

Bivalve biocoenoses on different substrates, the 2000-year heavy metal contamination

by

Károly Bába - Diana Sári - Tóth Tibor

Abstract: 10 x 25 x 25 cm quadrate samples were taken from the Middle-Tisza area, where the Takta and Sajó rivers charge into the Tisza river for the purpose of quantifications and comparisons of species and specimen numbers as well as the analysis of zoogeographical distributions of species. Further samples were taken from the Lower Tisza area in the surroundings of Algyő and Tápé. Following the concepts of the 1964 works of Ložek the distribution of biotopes and substrate types has been analysed. Furthermore the heavy metal content of the bivalve shells collected in 1992 and 08.09.2000 were examined at details. Heavy metal analyses were extended to the soft parts of the animals as well.

According to our findings the West-Siberian (1,2) and Ponto-Caspian (3) faunas display complementary relations independent from substrate composition, the faunal composition of soft and hard muds are quite different.

The heavy metal content was analysed with Varian Spectrograf AA Graphite furnace spectrophotometer with a measurement error of 2%. Highest concentrations of heavy metals have been found in the shells. The contamination of the species *Anodonta cygnea* displayed lower levels as of those of the species *Unio tumidus* and *Unio pictorum*. These latter species can be considered good indicators of the heavy metal contamination in the river.

Keywords: Bivalve biocoenoses, substrate preference, heavy metal content of the specimens from Tápé.

Introduction

The 2000-year pollution of the Tisza river has diverted the attention of scientists to the importance of ecological indicator species. The organic detritus feeding organisms such as the bivalve are especially important regarding this question. Organic and inorganic compounds and elements derived from the detritus are built into their shells and soft material. Heavy metal contaminants can be identified in both the shell and the soft part. Several researches identified a gradually increasing heavy metal content in the bivalve shells of the Tisza River between 1915 and 1992 (Salánki et al., 1982.; Sárkány-Kiss et al., 1997.; Szőör, 1972.; Jakab, 1982.; Bába et al., 1999).

Coenological collections were carried out at 11 sample sites from the area of the Mid- and Lower Tisza. Following the 200-year cyanide contaminations the area of research was extended to the region of Tápé in the Lower Tisza as well. Samples from this latter site were analysed for heavy metal contents and compared with the results of earlier 1992. collections.

Bába Károly - Sári Diana - Tóth Tibor

**Kagylócönözők különböző aljzaton.
A 2000. évi nehézfémszennyezés**

Kivonat: A közép-tiszai Takta és Sajó beömlésénél és az alsótisza Algyő és Tápé térségében a szerzők 10 x 25 x 25 cm-es kvadrátmintákat vettek az egyedszámok és a fajszámok összehasonlítására, vizsgálva a fajok állatföldrajzi megoszlását. Ložek 1964 munkája alapján élőhelytípus és aljzat típus megoszlást vizsgáltak, utóbbinak PCA megoszlását is. Összevetették továbbá az 1992-ben és 2000. 09. 08-án vett minták kagylóhéjának nehézfém-tartalmát. A nehézfém vizsgálatokat a kagylók lágy részeire is kiterjesztették.

Megállapítható volt, hogy a nyugat-szibériai (1,2) és pontokaszpi (3) faunákörök komplementer viszonyban vannak - nem alzatfüggőek - különbözik a lágy és kemény agyagos alzat fajösszetétele.

A nehézfém vizsgálatok Varian Spectrograf AA grafit küvettás spektrofotometrrel folytak. A mérési hiba 2% volt. A legmagasabb nehézfém tartalmat a héjakban mérték. Az egyes fajok lágy szerveiben különböző nehézfém-tartalom jelentkezett. A vizsgált *Anodonta cygnea* nehézfém szennyezése alacsonyabb volt az *Unio tumidus* és *Unio pictorum* héjának nehézfém szennyezésénél. Ezen két faj megfelelő indikátora a nehézfém-típus szennyezésnek.

Kulcsszavak: Kagylócönözők, aljzatigények, tápei fajok nehézfém-tartalma.

Bevezetés

A Tisza szennyezése ráirányította a figyelmet az ökológiai indikátorokra. Ezek közül kiemelkedő szerepet játszanak a szerves törmelékkal táplálkozó kagylók. A szűrt táplálékból származó anyagokat lágytestükbe, majd héjukba építik. Mindkét helyről ki lehet mutatni a szennyező nehézfémeket (Salánki et al., 1982.; Sárkány-Kiss et al., 1997.; Szőör, 1972.; Jakab, 1982.; Bába et al., 1999.), a többi szerző 1915-1992 között a tiszai kagylók héjból növekvő nehézfém-tartalmat mutattak ki.

A szerző a Közép- és Alsó-Tiszán 11 helyen végzett cönológiai gyűjtéseket, mely kiterjedt a 2000. évi ciánszennyezés után Tápé kagylócönözsára, ahol a kagylók nehézfém-tartalmát is megvizsgáltatta, összehívve az 1992. évi nehézfém-tartalmakkal.

Anyag és módszer

A kagylócönöz vizsgálatokat 10 x 25 x 25 cm-es kvadrátok segítségével végeztem. A talált fajokra vonatkozó állatföldrajzi megoszlásukat feltüntettem

Material and methods

Coenological analyses of bivalves were carried out via utilization of 10 x 25 x 25 cm quadrates. Zoogeographical distributions of found species are displayed (BÁBA 2000) (Fig. 1.). Following the 1964 work of Ložek 3 types of biotopes were set up such as F: fluvial, SF: still water-fluvial, and FS: fluvial-still water (Fig. 3.). Similarly substrate preferences has been indicated as well such as F: hard stand clay, SH-SS: semi-hard-soft stand clayey silt, mud and S: soft stand sand or mud (Fig. 4.).

(Bába 2000) (1. ábra). Ložek (1964) alapján három élőhely típust képeztem a fajokra, úgymint: F folyóvízi, SF álló-folyóvízi és FS folyó-állóvízi kategóriákat (3. ábra). Ugyancsak Ložek munkájának figyelembevételével feltüntettem aljzatigényüket, úgymint F hard stand: agyag, semi hard - soft stand (SH - SS): ez agyagos iszapot jelent, és soft-stand S: ez homokot vagy lágy iszapot jelent (4. ábra).

