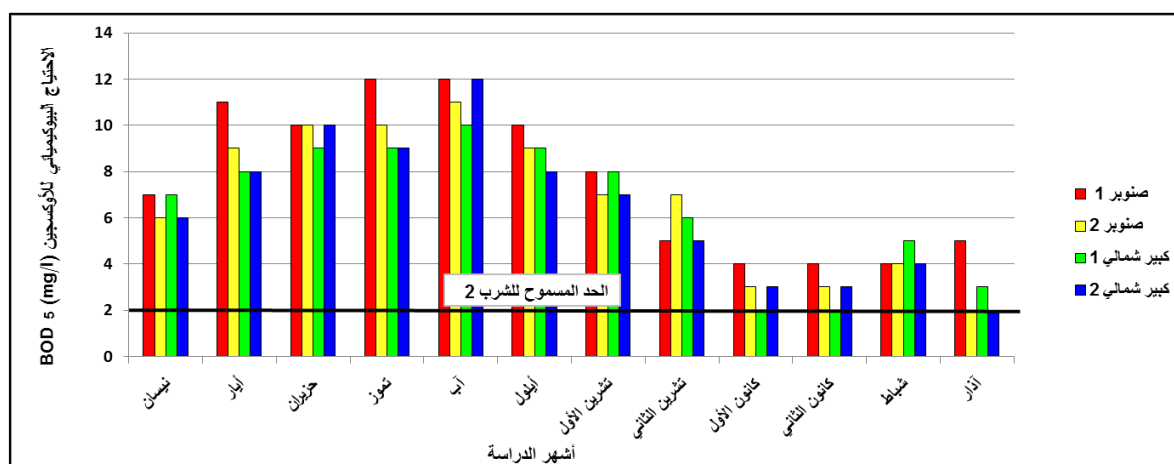
الشكل رقم (5-22): تغير قيم الاحتياج البيوكيميائي للأوكسجين BOD_5 (mg/l) في مياه الآبار المدروسة حول المكب الحالي خلال أشهر الدراسة.



الشكل رقم (5-23): تغير قيم الاحتياج البيوكيميائي للأوكسجين BOD_5 (mg/l) في مياه الآبار المدروسة المتوزعة في المنطقة المحيطة بالمكبين خلال أشهر الدراسة.

الجدول رقم (5-12): تغير قيم الاحتياج البيوكيميائي للأوكسجين BOD_5 (mg/l) في مياه نقاط الاعتيان النهرية خلال عام كامل (من نيسان 2012 وحتى آذار 2013)

الشهر اسم النقطة	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين 1	تشرين 2	كانون 1	كانون 2	شباط	آذار	المتوسط
صنوبر 1	7	11	10	12	12	10	8	5	4	4	4	5	8
صنوبر 2	6	9	10	10	11	9	7	7	3	3	4	2	7
كبير شمالي 1	7	8	9	9	10	9	8	6	2	2	5	3	7
كبير شمالي 2	6	8	10	9	12	8	7	5	3	3	4	2	6



الشكل رقم (5-24): تغير قيم الاحتياج البيوكيميائي للأوكسجين BOD_5 (mg/l) في مياه نقاط الاعتيان النهرية خلال أشهر الدراسة.

✓ باستقراء دقيق للنتائج السابقة نجد أن المتوسط الشهري لقيم BOD_5 في عينات مياه الآبار تراوح ضمن المجال $[2.67 - 7.92]$ mg/l، وقد تركزت القيم العليا لها في فترة الصيف حيث بلغت أعلى قيمة لها خلال شهر آب 15 mg/l وذلك للبئرين رقم (7) و(8)، في حين بلغت أصغر قيمة لها 1 mg/l لعدد من الآبار خلال أشهر الشتاء، أما بالنسبة إلى نقاط الاعتيان النهرية فقد تراوح المتوسط الشهري لقيم BOD_5 فيها ضمن المجال $[6 - 8]$ mg/l، إذ بلغت أعلى قيمة لها 12 mg/l في شهري تموز وآب للنقطة رقم (1) الواقعة على نهر السنوبر وفي شهر آب للنقطة رقم (2) الواقعة على نهر الكبير الشمالي في حين سجلت أصغر قيمة لها 2 mg/l لعدد من النقاط خلال فترة الشتاء.

✓ نلاحظ أن القيم العليا لـ BOD_5 في مياه الأنهار والآبار قد تركزت في فترة الصيف ويعزى ذلك إلى نشاط البكتيريا في تفكيك وأكسدة المواد العضوية الناجمة في الغالب من تسرب رشاحة المكب إلى المستودع الجوفي والمياه السطحية، أما في فترة الشتاء فتعمل الهطولات المطرية على تمديد الحمل العضوي وبالتالي تخفف من قيم الـ BOD_5 .

✓ كما يعزى ارتفاع قيم الـ BOD_5 في الآبار إلى تسرب مياه الصرف الصحي من الجور الفنية المتواجدة في المنطقة، وفي الأنهار يعود ارتفاعه كذلك إلى مصبات الصرف الصحي التي تصب في الأنهار مباشرة من التجمعات السكانية المجاورة.

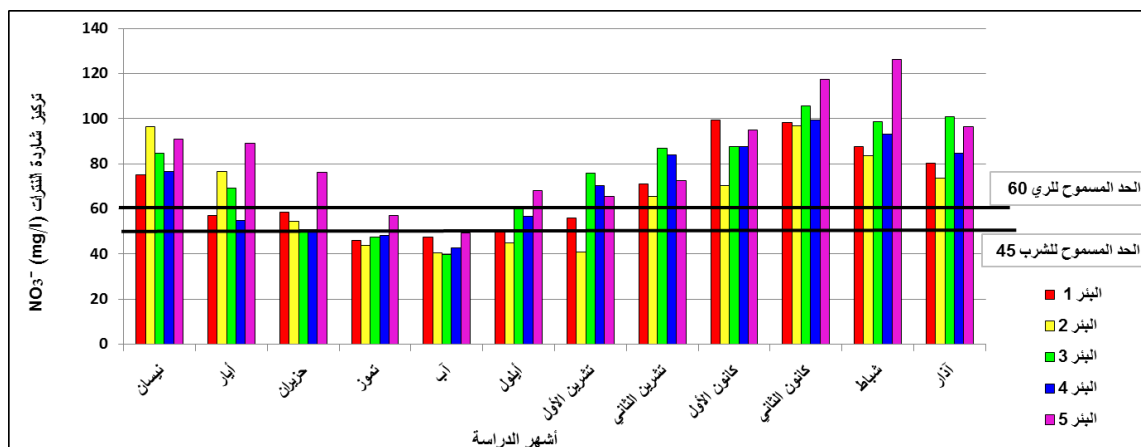
- ✓ نلاحظ أن قيم الـ BOD_5 في مياه الآبار حول المكب الحالي كانت أعلى من قيمه في مياه الآبار حول المكب القديم ويعزى ذلك إلى أن الرشاحة الناتجة عن طمر النفايات الحديثة تتميز بارتفاع نسبة المواد العضوية فيها والتي تكون نشطة في تأثيرها.
- ✓ نلاحظ أن قيم الـ BOD_5 لمياه الأنهار وجميع الآبار قد تجاوزت المعايير المسموحة لمياه الشرب 2 mg/l بينما كانت محققة لمواصفات مياه الري 30 mg/l [59]، [60].

5-1-7- شاردة النترا NO_3^- (mg/l):

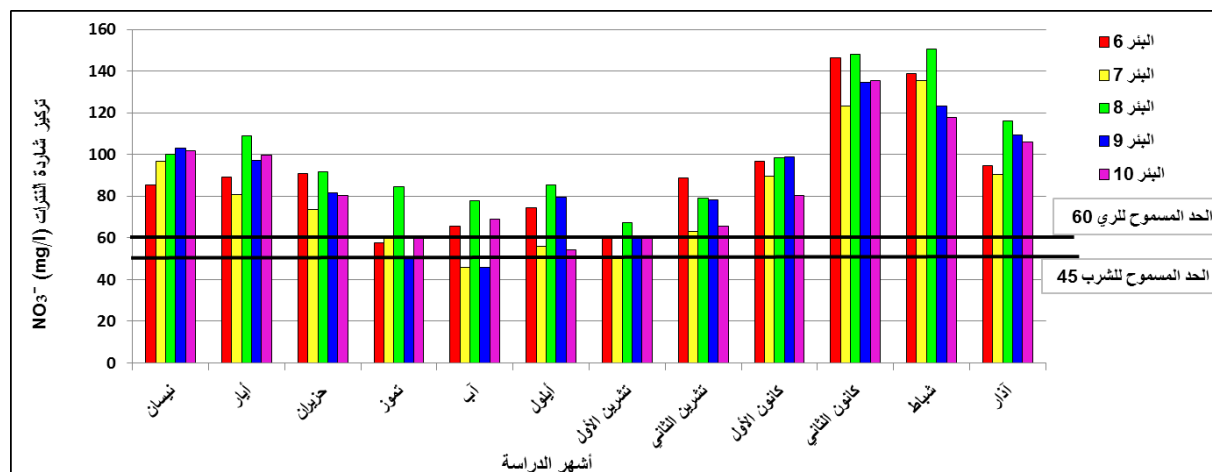
يبين الجدولان رقم (5-13) و (5-14) نتائج قياس شاردة النترا NO_3^- (mg/l) في عينات المياه المأخوذة من الآبار ونقاط الأنهار على التوالي خلال عام كامل، كما تم تمثيل النتائج المدونة في الجدولين بيانياً وفق المخططات رقم (5-25) و (5-26) و (5-27) بواقع مخطط ممثل لكل مجموعة من الآبار المدروسة على حدة ووفق المخطط رقم (5-28) بالنسبة لنقاط الاعتيان النهرية.

الجدول رقم (5-13): تغير قيم شاردة النترا NO_3^- (mg/l) في مياه الآبار المدروسة خلال عام كامل (من نيسان 2012 وحتى آذار 2013)

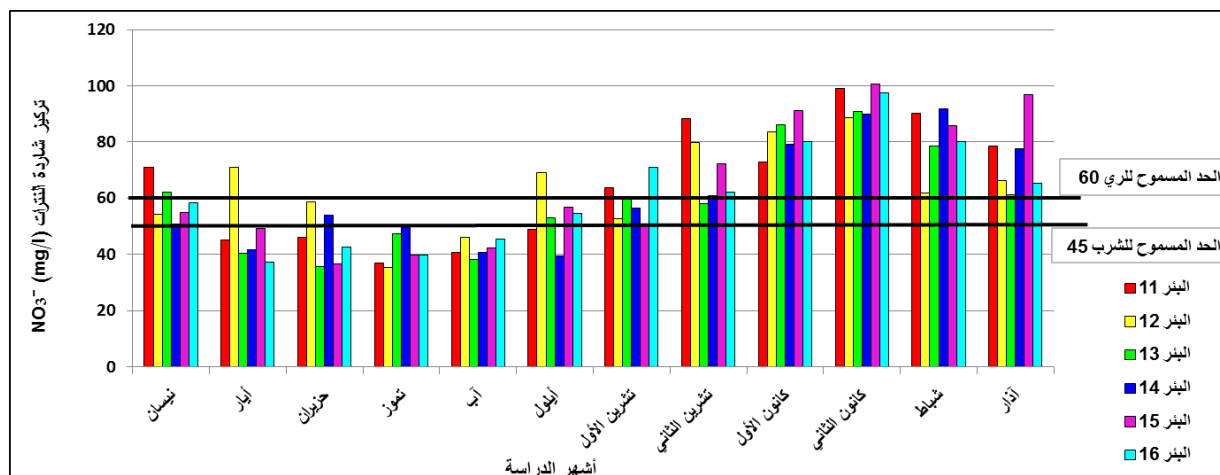
الشهر رقم البئر	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين 1	تشرين 2	كانون 1	كانون 2	شباط	آذار	المتوسط
البئر 1	75.24	56.88	58.57	45.95	47.51	50.89	55.94	70.98	99.28	98.25	87.65	80.12	68.94
البئر 2	96.29	76.69	54.48	43.85	40.29	44.86	40.71	65.48	70.14	96.94	83.35	73.67	65.56
البئر 3	84.76	69.21	50.79	47.36	39.79	59.84	75.96	86.94	87.61	105.59	98.48	100.88	75.60
البئر 4	76.42	54.95	50.84	48.06	42.78	56.56	70.35	83.89	87.54	99.32	93.28	84.79	70.73
البئر 5	90.88	89.17	76.03	57.10	49.25	68.13	65.64	72.35	94.87	117.25	126.18	96.40	83.60
البئر 6	85.46	89.34	90.68	57.51	65.78	74.32	60.51	88.79	96.84	146.56	138.79	94.65	90.77
البئر 7	96.63	80.59	73.64	59.92	45.87	55.96	50.72	62.95	89.48	123.10	135.26	90.38	80.38
البئر 8	100.25	109.04	91.47	84.36	77.68	85.37	67.49	79.24	98.51	147.89	150.59	116.15	100.67
البئر 9	103.20	97.07	81.59	50.73	45.65	79.32	60.75	78.42	99.01	134.45	123.26	109.39	88.57
البئر 10	101.98	99.48	80.52	59.74	68.83	54.37	60.96	65.41	80.27	135.45	117.62	106.08	85.89
البئر 11	70.86	45.24	46.18	36.97	40.75	49.04	63.62	88.44	72.87	99.15	90.34	78.51	65.16
البئر 12	54.24	70.94	58.79	35.25	45.91	69.18	52.58	79.93	83.48	88.49	61.68	66.35	63.90
البئر 13	62.16	40.28	35.64	47.36	38.28	53.03	60.56	57.92	86.11	90.79	78.48	61.20	59.32
البئر 14	50.69	41.51	54.09	49.48	40.67	39.48	56.51	60.74	79.28	89.76	91.89	77.65	60.98
البئر 15	54.78	49.29	36.65	39.78	42.35	56.62	50.93	72.34	91.18	100.59	85.95	96.73	64.77
البئر 16	58.22	37.19	42.44	39.82	45.37	54.65	70.93	62.08	80.22	97.59	80.10	65.31	61.16



الشكل رقم (5-25): تغير قيم شاردة النتريت (NO₃⁻ (mg/l)) في مياه الآبار المدروسة حول المكب القديم خلال أشهر الدراسة.



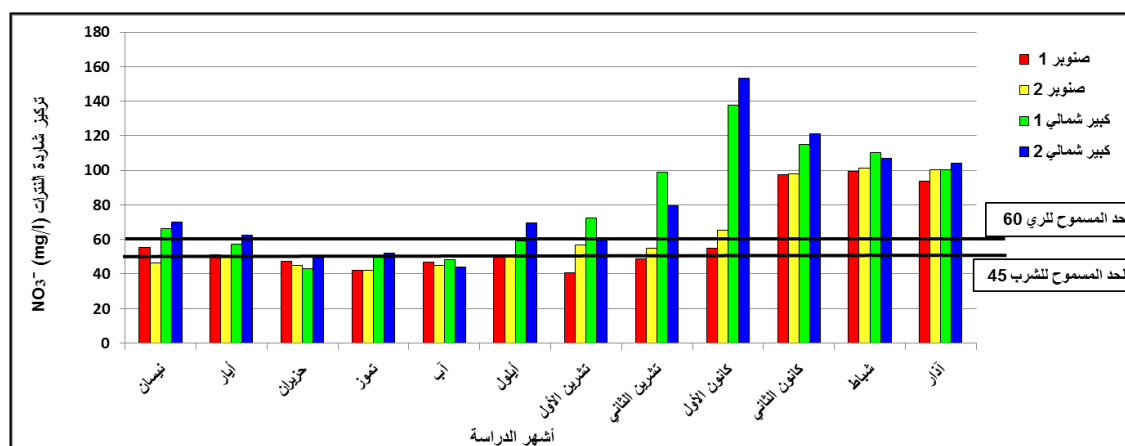
الشكل رقم (5-26): تغير قيم شاردة النتريت (NO₃⁻ (mg/l)) في مياه الآبار المدروسة حول المكب الحالي خلال أشهر الدراسة.



الشكل رقم (5-27): تغير قيم شاردة النتريت (NO₃⁻ (mg/l)) في مياه الآبار المدروسة المتوزعة في المنطقة المحيطة بالمكبين خلال أشهر الدراسة.

الجدول رقم (5-14): تغير قيم شاردة النترات NO_3^- (mg/l) في مياه نقاط الاعتيان النهرية خلال عام كامل (من نيسان 2012 وحتى آذار 2013)

المتوسط	آذار	شباط	كانون 2	كانون 1	تشرين 2	تشرين 1	أيلول	آب	تموز	حزيران	أيار	نيسان	الشهر اسم النقطة
60.61	93.47	99.12	97.25	55.07	48.71	40.83	50.37	46.62	41.94	47.52	50.99	55.38	صنوبر 1
62.99	100.49	101.22	98.05	65.35	54.82	56.64	50.37	45.11	41.89	45.15	50.6	46.17	صنوبر 2
79.91	100.49	110.13	114.85	137.69	98.72	72.24	59.35	48.26	50.37	43.09	57.31	66.42	كبير شمالي 1
81.19	103.92	107.13	121.35	153.14	79.42	60.79	69.52	43.76	52.13	50.74	62.27	70.11	كبير شمالي 2



الشكل رقم (5-28): تغير قيم شاردة النترات NO_3^- (mg/l) في مياه نقاط الاعتيان النهرية خلال أشهر الدراسة.

✓ بالعودة إلى النتائج السابقة للآبار المدروسة نجد أن المتوسط الشهري لقيم شاردة النترات في عينات مياه الآبار تراوح ضمن المجال $59.32 - 100.67$ mg/l، وقد تركزت القيم العليا لها في فترة الشتاء حيث بلغت أعلى قيمة لها في شهر شباط 150.59 mg/l وذلك للبئر رقم (8)، في حين بلغت أصغر قيمة لها في شهر تموز 35.25 mg/l وذلك للبئر رقم (12)، أما بالنسبة إلى نقاط الاعتيان النهرية فقد تراوح المتوسط الشهري لقيم شاردة النترات فيها ضمن المجال $60.61 - 81.19$ mg/l، إذ بلغت أعلى قيمة لها 153.14 mg/l في شهر كانون الأول وذلك للنقطة رقم (2) الواقعة على نهر الكبير الشمالي، في حين بلغت أصغر قيمة لها 40.83 mg/l في شهر تشرين الأول في النقطة رقم (1) الواقعة على نهر الصنوبر.

✓ نلاحظ أن هناك ارتفاعاً ملحوظاً لقيم شاردة النترات في مياه الأنهار والآبار على مدار أشهر السنة بشكل عام وفي فترة الشتاء بشكل خاص، ويعزى ذلك إلى هطول الأمطار في هذا الفصل التي تغسل آثار الأسمدة والمبيدات الحشرية والعشبية من التربة والأراضي الزراعية وتحملها مباشرة إلى المياه الجوفية والسطحية [61].

✓ كما يسهم تسرب مياه الصرف الصحي من الجور الفنية وكذلك مصبات الصرف الصحي التي تصب في الأنهار مباشرة في رفع تراكيز شاردة النترات، كون مياه الصرف الصحي غنية بالنيتروجين العضوي وبشوارد الأمونيوم التي تتأكسد متحولةً إلى شوارد النترات.

✓ كما أن مخلفات الأغنام التي يربّيها النباشون والتي تعتاش على النفايات في منطقة المكب وكذلك مخلفات الطيور والقوارض المنتشرة بكثرة كلها تزيد بشكل كبير من تراكيز شاردة النترات.

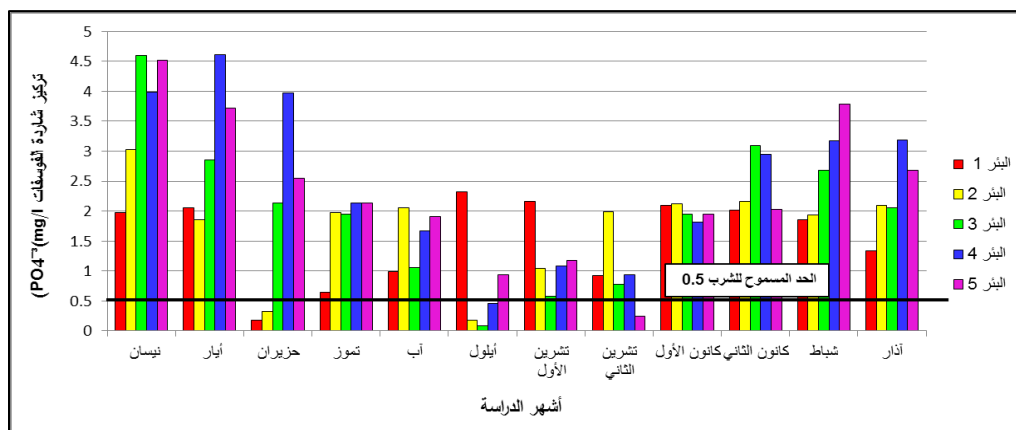
✓ نلاحظ أن قيم شاردة النترات لمياه الأنهار وجميع الآبار قد تجاوزت في معظم الأحيان المعايير المسموحة لمياه الشرب 45 mg/l كما تجاوزت المعايير المطلوبة لمياه الري 60 mg/l [59]،[60].

5-1-8- شاردة الفوسفات PO_4^{-3} (mg/l):

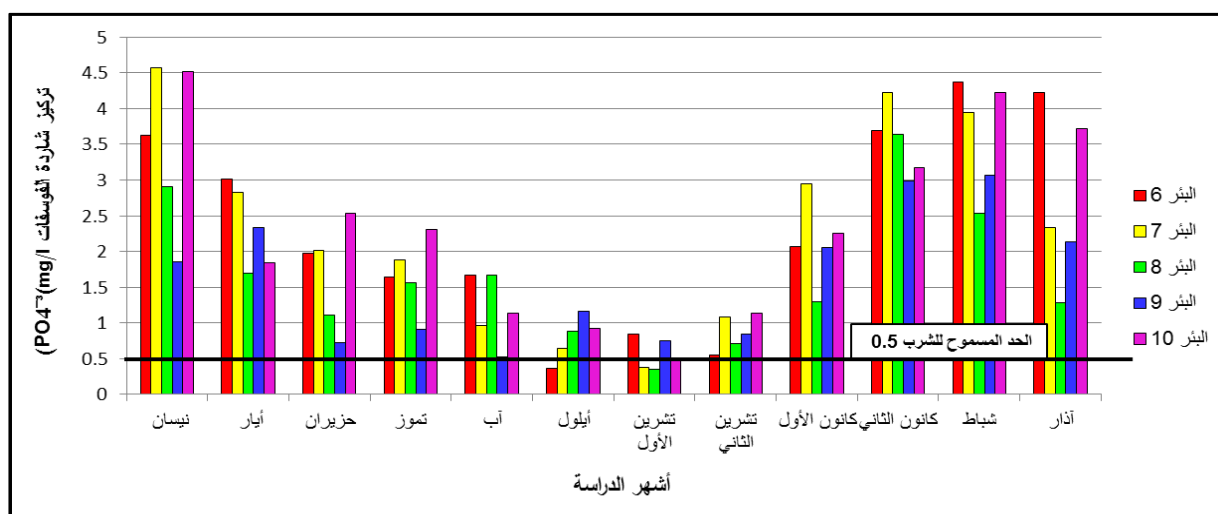
يبين الجدول رقم (5-15) و (5-16) نتائج قياس شاردة الفوسفات PO_4^{-3} (mg/l) في عينات المياه المأخوذة من الآبار ونقاط الأنهار على التوالي خلال عام كامل، كما تم تمثيل النتائج المدونة في الجدولين بيانياً وفق المخططات رقم (5-29) و (5-30) و (5-31) بواقع مخطط ممثّل لكل مجموعة من الآبار المدروسة على حدة ووفق المخطط رقم (5-32) بالنسبة لنقاط الاعتيان النهرية.

الجدول رقم (5-15): تغير قيم شاردة الفوسفات PO_4^{-3} (mg/l) في مياه الآبار المدروسة خلال عام كامل (من نيسان 2012 وحتى آذار 2013)

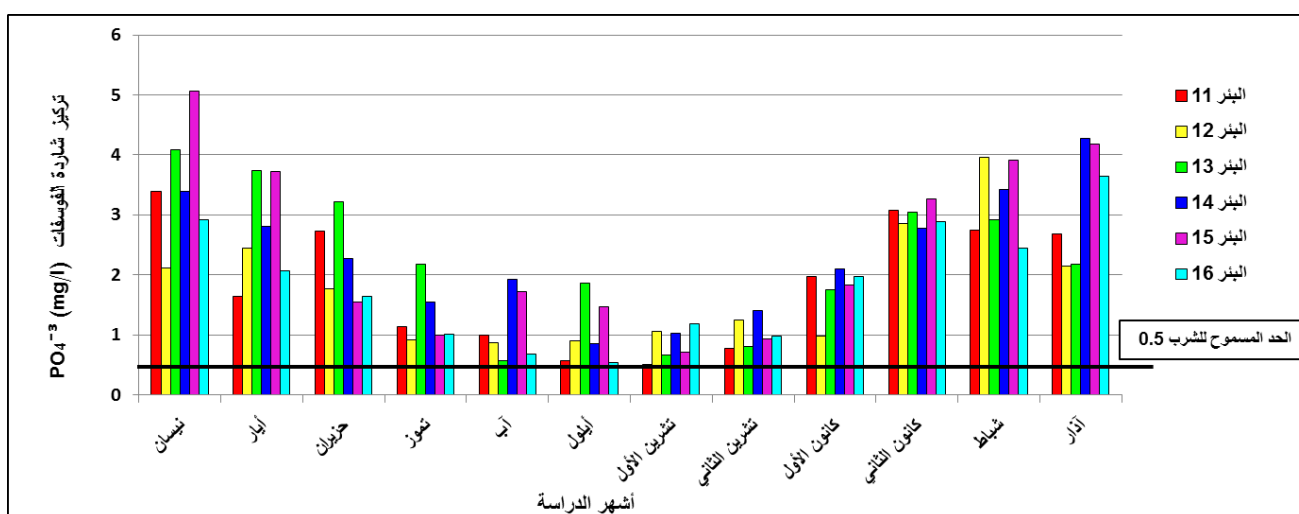
المتوسط	آذار	شباط	كانون2	كانون1	تشرين2	تشرين1	أيلول	آب	تموز	حزيران	أيار	نيسان	الشهر رقم البئر
1.55	1.33	1.85	2.02	2.09	0.93	2.16	2.32	0.99	0.64	0.18	2.06	1.98	البئر 1
1.73	2.09	1.93	2.16	2.12	1.99	1.04	0.18	2.06	1.98	0.33	1.85	3.02	البئر 2
1.98	2.06	2.68	3.09	1.95	0.78	0.58	0.08	1.06	1.95	2.13	2.85	4.59	البئر 3
2.50	3.18	3.17	2.95	1.82	0.94	1.09	0.46	1.67	2.13	3.97	4.61	3.99	البئر 4
2.30	2.68	3.79	2.03	1.95	0.24	1.18	0.94	1.91	2.13	2.55	3.72	4.52	البئر 5
2.34	4.22	4.37	3.69	2.07	0.55	0.84	0.36	1.67	1.64	1.98	3.01	3.63	البئر 6
2.32	2.34	3.95	4.22	2.95	1.09	0.38	0.64	0.97	1.88	2.01	2.83	4.57	البئر 7
1.64	1.28	2.54	3.64	1.29	0.71	0.35	0.88	1.67	1.56	1.11	1.69	2.90	البئر 8
1.61	2.14	3.07	2.98	2.05	0.84	0.75	1.16	0.53	0.91	0.72	2.33	1.86	البئر 9
2.35	3.72	4.22	3.17	2.25	1.14	0.48	0.93	1.14	2.31	2.53	1.84	4.51	البئر 10
1.85	2.68	2.75	3.07	1.97	0.78	0.51	0.57	0.99	1.13	2.73	1.64	3.39	البئر 11
1.77	2.15	3.96	2.85	0.98	1.24	1.05	0.90	0.87	0.91	1.76	2.45	2.11	البئر 12
2.25	2.17	2.91	3.04	1.75	0.81	0.66	1.86	0.57	2.18	3.22	3.74	4.09	البئر 13
2.32	4.28	3.43	2.78	2.09	1.41	1.02	0.85	1.93	1.54	2.27	2.81	3.39	البئر 14
2.45	4.18	3.91	3.27	1.83	0.93	0.71	1.46	1.72	0.99	1.55	3.72	5.07	البئر 15
1.83	3.64	2.45	2.88	1.97	0.97	1.18	0.53	0.67	1.01	1.64	2.07	2.91	البئر 16



الشكل رقم (5-29): تغير قيم شاردة الفوسفات PO_4^{3-} (mg/l) في مياه الآبار المدروسة حول المكب القديم خلال أشهر الدراسة.



