

استخدام النظائر المستقرة لجزيء الماء ($\delta^{18}\text{O}$ / $\delta^2\text{H}$) لدراسة طرق شحن المياه

الجوفية ومدى تأثير تداخل مياه البحر في المياه الجوفية بمنطقة الساحل الغربي / ليبيا

الهادي احمد عبدالله الشكل hadi.68ly@gmail.com

قسم هندسة العمليات التفتية - كلية التقنية الهندسية - جنزور

الملخص

هذه الدراسة تم إجراءها بمنطقة الساحل الغربي / ليبيا والتي تبعد حوالي 45 كيلومتر من مدينة طرابلس . حيث تمتد هذه المنطقة من صبراتة غرباً الى جودائم شرقاً بين خطي طول (12.425 – 13.025) شرقاً وخطي عرض (32.675 – 32.825) شمالاً . حيث تم إجراء دراسة نظائرية لعدد 40 عينة من المياه الجوفية تم أخذها من آبار تم تحديدها عشوائياً موزعة في اربعة مقاطع داخل منطقة الدراسة وذلك لدراسة النظائر المستقرة لجزيء الماء ($\delta^{18}\text{O}$)، ($\delta^2\text{H}$) التي تعطي دليل على طرق شحن المياه الجوفية ومؤشر على مدى تأثير تداخل مياه البحر في المياه الجوفية. هذه الدراسة اظهرت ان مياه الامطار غير المتبخرة تمثل اغلب اصل المياه الجوفية بمنطقة الدراسة، وظهرت ايضا وجود عمليات ذوبان لبعض مكونات صخور المكنم مما أثر في زيادة تملح المياه الجوفية . كما بين محتوى المياه الجوفية من النظائر الثابتة ($\delta^{18}\text{O}$) ، ($\delta^2\text{H}$) ان عينات قليلة من المياه الجوفية اظهرت تأثرها بتداخل مياه البحر وهي القريبة من ساحل البحر وهي الأبار (Sr_1 ، Sp_1) ، (Jd_1 ، Hr_1) حيث لم يتجاوز بعدها حوالي 1000 متر من البحر في اغلب المناطق. اما باقي العينات فهي غير متأثرة بتداخل مياه البحر وهذا ما يؤكد وجود تداخل محدود لمياه البحر في المياه الجوفية.

كلمات استدلالية: مياه البحر، آبار، تداخل المياه، مكونات الصخور

Abstract

This study has been conducted in the West Coast region / Libya, which is located about 45 km west of Tripoli city, which is stretches from Sabratha west to Joudaim east , between longitudes of (12.425 – 13.025) and latitudes of (32.675 – 32.825) . An isotopic study, were carried out for 40 samples of groundwater (Were they randomly selected) which distributed in four sections within the study area, in order to study the stable isotopes of the water molecule ($\delta^{18}\text{O}$)، ($\delta^2\text{H}$) . Which gives evidence of groundwater charging methods and an indication of the influence of seawater intrusion into groundwater. This study suggest that the infiltration of non evaporated rain water is the main origin of the groundwater in the study area. It also showed the presence of dissolution processes for some components of the reservoir rocks, which affected of increase in salinization of groundwater . Moreover, the obtained results reveals that the

stable isotopes ($\delta^{18}\text{O}$), ($\delta^2\text{H}$) composition of groundwater samples showed, a few samples of groundwater have been affected by the interference of sea water, which are near the coast of the sea, while the rest of the samples were not affected by the interference of sea water. Which confirms that there was a limited overlap of sea water into the groundwater

