

**Arkadiusz Telesiński\*, Martyna Śnioszek\*, Ewelina Środa\***

**AKUMULACJA FLUORKÓW W WYBRANYCH GATUNKACH  
HYDROMAKROFITÓW W ZALEŻNOŚCI OD ICH KONCENTACJI  
W WODZIE I OSADACH DENNYCH RZEKI GUNICA**

**FLUORIDE ACCUMULATION IN CHOSEN HYDROMACROPHYTES  
SPECIES DEPENDING ON THEIR CONTENT IN WATER  
AND SEDIMENTS OF GUNICA RIVER**

**Słowa kluczowe:** fluor, hydromakrofity, osady denne, rzeka Gunica.

**Key words:** fluorine, hydromacrophytes, bottom sediments, Gunica river.

*The studies of fluoride content were conducted in water and bottom sediments of Gunica river. It flows through areas affected by emission from „Police” Chemical Plant. Accumulation of these ions in chosen hydromacrophytes was also analyzed. Gunica is the longest river in Police district and it has 32 km of length. Samples were taken in six sites, different distance from „Police” Chemical Plant, three times in vegetation period. Fluoride content in water, bottom sediments and plant samples was analyzed potentiometry, using a pH-ionometer Orion 920A with fluoride electrode. Obtained results showed, that water and sediments of Gunica river are little contaminated with fluoride. Distance from „Police” Chemical Plant has a significant effect on fluoride concentration in water and sediments. The higher fluoride content was observed near the fertilizer plant. Between species of hydromacrophytes *Berula erecta* and *Lemna minor* accumulated the highest concentration of fluoride. Correlation coefficients showed also, that fluoride content in more plant species depended on fluoride concentration in sediments.*

## 1. WPROWADZENIE

Skażenie środowiska związkami fluoru stanowi aktualnie jeden z ważniejszych problemów, ze względu na toksyczne działanie tego pierwiastka na całe ekosystemy [Divan i in. 2008]. Głównym nośnikiem, za pomocą którego związki fluoru są rozprzodane w środo-

---

\* *Dr inż. Arkadiusz Telesiński, mgr inż. Martyna Śnioszek, mgr inż. Ewelina Środa – Zakład Biochemii, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, ul. Słowackiego 17, 71-434 Szczecin; tel.: 91 449 62 84; e-mail: martyna.snioszek@zut.edu.pl*

wisku, jest powietrze. Pomijając te enklawy, w których występuje fluor jako składnik pochodzenia naturalnego (geologicznego, wulkanicznego lub z aerozoli morskich), we wszystkich innych przypadkach obecność jego jest wynikiem działalności człowieka, niedostatecznie zabezpieczającego środowisko naturalne [Wędzisz 1994]. Związki fluoru poprzez opad pyłu i z wodami opadowymi mogą dostać się do gleb [Meinhart 1994].

Wyniku wietrzenia skał oraz ługowania gleb opadami atmosferycznymi są doprowadzane do wód [Jarkowski, Grabecki 1995]. Zawartość fluorków w wodach powierzchniowych zmienia się w zależności od miejsca i oddalenia od źródła emisji tego pierwiastka. Koncentracja fluorków w niezanieczyszczonych wodach śródlądowych waha się w przedziale od 0,01 do 0,3 mg F<sup>-</sup> · dm<sup>-3</sup> [Camargo 1996, Datta i in. 2000]. W Polsce poziomy fluorków w wodach naturalnych wykazują duże wahania, od 0,01 do 100 mg F<sup>-</sup> · dm<sup>-3</sup> [Kabata-Pendias, Pendias 1999]. Wyjątek stanowią wody na terenach zanieczyszczonych przez przemysł i wody będące naturalnym źródłem fluorków [Dąbrowska i in. 2001]. Stężenie fluoru w ekosystemach wodnych, w wyniku działalności człowieka, ciągle znacząco wzrasta [Camargo 2003].

Związki fluoru ulegają akumulacji zarówno w środowisku abiotycznym, jak i w organizmach producentów oraz konsumentów wodnych. Konieczne jest więc prowadzenie badań nad przemianami związków fluoru i ich przemieszczaniem się pomiędzy środowiskiem abiotycznym i biotycznym w ekosystemach wodnych, zwłaszcza tych znajdujących się w obrębie emisji tego pierwiastka [Machoy-Mokrzyńska, Machoy 2006].