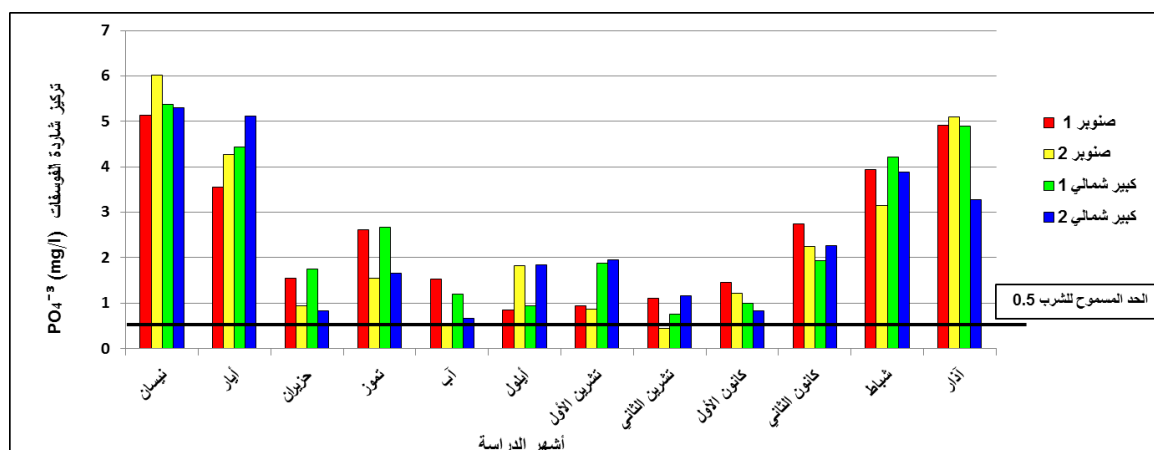
الشكل رقم (5-30): تغير قيم شاردة الفوسفات PO_4^{3-} (mg/l) في مياه الآبار المدروسة حول المكب الحالي خلال أشهر الدراسة.



الشكل رقم (5-31): تغير قيم شاردة الفوسفات PO_4^{3-} (mg/l) في مياه الآبار المدروسة المتوزعة في المنطقة المحيطة بالمكبين خلال أشهر الدراسة.

الجدول رقم (5-16): تغير قيم شاردة الفوسفات PO_4^{3-} (mg/l) في مياه نقاط الاعتيان النهرية خلال عام كامل (من نيسان 2012 وحتى آذار 2013)

المتوسط	آذار	شباط	كانون 2	كانون 1	تشرين 2	تشرين 1	أيلول	آب	تموز	حزيران	أيار	نيسان	الشهر اسم النقطة
2.53	4.91	3.94	2.75	1.45	1.10	0.94	0.85	1.52	2.61	1.55	3.56	5.14	صنوبر 1
2.34	5.10	3.15	2.25	1.22	0.45	0.86	1.82	0.49	1.54	0.93	4.27	6.01	صنوبر 2
2.59	4.90	4.21	1.94	0.99	0.76	1.87	0.94	1.19	2.67	1.75	4.43	5.37	كبير شمالي 1
2.39	3.27	3.88	2.27	0.83	1.15	1.95	1.84	0.67	1.65	0.82	5.11	5.29	كبير شمالي 2



الشكل رقم (5-32): تغير قيم شاردة الفوسفات PO_4^{3-} (mg/l) في مياه نقاط الاعتيان النهرية خلال أشهر الدراسة.

✓ بالعودة إلى النتائج والمخططات السابقة للآبار المدروسة نجد أن المتوسط الشهري لقيم شاردة الفوسفات تراوح ما بين $1.55 - 2.50$ mg/l، حيث بلغت أعلى قيمة لها في شهر نيسان 6.01 mg/l وذلك للبر رقم (15)، في حين بلغت أصغر قيمة لها في شهر أيلول 0.08 mg/l وذلك للبر رقم (3)، أما بالنسبة لنقاط الاعتيان النهرية فقد تراوح المتوسط الشهري لقيم شاردة الفوسفات ضمن المجال $2.34 - 2.59$ mg/l، إذ بلغت أعلى قيمة لها 6.01 mg/l في شهر نيسان وذلك للنقطة رقم (2) الواقعة على نهر الصنوبر، في حين بلغت أصغر قيمة لها 0.45 mg/l في شهر تشرين الثاني في النقطة رقم (2) الواقعة على نهر الصنوبر.

✓ نلاحظ أن هناك ارتفاعاً ملحوظاً لقيم شاردة الفوسفات في مياه الأنهار والآبار على مدار أشهر السنة بشكل عام وفي فترة الشتاء بشكل خاص، ويعزى ذلك إلى هطول الأمطار في هذا الفصل التي تغسل آثار الأسمدة والمبيدات الحشرية والعشبية من التربة والأراضي الزراعية كما تحمل الرشاحة الغنية بشوارد الفوسفات من المكبات وتوصلها مباشرة إلى المياه الجوفية والسطحية [61].

✓ كما أن تسرب مياه الصرف الصحي من الجور الفنية الموجودة في المنطقة بالإضافة إلى مصبات الصرف الصحي التي تصب في الأنهار مباشرة كلٌ منهما يساهم في رفع تراكيز شاردة الفوسفات، كون مياه الصرف الصحي تعتبر غنية بشوارد الفوسفات.

✓ كذلك فإن مخلفات الأغنام التي يربّيها النباشون والتي تعتاش على النفايات في منطقة المكب بالإضافة إلى مخلفات الطيور والقوارض المنتشرة بكثرة في تلك المنطقة كلها تزيد بشكل كبير من تراكيز شاردة الفوسفات.

✓ نلاحظ أن قيم شاردة الفوسفات لمياه الأنهار وجميع الآبار قد تجاوزت المعايير المسموحة لمياه الشرب 0.5 mg/l بينما حققت المعايير المطلوبة لمياه الري 20 mg/l [59]، [60].

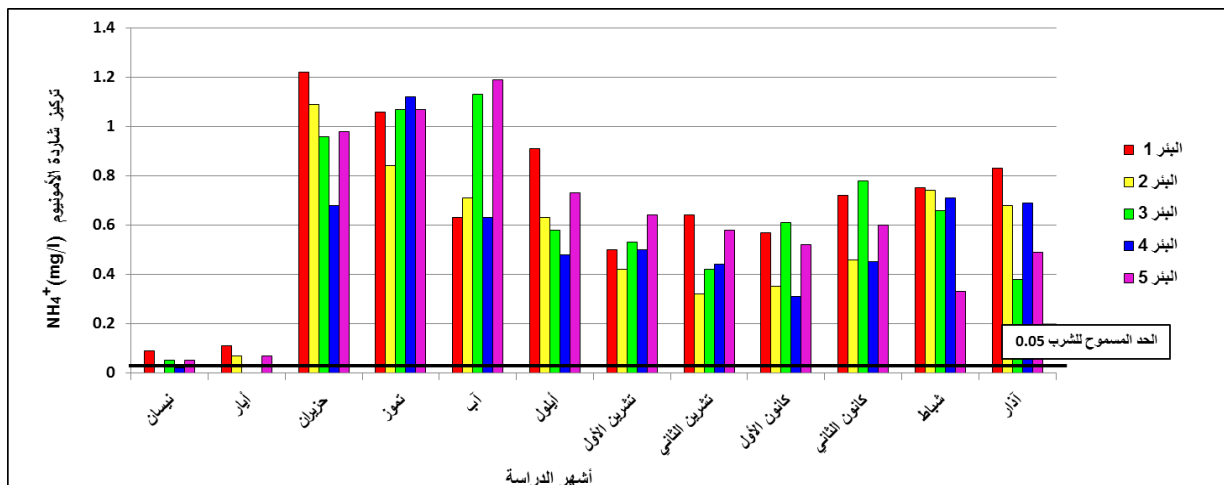
5-1-9- شاردة الأمونيوم (mg/l) NH_4^+ :

يبين الجدول رقم (5-17) و (5-18) نتائج قياس شاردة الأمونيوم (mg/l) NH_4^+ في عينات المياه المأخوذة من الآبار ونقاط الأنهار على التوالي خلال عام كامل، كما تم تمثيل النتائج المدونة في الجدولين بيانياً وفق المخططات رقم (5-33) و (5-34) و (5-35) بواقع مخطط ممثل لكل مجموعة من الآبار المدروسة على حدة ووفق المخطط رقم (5-36) بالنسبة لنقاط الاعتيان النهرية.

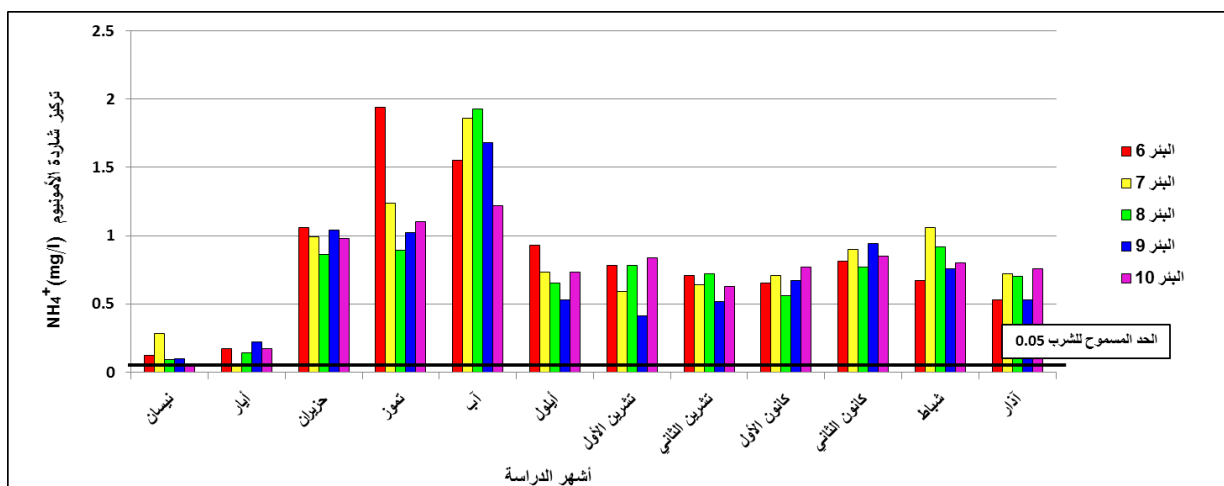
الجدول رقم (5-17): تغير قيم شاردة الأمونيوم (mg/l) NH_4^+ في مياه الآبار المدروسة خلال عام كامل (من نيسان 2012 وحتى آذار 2013)

المتوسط	آذار	شباط	كانون 2	كانون 1	تشرين 2	تشرين 1	أيلول	آب	تموز	حزيران	أيار	نيسان	الشهر رقم البئر
0.67	0.83	0.75	0.72	0.57	0.64	0.50	0.91	0.63	1.06	1.22	0.11	0.09	البئر 1
0.57	0.68	0.74	0.46	0.35	0.32	0.42	0.63	0.71	0.84	1.09	0.07	-	البئر 2
0.65	0.38	0.66	0.78	0.61	0.42	0.53	0.58	1.13	1.07	0.96	-	0.05	البئر 3
0.55	0.69	0.71	0.45	0.31	0.44	0.50	0.48	0.63	1.12	0.68	-	0.02	البئر 4
0.60	0.49	0.33	0.60	0.52	0.58	0.64	0.73	1.19	1.07	0.98	0.07	0.05	البئر 5
0.83	0.53	0.67	0.81	0.65	0.71	0.78	0.93	1.55	1.94	1.06	0.17	0.12	البئر 6
0.82	0.72	1.06	0.90	0.71	0.64	0.59	0.73	1.86	1.24	0.99	0.06	0.28	البئر 7
0.75	0.70	0.92	0.77	0.56	0.72	0.78	0.65	1.93	0.89	0.86	0.14	0.09	البئر 8
0.70	0.53	0.76	0.94	0.67	0.52	0.41	0.53	1.68	1.02	1.04	0.22	0.10	البئر 9
0.74	0.76	0.80	0.85	0.77	0.63	0.84	0.73	1.22	1.10	0.98	0.17	0.05	البئر 10
0.49	0.71	0.43	0.55	0.42	0.35	0.46	0.48	0.88	0.16	0.98	0.02	-	البئر 11
0.38	0.62	0.84	0.36	0.23	0.17	0.33	0.35	0.68	0.29	0.57	0.01	0.05	البئر 12
0.43	0.38	0.53	0.44	0.31	0.22	0.42	0.63	0.53	0.50	0.73	-	0.01	البئر 13
0.36	0.48	0.29	0.37	0.29	0.37	0.43	0.56	0.50	0.47	0.28	0.17	0.11	البئر 14
0.43	0.56	0.37	0.41	0.38	0.14	0.49	0.50	0.63	0.61	0.87	0.06	0.09	البئر 15
0.37	0.29	0.47	0.23	0.25	0.13	0.37	0.43	0.51	0.58	0.67	-	0.11	البئر 16

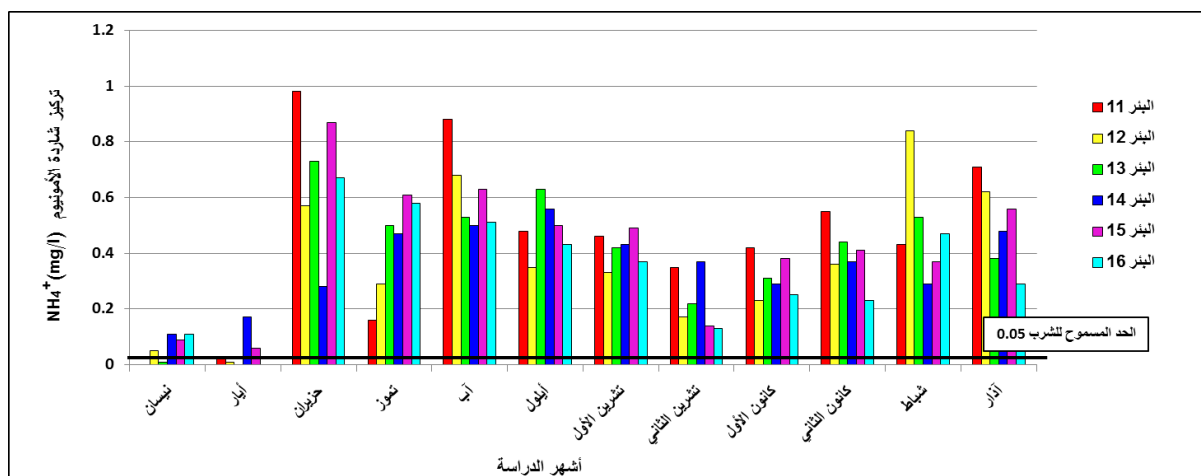
- : القيم تحت حد الكشف في جهاز الكراماتوغرافيا الشاردية الـ (IC).



الشكل رقم (5-33): تغير قيم شاردة الأمونيوم NH_4^+ (mg/l) في مياه الآبار المدروسة حول المكب القديم خلال أشهر الدراسة.



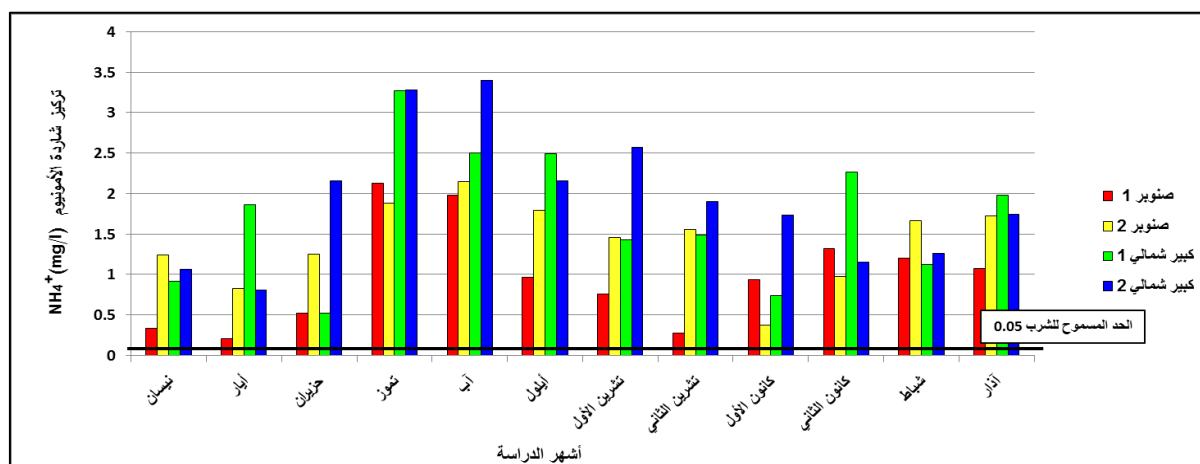
الشكل رقم (5-34): تغير قيم شاردة الأمونيوم NH_4^+ (mg/l) في مياه الآبار المدروسة حول المكب الحالي خلال أشهر الدراسة.



الشكل رقم (5-35): تغير قيم شاردة الأمونيوم NH_4^+ (mg/l) في مياه الآبار المدروسة المتوزعة في المنطقة المحيطة بالمكبين خلال أشهر الدراسة.

الجدول رقم (5-18): تغير قيم شاردة الأمونيوم (NH_4^+ (mg/l) في مياه نقاط الاعتيان النهرية خلال عام كامل (من نيسان 2012 وحتى آذار 2013)

المتوسط	آذار	شباط	كانون 2	كانون 1	تشرين 2	تشرين 1	أيلول	آب	تموز	حزيران	أيار	نيسان	الشهر اسم النقطة
0.98	1.07	1.20	1.32	0.94	0.28	0.76	0.97	1.98	2.13	0.52	0.21	0.33	صنوبر 1
1.41	1.72	1.66	0.98	0.37	1.56	1.46	1.79	2.15	1.88	1.25	0.83	1.24	صنوبر 2
1.72	1.98	1.12	2.27	0.74	1.49	1.43	2.49	2.50	3.27	0.52	1.86	0.92	كبير شمالي 1
1.94	1.74	1.26	1.15	1.73	1.90	2.57	2.16	3.40	3.28	2.16	0.81	1.06	كبير شمالي 2



الشكل رقم (5-36): تغير قيم شاردة الأمونيوم (NH_4^+ (mg/l) في مياه نقاط الاعتيان النهرية خلال أشهر الدراسة.

✓ من خلال النتائج والمخططات السابقة نجد أن المتوسط الشهري لقيم شاردة الأمونيوم في عينات مياه الآبار المدروسة قد تراوح ضمن المجال $[0.36 - 0.83] \text{ mg/l}$ ، حيث بلغت أعلى قيمة لها في شهر تموز 1.94 mg/l وذلك للبئر رقم (6)، في حين بلغت أصغر قيمة لها في شهر أيار 0.01 mg/l وذلك للبئر رقم (12)، أما بالنسبة إلى نقاط الاعتيان النهرية فقد تراوح المتوسط الشهري لقيم شاردة الأمونيوم ضمن المجال $[0.98 - 1.94] \text{ mg/l}$ ، حيث سجلت أعلى قيمة لها 3.4 mg/l في شهر آب وذلك للنقطة رقم (2) الواقعة على نهر الكبير الشمالي، في حين بلغت أصغر قيمة لها 0.21 mg/l في شهر أيار في النقطة رقم (1) الواقعة على نهر الصنوبر.

✓ نلاحظ أن هناك ارتفاعاً ملحوظاً لقيم شاردة الأمونيوم في مياه الأنهار والآبار خلال فترة الصيف، ويعزى ذلك إلى نشاط عمليات التحلل والتفكك للمواد العضوية الناتجة عن البقايا العضوية الحيوانية والنباتية، بالإضافة إلى تفكك جثث الحيوانات النافقة والتي ترمى بكثرة في مكب البصة.

✓ تركزت أعلى القيم لشاردة الأمونيوم في مياه الأنهار كون مصبات مياه الصرف الصحي الغنية بأملاح الأمونيوم تصب فيها مباشرة، تلتها قيم آبار المكب الحالي فالقديم ومن بعدها قيم الآبار البعيدة نسبياً عن المكبين.

✓ نلاحظ أن قيم شاردة الأمونيوم لمياه الأنهار وجميع الآبار قد تجاوزت المعايير المسموحة لمياه الشرب 0.05 mg/l بينما حققت المعايير المطلوبة لمياه الري 20 mg/l [59]، [60].

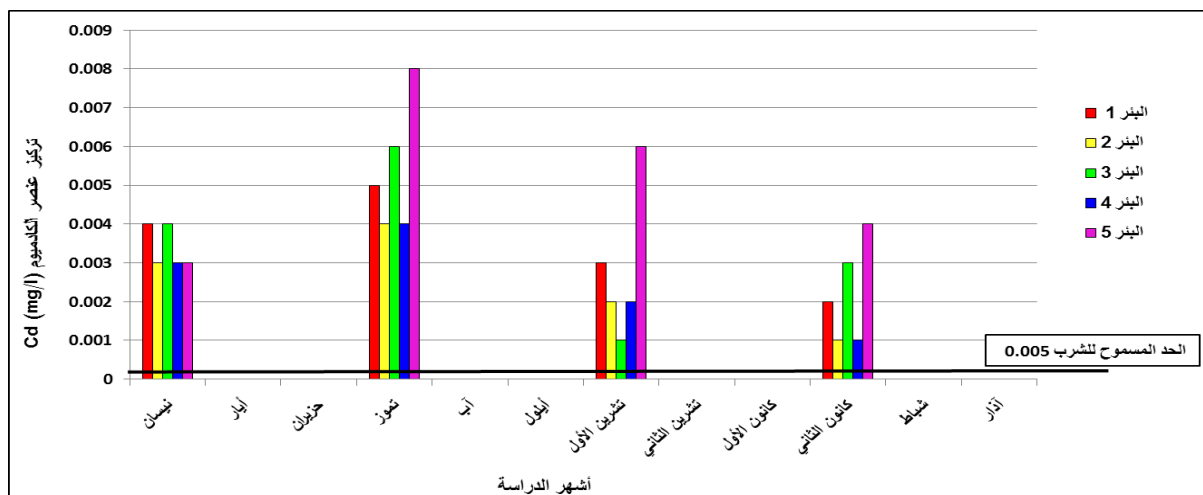
10-1-5- نتائج قياس تراكيز العناصر الثقيلة:

1-10-1-5- عنصر الكاديوم (Cd (mg/l):

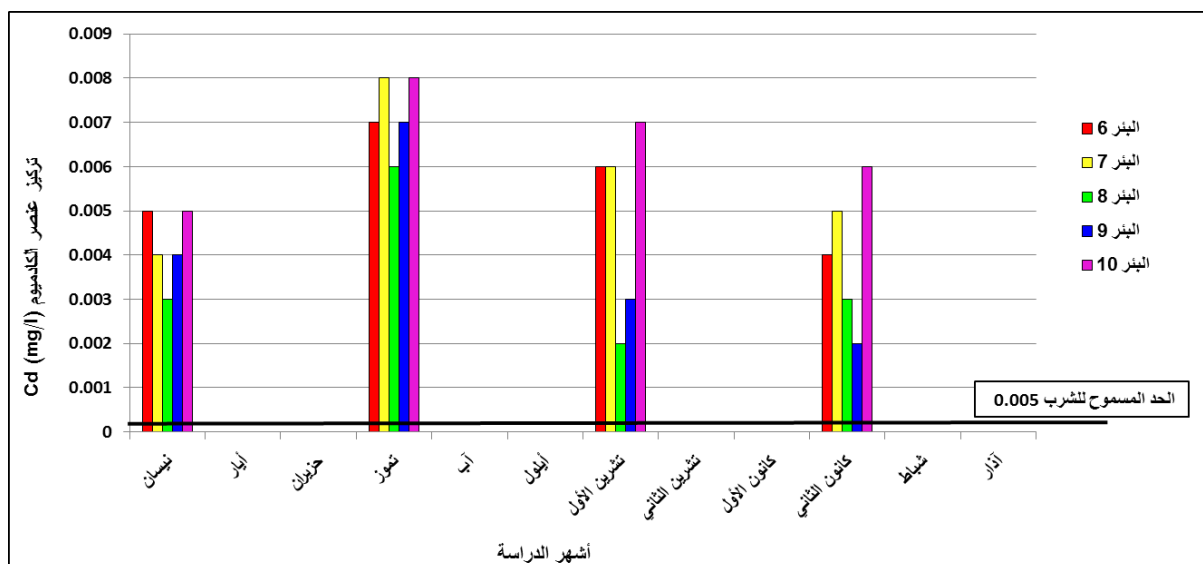
يبين الجدول رقم (5-19) و (5-20) نتائج قياس تراكيز عنصر الكاديوم (Cd (mg/l في عينات المياه المأخوذة من الآبار ونقاط الأنهار على التوالي خلال عام كامل، كما تم تمثيل النتائج المدونة في الجدولين بيانياً وفق المخططات رقم (5-37) و (5-38) و (5-39) بواقع مخطط ممثل لكل مجموعة من الآبار المدروسة على حدة ووفق المخطط رقم (5-40) بالنسبة لنقاط الاعتيان النهرية.