● مقدمة

تعتبر المياه الجوفية هي المصدر الرئيسي للمياه في كثير من دول العالم وخاصة في المناطق الجافة وشبه الجافة التي يندر فيها سقوط الأمطار، وتشكل حوالي (93 %) من مجموع المياه السائلة العذبة في العالم (الزوكه ، 1995 م). وعلى الرغم من أن المياه الجوفية تكون أقل عرضة للتلوث من المياه السطحية وذلك لوجودها تحت سطح الأرض مما يحد من وصول كثير من المواد الملوثة إليها، إلا أنها تكون عرضة لعدة أنواع من التلوث والتي قد تغير من خصائصها وتسبب في تلحقها . ويرجع ذلك الى طرق شحن وإعادة شحن تلك المياه (ابوراس 2005) . وعلى مدى العقود الماضية ، كانت نظائر جزيئات الكربون والماء تطبق على نطاق واسع ككاشفات طبيعية في الدراسات الهيدروولوجية والهيدروجيولوجية. هذه الكاشفات هي أدوات مفيدة بشكل خاص في دراسة المياه الجوفية في المناطق الجافة وشبه الجافة لتحديد مسارات التدفق ، ولتقييم أنماط الخلط بين كتل المياه الجوفية المختلفة ، وكذلك لتقدير عمر المياه الجوفية. (Cook and Herczeg, 2000 ; Etcheverry, 2002) النظائر البيئية الأكثر استخداما تشمل النظائر المستقرة مثل الأكسجين - 18 (O^{18}) والديوتيريوم (H^2) والكربون - 13 (C^{13}) ، وكذلك النظائر المشعة مثل التريتيوم (H^3) والكربون - 14 (C^{14}) والتي توجد في المياه كمكونات ذائبة للمركبات العضوية وغير العضوية.

● النظائر المستقرة لجزيء الماء ($\delta^{18}\text{O} / \delta^2\text{H}$)

النظائر المستقرة لجزيء الماء هي الأكثر استخداما في دراسات المياه الجوفية. حيث تقدم معلومات تكميلية عن أصل المياه وطرق شحن المياه الجوفية ، وكذلك السماح بإجراء تقييم لبعض العمليات الأخرى مثل التبخر والترسيب (Clark and Fritz, 1997 ; Traplsi, 2011) . حيث يعبر تقليديا عن نسب النظائر المستقرة لجزيء الماء بواسطة (‰) وفقًا لانحراف الميل باستخدام الرمز دلتا (δ) حيث :

$$\delta(\text{‰}) = \frac{R_{\text{sample}} - R_{\text{standard}}}{R_{\text{standard}}} \times 1000$$

حيث R هي نسبة تركيز النظائر ($^2\text{H} / ^1\text{H}$ أو $^{18}\text{O} / ^{16}\text{O}$) للعينة أو المعيار. ويستخدم متوسط فيينا القياسي لمياه المحيط Vienna Standard Mean Ocean water (VSMOW) في معايرة نظائر الهيدروجين والأكسجين .علاقة خطية بين ($\delta^{18}\text{O}$) ($\delta^2\text{H}$) / لعينات هطول الأمطار التي تم جمعها من جميع أنحاء العالم وتم إنشاء شبكة من المحطات في إطار الوكالة الدولية للطاقة الذرية و المنظمة العالمية للأرصاد الجوية (IAEA/WMO) .هذه الشبكة النظائرية التي تم اعدادها في هطول الأمطار GNIP ، تسمى خط ميتوريك العالمي للمياه (GMWL) Global Meteoric Water Line ممثلة بالمعادلة : $\delta^{18}\text{O} \times 8 + 10 = \delta^2\text{H}$ (Craig, 1961) .

يمثل الميل 8 لخط (GMWL) خاصية التوازن بين البخار ومياه الأمطار أثناء عملية التكثيف ونقاطه مع محور X والذي يمثل $\delta^2\text{H}$ يسمى "deuterium excess" ويختلف من منطقة إلى أخرى وفقًا للظروف المناخية من حيث رطوبة الهواء ودرجة الحرارة (Trabelsi, 2007);

(Zouari, 2005). إذا كان الرسم البياني بين ($\delta^{18}\text{O} / \delta^2\text{H}$) لعينات المياه الجوفية في نطاق خط (GMWL)، يمكن أن نستنتج أن هذه المياه الجوفية تم شحنها بواسطة الترسبات المحلية مثل تسرب مياه البحر أو مياه الأمطار في المناطق السبخية (Kim et al. 2003).