Celem niniejszej pracy było określenie zależności pomiędzy zawartością fluorków w wodzie i osadach dennych rzeki Gunica a odległością od emitora związków fluoru oraz pomiędzy zawartością fluorków w wodzie i osadach dennych a stężeniem tych jonów w tkankach hydromakrofitów.

## 2. METODY BADAŃ

Materiał do badań stanowiły próbki wody, osadów dennych oraz hydromakrofitów pobrane w sześciu punktach różnie oddalonych od Zakładów Chemicznych „Police” S.A. (tab. 1).

**Tabela 1.** Lokalizacja punktów pomiarowych

**Table 1.** Location of measurements points

Nazwa	Odległość od ZCh „Police” S.A., km	Kierunek w stosunku do ZCh „Police” S.A.
Jezioro Stolsko	5,5	południowo-zachodni
Jezioro Świdwie	4	zachodni
Okolice wsi Węgornik	3	południowo-zachodni
Okolice wsi Tanowo	2,5	południowo-zachodni
Okolice wsi Tatynia	1	zachodni
Jasienica	0,8	północny

Próbki pobrano trzykrotnie w ciągu okresu wegetacyjnego: 5. maja, 5. lipca i 5. września 2009. Zestawienie gatunków makrofitów pobranych do badań przedstawiono w tabeli 2.

**Tabela 2.** Wykaz gatunków hydromakrofitów pobranych do badań

**Table 2.** List of analyzed hydromacrophytes species

Gatunki makrofitów strefy przybrzeżnej	Gatunki makrofitów toni wodnej
<b>Jeziro Stolsko</b>	
Trzcina pospolita ( <i>Phragmites australis</i> ) Turzyca brzegowa ( <i>Carex riparia</i> ) Potoczniczek wąskolistny ( <i>Berula erecta</i> ) Tatarak zwyczajny ( <i>Acorus calamus</i> ) Jeżogłówka gałęzista ( <i>Sparganium erectum</i> )	Moczarka kanadyjska ( <i>Elodea canadensis</i> ) Rogatek sztywny ( <i>Ceratophyllum demersum</i> ) Wywłócznik kłosowy ( <i>Myriophyllum spicatum</i> ) Osoka aloesowata ( <i>Stratiotes aloides</i> ) <sup>a</sup>
<b>Jeziro Świdwie</b>	
Trzcina pospolita ( <i>Phragmites australis</i> ) Turzyca brzegowa ( <i>Carex riparia</i> ) Potoczniczek wąskolistny ( <i>Berula erecta</i> )	Rogatek sztywny ( <i>Ceratophyllum demersum</i> ) Wywłócznik kłosowy ( <i>Myriophyllum spicatum</i> ) Osoka aloesowata ( <i>Stratiotes aloides</i> ) <sup>a</sup> Rzęsa trójrowkowa ( <i>Lemna trisulca</i> ) <sup>a, b</sup> Rzęsa drobna ( <i>Lemna minor</i> ) <sup>a</sup>
<b>Okolice wsi Węgornik</b>	
Turzyca brzegowa ( <i>Carex riparia</i> ) Potoczniczek wąskolistny ( <i>Berula erecta</i> ) Tatarak zwyczajny ( <i>Acorus calamus</i> ) Mięta nadwodna ( <i>Mentha aquatica</i> )	Moczarka kanadyjska ( <i>Elodea canadensis</i> ) Wywłócznik kłosowy ( <i>Myriophyllum spicatum</i> ) Rzęsa drobna ( <i>Lemna minor</i> ) <sup>a</sup>
<b>Okolice wsi Tanowo</b>	
Trzcina pospolita ( <i>Phragmites australis</i> ) Marek szerokolistny ( <i>Sium latifolium</i> ) Jeżogłówka gałęzista ( <i>Sparganium erectum</i> ) <sup>a</sup> Mięta nadwodna ( <i>Mentha aquatica</i> )	Moczarka kanadyjska ( <i>Elodea canadensis</i> ) Wywłócznik kłosowy ( <i>Myriophyllum spicatum</i> ) Rzęsa trójrowkowa ( <i>Lemna trisulca</i> ) Rzęsa drobna ( <i>Lemna minor</i> ) <sup>a</sup>
<b>Okolice wsi Tatynia</b>	
Trzcina pospolita ( <i>Phragmites australis</i> ) Tatarak zwyczajny ( <i>Acorus calamus</i> ) Marek szerokolistny ( <i>Sium latifolium</i> ) Jeżogłówka gałęzista ( <i>Sparganium erectum</i> ) Mięta nadwodna ( <i>Mentha aquatica</i> )	Moczarka kanadyjska ( <i>Elodea canadensis</i> ) Rzęsa trójrowkowa ( <i>Lemna trisulca</i> )
<b>Jasienica</b>	
Marek szerokolistny ( <i>Sium latifolium</i> ) Jeżogłówka gałęzista ( <i>Sparganium erectum</i> ) Mięta nadwodna ( <i>Mentha aquatica</i> )	Rzęsa drobna ( <i>Lemna minor</i> ) <sup>a</sup>