الجدول رقم (5-19): تغير قيم تراكيز عنصر الكاديوم (Cd (mg/l في مياه الآبار المدروسة خلال عام كامل (من نيسان 2012 وحتى آذار 2013)

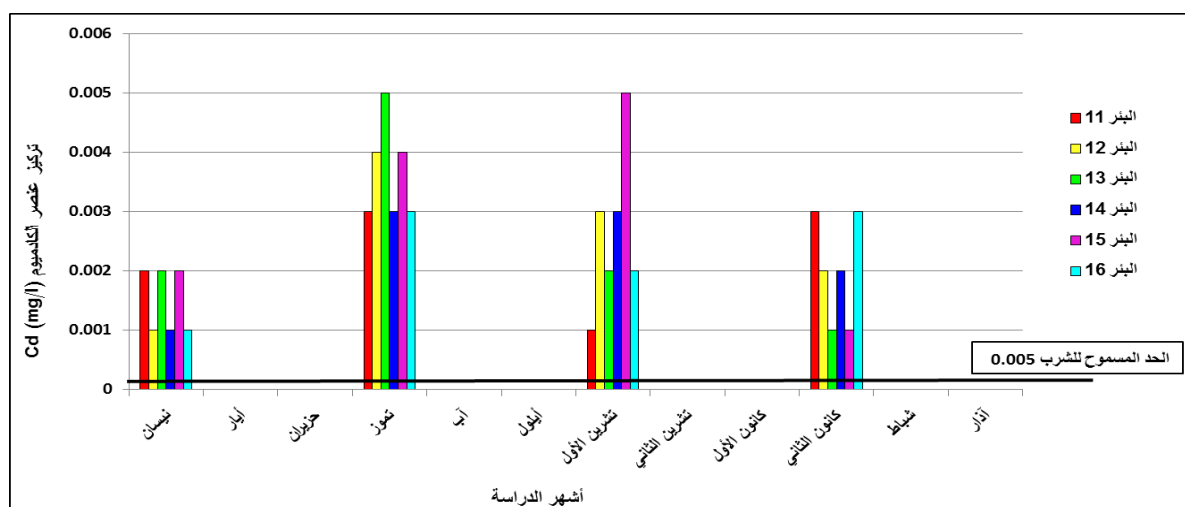
الشهر رقم البئر	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين 1	تشرين 2	كانون 1	كانون 2	شباط	آذار	المتوسط
البئر 1	0.004	-	-	0.005	-	-	0.003	-	-	0.002	-	-	0.0035
البئر 2	0.003	-	-	0.004	-	-	0.002	-	-	0.001	-	-	0.0025
البئر 3	0.004	-	-	0.006	-	-	0.001	-	-	0.003	-	-	0.0035
البئر 4	0.003	-	-	0.004	-	-	0.002	-	-	0.001	-	-	0.003
البئر 5	0.003	-	-	0.008	-	-	0.006	-	-	0.004	-	-	0.0053
البئر 6	0.005	-	-	0.007	-	-	0.006	-	-	0.004	-	-	0.0055
البئر 7	0.004	-	-	0.008	-	-	0.006	-	-	0.005	-	-	0.0058
البئر 8	0.003	-	-	0.006	-	-	0.002	-	-	0.003	-	-	0.0035
البئر 9	0.004	-	-	0.007	-	-	0.003	-	-	0.002	-	-	0.0040
البئر 10	0.005	-	-	0.008	-	-	0.007	-	-	0.006	-	-	0.0065
البئر 11	0.002	-	-	0.003	-	-	0.001	-	-	0.003	-	-	0.0023
البئر 12	0.001	-	-	0.004	-	-	0.003	-	-	0.002	-	-	0.0025
البئر 13	0.002	-	-	0.005	-	-	0.002	-	-	0.001	-	-	0.0025
البئر 14	0.001	-	-	0.003	-	-	0.003	-	-	0.002	-	-	0.0023
البئر 15	0.002	-	-	0.004	-	-	0.005	-	-	0.001	-	-	0.0030
البئر 16	0.001	-	-	0.003	-	-	0.002	-	-	0.003	-	-	0.0023



الشكل رقم (5-37): تغير قيم تراكيز عنصر الكاديوم Cd (mg/l) في مياه الآبار المدروسة حول المكب القديم خلال أشهر الدراسة.



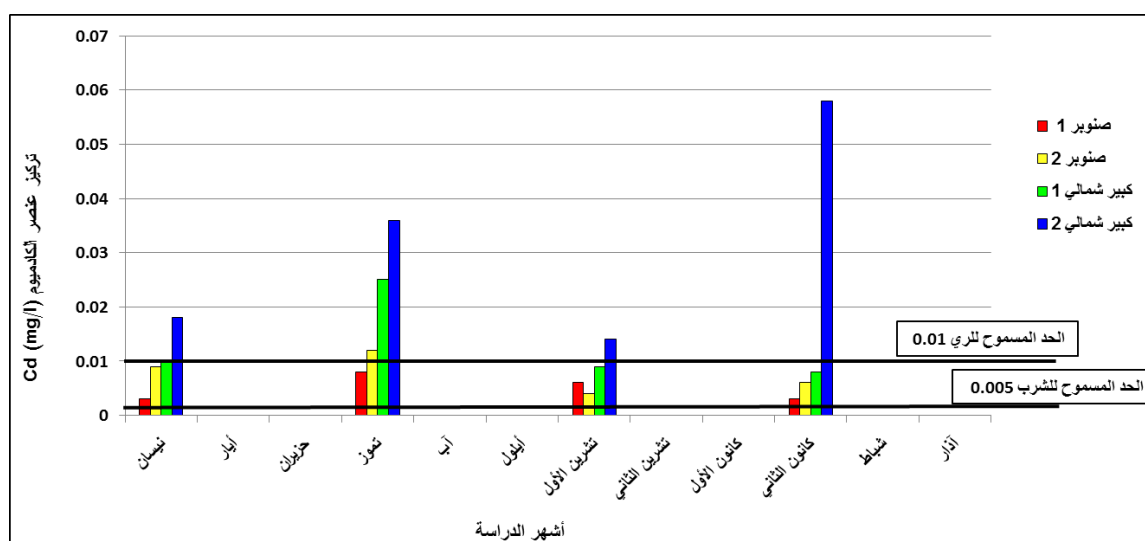
الشكل رقم (5-38): تغير قيم تراكيز عنصر الكاديوم Cd (mg/l) في مياه الآبار المدروسة حول المكب الحالي خلال أشهر الدراسة.



الشكل رقم (5-39): تغير قيم تراكيز عنصر الكاديوم Cd (mg/l) في مياه الآبار المدروسة المنتزعة في المنطقة المحيطة بالمكبين خلال أشهر الدراسة.

الجدول رقم (5-20): تغير قيم تراكيز عنصر الكاديوم Cd (mg/l) في مياه نقاط الاعتيان النهرية خلال عام كامل (من نيسان 2012 وحتى آذار 2013)

المتوسط	آذار	شباط	كانون 2	كانون 1	تشرين 2	تشرين 1	أيلول	آب	تموز	حزيران	أيار	نيسان	الشهر اسم النقطة
0.0050	–	–	0.003	–	–	0.006	–	–	0.008	–	–	0.003	صنوبر 1
0.0078	–	–	0.006	–	–	0.004	–	–	0.012	–	–	0.009	صنوبر 2
0.0130	–	–	0.008	–	–	0.009	–	–	0.025	–	–	0.01	كبير شمالي 1
0.0315	–	–	0.058	–	–	0.014	–	–	0.036	–	–	0.018	كبير شمالي 2



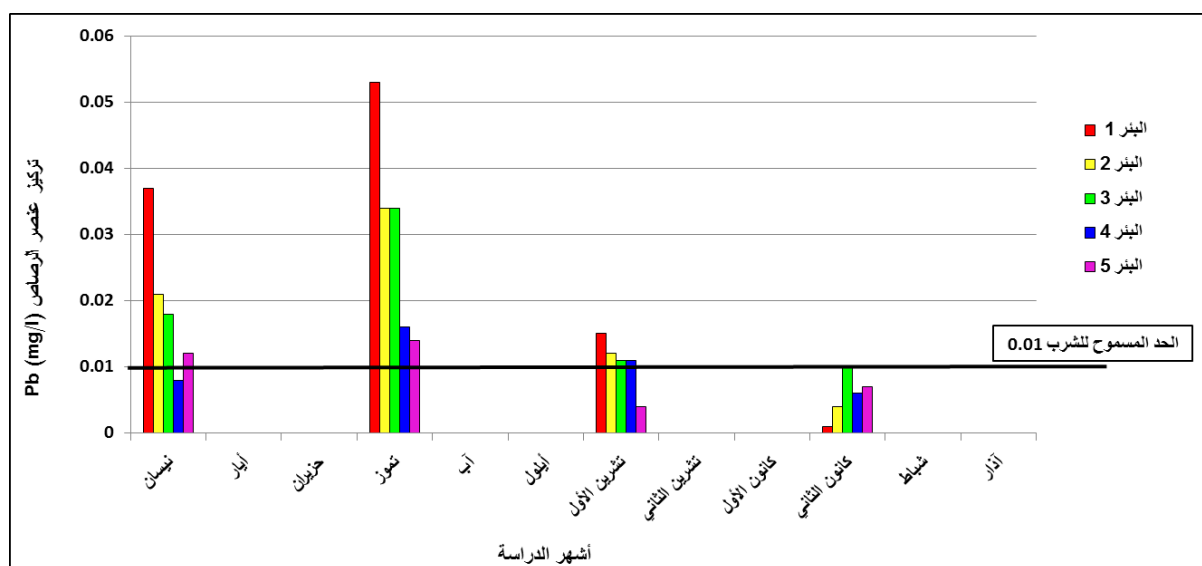
الشكل رقم (5-40): تغير قيم تراكيز عنصر الكاديوم Cd (mg/l) في مياه نقاط الاعتيان النهرية خلال أشهر الدراسة.

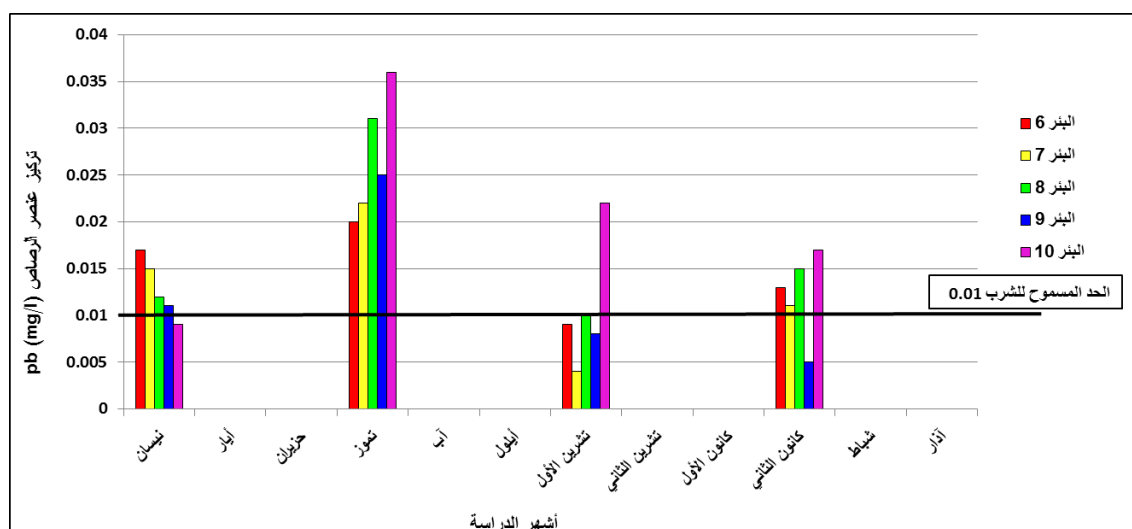
5-1-10-2- عنصر الرصاص Pb (mg/l):

يبين الجدول رقم (5-21) و (5-22) نتائج قياس تراكيز عنصر الرصاص Pb (mg/l) في عينات المياه المأخوذة من الآبار ونقاط الأنهار على التوالي خلال عام كامل، كما تم تمثيل النتائج المدونة في الجدولين بيانياً وفق المخططات رقم (5-41) و (5-42) و (5-43) بواقع مخطط ممثل لكل مجموعة من الآبار المدروسة على حدة ووفق المخطط رقم (5-44) بالنسبة لنقاط الاعتيان النهرية.

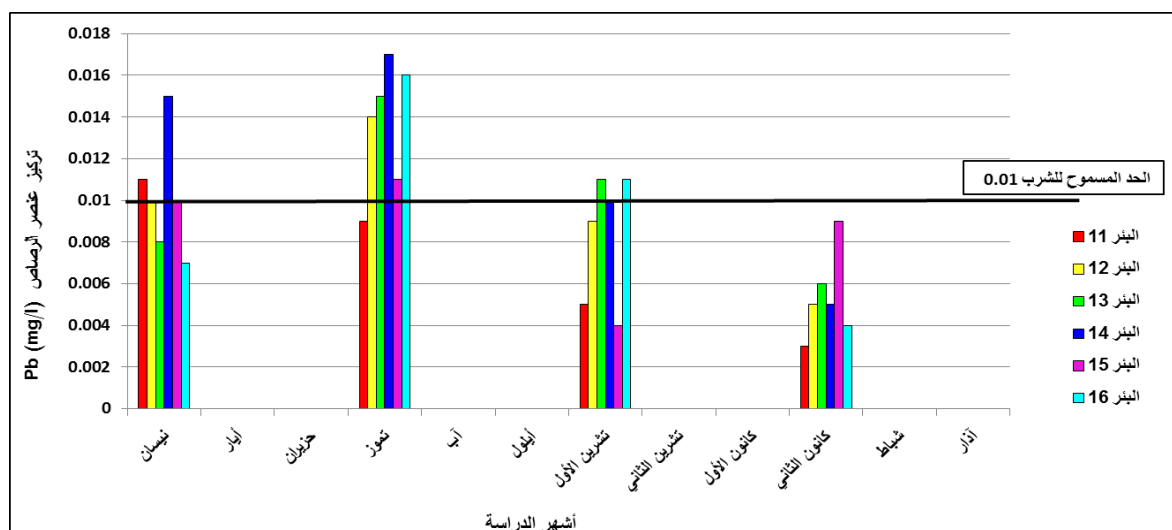
الجدول رقم (5-21): تغير قيم تراكيز عنصر الرصاص Pb (mg/l) في مياه الآبار المدروسة خلال عام كامل (من نيسان 2012 وحتى آذار 2013)

المتوسط	آذار	شباط	كانون 2	كانون 1	تشرين 2	تشرين 1	أيلول	آب	تموز	حزيران	أيار	نيسان	الشهر رقم البئر
0.0265	-	-	0.001	-	-	0.015	-	-	0.053	-	-	0.037	البئر 1
0.0178	-	-	0.004	-	-	0.012	-	-	0.034	-	-	0.021	البئر 2
0.0183	-	-	0.01	-	-	0.011	-	-	0.034	-	-	0.018	البئر 3
0.0103	-	-	0.006	-	-	0.011	-	-	0.016	-	-	0.008	البئر 4
0.0093	-	-	0.007	-	-	0.004	-	-	0.014	-	-	0.012	البئر 5
0.0148	-	-	0.013	-	-	0.009	-	-	0.02	-	-	0.017	البئر 6
0.0130	-	-	0.011	-	-	0.004	-	-	0.022	-	-	0.015	البئر 7
0.0170	-	-	0.015	-	-	0.01	-	-	0.031	-	-	0.012	البئر 8
0.0123	-	-	0.005	-	-	0.008	-	-	0.025	-	-	0.011	البئر 9
0.0210	-	-	0.017	-	-	0.022	-	-	0.036	-	-	0.009	البئر 10
0.0070	-	-	0.003	-	-	0.005	-	-	0.009	-	-	0.011	البئر 11
0.0095	-	-	0.005	-	-	0.009	-	-	0.014	-	-	0.01	البئر 12
0.0100	-	-	0.006	-	-	0.011	-	-	0.015	-	-	0.008	البئر 13
0.0118	-	-	0.005	-	-	0.01	-	-	0.017	-	-	0.015	البئر 14
0.0085	-	-	0.009	-	-	0.004	-	-	0.011	-	-	0.01	البئر 15
0.0095	-	-	0.004	-	-	0.011	-	-	0.016	-	-	0.007	البئر 16





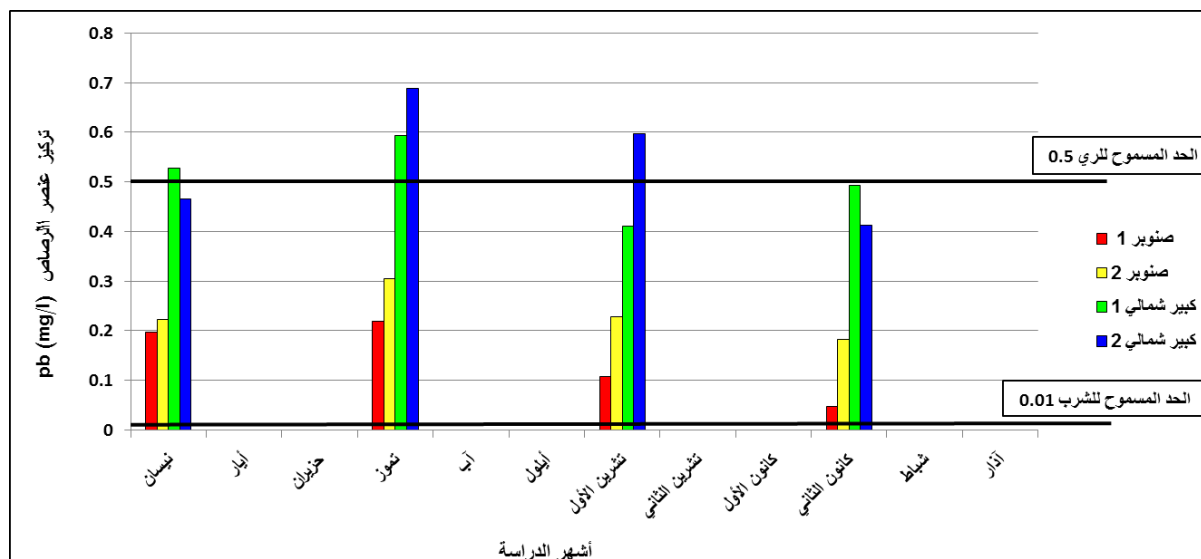
الشكل رقم (5-42): تغير قيم تراكيز عنصر الرصاص (Pb (mg/l) في مياه الآبار المدروسة حول المكب الحالي خلال أشهر الدراسة.



الشكل رقم (5-43): تغير قيم تراكيز عنصر الرصاص (Pb (mg/l) في مياه الآبار المدروسة المتوزعة في المنطقة المحيطة بالمكبن خلال أشهر الدراسة.

الجدول رقم (5-22): تغير قيم تراكيز عنصر الرصاص (Pb (mg/l) في مياه نقاط الاعتيان النهرية خلال عام كامل (من نيسان 2012 وحتى آذار 2013)

المتوسط	آذار	شباط	كانون 2	كانون 1	تشرين 2	تشرين 1	أيلول	آب	تموز	حزيران	أيار	نيسان	الشهر اسم النقطة
0.1428	–	–	0.047	–	–	0.108	–	–	0.219	–	–	0.197	صنوبر 1
0.2348	–	–	0.183	–	–	0.229	–	–	0.304	–	–	0.223	صنوبر 2
0.5060	–	–	0.493	–	–	0.411	–	–	0.593	–	–	0.527	كبير شمالي 1
0.5410	–	–	0.413	–	–	0.597	–	–	0.689	–	–	0.465	كبير شمالي 2



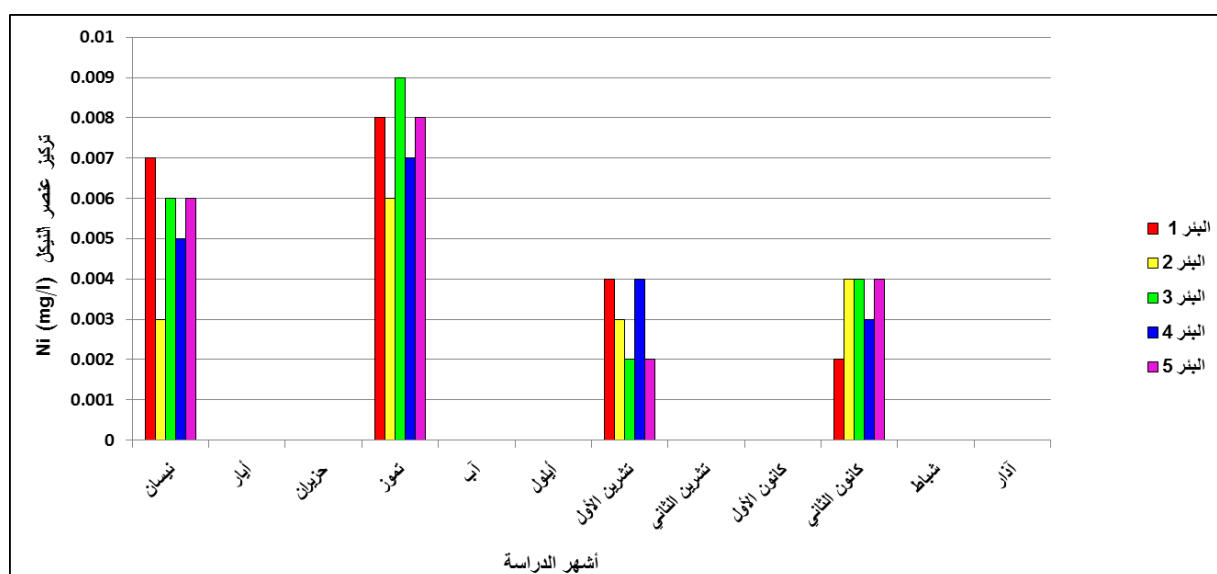
الشكل رقم (44-5): تغير قيم تراكيز عنصر الرصاص Pb (mg/l) في مياه نقاط الاعتيان النهرية خلال أشهر الدراسة.

5-1-10-3- عنصر النيكل Ni (mg/l):

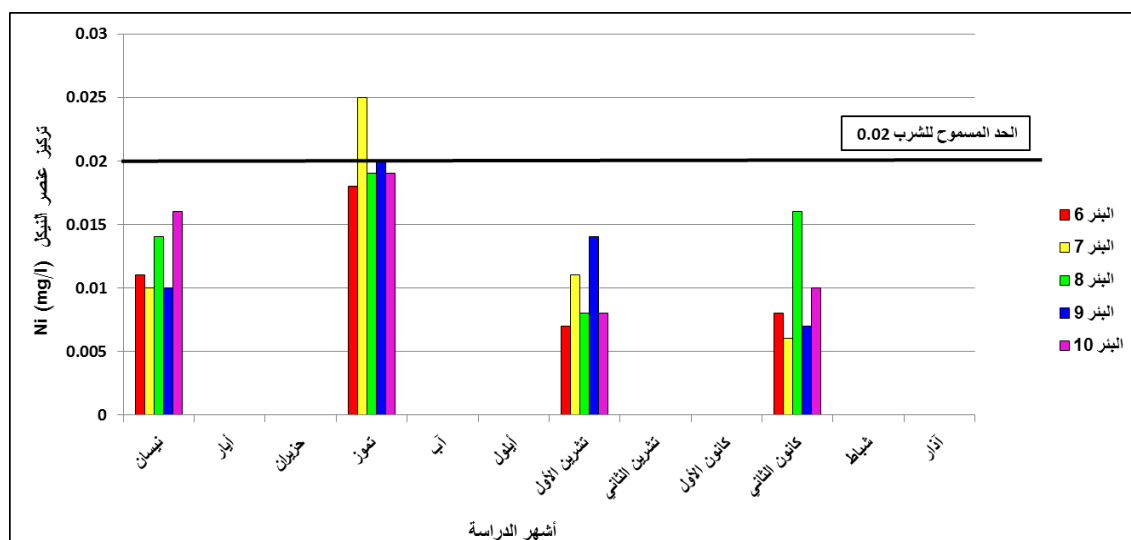
يبين الجدولان رقم (23-5) و (24-5) نتائج قياس تراكيز عنصر النيكل Ni (mg/l) في عينات المياه المأخوذة من الآبار ونقاط الأنهار على التوالي خلال عام كامل، كما تم تمثيل النتائج المدونة في الجدولين بيانياً وفق المخططات رقم (45-5) و (46-5) و (47-5) بواقع مخطط ممثل لكل مجموعة من الآبار المدروسة على حدة ووفق المخطط رقم (48-5) بالنسبة لنقاط الاعتيان النهرية.

الجدول رقم (5-23): تغير قيم تراكيز عنصر النيكل (Ni (mg/l) في مياه الآبار المدروسة خلال عام كامل (من نيسان 2012 وحتى آذار 2013)

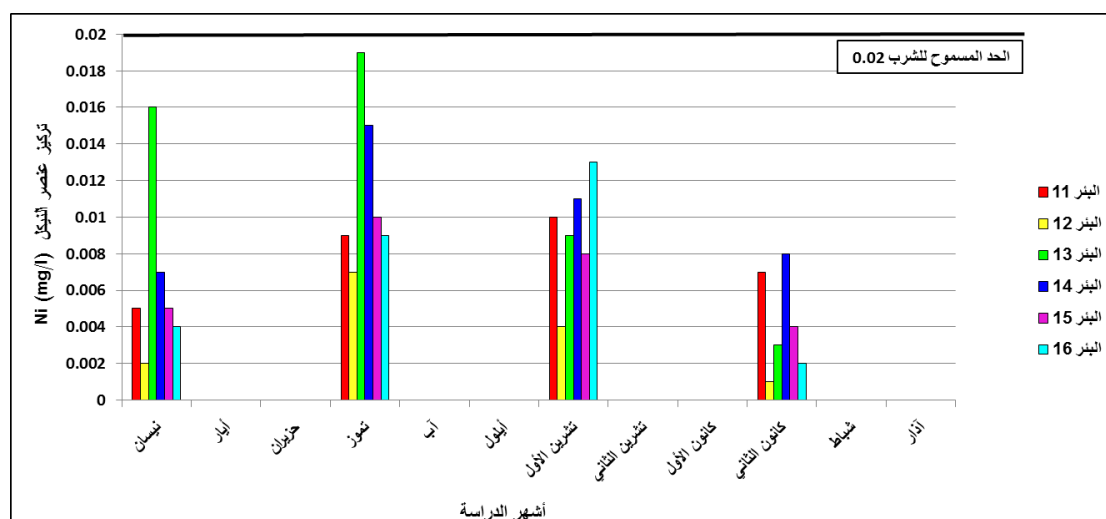
المتوسط	آذار	شباط	كانون 2	كانون 1	تشرين 2	تشرين 1	أيلول	آب	تموز	حزيران	أيار	نيسان	الشهر رقم البئر
0.0053	-	-	0.002	-	-	0.004	-	-	0.008	-	-	0.007	البئر 1
0.004	-	-	0.004	-	-	0.003	-	-	0.006	-	-	0.003	البئر 2
0.0053	-	-	0.004	-	-	0.002	-	-	0.009	-	-	0.006	البئر 3
0.0048	-	-	0.003	-	-	0.004	-	-	0.007	-	-	0.005	البئر 4
0.005	-	-	0.004	-	-	0.002	-	-	0.008	-	-	0.006	البئر 5
0.011	-	-	0.008	-	-	0.007	-	-	0.018	-	-	0.011	البئر 6
0.013	-	-	0.006	-	-	0.011	-	-	0.025	-	-	0.01	البئر 7
0.0143	-	-	0.016	-	-	0.008	-	-	0.019	-	-	0.014	البئر 8
0.0128	-	-	0.007	-	-	0.014	-	-	0.02	-	-	0.01	البئر 9
0.0133	-	-	0.01	-	-	0.008	-	-	0.019	-	-	0.016	البئر 10
0.0078	-	-	0.007	-	-	0.01	-	-	0.009	-	-	0.005	البئر 11
0.0035	-	-	0.001	-	-	0.004	-	-	0.007	-	-	0.002	البئر 12
0.0118	-	-	0.003	-	-	0.009	-	-	0.019	-	-	0.016	البئر 13
0.0103	-	-	0.008	-	-	0.011	-	-	0.015	-	-	0.007	البئر 14
0.0068	-	-	0.004	-	-	0.008	-	-	0.01	-	-	0.005	البئر 15
0.007	-	-	0.002	-	-	0.013	-	-	0.009	-	-	0.004	البئر 16



الشكل رقم (5-45): تغير قيم تراكيز عنصر النيكل (Ni (mg/l) في مياه الآبار المدروسة حول المكب القديم خلال أشهر الدراسة.