A gyűjtőhelyek a következők voltak (I. Tábla): 1. gyh.: Takta a Tisza beömlése előtt 1995. 07. 04., 2. gyh.: a Sajónál 1995. 07. 04., 3. gyh.: a Tisza a Sajó beömlésénél 1995. 07. 04., 4-5. gyh.: 1992. 06. 23-án Algyő bal- és jobb partján, agyagos iszap és agyag aljzatról. 6-7. gyh.:

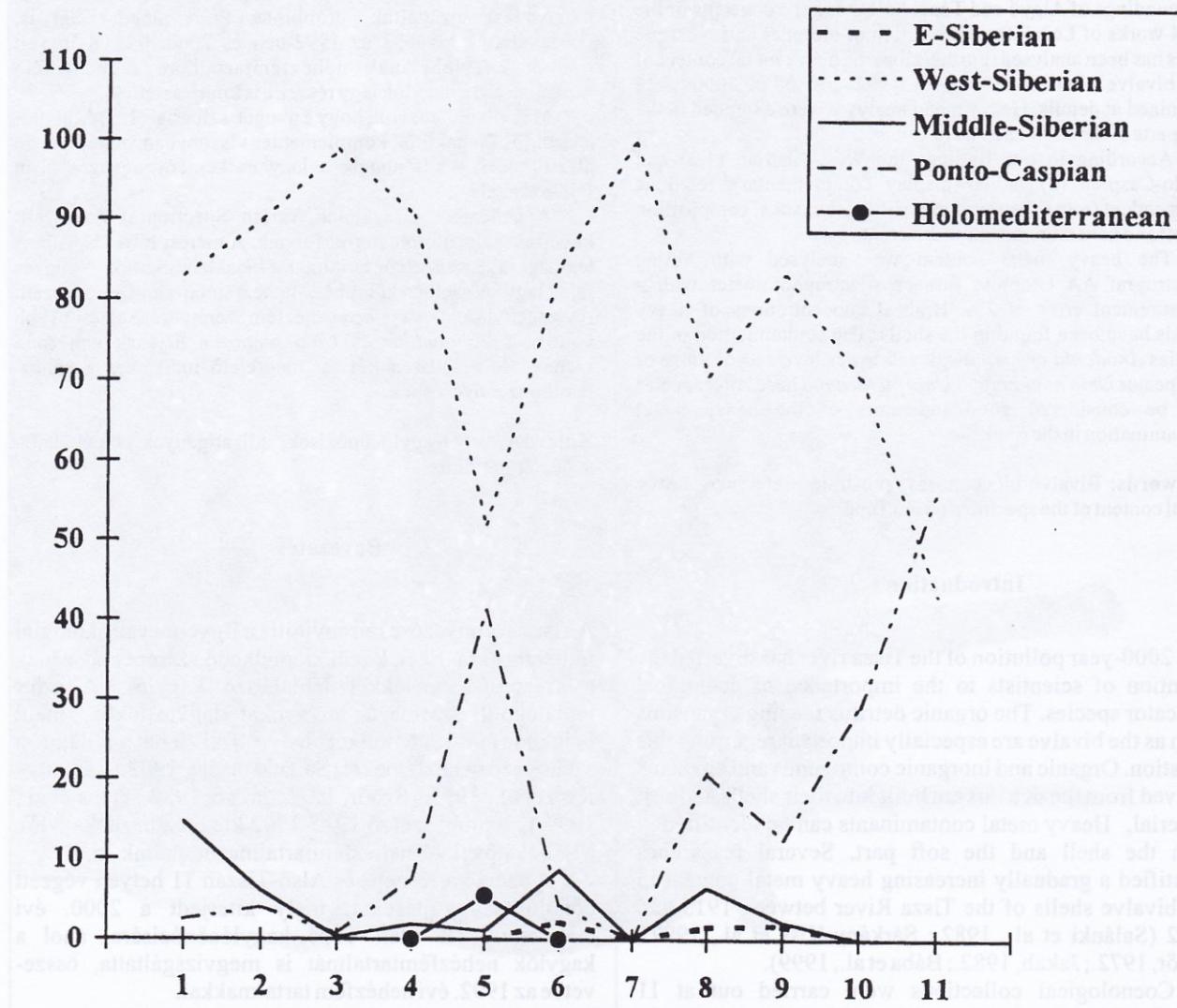


Fig. 1. : The zoogeographical distributions of the localities

1. ábra: Az élőhelyek állatföldrajzi megoszlása

Photo by János Peleki

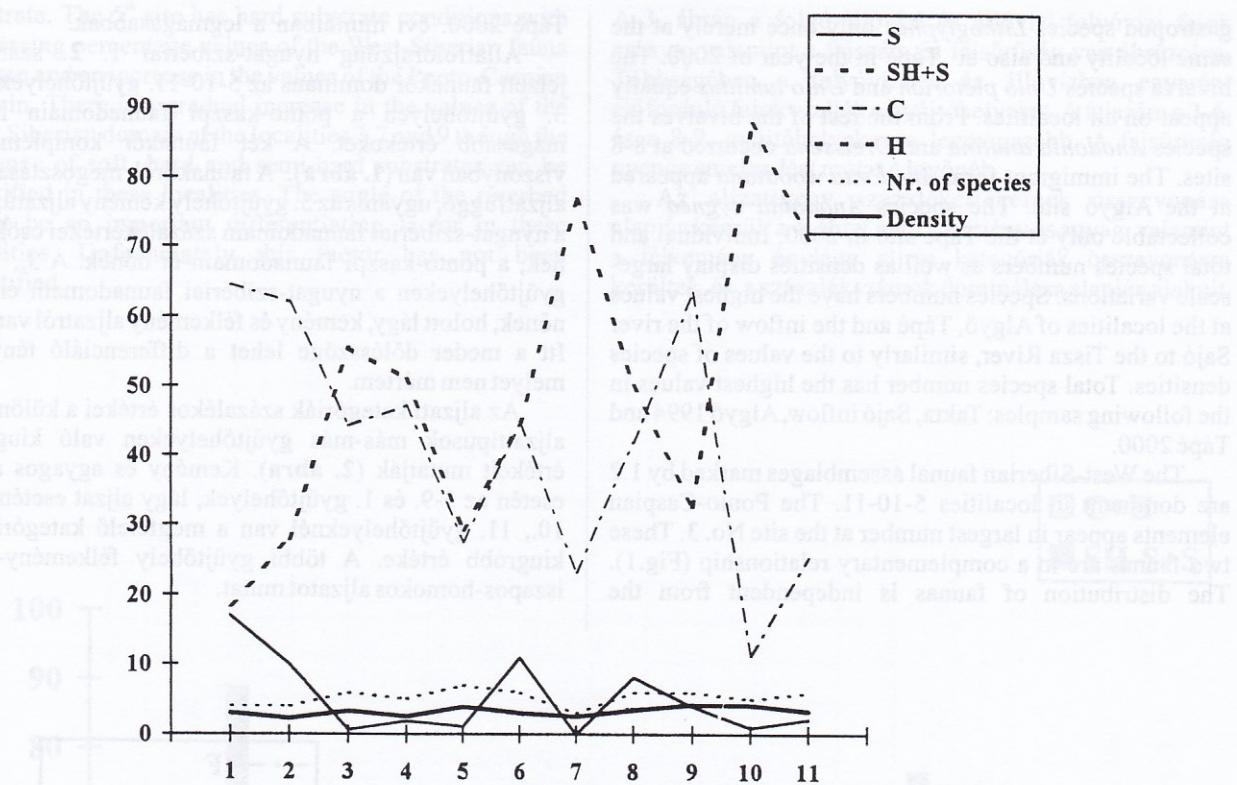


Fig. 2. : The distribution of bed types at the localities. Species number & density distributions
2. ábra: Az aljzattípusok megoszlása a lelőhelyeken. Fajszám és fajsűrűség megoszlások

