الظروف البيئية للمياه الساحلية لكورنيش مدينة الحديدة: الفيزوكيميائية والأملاح المغذية

مراد علي الصلاحي أستاذ مساعد في قسم كيمياء البحرية والتلوث

كلية علوم البحار والبيئة- جامعة الحديدة - اليمن.

alsalahimurad@gmail.com

ISSN:2710-1282 (Online) ISSN:2710-1290 (Print)

المستخلص

تتميز المياه الساحلية بخصائصها الفيزيائية والكيميائية المعقدة، والأملاح المغذية تعتبر من أهم المصادر الاساسية للعمليات البيولوجية والكيميائية في المحيطات وأنسجة الكائنات البحرية.

هذه الدراسة ركزت علي الملوثات الناجمة عن الصرف الصحي ومخلفات المستشفيات، ولقد أجريت الدراسة على أربع عينات من المياه الساحلية لمحافظة الحديدة اليمنية التي تتعرض للتلوث الحاد بواسطة مياه المجاري غير المعالجة والملوثات الصناعية المختلفة، وأخذت العينات وتم قياسها بمختلف الأجهزة بالطرق الفيزوكيميائية. وحصلت علي النتائج أن متوسط درجة الحرارة ٢٩,٥٠ C° بينما متوسط كل من تركيز الكلوريد ٢٠,٣٠ L/gm والأس الهيدروجيني٨,٧، بينما كانت الملوحة ٣٧ ‰ ومعدل تركيز الأكسجين الذائب (OD) في العينات 5.69 mg/L وأيضاً متوسط تركيز المتطلب الحيوي الأكسجيني (BOD_5) ١,٨. ووجدت أن قيم تراكيز الأملاح المغذية بمتوسط تراكيز النترات ٣,٥٠ L/gm ومتوسط تركيز النتريت ٠,٠٢ L/gm ومتوسط تراكيز الفوسفات ١,٢٦ L/gm وبينما متوسط تركيز السيليكات 0.16 mg/L.

وكما دلت الدراسة على أن وجود قيمة عالية لتراكيز الأملاح المغذية في المياه مما يدل على التلوث الناتج عن مياه الصرف الصحي وصرف المستشفى التي تصرف إلى البيئة البحرية قد وجدت علاقة عكسية بين الأكسجين الذائب والمتطلب الحيوي، مما يدل على أن هناك بكتيريا تستهلك DO الذائب في البحر، وأظهرت نتائج الدراسة أنها ذات أهمية لكونها تعطي معلومات أساسية لضرورة إجراء مثل هذه الدراسات علي المنطقة ومع ضرورة معالجة مياه الصرف الصحي قبل صرفها إلى البيئة للحد من زيادة تراكيز الملوثات حتى تظل السواحل اليمنية نظيفة وخالية من التلوث.

كلمات دالة: الظروف البيئية، الأملاح المغذية، الأكسجين الذائب، الملوحة.

المقدمة:

نظراً للنمو السكاني المتواصل والتوسع العمراني للمدن والقرى المطلة على ساحل البحر الأحمر، وما يترتب عليه من احتياجات ومخرجات قد تؤثر على البيئة البحرية، فكان من الواجب الاهتمام بدراسة تأثير مياه الصرف الصحي (منزلي وصناعي) التي تعد أحد الأسباب الخطيرة التي تؤثر تأثيراً مباشراً على البيئة البحرية.

وتستقبل مياه ساحل الكورنيش الجنوبي لمدينة الحديدة الملوثات المختلفة التي تحتوي على كميات كبيرة من مخلفات المجاري المنزلية والصناعية ...الخ، وهذا يؤدي إلى الإخلال بالبيئة الساحلية وينتهي بالتأثير الضار على نوعية مياه البحر ورواسبه وبالتالي على حياة الكائنات البحرية، ومن أهمها الأسماك التي تمتص هذه المواد الكيميائية الغنية بالعناصر السامة مثل الرصاص، وبالتالي تصبح هذه الثروة السمكية ملوثة.

إن مشكلة تلوث البيئة تعد من أهم المشاكل الخطيرة على الكائنات البحرية ومن أمثالها الأسماك والأعشاب والطحالب البحرية، وقد تنتقل هذه الملوثات إلى الإنسان عن طريق التغذي على الكائنات الملوثة (UNEP, 1999).

ويتعرض شاطئ الحديدة على ساحل البحر الأحمر بالجمهورية اليمنية لتلوث حاد من مخلفات الصرف الصحي والصرف الصناعي وبعض الأنشطة البشرية، وبالإضافة إلى الزيادة السكانية وما تضيفه من أعباء أخرى في بيئة البحر الأحمر (UNEP, 2005) and Abu Baker, 1995.

وبالنسبة لدرجة الحرارة توجد علاقة طردية ما بين درجة حرارة الهواء ودرجة حرارة المياه السطحية، تكون درجة الحرارة للمياه السطحية أكبر من C° ٢٥ في فصل الشتاء (ديسمبر- فبراير) إلى أكبر من C° ٣٠ في فصل الصيف (يونيو- سبتمبر)، ويحدث تغير فصلي في منطقة درجة الحرارة القصوى؛ بحيث تكون أوسع في الصيف، ويعزى هذا التغير الفصلي Seasonal Change إلى الرياح الموسمية، وخاصة في فصل الشتاء عندما تهب الرياح الجنوبية الشرقية على البحر الأحمر باتجاه منطقة الحرارة القصوى، بينما في فصل الصيف تكون الرياح الشمالية الغربية هي السائدة في المنطقة بأكملها (IOC, 2004 and UNEP, 2001).

يتميز البحر الأحمر بكونه أكثر مياه البحار والمحيطات ملوحة في العالم، وتعتبر الملوحة فيه أعلى بكثير مما هي عليه في المحيطات المفتوحة (Open oceans) الواقعة ضمن نفس خطوط العرض، فالمياه السطحية تتدرج ملوحتها من ‰ ٤٠-٤١ عند جنوب شبه جزيرة سيناء في شمال البحر الأحمر إلى أقل من ‰ ٣٦ قرب جزيرة بريم في جنوبه، وتكون الملوحة في كل مواقع البحر الأحمر أعلى في فصل الصيف مما هي عليه في فصل الشتاء، وينخفض التغير الفصلي في الملوحة في الشمال ‰ ١ إلى حولي ‰ ٠,٥ في الجنوب ويعزى التدرج في الملوحة باتجاه الشمال إلى التبخر بينما في الجنوب

ISSN:2710-1282 (Online) ISSN:2710-1290 (Print)

يحدث خلط Mixing مع مياه خليج عدن ذات الملوحة الأقل الداخلة عبر باب المندب (UNEP, 2001).

يتأثر تركيز الأكسجين الذائب في مياه البحر الأحمر بعدة عوامل، منها درجة الحرارة والملوحة والدوران العمودي والأفقي والفعاليات الحيوية، يكون تركيز الأكسجين عند السطح مقارباً لمستوى التشبع (Saturation). وخلال الشتاء يتراوح تركيز الأكسجين في المياه السطحية من ٤,٤ mg/L إلى ٤,٩، ويكون التركيز في الجزء الشمالي من البحر الأحمر أعلى مما هو عليه في الجزء الجنوبي عموماً.

