

KEPEKATAN LOGAM BERAT DALAM SEDIMEN DAN *MERETRIX SP.* DI PESISIR PANTAI BONGAWAN DAN LOK KAWI, SABAH

Siti Aishah Mohd Ali, Kamsia Budin, Rohana Tair, Farrah Anis F. Adnan & Norfatihah Johani

Unit Penyelidikan Air, Sekolah Sains dan Teknologi,
Universiti Malaysia Sabah, Jalan UMS, 88400 Kota Kinabalu, Sabah

ABSTRAK. Kajian ini bertujuan menentukan kepekatan logam berat iaitu Pb, Cd, Zn, Fe dan Cu di dalam *Meretrix sp.* dan sedimen di kawasan pesisir pantai Bongawan dan Lok Kawi, Sabah. Logam berat dianalisis menggunakan ICP-OES setelah tisu *Meretrix sp.* dan sedimen dihadamkan menggunakan larutan *aqua regia* (HNO_3 : HCl). Hasil analisis menunjukkan kepekatan Pb, Cd, Zn, Fe dan Cu dalam *Meretrix sp.* adalah masing-masing dalam julat 0.08 - 0.50 mgkg^{-1} , < 0.01 - 0.05 mgkg^{-1} , 5.46 - 12.0 mgkg^{-1} , 78.54 - 237.45 mgkg^{-1} dan 0.45 - 1.2 mgkg^{-1} manakala dalam sedimen adalah masing-masing berjulat 0.25 - 2.95 mgkg^{-1} , < 0.01 - 0.35 mgkg^{-1} , 1.22 - 16.35 mgkg^{-1} , 422.0 - 1028.95 mgkg^{-1} dan 0.13 - 1.90 mgkg^{-1} . Analisis korelasi Pearson menunjukkan terdapatnya pengaruh kepekatan logam berat daripada sedimen dalam *Meretrix sp.* yang signifikan pada aras $p < 0.01$ khususnya bagi logam Pb, Cd dan Zn. Ini turut dibuktikan daripada nilai pengiraan faktor biokepekatan (BCF) di antara sedimen dan *Meretrix sp.* yang berada pada julat logam Pb (0.12 - 0.56), Cd (0.14 - 4.00), Zn (0.73 - 6.52), Fe (0.12 - 0.56) dan Cu (0.16 - 5.14) masing-masing. Secara keseluruhannya, kepekatan semua logam berat dalam *Meretrix sp.* tidak melebihi had yang ditetapkan dalam Akta Makanan 1983.

KATAKUNCI. Logam berat, ICP-OES, sedimen, *aqua regia*, *Meretrix sp.*

ABSTRACT. This study aims to determine the concentration of Pb, Cd, Zn, Fe and Cu in the *Meretrix sp.* and sediments in coastal areas of Bongawan and Lok Kawi, Sabah. The heavy metals were analyzed using ICP-OES after the tissue of *Meretrix sp.* and sediments were digested using a solution of *aqua regia* (HNO_3 : HCl). Retrieved concentrations of Pb, Cd, Zn, Fe and Cu in *Meretrix sp.* were each in the range of 0.08 - 0.50 mgkg^{-1} , < 0.01 - 0.05 mgkg^{-1} , 5.46 - 12.0 mgkg^{-1} , 78.54 - 237.45 mgkg^{-1} and 0.45 - 1.2 mgkg^{-1} , while in the sediment, the range was 0.25 - 2.95 mgkg^{-1} , < 0.01 - 0.35 mgkg^{-1} , 1.22 - 16.35 mgkg^{-1} , 422.0 - 1028.95 mgkg^{-1} and 0.13 - 1.90 mgkg^{-1} . Pearson correlation analysis shows that Pb, Cd and Zn concentration in *Meretrix sp.* has been significantly influenced by the heavy metal content in the sediment ($p < 0.01$). This is also supported by the BCF value between the sediment and the *Meretrix sp.* which is in the range of Pb (0.12 - 0.56), Cd (0.14 - 4.00), Zn (0.73 - 6.52), Fe (0.12 - 0.56) and Cu (0.16 - 5.14) respectively. Overall, the heavy metal concentrations in *Meretrix sp.* were not exceed the limit as stated in the Food Act 1983.

