

Identify the concentration of some heavy metal elements in different types of marine sediments dispersed on Latakia and Banias coast

Dr. Hussam Eddin Karem Laika*
Dr. Samer Ghadeer Ghadeer**

(Received 1 / 11 / 2021. Accepted 27 / 4 / 2022)

□ ABSTRACT □

This research focuses on identifying the concentration of some heavy metal elements (Lead (Pb) & cadmium (Cd)) in different types of marine sediments dispersed along Tartous coastal area using the Atomic Absorption (Atomic Absorption Spectrophotometer: AAS). The samples were collected from regions differ from each other in terms of geographical location and nature of the pollutants.

The results of the research indicate a correlation between the change in the concentration of studied elements (Pb & Cd) and the nature and quality of the sand on one hand, and the different sources of pollution and its role in changing the concentration of these elements values on the other hand.

The concentrations of cadmium values ranged (0.036 - 0.056) mg/kg, and lead (65.53 - 97.27) mg/kg consistent with an increase in the percentage values of the organic matter, and they were respectively (1.52 - 1.98)%, where the concentrations of the studied elements increased in the fine sedimentary samples. To increase the qualitative surface in the sites (St2, St3, & St4 St5) affected by sewage water compared to the rest of the sites ((St1: near the new port of Arwad) (St6: Porto Tartous tourist facility)) with fine sandy and coarse sandy sediments with the presence of straight grit.

The results showed a high contamination factor Cf (Contamination Factor: Cf) in modern marine coastal sediments ($3 \leq Cf \leq 6$), indicating that the study sites fall within the high pollution of lead and the very high pollution of cadmium ($Cf > 6$), while the values of the risk factor Environmental Er (Calculation of Ecological Risk: Er) indicates a low latent environmental risk for lead ($Er < 40$) and a significant latent environmental risk for cadmium ($80 \leq Er < 160$).

Keywords: Trace heavy metals, Lead , Cadmium , organic mater,

* Associate professor Department of Chemistry–High Institute of Marine Research- Tishreen University- Latakia- Syria hussamlaika71@gmail.com

** Associate professor, Department of Marine Geology, High Institute of Marine Research, Tishreen University , Latakia, Syria. samer.ghader@gmail.com

تحديد تراكيز عنصري الرصاص والكاديوم في الرسوبيات البحرية الحديثة لشاطئ مدينة طرطوس

د. حسام الدين كريم لايقة*

د. سامر غدير غدير**

(تاريخ الإيداع 1 / 11 / 2021. قُبِلَ للنشر في 27 / 4 / 2022)

□ ملخص □

ركز هذا البحث على تحديد تراكيز كل من الكاديوم (Cd) و الرصاص (Pb) في الرسوبيات البحرية الحديثة لشاطئ مدينة طرطوس باستخدام جهاز الامتصاص الذري (Atomic Absorption Spectrophotometer: AAS).

لوحظ وجود ارتباط هام بين تغير تراكيز العناصر المعدنية المدروسة (Cd and Pb) ونوعية الرسوبيات وكمية المادة العضوية من جهة، وباختلاف نوعية ومصادر التلوث من جهة أخرى.

تراوحت تراكيز قيم الكاديوم (0.036 – 0.056) mg/kg، والرصاص (65.53- 97.27) mg/kg متوافقة مع ارتفاع لقيم النسب المئوية للمادة العضوية فكانت على التوالي % (1.52 - 1.98)، حيث ارتفعت تراكيز العناصر المدروسة في العينات الرسوبية الناعمة جداً وذلك لزيادة السطح النوعي في المواقع (St5 St2, St3, & St4) المتأثرة بمياه الصرف الصحي مقارنة مع بقية المواقع ((St1: قرب مرفأ أرواد الجديد) (St6: منشأة سياحية بورتو طرطوس)) ذات الرسوبيات الرملية الناعمة والرملية الخشنة مع وجود حصى على التوالي.

أظهرت النتائج ارتفاع قيم معامل التلوث Cf (Contamination Factor: Cf) في الرسوبيات الشاطئية البحرية الحديثة (3 ≤ Cf ≤ 6) مشيراً إلى أن مواقع الدراسة تندرج ضمن التلوث المرتفع لعنصر الرصاص و التلوث المرتفع جداً لعنصر الكاديوم (Cf > 6)، أما قيم معامل الخطر البيئي Er (Calculation of Ecological Risk: Er) فدل على وجود خطر بيئي كامن منخفض لعنصر الرصاص (Er < 40) وخطر بيئي كامن معتبر لعنصر الكاديوم (80 ≤ Er < 160).

الكلمات المفتاحية: العناصر المعدنية الثقيلة، الكاديوم، الرصاص، المادة العضوية، الرسوبيات البحرية الحديثة لشاطئ طرطوس

* استاذ مساعد - قسم الكيمياء البحرية - المعهد العالي للبحوث البحرية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

hussamlaika71@gmail.com

** استاذ مساعد - قسم الجيولوجيا البحرية - المعهد العالي للبحوث البحرية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

samer.ghader@gmail.com

مقدمة

ساهم التقدم الصناعي وتعدد الأنشطة البشرية المختلفة في زيادة تراكيز وتراكم الملوثات المختلفة (العضوية واللاعضوية) في البيئة البحرية بشكل عام، والمناطق الساحلية البحرية بشكل خاص، حيث تعد المناطق الشاطئية مواقع للتفريغ وتراكم ملوثات بشرية المنشأ، مثل العناصر المعدنية الثقيلة النزرة. تصل هذه العناصر إلى المياه البحرية عبر الأنهار، الفضلات السائلة، الجريان السطحي، ونتيجة الأنشطة البشرية المختلفة كمخلفات المعامل والمصانع ومن الإفراط في استخدام الأسمدة والمبيدات الفطرية والحشرية واحتراق الفحم الحجري ووسائل النقل، هذا بالإضافة إلى مصادرها الطبيعية (Wedepohl, 1995; Heba *et al.*, 2004; Bazzi, 2014; Hanif *et al.*, 2016; Tupan and Uneputty, 2017; Mimba *et al.*, 2018; Chen *et al.*, 2018; Liu *et al.*, 2019; Mandeng *et al.*, 2109; Yuan *et al.*, 2021)

تعد بعض العناصر ضمن تراكيز محددة ضرورية لنمو بعض الأحياء (Cu, Fe, Zn...) (Skidmore, 1964; Spear, 1981)، وبعضها الآخر سام ولو حتى وجد بتراكيز صغيرة (Pb, Cd, As, Hg.) (Marian, 1991; Fatoki *et al.*, 2002; Nies, 1999; Luo *et al.*, 2014; Kumar *et al.*, 2020) حيث يؤدي تزايد تراكيزها في البيئة البحرية (مياه، أحياء ورسوبيات) إلى مشاكل خطيرة، وذلك نتيجة استقرارها فيها لكونها ذات طبيعة مقاومة وغير قابلة للتفكك الحيوي، هذا بالإضافة إلى قدرتها على التراكم عن طريق السلسلة الغذائية انتقالاً من الفيتوبلانكتون وصولاً إلى الإنسان (Lodeiro *et al.*, 2005; Fernandes *et al.*, 2005 al., 2008; Nobil *et al.*, 2010; Kouakou *et al.*, 2016; Bessa *et al.*, 2005; Hazrat *et al.*, 2019; Chen *et al.* 2020)

تمتص الكائنات الحية (النباتية والحيوانية) العناصر المعدنية الثقيلة من المياه، بينما تحصل عملية ادمصاص للقسم الآخر على الدقائق الجزيئية المعلقة في العمود المائي ليرسب لاحقاً في الرسوبيات التي تعتبر كمستودعات للملوثات ومنها العناصر المعدنية الثقيلة (Musani *et al.*, 1980; Hakanson, 1980; Malik and Maurya, 2014; Ekoa Bessa *et al.*, 2005; Dessalew *et al.*, 2018; Bhattacharyya *et al.*, 2019 الأشكال الثلاثة للمعادن (أيونات حرة، مركبات عضوية، مركبات غير عضوية) على عدة عوامل مثل الحرارة الملوحة وقيم pH وغيرها (Neff, 2002; DWAF, 1996; Hooda, 2010).

