

# Ekotoxikologické posouzení říčního profilu Most - Bílina

## Ekotoxicological evaluation of the stream profile Most – Bílina

Jana A m b r o ž o v á

VŠCHT, ÚTVP Trojanova 13, CZ - 120 00, Praha 2

### Abstract:

The investigation is aimed at re-cultivation in the area of the Krušné Hory (Krušné Mountains) in the Czech Republic. In this area, mainly in the town of Most region, there are many coal mines. The re-cultivation by inundation has been used since 1998. In this paper, the toxicity of the Bílina River profile is evaluated and the possible influence of water and sediment quality on biological revival is assessed. Three types of samples were tested - water from the river profile, black mud with oil products odour and sand from the stream center line. These samples were tested by standard acute toxicity tests on green alga *Scenedesmus quadricauda* strain Greifswald 15, seeds of *Sinapis alba* and small crustaceans *Daphnia magna* strain Straus. The acute toxicity bioassays on *Daphnia magna* did not exhibit any signs of toxicity and it was recommended to use chronic tests on this organism. Also, no inhibitory effects on the growth of *Sinapis alba* roots were found. A high growth inhibition of the alga *Scenedesmus quadricauda* was found. In the culture of *Scenedesmus quadricauda* teratological formations occurred.

### Úvod

Podle nařízení vlády ČR č.513/1992 Sb. je toxicita označována jako vlastnost, která se hodnotí na základě souboru toxikologických testů, které se provádějí s vodným výluhem na třech vodních organismech a semenu kulturní rostliny. Význam biologických testů spočívá v postižení souhrnu účinků všech přítomných komponent v testovaném roztoku na testovaný materiál. Testy toxicity slouží ke zjištění možného toxického vlivu látek na biocenózu vodních toků. Umožňují rychlé a dostatečné zhodnocení odpadů, na jejichž základě lze případně odhadnout negativní účinek těchto látek.

Od roku 1998 probíhá výzkum, zaměřený na možnost řešení rekultivace Podkrušnohorské uhelné pánve tzv. “mokrou cestou”, tedy zatopením stávajících jam po těžbě. Tato práce navazuje na dlouhodobé studie, týkající se posouzení

nezávadnosti lokality vytěžených lomů a jejím předmětem bylo ekotoxikologické posouzení vzorků vody a sedimentů říčního profilu na lokalitě Most – Bílina, v blízkosti lomu Ležáky.

## Materiál a metodika

Pro testy toxicity byly použity celkem 3 typy vzorků: vzorek volné vody z Bíliny v prostoru dolu Ležáky, sediment ze zátoky, představovaný černým kalem, zapáchajícím po ropných produktech a hrubý písek z proudnice řeky. Vzorky byly v laboratoři při laboratorní teplotě  $20^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$  dále upravovány. Vzorek volné vody nepotřeboval mechanickou úpravu. Sediment ze zátoky (černý kal) v množství cca 250 ml byl naředěn cca 750 ml deionizované vody, takto byl ponechán v laboratoři po dobu 24 hodin vyluhovat. Poté byl přefiltrován přes filtrační papír. Hrubý písek z proudnice řeky v množství 500 ml byl naředěn cca 1 000 ml deionizované vody, takto byl v laboratoři ponechán po dobu 24 hodin vyluhovat. Poté byl přecezen přes hrubozrnné síto a přefiltrován přes filtrační papír.

Testování bylo provedeno v souladu s metodikou MÁCHOVÁ J., SVOBODOVÁ Z. & VYKUSOVÁ B., (1994). Míra toxického účinku byla zjišťována na následujících testovacích organismech:

- Semena hořčice bílé *Sinapis alba* (při této zkoušce se využívá citlivosti klíčících semen na jedovaté látky). Doba expozice byla 72 hodin.
- Kultura chlorokokální řasy *Scenedesmus quadricauda* kmen Greifswald 15 (princip testu spočívá ve stanovení toxického účinku - inhibice růstu a rozmnožování – na chlorokokální řasu *Scenedesmus quadricauda* ve srovnání s kontrolami v čistém živném roztoku). Doba expozice byla 192 hodin.
- Perloočka *Daphnia magna* STRAUS (cílem je testování vlivu na mortalitu a imobilizaci - makroskopicky pozorovatelnou neschopnost samostatného prostorového pohybu drobného korýše). Doba expozice byla 48 hodin.