• جيولوجية وهيدروجيولوجية منطقة الدراسة

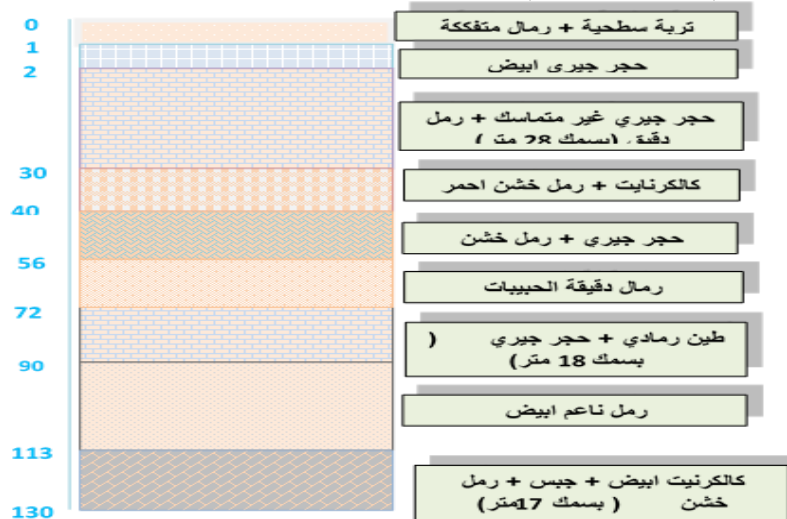
تعرضت منطقة سهل الجفارة لحركات أرضية عديدة أهم هذه الحركات هي الحركة الأولى التي حدثت عند نهاية العصر الثلاثي، والحركة الثانية التي حدثت عند نهاية العصر الطباشيري، و بناء على هذه الحركات تشكلت المنطقة على الوضعية التي نراها الآن (ابوراس ، 2005م) . شكل (1) يوضح مقطع جيولوجي في منطقة الدراسة.

اما من الناحية هيدروجيولوجية يمكن وصف الخزانات الجوفية الموجودة بالمنطقة كالتالي :

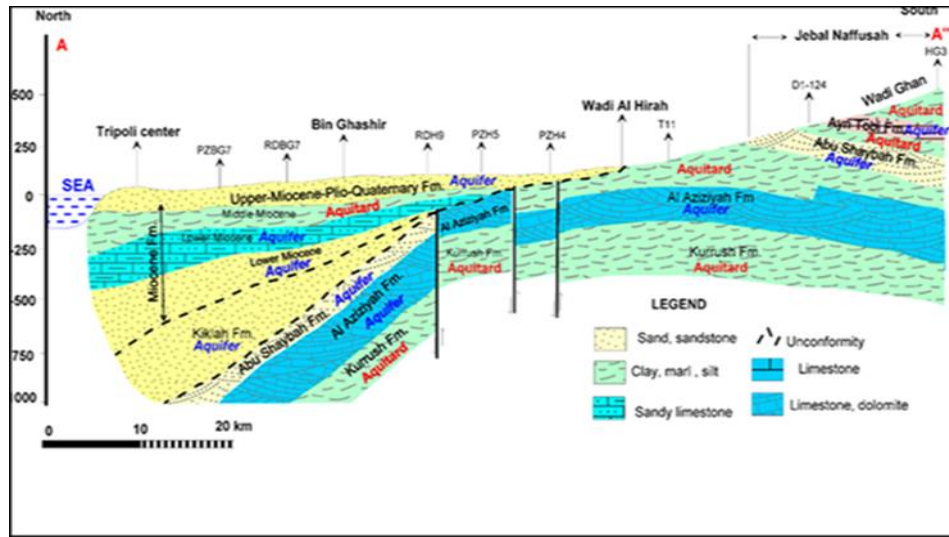
* الخزان الجوفي الأول " الرباعي " : وهو عبارة عن رمل وملت وحجر رملي طيني، ويتراوح عمقه ما بين (90 - 180) متر تحت سطح الأرض، ومستوى الماء الساكن يتراوح ما بين (20 - 50) متر تحت سطح الأرض، ومستوى الماء المتحرك يتراوح ما بين (50 - 70) متر تحت سطح الأرض.

* الخزان الجوفي الثاني " الميوسين " : وهو عبارة عن حجر جيري وقليل من الحجر الرملي والطيني والملت، ويتراوح عمقه ما بين (200 - 350) متر تحت سطح الأرض، ويتراوح مستوى الماء الساكن ما بين (60 - 80) متر تحت سطح الأرض.