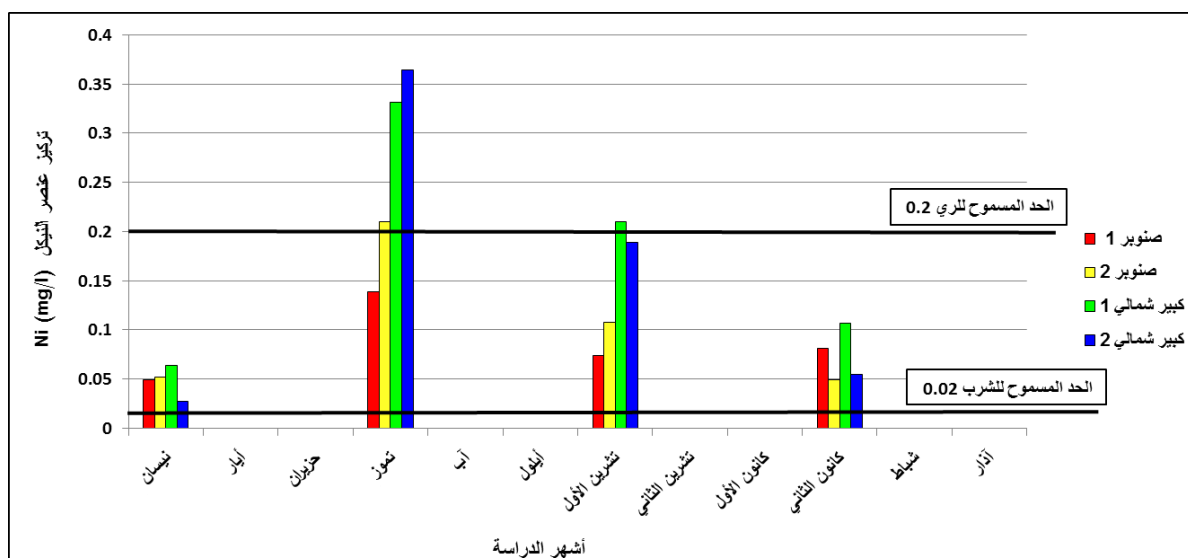
الشكل رقم (5-46): تغير قيم تراكيز عنصر النيكل (Ni (mg/l) في مياه الآبار المدروسة حول المكب الحالي خلال أشهر الدراسة.



الشكل رقم (5-47): تغير قيم تراكيز عنصر النيكل (Ni (mg/l) في مياه الآبار المدروسة المتوزعة في المنطقة المحيطة بالمكبن خلال أشهر الدراسة.

الجدول رقم (5-24): تغير قيم تراكيز عنصر النيكل (Ni (mg/l) في مياه نقاط الاعتيان النهرية خلال عام كامل (من نيسان 2012 وحتى آذار 2013)

المتوسط	آذار	شباط	كانون 2	كانون 1	تشرين 2	تشرين 1	أيلول	آب	تموز	حزيران	أيار	نيسان	الشهر اسم النقطة
0.0858	–	–	0.081	–	–	0.074	–	–	0.139	–	–	0.049	صنوبر 1
0.1048	–	–	0.049	–	–	0.108	–	–	0.21	–	–	0.052	صنوبر 2
0.1780	–	–	0.107	–	–	0.21	–	–	0.331	–	–	0.064	كبير شمالي 1
0.1588	–	–	0.055	–	–	0.189	–	–	0.364	–	–	0.027	كبير شمالي 2



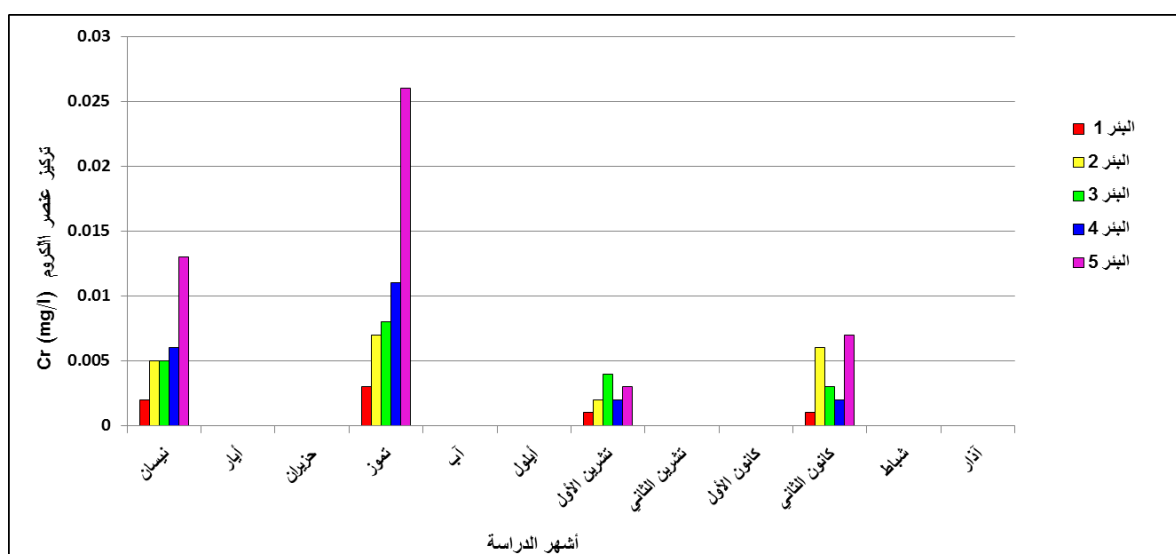
الشكل رقم (5-48): تغير قيم تراكيز عنصر النيكل (Ni (mg/l) في مياه نقاط الاعتيان النهرية خلال أشهر الدراسة.

5-1-10-4- عنصر الكروم (Cr (mg/l):

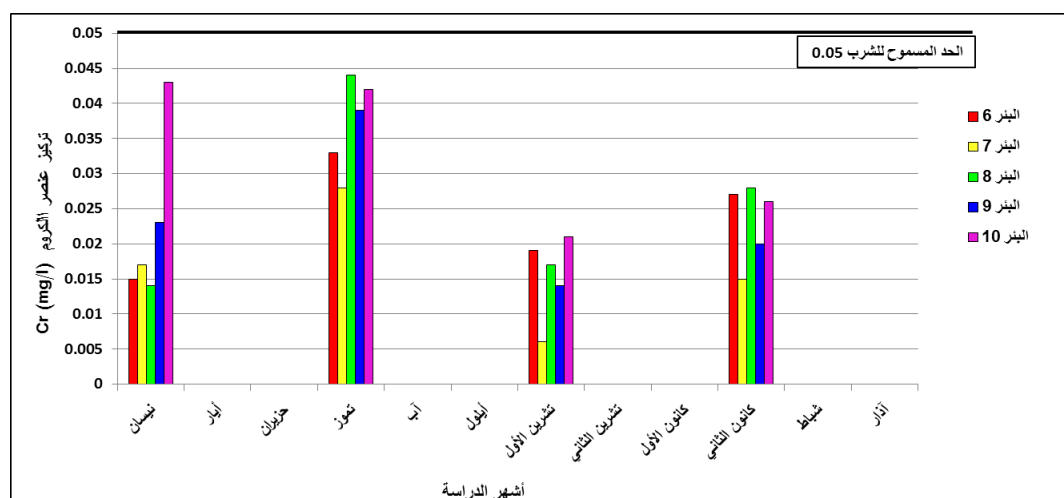
يبين الجدول رقم (5-25) و (5-26) نتائج قياس تراكيز عنصر الكروم (Cr (mg/l) في عينات المياه المأخوذة من الآبار ونقاط الأنهار على التوالي خلال عام كامل، كما تم تمثيل النتائج المدونة في الجدولين بيانياً وفق المخططات رقم (5-49) و (5-50) و (5-51) بواقع مخطط ممثل لكل مجموعة من الآبار المدروسة على حدة ووفق المخطط رقم (5-52) بالنسبة لنقاط الاعتيان النهرية.

الجدول رقم (5-25): تغير قيم تراكيز عنصر الكروم Cr (mg/l) في مياه الآبار المدروسة خلال عام كامل (من نيسان 2012 وحتى آذار 2013)

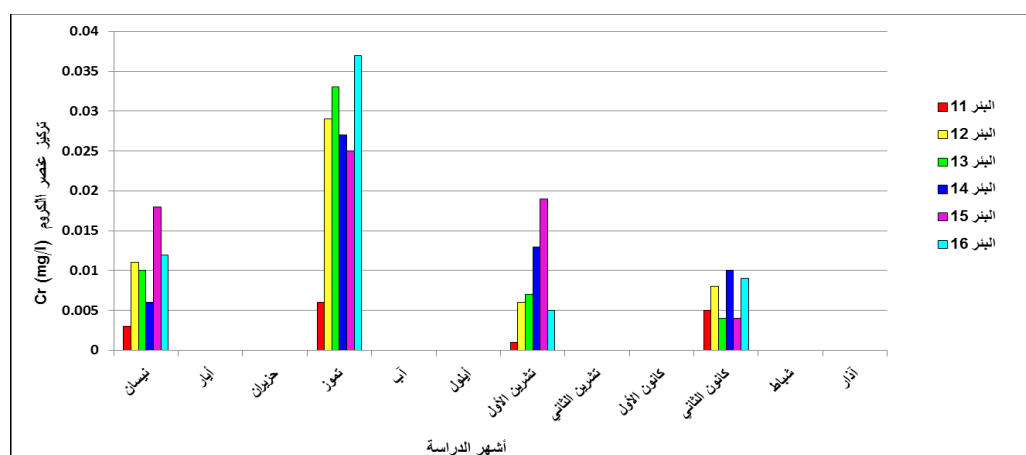
الشهر رقم البئر	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين 1	تشرين 2	كانون 1	كانون 2	شباط	آذار	المتوسط
البئر 1	0.002	-	-	0.003	-	-	0.001	-	-	-	-	-	0.0018
البئر 2	0.005	-	-	0.007	-	-	0.002	-	-	-	-	-	0.005
البئر 3	0.005	-	-	0.008	-	-	0.004	-	-	-	-	-	0.005
البئر 4	0.006	-	-	0.011	-	-	0.002	-	-	-	-	-	0.0053
البئر 5	0.013	-	-	0.026	-	-	0.003	-	-	-	-	-	0.0123
البئر 6	0.015	-	-	0.033	-	-	0.019	-	-	-	-	-	0.0235
البئر 7	0.017	-	-	0.028	-	-	0.006	-	-	-	-	-	0.0165
البئر 8	0.014	-	-	0.044	-	-	0.017	-	-	-	-	-	0.0258
البئر 9	0.023	-	-	0.039	-	-	0.014	-	-	-	-	-	0.0240
البئر 10	0.043	-	-	0.042	-	-	0.021	-	-	-	-	-	0.0330
البئر 11	0.003	-	-	0.006	-	-	0.001	-	-	-	-	-	0.0038
البئر 12	0.011	-	-	0.029	-	-	0.006	-	-	-	-	-	0.0135
البئر 13	0.01	-	-	0.033	-	-	0.007	-	-	-	-	-	0.0135
البئر 14	0.006	-	-	0.027	-	-	0.013	-	-	-	-	-	0.0140
البئر 15	0.018	-	-	0.025	-	-	0.019	-	-	-	-	-	0.0165
البئر 16	0.012	-	-	0.037	-	-	0.005	-	-	-	-	-	0.0158



الشكل رقم (5-49): تغير قيم تراكيز عنصر الكروم Cr (mg/l) في مياه الآبار المدروسة حول المكب القديم خلال أشهر الدراسة.



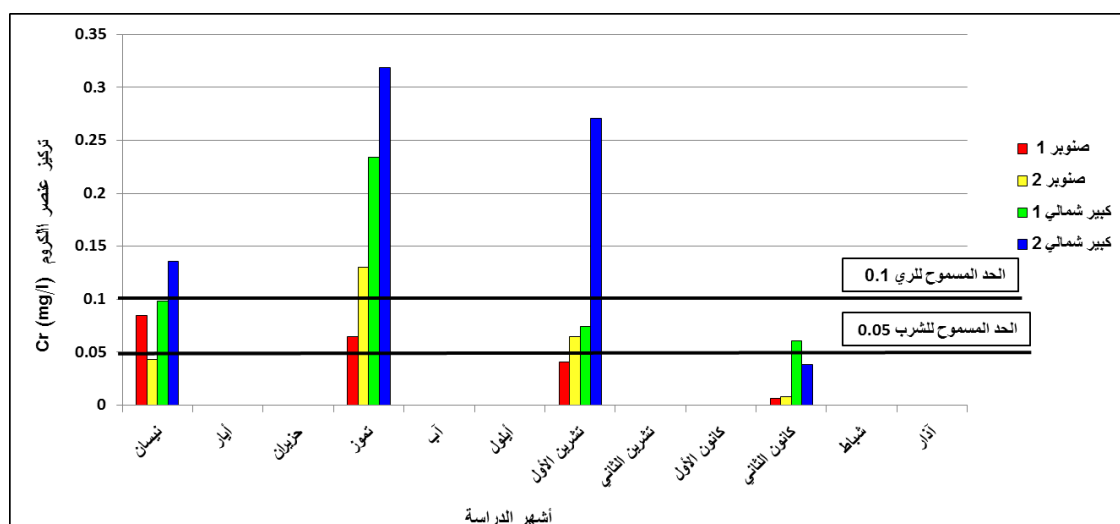
الشكل رقم (5-50): تغير قيم تراكيز عنصر الكروم Cr (mg/l) في مياه الآبار المدروسة حول المكب الحالي خلال أشهر الدراسة.



الشكل رقم (5-51): تغير قيم تراكيز عنصر الكروم Cr (mg/l) في مياه الآبار المدروسة المتوزعة في المنطقة المحيطة بالمكبين خلال أشهر الدراسة.

الجدول رقم (5-26): تغير قيم تراكيز عنصر الكروم Cr (mg/l) في مياه نقاط الاعتيان النهرية خلال عام كامل (من نيسان 2012 وحتى آذار 2013)

المتوسط	آذار	شباط	كانون 2	كانون 1	تشرين 2	تشرين 1	أيلول	آب	تموز	حزيران	أيار	نيسان	الشهر اسم النقطة
0.0493	–	–	0.006	–	–	0.041	–	–	0.065	–	–	0.085	صنوبر 1
0.0615	–	–	0.008	–	–	0.065	–	–	0.13	–	–	0.043	صنوبر 2
0.1168	–	–	0.061	–	–	0.074	–	–	0.234	–	–	0.098	كبير شمالي 1
0.1910	–	–	0.038	–	–	0.271	–	–	0.319	–	–	0.136	كبير شمالي 2



الشكل رقم (52-5): تغير قيم تراكيز عنصر الكروم Cr (mg/l) في مياه نقاط الاعتيان النهرية خلال أشهر الدراسة.

من الجداول والمخططات السابقة الممثلة لنتائج قياسات تراكيز العناصر الثقيلة في عينات مياه الآبار ونقاط الأنهار نستنتج أن مجالات المتوسط الشهري والقيم الصغرى والكبرى لتراكيز كل عنصر كانت على الشكل التالي كما هو موضح في الجدولين رقم (5-27) و (5-28):

الجدول رقم (5-27): مجالات المتوسط الشهري والقيم الصغرى والكبرى لتراكيز العناصر الثقيلة في مياه الآبار

مياه الآبار			
العنصر (mg/l)	المتوسط الشهري	أعلى قيمة	أخفض قيمة
الكاديوم	0.0023 – 0.0065	0.001	0.008
الرصاص	0.007 – 0.0265	0.053	0.001
النيكل	0.0035 – 0.0143	0.025	0.001
الكروم	0.0018 – 0.033	0.044	0.001

الجدول رقم (5-28): مجالات المتوسط الشهري والقيم الصغرى والكبرى لتراكيز العناصر الثقيلة في مياه الأنهار

مياه الأنهار			
العنصر (mg/l)	المتوسط الشهري	أعلى قيمة	أخفض قيمة
الكاديوم	0.005 – 0.0315	0.058	0.003
الرصاص	0.1428 – 0.541	0.689	0.047
النيكل	0.0858 – 0.1780	0.364	0.027
الكروم	0.0493 – 0.191	0.319	0.006

✓ نلاحظ ارتفاع تراكيز العناصر الثقيلة بالمجمل خلال فصل الصيف مقارنةً مع فصل الشتاء، وهذا الأمر يعزى إلى انخفاض عكارة المياه في الصيف الذي يعني انخفاض كمية المواد القادرة على امتزاز العناصر المعدنية على سطحها مما يساهم في بقاء العناصر بشكلها المنحل وارتفاع تراكيزها في المياه.

✓ كما يعود انخفاض تراكيز العناصر الثقيلة في فصل الشتاء إلى عامل تمديد المخلفات السائلة (صرف صحي + صرف صناعي) الواصلة إلى الأنهار .

✓ بالنسبة إلى الآبار نلاحظ تجاوز عنصر الكاديوم والرصاص للحدود المسموحة بالنسبة لمياه الشرب، ويعزى ذلك إلى طبيعة النفايات التي يتم إلّاؤها في مكب البصة والتي تحتوي على الكثير من المواد المختلطة السامة والخطرة بما فيها البطاريات التالفة المصنوعة من مادة الرصاص بالإضافة إلى مستوعبات المواد الكيماوية والصناعية وغيرها. في حين نلاحظ بقاء عنصري النيكل والكروم ضمن الحدود المسموحة للشرب والري [59]، [60].

✓ بالنسبة إلى الأنهار نلاحظ تجاوز جميع العناصر الثقيلة للمعايير المسموحة لمياه الشرب والري في معظم أوقات السنة وخاصةً في فترة الصيف، وقد يعزى سبب ارتفاع تراكيز العناصر الثقيلة إلى المصبات العشوائية لمياه الصرف الصحي والصناعي التي تلقى مباشرةً في نهري الصنوبر والكبير الشمالي دون أدنى معالجة [59]، [60].

5-2- تقويم صلاحية مصادر المياه الجوفية والسطحية المدروسة للشرب والري ومقارنتها مع المواصفات القياسية السورية المعتمدة في هذا المجال من خلال حساب مؤشر الجودة للمياه :Water Quality Index

تشير جودة المياه إلى الخصائص الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية للمياه، إذ تحدد تلك الخصائص كيف ولأي غرض يمكن استخدام المياه.

حيث تختلف نوعية المياه المستخدمة باختلاف المستهلكين، وكذلك تختلف نوعية مياه المصادر الطبيعية باختلاف هذه المصادر. ويعطي تقييم نوعية مياه المصدر المائي، من وجهة نظر متطلبات المستهلكين، حلاً لمسألة إمكانية استخدامه في المشروع المدروس، ويساعد في تحديد ضرورة وطبيعة تنقية مياهه في منشآت التنقية [62].

تم اعتماد مؤشر جودة المياه (CCME WQI) Canadian Council of Ministers of the Environment Water Quality Index الذي تم تطويره عن طريق المجلس الكندي لوزراء البيئة بناءً على أكثر البيانات العالمية شموليةً لجودة المياه في العالم. يتميز هذا المؤشر بدمج كمية كبيرة من البيانات المتعلقة بالخصائص الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية للمياه إلى رقم وحيد يتم من خلاله الحكم على جودة المياه. يتم استخدام على الأقل 4 بيانات من البيانات المتعلقة بالخصائص الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية للمياه أربع مرات على الأقل. لم يتم تحديد تلك البيانات بل يمكن أن تختلف من منطقة إلى أخرى تبعاً للظروف المحلية للمنطقة ولأي غرض يمكن استخدام المياه. هذا المؤشر يعطي قيمة وحيدة من 0 أسوأ نوعية مياه إلى 100 أفضل جودة مياه، وتنقسم هذه الأرقام إلى 5 فئات موضحة في الجدول رقم (4-29) [63].

الجدول رقم (5-29): فئات تصنيف المياه حسب قيمة مؤشر جودة المياه (CCME WQI) [63]

التصنيف	القيمة	الوصف
جيد جداً إلى ممتاز	95-100	تعني الغياب التام لأي ضعف في نوعية المياه وطبيعة المياه قريبة جداً من المستويات الطبيعية أو التي لم يحدث بها أي تلوث.
جيد	80-94	تعني أن نوعية المياه محفوظة بدرجة طفيفة من التدهور في خصائصها. والمياه نادراً ما تحيد عن المستويات الطبيعية المرغوب بها.
وسط - مقبول	65-79	تعني أن نوعية المياه تضعف من حين لآخر أي أحياناً تحيد عن المستويات الطبيعية المرغوب بها.
سيء - قريب من الحد الأدنى	45-64	تعني أن نوعية المياه كثيراً تضعف أو تتدهور أي بشكل متكرر تحيد عن المستويات الطبيعية المرغوب بها.
رديء جداً	0-44	تعني أن نوعية المياه في معظم الأوقات أو دائماً متدهورة وهي دائماً خارج المستويات الطبيعية المرغوب بها.

طريقة حساب مؤشر جودة المياه:

يحسب مؤشر الجودة من المعادلة التالية:

$$CCMEWQI = 100 - \left(\frac{\sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}}{1.732} \right)$$

حيث يتم القسمة على 1.732 لضمان عدم زيادة المؤشر عن 100

$$\sqrt{100^2 + 100^2 + 100^2} = \sqrt{30000} = 173.2$$

يتم حساب F1;F2;F3 وفق المعادلات التالية:

(1) F1 المجال:

$$F1 = \left(\frac{\text{Number of failed variables}}{\text{Total number of variables}} \right) \times 100$$

عبارة عن عدد العناصر (المتحولات) غير المطابقة للمواصفات إلى عدد العناصر (المتحولات) الكلية.

(2) F2 التواتر:

$$F2 = \left(\frac{\text{Number of failed tests}}{\text{Total number of tests}} \right) \times 100$$

عبارة عن عدد البيانات غير مطابقة للمواصفات إلى عدد البيانات الكلية خلال فترة الدراسة.

(3) F3 المدى (Amplitude):

يمثل مدى أو مقدار الزيادة (في قيمة المتحول/الملوث الذي فشل في تحقيق المعايير) عن القيمة

المسموح بها في المعايير المعتمدة لجودة المياه، ويتم حسابه على ثلاث خطوات:

الخطوة الأولى: حساب عدد مرات الانحراف عن المواصفات "excursion" لكل متحول بالعلاقة:

$$excursion_i = \left(\frac{\text{Failed Test Value}_i}{\text{Objective}_j} \right) - 1$$

حيث أن: "Failed test value" هي القيمة أو التركيز للمتحول/الملوث "i" الذي تجاوز القيمة

المسموح بها في المعايير الوطنية المتبعة لجودة المياه "Objective".

الخطوة الثانية: حساب مجموع الانحرافات nse (Normalized Sum of Excursions)

$$nse = \left(\frac{\sum_{i=1}^n excursion_i}{\text{Number of tests}} \right)$$

الخطوة الثالثة: حساب F3

$$F3 = \left(\frac{nse}{0.01nse + 0.01} \right)$$

سنقوم بحساب مؤشر جودة كل من مصادر المياه الجوفية والسطحية المدروسة لتقويم صلاحيتها بالنسبة إلى استعمالات الشرب والري.

5-2-1- حساب مؤشر جودة المياه الجوفية بالنسبة إلى مياه الشرب والري:

من أجل حساب مؤشر جودة مصادر المياه الجوفية (الآبار) في منطقة الدراسة بالنسبة إلى مياه الشرب والري قمنا بتنظيم الجدول رقم (5-30) وذلك بوضع قيم المتوسطات الشهرية لكل بارامتر ومن أجل كل بئر، ومن ثم مقارنتها مع المواصفة القياسية السورية لمياه الشرب والري من خلال حساب مؤشر الجودة لكلٍ منهما.