وتلاحظ أدنى التركيزات في المياه السطحية في الجزء الوسطي من البحر الأحمر، التركيزات العالية للأكسجين تعزى إلى انخفاض درجة الحرارة النسبي وإلى التركيب الضوئي، وتلاحظ منطقة ذات تركيز أدنى من الأكسجين (Oxygen minimum zone) متوافقة مع منطقة درجة الحرارة العظمى السطحية في وسط البحر الأحمر في الصيف، تنخفض تراكيز الأوكسجين في الطبقة السطحية بالمقارنة مع فصل الشتاء بسبب إرتفاع درجة الحرارة وملوحة المياه السطحية وتصل إلى ٣,٩ - ٤,٨ mg/L.

عناصر الأملاح المغذية النتروجين والفوسفات والسليكون بصورها المختلفة (نترات NO_3^- ونتريت NO_2^- والأمونيوم NH_4^+ والفوسفات PO_4^{3-} والسليكات SiO_2^- ....الخ) ضرورية لنمو وإنتاجية الهائمات النباتية، وبصورة عامة وجد أن مياه البحر الأحمر فقيرة بالمغذيات وخاصة بعيداً عن الشواطئ (في المياه المفتوحة) وكذلك بالمقارنة مع خليج عدن ونلاحظ فروقات في توزيع المغذيات في شمال البحر الأحمر وجنوبه، وفروقات مع تغير العمق وفروقات فصلية، وأن تركيز المغذيات خلال عمود الماء في جنوب البحر الأحمر أعلى مما هو عليه في الوسط والشمال وسبب ذلك أن جنوب البحر الأحمر يتأثر بالمياه الداخلة (Inflow) والغنية بالمغذيات من خليج عدن ضمن الطبقة الوسطية خلال الصيف. بصورة عامة فإن إنتاجية البحر الأحمر فقيرة نسبياً وبخاصة في عمود الماء؛ حيث يوجد طبقتا الثرمو كلين والهالوكلين التي تمنع إعادة تدوير (Recycling) المغذيات من المياه العميقة إلى المنطقة المضاءة (Euphotic zone) كما أن المغذيات الداخلة للبحر عن طريق السطح (Run off) قليلة جدا، تزداد الإنتاجية الأولية كلما اتجهنا جنوباً وتتبع نمط توزيع المغذيات بالإضافة إلى ذلك الهائمات الحيوانية والنباتية (NEP, 2003).

بناءً على ذلك قمنا بدراسة بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لمياه شاطئ مدينة الحديدة (درجة الحرارة والعكارة والتوصيلية الكهربائية والأملاح الذائبة الكلية والملوحة والأوكسجين الذائب والاس الهيدروجيني) فضلاً عن تراكيز بعض الأملاح المغذية كالنتريت (NO_2^-) والنترات (NO_3^-) والفوسفات (PO_4^{3-}) والسلكيات (SiO_2^-)

مجلة تهامة - العدد الثالث عشر (يناير – يونيو ٢٠٢١م) نيابة الدراسات العليا والبحث العلمي - جامعة الحديدة www.tehama-journal.com
ISSN:2710-1282 (Online) ISSN:2710-1290 (Print)

لأهمية هذه العناصر في نمو النباتات التي تتواجد بتراكيز متدنية في مياه البحر؛ لتقويم التلوث وحالة الإثراء الغذائي.

إنّ الهدف من هذه الدراسة هو توضيح مدى التلوث بالصرف الصحي والأنشطة البشرية التي يتعرض لـه شاطئ الحديدة والمقارنة مع دراسات أخرى.

خطوات و طرق العمـــــل:

١- وصف منطقة الدراسة:

تقع مدينة الحديدة الساحلية في الجانب الغربي من الجمهورية اليمنية، وتمتد على الشريط الساحلي الغربي لليمن المطل على ساحل الجزء الجنوبي الشرقي للبحر الأحمر بين خطي طول E° ٤٢-٤٣ جرينتش وبين خطي عرض N° ١٤-١٦ شمال خط الإستواء. منطقة جمع العينات تم اختيارها من المنطقة الشاطئية (الشكل١) التي تتركز فيها أغلب النشاطات المختلفة (كالسباحة والصيد والصرف الصحي وعمليات الردم وغيرها...) لمدينة الحديدة التي يصرف إليها الكم الهائل من الملوثات، تم اختيار أربع محطات في منطقة الدراسة لجمع عينات المياه (المحطة ١ خلف مبني الإذاعة والمحطة ٢ بجوار فندق فورسيزون بينما المحطة ٣ بجوار سور الكلية البحرية وكانت المحطة ٤ في الجبانة) وأجريت عليها التحاليل اللازمة كما يوضح الشكل رقم ١.

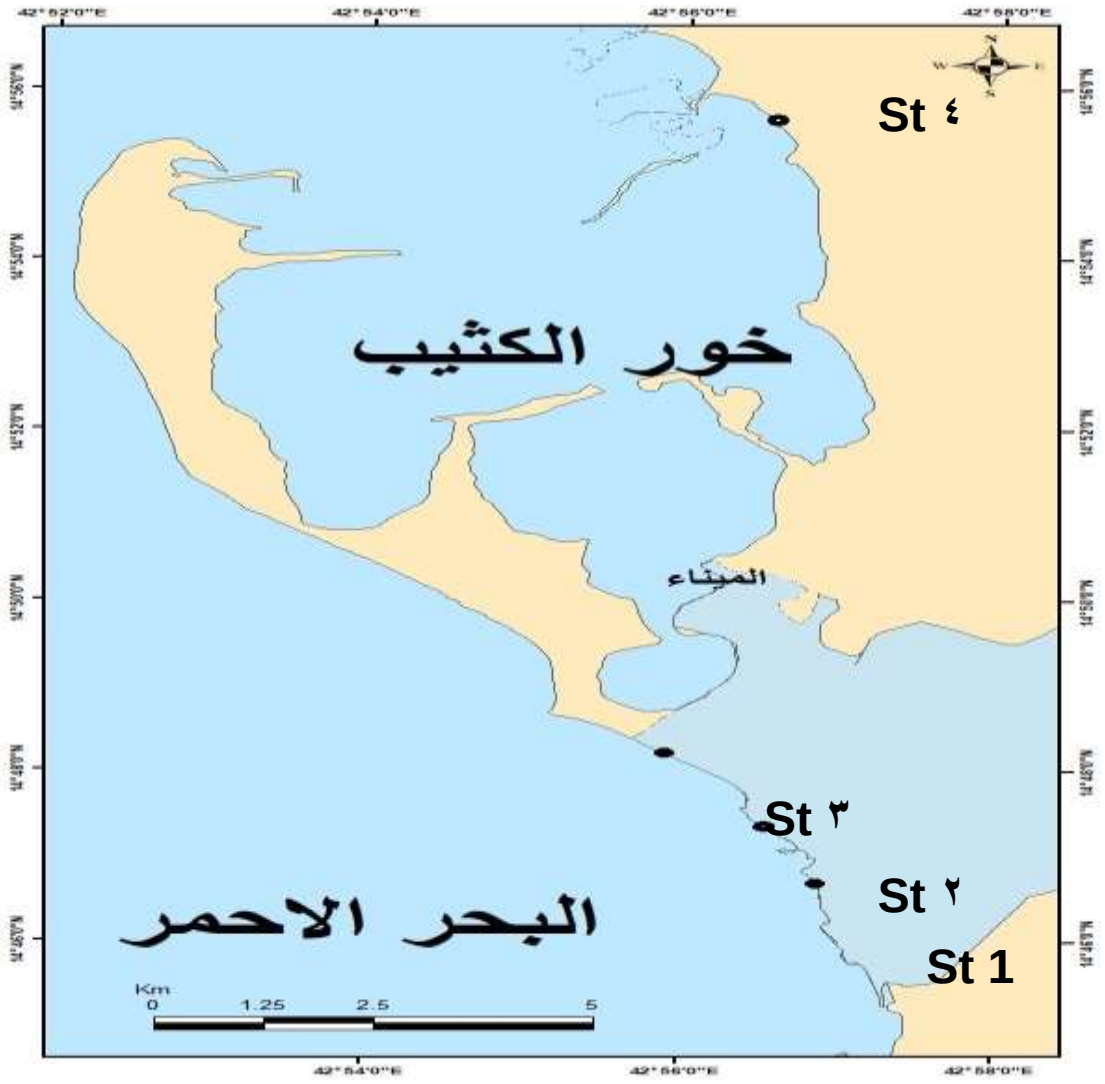
٢- جمع العينات:

جمعت العينات من المناطق الساحلية لكورنيش مدنية الحديدة في شهر ديسمبر ٢٠١٩ بواسطة قناني زجاجية معتمة وبلاستكية نظيفة سعة ٥٠٠ مللتر، وتم قياس درجة حرارة المياه بواسطة الترمومتر الزئبقي المدرج في منطقة الجمع، كما تم قياس الأس الهيدروجيني pH وتوصيلية الكهربائية (Electrical Conductivity; C E) والأكسجين الذائب (DO) والمتطلب الحيوي الأكسجيني (BOD_5) والعكارة والمواد العالقة الكلية والملوحة والكلوريد والأملاح المغذية مثل NO_3^- و NO_2^- وPO_4^{3-} و SiO_2^- معملياً اعتماداً على الطرق القياسية (MOOPAM, 1999).

٣- التحاليل الإحصائية:

تمت معالجة النتائج إحصائياً باستخدام برنامج SPSS الإصدار ١٨ باستخدام تحليل التباين لتحديد أقل عدد من العوامل التي بواسطتها يقاس معامل الارتباط بين المتغيرات الفيزيائية والكيميائية والمغذيات والملوحة ومنها تحقيق أكبر علاقات بين أقل عدد ممكن من العوامل.

ISSN:2710-1282 (Online) ISSN:2710-1290 (Print)



الشكل (١) مواقع جمع العينات المدروسة لساحل مدينة الحديدة.

النتائج والمناقشة:

١- <u>الخواص الهيدروكيميائية:</u>

تحصلت نتائج الدراسة الحالية لتحليل أربع عينات لمياه ساحل مدينة الحديدة كما هو موضح في الجدول رقم (١).

ISSN:2710-1282 (Online) ISSN:2710-1290 (Print)

جدول (1): القياسات المختلفة للخواص الفيزيائية والكيميائية والأملاح المغذية العينات المدروسة.

رقم المحطة	St 1	St 2	St 3	St 4
خط الطول	14º 46` 42"	14º 47` 49 "	14º 48' 23 "	14º 55` 57 "
خط العرض	42º 56` 52 "	42º 56` 22 "	42º 55' 43 "	42º 56` 60 "
درجة الحرارة	٣٠	٣٠	٣١	٢٧
العكارة	٢٠,٥٦	١٥,٤٦	١٨,٣١	١٢,٥
التوصيلية الكهربية (E C)	٥١١٠٠	٤٧٦٠٠	٤٨٠٠٠	٤٧٤٠٠
المواد العالقة الكلية (TDS)	٣٣,٢٢	٣٠,٩٤	٣١,٢	٣٠,٨١
الأس الهيدروجيني (pH)	٧,٨٥	٧,٨١	٧,٧٦	٧,٧٥
الكلوريد (Cl)	٢٠,٥٠	٢٠,٤٠	٢٠,٣٠	٢٠,٢٦
الملوحة (‰)	٣٧,٠٠	٣٦,٨٠	٣٦,٨١	٣٦,٦٠
الاوكسجين الذائب (DO)	٥,٦٢	٥,٦٩	٥,٧١	٥,٧٧
المتطلب الحيوي الأكسجيني	١,٦	١,٦	٢,٠٠	٢,٢٠
نتريت (NO_2^-)	٠,٠٣	٠,٠٣	٠,٠٢	٠,٠١
نترات (NO_3^-)	٥,٢٠	٣,٠٨	٣,٠١	٣,٠٠
فوسفات(PO_4^{3-})	٠,٠٢	١,٨٧	١,٨٣	١,٣٤
سيليكات (SiO_2^-)	٠,٢٠	٠,١٨	٠,١٦	٠,١٠

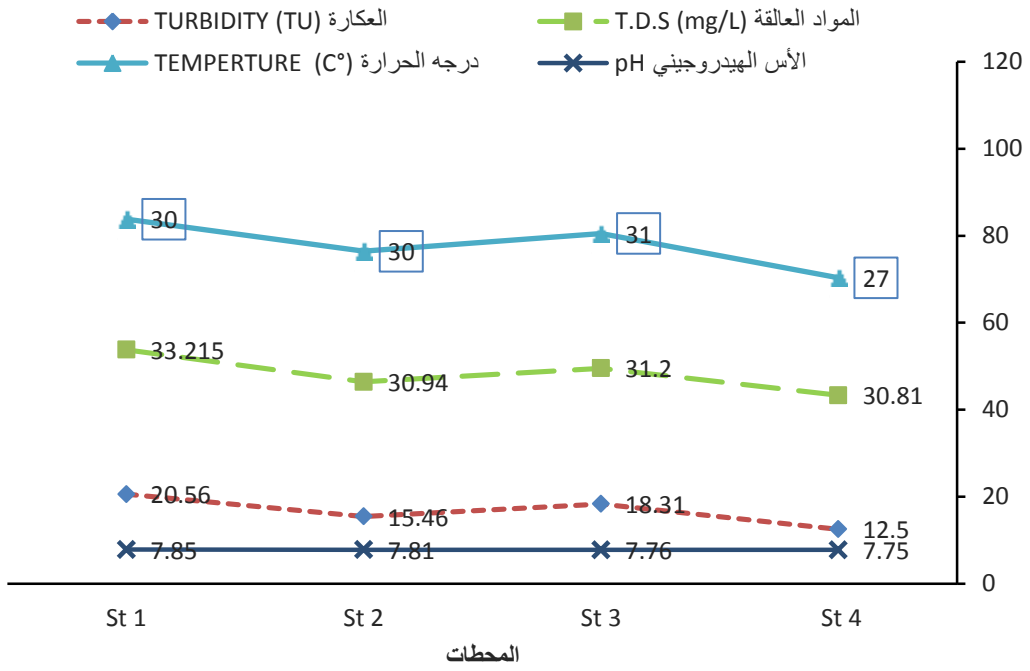
* درجة الحرارة (C°)، العكارة (NTU)، التوصيلية الكهربية (Mohs) ، المواد العالقة الكلية (mg/L)، الكلوريد(mg/L) ، الملوحة ‰، الاكسجين الذائب والمتطلب الحيوي الاوكسجيني (BOD) بوحدة (mg/L)، نتريت ونترات وفوسفات و سيليكات (mg/L).