تعد دراسة تركيز العناصر المعدنية الثقيلة في الرسوبيات الشاطئية الحديثة من الأبحاث المهمة في مجال تحديد مصدر ونتائج زيادة تراكيزها على تغير في نوعية المياه وجودتها (Vald'es *et al.*, 2005; Mccready *et al.*, 2006; Wulan *et al.*, 2020; Kouakou *et al.*, 2016) حيث تنتقل أغلب العناصر المعدنية بسرعة في النظام المائي وتتوضع على المواد الصلبة، نتيجة ضعف انحلاليتها (Forstner and Wittman, 1981)، وبهذا الشكل فإن تركيزها يكون مرتفعاً مقارنة مع المياه وبالتالي، فهي تعطي فكرة أوضح عن جودة المنطقة المدروسة بيئياً للبحث عن الطرائق المناسبة للتخفيف من التلوث (Tessier and Campbell, 1988 ; Alvarez-Iglesias, 2007; Binam and Mandeing *et al.*, 2019).

أهمية البحث وأهدافه

أهمية البحث:

تأتي أهمية هذا البحث من تحديد تراكيز عنصري الرصاص والكاديوم في الرمال البحرية المنتشرة على شاطئ مدينة طرطوس وذلك نتيجة اختلاف تراكيز العناصر المعدنية في المنطقة الشاطئية باختلاف شكل الشاطئ من حيث

الانتساع (شاطئ رملي أم صخري)، عمق المياه، وحركة الأمواج من جهة، وباختلاف العمليات البيولوجية، الكيميائية والفيزيائية في البيئة الشاطئية من جهة أخرى.

تساهم الملوثات الناتجة عن الأنشطة البشرية المختلفة (الصناعية، مياه الصرف الصحي) في التغيرات المكانية للعناصر المعدنية في الرسوبيات السطحية، الأمر الذي يمهد لأبحاث مستقبلية تقدم فائدة كبيرة للتخفيف من التلوث بالعناصر المعدنية.

أهداف البحث:

يهدف هذا البحث إلى:

1. تحديد تراكيز عنصري الرصاص (Pb)، والكاديوم (Cd) في الرمال الشاطئية البحرية الحديثة لمدينة طرطوس.
2. تحديد تأثير العوامل الهيدروكيميائية (درجة حرارة، ملوحة و pH المياه البحرية) على محتوى الرمال من العناصر المعدنية المدروسة.
3. تحديد علاقة الارتباط بين كمية المادة العضوية في الرسوبيات الشاطئية البحرية المدروسة ومحتواها من العناصر المعدنية المدروسة.

طرائق البحث ومواده

منطقة الدراسة:

تم جمع عينات الرمال البحرية الحديثة من كامل شاطئ مدينة طرطوس في خريف عام 2020، حيث تم اختيار ستة مواقع مختلفة بطبيعة الأنشطة البشرية فيها، كما تم أخذ ثلاث محطات من كل موقع بمسافة بينها 500m لتعطي فكرة أوضح عن تركيز العنصرين (Pb & Cd) من جهة وعن تأثير الموقع الجغرافي من جهة أخرى (الشكل 1) يبين الجدول 1 المواقع الاحداثية للمواقع المدروسة.



الشكل (1): يمثل مواقع اعتيان أنواع مختلفة من الرمال المدروسة

الجدول (1): يمثل رموز واحاثيات مواقع العينات الرسوبية المدروسة على شاطئ مدينة طرطوس.

رمز الموقع	رمز المحطات	احداثيات الموقع
St1	St11	34° 87' 93" N 35° 87' 99"E
	St12	34° 88' 01" N 35° 88' 08"E
	St13	34° 87' 04" N 35° 87' 09"E
St2	St21	34° 88' 11" N 35° 87' 97"E
	St22	34° 88' 15" N 35° 87' 97"E
	St23	34° 88' 18" N 35° 87' 95"E
St3	St31	34° 88' 24" N 35° 87' 92"E
	St32	34° 88' 28" N 35° 87' 92"E
	St33	34° 88' 31" N 35° 87' 89"E
St4	St41	34° 88' 37" N 35° 87' 87"E
	St42	34° 88' 40" N 35° 87' 87"E
	St43	34° 88' 44" N 35° 87' 85"E
St5	St51	34° 88' 49" N 35° 87' 79"E
	St52	34° 88' 58" N 35° 87' 78"E
	St53	34° 88' 69" N 35° 87' 67"E
St6	St61	34° 89' 109" N 35° 87' 56"E
	St62	34° 89' 12" N 35° 87' 56"E
	St63	34° 89' 15" N 35° 87' 54"E

الأجهزة والمواد المستخدمة في البحث:

الأجهزة والأدوات المستخدمة:

- جهاز امتصاص ذري (Atomic Absorption Spectrophotometer: AAS) موديل 220 Varian المتوفر في مخابر المعهد العالي للبحوث البحرية.
- فرن تجفيف ماركة Bleu M.

- جهاز قياس pH درجة حرارة وملوحة المياه البحرية (WTW) موديل Malti340i.
- $125\mu\text{m}$.: $63\mu\text{m}$
- أدوات مخبرية وزجاجية مختلفة.
- مرمدة كهربائية.
- ميزان حساس $\pm 0.0001\text{g}$.
- **المواد الكيميائية المستخدمة:**
- حمض الآزوت المركز (HNO_3) عالي النقاوة (57%) من شركة TEKIM.
- حمض كلور الماء المركز (HCl) عالي النقاوة (37%) من شركة Panreac.
- حمض فلور الهيدروجين (HF) عالي النقاوة (40%) من شركة Che-LAB.
- حمض البوريك (H_3BO_3) عالي النقاوة (Merk).
- بيروفوسفات الصوديوم (Sodium Hexametaphosphate) $(12 \text{NaPO}_3)-13 \text{Na}_2\text{O}$ عالية النقاوة.
- محاليل قياسية للعنصرين المدروسين (1000mg/l) (Merck).

الأعمال المخبرية:

تحديد النسبة المئوية للرطوبة:

تم أخذ وزنة معينة من العينة الرسوبية الرطبة والمتجانسة المدروسة في جفنة صغيرة، ثم وضعت في فرن تجفيف عند درجة حرارة 105°C لمدة 24 ساعة للتخلص من الرطوبة وذلك حتى ثبات الوزن تماماً، ثم تم حساب النسبة المئوية للرطوبة عن طريق عملية الفرق بين الوزن الجاف والوزن الرطب (Heiri *et al.*, 2001).

تحديد النسبة المئوية للمادة العضوية في العينات الرسوبية:

تم تقدير كمية المادة العضوية وفق الطريقة المطبقة من قبل Ben-Dor and Banin (1989) والتي تعتمد على مبدأ فرق الوزن، وذلك بحرق العينة الرسوبية عند درجات حرارة عالية (550°C) باستخدام مرمدة لمدة أربع ساعات حتى تمام الترميد. تترك العينة لتبرد في درجة حرارة الغرفة ليتبثى بعد ذلك تحديد كمية المادة العضوية من العلاقة:

$$\text{النسبة المئوية للمادة العضوية} = (\text{وزن العينة الجافة} - \text{وزن العينة بعد الترميد}) / (\text{تركيز وزن العينة الجافة}) \times 100\text{X}$$

تهضيم العينات الرسوبية:

تم تجفيف عينات الرسوبيات البحرية الشاطئية الحديثة عند درجة حرارة 105°C لمدة 24 ساعة حتى ثبات الوزن، ثم تم أخذ 1g (وزن جاف) من كل عينة ووضعت في أنابيب من البولي بروبيلين لتهضيم وفق الطرائق المرجعية المتبعة عالمياً في مخابر الوكالة الدولية لهيئة الطاقة الذرية (IAEA, 2006)، والتي تعتمد على مبدأ تهضيم العينات باستخدام مزيج من الماء الملكي المكون من حمض كلور الماء وحمض الآزوت عالي النقاوة وذلك بنسبة (1:3) على التوالي). تترك العينات لمدة ساعة بدرجة حرارة الغرفة ويتم إغلاق أنابيب البولي إيثيلين بلطف (إغلاق غير كامل)، ثم توضع في حمام مائي عند درجة الغليان لمدة أربع ساعات حتى تمام عملية التهضيم. يضاف لكل انبوب 6ml من حمض الفلور لإتمام عملية تهضيم العينات بشكل كامل، ثم أضيف 1g من حمض البوريك (للتخلص من المعقدات

التي يمكن أن تؤثر على عملية تحديد العناصر). تم تبريد العينات بعد ذلك إلى درجة حرارة الغرفة وتمديدتها بماء ثنائي التقطير إلى الحجم 50ml لتصبح جاهزة للقياس.