KEYWORDS. Heavy metal, ICP-OES, sediment, *aqua regia*, *Meretrix sp.*

PENGENALAN

Spesies *Meretrix sp.* yang tergolong dalam filum bivalvia merupakan spesies kerang pemakan mendapan yang hidup di dalam sedimen. Zanetos (1996) menyatakan spesies ini berada di bawah permukaan sedimen hampir sepanjang masa untuk mengelak pancaran matahari secara

terus dan pemangsa terutamanya pada waktu air surut. Farrington *et al.* (1983) menjelaskan bahawa spesies ini bersifat sedentari iaitu menetap di suatu tempat dalam jangka masa yang lama. Gosling (2003) pula telah mengenalpasti nutrien utama *Meretrix sp.* yang terdiri daripada plankton dan hidupan laut mikro lain yang mudah dibawa bersama isipadu air yang diserap oleh spesies ini. Kajian spesies dalam filum bivalvia ini digunakan sebagai agen penunjuk biologi secara semulajadi. Rainbow (2002), menjelaskan bahawa bivalvia mempunyai kebolehan untuk mengumpul logam berat dalam badannya sehingga aras kepekatan yang lebih tinggi berbanding kepekatan logam berat di dalam air di sekelilingnya. Menurut Martin-Diaz *et al.* (2008), kadar pemendapan dan pengumpulan logam berat di dalam badan moluska bergantung pada interaksi organisma terbabit dengan persekitarannya terutamanya sedimen. Bahan pencemar yang kerap kali dijumpai di dalam sedimen adalah logam berat (Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb dan Zn), organoklorida dan polisiklik aromatik hidrokarbon (PAH) (Martin-Diaz *et al.*, 2008). Pengiraan faktor biokepekatan (BCF) digunakan bagi mengetahui hubungan di antara kepekatan logam berat di dalam organisma dan di dalam persekitarannya serta dapat menentukan arah kecenderungan penumpukan (Gobas & Morrison, 2000) iaitu:-

$$BCF = \frac{\text{(kepekatan logam X di dalam organisma)}}{\text{(Kepekatan logam X di dalam sedimen)}}$$

Kajian ini telah dijalankan bagi menentukan kepekatan logam berat iaitu Pb, Cd, Zn, Fe dan Cu dalam sedimen dan spesies *Meretrix sp.* yang diperolehi di kawasan pesisir pantai Lok Kawi dan Bongawan, Sabah. Kajian ini turut membandingkan kepekatan logam berat, mengkaji hubungan antara kepekatan logam berat di dalam sedimen dan *Meretrix sp.* di kedua-dua tempat dan seterusnya membandingkan kepekatan logam berat dalam *Meretrix sp.* yang dikaji dengan Akta Makanan 1983 (Akta Makanan Malaysia (Akta 281) dan Peraturan Makanan, 1985).

BAHAN DAN KAEDAH

Lokasi kajian

Empat stesen kajian dipilih di kawasan pesisir pantai Lok Kawi dan tiga stesen kajian di kawasan Bongawan (Jadual 1). Persampelan sedimen dan *Meretrix sp.* ini dilakukan secara rawak.

Jadual 1. Senarai lokasi stesen kajian

Lokasi	Stesen	Koordinat	
Lok Kawi	S1	5°50'51.48" N	116°02'32.32"E
	S2	5°50'57.08" N	116°02'31.64"E
	S3	5°50'54.64" N	116°02'31.16"E
	S4	5°50'57.08" N	116°02'31.64"E
Bongawan	S5	5°37'45.71" N	115°53'03.37"E
	S6	5°37'51.82" N	116°53'03.68"E
	S7	5°37'05.69" N	116°53'05.36"E

Sedimen

Sampel sedimen diambil di kawasan yang mempunyai taburan *Meretrix sp.* yang tinggi dengan menggunakan alat grab yang telah diubah suai pada kedalaman antara 0 hingga 15 cm dan seterusnya dikeringkan di dalam oven pada suhu 105°C selama 48 jam (Martin-Diaz *et al.*, 2008). Sebanyak 2 g sedimen kering (<63 µm) dihadamkan menggunakan 15 ml larutan *aqua regia* HNO₃:HCl (1v:3v) dan dipanaskan pada suhu 70°C di atas papan pemanas. Penggunaan kedua-dua jenis asid ini berfungsi untuk menghadamkan tisu-tisu lemak (Edgar & Samson, 2004) dan mengekstrak semua logam dalam sampel tanah (Radojevic & Bashkin, 1999). Seterusnya, sampel dikacau dengan menggunakan rod kaca semasa pemanasan dilakukan sehingga sampel menjadi pekat dan membentuk mendakan kuning. Proses pencairan dilakukan dengan menambah air suling kedalam sampel hingga mencapai 100 ml dan akhirnya ditapis menggunakan kertas turas *Whatman* 45 µm. Hasil turasan dimasukkan di dalam botol polietilena dan sedia untuk ujian pengesanan kepekatan logam berat menggunakan *Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometer* (ICP-OES) Perkin Elmer Optima 5300 DV.