الشكل رقم (٢) يوضح العلاقات بين الخصائص الفيزيائية في المحطات، درجة حرارة المياه للعينات تراوحت ما بين ٣١-٢٧ C° وبمتوسط ٢٩,٥ C° حيث وصلت أعلى قيمة لدرجة حرارة مياه البحر في المحطة ٣ C° 31 بينما وصلت أدنى قيمة لدرجة الحرارة في المحطة ٤ C° ٢٧.

تمثل درجة الحرارة عاملاً مهما في التوازن البيئي القائم من خلال تأثيرها على كثافة ولزوجة الماء ومعدل إنحلال الغازات فيه وسرعة التفاعلات الكيميائية والحيوية التي تؤثر

ISSN:2710-1282 (Online) ISSN:2710-1290 (Print)

بمجموعها في عمليات التنقية الذاتية للمياه والأحياء المائية، وأن كمية الأملاح والغازات الذائبة الموجودة في المياه تتأثر بدرجة الحرارة فزيادة درجة الحرارة لمياه البحر تفاديها زيادة في نسبة التبخر للمياه وزيادة في تركيز الأملاح مثل كلوريد الصوديوم وكربونات الكالسيوم وتتناقص ذوبانية ومحتوى الغازات في الماء.



الشكل (٢): يوضح العلاقة مابين الخواص الفيزيائية في المياه الساحلية للمحطات المدروسة.

والعكارة في عينات مياه البحر في منطقة الدراسة تراوحت بين NTU ٢٠,٥٦ - ١٢,٥، ومتوسط بمعدل NTU ١٦,٧ حيث وصلت أعلى قيمة لعكارة الماء في المحطة ١ NTU ٢٠,٥٦ نتيجة لصرف مياه الصرف الصحي في المحطة ١ و كانت أدنى قيمة للعكارة في المحطة ٤ NTU ١٢,٥ كما هو موضح في الشكل رقم (2).

العكارة مؤشر مهمٌ للدلالة على مدى صفاء الماء فعندما يكون الماء غير صاف ولا يسمح بمرور الضوء بشفافية تامة فذلك يدل على احتواء الماء على رواسب ومواد غير منحلة معلقه تسبب تعكر عمود الماء كما يمكن لهذه الجزيئات أن تمتص ملوثات أخرى أو فلزات على سطح أو ضمن الجزيئات الغروية المعلقة المسببة للعكارة (El-Hage et al., 1998).

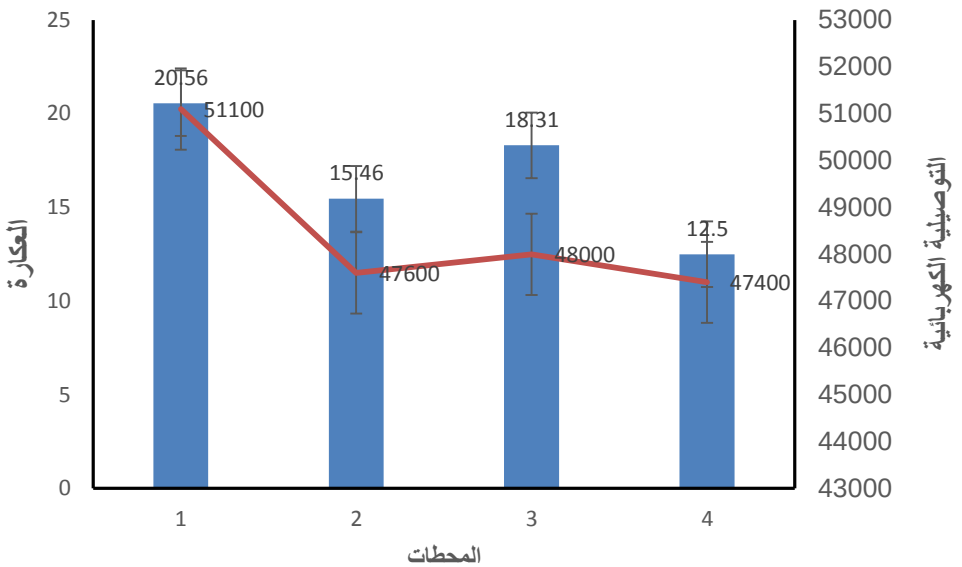
قيم ال pH لمياه البحر في منطقة الدراسة تراوحت ما بين pH ٧,٨٥ - ٧,٧٥ بمتوسط pH ٧,٨ حيث كانت أعلى قيمة pH في المحطة ١ (٧,٨٧) وأدنى قيمة في المحطة ٤ pH (٧,٥٧).

مجلة تهامة - العدد الثالث عشر (يناير – يونيو ٢٠٢١م) نيابة الدراسات العليا والبحث العلمي - جامعة الحديدة www.tehama-journal.com
ISSN:2710-1282 (Online) ISSN:2710-1290 (Print)

ويعود سبب انخفاض قيم الأس الهيدروجيني في المحطات المدروسة إلى انخفاض كمية الأكسجين المستخدم في عملية الأكسدة التي تنتج ثاني أوكسيد الكربون في الماء مما يؤدي إلى زيادة الوسط الحامضي وبالتالي تنخفض قيمية الأس الهيدروجين، وتتغير قيم pH للمياه في المياه الساحلية ومناطق الدوران المحدود والعمليات الطبيعية مثل الإنتاجية الأولية وتحليل المواد العضوية (El-Sayed,1988).

وتتراوح قيمة التوصيلية الكهربائية لعينات المحطات المدروسة ما بين Mohs ٥١١٠٠ - ٤٧٤٠٠، وبمعدل متوسط Mohs ٤٨٥٠٠، حيث وصلت أعلى قيمة للتوصيل الكهربائي في المحطة ١ Mohs ٥١١٠٠ وكانت أدنى قيمة للتوصيل الكهربائي في المحطة ٤ Mohs ٤٧٤٠٠، و يعزى سبب ارتفاع قيمة التوصيل الكهربائي في المحطة ١ إلى تصريف مياه الصرف الصحي في المنطقة.

تعرف التوصيلية بأنها قيمة عددية تشير إلى قابلية الماء على حمل التيار الكهربائي، تحتوي المياه الطبيعية على تراكيز خفيفة من الأملاح المعدنية، وبالتالي تشارك في التوصيلية الكهربية (C E) وتتنج التوصيلية العالية في الوسط المائي عن زيادة في هذه الأملاح التي تصل للمياه من مصدر طبيعي (طبيعة صخور الحوض أو المجرى المائي) أو من مصدر بشري (بفعل بشري) نتيجة مياه الصرف المطروحة ضمن المجرى المائي (UNPE, 2005). وقد وجدت علاقة الطردية بين التوصيلية الكهربائية والعكارة فكلما كانت المواد الصلبة الذائبة عالية كلما زادت التوصيلية الكهربائية كما موضح في الشكل رقم (٣).



الشكل (٣): العلاقة ما بين التوصيلية الكهربية والعكارة.