الجدول رقم (5-30): حساب مؤشر جودة المياه الجوفية بالنسبة إلى مياه الشرب والري

البارامتر	درجة الحرارة	الأس الهيدروجيني	الناقلية الكهربائية	العكارة	الأكسجين المنحل	الاحتياج البيوكيميائي للأكسجين	تراكيز الشوارد			تراكيز العناصر الثقيلة			
							النترات	الفوسفات	الأمونيوم	الكاديوم	الرصاص	النيكل	الكروم
رقم البئر	T	pH	Cond	Turbidity	DO	BOD5	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
البئر 1	23.13	7.39	1009.33	2.62	3.66	3.67	68.94	1.55	0.67	0.0035	0.0265	0.0053	0.0018
البئر 2	23.18	7.76	1104.75	2.87	3.67	4.50	65.56	1.73	0.53	0.0025	0.0178	0.004	0.005
البئر 3	22.37	7.78	996.92	2.66	3.89	4.08	75.60	1.98	0.60	0.0035	0.0183	0.0053	0.005
البئر 4	23.53	7.76	952.42	2.54	4.32	2.67	70.73	2.50	0.50	0.0025	0.0103	0.0048	0.0053
البئر 5	23.49	7.80	1024.92	2.42	4.14	3.58	83.60	2.30	0.60	0.0053	0.0093	0.005	0.0123
البئر 6	21.73	7.77	1106.25	2.88	3.35	6.75	90.77	2.34	0.83	0.0055	0.0148	0.011	0.0235
البئر 7	22.23	7.72	1135.33	2.69	3.21	7.58	80.38	2.32	0.82	0.0058	0.013	0.013	0.0165
البئر 8	21.01	7.83	1149.17	2.37	2.71	7.92	100.67	1.64	0.75	0.0035	0.017	0.0143	0.0258
البئر 9	21.51	7.85	1155.83	2.62	2.78	6.75	88.57	1.61	0.70	0.004	0.0123	0.0128	0.024
البئر 10	21.87	7.87	1170.25	2.89	2.76	7.25	85.89	2.35	0.74	0.0065	0.021	0.0133	0.0330
البئر 11	21.12	7.79	807.58	2.11	3.99	3.83	65.16	1.85	0.45	0.0023	0.0070	0.0078	0.0038
البئر 12	21.93	7.72	825.33	1.68	4.47	4.42	63.90	0.38	0.38	0.0025	0.0095	0.0035	0.0135
البئر 13	22.16	7.72	772.25	1.63	4.38	5.00	59.32	2.25	0.39	0.0025	0.01	0.0118	0.0135
البئر 14	20.70	7.69	826.33	1.74	4.48	5.42	60.98	2.32	0.36	0.0023	0.0118	0.0103	0.014
البئر 15	21.39	7.86	892.67	1.65	4.57	5.08	64.77	2.45	0.43	0.003	0.0085	0.0068	0.0165
البئر 16	21.88	7.85	904.00	1.72	4.77	4.08	61.16	1.83	0.34	0.0023	0.0095	0.007	0.0158
المواصفة القياسية السورية لمياه الشرب	5-25	6.5-8.5	1500	5	—	2	45	0.5	0.05	0.005	0.01	0.02	0.05
المواصفة القياسية السورية لمياه الري	—	6-9	—	—	—	30	60	20	20	0.01	0.5	0.2	0.1

5-2-1-1- حساب مؤشر جودة المياه الجوفية بالنسبة إلى مياه الشرب:

$$F1 = \left(\frac{6}{13} \right) \times 100 = 46.15$$

$$F2 = \left(\frac{16 + 16 + 15 + 16 + 4 + 10}{13 \times 16} \right) \times 100 = 37.02$$

$$excursion_i = \left(\frac{3.67}{2} \right) - 1 = 0.84, etc$$

$$nse = \frac{0.84 + 1.25 + 1.04 + 0.34 + 0.79 + \dots}{208} = 1.23$$

$$F3 = \frac{1.23}{(0.01)(1.23) + 0.01} = 55.16$$

$$CCMEWQI = 100 - \left(\frac{\sqrt{46.15^2 + 37.02^2 + 55.16^2}}{1.732} \right) = 53.30 \in [45 - 64]$$

من الجدول رقم (5-29) نجد أن تصنيف مصادر المياه الجوفية في منطقة الدراسة من حيث صلاحيتها للشرب هو سيء - قريب من الحد الأدنى، وهذا يعني أن نوعية المياه تضعف كثيراً أو تندهور أي أنها تحيد بشكل متكرر عن المستويات الطبيعية المرغوب بها في مياه الشرب.

5-2-1-2- حساب مؤشر جودة المياه الجوفية بالنسبة إلى مياه الري:

$$F1 = \left(\frac{1}{13} \right) \times 100 = 7.69$$

$$F2 = \left(\frac{15}{13 \times 16} \right) \times 100 = 7.21$$

$$excursion_i = \left(\frac{68.94}{60} \right) - 1 = 0.15, etc$$

$$nse = \frac{0.15 + 0.09 + 0.26 + 0.18 + 0.39 + \dots}{208} = 0.018$$

$$F3 = \frac{0.018}{(0.01)(0.018) + 0.01} = 1.77$$

$$CCMEWQI = 100 - \left(\frac{\sqrt{7.69^2 + 7.21^2 + 1.77^2}}{1.732} \right) = 93.83 \in [80 - 94]$$

من الجدول رقم (5-29) نجد أن تصنيف مصادر المياه الجوفية في منطقة الدراسة من حيث صلاحيتها للري هو جيد، وهذا يعني أن نوعية المياه محفوظة بدرجة طفيفة من التدهور في خصائصها، وأن المياه نادراً ما تحيد عن المستويات الطبيعية المرغوب بها في مياه الري.

5-2-2- حساب مؤشر جودة المياه السطحية بالنسبة إلى مياه الشرب والري:

من أجل حساب مؤشر جودة مصادر المياه السطحية (الأنهار) في منطقة الدراسة بالنسبة إلى مياه الشرب والري قمنا بتنظيم الجدول رقم (5-31) وذلك بوضع قيم المتوسطات الشهرية لكل بارامتر ومن أجل كل نقطة مدروسة، ومن ثم مقارنتها مع المواصفة القياسية السورية لمياه الشرب والري من خلال حساب مؤشر الجودة لكلٍ منهما.

الجدول رقم (5-31): حساب مؤشر جودة المياه السطحية بالنسبة إلى مياه الشرب والري

البارامتر	درجة الحرارة	الأس الهيدروجيني	الناقلية الكهربائية	العكارة	الأكسجين المنحل	الاحتياج البيوكيميائي للأكسجين	تراكيز الشوارد			تراكيز العناصر الثقيلة			
							النترات	الفوسفات	الأمونيوم	الكاديوم	الرصاص	النيكل	الكروم
رقم البئر	T	pH	Cond	Turbidity	DO	BOD ₅	NO ₃ ⁻	PO ₄ ⁻³	NH ₄ ⁺	Cd	Pb	Ni	Cr
	C°	—	µs/cm	NTU	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
صنوبر 1	22.23	8.33	985.17	2.30	4.87	7.67	60.61	2.53	0.98	0.0050	0.1428	0.0858	0.0493
صنوبر 2	21.76	8.27	1017.17	2.51	5.04	6.75	62.99	2.34	1.41	0.0078	0.2348	0.1048	0.0615
كبير شمالي 1	21.76	8.28	998.92	2.59	5.27	6.50	79.91	2.59	1.72	0.0130	0.5060	0.1780	0.1168
كبير شمالي 2	22.06	8.49	1019.08	2.92	5.91	6.42	81.19	2.39	1.94	0.0315	0.5410	0.1588	0.1910
المواصفة القياسية السورية لمياه الشرب	5-25	6.5-8.5	1500	5	—	2	45	0.5	0.05	0.005	0.01	0.02	0.05
المواصفة القياسية السورية لمياه الري	—	6-9	—	—	—	30	60	20	20	0.01	0.5	0.2	0.1

5-2-2-1- حساب مؤشر جودة المياه السطحية بالنسبة إلى مياه الشرب:

$$F1 = \left(\frac{8}{13}\right) \times 100 = 61.54$$

$$F2 = \left(\frac{4 + 4 + 4 + 4 + 3 + 4 + 4 + 3}{13 \times 4}\right) \times 100 = 57.69$$

$$excursion_i = \left(\frac{7.67}{2}\right) - 1 = 2.84, etc$$

$$nse = \frac{2.84 + 2.38 + 2.25 + 2.21 + 0.35 + \dots}{52} = 6.10$$

$$F3 = \frac{6.10}{(0.01)(6.10) + 0.01} = 85.92$$

$$CCMEWQI = 100 - \left(\frac{\sqrt{61.54^2 + 57.69^2 + 85.92^2}}{1.732}\right) = 30.48 \in [0 - 44]$$

من الجدول رقم (5-29) نجد أن تصنيف مصادر المياه السطحية في منطقة الدراسة من حيث صلاحيتها للشرب هو رديء جداً، وهذا يعني أن نوعية المياه في معظم الأوقات أو دائماً متدهورة وهي دائماً خارج المستويات الطبيعية المرغوب بها في مياه الشرب.

5-2-2-2- حساب مؤشر جودة المياه السطحية بالنسبة إلى مياه الري:

$$F1 = \left(\frac{4}{13}\right) \times 100 = 30.77$$

$$F2 = \left(\frac{4 + 2 + 2 + 2}{13 \times 4}\right) \times 100 = 19.23$$

$$excursion_i = \left(\frac{60.61}{60}\right) - 1 = 0.01, etc$$

$$nse = \frac{0.01 + 0.05 + 0.33 + 0.35 + 0.3 + \dots}{208} = 0.084$$

$$F3 = \frac{0.084}{(0.01)(0.084) + 0.01} = 7.75$$

$$CCMEWQI = 100 - \left(\frac{\sqrt{30.77^2 + 19.23^2 + 7.75^2}}{1.732} \right) = 78.58 \in [65 - 79]$$

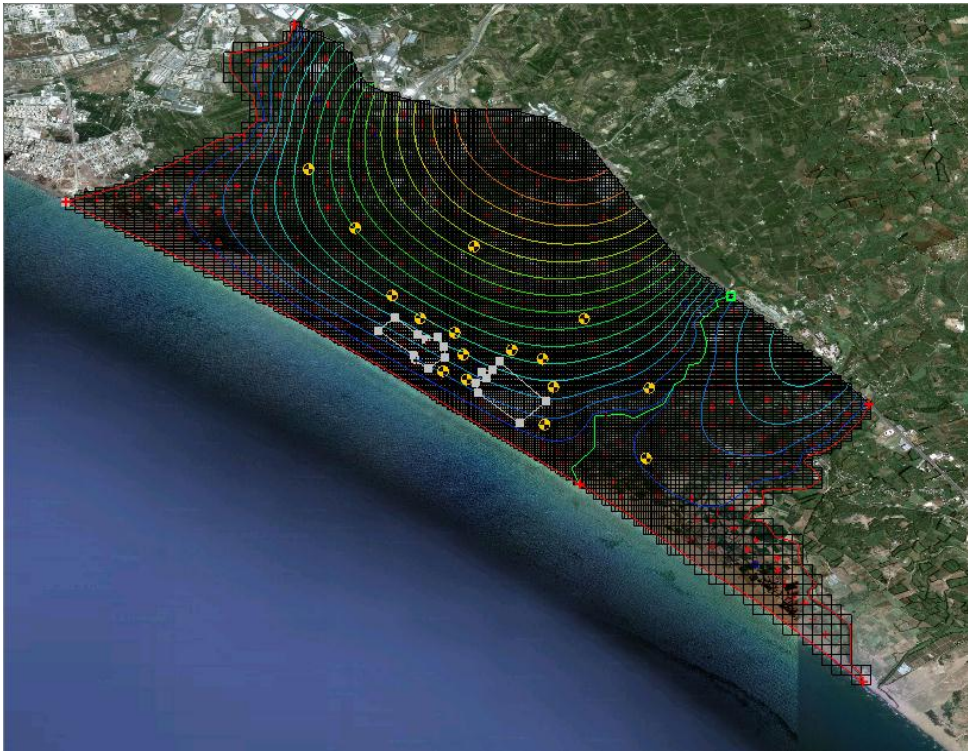
من الجدول رقم (5-29) نجد أن تصنيف مصادر المياه السطحية في منطقة الدراسة من حيث صلاحيتها للري هو وسط - مقبول، وهذا يعني أن نوعية المياه تضعف من حين لآخر أي أحياناً تحيد عن المستويات الطبيعية المرغوب بها في مياه الري.

5-3- إظهار نتائج تطبيق عملية النمذجة على النظام المائي في منطقة الدراسة باستخدام برنامج GMS:

5-3-1- نتائج نمذجة الموارد المائية في منطقة مكب البصة باستخدام نموذج Modflow:

5-3-1-1- إظهار خطوط تساوي الضاغط Viewing the Head Contours:

بعد تشغيل النموذج تظهر لدينا خطوط الكونتور للضاغط (خطوط تساوي الضاغط)، كما يبين الشكل رقم (5-53).



الشكل رقم (5-53): إظهار خطوط تساوي الضاغط Head Contours.

وبتغيير لون خطوط الكونتور إلى اللون الأزرق تظهر كما في الشكل رقم (5-54).

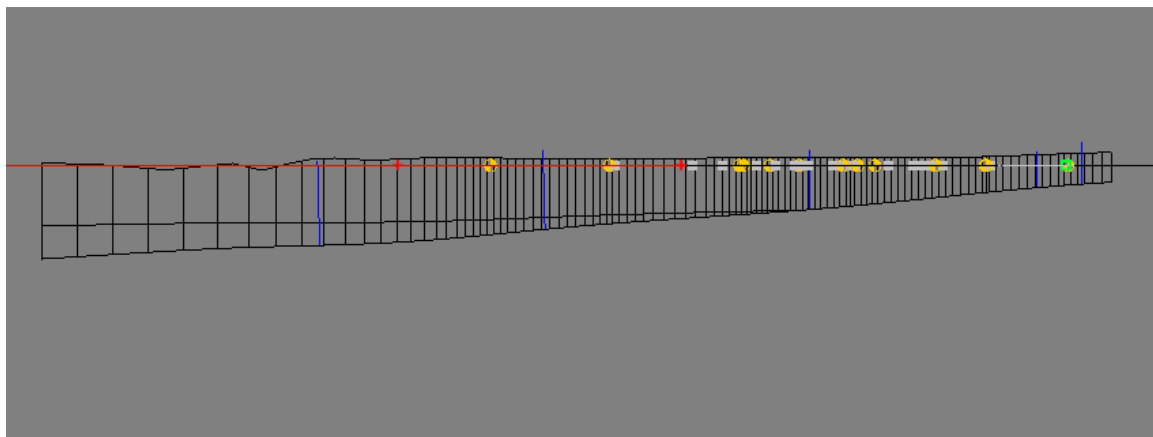


الشكل رقم (5-54): إظهار خطوط تساوي الضاغط Head Contours باللون الأزرق.

5-3-1-2- إظهار المقاطع العرضية في سطح المياه الجوفية Viewing the Water

:Table in Side View

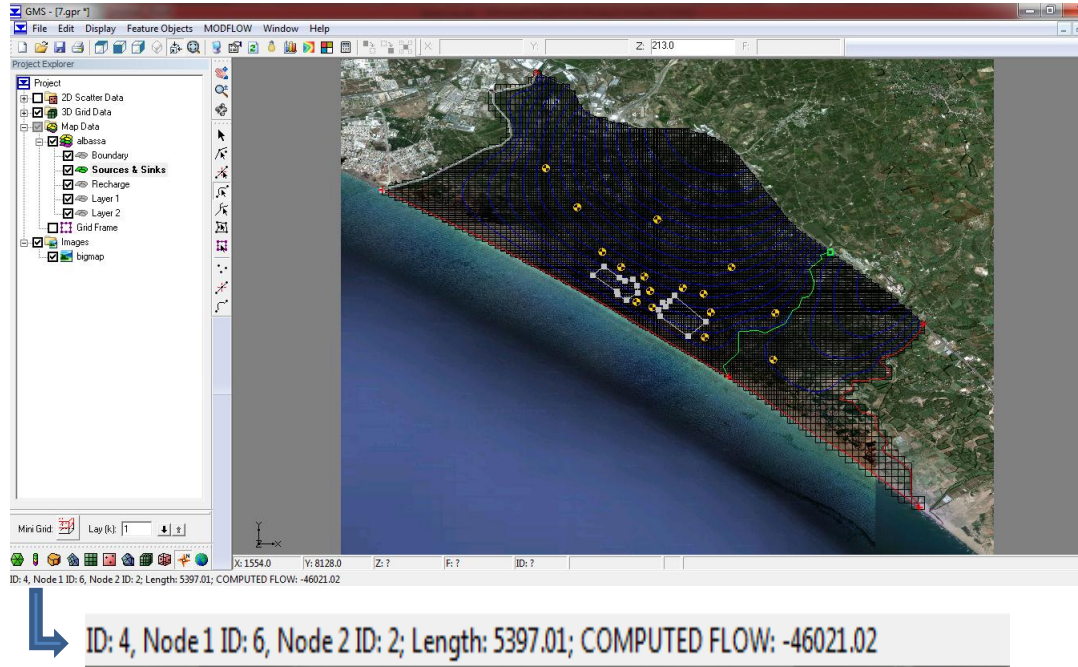
يمكننا تحديد أية خلية من الشبكة ومن ثم اختيار أيقونة الإظهار الجانبي  فيظهر لدينا المقطع العرضي في منطقة الدراسة عند هذه النقطة، كما في الشكل رقم (5-55).



الشكل رقم (5-55): إظهار المقاطع العرضية في سطح المياه الجوفية.

3-1-3-5- إظهار معدلات التدفق : Viewing the Flow Budget

عند تحديد أي نهر أو رافد أو حتى خلية سيظهر في أسفل الشاشة التدفق الكلي المحسوب المار عبر كل منها، كما هو مبين بالشكل رقم (5-56).



الشكل رقم (5-56): إظهار معدلات التدفق : Viewing the Flow Budget.

تتمثل الاستفادة من النتائج التي حصلنا عليها بنتيجة تطبيق عملية النمذجة والمتمثلة بخرائط الضواغط والتدفقات المحسوبة من قبل النموذج فيما يلي:

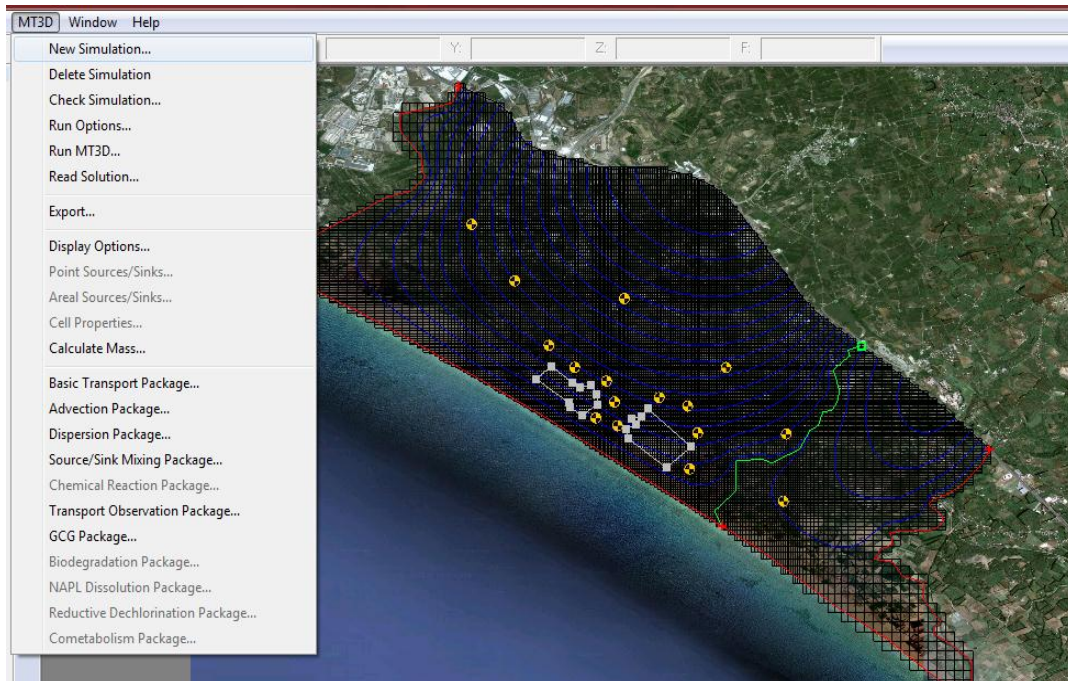
- ✓ تسهيل عملية اتخاذ وصنع القرار في إدارة الموارد المائية السطحية والجوفية في المنطقة المدروسة.
- ✓ عدم الاستمرار الزائد لموارد المياه الجوفية وعدم استنزافها لمنع تداخل مياه البحر المالحة مع مياه الآبار العذبة.
- ✓ إجراء التنبؤ بنتائج الأعمال الافتراضية على نظام الطبقة المائية كحفر آبار أو مشاريع مائية مستقبلية.
- ✓ تعطي نتائج النمذجة مؤشرات حول الجدوى الاقتصادية وبيانات لمقارنة البدائل المختلفة لمشاريع الاستثمار ضمن أطر زمنية محددة.

5-3-2- محاكاة هجرة الرشاحة وانتقال الملوثات باستخدام نموذج MT3DMS (Modular 3-Dimensional Multi-Species Transport model):

قمنا باستخدام نموذج MT3DMS من برنامج GMS 7.0 System وهو من أكثر النماذج الثلاثية الأبعاد استخداماً في مجال محاكاة انتقال وهجرة الملوثات، إذ يعطي دقة كبيرة في التنبؤ بالتغيرات المتوقعة لتراكيز هذه الملوثات خلال فترات زمنية طويلة وبكفاءة عالية. يمتلك برنامج MT3DMS (موديل الانتقال ثلاثي الأبعاد متعدد الأشكال) قدرة عالية على محاكاة أشكال الانتقال المختلفة كالانتقال الأفقي advection والتشتت dispersion والتفاعلات الكيميائية chemical reactions التي تتعرض لها الملوثات في أنظمة المياه الجوفية [64].

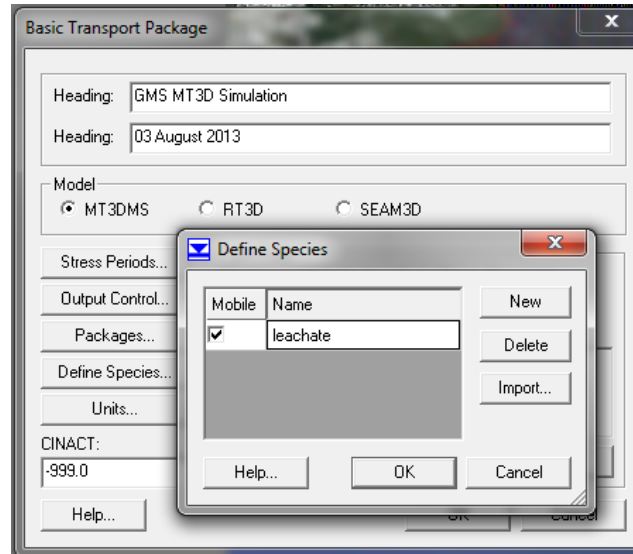
في مشروعنا سنستخدم نموذج MT3DMS لمحاكاة انتقال الملوثات وهجرة الرشاحة المتسربة من مكبي البصة، والتنبؤ بتغيرات تراكيزها مع الزمن وذلك وفقاً لشكلي الانتقال الأفقي advection والتشتت dispersion.

نبدأ عملية المحاكاة بتفعيل عمل نموذج MT3DMS من خلال الأمر New Simulation كما هو موضح بالشكل رقم (5-57).



الشكل رقم (5-57): البدء بعملية المحاكاة في نموذج MT3DMS.

أولاً نقوم بتعريف عملية المحاكاة من خلال الأمر Define Species ونسميها leachate كما في الشكل رقم (5-58).



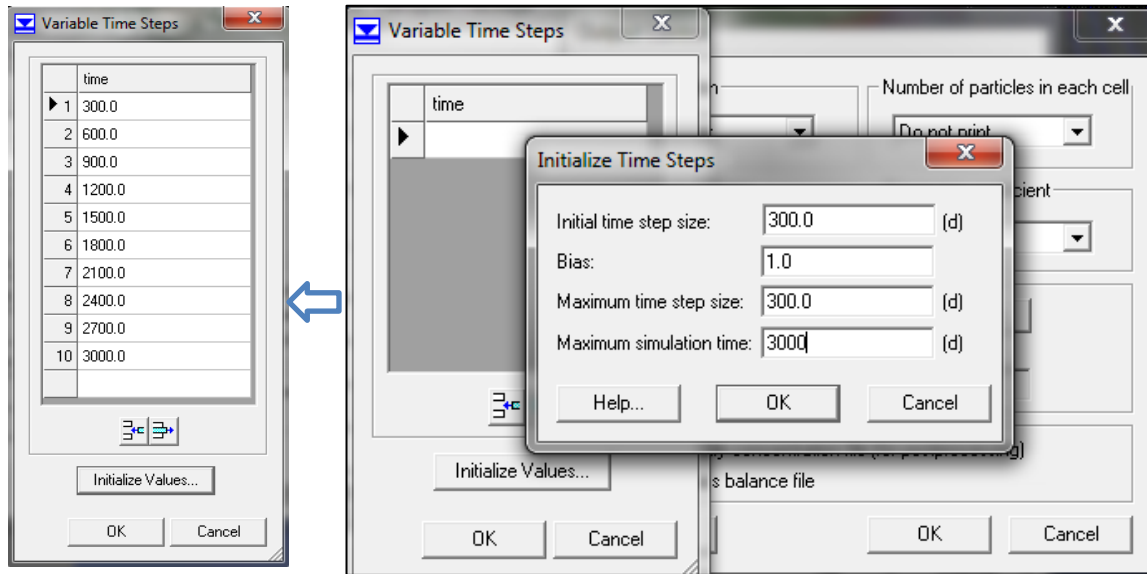
الشكل رقم (5-58): تسمية عملية المحاكاة leachate.

ثم نقوم بتحديد فترات الإجهاد Stress Periods التي تتعرض لها الرشاحة، نحن في مشروعنا نحتاج فقط لفترة إجهاد واحدة على اعتبار أن الرشاحة تتحرر من المكب بمعدل ثابت. سندخل طول فترة الإجهاد (طول المحاكاة) 3000 days، وخطوات الانتقال الأعظمية 4000 Max transport steps كما في الشكل رقم (5-59) ونترك MT3DMS بحسب طول خطوة زمن الانتقال المناسبة.



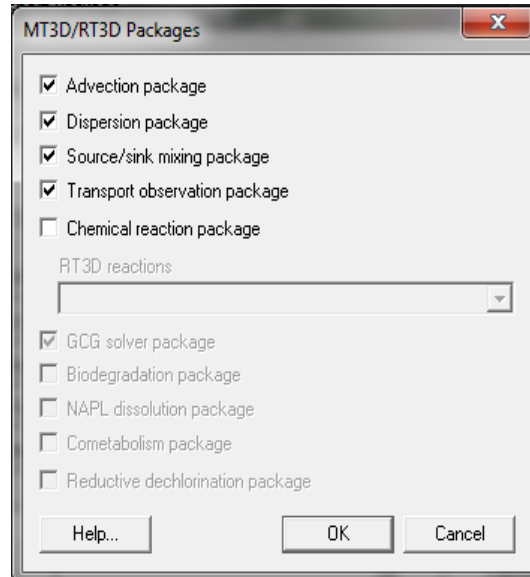
الشكل رقم (5-59): تحديد فترات الإجهاد Stress Periods.

يتم التحكم بالمخرجات من خلال Output Control حيث سنجعل MT3DMS يظهر حلاً عند كل خطوة زمنية (أي كل 300 days)، فيصبح لدينا 10 خطوات زمنية، طول كل خطوة زمنية 300 days حتى إتمام زمن المحاكاة الكلي 3000 days كما هو موضح بالشكل رقم (5-60).



الشكل رقم (5-60): تحديد إظهار المخرجات عند كل خطوة زمنية (300 days).

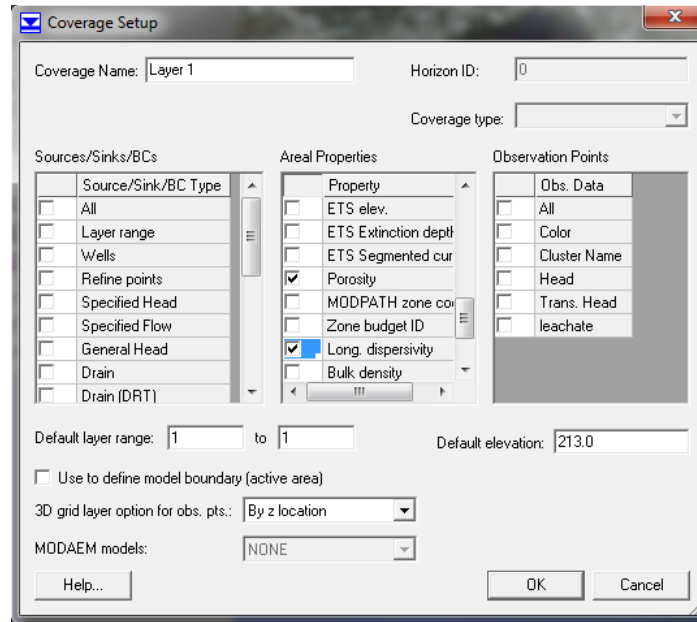
بعدها نقوم بتحديد حزم الانتقال Packages التي نريد تطبيق عملية المحاكاة عليها وهي الانتقال الأفقي، والتشتت، ومصادر التغذية والصرف، ومعاينة الانتقال من خلال تفعيلها كما في الشكل رقم (5-61).