**Objaśnienia:** <sup>a</sup> gatunek nie pobrany 05.05.2009 r.; <sup>b</sup> gatunek nie pobrany 05.09.2009 r.

W pobranych próbkach wykonano metodą potencjometryczną, z zastosowaniem jono-selektywnej elektrody fluorokowej, pH-jonometrem Orion 920A, oznaczenia zawartości fluoroków:

- 1) w wodzie, zgodnie z metodą Durdy i in. [1986];
- 2) w osadach dennych metodą Ogońskiego i Samujło [1996] w modyfikacji Nowak i Kuran [2000];
- 3) w tkankach roślin zgodnie z metodą Szymczak i Grajety [1982].

Wyniki zawartości fluorków w wodzie i osadzie dennym opracowano statystycznie, stosując dwuczynnikową analizę wariancji. Czynnikiem pierwszym był termin pobrania próbek, drugim zaś lokalizacja miejsca badań.

Najmniejsze istotne różnice (NIR) obliczono według procedury Tukey'a, przy poziomie istotności  $\alpha = 0,05$ .

Ocenę istotności różnic pomiędzy średnią zawartością fluoru w poszczególnych gatunkach hydromakrofitów przeprowadzono natomiast za pomocą testu HSD Tukey'a, dla nierównych liczebności prób.

Obliczono także współczynniki korelacji liniowej Pearsona pomiędzy zawartością fluorków w wodzie i osadzie dennym a koncentracją tych jonów w pobranych gatunkach hydromakrofitów.

### 3. WYNIKI I DYSKUSJA

Przeprowadzone badania wykazały, że zawartość fluorków w wodach rzeki Gunica (tab. 3), przepływającej przez obszary objęte emisją Zakładów Chemicznych „Police” S.A., kształtowała się w granicach od 0,190 do 0,359 mg F<sup>-</sup>·dm<sup>-3</sup>.

Jak podaje Dąbrowska i in. [2001] w większości rzek Polski stężenie fluorków znajduje się na poziomie 0,01–0,02 mg F<sup>-</sup>·dm<sup>-3</sup>. Wynika z tego, że wody rzeki Gunicy charakteryzuje znacznie wyższe stężenie tych jonów niż większości rzek Polski.

Oznaczona koncentracja fluorków w wodach rzeki Gunica mieści się jednak w zakresie podanym przez Kabatę-Pendias i Pendiasa [1999] dla wód naturalnych w Polsce. Autorzy ci donoszą, że zawartość fluorków w wodach powierzchniowych Polski ulega znacznym wahaniom – od 0,01 do 100 mg F<sup>-</sup>·dm<sup>-3</sup>.

**Tabela 3.** Zawartość fluorków w wodach rzeki Gunica, mg F<sup>-</sup>·dm<sup>-3</sup>

**Table 3.** Concentration of fluoride in water of Gunica river, mg F<sup>-</sup>·dm<sup>-3</sup>

Terminy pomiarów (A)	Punkty pomiarowe (B)						średnia
	1	2	3	4	5	6	
05.05.2010	0,204	0,216	0,284	0,270	0,270	0,272	<b>0,253</b>
05.07.2010	0,196	0,209	0,279	0,225	0,209	0,213	<b>0,222</b>
05.09.2010	0,190	0,247	0,228	0,228	0,214	0,359	<b>0,244</b>
Średnia	<b>0,197</b>	<b>0,224</b>	<b>0,264</b>	<b>0,241</b>	<b>0,231</b>	<b>0,281</b>	<b>0,240</b>
NIR <sub>0,05</sub>	A = 0,002 A·B = 0,005			B = 0,003 B·A = 0,004			

Zawartość fluorków w wodzie zwiększała się wraz ze zmniejszaniem się odległości od Zakładów Chemicznych i była największa w okolicach Jasienicy, w odległości około 0,8 km od emitora. Podobną tendencję stwierdzono w osadach dennych rzeki Gunica (tab. 4). Koncentracja fluorków wahała się w nich w przedziale od 6,761 do 39,649 mg F<sup>-</sup>·kg<sup>-1</sup> s.m. osadu i wzrastała wraz ze zbliżaniem się do Zakładów Chemicznych „Police” S.A.