ISSN:2710-1282 (Online) ISSN:2710-1290 (Print)

تتراوح قيم TDS في العينات المدروسة ما بين ٣٠,٨١-٣٣,٢١ mg/L، وبمعدل متوسط ٣١,٥٤mg/L، حيث إن أعلى قيمة T.D.S سجلت في المحطة ١ ٣٣,٢١ mg/L نتيجة لصرف مياه الصرف الصحي في المنطقة وما تحمله من مواد عالقة، وكانت أدنى قيمة T.D.S سجلت في المحطة ٤ ٣٠,٨١ mg/L. يقصد بها المواد الذائبة في الماء التي لا يمكن ترشيحها من خلال المرشح وتترجم أحياناً (المتبقيات، الصلبة) تعتبر هذه المواد من العوامل المؤثرة الرئيسية في أنظمة البيئة المائية وهي تمثل تعبيراً عن ملوحة الماء لأنها عبارة عن أملاح ذائبة في الماء تترسب أو تتبقى بعد تبخر الماء.

ووجدت قيم الملوحة في عينات المياه الساحلية ما بين أعلى قيمة ٣٧ ‰ وأقل قيمة ٣٦,٦ ‰ وبمعدل متوسط ٣٦,٨ ‰ كما في الجدول (١)، وهذه النتيجة متوافقة مع الدراسة التي أجريت في منطقة جده بالمملكة العربية السعودية (El-Rayis and Moammar,1998). وتراوحت قيم الكلوريد في العينات المدروسة ما بين mg/L ٢٠,٥ – ٢٠,٢ وبمعدل متوسط ٢٠,٣ mg/L حيث كانت أعلى قيمة CL في المحطة ١ (٢٠,٥ mg/L) وأدنى قيمة في المحطة ٤ (٢٠,٢ mg/L) كما في الجدول (١).

حيث جاءت الزيادة في تركيز الكلوريد في المحطات نفسها التي لها تركيز ملوحة مرتفعة، وكذلك كانت تركيز الكلوريد منخفضة في المحطات التي لها قيم ملوحة منخفضة، و يعزى هذا التشابه في تركيز الكلوريد والملوحة إلى أن ملح كلوريد الصوديوم NaCl هو الكاتيون الرئيسي في مياه البحر وهو المسبب للطعم المالح في المياه عالية الملوحة (El-Rayis and Moammar,1998).

تراوحت قيم DO في عينات المحطات المدروسة في منطقة الدراسة ما بين mg/L (٥,٧٧ -٥,٦٢) حيث سجلت أعلى قيمة في المحطة ٤ mg/L (٥,٧٧) وكانت أدنى قيمة DO في المحطة ١ mg/L(٥,٦٢) كما يتضح في الجدول (١)، ويعزى انخفاض قيمة DO في المحطة ١ إلى الصرف الصحي غير المعالج في المحطة. ووجد أن تراوح قيم المتطلب الحيوي الأكسجيني في منطقة الدراسة ما بين mg/L (١,٦ – ٢,٢)، بمتوسط mg/L (١,٨)، وكانت أعلى قيمة للمتطلب الحيوي للأكسجين BOD في المحطة ١ والمحطة ٢ mg/L (١,٦) وكانت أقل قيمة للمتطلب الحيوي الأكسجيني في المحطة ٤ وكما يتضح في الجدول (١). ويعزى ارتفاع قيمة الـBOD في المحطات (١ و ٢) إلى وجود كميات من المواد العضوية المطروحة عبر أنابيب الصرف الصحي إلى المنطقة، ويتضح من خلال التراكيز أن هناك علاقة عكسية ما بين DO و BOD نتيجة لاستهلاك الأكسجين الذائب للمياه الساحلية لكورنيش محافظة الحديدة، نتيجة لوجود أعداد كبيرة من البكتيريا، ويعود السبب في ذلك لوجود مواد عضوية في مناطق الدراسة وتظهر مؤشرات التلوث الجرثومية (El-Rayis and Moammar,1998).

ISSN:2710-1282 (Online) ISSN:2710-1290 (Print)

٢- تراكيز الأملاح المغذية:

وُجِدَ أن تراكيز النترات في المنطقة المدروسة تتراوح مابين ٥,٢ mg/L – ٣ بمعدل بمتوسط ٣,٥ mg/L. وكانت أعلى قيمة للنترات في المحطة ١ (٥,٢ mg/L) بينما أدنى قيمة في المحطة ٤ (٣ mg/L)، كما يتضح من الجدول (١) الشكل رقم (٤) يوضح النسبة المئوية لكل مكونات الأملاح المغذية. النسبة المئوية للنترات عالية في المحطة الأولى والمحطة الثانية والمحطة الثالثة (٣٦% و٣٥% و ٣١% على التوالي)، ويرجع سبب ارتفاع تركيز النترات إلى ارتفاع درجة الحرارة ونتيجة الصرف الصحي غير المعالج والصرف من المستشفيات والصرف الصناعي مما يزيد من عملية النمو للهائمات النباتية والحيوانية (El-Rayis, 1998).

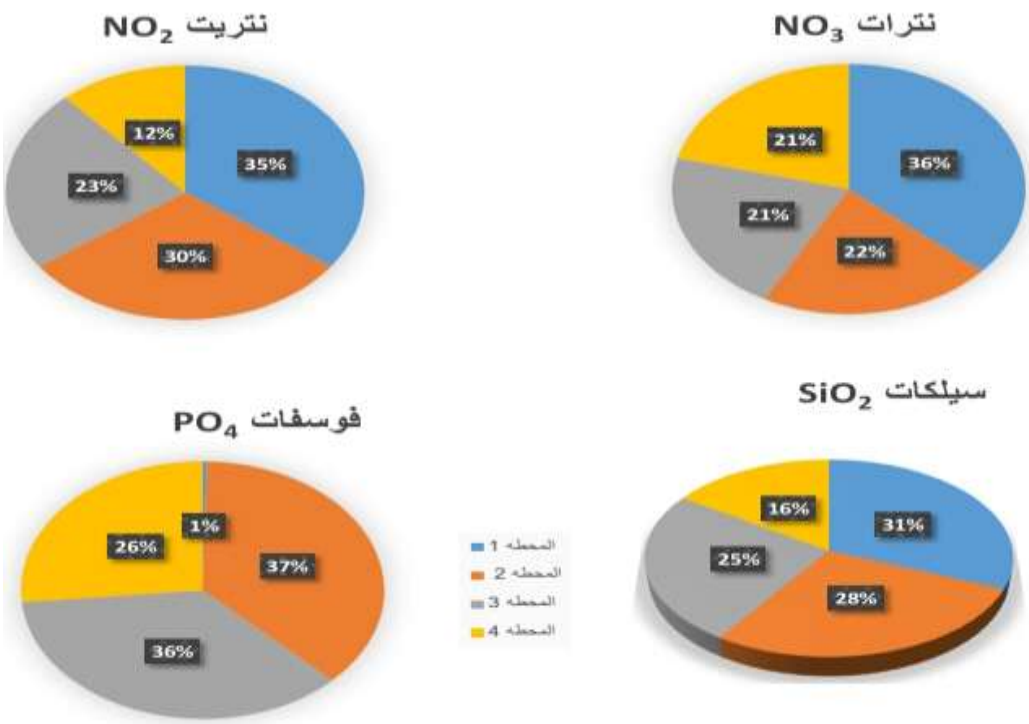
بينما تركيز النتريت في العينات المقاسة أعلى قيمة تركيز ٠,٠٣ mg/L وأدنى قيمة تركيز ٠,٠١ mg/L وبمعدل متوسط ٠,٠٢ mg/L. بينما النسبة المئوية للنتريت فهي تتراوح مابين ١% إلى ٢١% ويعود سبب انخفاض تراكيز النتريت أيضاً إلى درجة الحرارة خلال فصل الشتاء والتيارات والأمواج البحرية. ويرجع السبب إلى أكسدة الأمونيوم إلى مركبات النيتروجين (الأمونيا والنترات ونتريت) بواسطة أنواع مختلفة من البكتيريا بوجود الأكسجين الذائب. وكذلك يعود السبب إلى زيادة عملية البناء الضوئي وزيادة الاستهلاك من قبل الكائنات الدقيقة (Al-Farawati et al., 2008).