Samples were collected from the following sites (Table I.): 1st.site: Taka river preceeding the interflow with the Tisza 04.07.1995., 2nd site: River Sajó 04.07.1995, 3rd site: River Tisza at the Sajó interflow 04.07.1995., 4th and 5th sites: muddy clayey substrates of the Tisza river's right and left banks at Algyő 23.06.1999., 6th and 7th sites: sandy clayey muds of the Tisza at Algyő 08.07 1993., 8th and 9th sites: sandy muddy substrates of the Tisza at Algyő 30.06.1999., 10th and 11th sites: Tápé with collections preceeding the cianide contamination in 07.1999 and following it on 08.09.2000. Samples were collected from depths of 1,5 m except for the last two, which come from depths of 50 cms from sandy mud substrates. Substrate preference and distributions were analysed with PCA (PODANI 1988) (Fig. 5.).

Bivalves collected in 2000 at Tápé were analysed for heavy metal content. Areas of the mantle, foot and the embryonic parts of the shell were sampled for the species of *Anodonta cygnea*, *Unio tumidus* and *Unio pictorum*. The heavy metal content was analysed with Varian Spectrograf AA Graphite furnace spectro-photometer with a measurement error of 2% (Tables II.-III.). Results were compared to those from the 1992 collections (Fig. 6-7. 1. a-f, 3. a-c).

Result of species distributions

Ten species were found at 11 collection sites with two gastropod and eight bivalve species as indicated in Table I. The species *Theodoxus* was found only on the right banks of the Tisza at Algyő while we have come across another

Algyőről származnak 1993. 07. 08-án, homokos és agyagos iszapaljzatról. A 8-9. gyh.: Algyőről származnak 1994. 06. 30-iki gyűjtéssel, homokos és iszapos aljzatról. A 10-11. gyh.: tápéiak 1991. 07. és a ciánszennyezés után 2000. 09. 08-iki dátummal. A gyűjtések 1,5 méter mélységből, a két utolsó 50-50 cm mélységből, homokos iszap aljzatról származnak. Az aljzatra vonatkozóan PCA vizsgálatot végeztem (Podani, 1988) (5. ábra).

Elvégeztettem a 2000. évi tápei kagylók nehézfém-tartalom vizsgálatát. A köpeny, a láb és a héj fiatal szakasza esetében az *Anodonta cygnea*, *Unio tumidus*, *Unio pictorum* fajoknál a vizsgálat Varian spektrograph, AA grafit küvettás spektrofotométerrel történt. A mérési hiba 2% volt (II.-III. Tábla) és összehasonlítottam az eredményeket az 1992. évi hasonló héjvizsgálatok eredményeivel (6., 7. ábra, 1 a-f, 3 a-c).

Fajmegoszlási eredmények

Az I. Táblázat alapján látható, hogy a 11 gyűjtőhelyről 10 faj került elő, két csiga és nyolc kagylófaj. A *Theodoxus* csak Algyő jobbpartról, a *Lithoglyphus* csiga Algyő jobbpartról és Tápéról 2000-ben került elő. A 11 gyűjtőhelyen egyaránt előfordult az *Unio pictorum* és az *Unio tumidus*, míg a többi faj közül az *Anodonta woodiana* az algyői gyűjtőhelyekről. Az *Anodonta cygnea* csak 2000-ben a tápei gyűjtőhelyről került elő. A fajszámok Algyón, Tápén és a Sajó beömlésénél a legmagasabbak, hasonlóan a fajsűrűség értékekhez. Az összegyedszámok a Taka, a Sajó beömlés, Algyő 1994. és

gastropod species *Lithoglyphus* only once merely at the same locality and also at Tápé in the year of 2000. The bivalve species *Unio pictorum* and *Unio tumidus* equally appear on all localities. From the rest of the bivalves the species *Anodonta anatina* and *Dreissena* occurred at 8-8 sites. The immigrant form *Anodonta woodiana* appeared at the Algyő site. The species *Anodonta cygnea* was collectable only at the Tápé site in 2000. Individual and total species numbers as well as densities display large-scale variations. Species numbers have the highest values at the localities of Algyő, Tápé and the inflow of the river Sajó to the Tisza River, similarly to the values of species densities. Total species number has the highest values in the following samples: Takta, Sajó inflow, Algyő 1994 and Tápé 2000.

The West-Siberian faunal assemblages marked by 1.2 are dominant in localities 5-10-11. The Ponto-Caspian elements appear in largest number at the site No. 3. These two faunas are in a complementary relationship (Fig.1). The distribution of faunas is independent from the

Tápé 2000. évi mintáiban a legmagasabbak.

Állatföldrajzilag nyugat-szibériai 1., 2. számmal jelzett faunákör domináns az 5-10-11. gyűjtőhelyeken, a 3. gyűjtőhelyen a ponto-kaszpi faunadomain mutat magasabb értékeket. A két faunákör komplementer viszonyban van (1. ábra). A faunákörök megoszlása nem aljzatfüggő, ugyanis az 5. gyűjtőhely kemény aljzatú, ahol a nyugat-szibériai faunadomain százalékértékei csökkennek, a ponto-kaszpi faunadomain-éi nőnek. A 3., 7., 9. gyűjtőhelyeken a nyugat-szibériai faunadomain értékei nőnek, holott lágy, kemény és félkemény aljzatról van szó. Itt a meder dőlésszöge lehet a differenciáló tényező, melyet nem mértem.

Az aljzati kategóriák százalékos értékei a különböző aljzattípusok más-más gyűjtőhelyeken való kiugróbb értékeit mutatják (2. ábra). Kemény és agyagos aljzat esetén az 5-9. és 1. gyűjtőhelyek, lágy aljzat esetén a 3., 10., 11. gyűjtőhelyeknél van a megfelelő kategóriának kiugróbb értéke. A többi gyűjtőhely félkemény-lágy, iszapos-homokos aljzatot mutat.