Na základě výsledků základního testu byla vypočtena  $EC_{50}$  (popř.  $IC_{50}$ ), tedy koncentrace látky, při které docházelo k 50 % úhynu či inhibici růstu nasazených testovacích organismů. Tato hodnota se zjistí následujícím způsobem: zjistí se hodnoty inhibice  $I_i$  k odpovídajícím koncentracím, dále se tyto hodnoty  $I_i$  převedou na probitové hodnoty (probit = probability unit, pravděpodobnostní jednotka), a z dat se sestrojí graf závislosti probitových hodnot (na ose y) na logaritmech koncentrací (na ose x). Lineární regresí se zjistí hodnota koncentrace  $IC_{50}$ .

Pro doplnění byly vypočteny i hodnoty  $EC_5$  (popř.  $IC_5$ ) a  $EC_{95}$  (popř.  $IC_{95}$ ), pro zachycení závislosti inhibice růstu na logaritmu koncentrací v celém rozsahu.

V případě testu na *Scenedesmus quadricauda* byl pro výpočet  $IC_{50}$  použita hodnota integrálu biomasy (v tab. 1-3 jako  $I_bC_{50}$ , kde index *b* identifikuje způsob výpočtu). Takto vypočítaná hodnota zachycuje průběh celého testu, zatímco  $I\mu$  pouze počáteční a konečný stav testu. Hodnota  $I_bC_{50}$  je tedy přesnějším vyjádřením probíhajícího testu (MÁCHOVÁ J., SVOBODOVÁ Z. & VYKUSOVÁ B., 1994).

## Výsledky a diskuse

### 1. Voda z Bíliny v prostoru lomu Ležáky

#### 1a. Průběh testu na *Sinapis alba*

Lineární regresí byla stanovena hodnota  $IC_{50} = 5,48$ , jejímž odlogaritmováním byla získána hodnota  $29,5 \cdot 10^4 \text{ ml.l}^{-1}$  (viz tabulka 1). Testem akutní toxicity na *Sinapis alba* nebyla prokázána toxicita, vzorky nepůsobily výraznou inhibicí růstu a klíčivosti, nebyly zjištěny odchylky od normálního klíčení semen v kontrole. Hodnota  $IC_5$  představuje koncentraci, při které je inhibováno 5% nasazených organismů,  $IC_{95}$  je koncentrace s 95% inhibicí růstu. (Tato vysvětlivka už není dále v textu citována.)

Tabulka 1: Průběh testu na *Sinapis alba* – voda z Bíliny v prostoru lomu Ležáky  
Table 1: Test on *Sinapsis alba* (Bílina near Ležáky, average length of roots, growth inhibition)

Koncentrace <i>c</i> ( $\text{ml.l}^{-1}$ )	Log <i>c</i>	Průměrná délka kořene <i>L</i> (mm)	Inhibice růstu <i>I<sub>i</sub></i> (%)	Probit	
1 000	3	0,72	34,05	4,588	
800	2,9	1,01	6,75	3,524	
750	2,88	0,93	14,42	3,92	
500	2,7	0,95	12,88	3,874	
300	2,48	0,83	23,93	4,294	
250	2,4	0,87	19,94	4,158	
100	2	1,04	3,99	3,249	
40	1,6	0,97	11,04	3,773	
<b>Kontrola</b>		1,087			
<b>Výpočet hodnot <math>IC_{50}</math>, <math>IC_5</math> a <math>IC_{95}</math></b>					
<b>72h <math>IC_{50}</math></b>	295 121 $\text{ml.l}^{-1}$	<b>72h <math>IC_5</math></b>	9,46 $\text{ml.l}^{-1}$	<b>72h <math>IC_{95}</math></b>	1,2 · 10 <sup>10</sup> $\text{ml.l}^{-1}$

#### 1b. Průběh testu na *Scenedesmus quadricauda*

Při podrobnějším sledování morfologických tvarů cenobií *Scenedesmus quadricauda* byl v čase  $t_2$  zjištěn výskyt jednobuněčných cenobií ve vzorcích

odpovídajících ředění  $1000 \text{ ml.l}^{-1}$ ,  $800 \text{ ml.l}^{-1}$  a  $750 \text{ ml.l}^{-1}$  (tabulka 3). Tento fakt se dá vysvětlit nedostatkem živných solí pro normální růst řasy. Ve vzorcích více ředěných živným roztokem se vyskytovaly 4buněčná a 8buněčná cenobia ve velkém množství, byly pozorovány i odchylky od normálního tvaru cenobia (viz. obr. 1).