Tisu *Meretrix sp.*

Sampel *Meretrix sp.* bersaiz di antara 2 cm hingga 6 cm yang dijumpai dibilas terlebih dahulu dengan air suling sebelum dimasukkan ke dalam plastik dan disimpan dalam peti sejuk pada suhu -20°C (Al-Shiwafi *et al.*, 2005; Jung *et al.*, 2005). Seterusnya, tisu lembut *Meretrix sp.* diasingkan daripada cengkerangnya dan dibilas menggunakan air suling sebelum dikeringkan pada suhu 60°C – 70°C selama 24 jam. Penyediaan sampel ini dilakukan sekurang-kurangnya dengan dua replikat. Tisu yang kering ditumbuk menggunakan mortar dan pestel untuk memudahkan proses penghadaman sampel menggunakan larutan *aqua regia* HNO₃:HCl (1v:2v). Sampel kemudiannya dipanaskan pada suhu 70°C di atas papan pemanas sehingga membentuk mendakan kuning. Proses pencairan dilakukan dengan menambah air suling ke dalam sampel hingga mencapai 50 ml dan akhirnya ditapis menggunakan kertas turas *Whatman* 45 µm. Hasil turasan dianalisis menggunakan ICP-OES.

HASIL DAN PERBINCANGAN

Kepekatan Logam Berat di dalam Sedimen

Kepekatan logam berat di dalam sedimen ditunjukkan dalam Jadual 2. Didapati logam Pb, Cd, Zn dan Cu mempunyai kepekatan yang tinggi di S7 berbanding lokasi lain manakala logam Fe tertinggi kepekataannya di S1. Nilai kepekatan terendah logam Pb dan Zn ditunjukkan di S3, logam Fe dijumpai pada kepekatan terendah di S5 dan logam Cu di S4. Hanya kepekatan logam Cd didapati kurang dari 0.01 mgkg⁻¹ di S6. Menurut Aloupi dan Angelidis (2001), dan Huang dan Lin (2003), taburan kandungan logam berat di suatu kawasan berkemungkinan dipengaruhi oleh dua faktor utama iaitu komposisi bahan organik dan saiz butiran sedimen halus yang terdapat di kawasan tersebut.

Jadual 2. Kepekatan logam berat di dalam sedimen, *Meretrix sp.* dan pengiraan BCF mengikut stesen kajian.