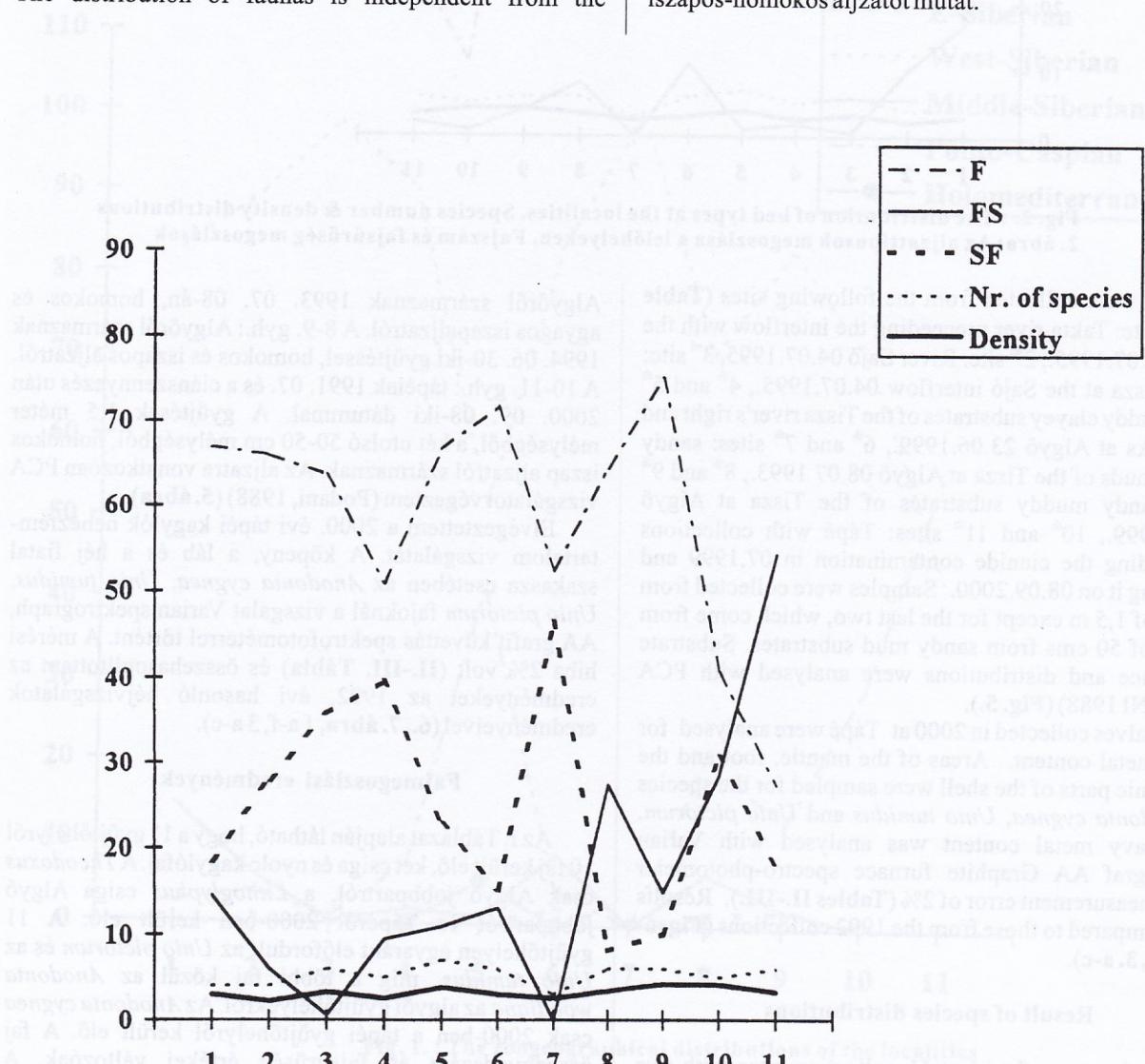


Fig. 3. : Distributions of habitat types, species No & densities at the biotopes

3. ábra: Élőhelytípus, fajszám, fajsűrűség megoszlás az élőhelyeken

substrate. The 5th site has hard substrate conditions with decreasing percentage values of the West-Siberian fauna domain and an increase in the values of the Ponto-Caspian domain. There is a gradual increase in the values of the West Siberian domain at the localities 3, 7 and 9 though the presence of soft, hard and semi-hard substrates can be identified in these localities. The angle of the riverbed might be an important differentiating factor in these localities. Unfortunately this factor has not been quantified.

A 3. ábrán a folyó-állóvízi és állóvízi-folyóvízi fajok aránya, valamint a fajszám és fajsűrűség van ábrázolva. Többségében a folyóvízben és állóvízben egyaránt előforduló fajok uralják a gyűjtőhelyeket. A fajszám a 3-6. és a 8-9. gyűjtőhelyeken a legmagasabb. A fajsűrűség gyenge emelkedést mutat Algyónél.

Az aljzatigény százalékértekeinek összevonása alapján készült a 4. ábra, ahol a kemény és agyag, valamint a félkemény és lágy aljzat kategóriák összevonásra kerültek és a százalékszámok dominálása alapján alakult