Otrzymane wyniki są zbliżone do stężenia fluoru rozpuszczonego w roztworze glebowym na terenach objętych emisją Zakładów Chemicznych „Police” S.A. Ponadto, porównując je do zawartości fluorków w osadach dennych starorzecza rzeki Warty w Luboniu, dochodzącej w najgłębszym miejscu zbiornika aż do 184 760 mg F<sup>-</sup>·kg<sup>-1</sup> s.m. osadu [Pińskwar i in. 2000], można stwierdzić, że zanieczyszczenie związkami fluoru osadów Gunicy jest niewielkie.

**Tabela 4.** Zawartość fluorków w osadach dennych rzeki Gunica, mg F<sup>-</sup>·kg<sup>-1</sup> s.m. osadu

**Table 4.** Fluoride content in bottom sediments of Gunica river, mg F<sup>-</sup>·kg<sup>-1</sup> d.w. of sediments

Terminy pomiarów (A)	Punkty pomiarowe (B)						
	1	2	3	4	5	6	średnia
05.05.2010	6,761	12,746	14,191	15,315	12,225	25,307	14,424
05.07.2010	8,588	13,006	21,299	20,845	37,173	39,649	23,427
05.09.2010	10,489	9,962	9,581	25,324	34,514	36,753	21,104
Średnia	8,613	11,905	15,024	20,495	27,971	33,903	19,652
NIR <sub>0,05</sub>	A = 0,437 A·B = 1,318			B = 0,761 B·A = 1,070			

Analizując zawartość fluorków w roślinach nie wykazano jednak wyraźnej zależności pomiędzy koncentracją tych jonów w tkankach makrolitów a odległością od Zakładów Chemicznych „Police” S.A. Hocking i in. [1980] natomiast wykazali, że zawartość fluorków w brunatnicach: *Fucus distichus* i *Ectocarpus* sp. zmniejszała się wraz z oddalaniem się od emitora.

Pośród badanych gatunków hydromakrofitów (tab. 5.) strefy przybrzeżnej największą akumulacją fluorków charakteryzowały się trzcina pospolita i potocznik wąskolistny, a toni wodnej – rzęsa drobna (tab. 6). Ta wysoka koncentracja tych jonów może być spowodowana pobieraniem fluoru, nie tylko z wody i osadów dennych, ale również z powietrza. Jednak zarówno zawartość fluorków w tkankach trzciny pospolitej i rzęsy wodnej były istotnie dodatnio skorelowane ze stężeniem tych jonów w osadach dennych.

**Tabela 5.** Analiza statystyczna istotności różnic w zawartości fluorków w wybranych gatunkach hydromakrofitów strefy przybrzeżnej rzeki Gunica**Table 5.** Statistical analysis of the significance of differences in fluoride content in selected species of littoral hydromacrophytes from Gunica river

Gatunek rośliny	Liczba roślin	Średnia	Odchylenie standardowe
		mg F <sup>-</sup> ·kg <sup>-1</sup> s.m.	
1. Trzcina pospolita	12	46,97	16,80
2. Turzycza brzegowa	9	6,64	3,37
3. Potoczniczek wąskolistny	9	37,10	28,32
4. Marek szerokolistny	9	12,46	6,14
5. Tatarak zwyczajny	9	6,96	3,45
6. Jeżogłówka gałęzista	11	20,04	11,05
7. Mięta nadwodna	12	10,50	8,09
Statystyczna ocena różnic między gatunkami	1-2***, 1-4***, 1-5***, 1-6***, 1-7***, 2-3***, 2-6**, 3-4***, 3-5***, 3-6***, 3-7***, 4-6***		

**Objaśnienia:** \* – istotne na poziomie  $p < 0,05$ , \*\* – istotne na poziomie  $p < 0,01$ , \*\*\* – istotne na poziomie  $p < 0,001$ .