الشكل رقم (5-61): تحديد حزم الانتقال المطلوبة Packages.

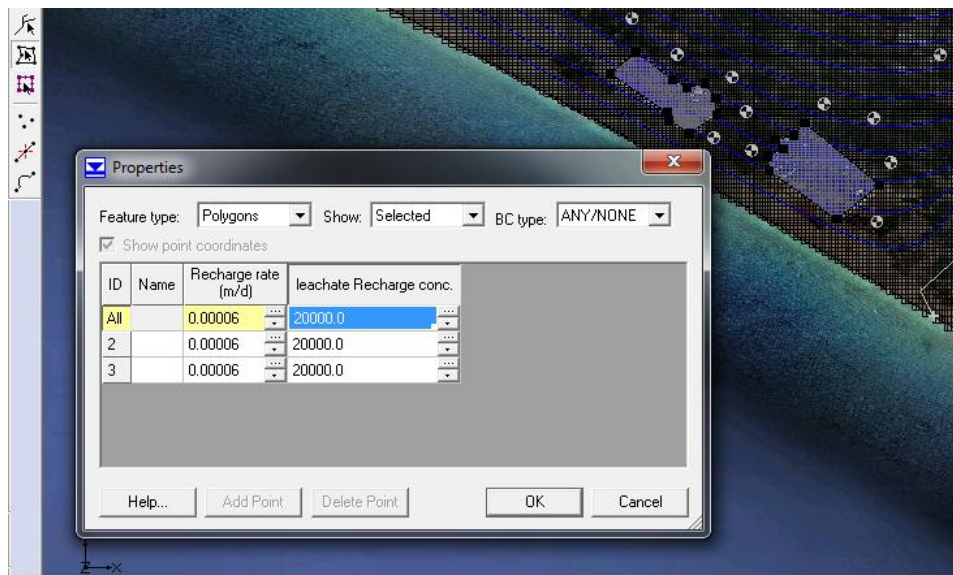
تتطلب عملية المحاكاة أيضاً تحديد خواص الطبقات من حيث المسامية ومعامل التشتت، من أجل ذلك نفعل في إعدادات كل من الطبقتين 1 Layer و 2 Layer الخيارين Porosity و Long.

Dispersivity كما هو مبين بالشكل رقم (5-62). ثم ندخل قيمة المسامية 0.3 وعامل التشتت 20 إلى مضع الطبقة الأولى Layer 1 والقيم 0.2 و 20 إلى مضع الطبقة الثانية Layer 2 [65].



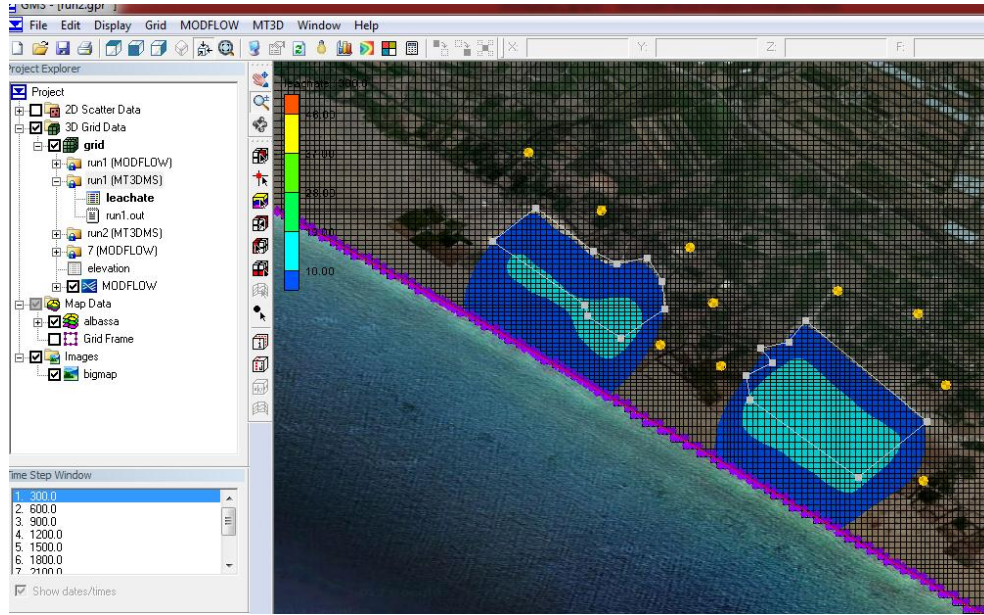
الشكل رقم (5-62): تفعيل خاصيتي المسامية ومعامل التشتت في إعدادات الطبقة.

عندما أنشأنا طبقة مناطق الرشح Recharge Zones في نموذج MODFLOW حددنا قيمة مخفضة للرشح بالنسبة للمكبين، هذا الرشح يمثل الرشاحة المتسربة من المكبين. هنا تتطلب عملية المحاكاة تحديد تركيز لهذه الرشاحة، من أجل ذلك نفعل في إعدادات طبقة Recharge الخيار Recharge conc. ونقوم بإدخال القيمة 20000 ppm إلى خيار تركيز الرشاحة في جدول المواصفات الخاص بمكبي النفايات، كما يبين الشكل رقم (5-63) [65].



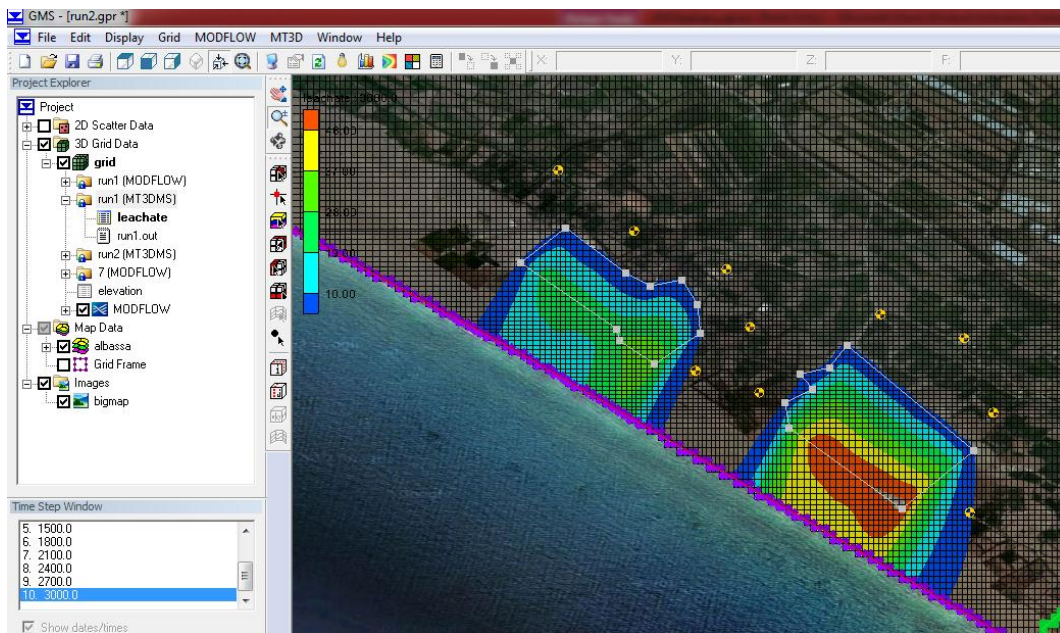
الشكل رقم (5-63): تحديد تركيز الرشاحة المتسربة من المكبين.

بعدها نقوم بتحويل النموذج الاعتباري إلى عددي من خلال الأمر Map→MT3DMS ثم نقوم بحفظ المشروع وإجراء عملية تشغيل النموذج Run MT3D فتظهر لدينا نتائج عملية المحاكاة. نمدد ملفات المجلد  (MT3DMS) run1 ونحدد الملف leachate فتظهر قائمة خطوات الزمن Time Step في الأسفل، وعندما نختار خطوة الزمن الأولى 300 days نرى خطوط الكونتور للرشاحة المتسربة من المكبين كما يوضحها الشكل رقم (5-64).



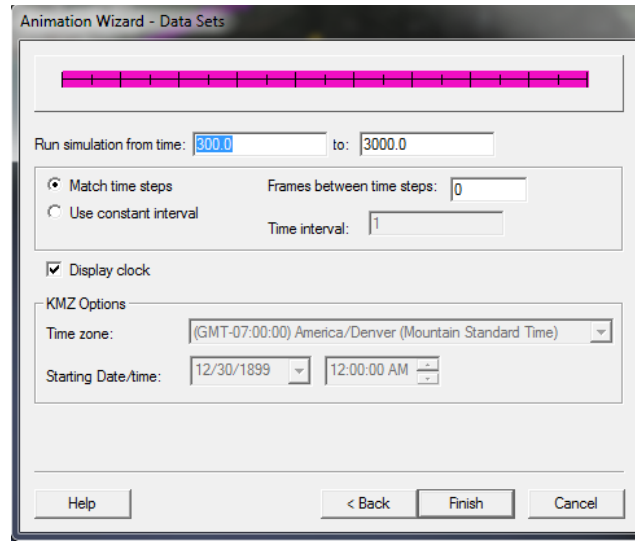
الشكل رقم (5-64): خطوط كونتور الرشاحة عند خطوة الزمن 300 days.

أما من أجل خطوة الزمن الأخيرة (3000 days) تظهر لدينا خطوط كونتور الرشاحة كما في الشكل رقم (5-65).



الشكل رقم (5-65): خطوط كونتور الرشاحة عند خطوة الزمن 3000 days.

كما يمكننا إظهار عملية المحاكاة كاملةً عبر مقطع فيديو من خلال الأمر *Animate* الموجود في قائمة *Display* فتظهر لدينا النافذة المبينة بالشكل رقم (5-66).



الشكل رقم (5-66): نافذة animation لإظهار المحاكاة عبر مقطع فيديو.

وعند الضغط على *Finish* يظهر لدينا مقطع فيديو يبين انتقال الرشاحة من المكبين ابتداءً من خطوة الزمن الأولى 300 days وانتهاءً بخطوة الزمن الأخيرة 3000 days أي حتى نهاية زمن المحاكاة.

تتمثل الاستفادة من النتائج التي حصلنا عليها بنتيجة تطبيق عملية المحاكاة فيما يلي:

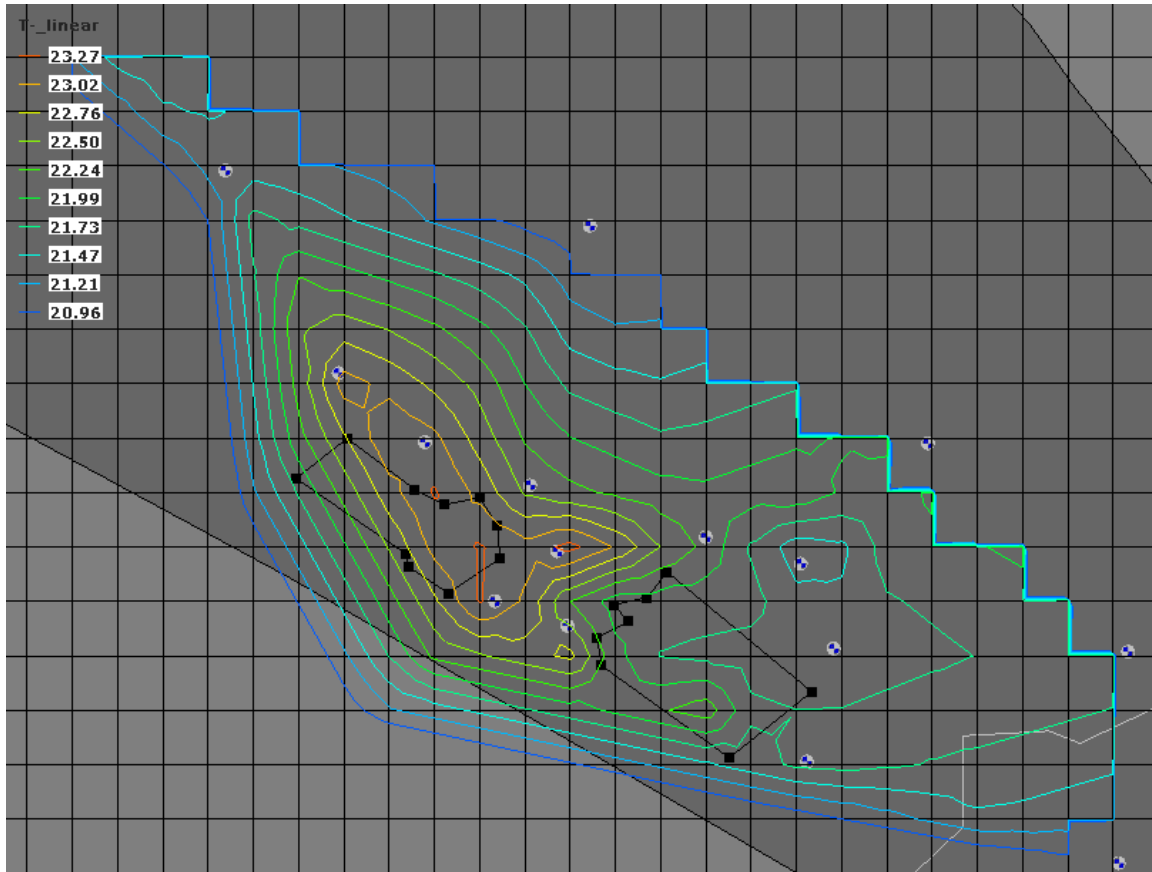
- ✓ إعطاء فكرة عن مدى تأثر الموارد المائية السطحية والجوفية في المنطقة المدروسة بالتلوث الناجم عن تسرب الرشاحة من مطمري البصة.
- ✓ إصدار التعليمات بإغلاق الآبار المستثمرة في المنطقة التي تصل الرشاحة المتسربة إلى مياهها الجوفية.
- ✓ دعم خطط إدارة الموارد المائية السطحية والجوفية في المنطقة وتعزيز إجراءات حمايتها من التلوث، من خلال إنشاء نطاقات حماية لها خاصةً في المنطقة المحيطة بالمكب والمتأثرة بالرشاحة خلال فترة تشغيله، كأن يمنع حفر آبار جديدة في تلك المنطقة على سبيل المثال.
- ✓ القدرة على التنبؤ بتغيرات تراكيز الرشاحة خلال الفترات الزمنية المستقبلية.
- ✓ إعطاء مؤشرات حول الفترة الزمنية التي تصل عندها تراكيز الرشاحة إلى مستويات قياسية، الأمر الذي يتطلب وقتها إغلاق المكب فوراً والبدء بعمليات إعادة تأهيل الموقع بيئياً.

5-3-3- رسم خطوط الكونتور للبارامترات المدروسة والمقاسة باستخدام برنامج

:GMS

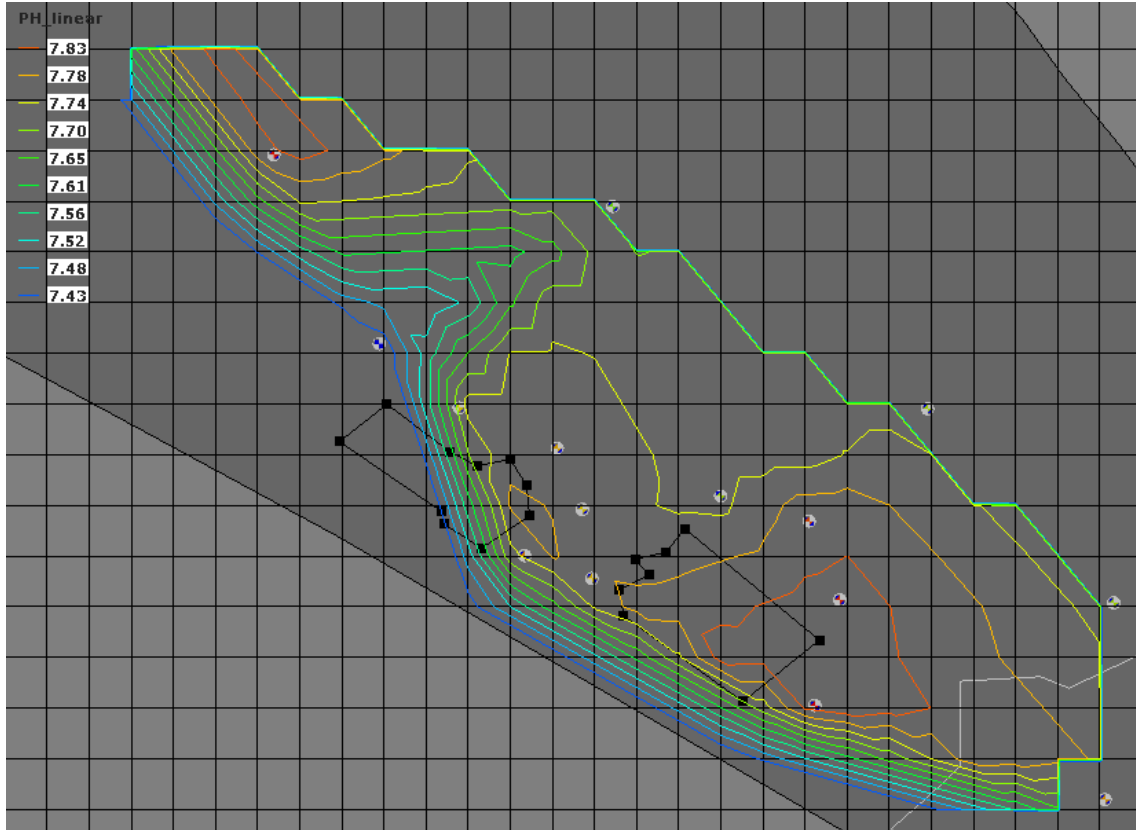
يُمكننا برنامج GMS من رسم خطوط الكونتور للبارامترات التي كنا قد حصلنا على قياساتها مخبرياً من خلال استيراد ملفات Excel فيها إحداثيات الآبار X و Y والمتوسط الشهري لكل بارامتر في كل بئر. ثم نقوم بتحويل هذه الملفات إلى ملفات نصية ليتم استيرادها بعد ذلك إلى برنامج GMS. وفيما يلي النتائج التي حصلنا عليها نتيجة رسم خطوط الكونتور لجميع البارامترات المدروسة.

5-3-3-1- رسم خطوط كونتور درجة الحرارة: وهي مبينة بالشكل رقم (5-67).



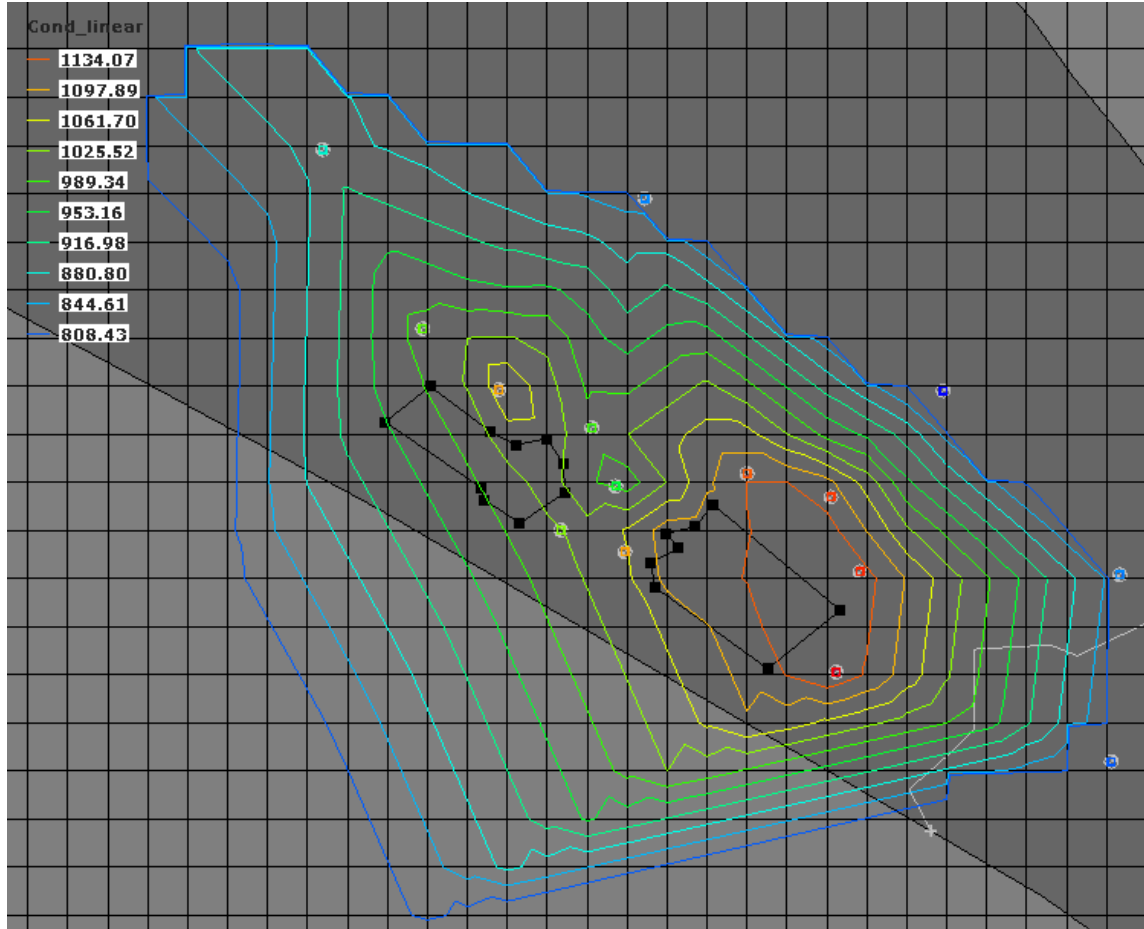
الشكل رقم (5-67): خطوط كونتور درجة الحرارة.

5-3-2- رسم خطوط كونتور الرقم الهيدروجيني pH: وهي مبينة بالشكل رقم (5-68).



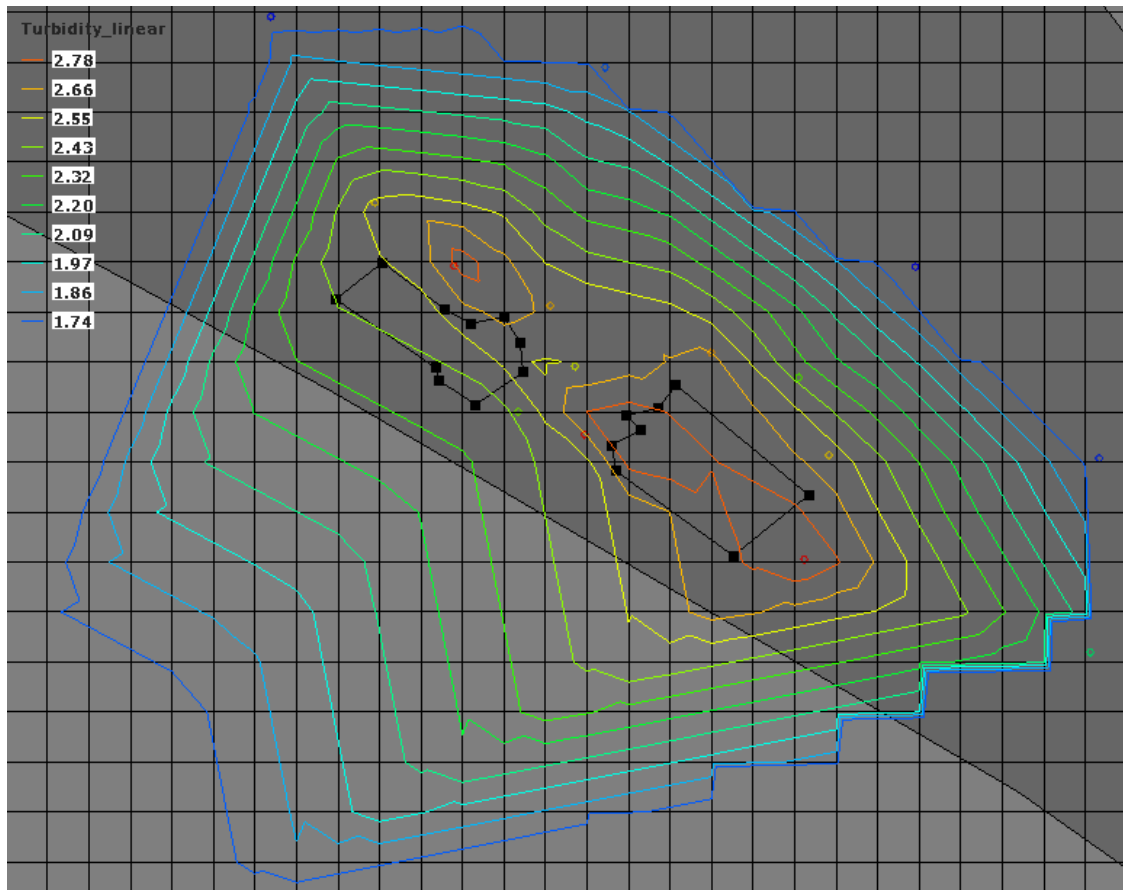
الشكل رقم (5-68): خطوط كونتور الرقم الهيدروجيني pH.

3-3-3-5- رسم خطوط كونتور الناقلية الكهربائية: وهي مبينة بالشكل رقم (5-69).