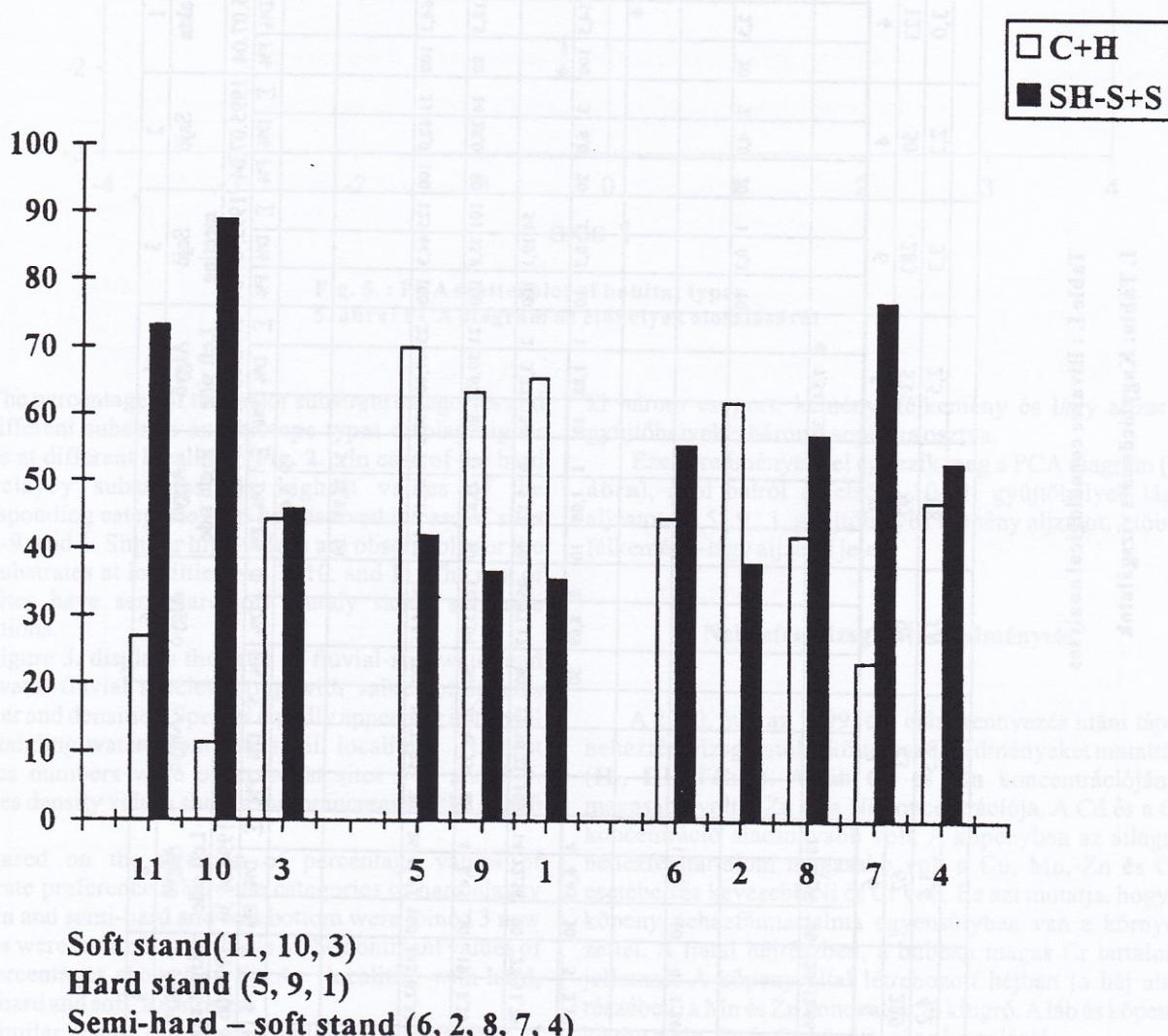
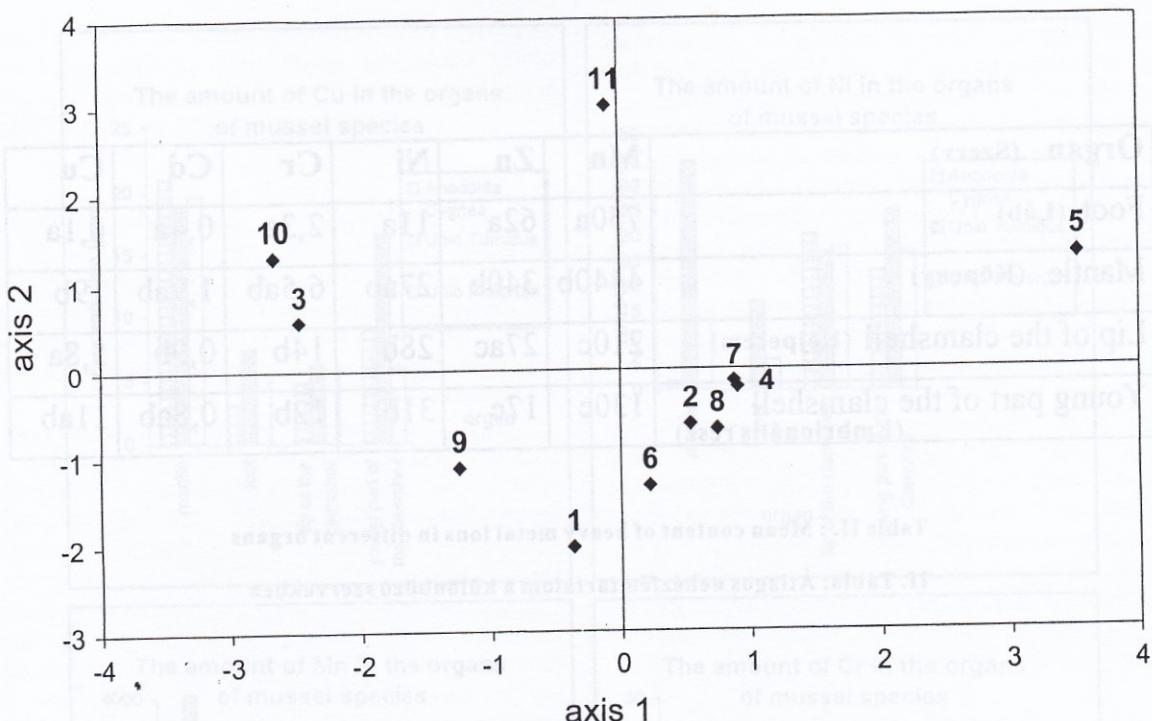


Fig. 4. : The distributions of soft, hard and semi-hard stands following the unification of habitat types
4. ábra: Lágy, kemény, félkemény-lágy aljzat-megoszlás, élőhelytípus összevonás után

I. Tábla: Kagylócönözis vizsgálatok



**Fig. 5. : PCA scatterplot of habitat types
5. ábra: PCA diagram az élőhelyek eloszlásáról**

The percentages of the major substrate categories and the different substrate and biotope types display higher values at different localities (Fig. 2.). In case of the hard and clayey substrates the highest values of the corresponding categories can be observed in case of sites No. 5-9. and 1. Similar high values are observable for the soft substrates at localities No. 3., 10. and 11. The rest of the sites have semi-hard-soft muddy sandy substrate conditions.

Figure 3. displays the ratio of fluvial-still water and still water-fluvial species along with values of species number and densities. Species equally appearing in fluvial and standing waters dominate in all localities. Highest species numbers were observed at sites 3-6. and 8-9. Species density values show a minor increase at the Algyó site.

Based on the addition of percentage values of substrate preference where the categories of hard clayey bottom and semi-hard and soft bottom were joined 3 new groups were formed on the basis of the dominant values of the percentages showed in Fig.4.: localities with hard, semi-hard and soft substrates.

Similar results can be seen on the PCA scatterplot of Fig.5. with the points indicating the soft substrates of localities 3-10-11 in the upper left corner, localities 5-9-1 bearing hard substrate conditions and semi-hard substrates for the rest of the localities.

Result of heavy metal content analysis

Results of the heavy metal analysis carried out on the 2000 Tápé samples following the 1999 cyanide contamination

ki három csoport: kemény, félkemény és lágy aljzat a gyűjtőhelyeket három csoportra osztva.