Lokasi	Kepekatan Logam Berat (mgkg ⁻¹)				
	Pb	Cd	Zn	Fe	Cu
Sedimen					
S1	0.47 ± 0.21	0.02 ± 0.01	1.98 ± 0.61	1028.95 ± 280.5	0.19 ± 0.02
S2	0.27 ± 0.02	0.01 ± 0.00	1.49 ± 0.16	551.39 ± 16.43	0.17 ± 0.03
S3	0.25 ± 0.04	0.01 ± 0.00	1.22 ± 0.14	517.88 ± 74.73	0.21 ± 0.02
S4	0.28 ± 0.03	0.01 ± 0.00	1.51 ± 0.23	626.94 ± 47.18	0.13 ± 0.06
S5	1.95 ± 0.54	0.20 ± 0.09	7.80 ± 2.80	422.55 ± 81.09	1.50 ± 0.26
S6	1.69 ± 0.35	< 0.01	13.85 ± 3.77	615.75 ± 22.30	1.90 ± 0.46
S7	2.95 ± 0.68	0.35 ± 0.07	16.35 ± 6.65	747.52 ± 103.25	6.05 ± 1.50
Julat	0.25 - 2.95	< 0.01 - 0.35	1.22 - 16.35	422.55 - 1028.95	0.13 - 6.05
<i>Meretrix sp.</i>					
S1	0.12 ± 0.05	0.03 ± 0.09	6.64 ± 0.31	120.80 ± 220.5	0.69 ± 0.00
S2	0.08 ± 0.08	0.04 ± 0.02	7.21 ± 0.11	78.54 ± 16.01	0.70 ± 0.04
S3	0.14 ± 0.27	0.04 ± 0.90	7.96 ± 0.10	140.12 ± 32.43	1.08 ± 0.02
S4	0.12 ± 0.52	0.04 ± 0.01	5.46 ± 0.66	94.48 ± 5.33	0.60 ± 0.02
S5	0.40 ± 0.50	0.05 ± 0.39	11.30 ± 2.67	237.45 ± 21.03	1.20 ± 0.64
S6	0.35 ± 0.30	< 0.01	10.60 ± 1.06	172.70 ± 12.32	0.45 ± 0.57
S7	0.50 ± 0.08	0.05 ± 0.11	12.00 ± 3.70	224.75 ± 13.43	0.95 ± 0.55
Julat	0.08 - 0.50	< 0.01 - 0.05	5.46 - 12.00	78.54 - 237.45	0.45 - 1.20
BCF					
S1	0.26	1.50	3.35	0.12	3.63
S2	0.30	4.00	4.84	0.14	4.12
S3	0.56	4.00	6.52	0.27	5.14
S4	0.43	4.00	3.62	0.15	4.62
S5	0.21	0.25	1.45	0.56	0.80
S6	0.21	0.00	0.77	0.28	0.24
S7	0.17	0.14	0.73	0.30	0.16
Julat	0.21 - 0.56	0.00 - 4.00	0.73 - 6.52	0.12 - 0.56	0.16 - 5.14

Terdapat dua kategori bagi saiz partikel dalam sedimen iaitu saiz yang kasar (pasir dan saiz diameter > 63µm) dan saiz halus (kelodak dan lempung bersaiz < 63µm) (Power & Chapman, 1992). Biasanya masalah pencemaran seringkali dihubungkan dengan saiz sedimen yang lebih halus seperti sedimen berlumpur. Namun, faktor fisiologi persekitaran seperti saliniti, pergerakan air, nilai pH, bahan organik, pergerakan sedimen dan ciri-ciri kimia air memberi kesan kepada kehadiran bahan pencemar di dalam sedimen (Power & Chapman, 1992; Wan Mahmood *et al.*, 2010). Oleh itu, didapati kepekatan taburan logam berbeza dalam sedimen kajian iaitu mengikut susunan Fe > Zn > Pb > Cu > Cd kecuali di stesen S6 dan S7 dengan susunan Fe > Zn > Cu > Pb > Cd.

Kepekatan Logam Berat Di Dalam *Meretrix sp.*

Kepekatan logam berat yang diperolehi di dalam *Meretrix sp.* ditunjukkan dalam Jadual 2. Didapati susunan kepekatan logam berat yang berakumulasi daripada yang tertinggi kepada rendah di dalam tisu *Meretrix sp.* adalah Fe > Zn > Cu > Pb > Cd. Kepekatan logam Fe diperolehi lebih tinggi jika dibandingkan dengan logam Cd dengan julat masing-masing di antara 78.54 – 237.45 mgkg⁻¹ dan < 0.01 – 0.05 mgkg⁻¹ di dalam tisu *Meretrix sp.* Perbandingan di antara kesemua stesen didapati *Meretrix sp.* yang diperolehi di S5

mempunyai kepekatan logam Cd, Fe dan Cu yang tinggi manakala logam Pb dan Zn didapati tinggi di S7. Seterusnya, kepekatan terendah bagi logam Pb dan Fe didapati di S2, logam Cu di S6, logam Zn di S4 dan logam Cd di S1.

Didapati kepekatan Fe dan Zn yang tinggi dalam tisu *Meretrix sp.* adalah disebabkan fungsi bahan logam ini sebagai bahan penting dalam aktiviti metabolik organisma akuatik (Drexler *et al.*, 2003; Abdullah *et al.*, 2007; Yap *et al.*, 2009; Christopher *et al.*, 2010). Rainbow (2002) menerangkan bahawa organisma yang tidak bertulang belakang atau invertebrata boleh mengambil lebih banyak Zn berbanding Pb dan Cd. Uluturhand dan Kucuksezgin (2007) berpendapat bahawa kepekatan logam Zn dalam spesies bivalvia turut dipengaruhi oleh perubahan persekitaran dan akibat daripada aktiviti kitaran biologi seperti kitaran pemakanannya. Cara hidup *Meretrix sp.* yang membenamkan badan dalam sedimen dan *sesile* menjadi faktor penumpukan lebih banyak logam berat melalui proses pemakanannya (Abdullah *et al.*, 2007). Aktiviti penyerapan makanan oleh moluska yang aktif menyebabkan ianya memperoleh kepekatan bahan pencemar dalam tisu (Widmeyer & Bendel-Young, 2007). Menurut Rainbow (2002), penyerapan bahan partikulat dan seston (fitoplakton, sedimen, bakteria dan humus) berpotensi sebagai pembawa bahan pencemar memasuki tisu moluska. Selain itu, Bryan dan Uysal (1978) menjelaskan terdapat aliran major bagi logam berat untuk diserap oleh organisma melalui bahan pepejal terampai dan partikulat dalam sedimen.