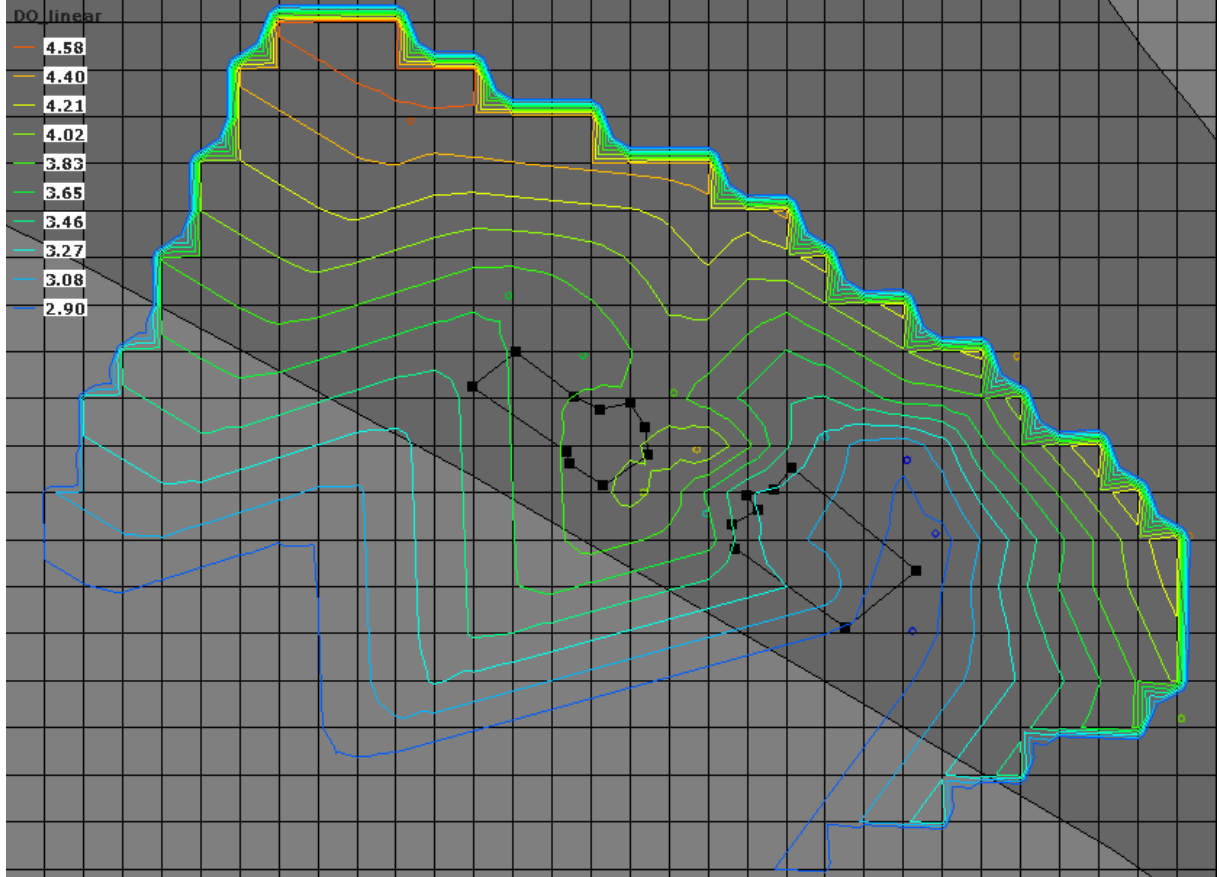
الشكل رقم (5-69): خطوط كونتور الناقلية الكهربائية.

5-3-3-4- رسم خطوط كونتور عكارة المياه: وهي مبينة بالشكل رقم (5-70).



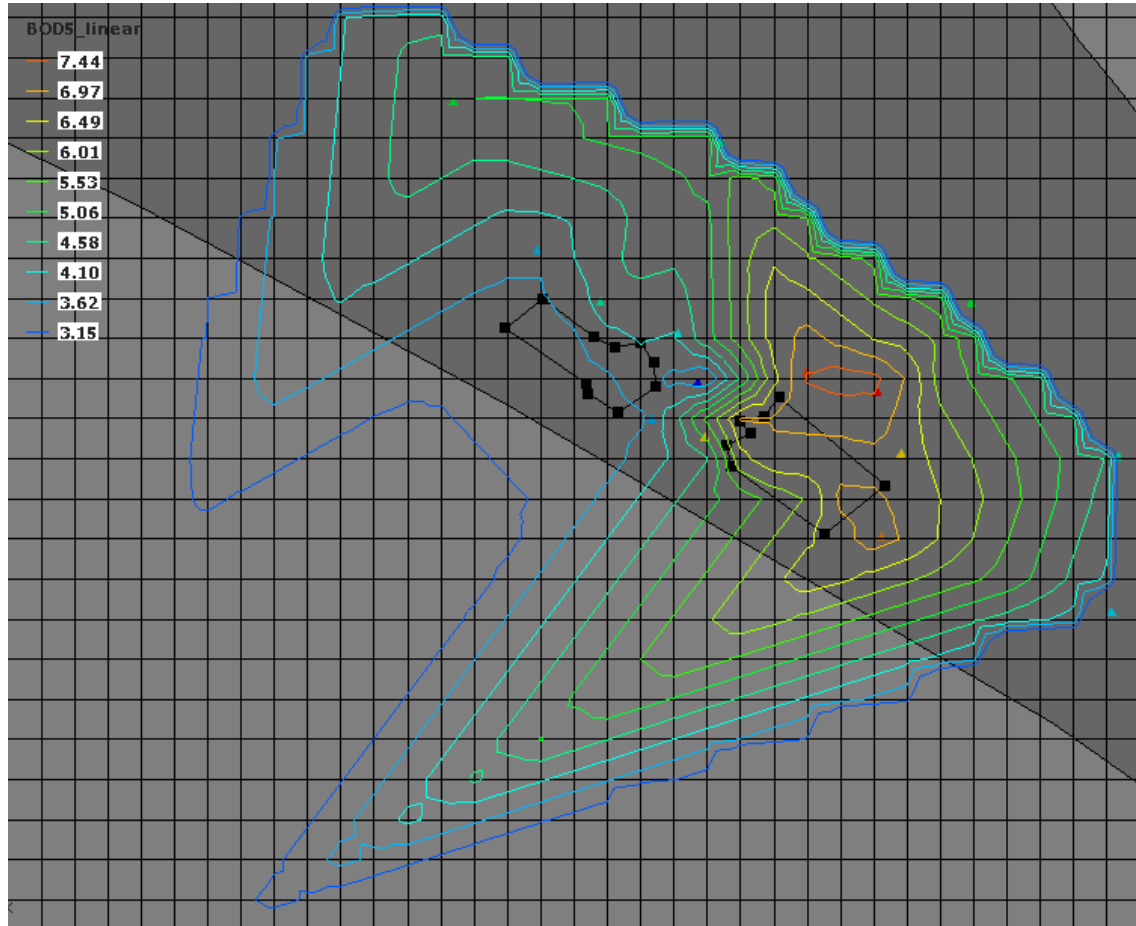
الشكل رقم (5-70): خطوط كونتور العكارة.

5-3-3-5- رسم خطوط كونتور الأوكسجين المنحل DO: وهي مبينة بالشكل رقم (5-71).



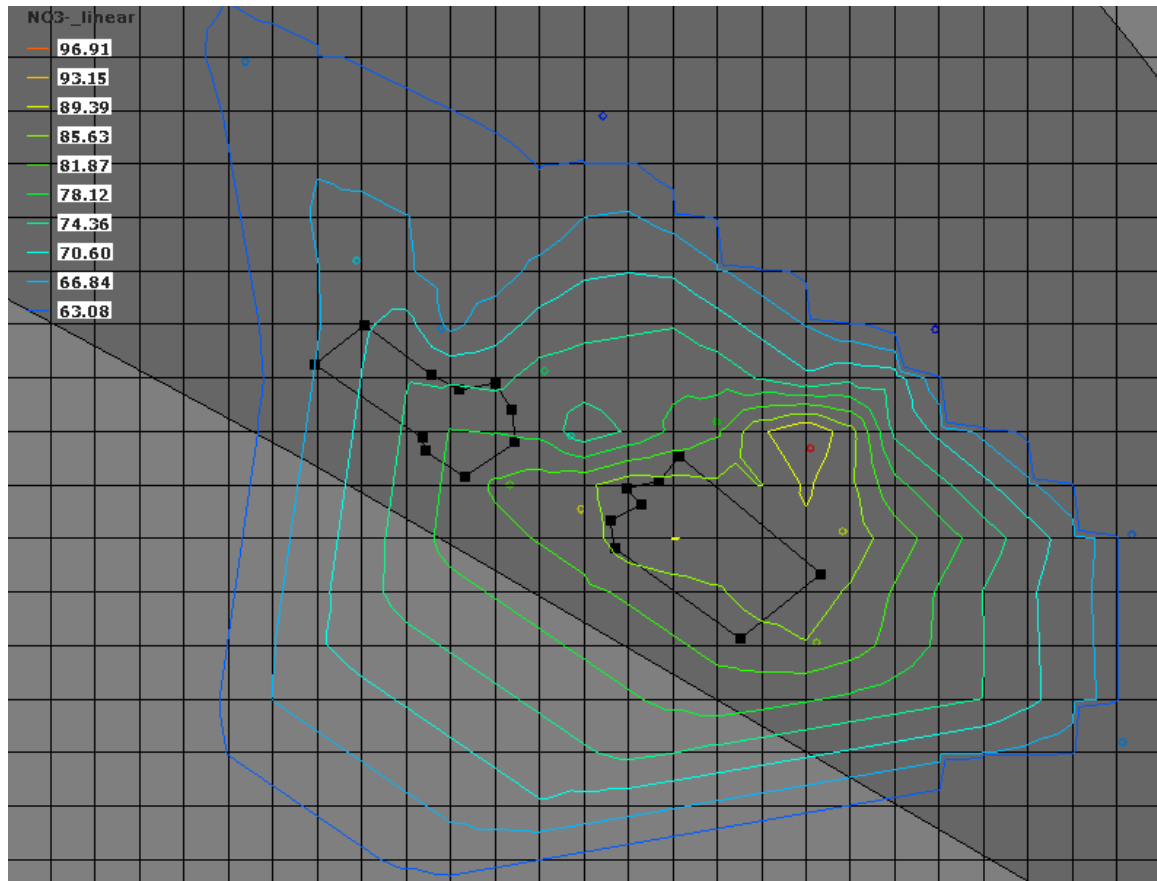
الشكل رقم (5-71): خطوط كونتور الأوكسجين المنحل.

5-3-3-6- رسم خطوط كونتور الاحتياج البيوكيميائي للأوكسجين BOD_5 : وهي مبينة بالشكل رقم (5-72).



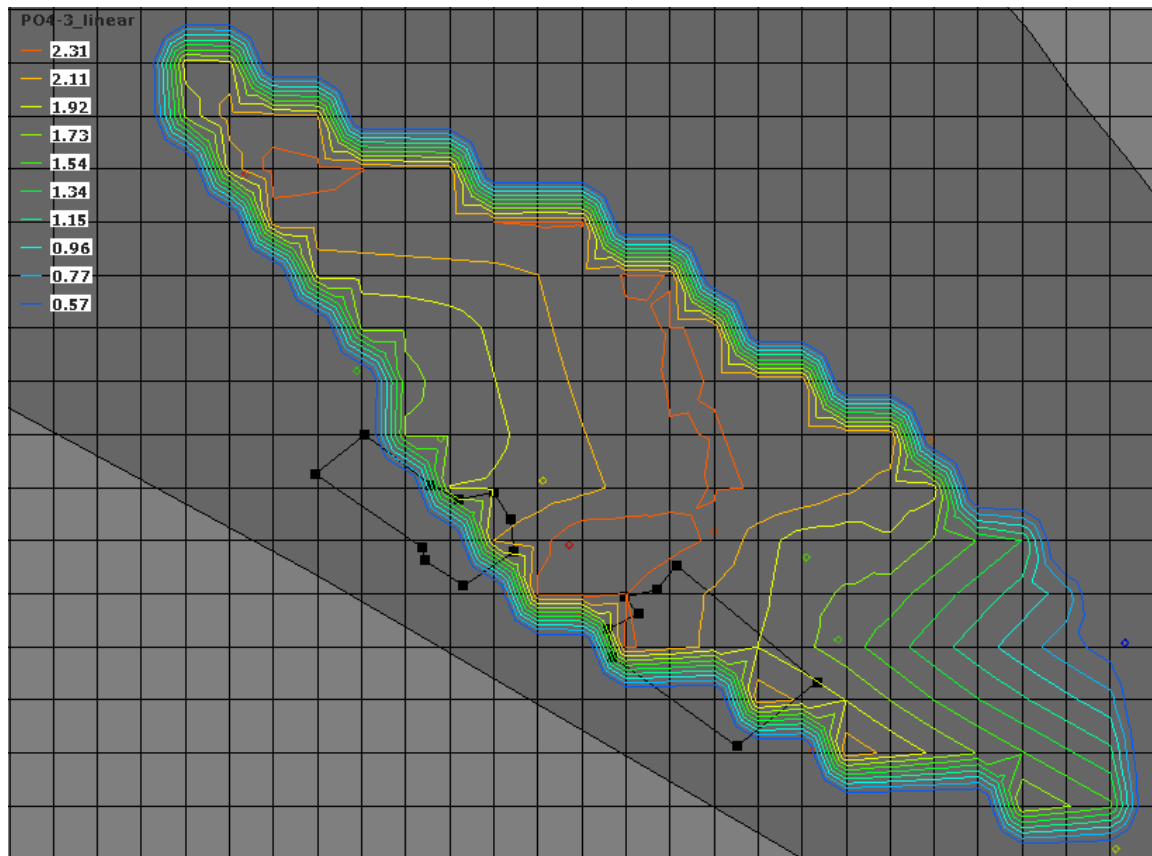
الشكل رقم (5-72): خطوط كونتور الاحتياج البيوكيميائي للأوكسجين.

5-3-3-7- رسم خطوط كونتور شاردة النترات NO_3^- : وهي مبينة بالشكل رقم (5-73).



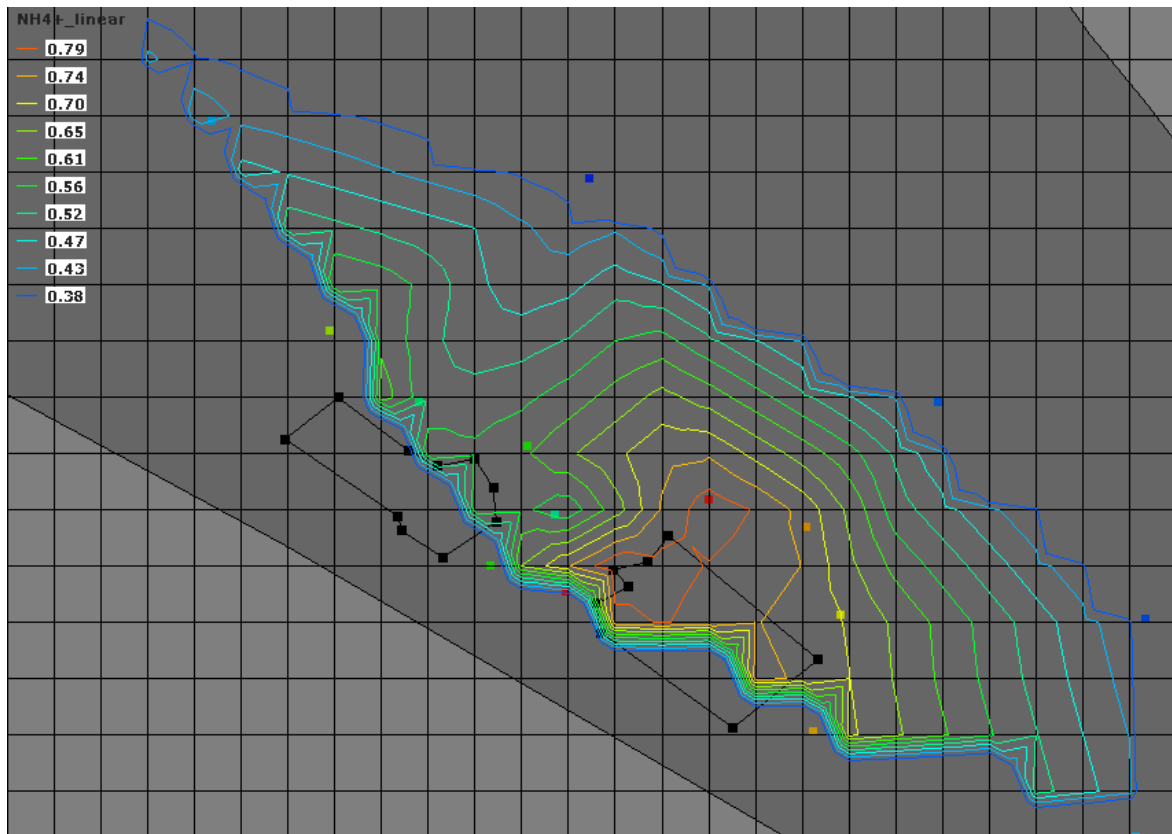
الشكل رقم (5-73): خطوط كونتور شاردة النترات.

5-3-3-8- رسم خطوط كونتور شاردة الفوسفات PO_4^{3-} : وهي مبينة بالشكل رقم (5-74).



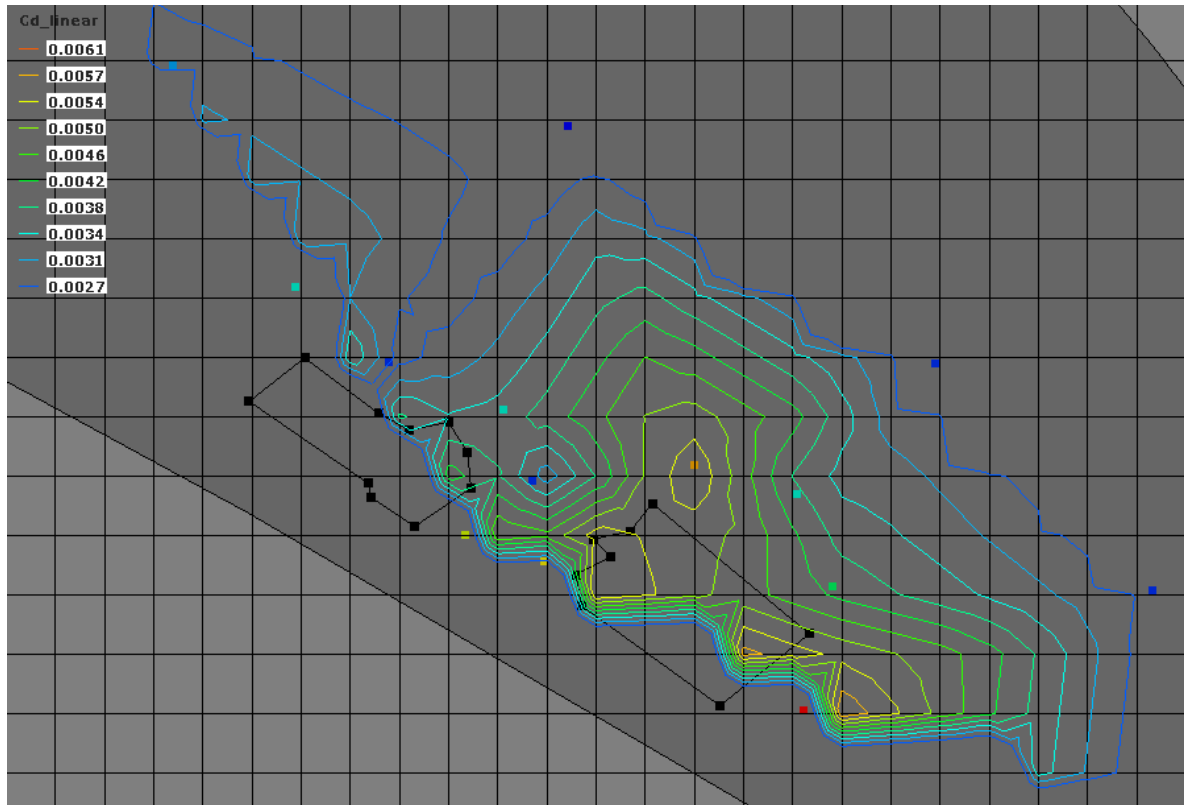
الشكل رقم (5-74): خطوط كونتور شاردة الفوسفات.

5-3-3-9- رسم خطوط كونتور شاردة الأمونيوم NH_4^+ : وهي مبينة بالشكل رقم (5-75).



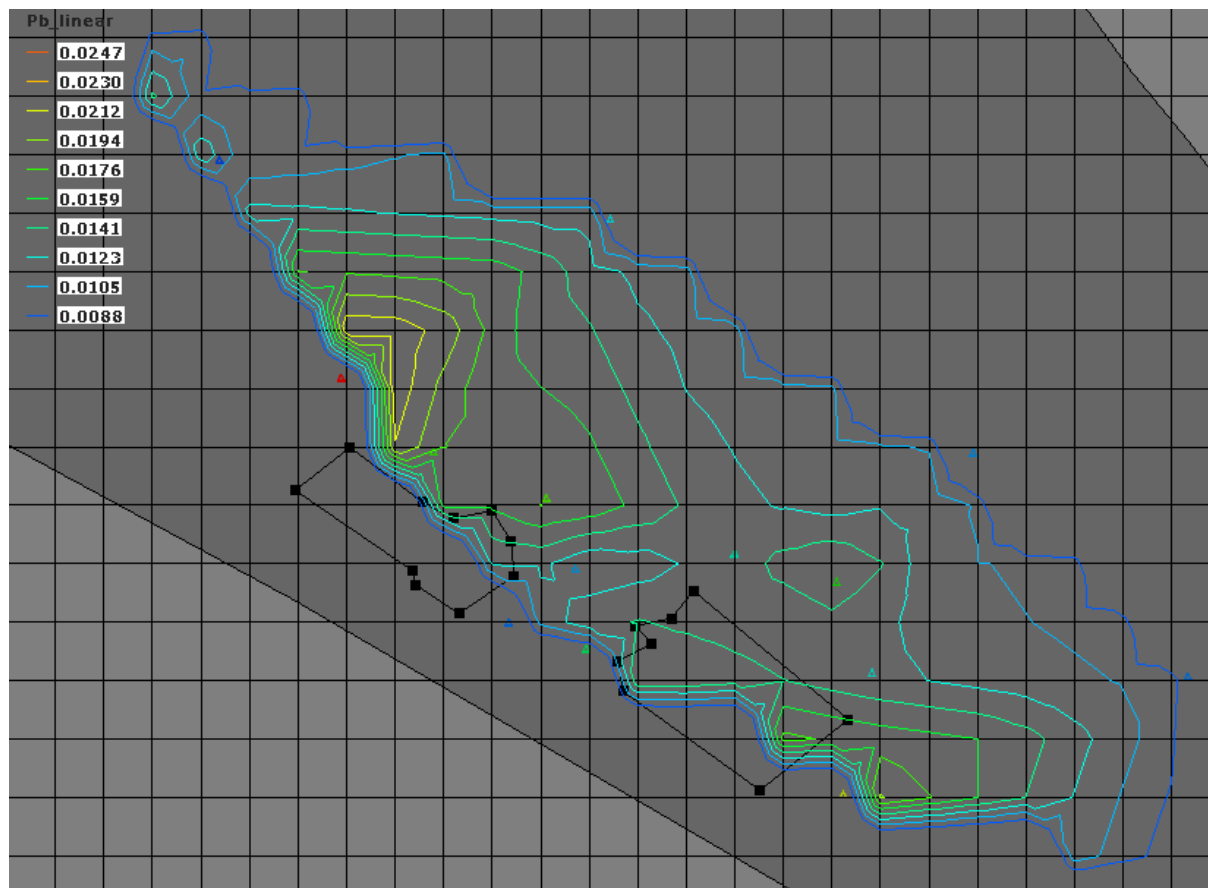
الشكل رقم (5-75): خطوط كونتور شاردة الأمونيوم.

5-3-3-10- رسم خطوط كونتور عنصر الكاديوم Cd: وهي مبينة بالشكل رقم (5-76).



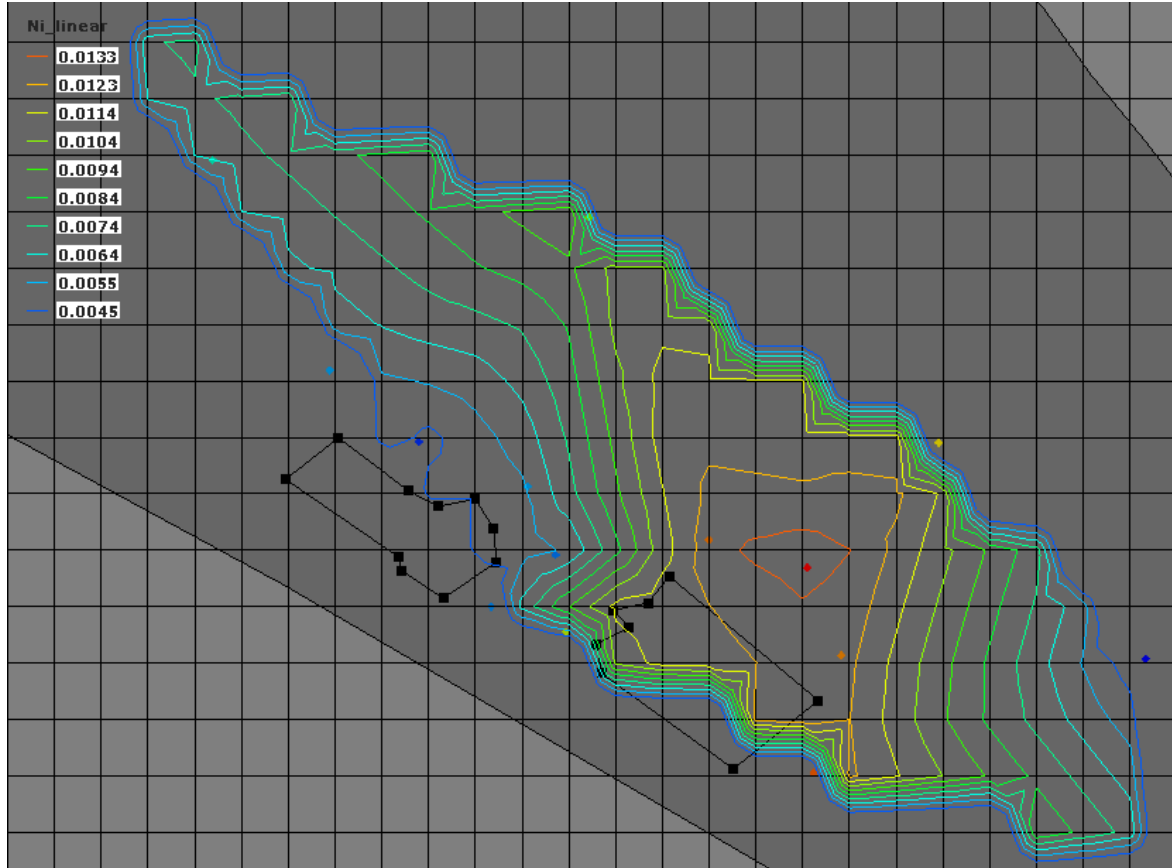
الشكل رقم (5-76): خطوط كونتور عنصر الكاديوم.

5-3-3-11- رسم خطوط كونتور عنصر الرصاص Pb: وهي مبينة بالشكل رقم (5-77).