* الخزان الجوفي الثالث " ابوشيبة " : وهو عبارة عن حجر رملي مع تداخلات من الطين ويتراوح عمقه ما بين (400 - 550) متر تحت سطح الأرض، وتتراوح الإنتاجية ما بين (30 - 50) متر مكعب / ساعة (Floegel, 1976) . الشكل (2) يوضح مقطع هيدروجيولوجي في منطقة الدراسة (Trapolsi 2018)



شكل (1) يوضح مقطع جيولوجي في منطقة الدراسة (ابوراس ، 2005م)



شكل (2) يوضح مقطع هيدروجي في منطقة الدراسة (Trapolsi 2018)

● الاعمال المنجزة

1- تحديد مواقع أخذ العينات في منطقة البحث:

تم تحديد اربعة قواطع في منطقة الدراسة كل واحد منها يحتوي عشرة من آبار المياه الجوفية وهي الاول بمنطقة جودائم (Jd) والثاني بمنطقة الحرشة (Hr) والثالث في منطقة صرمان (Sr)، اما الرابع في منطقة صبراتة (Sp) حيث كانت على النحو الاتي :

المقطع الأول (مقطع جودائم):

يحتوي هذا المقطع على عشرة آبار يبدأ ترقيمها بالبئر رقم Jd₁ والذي يبعد عن البحر حوالي 962 متر، ويمتد جنوباً إلى مسافة 11227 متر عن ساحل البحر عند البئر رقم Jd₁₀، يمر هذا المقطع بمنطقة جودائم التي تقع شرقي مدينة الزاوية، تتراوح أعماق هذه الآبار ما بين 40 متراً إلى 110 متراً تحت سطح الأرض، وهي تنتج من الخزان الجوفي الأول (خزان الدراسة) وتستعمل مياهها في الأغراض الزراعية والشرب.

المقطع الثاني (مقطع الحرشة):

يتألف هذا المقطع من عشرة آبار يبدأ ترقيمها من الناحية الشمالية بالبئر رقم Hr₁ الذي يبعد عن البحر مسافة 600 متر، وتمتد جنوباً إلى مسافة 9920 متر عند البئر رقم Hr₁₀، يمر هذا المقطع بمنطقة الحرشة التي تقع غرب مدينة الزاوية، يتراوح أعماق آبار هذا المقطع من 28 متراً إلى 107 متراً تحت سطح الأرض، وكلها تنتج من الخزان الجوفي السطحي الأول. وتستعمل مياهها في الأغراض المنزلية والشرب.

المقطع الثالث (مقطع صرمان):

يحتوي هذا المقطع على تسعة آبار يبدأ ترقيمها بالبئر رقم Sr₁ والذي يبعد عن البحر حوالي 827 متر، ويمتد جنوباً إلى مسافة 11342 متر عن ساحل البحر عند البئر رقم Sr₁₀، يمر هذا المقطع بمنطقة صرمان التي تقع غرب مدينة الزاوية، تتراوح أعماق

هذه الآبار ما بين 16 متراً إلى 84 متراً تحت سطح الأرض، وهي تنتج من الخزان الجوفي الأول (خزان الدراسة) وتستعمل مياهها في الأغراض الزراعية والشرب.

المقطع الرابع (مقطع صبراتة):

اما هذا المقطع فيتكون من عشرة آبار يبدأ ترقيمها من الناحية الشمالية بالبر رقم Sp_1 الذي يبعد عن البحر مسافة 500 متر، وتمتد جنوباً إلى مسافة 11800 متر عند البر رقم Sp_{10} ، يمر هذا المقطع بمنطقة صبراتة التي تقع غرب مدينة الزاوية، يتراوح أعماق آبار هذا المقطع من 20 متراً إلى 75 متراً تحت سطح الأرض، وكلها تنتج من الخزان الجوفي السطحي الأول وتستعمل مياهها في الأغراض المنزلية والزراعية والشرب.