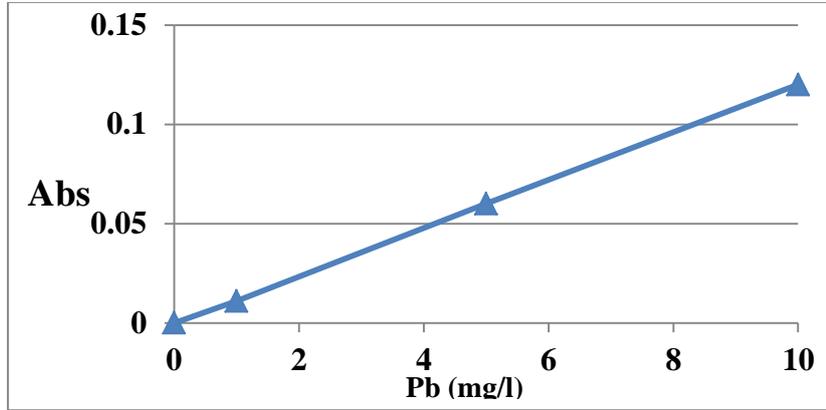
تحديد تراكيز عنصري الرصاص والكاديوم :

تم تحديد تراكيز عنصري الكاديوم والرصاص في الرسوبيات الشاطئية الحديثة للمناطق المدروسة باستخدام جهاز الامتصاص الذري (Atomic Absorption Spectrophotometer) موديل (Varian 220) المتوفر في المعهد العالي للبحوث البحرية باستخدام تقانة اللهب وفق الشروط التحليلية الخاصة المستخدمة لهذه التقنية الموضحة في الجدول (2).

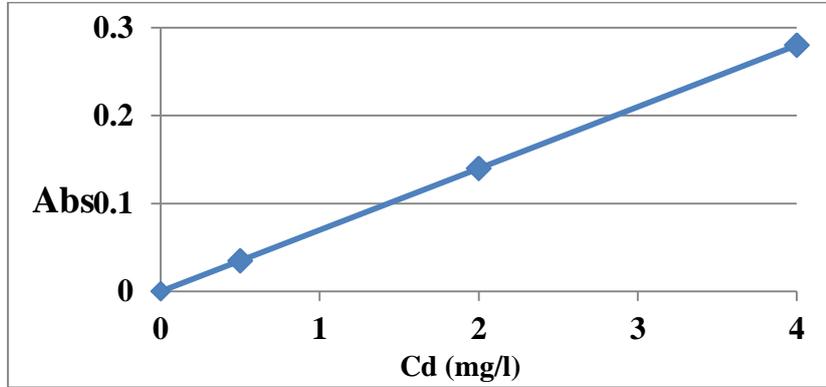
تمت عملية معايرة جهاز الامتصاص الذري بالاعتماد على سلسلة محاليل عيارية للعناصر المدروسة من المحلول الحاوي على نترات العنصر المدروس وبتراكيز 1000ppm ماركة Merck، حيث تم القياس ضمن المجالات الخطية لمنحنيات معايرة سلسلة المحاليل العيارية (الشكل 2 و3).

الجدول(2): الشروط الحرارية المستخدمة في تحديد عنصري الكاديوم والنحاس وفق تقانة اللهب:

العنصر المدروس	نوع المصباح	طول الموجة (nm)	شدة تيار المصباح (mA)	فتحة الشق (nm)	نوع اللهب
Pb	HCL	217	10	1	هواء- استلين
Cd	HCL	228.8	4	0.5	هواء- استلين



الشكل (2) المنحني العياري لتراكيز الرصاص وفق تقانة اللهب



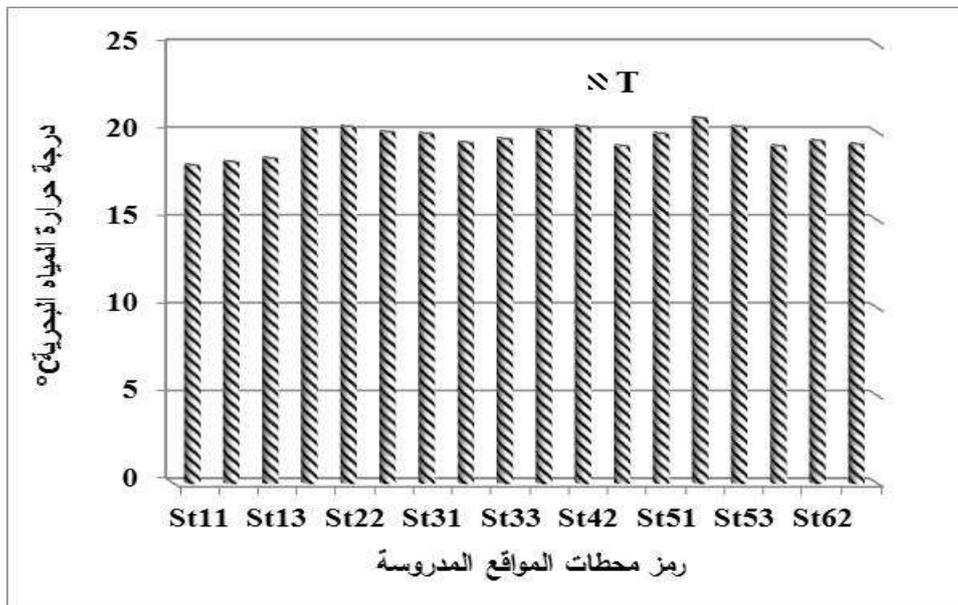
الشكل (3) المنحني العياري لتراكيز الكاديوم وفق تقانة اللهب

النتائج والمناقشة:**الخواص الهيدروكيميائية للمياه البحرية في شاطئ مدينة طرطوس:**

تمت دراسة بعض العوامل التي تؤثر على تراكم عنصري الرصاص والكاديوم في الرسوبيات البحرية الحديثة لشاطئ مدينة طرطوس وهي:

درجة حرارة المياه:

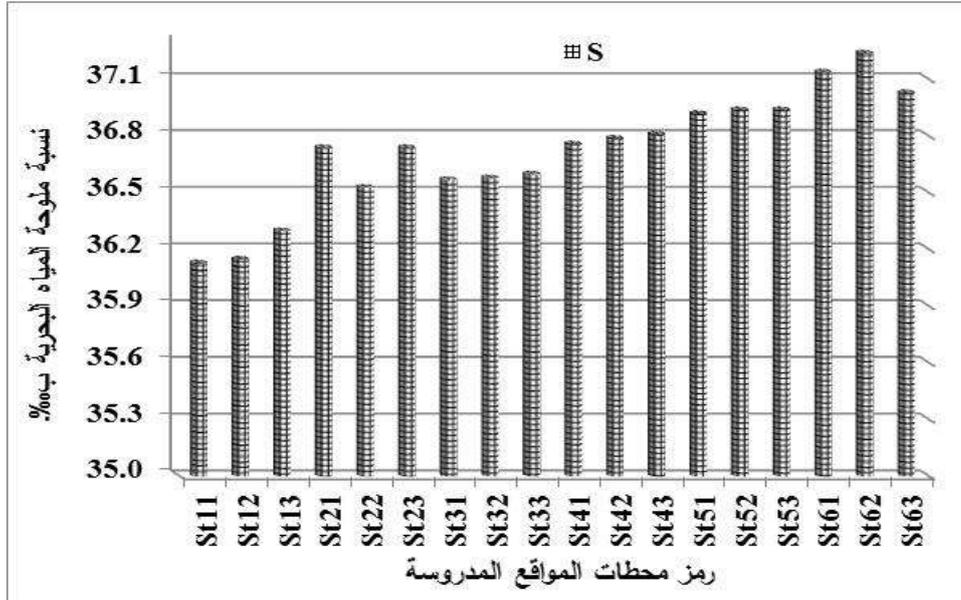
أظهرت النتائج تغيرات مكانية لدرجات حرارة المياه، حيث تراوحت القيم بين $18.1-20.8^{\circ}\text{C}$ في خريف 2020 كما هو مبين في الشكل (4)، قد يعزى سبب هذه الاختلافات إلى الطبيعة الجغرافية لمواقع الاعتيان، حيث أن أغلب المواقع محاطة برصيف أي أنها في مناطق شبه مغلقة، سرعة واتجاه الرياح وعملية اختلاط مياه هذه المواقع مع المياه البحرية بناء على حركة الأمواج، هذا بالإضافة إلى الاختلافات المكانية في عمق المياه ونوعية الأنشطة البشرية بين المناطق المدروسة (محطات الموقع St1 قرب ميناء أرواد الجديد هذا بالإضافة إلى قربها من مصب نهر الغمقة، محطات الموقع St2, St3, St4, St5 متأثرة بمياه الصرف الصحي، بينما محطات الموقع St6 منطقة معرضة للتيارات البحرية).