وبالنسة للفوسفات في العينات المقاسة تتراوح ما بين ٠,٠٢ mg/L – ١,٨٧ وبمعدل متوسط تركيز ١,٢٦ mg/L، حيث كانت أعلى قيمة للفوسفات في المحطة ٢ (١,٨٧ mg/L) وأدنى قيمة في المحطة ١ (٠,٠٢ mg/L). ويلاحظ أن النسبة المئوية لفوسفات تتراوح مابين ٢١%-٣٦%، ويعزى ارتفاع الفوسفات إلى تأثير مياه الصرف الصحي وصرف المستشفيات ومن مخلفات الأدوية ومرفأ ميناء الصيد ومصادر أخرى (El-Rayis and Moammar, 1988). والسبب في هذا الارتفاع هو وجود المنظفات الصناعية المحتوية على الفوسفات التي تستخدم بكثرة هذه الأيام، واستنادا إلى النسبة N:P:C في مياه البحرية هي النسبة 16:1:106.

ووجدت أن تراكيز السيليكيات في العينات المدروسة ما بين (٠,١٠ mg/L - ٠,٢٠ mg/L) بمعدل متوسط (٠,١٦ mg/L) حيث كانت أعلى قيمة للسلكيات في المحطة ١ (٠,٢ mg/L)، وكانت أدنى قيمة للسليكيات في المحطة ٢ (٠,١ mg/L). بينما النسبة المئوية تتراوح مابين ١٦% إلى ٣١% وجدت أنها مرتفعة في أغلب المحطات ويرجع سبب الارتفاع إلى ذوبان الأصداف والقواقع والكائنات الدقيقة كالراديولاريا والصخور

ISSN:2710-1282 (Online) ISSN:2710-1290 (Print)

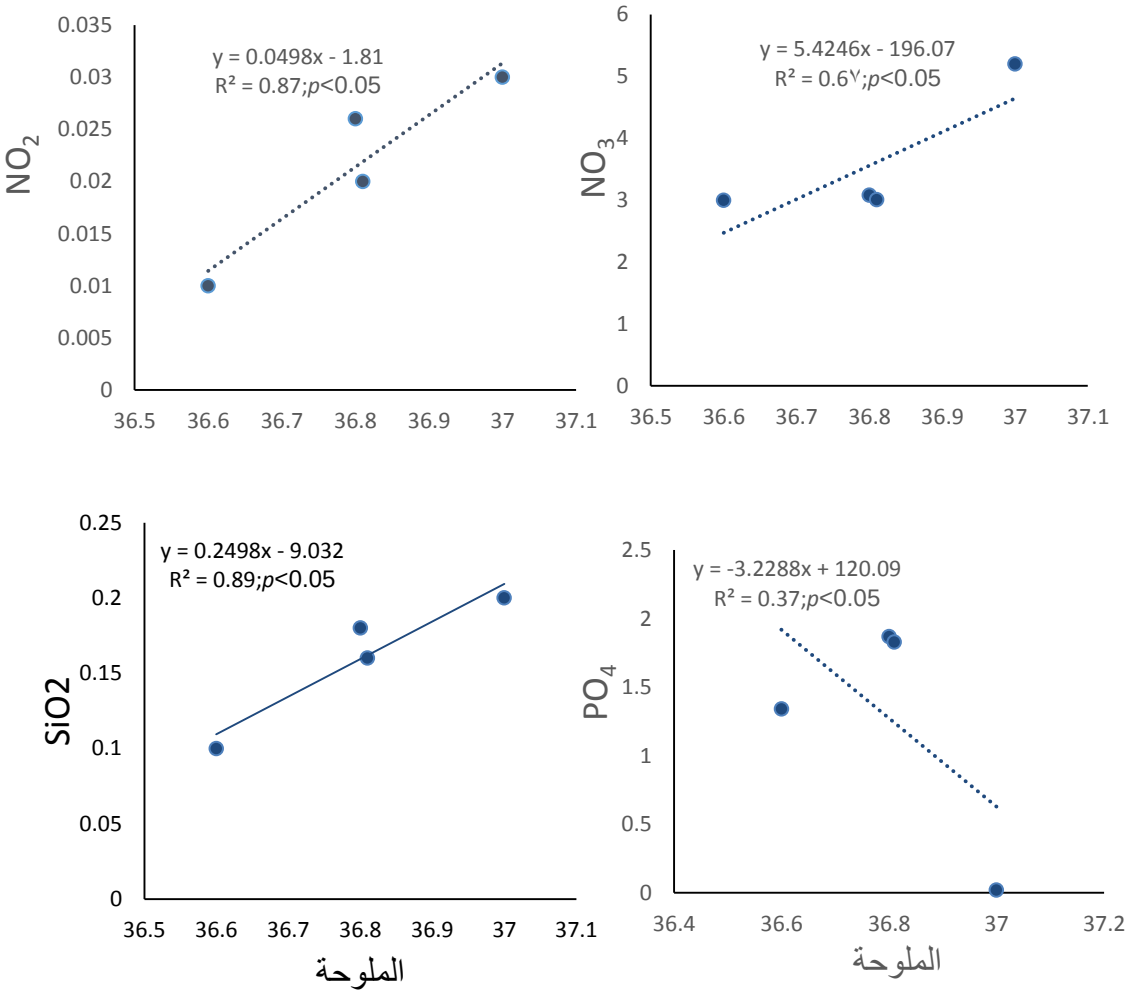
المحتوية على السيلكات بفعل الأمواج والتيارات البحرية التي تصرف إلى البيئية البحرية مباشرةً من دون رقابة.



الشكل (٤): يوضح متوسط تراكيز الأملاح المغذية للمحطات في ساحل مدينة الحديدة.