Ezen eredményekkel egyezik meg a PCA diagram (5. ábra), ahol balról a felső 3-10-11. gyűjtőhelyek lágy aljzatot, az 5., 9., 1. gyűjtőhelyek kemény aljzatot, a többi félkemény-lágy aljzatot jelez.

Nehézfémvizsgálati eredmények

A 2000. évi, az 1999. évi ciánszennyezés utáni tápei nehézfémvizsgálatok a következő eredményeket mutatták (II., III. Tábla). A láb Cu és Mn koncentrációjánál magasabb volt a Zn és a Ni koncentrációja. A Cd és a Cr koncentráció alacsonyabb volt. A köpenyben az átlagos nehézfémtartalom magasabb volt a Cu, Mn, Zn és Cd esetében és kevesebb Ni és Cr volt. Ez azt mutatja, hogy a köpeny nehézfémtartalma egyensúlyban van a környezettel. A fiatal héjrészben, a búbban magas Cr tartalom jellemző. A köpeny által létrehozott héjban (a héj alsó részében) a Mn és Zn koncentráció kiugró. A láb és köpeny között a Mn, Zn és Cu között erős a korreláció.

A kagylófajok között a Ni mutatott különbséget. Az egyes fajok között a szervek közötti nehézfémkülönbség jelentős. A három faj közül az *Anodonta cygnea* nehézfém szennyezése nem tért el az 1992-es mérésektől (Bába, 1999). Az *Unio* fajoknál valamennyi elem mennyisége nőtt. Különösen az *Unio tumidus*ban (6. 7. ábra). Ez azt mutatja, hogy az *Unio* fajok megfelelő indikátorai a nehézfémion szennyezésnek.

Organ (Szerv)	Mn	Zn	Ni	Cr	Cd	Cu
Foot (Láb)	750a	62a	11a	2,3a	0,4a	6,1a
Mantle (Köpeny)	4440b	340b	27ab	6,5ab	1,9ab	19b
Lip of the clamshell (Héjperem)	210c	27ac	28b	14b	0,9b	5,8a
Young part of the clamshell (Embrionális rész)	130c	17c	31b	12b	0,8ab	11ab

Table II. : Mean content of heavy metal ions in different organs

II. Tábla: Átlagos nehézfémtartalom a különböző szervekben

Organ (Szerv)	Species	Mn	Zn	Ni	Cr	Cd	Cu
Foot (Láb)	<i>Unio pictorum</i>	548ab	46a	5,9a	2,1a	0,55a	5,4a
	<i>Unio tumidus</i>	1050a	86a	17b	2,9a	0,31a	7,3a
	<i>Anodonta cygnea</i>	136b	12b	0,0a	0,22a	0,0a	3,1b
Mantle (Köpeny)	<i>Unio pictorum</i>	2300a	118a	14a	10a	0,73a	20a
	<i>Unio tumidus</i>	7300b	612b	45a	4,1a	3,3a	19a
	<i>Anodonta cygnea</i>	73c	8c	1,8a	1,7a	0,15a	21a
Lip of the clamshell (Héjperem)	<i>Unio pictorum</i>	166a	25a	31a	15ab	1,0a	5,6a
	<i>Unio tumidus</i>	226ab	17a	27a	12a	0,79b	6,2a
	<i>Anodonta cygnea</i>	348b	105b	28a	19b	1,1a	4,8a
Young part of the clamshell (Embrionális rész)	<i>Unio pictorum</i>	155a	26a	23a	12a	0,9a	5,9a
	<i>Unio tumidus</i>	143a	11a	35ab	11b	0,75a	16,5b
	<i>Anodonta cygnea</i>	15a	2,2a	27b	12a	0,86a	8,9b

Table II. : Organs mean content of heavy metals in different Shell-fish species

II. Tábla: Különböző kagylófajok szerveinek átlagos nehézfémtartalma

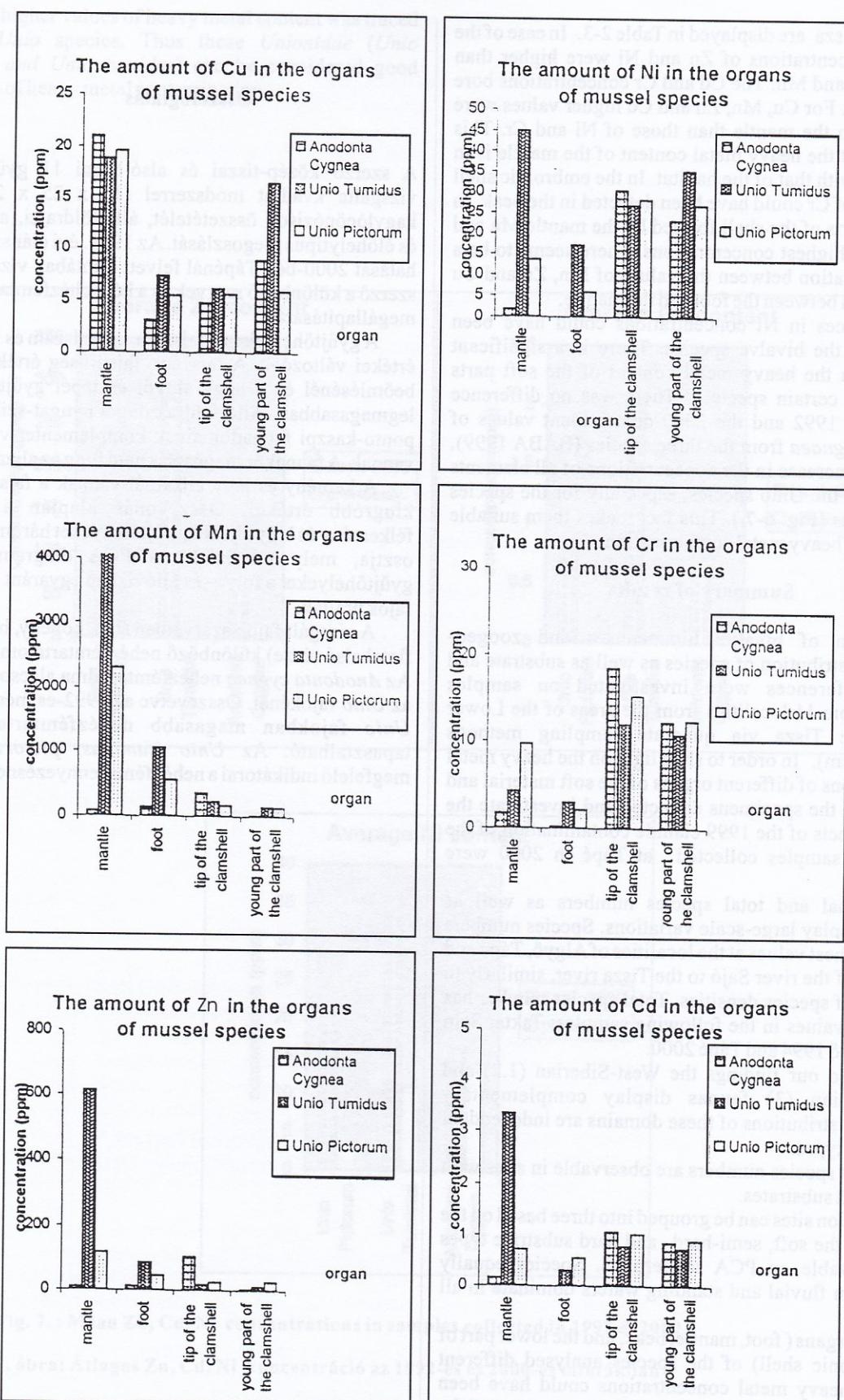


Fig. 6. : The distribution of heavy metal ions in the organs of bivalve species examined