الشكل (4) درجة حرارة المياه في محطات المواقع المدروسة في خريف 2020

ملوحة المياه البحرية:

لوحظ بشكل عام تغيرات في ملوحة مياه البحر مترافقة مع تغيرات درجات حرارة المياه (تغيرات في كمية الإشعاعات الشمسية) من جهة، وإلى نوعية الأنشطة البشرية ومعدلات الهطولات المطرية من جهة أخرى (الشكل 5). إن الاختلاف في درجة حرارة المياه وتغير معدلات تبخر المياه، وتغير سرعة واتجاه الرياح، هذا بالإضافة إلى اختلاف معدلات تدفق مياه الصرف الصحي وعمليات خلط للكتل المائية البحرية في المواقع المدروسة كل ذلك أدى إلى تغيرات في نسب الملوحة بين المواقع وحتى بين محطات الموقع الواحد، حيث تراوحت نسبة الملوحة بين (36.11-37.23 %).

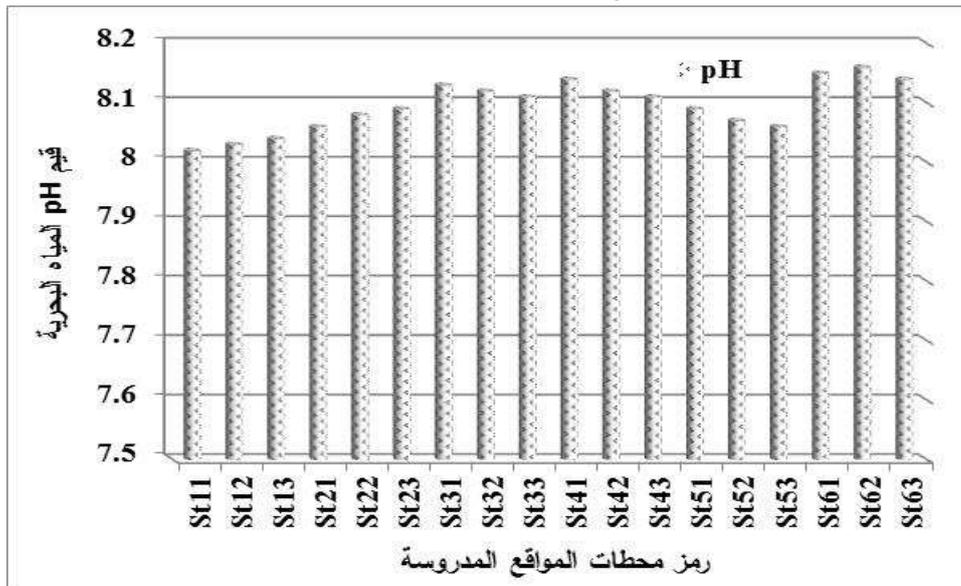


الشكل (5): نسبة ملوحة المياه في محطات المواقع المدروسة في خريف 2020

قيم pH المياه البحرية:

بينت النتائج وجود تغيرات في قيم pH المياه البحرية بين المواقع المدروسة كما هو مبين في الشكل (6)، حيث تراوحت القيم بين (8.02 – 8.16). أثر كل من تغير العوامل الهيدرولوجية (درجة حرارة وملوحة المياه) وسرعة الرياح وعمليات اختلاط الكتل المائية البحرية ونوعية الأنشطة البشرية دوراً هاماً في وجود فروقات مكانية واضحة لقيم pH المياه البحرية للمواقع المدروسة.

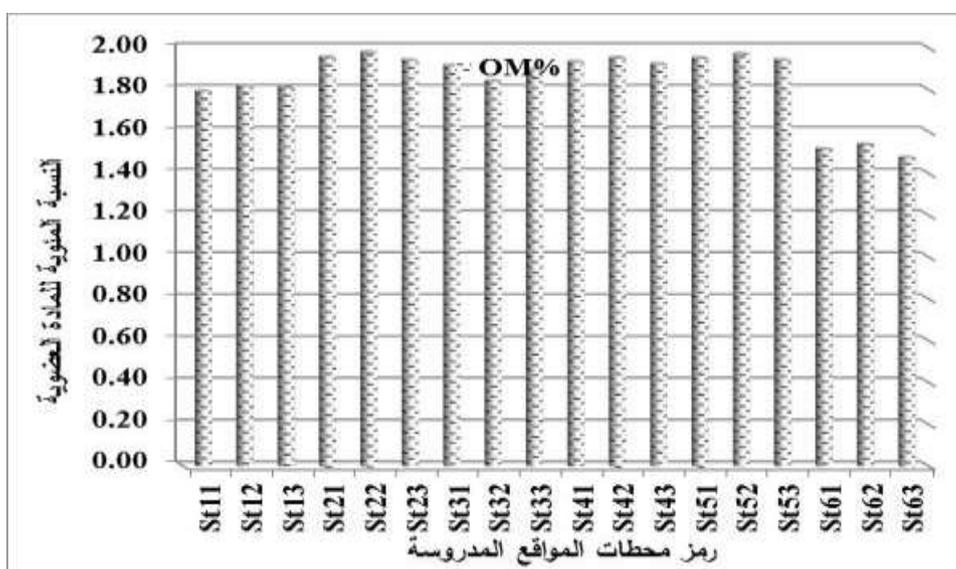
لوحظ ارتفاع في قيم الـ pH في محطات الموقع St6، حيث كانت قريبة من قيم pH المياه البحرية وهذا الأمر يتعلق بطبيعة المنطقة كونها عرضة لتيارات بحرية مقارنةً مع بقية المواقع المتأثرة بمياه الصرف الصحي وهي مناطق شبه مغلقة أو متأثرة بالمياه النهرية كمحطات الموقع St1.



الشكل (6) قيم pH المياه في محطات المواقع المدروسة في خريف 2020

النسبة المئوية للمادة العضوية في الرسوبيات البحرية السطحية:

لوحظ اختلاف في نسب المادة العضوية بين المواقع نابعاً عن الطبيعة الجغرافية لهذه المواقع وطبيعة الأنشطة البشرية فيها، حيث ارتفعت النسب تدريجياً في الرسوبيات من الموقع St1 إلى الموقع St5 (1,79% 1,97%)، وذلك يعود لطبيعة المدخلات التي تصله من خلال مياه الصرف الصحي والمياه النهرية وطبيعة المناطق شبه المغلقة، في حين سجلت أقل النسب (1.48%) في رسوبيات الموقع St6 المتأثرة بحركة تيارات بحرية الأمر الذي يقود إلى إعادة بعض المواد العضوية المترسبة إلى العمود المائي (Yang *et al.*, 2019; Pan *et al.*, 2019) (الشكل 7). إن أثر نوع الرسوبيات وطبيعة ونوع الأنشطة البشرية في الاختلافات المكانية لنسب المادة العضوية في الرسوبيات البحرية الحديثة للمواقع المدروسة وهذا متوافق مع الدراسات العالمية التي تناولت هذا الموضوع، حيث سجلت أعلى النسب في الرسوبيات الناعمة ذات السطح النوعي الصغير وأدناه في الرسوبيات الخشنة ذات الحجم الحبيبي الكبير (Helali *et al.*, 2015; Chifflet *et al.*, 2019).