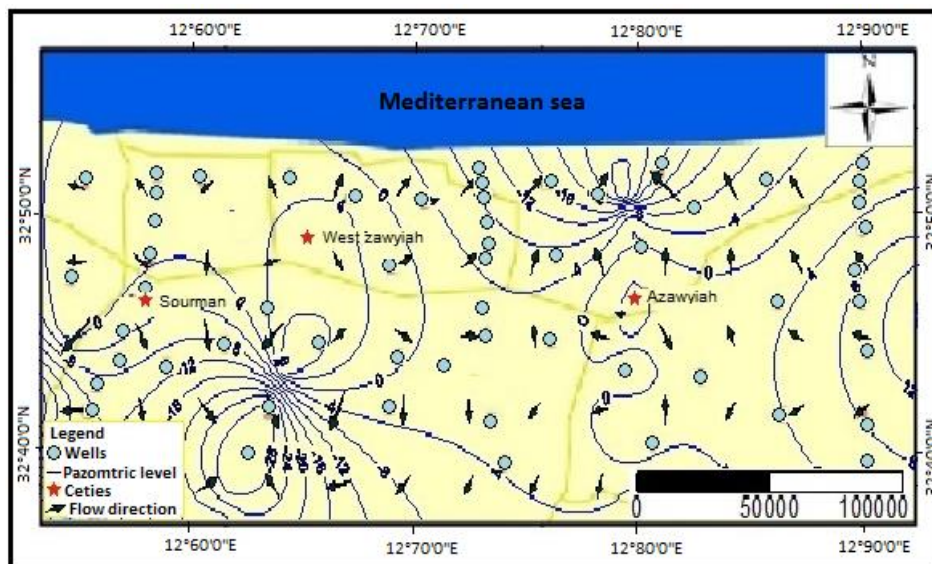
وعند اختيار هذه الآبار تم مراعاة أن تكون على نفس الخط ما امكن و تكون على مسافات مختلفة من شاطئ البحر، أما المسافات الفاصلة بين الآبار فقد حرصنا على أن تكون منتظمة أو شبه منتظمة على امتداد المقطع الواحد، وأن لا تتجاوز أعماق هذه الآبار عمق الخزان الجوفي الأول (خزان الدراسة) وهو 110 متر تقريباً. و من ثم تم تحديد مواقع هذه الآبار باستخدام جهاز تحديد المواقع عن طريق الأقمار الصناعية (GPS) وتم بواسطته تحديد الموقع بدقة وذلك عن طريق تحديد خطي الطول والعرض. وتم كذلك تسجيل المعلومات الحقلية مثل البعد عن البحر، واسم مالك البئر، وغرض الاستخدام، ومنسوب نقطة القياس، والعمق الكلي، ومستوى الماء الساكن لكل بئر. ثم تم توقيع هذه الإحداثيات على قوئل (Google Earth). الشكل (3) يوضح مواقع آبار العينات في منطقة الدراسة.



شكل (3) يوضح مواقع آبار العينات في منطقة الدراسة

2- قياس منسوب المياه الجوفية:

تم تحديد منسوب المياه الجوفية (المستوى البيزومتري) لمجموعة من الابار في منطقة البحث بواسطة المقياس الكهربائي (الامسكوب) الذي يستخدم لتعين مستوى المياه التي يزيد عمقها على عشرين متراً ومن ثم تم اعداد خريطة كنتورية توضح المستوى البيزومتري للمياه الجوفية واتجاه سريانها في منطقة البحث. الشكل(4) يوضح المستوى البيزومتري للمياه الجوفية واتجاه سريانها في منطقة البحث.



شكل(4)خريطة توضح المستوى البيزومتري للمياه الجوفية واتجاه سريانها في منطقة البحث.

3- تجميع عينات المياه من المواقع التي تم تحديدها في منطقة الدراسة

تم أخذ عينات المياه الجوفية من أبار المياه التي تم تحديدها، في قنينات بلاستيكية خاصة (polypropylène) وتم غلقها بغطاء محكم وتوثيقها وذلك بكتابة رقم البئر على العينة وحفظها في ظروف مناسبة ثم نقلها للمعمل من اجل إجراء بعض القياسات و التحاليل الكيموفيزيائية والاختبارات النظائرية.

4- الاختبارات النظائرية

في هذا البحث تم إجراء تحاليل نظائرية لمعرفة المحتوى النظائري لكل من (O^{18} , H^2) في المياه الجوفية في منطقة البحث وكانت النتائج كما في الجداول الاتية.