**Tabela 6.** Analiza statystyczna istotności różnic zawartości fluorków w wybranych gatunkach hydromakrofitów toni wodnej rzeki Gunica**Table 6.** Statistical analysis of the significance of differences in fluoride content in water depth selected hydromacrophytes species of Gunica river

Gatunek rośliny	Liczba roślin	Średnia	Odchylenie standardowe
		mg F <sup>-</sup> ·kg <sup>-1</sup> s.m.	
1. Moczarka kanadyjska	12	13,46	4,60
2. Rogatek sztywny	6	9,40	3,44
3. Wywłócznik kłosowy	12	11,93	7,61
4. Osoka aloesowata	4	7,41	1,45
5. Rzęsa trójrowkowa	7	15,86	5,29
6. Rzęsa drobna	8	168,84	72,45
Statystyczna ocena różnic między gatunkami	1-6***, 2-6***, 3-6***, 4-6***, 5-6***		

**Objaśnienia:** \* – istotne na poziomie  $p < 0,05$ , \*\* – istotne na poziomie  $p < 0,01$ , \*\*\* – istotne na poziomie  $p < 0,001$ .

Nie tylko zawartość fluorków w tkankach trzciny pospolitej i rzęsy drobnej była istotnie dodatnio skorelowana z koncentracją tych jonów w osadach dennych rzeki Gunica (tab. 7). Stwierdzono również istotną dodatnią zależność pomiędzy zawartością fluorków w osadach dennych a akumulacją ich w tkankach tataraku zwyczajnego, jeżogłówki gałęzistej, moczarki kanadyjskiej, wywłócznika kłosowego i rzęsy trójrowkowej. Chociaż Sinha i in. [2000] wykazali, że zawartość fluorków w hydromakrofitach zwiększa się zarówno wraz ze wzrostem

stężenia tych jonów w wodzie, jak i wydłużaniem się czasu ekspozycji roślin na związki fluoru, autorzy niniejszej pracy w badaniach własnych stwierdzili występowanie istotnej ujemnej korelacji pomiędzy koncentracją fluorków w wodach rzeki Gunica a stężeniem tych jonów w tkankach rogatka sztywnego, osoki aloesowatej i rzęsy trójrowkowej.

**Tabela 7.** Współczynniki korelacji liniowej Pearsona pomiędzy zawartością fluorków w wybranych gatunkach hydromakrofitów a koncentracją tych jonów w wodzie i osadach dennych rzeki Gunica

**Table 7.** Pearson correlation coefficients between the content of fluoride in selected hydromacrophytes species and concentration of these ions in water and bottom sediments of the river Gunica

	Gatunek rośliny	Osad	Woda
Strefa przybrzeżna	Trzcina pospolita	0,56*	-0,07
	Turzyca brzegowa	-0,05	-0,31
	Potocznic wąskolistny	0,12	-0,12
	Marek szerokolistny	0,09	-0,09
	Tatarak zwyczajny	0,96*	-0,05
	Jeżogłówka gałęzista	0,80*	0,33
	Mięta nadwodna	-0,57*	0,10
Toń wodna	Moczarka kanadyjska	0,49*	0,02
	Rogatek sztywny	-0,42	-0,91*
	Wywłócznik kłosowy	0,68*	0,19
	Osoka aloesowata	0,47	-0,49*
	Rzęsa trójrowkowa	0,71*	-0,76*
	Rzęsa drobna	0,94*	0,22

**Objaśnienia:** \* – istotne na poziomie  $p < 0,05$ .

Przedstawione wyniki badań, na tle dostępnych danych literaturowych nie wykazują dużego zanieczyszczenia fluorkami rzeki Gunica. Jednak ze względu na to, że ekosystemy wodne są układami ekologicznymi, które stanowią pewną całość pod względem przyrodniczym, obejmując zarówno organizmy żywe, jak i ich abiotyczne otoczenie, konieczne wydaje się prowadzenie ciągłego monitoringu zawartości fluorków w poszczególnych komponentach tych ekosystemów.

Należy również pamiętać, że w związku właściwościami fluoru, istnieje możliwość wywołania przez związki fluoru skutków biologicznych i środowiskowych, z których nie wszystkie udało się do tej pory poznać [Machoy-Mokrzyńska, Machoy 2006].