Berbeza dengan kandungan kepekatan Pb, Cd dan Cu yang rendah dalam tisu adalah kemungkinan disebabkan oleh kesan ketoksikan dan bahan logam ini bukan bahan penting kepada moluska tersebut (Abdullah *et al.*, 2007). Menurut Frazier (1978), kepekatan Cd yang normal dalam tisu moluska adalah dianggarkan 0.01 hingga 140 $\mu\text{g g}^{-1}$ berat basah.

Didapati kepekatan Pb, Zn dan Cu di Bongawan lebih tinggi berbanding Lok Kawi (Jadual 3). Keadaan ini berlaku kerana kawasan tersebut banyak menerima input antropogenik termasuklah aktiviti perikanan, pembinaan di pesisir pantai dan lain-lain aktiviti dari daratan. Antaranya asap dan tumpahan minyak berplumbum dari bot-bot ini secara tidak langsung meningkatkan kandungan logam Pb, Zn dan Cu di permukaan sedimen pesisir pantai. Kedudukan S7 yang paling dekat dengan kawasan perkampungan dan pertembungan aliran sungai dan laut kemungkinan menyebabkan kandungan logam berat yang tinggi dalam *Meretrix sp.* Berbanding stesen di Lok Kawi, lokasinya yang lebih mengarah ke laut yang menyebabkan proses bio-pengacauan lebih banyak berlaku dan kedudukannya agak jauh daripada sumber-sumber pencemaran antropogenik. Menurut Wan Mahmood *et al.* (2010), proses bio-pengacauan, pemendapan semula dan lain-lain proses pencampuran sedimen turut mengganggu dan mempengaruhi taburan seterusnya akan merubah kepekatan dan kelimpahan unsur logam di pesisir pantai.

Kepekatan yang dibenarkan bagi logam Pb adalah 2 mgkg^{-1} , manakala 1 mgkg^{-1} bagi Cd, 100 mgkg^{-1} bagi Zn, 200 mgkg^{-1} bagi Fe dan 30 mgkg^{-1} bagi Cu (Akta Makanan 1983). Hasil analisis menunjukkan hampir kesemua kepekatan logam berat dalam *Meretrix sp.* adalah masih dibawah tahap selamat Akta Makanan 1983 kecuali Fe di mana nilai kepekataannya melebihi 200 mgkg^{-1} di S5 dan S7.

Jadual 3. Kepekatan Pb, Zn dan Cu di dalam *Meretrix sp.* mengikut stesen kajian.

Lokasi	Kepekatan Logam Berat (mgkg ⁻¹)		
	Pb	Zn	Cu
S1	0.12 ± 0.05	6.64 ± 0.31	0.69 ± 0.00
S2	0.08 ± 0.08	7.21 ± 0.11	0.70 ± 0.04
S3	0.14 ± 0.27	7.96 ± 0.10	1.08 ± 0.02
S4	0.12 ± 0.52	5.46 ± 0.66	0.60 ± 0.02
Julat	0.08 – 0.14	5.46 – 7.96	0.60 – 1.08
S5	0.40 ± 0.50	11.30 ± 2.67	1.20 ± 0.64
S6	0.35 ± 0.30	10.60 ± 1.06	0.45 ± 0.57
S7	0.50 ± 0.08	12.00 ± 3.70	0.95 ± 0.55
Julat	0.35 – 0.50	10.60 – 12.00	0.45 – 1.20