جدول (1) يوضح نتائج التحاليل النظائرية لمقطع صبراتة

Sample No.	Sample Code	$\delta^2\text{H}$ Value (permil)	$\delta^2\text{H}$ ERR (permil)	$\delta^{18}\text{O}$ Value (permil)	$\delta^{18}\text{O}$ ERR (permil)
1	SP2	-29.75	1.3	-4.65	0.1
2	SP3	-29.63	1.1	-5.13	0.2
3	SP4	-25.13	0.8	-4.83	0.2
4	SP5	-31.04	0.8	-5.21	0.2
5	SP6	-30.49	1.1	-4.96	0.2
6	SP7	-32.44	0.6	-5.05	0.2
7	SP8	-32.38	0.7	-5.12	0.2
8	SP9	-31.09	0.3	-4.94	0.1
9	SP10	-34.09	0.9	-5.16	0.2

جدول (2) يوضح نتائج التحاليل النظائرية لمقطع صرمان

Sample No.	Sample Code	$\delta^2\text{H}$ Value (permil)	$\delta^2\text{H}$ ERR (permil)	$\delta^{18}\text{O}$ Value (permil)	$\delta^{18}\text{O}$ ERR (permil)
1	Sr1	-26.59	1.4	-3.81	0.2
2	Sr2	-26.88	1.2	-5.09	0.2
3	Sr3	-28.18	1.2	-4.14	0.1
4	Sr4	-29.88	1.0	-4.64	0.1
5	Sr5	-31.53	1.3	-4.65	0.1
6	Sr6	-30.99	0.8	-4.35	0.2
7	Sr7	-30.53	0.7	-5.12	0.2
8	Sr8	-33.69	0.6	-5.28	0.2
9	Sr9	-30.76	0.9	-5.10	0.2
10	Sr10	-31.17	0.7	-4.24	0.1

جدول (3) يوضح نتائج التحاليل النظائرية لمقطع الحرشة

Sample No.	Sample Code	$\delta^2\text{H}$ Value (permil)	$\delta^2\text{H}$ ERR (permil)	$\delta^{18}\text{O}$ Value (permil)	$\delta^{18}\text{O}$ ERR (permil)
1	Hr1	-23.04	1.3	-3.81	0.2
2	Hr2	-28.36	1.0	-4.59	0.2
3	Hr3	-24.99	0.9	-4.42	0.1
4	Hr4	-28.18	0.9	-5.24	0.1
5	Hr5	-29.62	0.9	-5.10	0.2
6	Hr6	-30.76	1.1	-5.33	0.2
7	Hr7	-28.30	1.3	-5.34	0.0
8	Hr8	-31.13	1.1	-5.14	0.2
9	Hr9	-28.28	1.0	-4.63	0.2
10	Hr10	-30.46	1.4	-4.77	0.2

جدول (4) يوضح نتائج التحاليل النظائرية لمقطع جودانم

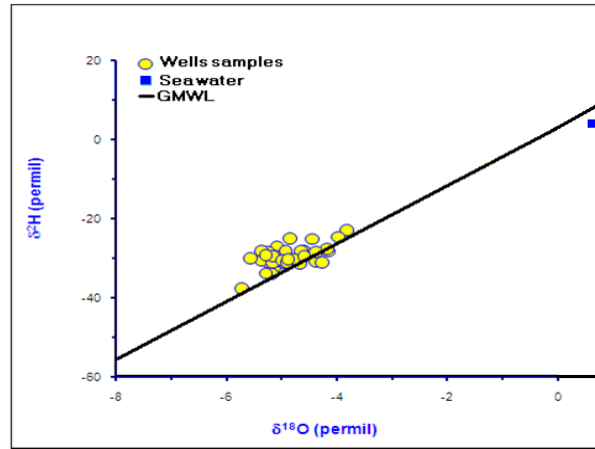
Sample No.	Sample Code	$\delta^2\text{H}$ Value (permil)	$\delta^2\text{H}$ ERR (permil)	$\delta^{18}\text{O}$ Value (permil)	$\delta^{18}\text{O}$ ERR (permil)
1	JD1	-27.77	1.2	-4.15	0.2
2	JD2	-28.36	0.9	-4.93	0.2
3	JD3	-28.65	1.4	-4.36	0.2
4	JD4	-29.58	1.0	-5.15	0.2
5	JD5	-30.65	1.1	-4.96	0.2
6	JD6	-30.10	0.4	-5.55	0.1
7	JD7	-29.56	0.7	-4.59	0.0
8	JD8	-29.33	1.0	-5.29	0.2
9	JD9	-31.18	0.5	-4.90	0.1
10	JD10	-30.36	1.0	-4.88	0.2
11	sea water	6.29	1.2	0.76	0.2