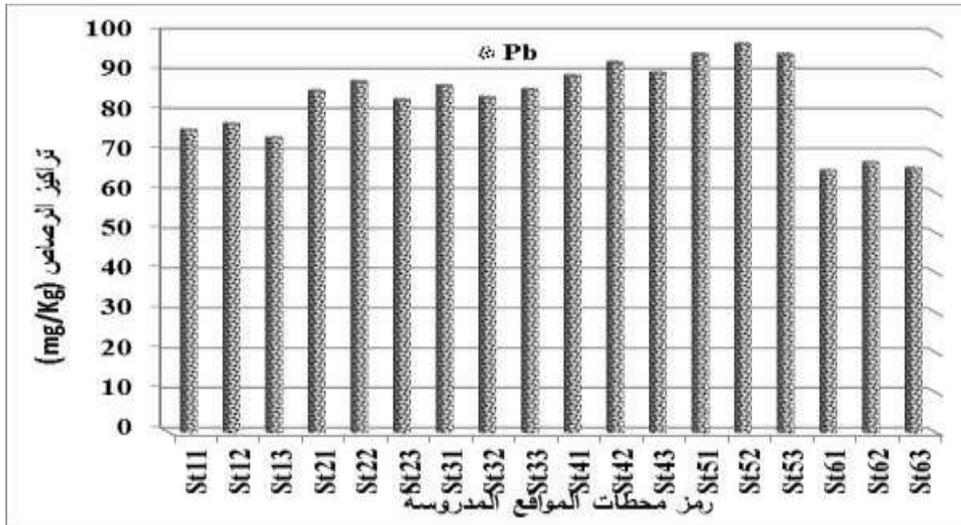


الشكل (7) النسبة المئوية للمادة العضوية في محطات المواقع المدروسة في خريف 2020

تراكيز الرصاص في الرسوبيات البحرية السطحية الحديثة:

يعد عنصر الرصاص من العناصر الثقيلة السامة بيئياً والتميز بثباتيته العالية في الرسوبيات وضعف حركته مقارنة مع بقية العناصر الأخرى (Alloway and Steinnes, 1999). أظهرت النتائج تسجيل أعلى قيمة لتراكيز الرصاص في رسوبيات محطات الموقع St5 (97.27mg/kg) كما هو مبين في الشكل (8) مع ارتفاع التراكيز في المواقع St2, St3 & St4 أيضاً ويعود ذلك إلى طبيعة الرسوبيات الناعمة في هذه المواقع مترافقة مع ارتفاع نسبة المادة العضوية (الشكل 7)، هذا بالإضافة إلى كون هذه المواقع شبه مغلقة ومتأثرة بشكل واضح بمياه الصرف الصحي. سجلت أخفض قيمة لتراكيز الرصاص في الرسوبيات في الموقع St6 (65.53mg/kg)، وذلك بسبب زيادة حجم الحبيبات وترافق ذلك أيضاً بتناقص نسبة المادة العضوية في الرسوبيات وكون المنطقة معرضة لتيارات بحرية التي تغسل الرسوبيات من العناصر المعدنية والمادة العضوية، حيث تختلف تراكيز العناصر المعدنية في المنطقة الشاطئية باختلاف شكل الشاطئ من حيث الاتساع وعمق المياه، وحركة الأمواج (Piedracoba *et al.*, 2005; Souto *et al.*, 2005).

(2003, *al.*)، مما يساعد على إعادة انتقال بعض المعادن التي ارتبطت بالرواسب وإطلاقها مرة أخرى في عمود الماء عن طريق ديناميكية الكتل المائية والعمليات الجيوكيميائية بالإضافة إلى الأنشطة البشرية (Eggleton and Thomas, 2004). تُظهر المعادن النزرة في الرسوبيات ارتباطات مختلفة وذلك حسب خصائصها الفيزيوكيميائية (أيونات قابلة للتبديل بسهولة، أكاسيد الكربونات المعدنية، الكبريتيدات، المركبات العضوية المعدنية، إلخ) والتي تؤثر على انتقالها وتوافرها الحيوي في العمود المائي (Morillo *et al.*, 2007; Pérez-López *et al.*, 2008) وفي النظم الساحلية الضحلة، يمكن أن تتأثر ديناميات المعادن النزرة بالتفاعلات بين عمود الماء والرواسب. لوحظ ارتفاع تراكيز عنصر الرصاص في رسوبيات عينات المواقع ذات قيم الـ pH (الشكل 7) منخفضة وكمية مادة عضوية مرتفعة (الشكل 8) مع حجم حبيبي ناعم، حيث يكون ارتباط الرصاص بالمواد العضوية قوياً لاسيما المواد التي تحتوي على ذرات الأزوت، الكبريت والأكسجين في قيم الـ pH أعلى من 6، وذلك كون الرصاص يشكل معقدات مع المواد العضوية لتدمص لاحقاً على الرسوبيات، أما في الأوساط الحمضية (قيم الـ pH أقل من 6) فإن المواد العضوية الدبالية تساهم في ادمصاص مركبات الرصاص العضوية في المياه (Musani *et al.*, 1980).



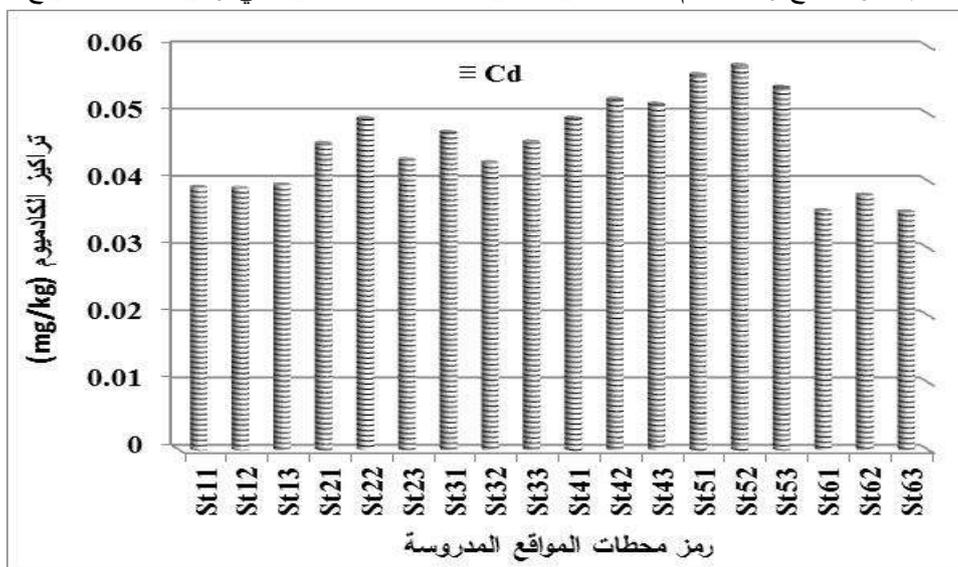
الشكل (8) تراكيز الرصاص في رسوبيات الحينة لمحطات المواقع المدروسة في خريف 2020

تراكيز الكاديوم في الرسوبيات البحرية السطحية الحديثة:

يوجد الـ (Cd^{+2}) في المحاليل المائية عند قيمة $pH=8$ ، وذلك في حال غياب أيونات ترسبه مثل الفوسفات والكبريتيدات ويبدأ الكاديوم بالتحلل المائي عند $pH=9$ ويشكل $[Cd(OH)]^+$ ، وعند قيم pH أعلى من 9 يوجد الكاديوم على شكل $Cd(OH)$ و $Cd(OH)_2$ ، هذا بالإضافة إلى تشكيله لمركبات كلورية ونتراتية وسلفونية وهي مركبات ذات طبيعة منحلة باستثناء بعض الأكاسيد غير القابلة للتحلل والمستقرة في الرسوبيات الشاطئية البحرية (Millero and Hawke, 1992; Fang and Lin, 2002; Lodeiro *et al.*, 2005).