Faktor Biokepekatan Logam Berat di antara *Meretrix sp.* dan Sedimen

Data pengiraan faktor biokepekatan (BCF) di dalam sedimen dan organisma menunjukkan nilai BCF yang tinggi iaitu lebih dari nilai 1.00. Ini membuktikan pengumpulan logam adalah tinggi di dalam organisma berbanding di dalam sedimen (Vassiliki & Konstantina, 1984). Nilai BCF bagi logam berat ditunjukkan di dalam Jadual 2. Didapati logam Zn mempunyai julat nilai BCF yang paling tinggi iaitu di antara 0.73 – 6.52 dan diikuti oleh logam Cu (0.16 – 5.14), Cd (0.00 – 4.00), Pb (0.17 – 0.56) dan Fe (0.12 – 0.56). Terdapat pengaruh logam berat Zn, Cu dan Cd daripada sedimen terhadap *Meretrix sp.* iaitu dengan nilai BCF yang melebihi nilai 1.00. Hasil analisis juga menunjukkan tiada pengaruh logam Fe di dalam sedimen terhadap *Meretrix sp.* walaupun ia menunjukkan nilai kepekatan yang paling tinggi di kedua-dua media kajian. Ini menunjukkan Fe merupakan elemen penting dalam aktiviti metaboliknya (Christopher *et al.*, 2010). Ini dapat dibuktikan dengan nilai pekali korelasi Pearson logam Fe di antara sedimen dan *Meretrix sp.* yang menunjukkan tiada perhubungan yang signifikan ($p > 0.01$). Sungguhpun begitu, nilai pekali korelasi Pearson yang sederhana kuat bagi logam Zn, Cd dan Pb menunjukkan perhubungan yang signifikan pada $p < 0.01$. Nilai pekali korelasi Pearson ditunjukkan dalam Jadual 4.

Jadual 4. Pekali korelasi Pearson logam berat dalam sedimen dan spesies *Meretrix sp.*

Sedimen	Pb	Cd	Zn	Fe	Cu
<i>Meretrix sp.</i>	0.958**	0.545**	0.711**	-0.291	0.160

**signifikan pada $p < 0.01$

KESIMPULAN

Secara am, julat kepekatan logam berat kajian (Fe, Pb, Zn, Cu dan Cd) di dalam sedimen adalah lebih tinggi berbanding dalam tisu *Meretrix sp.* Hasil kajian juga menunjukkan *Meretrix sp.* di kawasan pesisir pantai Bongawan dan Lok Kawi mengandungi kepekatan logam di bawah had maksimum Akta Makanan 1983 kecuali Fe di S5 dan S7. Nilai bacaan BCF > 1.00 dan korelasi Pearson pula menunjukkan terdapatnya pengaruh kepekatan logam berat khususnya Pb, Cd dan Zn daripada sedimen terhadap *Meretrix sp.* yang signifikan ($p < 0.01$).

PENGHARGAAN

Penulis ingin merakamkan penghargaan kepada Kementerian Sains, Teknologi dan Inovasi Malaysia (MOSTI) kerana membiayai kajian ini.

RUJUKAN

- Abdullah, M.H., Sidi, J. & Aris, A.Z. 2007. Heavy metals (Cd, Cu, Cr, Pb and Zn) in *Meretrix meretrix* Roding, water & sediments from estuaries in Sabah, North Borneo. *International Journal of Environmental and Science Education*, **2**, 69-74.
- Akta Makanan Malaysia (Akta 281) dan Peraturan Makanan. 1985. Kuala Lumpur. International Law Book and services.
- Aloupi, M. & Angelidis, M. O. 2001. Geochemistry of natural and anthropogenic metals in the coastal sediments of the islands of Lesbos, Aegean Sea. *Environmental Pollution*, **113**: 211-219.
- Al-Shiwafi, N., Rushdi, A. I. & Ba-Issa, A. 2005. Trace Metals in Surface Seawaters and Sediments from Various Habitats of the Red Sea Coast of Yemen. *Environmental Geology*, **48**: 590-598.
- Bryan, G.W. & Uysal, H. 1978. Heavy metals in the burrowing bivalve *Scrobicularia plana* from the Tamar Estuary in relation to environment levels. *Journal Marine Biology*. **58**: 89-108.
- Christopher, B. N., Ekaluo, U.B. & Asuquo, F.E. 2010. Comparative Bioaccumulation of Heavy Metals (Fe, Mn, Zn, Cu, Cd & Cr) by Some Edible Aquatic Mollusc from the Atlantic Coastline of South Eastern Nigeria. *World Journal of Fish & Marine Sciences*, **2**, 317-321.
- Drexler, J., Fisher, N., Henningsen, G., Lanno, R., McGeer, J. & Sappington, K. 2003. Issue Paper on the Bioavailability and Bioaccumulation of Metals (Draft). Washington: U.S. Environmental Protection Agency.
- Edgar, G. J. & Samson, C. R. 2004. Catastrophic decline in mollusk diversity in eastern Tasmania & its concurrence with shellfish fisheries. *Conservation Biology* **18**: 1579 – 1588.