جدول (5) يوضح تركيز ايون الكلور في مقاطع منطقة الدراسة

Sample No	Cl ⁻ (mg/l) SP	Cl ⁻ (mg/l) Sr	Cl ⁻ (mg/l) Hr	Cl ⁻ (mg/l) JD
1	6348.00	13230.00	655.00	1086.50
2	483.80	1141.00	442.40	565.75
3	219.90	2311.00	596.50	2760.50
4	212.80	263.00	307.80	237.90
5	394.20	674.00	190.90	149.60
6	486.00	676.00	324.00	94.70
7	434.00	394.60	136.60	204.80
8	606.00	289.00	83.30	151.10
9	443.25	288.00	218.30	109.10
10	441.50	363.00	179.30	124.30

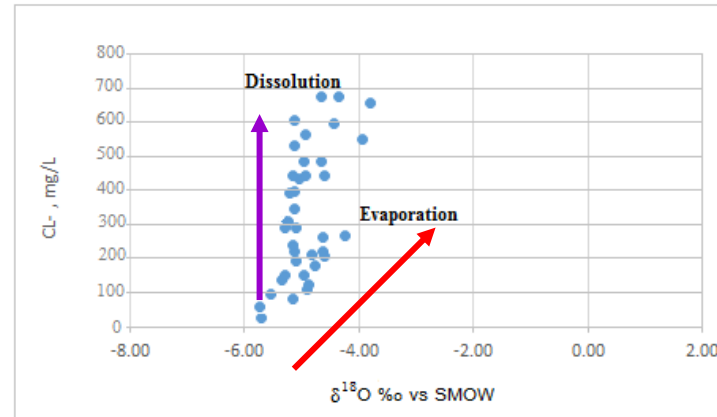
• تحليل النتائج النظائرية ($\delta^{18}\text{O}$)، ($\delta^2\text{H}$)

ساهم استخدام النظائر البيئية الثابتة في معرفة مصادر إعادة شحن الخزان الجوفي الاول بمنطقة البحث وتحديد العوامل التي تؤثر على نوع المياه الجوفية ، حيث يوضح الشكل (5) العلاقة بين المحتوى النظائري لكل من ($\delta^{18}\text{O}$)، ($\delta^2\text{H}$) في المياه الجوفية ومياه البحر. حيث تتراوح قيم النظائر المستقرة في جميع عينات المياه الجوفية من (-5.52% إلى -3.97%) مقابل SMOW بالنسبة للأكسجين ($\delta^{18}\text{O}$) ، وتتراوح من (-30.70% إلى -21.91%) بالنسبة للديوتريوم ($\delta^2\text{H}$) كما في الجداول (1) (2) (3) (4). حيث تقع معظم هذه النقاط فوق خط هطول الأمطار العالمية (خط المياه العالمي للأرصاء الجوية) (Global Meteoric Water Line) (GMWL) والذي تمثله المعادلة: $\delta^2\text{H} = 8\delta^{18}\text{O} + 10$ (Craig 1961) ، مما يؤكد مساهمة مياه الأمطار غير المتبخرة في إعادة شحن المياه الجوفية. كما أظهرت أن المحتوى النظائري لبعض عينات المياه الجوفية يقع تحت خط هطول الأمطار العالمية (GMWL) مما يشير الى امكانية وجود تسرب محدود لمياه البحر في الابار القريبة من الساحل اما باقي الابار لا تتأثر بشكل واضح من تسرب مياه البحر والذي تقع نقاطه تحت خط هطول الأمطار العالمية ، والذي يعرف بالتركيب النظائري العالي بالنسبة للأكسجين ($\delta^{18}\text{O}$) (Traplsi, 2007) .



الشكل (5) يوضح المحتوى النظائري لعينات المياه الجوفية ومياه البحر.