أثرت تغيرات كل من درجة حرارة المياه البحرية (الشكل 4) وملوحتها (الشكل 5) على نسبة المادة العضوية (تفكك) في الرسوبيات البحرية المدروسة (الشكل 7) وعلى قيم pH المياه البحرية (الشكل 6) الأمر الذي انعكس على تراكيز عنصر الكاديوم في الرسوبيات البحرية المدروسة، حيث إن زيادة الملوحة يمكن أن تؤدي إلى إعادة ارتباط بعض العناصر المعدنية على سطح المواد المعلقة والرسوبيات نتيجة حدوث عمليات التبادل الشاردي وتشكيل كلوريدات المعادن (Millero and Hawke, 1992; Fang and Lin, 2002).

أظهرت النتائج تغيراً في قيم تراكيز الكاديوم في الرسوبيات بين المواقع المدروسة (تغير في الحجم الحبيبي وبالتالي مساحة السطح النوعي) مترافقة مع تغيرات تراكيز الرصاص ونسبة المادة العضوية، حيث سجلت أعلى قيمة في الموقع St5 (0.057mg/kg) مع ارتفاع نسبة المادة العضوية فيها ويعود ذلك إلى طبيعة الرسوبيات في هذا الموقع ذات الحجم الحبيبي الصغير مما زاد من سطحها النوعي (الشكل 9)، في حين سجلت أخفض قيمة في الموقع St6 (0.036mg/kg) مترافقة مع زيادة حجم الحبيبات وبتناقص نسبة المادة العضوية في رسوبيات هذا الموقع.



الشكل (9) تراكيز الكاديوم في الرسوبيات الحبيبة لمحطات المواقع المدروسة في خريف 2020

معامل التلوث (Contamination Factor: Cf):

يعبر معامل التلوث عن درجة تلوث الرسوبيات بكل عنصر من العناصر المعدنية الثقيلة ويعطى بالعلاقة الرياضية التالية:

$$Cf = Cs/Cb$$

Cs : تمثل تراكيز العناصر في العينات الرسوبية المدروسة.

Cb : القيم الطبيعية لتراكيز العناصر في رسوبيات القشرة الأرضية (Cd: 0.1mg/kg and Pb: 17.0mg/kg) (Wedepohl, 1995).

يبين الجدول (3) قيم معامل التلوث في الرسوبيات البحرية الحديثة للمواقع المدروسة من شاطئ مدينة طرطوس، علماً أن قيم معامل التلوث توضح حالة التلوث وفق دراسة Nasr (2006):

- تلوث منخفض ($Cf < 1$).
- تلوث متوسط ($1 \leq Cf < 3$).
- تلوث موقعت ($3 \leq Cf \leq 6$).
- تلوث مرتفع جداً ($Cf > 6$).

الجدول(3): يبين رمز المحطات وتراكيز الرصاص في العينات المدروسة وقيم معامل التلوث:

رمز الموقع	رمز المحطات	Cs (pb)	Cf
St1	St11	75.68	4.45
	St12	77.21	4.54
	St13	73.74	4.34
St2	St21	85.48	5.03
	St22	87.83	5.17
	St23	83.27	4.89
St3	St31	86.77	5.10
	St32	83.88	4.93
	St33	85.86	5.05
St4	St41	89.31	5.25
	St42	92.64	5.45
	St43	90.02	5.29
St5	St51	94.75	5.57
	St52	97.27	5.72
	St53	94.67	5.57
St6	St61	65.53	3.85
	St62	67.51	3.97
	St63	66.11	3.89

أظهرت النتائج ارتفاع قيم معامل التلوث مشيراً إلى أن مواقع الدراسة تتدرج ضمن التلوث المرتفع لعنصر الرصاص وعنصر الكادميوم (الجدول 4) وذلك اعتماداً على تصنيف المعتمد من قبل Nasr (2006) ($3 \leq Cf \leq 6$).

الجدول(4): يبين رمز المحطات وتراكيز الكادميوم في العينات المدروسة وقيم معامل التلوث:

رمز الموقع	رمز المحطات	Cs (Cd)	Cf
St1	St11	9.09	90.9
	St12	8.97	89.7
	St13	9.44	94.4
St2	St21	7.56	75.6
	St22	7.93	79.3
	St23	7.21	72.1
St3	St31	8.28	82.8
	St32	8.80	88
	St33	8.78	87.8
St4	St41	9.94	99.4
	St42	10.18	101.8
	St43	9.95	99.5
St5	St51	5.86	58.6
	St52	6.23	62.3
	St53	6.99	69.9
St6	St61	5.61	56.1
	St62	5.92	59.2
	St63	5.43	54.3

معامل الخطر البيئي (Er): (Calculation of Ecological Risk: Er)

يحسب معامل الخطر البيئي وفق دراسة Nasr (2006) من العلاقة: $Er = T_R \times C_f$

T_R (toxic response factor) : معامل الاستجابة السمي لكل عنصر من العناصر المعدنية (Cd: 30 and Pb: 5) (Hakanson, 1980).

- خطر بيئي كامن منخفض ($Er < 40$).
- خطر بيئي كامن متوسط ($40 \leq Er < 80$).
- خطر بيئي كامن معتبر ($80 \leq Er < 160$).
- خطر بيئي كامن مرتفع ($160 \leq Er < 320$).
- خطر بيئي كامن مرتفع جداً ($Er \geq 320$).

أظهرت قيم معامل الخطر البيئي (Er) لعنصري الرصاص والكاديوم (الجدول 5 والجدول 6) في الرسوبيات البحرية الشاطئية الحديثة إلى تغيرات مكانية لهذين العنصرين المدروسين تبعاً إلى طبيعة المناطق ونوعية الرسوبيات ونوعية الأنشطة البشرية إلى خطر بيئي كامن منخفض لعنصر الرصاص وخطر بيئي كامن معتبر لعنصر الكاديوم .
الجدول(5): يبين رمز المحطات وقيم معامل التلوث وقيم معامل الخطر البيئي لعنصر الرصاص في العينات المدروسة:

Er	Cf	رمز المحطات	رمز الموقع
22.25	4.45	St11	St1
22.7	4.54	St12	
21.7	4.34	St13	
25.15	5.03	St21	St2
25.85	5.17	St22	
24.45	4.89	St23	
25.5	5.10	St31	St3
24.65	4.93	St32	
25.25	5.05	St33	
26.25	5.25	St41	St4
27.25	5.45	St42	
26.45	5.29	St43	
27.85	5.57	St51	St5
28.6	5.72	St52	
27.85	5.57	St53	
19.25	3.85	St61	St6
19.85	3.97	St62	
19.45	3.89	St63	

الجدول(6): يبين رمز المحطات وقيم معامل التلوث وقيم معامل الخطر البيئي لعنصر الكاديوم في العينات المدروسة:

Er	Cf	رمز المحطات	رمز الموقع
117.3	3.91	St11	St1
117	3.90	St12	
118.2	3.94	St13	
136.8	4.56	St21	St2
147.9	4.93	St22	
129.6	4.32	St23	
141.9	4.73	St31	St3
128.4	4.28	St32	
137.4	4.58	St33	
148.2	4.94	St41	St4
156.6	5.22	St42	
154.5	5.15	St43	
167.7	5.59	St51	St5
171.6	5.72	St52	
162	5.40	St53	
106.8	3.56	St61	St6
113.7	3.79	St62	
106.2	3.54	St63	

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

من خلال هذا البحث تم التوصل إلى الاستنتاجات التالية:

1. لوحظ وجود ارتباط هام بين تغير تراكيز العناصر المعدنية المدروسة (Cd and Pb) ونوعية الرسوبيات وكمية المادة العضوية، حيث سجلت أعلى قيمة في الموقع St5 (0.057mg/kg) ذات الحجم الحبيبي الصغير مقارنة مع الموقع St6 (0.036mg/kg) ذات الحجم الحبيبي الأكبر.
2. ارتفعت تراكيز العناصر المدروسة في العينات الرسوبية الناعمة جداً وذلك لزيادة السطح النوعي مقارنة مع الرسوبيات الرملية الخشنة.
3. أثرت نوعية الأنشطة البشرية وطبيعة الرمال في مواقع الاعتيان وتغيرات العوامل الهيدروكيميائية (ملوحة ودرجة حرارة وقيمة الـpH) للمياه البحرية وتغيرات شدة واتجاه التيارات البحرية دوراً رئيساً في ارتفاع تراكيز كل من الرصاص والكاديوم من جنوب شاطئ مدينة طرطوس باتجاه الشمال.
4. أظهرت النتائج ارتفاع قيم معامل التلوث (Cf) (Contamination Factor) في الرسوبيات الشاطئية البحرية الحديثة ($3 \leq Cf \leq 6$) مشيراً إلى أن مواقع الدراسة تندرج ضمن التلوث المرتفع لعنصر الرصاص وتلوث مرتفع جداً لعنصر الكاديوم.
5. بينت قيم معامل الخطر البيئي (Calculation of Ecological Risk: Er) إلى وجود خطر بيئي كامن منخفض لعنصر الرصاص ($Er < 40$) وخطر بيئي كامن معتبر لعنصر الكاديوم ($80 \leq Er < 160$).

التوصيات:

- الاستمرار بمثل هذه الأبحاث على كامل الشاطئ السوري وعلى أنواع مختلفة من الرسوبيات لما لها من أهمية كبيرة في تحديد نوعية الملوثات الخطيرة على البيئة وعلاقة الارتباط بنوعية الرسوبيات.
- الاعتماد على معامل الفرز الحبيبي للرسوبيات والاستفادة من المعاملات الاحصائية الترسيبية المتعلقة بها لما لذلك من أثر في تحديد طاقة الوسط من جهة، وتقييم مصدر الملوثات والعوامل المؤثرة عليها من جهة أخرى

Reference

1. PÉREZ-LÓPEZ R, ÁLVAREZ-VALERO A M, NIETO J. M. *Use of sequential extraction procedure for assessing the environmental impact at regional scale of the São Domingos Mine (Iberian Pyrite Belt)*. Appl Geochem Vol. 23,N. 1, 2008, 3452–63.
2. ALLOWAY, J. B. AND E. STEINNES, E. *Anthropogenic Additions of Cadmium to Soils* [Cadmium in Soils and Plants](#). 1999, 97-123
3. ALVAREZ-IGLESIAS, P., QUINTANA, B., RUBIO, B. & PÉREZ-ARLUCEA, M. *Sedimentation rates and trace metal input history in intertidal sediments derived from 210Pb and 137Cs chronology*. Journal of Environmental Radioactivity. Vol. 98, 2007, 229-250.
4. BAZZI, A. O. *Heavy metals in seawater, sediments and marine organisms in the Gulf of Chabahar, Oman Sea*. oceanography and marine science Vol.5, No.3, 2014, 20-29.
5. BEN-DOR, E. and BANIN, A. *Determination of organic matter content in arid zone soils using a simple "loss on ignition" method*. Journal of soil Sci. and plant Anal. Vol. 20, No. 16, 1989, 1675-1695
6. BESSA, R.J.B.; PORTUGAL, P.V ; MENDES, I.A. AND SANTOS-SILVA, J. *Effect of lipid supplementation on growth performance, carcass and meat quality and fatty acid composition of intramuscular lipids of lambs fed dehydrated lucerne or concentrate Livestock*. Production Science, Vol.96, 2005, 185-194
7. CHEN, L. ; ZHOU, S. ; SHI, Y. ; WANG, C. ; LI, Y. ; LI, B. AND WU, S. 2018. *Heavy metals in food crops, soil, and water in the Lihe River Watershed of the Taihu Region and their potential health risks when ingested*. [Science of The Total Environment](#) Vol. 615, No. 15, 2018, 141-149
8. CHEN X. ; ZHAO, Y. ; ZHANG, C. ; ZHANG, D. ; YAO, C. ; MENG, Q. ; ZHAO, R. AND WEI, Z. *Speciation, toxicity mechanism and remediation ways of heavy metals during composting: A novel theoretical microbial remediation method is proposed*. [Journal of Environmental Management](#). Vol. 272, No. 11, 2020,1-20.
9. CHIFFLET, S. ; TEDETTI, M. ZOUCHE, H. ; FOURATI, R. ; ZAGHDEN, H. ; BOUBAKER ELLEUCH, B. ; QUÉMÉNEUR, M. ; KARRAY, F. AND SAMI SAYADI, S. *Dynamics of trace metals in a shallow coastal ecosystem: insights from the Gulf of Gabès (southern Mediterranean Sea)*, Environmental Science, , Vol. 6, No.4, 2019, 277–297.
10. DWAF; Department of Water Affairs and Forestry. Water Quality Guideline 2nd. Domestic Use. 1996,300.
11. EGGLETON J, AND THOMAS K.V. *A review of factors affecting the release and bioavailability of contaminants during sediment disturbance events*. Environ Int Vol. 30, 2004, 973–980.

12. FANG, T. H. & LIN, C. L. *Dissolved and Particulate Trace Metals and Their Partitioning in a Hypoxic Estuary: The Tanshui Estuary in Northern Taiwan*, Estuaries.. Vol. 25, No. 4A, 2002, 598–607.
13. FATOKI, O. S. ; LUJIZA, N. AND OUNFOWOKAN, A. O. Trace Metal pollution in Umtata River. Water SA,. Vol. 28, No. 2, 2002, 183-189.
14. FERNANDES, C., ; FONTAINHAS-FERNANDES, A., ; CABRAL, D., ; SALGADO, M. A. *Heavy metals in water, sediment and tissues of Liza saliens from Esmoriz-Paramos lagoon, Portugal*. Environ Monit Assess. Vol. 136, 2008, 267–75.
15. HÅKANSON, L. *An Ecological Risk Index for Aquatic Pollution Control – A Sedimentological Approach*. Water Research Vol. 14, NO.8, 1980, 975-1001
16. HANIF, N.; MUSSTJAB, S. A. ; SHAHEQANI, A. ; MARIAALI, S. ; CINCINELLI, A. ; ALI, N. ; KATSOYIANNIS, A. I. ; TANVEER, Z. I. AND BOKHARI, H. *Geo-accumulation and enrichment of trace metals in sediments and their associated risks in the Chenab River, Pakistan* [Journal of Geochemical Exploration](#). Vol. 165 , 2016, 62-70.
17. HAZRAT, A. ; KHAN, E. AND ILAHI, I. *Environmental Chemistry and Ecotoxicology of Hazardous Heavy Metals: Environmental Persistence, Toxicity, and Bioaccumulation*. Journal of Chemistry, 2019, Article ID 6730305, 14 pp:1-14.
18. HEBA, H. M. A., ; MAHEUB, A. R. S., ; AL-SHAWAFI, N. *Oil pollution in Gulf of Aden, Arabian sea Coasts of Yemen*. Bull Nat Instoceanogr Fish, VOL. 26, 2004, 139-150.
19. HEIRI, O.; LOTTER, A. F.; LEMCKE, G. *Loss on ignitions a method for estimating organic and carbonate content in sediments: reproducibility and comparability of results*. Journal of paleolimnology Netherlands. 2001, VOL. 25, PP: 101-110.
20. HO, H. H. ; SWENNEN, R. ; and DAMME, V. A. *Distribution and Contamination Status of Heavy Metals in Estuarine Sediments Near CUA ONG Harbor, HA Long Bay, VIETNAM*. Geologica Belgica. Vol. 3, No. 1, 2010, 37-47.
21. HOODA, S. P. *Trace Elements in Soils*, 2010 Page. 593.
22. IAEA. *laboratory procedure book*. Marine Environment Laboratory, Monaco. 2006, 1- 45.
23. KOUAKOU, A. R., ; BENJAMIN, Y., ; ALBERT, T., ; ADOUBY, K, *Assessment of Heavy Metals Contamination in Sediments of the Vridi Canal (Côte d’Ivoire)*, Journal of Geoscience and Environment Protection, Vol. 4, 2016, 65-73
24. KUMAR, V. AND THAKUR, K. R. AND KUMAR, P. *Predicting heavy metals uptake by spinach (Spinacia oleracea) grown in integrated industrial wastewater irrigated soils of Haridwar, India* [Environmental Monitoring and Assessment](#) vol. 192, No. 709, 2020 1-11.
25. LIU, B. ;, ZHANG , W. AND CHI, G. *Distribution and Risk Assessment of Heavy Metals in Sediment from Bohai Bay, China* Minerals, Vol. 9, No. 111, 2019.
26. LODEIRO, P. ; CORDERO, B. ; BARRIADA, J. L. ; HERRERO, R. AND SASTRE DE VICENTE, M.E. *Biosorption of cadmium by biomass of brown marine macroalgae Bioresource. Technology*. Vol. 96, No. 16, 2005, 1796-1803
27. LUO, J. YE, Y. GAO, Z. AND WANG, W. *Essential and nonessential elements in the red-crowned crane Grus japonensis of Zhalong Wetland, northeastern China,* Toxicological & Environmental Chemistry, Vol. 96, No. 7, 2014, 1096–1105.
28. MALIK D. S. AND MAURYA, P. K. *Heavy metal concentration in water, sediment, and tissues of fish species (Heteropneustis fossilis and Puntius ticto) from Kali River, India*. Toxicological and Environmental Chemistry Vol.96, No. 8, 2014, 1191-1206.