- Farrington J. W., Goldberg E. D., Risebrough R. W., Martin J.H. & Bowen V.T. 1983. US Mussel Watch 1976-1978; an overview of the trace metal, DDE, PCB, hydrocarbons, & artificial radionuclide data. *Environmental Science Technology* **17**: 490 – 496.
- Frazier, J. M. 1978. *Toxicity and health effects*. In: *Center for Natural Areas. A summary and analysis of environmental information on the continental shelf from cape hatteras to cape canaveral*. Bureau of Land Management, New York, 1978, Chap. 19.
- Gobas, F.A.P.C. & Morrison, H.A., 2000. Bioconcentration and biomagnifications in the aquatic environment, in: Boethling, R.S., Mackay, D. (Eds.), *Handbook of Property Estimation Methods for Chemicals*, Lewis Publishers, Boca Raton, FL, pp. 189–231.
- Gosling, E. 2003. *Bivalve Molluscs: Biology, Ecology & Culture*, MPG Books Ltd, Cornwall.
- Huang, K.M. & Lin, S. 2003. Consequences & implication of heavy metal spatial Variations in sediments of the Keelung River drainage basin, Taiwan. *Chemosphere* **53**: 1113 – 1121.
- Jung, H., Yun, S., Mayer, B., Kim, S., Park S. & Lee, P. 2005. Transport and Sediment Water Partitioning Of Trace Metals in Acid Mine Drainage: An Example from the Abandoned Kwangyang Au-Ag Mine Area, South Korea. *Environmental Geology* **48**: 437-449.
- Martin-Diaz, M. L., Jimenez-Tenorio, N., Sales, D. & DelValls, T. A. 2008. Accumulation and histopathological damage in the clam *Ruditapes philippinarum* and the crab *Carcinus maenas* to assess sediment toxicity in Spanish ports. *Chemosphere* **71**: 1916 – 1927.
- Power, E.A. & Chapman, P.M. 1992. *Assessing sediment quality*. Dalam: Burton, G.A.Jr (Eds). *Sediment toxicity Assessment*. Florida: Lewis Publishers INC. hlm 1-18.
- Radojevic, M. & Bashkin, V. N. 1999. *Practical Environmental Analysis*. Royal Society of Chemistry, Cambridge, New York.
- Rainbow, P.S. 2002. Trace metal concentrations in aquatic invertebrates: why & so what? *Environmental Pollution* **120**: 497-507.
- Uluturhand, E. & Kucuksezgin. 2007. Heavy Metal Contaminants in Red Pandora (*Pagellus erythrinus*) Tissues from the Eastern Aegean Sea, Turkey. *Water Research*, **41**: 1185 – 1192.
- Vassiliki, K. & Konstantina, A D. 1984. Transfer Factors of Heavy Metals in Aquatic Organisms of Different Trophic Levels. *Bulletin Environmental Contamination Toxicology* **13**: 280-287.
- Wan Mahmood, Z., Ahmad, Z. & Mohamed, C.A.R. 2010. Kepekatan Mn & Fe dalam teras sedimen di perairan Sarawak dan Sabah. *Sains Malaysiana*. **39** (1): 13-20.
- Widmeyer, J.R. & Bendel-Young, L.I. 2007. Influence of food quality and salinity on dietary Cadmium availability in *Mytilus trossulus*. *Aquatic Toxicology*. **81**: 144-151.
- Yap, C.K., Razeef, S.M.R., Edward, F.B. & Tan, S.G. 2009. Heavy metal concentrations (Cu, Fe, Ni, Zn) in the clam *Glauconome virens*, collected from the northern intertidal areas of Peninsular Malaysia. *Malaysia Application Biology*. **38**, 29-35.
- Zanetos, A. 1996. The marine Bivalvia (Mollusca) of Greece. *Hellenic Zoological Society and NCMR Fauna Graeciae* **7**: 319.