اما الشكل (6) فيمثل العلاقة بين $\delta^{18}\text{O}$ مع Cl^- حيث يظهر زيادة في تركيز الكلور مقابل قيم شبه ثابتة للأكسجين - 18 ($\delta^{18}\text{O}$) في المياه الجوفية لعينات منطقة الدراسة كنتيجة لعمليات الذوبان (Maliki, 2000). كما تأثرت بعض العينات نسبياً بالتبخر حيث ظهرت زيادة في قيم تركيز الكلور مع الزيادة في نظائر الأكسجين - 18 المستقرة (Trabelsi, 2011).



الشكل (6) يوضح العلاقة بين $\delta^{18}\text{O}$ و Cl^- لعينات المياه الجوفية ومياه البحر.

● الخلاصة

مما تقدم عرضه نستنتج انه يوجد مؤشر على وجود تداخل لمياه البحر في المياه الجوفية في الآبار القريبة من شاطئ البحر على امتداد منطقة الدراسة من صبراتة غرباً الى جودائم شرقاً. حيث أظهرت الدراسة النظائرية مساهمة مياه الأمطار غير المتبخرة في إعادة شحن المياه الجوفية. وأن المحتوى النظائري لبعض عينات المياه الجوفية يقع تحت خط هطول الأمطار العالمية (GMWL) مما يشير الى امكانية وجود تسرب محدود لمياه البحر في الابار القريبة من الساحل اما باقي الابار فانها لا تتأثر بشكل واضح من تسرب مياه البحر . ايضا لاحظنا وجود عمليات ذوبان لبعض مكونات صخور المكن أشارت اليه العلاقة بين $\delta^{18}\text{O}$ مع Cl^- حيث يظهر زيادة في تركيز الكلور مقابل قيم شبه ثابتة للأكسجين - 18 ($\delta^{18}\text{O}$) . كما تأثرت بعض العينات نسبياً بالتبخر حيث أظهرت زيادة في قيم تركيز الكلور مع الزيادة في نظائر الأكسجين - 18 المستقرة ($\delta^{18}\text{O}$). وبناء على هذه النتائج نلاحظ ان تداخل مياه البحر في منطقة البحث محدود ولم تظهر آثاره البيئية الا في شريط ضيق جدا على شاطئ البحر لايتعدى عرضه حوالي 1000 م.

● المراجع

- 1- الزوكه محمد خميس (1995 م) جغرافيا العالم العربي ، كتاب إلكتروني pdf، www.kutub-pdf.net
- 2- ابوراس غسان (2005 م) تداخل مياه البحر في المياه الجوفية بمنطقة الزاوية ، رسالة ماجستير ، الاكاديمية الليبية ، طرابلس . ليبيا .
- 3- Clark .I, Fritz . P, (1997) Environmental Isotopes inHydrogeology. Lewis Publishers, New York, CRC Press .
- 4- Cook. P, Herczeg. AL (2000). Environmental tracers in subsurface hydrology. Kluwer, New York
- 5- Craig. H (1961) Isotopic variations in meteoric water. Science J 133:1702–1703
- 6- Etcheverry . D (2002) Valorisation des methodes isotopiques pour les questions pratiques liees aux eaux souterraines [Evaluation of isotopic methods for groundwater investigation].
- 7- Floegel.H (1976) Report on the Groundwater Salinty in the Mutrad area,GWA Libya.
- 8- Kim.Y,Others (2003) Hydrogeochemical isotopic evidence of ground water salinization in a coastal aquifer: a case study in Jeju volcanic island, Korea.
- 9- Maliki. MA (2000) Hydrogeological, hydrochemical and isotopic study of the Sfax aquifer system (Tunisia). PhD thesis, University of Tunis.
- 10- Trabelsi R, Zairi M, Ben DhiaH (2007) Groundwater salinization of the Sfax superficial aquifer, Tunisia. Hydrogeol J

- 11- Trabelsi .R , Otheres (2011) Groundwater salinization processes in shallow coastal aquifer of Djeffara plain of Medenine, Southeastern Tunisia. Environmental Earth Sciences J.
- 12- Zouari K., Otheres (2005) Chemical and isotopic composition of rain water of the Station of Sfax, Tunisia, Workshop on Chemical and isotopic composition of rain water of some Arab countries, Beirut, Lebanon