٣- العلاقة مابين الأملاح المغذية والملوحة:

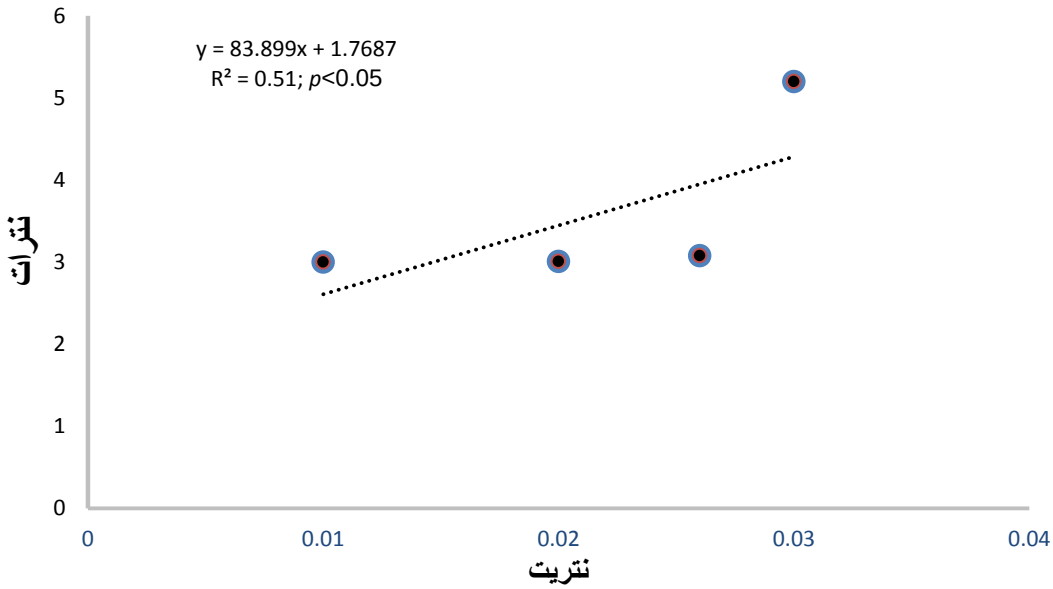
يوضح الشكل (5) بوجود علاقة طردية بين الملوحة والنترات (R^2=0.87; p<0.051) والنتريت (R^2=0.67; p<0.05) والسيلكات (R^2=0.89; p<0.05) بينما على العكس توجد علاقة عكسية بين الملوحة والفوسفات (R^2=0.37; p<0.05). وهذا يتفق مع الدراسات السابقة التي أجريت علي طول ساحل البحر الأحمر من قبل الباحثين في مجال علوم البحار(El-Rayis,1998 و El-Sayed, 2002 و El-Rayis and Moammar,1998 وAl-Farawati et al., 2008). وهذا يعزى إلى الملوحة الكلية الذائبة وهي عبارة عن المكونات الكاتيونات (Na^+,Mg_2^+,Ca_2^+,.....) والأيونية (SO_4^{2},F^-, Cl^-, HCO_3^-,....) وكذلك الأملاح المغذية وهي التي تتحكم بشكل أساسي بالصفات الكيميائية التي تتكون منها المياه البحرية والتلوث بالصرف الصحي والمنظفات الصناعية تزيد من ملوحة المياه.



شكل (٥): يوضح العلاقة مابين الأملاح المغذية (النترات والنتريت والفوسفات والسيليكيات) والملوحة.

الشكل (6) يوضح أن هناك علاقة ما بين النترات والنتريت (R^2=0.50; p<0.05) وهي علاقة طردية، وأن هذه العلاقة تكون محافظة على اتزانها في متوسط تراكيزها والمتغيرات في الخصائص الكيميائية و البيولوجية التي تؤدي إلى سلوك محافظ للظروف البيئية في المنطقة (Al-Farawati et al., 2008).

ISSN:2710-1282 (Online) ISSN:2710-1290 (Print)



الشكل (٦) يوضح العلاقة بين النترات والنتريت.

٤- مقارنة تراكيز الأملاح المغذية مع مناطق مختلفة لمياه البحر الأحمر

الجدول (٢) يوضح مقارنة لتركيزات أملاح النتروجين والفوسفات والسيلكات في منطقة الدراسة ومناطق مختلفة علي طول سواحل البحر الأحمر. تراوحت ما بين مناطق محيطية خالية من التلوث Edward and Head, (1987) ومياه شاطئية. فالتركيزات للأملاح المغذية كالنترات والنتريت والفوسفات والسيلكات كانت عالية في أغلب المحطات بالمقارنة مع الدراسات السابقة علي طول سواحل البحر الأحمر ويعزى السبب إلى تعرضه للصرف الصحي بنسبة عالية ومخلفات المجاري الصناعية مما يؤدي إلى إيجاد تركيزات عالية من الأملاح المغذية.

وتوصي هذه الدراسة بضرورة إجراء دراسات أخرى على المنطقة مع ضرورة معالجة مياه الصرف الصحي والمخلفات الصحية والمنظفات الصناعية قبل أن تصرفها إلى البيئة البحرية للحد من زياده تراكيز الملوثات وحتى تظل السواحل اليمنية نظيفة وخالية من التلوث.

جدول (٢): مقارنة التراكيز للأملاح المغذية مع مثيلاتها في البحر الأحمر

المرجع	SiO_4^-	PO_4^{3-}	NO_3^-	NO_2^-	المحطات
Edward and Head, 1987	---	---	0.03-0.20 (µM)	----	Open Waters
Massoud and Fahmy, 1984	----	----	0.01-0.30 (µM)	0.01-0.30 (µM)	Coastal Water (Jeddah)
Al-Malkey, 1998	----	----	0.08-5.08(µM)	2.11 (µM)	Al-Kharrar (Rabigh)
Kandil, 1982	----	----	0.02-1.03 (µM)	----	Hurgada (Egypt)
Al-Ansari, 2000	-----	---	0.12-2.26 (µM)	0.02-0.26 (µM)	Al-Shaeba (Jeddah)
El-Rayis, 1998	---- ----	44-95 (µM) 20-43 (µM)	0.5-3 (µM) 0.1-1 (µM)	0.5-2.7 (µM) 0.1-1.8 (µM)	Arbaeen Lagoon (Jeddah) Al-Shaeba Lagoon (Jeddah)
Al-Somali, 1995	----	1.56-20. (µM)	3.8-12.9 (µM)	0.4-4.2(µM)	Al-Shaeba Lagoon (Jeddah)
Al-Farawati et al., 2008	----	0.06-0.27 (µM) 0.03-0.25 (µM)	0.03-1.16 (µM) 0.03-1.81 (µM)	0.01-0.18 (µM) 0.01-0.19 (µM)	Sharm Obhur in March (Jeddah) Sharm Obhur in June
الامارة و اخرون ٢٠٠٨	1.46-2.70 (µM) 2.80-7.75(µM)	0.14-0.45 (µM) 0.43-1.28 (µM)	4.02-5.45(µM) 0.03-0.92(µM)	0.06-37.35 (µM) 3.62-34.87 (µM)	مياه ساحل المخا (اليمن) فصل الشتاء فصل الصيف
El Sayed, 2002	--------	0.21-74 (µM)	0.54-12.85(µM)	0.09-4.21 (µM)	Al-Arbaeen Lagoon and Al-Shabab Lagoon
El-Sayed et al., 2004	--------	0.26 (µM) 0.96 (µM)	1.58 (µM) 1.33 (µM)	0.09 (µM) 0.12 (µM)	South Corniche, Jeddah (April, 2003) South Corniche, Jeddah (January, 2004)
Okbah et al., 1999	--------	0-0.24 (µM)	0.5-2.62(µM)	0.03-0.15(µM)	Gulf of Aqaba
This Study	0.2-0.18 mg/l	0.02-1.87 mg/l	3-5.2 mg/l	0.01-0.03mg/l	Study Area