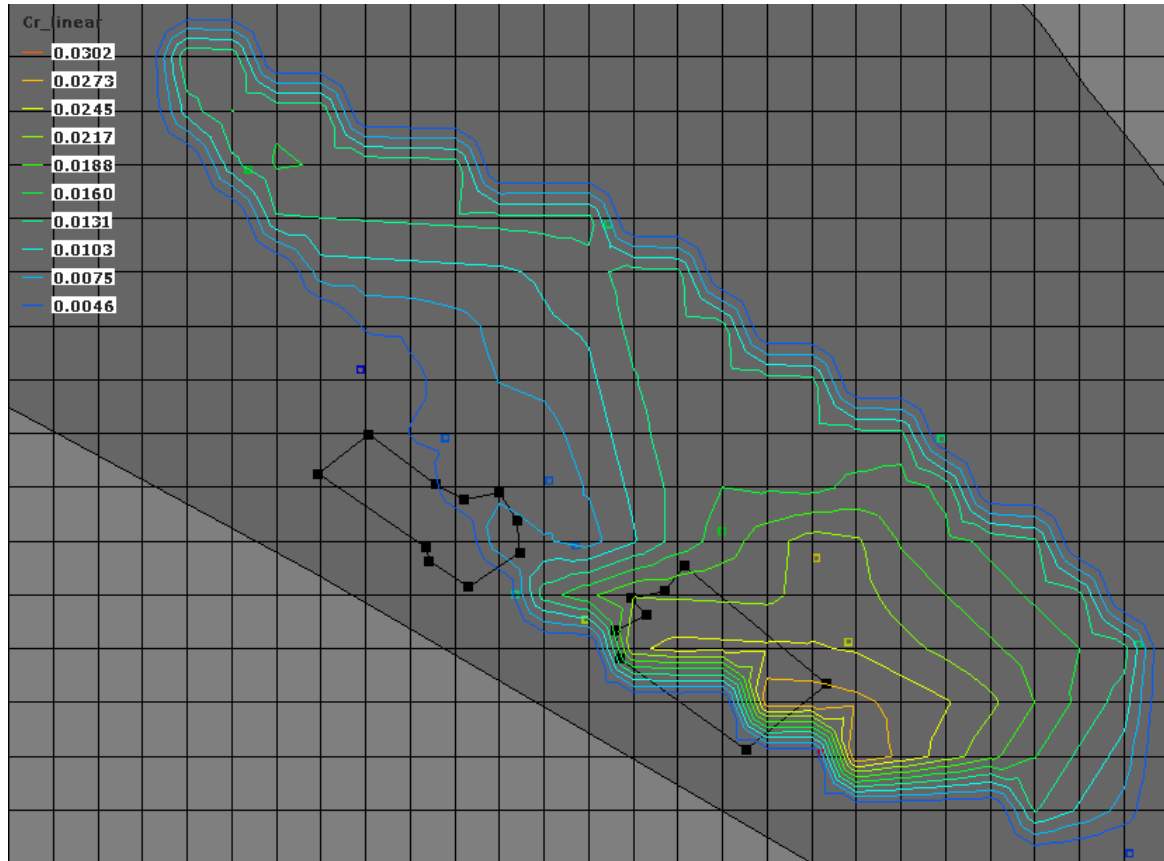
الشكل رقم (5-77): خطوط كونتور عنصر الرصاص.

5-3-3-12- رسم خطوط كونتور عنصر النيكل Ni: وهي مبينة بالشكل رقم (5-78).



الشكل رقم (5-78): خطوط كونتور عنصر النيكل.

5-3-3-13- رسم خطوط كونتور عنصر الكروم Cr: وهي مبينة بالشكل رقم (5-79).



الشكل رقم (5-79): خطوط كونتور عنصر الكروم.

4-5- الاستنتاجات والتوصيات:

4-5-1- الاستنتاجات:

1. كانت قيم الـ pH لمياه الآبار محققة بشكل عام للمواصفة القياسية السورية من حيث صلاحيتها للشرب والري، أما قيم الـ pH لمياه الأنهار كانت محققة لشروط الري ولكنها تجاوزت في بعض القيم معايير مياه الشرب.
2. ارتفاع قيم الناقلية للآبار المحيطة بالمكب الحالي عن قيمها للآبار المحيطة بالمكب القديم، بسبب ارتفاع نسبة المواد الصلبة الكلية المنحلة (TDS) في الرشاحة الناجمة عن طمر النفايات الحديثة.
3. كانت قيم الأوكسجين المنحل في مياه الآبار البعيدة عن المكبين هي الأعلى، تلتها القيم في مجموعة الآبار حول المكب القديم، ومن ثم قيم DO في الآبار حول المكب الحالي وهذا يشير إلى أن التلوث العضوي الأكبر في المنطقة ناجم عن المكب الحالي. كما أن قيم DO في مياه الأنهار كانت منخفضة بسبب تلوثها بمياه الصرف الصحي والصناعي.
4. تجاوز قيم الـ BOD₅ لمياه الأنهار وجميع الآبار المعايير المسموحة لمياه الشرب 2 mg/l بسبب تسرب الرشاحة من المكبات وتسرب مياه الصرف الصحي من الجور الفنية والمصببات العشوائية، بينما كانت محققة لمواصفات مياه الري 30 mg/l.
5. تجاوزت قيم شوارد النترات والفوسفات والأمونيوم لمياه الأنهار وجميع الآبار في معظم الأحيان المعايير المسموحة لمياه الشرب، أما معايير مياه الري فقد تجاوزتها شوارد النترات وحققها شوارد الفوسفات والأمونيوم، ويعود سبب ارتفاع هذه الشوارد إلى الاستخدام الجائر للأسمدة والمبيدات الحشرية والعشبية بالإضافة إلى دور مياه الصرف الصحي ومخلفات الحيوانات والأغنام الموجودة في منطقة المكب.
6. أثبتت تحاليل العناصر الثقيلة بالنسبة للآبار تجاوز عنصري الكاديوم والرصاص للحدود المسموحة بالنسبة لمياه الشرب، وبقاء عنصري النيكل والكروم ضمن الحدود المسموحة للشرب والري بالنسبة للأنهار نلاحظ تجاوز تراكيز جميع العناصر الثقيلة للمعايير المسموحة لمياه الشرب باستثناء الكروم ويعزى ذلك إلى النفايات المختلطة السامة والخطرة التي يتم إلّاؤها في مكب البصة كالبطاريات التالفة ومستوعبات المواد الكيماوية والصناعية وغيرها، بالإضافة إلى المصببات العشوائية لمياه الصرف الصحي والصناعي في الأنهار.

7. كان تصنيف جودة المياه الجوفية من حيث صلاحيتها للشرب سيئاً - قريباً من الحد الأدنى، بينما كان تصنيفها جيداً من حيث صلاحيتها للري.
8. كان تصنيف جودة المياه السطحية من حيث صلاحيتها للشرب رديئاً جداً، بينما كان تصنيفها وسطاً - مقبولاً من حيث صلاحيتها للري.
9. تمكنا من نمذجة نظام المياه الجوفية والسطحية في المنطقة باستخدام نموذج Modflow من برنامج GMS وحصلنا من خلاله على خرائط خطوط تساوي الضاغط ومعدلات التدفق وإظهار المقاطع العرضية لكل من مصادر المياه الجوفية والسطحية في المنطقة المدروسة، مما يعطي قدرة كبيرة على التقويم الكمي والتنبؤ بالتغيرات المتوقعة خلال فترات زمنية طويلة، والذي بدوره يحسن من عملية إدارة موارد المياه المتاحة في المنطقة والاستخدام الرشيد لها في المستقبل.
10. تمكنا من محاكاة انتقال الملوثات وهجرة الرشاحة المتسربة من مكبي البصة باستخدام نموذج MT3DMS من برنامج GMS وهذا يعطي قدرة كبيرة على التنبؤ بالتغيرات المتوقعة لتراكيز هذه الملوثات خلال فترات زمنية طويلة وبكفاءة عالية.
11. تمكنا من رسم خطوط الكونتور لمختلف البارامترات المقاسة مما يعطي قدرة على معرفة توزيع تراكيزها في المنطقة المدروسة.

5-4-2- التوصيات:

1. عدم استخدام مياه الآبار في المنطقة المدروسة لأغراض الشرب وخاصةً من قبل أصحاب الآبار القريبة من مكب البصة.
2. توجيه أصحاب الأراضي الزراعية للاعتدال في استخدام الأسمدة والمبيدات الزراعية، وتفعيل دور معمل تحويل النفايات إلى سماد عضوي كونه أكثر أماناً من الناحية البيئية وكون 60 % من نفايات مدينة اللاذقية هي نفايات عضوية.
3. إنشاء نظام مراقبة لنوعية المياه الجوفية والسطحية في المنطقة من خلال إجراء تحاليل واختبارات دورية على مياه الآبار والأنهار للتأكد من مدى صلاحيتها للاستعمالات المختلفة (شرب، ري،).
4. العمل على إغلاق مكب البصة وإعادة تأهيل المنطقة بيئياً، كي يتم استثمارها من الناحية السياحية كونها تمتد على شريط شاطئي واسع من الساحل السوري. والإسراع في الانتقال إلى موقع المطمر الجديد في قاصية.
5. إقامة محطات معالجة لمياه الصرف الصحي والصناعي التي تصل ملوثاتها إلى مجاري الأنهار (نهر الكبير الشمالي ونهر الصنوبر) ومنها إلى خزان المياه الجوفية.
6. الاستفادة من تقانات الاستشعار عن بعد وإجراء دراسات تقييم الأثر البيئي عند اختيار ودراسة مواقع مكبات النفايات الصلبة.
7. متابعة استخدام تقانات النماذج الرياضية في إدارة موارد المياه الجوفية والسطحية المتاحة، من أجل حمايتها من التلوث والاستخدام الرشيد لها مما يساهم بدوره في تنمية المنطقة المدروسة اجتماعياً واقتصادياً كونها منطقة سياحية وزراعية بامتياز.

==☆☆☆==

المراجع References

- [1]. دباليز، عمار. *الموارد المائية البديلة*. جامعة تشرين، كلية الهندسة المدنية، قسم الهندسة البيئية، 2009.
- [2]. الأسعد، علي محمد؛ حايك، شريف بدر. *الهيدروجيولوجيا 1*. جامعة تشرين، 2007، 374.
- [3]. صبوح، حسام؛ شاهين، هيثم. *الهندسة البيئية 2*. جامعة تشرين، 1997، 343.
- [4]. سلمان، هناء كمال. *الهندسة البيئية 1*. جامعة تشرين، 1999، 320.
- [5]. شاهين، هيثم. *معالجة المخلفات الصلبة*. جامعة تشرين، 1996، 300.
- [6]. DELLER, J. W. *The Handbook of Grondwater Engineering. 2nd. Ed.* CRC press, Taylor & Francis Boca Raton London, New York, 2007 ,1342.
- [7]. KRESIC, N. *Hydrogeology and Groundwater Modeling*. Taylor & Francis Group, 2007, 807.
- [8]. عمران، منذر؛ العاقل، سعيد. *جيوتقنية مكبات النفايات ومطامرها*. المركز العربي للتعريب والترجمة والتأليف والنشر بدمشق. الطبعة الثالثة، 2002، 831.
- [9]. سلمان، هناء. *النمذجة البيئية*. جامعة تشرين، كلية الهندسة المدنية، قسم الهندسة البيئية، من مقررات الماجستير للسنة الأولى، 2010.
- [10]. Yoon, T. H; Park, T. S. *Leachate Flow Model in Sanitary Landfill. Simulation of Subsurface and Rock Flow*. Parallel Session (parallel24), MoV.Sub.1998, 179 paper.
- [11]. Fernandes, L.; Warith, M. A.; La Forge, F. *Modelling of contaminant transport within a marshland environment*. Waste Management. Volume 16, Issue 7,1999, 649-661.
- [12]. Loizidou, M.; Kapetanios , E. G. *Effect of leachate from landfills on underground water quality* . The Science of The Total Environment. Volume 128, Issue 1, 2003, 69-81.
- [13]. Yenigul, N.B; Elfeki A. M.; Gehrels, J. C. *Reliability assessment of groundwater monitoring networks at landfill sites*. Journal of Hydrology 308, 2005, 1-17.

- [14]. Mirbagheri, S. A. *Modeling contaminant transport in soil column and ground water pollution control* . International Journal of Environmental Science & Technology. Vol. 1, No. 2, 2004, 141-150.
- [15]. Tubeileh,H. ; Shaheen,H. ; Aliewi A. *Modeling the Eocene Aquifer in Northern West Bank*. An - Najah Univ. J. Res. (Science) Vol. 20, 2006, 41-62.
- [16]. Rouholahnejad,E.; Sadrnejad, S.A. *Numerical simulation of leachate transport into the groundwater at landfill sites*. 18th World IMACS / MODSIM Congress, Cairns, Australia, 13-17 July 2009.
- [17]. Jhamnani, B. , Singh, S. *Groundwater Contamination due to Bhalaswa Landfill Site in New Delhi*. International Journal of Environmental Science and Engineering, 2009, 1:3, 121- 125.
- [18]. Yaouti,F. E.; Mandour , A. E. ; Khattach, D., Kaufmann, O. *Modelling groundwater flow and advective contaminant transport in the Bou-Areg unconfined aquifer (NE Morocco)*. Journal of Hydro-environment Research 2, 2008, 192-209.
- [19]. RUSHTON, K.R. *Groundwater Hydrology Conceptual and Computational Models*. Jon Wiley & Sons Ltd, 2003, 408.
- [20]. KOVALEVSKY, V; KRUSEMAN, G. P.; Rushton, K. R. *Groundwater Studies*. UNESCO, 2004, 430.
- [21]. WEIGHT, W.D. *Manual of Applied Field Hydrogeology*. 2004, 553.
- [22]. KRAUSE, S; et al. *Groundwater–surface water interactions in a North German lowland floodplain – Implications for the river discharge dynamics and riparian water balance*, Journal of Hydrology, 2007, 404-417.
- [23]. WANG, B.; KHAN, S. *Quantifying Impact of Rainfall on Shallow Groundwater Levels in the Wakool Irrigation District*. CSIRO Land and Water Technical Report No.21/04 May, 2004.
- [24]. JAN, C. D.; CHEN, T. H.; LO, W.C. *Effect of Rainfall Intensity and Distribution on Groundwater Level Fluctuations*. 2006, 13.
- [25]. ANURAGA, T. S.; RUIZ, L. *Estimating Groundwater Recharge Using Land use and Soil data: A case study in South India*. 2006; 12.
- [26]. HISCOCK, K. M; *Hydrogeology Principles and Practice*. Blackwell Science Ltd, 2007, 389.

- [27]. SANDERSON, J. S; COOPER, D. J. *Ground water discharge by Evapotranspiration in wetlands of an arid intermountain basin*. Journal of Hydrology, 2008, 344-359.
- [28]. HONG,Y., et al. *Dynamic Fuzzy Modeling of Storm Water Infiltration in Urban Fractured Aquifers*. ASCE Journal of Hydrologic Engineering, Vol.7, No.5, (Sep/Oct 2002), 380-391.
- [29]. KHAN, S, et al. *Managing Climate, Irrigation and Ground Water Interactions using Numerical Model: A Case Study of the Murrumbidgee Irrigation Area*. CSIRO Land and Water Technical Report No. 13/04 March 2004, 413.
- [30]. TODD, D. K; MAYS, L. W. *Groundwater Hydrogeology*. John Wiley & Sons Inc, 2005.
- [31]. SCIBEK, J.; ALLEN, D. M. *Modeled Climate Change Impacts in the Abbotsford – Sumas Aquifer, Central Fraser Lowland of BC, Canada and Washington state, U.S*. 2005, 8.
- [32]. MIKKO, I; et al. *The impact of climate change on spatially varying groundwater recharge in the grand river watershed (Ontario)*. Journal of Hydrology, (2007), 237-250.
- [33]. DELLEUR, W. J. *The Handbook of Groundwater Engineering*. Taylor & Francis Group, 2007, 1342.
- [34]. KRESIC, N. *Hydrogeology and Groundwater Modeling*. Taylor & Francis Group, 2007, 807.
- [35]. ASSAD, N. F. *Developing a New Analytical Model For Predicting Pore Pressure Changes in Deep Fractured Rocks- A Hybrid Model Combining FEM, GA, and ANN*. A Thesis Submitted In Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master in Civil Engineering, Supervised by PROF.KUNIO WATANABE. Saitama University, JAPAN, 2008, 120.
- [36]. XU, C. *Effect of Rainfall, Pines and Abstraction on Gngangara Mound Water Level Decline*. 2008; 12.
- [37]. Costal Water Resources Management Project. DHV Waters, TNO-NITG, AL TERRA, Environment and General Directorate of The Costal Basin, Netherland, Syria. 2004.

[38]. الهيئة العامة للاستشعار عن بعد. الإدارة المتكاملة لحوض الساحل. 2005.

[39]. الهيئة العامة للاستشعار عن بعد بالتعاون مع الهيئة العامة للموارد المائية. دراسة استشعارية هيدروجيولوجية لحماية نبع السن من التلوث. التقرير الأولي، دمشق، 2008.

[40]. يوسف، ضحى. نمذجة تلوث مياه نهر العاصي بسورية باستخدام برنامج نظام المعلومات الجغرافي GIS. مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية، سلسلة العلوم الهندسية، المجلد 31، العدد الأول، 2009، 139-158.

[41]. BAKR, A.; SAADALLAH, D.M. *Strategic Planning Through Mapping of Water Pollution in Lack of Information System Utilizing Geographic Information System(GIS)*. 3rd.Int'l ASCAAD, ALEXANDRIA, EGYPT, 2007,479-491.

[42]. شريف، نعمى. تحديد مخطط الجودة لمياه نبع السن بالعلاقة مع الظروف الهيدروجيولوجية ومجالات استخدامها. رسالة ماجستير في الهندسة المدنية، إشراف أ.د. عادل عوض، أ.د. علي الأسعد. جامعة تشرين، 2000، 146.

[43]. عوض، عادل. استخدام الخوارزميات الجينية ذات النمذجة المثلى في إدارة جودة المياه الجوفية. تطبيقات نظم الذكاء الصناعي في حماية البيئة- منشورات الهيئة العامة السورية للكتاب، علوم 15، الطبعة الأولى، 2007، 302.

[44]. حايك، شريف بدر. تغيّر الظروف الهيدروجيولوجية وتطوير موارد المياه الجوفية وترشيدها استثمارها بين نهري الكبير الجنوبي والأبرش. رسالة دكتوراه في الهندسة المائية- الهيدروجيولوجيا، إشراف أ.د. علي الأسعد، د. غطفان عمّار، د. عباس عبد الرحمن. جامعة تشرين، 2004، 233.

[45]. الأسعد، علي محمّد. الهيدروجيولوجيا. جامعة تشرين، 2009، 599.

[46]. سويد، عبير. دراسة تغير مؤشرات تلوث المياه الجوفية في محيط مكب البصة بالعلاقة مع الظروف الهيدروجيولوجية. أطروحة أعدت لنيل درجة الماجستير في قسم الهندسة البيئية، 2009، 184.

[47]. المديرية العامة للموارد المائية، حوض الساحل، اللاذقية. الأرشيف، معلومات موثقة.

[48]. رقية، محمد؛ عيسى علي. دراسة مشروع سرير نهر الكبير الشمالي حول استخدام تقنيات الاستشعار عن بعد والدراسات الهيدروجيولوجية والجيوفيزيائية لتحديد مناطق الأمل لتواجد المياه الجوفية، مديرية الاستشعار عن بعد، اللاذقية، 2003.

[49]. الهيئة العامة للاستشعار عن بعد؛ وزارة الدولة لشؤون البيئة. مشروع المراقبة والإدارة البيئية لنهر الكبير الشمالي، المرحلة الأولى، 2011، 58.

[50]. المديرية العامة للأرصاد الجوية، مديرية الموارد المائية ، 2010-2012، معطيات مناخية، محطة اللاذقية، محطة بوقا، محطة جبلة (مطار الباسل).

[51]. المؤسسة العامة للجيولوجيا والثروة المعدنية، الخارطة الجيولوجية لسوريا مقياس 1:50000 رقعة اللاذقية وجبلة، مع المذكرة الإيضاحية.

[52]. مديرية الخدمات الفنية باللاذقية، شعبة النفايات الصلبة. الأرشف، معلومات موثقة.

[53]. مديرية البيئة في اللاذقية، تقرير بعنوان استقصاء عن واقع مكب البصة، 2013.

[54]. Amerecan Puplic Health Association (APHA).Standard methods for the examination of water and waste water, 18th Edition, U.S.A., 1992,566.

[55]. جعفر، رائد. تقانات متقدمة. جامعة تشرين، كلية الهندسة المدنية، قسم الهندسة البيئية، 2009.

[56]. Harbaugh, A. W.; McDonald, M. G. *User's Documentation for MODFLOW-96, an update to the U.S. Geological Survey Modular Finite-Difference Ground-Water Flow Model*. U.S. GEOLOGICAL SURVEY, Reston, Virginia 1996, 56.

[57]. Aquaveo. GMS 7.0 TUTORIALS. MODFLOW - Conceptual Model Approach, 2009,24.

[58]. العبيدي، غادة عبد الله. دراسة نوعية المياه الجوفية في حقل المشرق. مجلة هندسة الرفادين. المجلد 16، العدد 4، 2008، 41-52.

[59]. هيئة المواصفات والمقاييس العربية السورية، المواصفة القياسية السورية رقم (45) لمياه الشرب. وزارة الصناعة، دمشق، 2007.

[60]. هيئة المواصفات والمقاييس العربية السورية، المواصفة القياسية السورية رقم (2752) لمياه الصرف الصحي المعالجة لأغراض الري، المراجعة الأولى. وزارة الصناعة، دمشق، 2008.

[61]. محمود، أوج. دراسة بعض الملوثات الجرثومية لمصدرين مائيين مستخدمين سابقاً في الشرب في منطقة الجندرية، رسالة ماجستير، جامعة تشرين، كلية الزراعة، قسم علوم التربة والمياه، 2010، 80.

[62]. قصير، أحمد. الإمداد بمياه الشرب 2. جامعة تشرين، 2003، 334.

[63]. Canadian Council of Ministers of the Environment, Water Quality Index (CCME WQI). 2001.

- [64]. Zheng, C.; Wang, P. *MT3DMS: A Modular Three-Dimensional Multispecies Transport Model for Simulation of Advection, Dispersion, and Chemical Reactions of Contaminants in Groundwater.; Documentation and User's Guide*. Strategic Environmental Research and Development Program. The University of Alabama, 1999, 239.
- [65]. Aquaveo. *GMS 7.0 TUTORIALS. MT3DMS - Conceptual Model Approach*, 2009,14.

===☆===

ملحق الصور



الصورة رقم (1): جبال النفايات المتراكمة بشكل هائل في مكب البصة.



الصورة رقم (2): اندلاع الحرائق بشكل مستمر في أكوام النفايات ما يؤدي لانتشار الغازات السامة والضارة بالإنسان والبيئة.



الصورة رقم (3): رعي قطعان الأغنام التي يربّيها البدو على أكوام النفايات بالقرب من المكب.



الصورة رقم (4): الرمي العشوائي للنفايات الطبية والخطرة في المكب دون أي فرز أو معالجة.



الصورة رقم (5): تلوث مجرى نهر السنوبر بمياه الصرف الصحي.



الصورة رقم (6): المصببات العشوائية لمياه الصرف الصناعي في نهر الكبير الشمالي.

3- The values of nitrate , phosphate and ammonium ions for rivers and all wells had exceeded in most cases the allowed standards for drinking water , and the standards of irrigation water has been overtaken by nitrate ions and achieved by phosphate and ammonium ions. The reason of that is the overuse of fertilizers, agricultural pesticides and the activity of decomposition and disintegration processes of plant and animal organic materials , in addition to the role of wastewater , waste of animals and sheep in the landfill area .

4- The results of heavy elements analyzes for wells demonstrated that cadmium and lead had exceeded the allowed limits for drinking water, while nickel and chromium were within the allowable limits for drinking and irrigation. But for rivers the concentrations of all the heavy elements have exceeded allowable standards for drinking and irrigation water in most times of the year , especially in summer, this is due to the mixed toxic and hazardous wastes that are dumped in Al-Bassa landfill such as batteries and damaged industrial chemicals containers, etc. In addition to the random outfalls of waste and industrial water which dumped directly in Al Sanawbar and Al kabeer Al Shemali rivers without any treatment.

5- The classification of groundwater sources quality in terms of suitability for drinking was bad - close to the minimum , while it was classified as good in terms of suitability for irrigation.

6- The classification of surface water sources quality in terms of suitability for drinking was very bad , while it was classified passable - agreeable in terms of suitability for irrigation .

7- Through the model which was built for the surface and ground water system in the area using Modflow model from the GMS program, we got on the head contours , the flow rates and the cross-sections maps at any point of the studied area, also the contour lines for various measured parameters had been drawn. All this gives a large capacity on the quantitative and qualitative assessment of available water resources in the region which improves the management process and rational use of them in the future .

8- We were able to simulate the transport of pollutants and the migration of the leaking leachate from Al- Bassa landfills using MT3DMS model form the GMS program and this gives a great ability to predict the expected changes to the concentrations of these pollutants over long periods of time and with high efficiency .

□ ABSTRACT □

The research has included carrying out periodical physical and chemical analysis and measurements of the concentrations of heavy metals in the waters of surface and ground water sources, located in the vicinity of Lattakia landfill in Al-Bassa region, at rate of four sampling points from surface water sources : two points on Al Sanawbar river and the other two points on Al kabeer Al Shemali river. In addition to sixteen wells invested in the region divided into three groups: five wells around the old landfill, five wells around the current landfill, and six wells distributed in the region around the two landfills.

The samples were collected through a year starting from April 2012 until March 2013. In this period measurements of (temperature, pH, electrical conductivity , turbidity , dissolved oxygen DO, biochemical oxygen demand BOD₅) were measured. And the concentrations of the following ions(NH₄⁺, PO₄⁻³ , NO₃⁻) were identified, in addition to identifying the concentrations of the following heavy metals (cadmium , lead, nickel , chromium).

In addition we had assessed the suitability of studied surface and ground water sources for drinking and irrigation and comparing them with the Syrian standard specifications adopted in this field by computing its quality index, according to the quality index(CCME WQI) which was developed by the Canadian Council of Ministers of the Environment based on more data comprehensiveness of the water quality in the world.

Also we had built a model of the water sources system in Al-Bassa landfill region , then it was made a simulation of transport of pollutants and the migration of the filtrate leachate from old and current Al-Bassa landfills. In addition to drawing Contour lines of the studied parameters by using GMS software (Groundwater Modeling System).

As a result of the discussion Results, a set of conclusions was reached the most important of it :

1- A rise in the conductivity values for wells around the current landfill from its values for wells around the the old one, because of the high proportion of total dissolved solids (TDS) in the leachate resulting from modern landfill .

2- The values of BOD₅ for rivers and all wells had exceeded the allowed standards for drinking water 2 mg/l, as a result of leaking the leachate from landfills, and leaking the wastewater. While they achieved the standards of irrigation water 30 mg /l.

Tishreen University
Faculty of Civil Engineering
Department of Environmental Engineering



Studying The Effect Of Landfills On The Quality Of Ground And Surface Water Sources

(Case Study Al-Bassa Landfill)

**Scientific thesis has been prepared for the degree of master in
Civil Engineering competence Environmental Engineering**

By

Hadia H. Motawege

Supervision of

Dr. Raed Jafar

Dr. Prof. Adel Awad

2013-2014