29. MANDENG, E. P. E. ; BIDJECK, L. M. B.; BESSA, A. Z. E. ; NTOMB, Y. D. ; WADJOU, J. W. ; DOUMO, E. P. E. DIEUDONNE, L. B.. AND BITOM, L. D. *Contamination and risk assessment of heavy metals, and uranium of sediments in two watersheds in Abiete-Toko gold district, Southern Cameroon.* journal homepage Science Direct VOL. 8, No. 11, 2019, 1-11.
30. MARIAN, E. *Metals and their Compounds in the Environnent. Occurrence. Analysis and Biological Relevance.* UCH. Wohlen-New York- Basel Cambridge, 1991.
31. MILLERO, F. J. and HAWKE, D. J. *Ionic interaction of divalent metals in naturalwater.* Marine Chemistry., Vol. 40. 1992, 19-48.
32. MOHAMED AMINE HELALI, A. M. ; OUESLATI, W. ; ZAABOUB, N. ; ADDED, A. AND ABDELJAOUAD, S. *Geochemistry of marine sediments in the Mejerda River delta, Tunisia.* 2015, 247-257
33. Morillo J, Usero J, Gracia I. *Potential mobility of metals in polluted coastal sediments in two bays of Southern Spain.* J Coastal Res Vol. 23, 2007, 352–61.
34. MUMBFU ERNESTINE MIMBA, E.M. ; OHBA, T. ; FILS, C. N. S. ; NFORBA, T. M. ; NOZOMI NUMANAMI, N. BAFON, G. T. : AKA, T. F. AND SUH, E. C. *Regional geochemical baseline concentration of potentially toxic trace metals in the mineralized Lom Basin, East Cameroon: a tool for contamination assessment.* Geochemical Transactions, Article, Vol. 11, 2018.
35. MUSANI, L. ; VALENTA, P. ; NÜRNBERG, H. W. ; KONRAD, Z. AND BRANICA, M. *On the chelation of toxic trace metals by humic acid of marine origin* Estuarine and Coastal. Marine Science. Vol, 11, No. 6, 1980, 639-649
36. NASR, M. S.; OKBAH, M. A. AND KASEM, S. M. *Environmental assessment of haevy metal pollution in bottom sediment of Aden port, Yemen* International Journal of Ocean and Oceanography. Vol. 1, No. 1, 2006, 99-109.
37. NEFF, J. *Cadmium in the Ocean.*2000, 89-102.
38. NIES, H. *Microbial heavy-metal resistance.* Applied Microbiology and Biotechnology. Vol. 51, 1999, 730-750.
39. NOBI, E. P., ; DILIPAN, E., ; THANGARADJOU, T., ; SIVAKUMAR, K., ; KANNAN, L. *Geochemical and geostatistical assessment of heavy metal concentration in the sediments of different coastale co systems of Andaman Islands, India.* Shelf Sci. Vol. 87, 2010, 253–64.
40. PAN, H. ; LI, F. ; LIU, Y. ; ZHANG, Q. ; WANG, M.; LAN, S. ; ZHENG, Y. ; MA. J. AND GU, L. *Ultrahigh–energy density lead-free dielectric films via polymorphic nano domain design.* Science Vol. 365, No. 6453, 2019, 578-582
41. PIEDRACOBA, S., SOUTO, C., GILCOTO, M. & PARDO, P.C. *Hydrography and dynamics of the Rea de Ribadeo (NW Spain), a wave driven estuary.* Estuarine Coastal and Shelf Science, Vol. 65, 2005, 726-738.
42. PIEDRACOBA, S., SOUTO, C., GILCOTO, M. & PARDO, P.C. *Hydrography and dynamics of the Rea de Ribadeo (NW Spain), a wave driven estuary.* Estuarine Coastal and Shelf Science, VOL. 65, 2005, 726-738.
43. SEAR, P. A. *Zinc in the aquatic enviromen; Chemistry and toxicology natinal research council of Vanada associate committee on scientific criteria for enviromental quality.* 1981, Report NRCC No. 17589.
44. SHARMA, P. ; PANDEY, K. A. ; UDAYAN, A. AND KUMAR, S. *Role of microbial community and metal-binding proteins in phytoremediation of heavy metals from industrial waste water,* Bioresource Technology. Vol.326, No. 7. 2021, 1-18.

45. SKIDMORE, F. *Toxicity of Zinc compounds in aquatic animal with special reference to fish*. Q. Rev. Biol., Vol. 39, 1964, 277-248.
46. SOUTO, C., GILCOTO, M., FARRIA-BUSTO, L. & PÉREZ, F.F. *Modeling the residual circulation of a coastal embayment affected by wind - driven upwelling: Circulation of the Ria de Vigo (NW Spain)*. Journal of Geophysical Research, , Vol. 108, No. 11, 2003, 3340-3356.
47. SOUTO, C., GILCOTO, M., FARRIA-BUSTO, L. & PÉREZ, F.F. *Modeling the residual circulation of a coastal embayment affected by wind - driven upwelling: Circulation of the Ria de Vigo (NW Spain)*. Journal of Geophysical Research, , Vol. 108, No. C11, 2003, 3340-3356.
48. TESSIER, A. & CAMPBELL, P. G. C. *Partitioning of trace metals in sediments, In: Metal Speciation: Theory, Analysis and Application*, J. R. Kramer & H.E. Allen (Eds.). 1988, 183-199.
49. TUPAN, I. C. and UNEPUTTY, A. P. *Concentration of heavy metals lead (Pb) and cadmium (Cd) in water, sediment and seagrass , Thalassia hemprichii in Ambon Island waters AACL Bioflux*, Volume 10, No. 6, 2017.
50. VALDÉS, J., VARGAS, G., SIFEDDINE, A., ORTLIEB, L., GUINEZ, M. *Distribution and enrichment evaluation of heavy metals in Mejillones Bay (23 °S), Northern Chile: geochemical and Statistical approach*. Marine Pollution Bulletin Vol. 50, 2005, 1558–1568.
51. WEDEPOHL, H. K. *The composition of the continental crust*, Geochimica et Cosmochimica Acta. Vol. 59, No. 7, 1995, 1217-1232
52. WULAN, R. D. ; MARGANINGRUM, D. AND YONEDA, M. Distribution, source identification, and assessment of heavy metal pollution in the surface and pore waters of Cipeles River, West Java, Indonesia, Environmental Science and Pollution Research vol. 27, 2020, 39123–39134
53. YUAN, X.; XUE, N. AND HAN, Z. A . *meta-analysis of heavy metals pollution in farmland and urban soil in china over the past 20 Years*. Journal of Environmental Sciences. Vol. 101, 2021, 217-226.