ISSN:2710-1282 (Online) ISSN:2710-1290 (Print)

الاستنتاجات:

- ❖ هذه الدراسة التي أجريت بينت أن المصدر الرئيسي للتلوث في ساحل مدينة الحديدة ناتج عن الصرف الصحي والمخلفات الناتجة من المستشفيات والصرف الصناعي التي تصرف إلى البيئة البحرية مباشرةً.
- ❖ يوجد تأثير واضح لميناء الصيد التجاري عند المحطة رقم ١ ميناء الصيد بجوار الإداغة والمحطة ٢ التي تتأثر بالصرف الصحي وذلك نتيجة نشاط الميناء اليومي.
- ❖ المناطق البعيدة عن الأنشطة البشرية تتأثر بحركة المياه والتيارات والأمواج في البحر كما في المحطة رقم ٤ في ساحل الجبانة وتكون أقل تأثيراً من بقية المناطق.
- ❖ وجدت علاقة طردية بين الأملاح المغذية والملوحة ماعدا الفوسفات علاقة عكسية.
- ❖ بمقارنة نتائج الأملاح المغذية مع الدراسات السابقة والمناطق المشابهة في البحر الأحمر وجد أن النتائج ملوثة جداً.

التوصيات:

- الاستمرار في الدراسات المماثلة لهذه الدراسة ومراقبة ورصد مصادر التلوث بالأملاح المغذية.
- العمل على إيجاد حلول مناسبة لتقليل مخاطر إلقاء مياه الصرف الصحي في البحر بدون معالجة.
- توعية المزارعين بضرورة ترشيد استخدام الأسمدة الكيميائية والمبيدات الحشرية حتى لا يزيد ذلك من تلوث البيئة البحرية وزيادة الحمل البيئي عن طريق مياه الصرف الزراعي
- التشديد على أصحاب المصانع بضرورة توفيق أوضاعهم البيئية ومعالجة مخلفات المصانع قبل إلقائها في البحر.
- التوعية البيئية للجماهير عبر وسائل الإعلام المختلفة (تليفزيون، إذاعة، الصحافة، حملات توعية للتلاميذ والطلاب بالمراحل العمرية المختلفة).
- سن القوانين والتشريعات والعمل بها للحد من مصادر تلوث البيئة البحرية بالأملاح المغذية.

ISSN:2710-1282 (Online) ISSN:2710-1290 (Print)

المراجع

- الإمارة، فارس محمد جاسم والسعد، حامد طالب وخلف، طالب عباس (٢٠٠٨). بعض الخصائص الكيمياوية والفيزياوية والأملاح المغذية في مياه ساحل المخا / اليمن ومقارنتها بالخليج العربي، مركز علوم البحار بجامعة البصرة، العراق.
- Abu Baaker, O.A. (1995) The effect of waste oil disposal into the Red Sea. M. Sc. Thesis Univ. of Khartoum.
- AL-Ansari, R, (2000). Distribution of nitrate, nitrite and ammonia in sharam obhur. B.Sc thesis king Abdulaziz university . Saudi Arabia.
- Al-Farawati, R., Al-Maradni, A. and Niaz, R.G. (2008). Chemical Characteristics (Nutrients, Fecal Sterols and Polyaromatic Hydrocarbons) of the Surface Waters for Sharm Obhur, Jeddah, Eastern Coast of the Red Sea. JKAU: Mar. Sci., Vol. 19, pp: 95-119
- AL-Malkey, A.H,(1998). Investigation of pHyscio–chemical characteistics of AL-karrar lagoon. B.Sc thesis. King abdulaziz University. Saudi Arabia.
- AL-Otabi, M, (2000). Surface Disteribution of Nutrients , Salinity , Dissolved Oxygen in the of Al- Shaeba . B.Sc. thesis . King Abdulaziz University . Saudi Arabia.
- AL-Somali, E, (1995). Distribution of Dissolved pHospHorus and Nitrogen Compounds in AL- Arbaeen and AL- Shabab lagoon. B. Sc thesis king Abdulaziz University . Saudi Arabia.
- Edwards, A.J. and Head, S.M. (1987) Key Environments: Red Sea, Pergamon Press, Oxford.
- El Rayis, O. and Moammar, M.O, (1998). Environmintal conditions of Two Red Sea costal Lagoons in Jeddah. 1 Hydrochemistry.
- El Sayed, M.A. (2002) Distribution and Behavior of Dissolved Species of Nitrogen and Phosphorus in Two Coastal Red Sea Lagoons Receiving Domestic Sewage, JKAU: Mar.Sci., 13: 47-73.
- El Sayed, M.A., Basaham, A.S., Rifaat, E.A., Niaz, G.R., Al-Farawati, R. and El-Mamoney, M.H. (2004) Sewage Pollution in the Coastal Area South of Jeddah: The Problem Revisited, KAAU, Final Report.
- El Sayed,M.A.(1988). Contribution to the study of the geochimcal behavior of sometrace elements and Organic matter in the esuarine environment. Case of the Loire estuary and the Rade of Brest pH D thesis, University of west Brittany, Brest,France,P.471 (in frence).
- El-Hage, Ag. D., Gore, P. W., Mishrigi, S. Y and Krupp, F. (1998). Strategic action programme for the Red Sea and Gulf of Aden. Country Report Suden.
- EL–Rayis, O.A, (1998). Environmeutal Conditions of two Red Sea costal lagoons In jeddah .2.nutrients.

ISSN:2710-1282 (Online) ISSN:2710-1290 (Print)

- IOC/GLOSS/PERSGA/ISESCO Technical Mission to Red Sea (TIDE GAUGE OPERATING AGENCIES) (2004). Tide Gauge Network on the Red Sea. Institut National des Sciences et Technologies de la Mer. Salammbô, Tunisia.
- Kandil, M. M., (1982). Hydrographical and chemical studies on the Red Sea waters infront of Hurgada. M.Sc. thesis, Alex. Univ.
- Massoud, A. H. and Fahmy, M. A. (1984). Chemico-pHysical characteristics of the coastal Red Sea waters north of Jeddah, Saudi Arabia. Proc. Symp. Coral Reef Environ. Red Sea, Jeddah, 109-128.
- MOOPAM, (1999). Manual of Oceanographic Observations and Pollutant analysis Methods, ROPME, Kuwait.
- NPA, (2003). Yemen's National Programme of Action for the Protection of the Marine Environment from Land-Based Activities. pp. 1-105.
- Okbah, M.A., Mahmud, TH.H. and El-Deek, M.S. (1999). Nutrient Salts Concentrations in The Gulf of Aqaba and Northern Red Sea, Bull. Nat. Inst., Oceanogr. & Fish., E.A.E., 25: 103-116.
- UNEP, (2005). Red Sea and Gulf of Aden. Regional Sea Programme, Geneva.
- UNEP/PERSGA/ROPME (2001). Overview of the socio-economic aspects related to the management of municipal wastewater in west Asia (including all countries bordering the Red Sea and Gulf of Aden). UNEP Bahrain.

ISSN:2710-1282 (Online) ISSN:2710-1290 (Print)