6. ábra: Különböző nehézfémionok megoszlása a vizsgált kagylók szerveiben

of the river Tisza are displayed in Table 2-3. In case of the foot the concentrations of Zn and Ni were higher than those of Cu and Mn. The Cd and Cr concentrations bore lower values. For Cu, Mn, Zn and Cd higher values were observable in the mantle than those of Ni and Cr. This indicates that the heavy metal content of the mantle is in equilibrium with that of the habitat. In the embryonic shell high values of Cr could have been detected in the beak. In the lower parts of the shell formed by the mantle Mn and Zn have the highest concentrations. There seems to be a strong correlation between the values of Mn, Zn and Cu for the area in between the foot and the mantle.

Differences in Ni concentrations could have been observed in the bivalve species. There is a significant difference in the heavy metal content of the soft parts between the certain species. There was no difference between the 1992 and the 2000 contaminant values of *Anodonta cygnea* from the three species (BÁBA 1999). There is an increase in the concentrations of all elements analysed for the *Unio* species, especially for the species *Unio tumidus* (Fig. 6-7.). This fact makes them suitable indicators of heavy metal contamination.

Summary of results

Composition of bivalve biocoenoses and zoogeographical distribution of species as well as substrate and habitat preferences were investigated on samples collected from 11 localities from the areas of the Lower and Middle Tisza via quadrate sampling methods (10x25x25 cm). In order to shed light on the heavy metal concentrations of different organs of the soft material and the shell for the specimens collected and investigate the possible effects of the 1999 cyanide contamination of the river Tisza samples collected at Tápé in 2000 were analysed.

Individual and total species numbers as well as densities display large-scale variations. Species numbers have the highest values at the localities of Algyő, Tápé and the inflow of the river Sajó to the Tisza river, similarly to the values of species densities. Total species number has the highest values in the following samples: Takta, Sajó inflow, Algyő 1994 and Tápé 2000.

According to our findings the West-Siberian (1.2) and Ponto-Caspian (3) faunas display complementary relations. Distributions of these domains are independent of substrate types.

Highest species numbers are observable in sites with hard and soft substrates.

Collection sites can be grouped into three based on the addition of the soft, semi-hard and hard substrate types also observable on PCA scatterplots. Species equally appearing in fluvial and standing waters dominate in all localities.

In the organs (foot, mantle, beak, and the lower part of the embryonic shell) of the species analysed different values of heavy metal concentrations could have been observed. The concentrations were lower in case of the species *Anodonta cygnea* compared to species of *Unio*. Compared to results of investigations on the 1992 materials higher values of heavy metal content was traced

Összefoglalás

A szerző közép-tiszai és alsó-tiszai 11 gyűjtőhelyen vizsgálta kvadrát módszerrel (10 x 25 x 25 cm) a kagylócónózisok összetételét, állatföldrajzi, aljzatigeny és élöhelytípus megoszlását. Az 1999. évi ciánszenyezés hatását 2000-ben Tápénál felvett mintában vizsgáltatta a szerző a különböző szervek és a héj nehézfém tartalmának megállapítására.

A gyűjtőhelyeken a fajszám, egyedszám és fajsűrűség értékei változóak. A fajszám, fajsűrűség értékek a Sajó beömlésénél és a négy algyői és tápei gyűjtőhelyen a legmagasabbak. Állatföldrajzilag a nyugat-szibériai és a ponto-kaszpi faunadomainek komplementer viszonyban vannak. A faunákör megoszlás nem függ az aljzattól.

A kemény és lágy aljzatnál vannak a fajszámoknak kiugróbb értékei. Összevonás alapján a kemény, félkemény és lágy aljzat a gyűjtőhelyeket három csoportra osztja, mely tükröződik a PCA diagramon is. A gyűjtőhelyeket a folyó- és állóvízben egyaránt előforduló fajok uralják.

A vizsgált fajok szerveiben (láb, köpeny, búb és a héj fiatal alsó része) különböző nehézfém tartalom alakult ki. Az *Anodonta cygnea* nehézfém tartalma alacsonyabb volt az *Unio* fajoknál. Összevetve az 1992-es mérésekkel az *Unio* fajokban magasabb nehézfém tartalom volt tapasztalható. Az *Unio (tumidus, pictorum)* fajok megfelelő indikátorai a nehézfémszenyezésnek.

materials higher values of heavy metal content was traced for the *Unio* species. Thus these *Unionidae* (*Unio pictorum* and *Unio tumidus*) can be considered good indicators of heavy metal contamination.

part of the River Danube

(Supplement to the work of Frank, C.

entitled "Die Almusseln der Donau vom

Donautal bis zum Schwarzen Meer" (1992) A.