#### 4. WNIOSKI

1. Zawartość fluorków, zarówno w wodzie, jak i osadach dennych wskazuje na niskie zanieczyszczenie tymi jonami rzeki Gunica.

2. Na koncentrację fluorków w wodzie i osadach dennych rzeki Gunica znaczący wpływ ma odległość od Zakładów Chemicznych „Police” S.A. – im bliżej emitora związków fluoru, tym większe stężenie fluorków w abiotycznych elementach ekosystemu wodnego.
3. Gatunkami hydromakrofitów akumulującymi największe ilości fluorków są spośród roślin strefy przybrzeżnej trzcina pospolita i potocznik wąskolistny, a spośród roślin toni wodnej rzęsa drobna.
4. Na ilość zakumulowanych fluorków w tkankach wielu gatunków hydromakrofitów istotny wpływ ma zawartość tych jonów w osadach dennych, podczas gdy stężenie fluorków w wodzie w niewielkim stopniu wpływa na koncentrację tych jonów w tkankach roślin wyższych zasiedlających wody rzeki Gunica.

### PIŚMIENNICTWO

- CAMARGO J.A. 1996. Comparing levels of pollutants in regulated rivers with safe concentrations of pollutants for fishes: a case study. *Chemosphere* 33: 81–90.
- COMARGO J.A. 2003. Fluoride toxicity to aquatic organisms: a review. *Chemosphere* 50: 251–264.
- DATTA D.K., GUPTA L.P., SUBRAMANIAN V. 2000. Dissolved fluoride in the lower Ganges-Brahmaputra-Meghna River system in the Bengal Basin, Bangladesh. *Environ. Geol.* 39: 1163–1168.
- DĄBROWSKA E., BALUNOWSKA M., LETKO E. 2001. Zagrożenia wynikające z nadmiernej podaży fluoru. *Nowa Stomat.* 4: 22–27.
- DIVAN JR. A.M., OLIVA M.A., FERREIRA F.A. 2008. Dispersal fluoride accumulation in eight plant species. *Ecol. Indic.* 8: 454–461.
- DURDA A., MACHOY Z., SIWKA W., SAMUJŁO D. 1986. Ocena stopnia przygotowania materiału badawczego do oznaczania fluorków. *Bromat. Chem. Toksykol.* 19: 209–213.
- HOCKING M.B., HOCKING D., SMYTH T.A. 1980. Fluoride distribution and dispersion processes about an industrial point source in a forested coastal zone. *Water Air Soil Pollut.* 14: 133–157.
- JARKOWSKI M., GRABECKI J. 1995. Monitoring biologiczny narażenia środowiskowego na fluor. W: *Środowiska i zdrowie* [Karski J.B., Pawlak J. (red.)]: 339–344.
- KABATA-PENDIAS A., PENDIAS H. 1999. *Biogeochemia pierwiastków śladowych*. PWN, Warszawa.
- MACHOY-MOKRZYŃSKA A., MACHOY Z. 2006. Aktualne kierunki badań nad fluorem. *Ann. Acad. Med. Stetin.* 52, Suppl. 1: 73–77.
- MEINHART B. 1994. Fluor rozpuszczalny w glebie. *Aura* 1: 27–28.
- NOWAK J., KURAN B. 2000. Dynamika przemian fluoru w glebie z form rozpuszczalnych do nierozpuszczalnych w wodzie. *Rocz. Glebozn.* 5(1/2): 125–133.



- OGOŃSKI T., SAMUJŁO D. 1996. Metody stosowane w analityce fluoru. Metab. Fluoru '96. Analityka związków fluoru. Szczecin: 11–14.
- PIŃSKWAR P., JEZERSKA-MADZIAR M., FURMANIAK P. 2000. Fluoride compounds content in the water and bottom sediments in the Warta River old riverbed in Luboń. Folia Univ. Agric. Stetin. ser. Piscaria 214(27): 159–172.
- SINHA S., SAXENA R., SINGH S. 2000. Fluoride removal from *Hydrilla verticillata* Royle and its toxic effects. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 65: 683–690.
- SZYMCZAK J., GRAJETA H. 1982. Zawartość fluoru w produktach roślinnych z terenów przemysłowych. Bromat. Chem. Toksykol. 15(1-2): 47–51.
- WĘDZISZ A. 1994. Fluor – środowisko – żywność. Bromat. Chem. Toksykol. 27: 347–352.