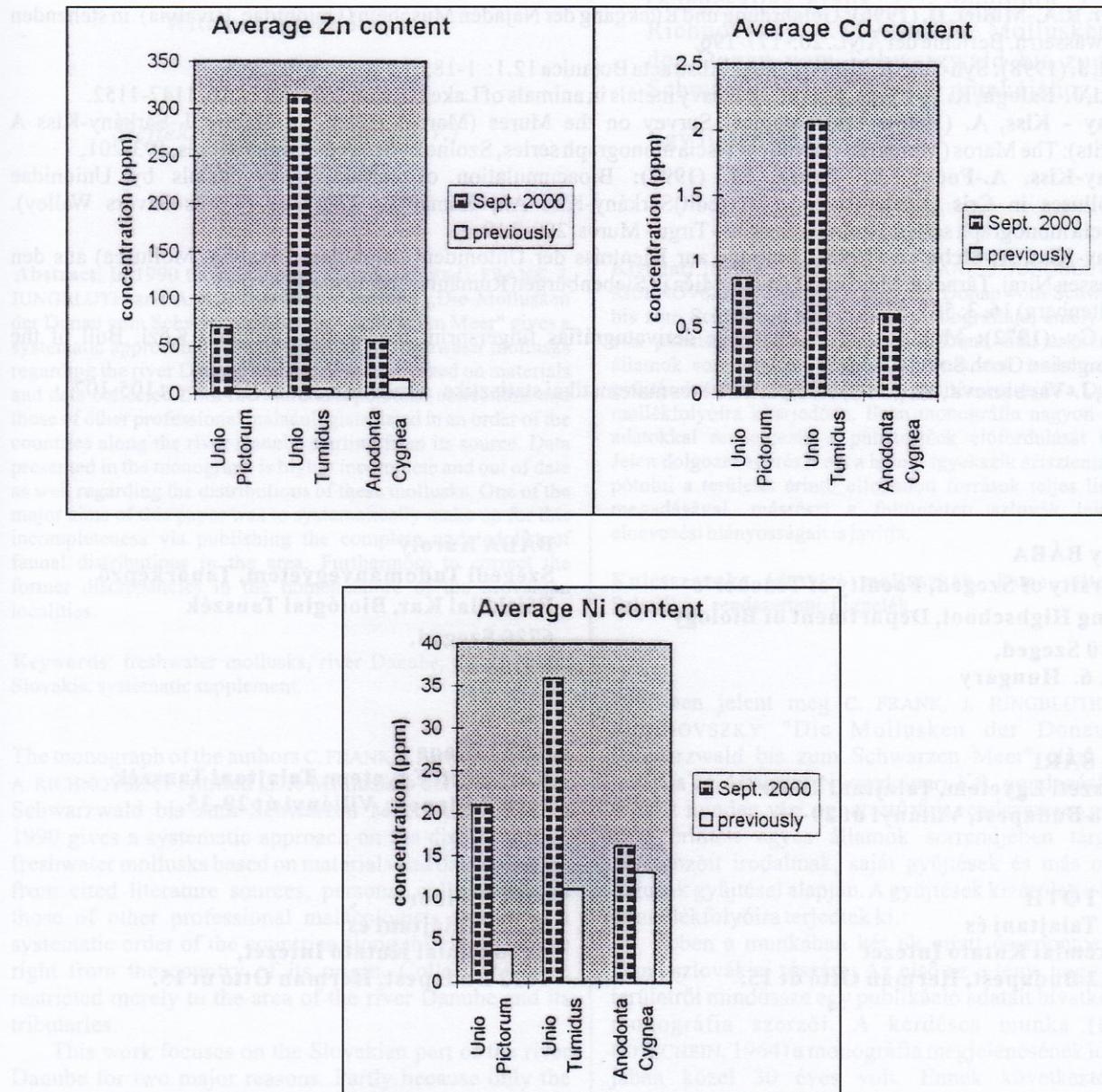


Fig. 7. : Mean Zn, Cd, Ni concentrations in samples collected in 1992 & 2000.

7. ábra: Átlagos Zn, Cd, Ni koncentráció az 1992-es és 2000-es mintákban

Literature / Irodalom

- B. Tóth, M. -Bába, K. (1981):** The mollusca fauna in the sediment of the Tisza and its tributaries. - *Tiscia* 6:169-181.
- Bába, K.-Tóth, T.-Sári, D. (1999):** Kagylóhéjak nehézfém-tartalma az Alsó-Tiszán. - Proc. 5th Symp. Analytical and Environmental Problems. SZAB, Szeged, 69-77.
- Bába, K. (2000):** An area-analytical zoogeographical classification of Palearctic Unionaceae species. - *Bulletino Malacologico*, Roma 36(5-8): 133-140
- Jakab, G. (1982):** Unionidae héjak derivatográfiás vizsgálata taxonómiai kiértékeléssel. - KLTE Ásvány- és Földtani Tanszék, Debrecen (Pályadolgozat).
- Oberling, A. (1964):** Observations on some structural features of the Pelecypods shells. mitt. Naturforsch Ges. Bern. 20: 1-60.
- Patzner, R.A.-Müller, D. (1996):** Gefährdung und Rückgang der Najaden Muscheln (Unionidae, Bivalvia) in stehenden Gewässern. Berichte der ANL. 20: 177-196.
- Podani, J. (1998):** Syn-Tax III. Users manual. Abstracta Botanica 12.1: 1-183.
- Salánki, J.-Balogh, K. V.-Berta, E. (1982):** Heavy metals in animals of Lake Balaton. Water Res. 16. 1147-1152.
- Sárkány - Kiss, A. (1995):** Malacological Survey on the Mures (Maros) River. In: Hamar J.-Sárkány-Kiss A (eds): The Maros (Mures) River Valley. Tiscia monograph series, Szolnok - Szeged - Tírgu - Mures, 193-201,
- Sárkány-Kiss, A.-Fodor, A. -Ponta, M. (1997):** Bioaccumulation of certain heavy metals by Unionidae Molluscs in Cris (Körös-Rivers). In: (edit)Sárkány-Kiss A., Hamar J.: The Cris (Körös Rivers Valley). Tiscia monograph series, Szolnok, Szeged - Tírgu - Mures, 209-219.
- Sárkány-Kiss, A.-Sirba, J. (1998):** Beiträge zur Klentniss der Unioniden(Unionidae, Bivalvia, Mollusca) aus den Flussen Niraj, Târnava Mare und Tâmava Miă in Siebenbürgen Rumänien, Mauritiana. (Altenberg) 16, 3: 565-572.
- Szöör, Gy. (1972):** Mollusca héjak elemzése derivatográfiás fingersprint módszerrel. Földtani Közl. Bull of the Hungarian Geol. Soc. 102: 54-73.
- Vincze, J.-Varbanova, M. (1993)** Nemparametres matematikai statisztika. Akadémiai Kiadó, Budapest 105-107.

Károly BÁBA
University of Szeged, Faculty of Teacher's
Traning Highschool, Department of Biology
H-6720 Szeged,
Vár u. 6. Hungary

Diana SÁRI
Kertészeti Egyetem, Talajtani Tanszék
H-1118 Budapest, Villányi út 29-35.

Tibor TÓTH
MTA, Talajtani és
Agrokémiai Kutató Intézet
H-1022 Budapest, Herman Ottó út 15.

BÁBA Károly
Szegedi Tudományegyetem, Tanárképző
Főiskolai Kar, Biológiai Tanszék
6720 Szeged,
Vár u. 6.

SÁRI Diana
Kertészeti Egyetem, Talajtani Tanszék
1118 Budapest, Villányi út 29-35.

TÓTH Tibor
MTA, Talajtani és
Agrokémiai Kutató Intézet,
1022 Budapest, Herman Ottó út 15.