V průběhu testu byl dále sledován výskyt cizorodých organismů, které se ve vzorcích sekundárně pomnožovaly. V čase  $t_6$  byl patrný výskyt slunivek (*Heliozoa*), zástupců skupiny Protozoa, vyskytující se např. v hnojících odpadních vodách. Pod mikroskopem byla pozorována téměř monokultura těchto organismů, pro koncentrace  $1000 \text{ ml.l}^{-1}$  –  $250 \text{ ml.l}^{-1}$ . Dále byla pozorována sinice *Phormidium* (přisedlá na skle i chomáče ve volné vodě). Kultura *Scenedesmus quadricauda* byla napadena rovněž parazitickou houbou, byl pozorován výskyt prázdných buněčných stěn. V čase  $t_8$  byl zaznamenán zvýšený výskyt limax amoeb. Ředěné vzorky nejeví toxicitu, zpočátku působí stimulaci růstu, ale při dlouhodobějším trvání testu dochází k vyčerpání živin, působení hnilobných procesů, a inhibici chlorokokální řasy (tabulka 3).

Tabulka 2: Růst řasy *Scenedesmus q\_suadricauda* v živném roztoku solí

Table 2: The growth of *S. quadricauda*

	Počet cenobií $N$ v čase $t$ (počet dní)				Růstová rychlost $\mu$	Integrál biomasy $A$
	$N_{t_0}$	$N_{t_2}$	$N_{t_6}$	$N_{t_8}$		
<b>Kontrola</b>	20 000	68 000	400 000	650 000	0,5	1 914 000

Tabulka 3: Průběh testu na *S. quadricauda* – voda z Bíliny v prostoru lomu Ležáky

Tab. 3: Test on *S. quadricauda*

Koncentrace (ml/l)	Počet cenobií $N$ v čase $t_n$ (počet dní)			
	$N_{t_0}$	$N_{t_2}$	$N_{t_6}$	$N_{t_8}$
1 000	20 000	59 000	50 000	500
800	20 000	95 000	55 000	6 000
750	20 000	135 000	45 000	12 000
500	20 000	199 000	57 500	38 000
300	20 000	165 000	52 200	50 000
250	20 000	108 000	107 500	33 000
100	20 000	76 000	236 500	400 000
40	20 000	55 500	224 000	485 000

<b>Vyhodnocení testu</b>						
<b>Koncentrace (ml/l)</b>	<b>Růstová rychlost <math>\mu</math></b>	<b>Inhibice <math>I_{\mu}</math> (%)</b>	<b>Probit <math>I_{\mu}</math></b>	<b>Integrál biomasy A</b>	<b>Inhibice <math>I_{Ai}</math> (%)</b>	<b>Probit <math>I_{Ai}</math></b>
1 000	-0,53	205,96	0	187 500	90,2	6,282
800	-0,17	134,58	0	316 000	83,49	5,954
750	-0,07	114,67	0	412 000	78,47	5,772
500	0,09	81,56	5,915	667 500	65,13	5,385
300	0,13	73,68	5,643	562 500	70,61	5,553
250	0,07	85,62	6,08	539 500	71,81	5,583
100	0,43	13,95	3,92	1 197 500	37,43	4,668
40	0,46	8,41	3,595	1 183 500	38,17	4,695
<b>Výpočet hodnot <math>IC_{50}</math>, <math>IC_5</math> a <math>IC_{95}</math></b>						
<b>192h <math>I_bC_{50}</math></b>	109,7 ml.l <sup>-1</sup>	<b>192h <math>I_bC_5</math></b>	3,23 ml.l <sup>-1</sup>	<b>192h <math>I_bC_{95}</math></b>	3 715 ml.l <sup>-1</sup>	

### 1c. Průběh testu na *Daphnia magna*

Vzorky nejevily toxicitu na testovaném organismu *Daphnia magna* (tab.4). V porovnání s kontrolou byly organismy nasazené v koncentracích 1000 ml.l<sup>-1</sup> – 300 ml.l<sup>-1</sup> po skončení testu větší, silnější a čiperněji se pohybující. I z chování perlooček byla patrná nezávadnost testovaného vzorku.

Tabulka 4: Průběh testu na *Daphnia magna* – voda z Bíliny v prostoru lomu Ležáky

Tab. 4: Test on *Daphnia magna*

<b>Koncentrace (ml/l)</b>	<b>Počet živých organismů <math>N</math> v čase <math>t_n</math> (hodiny)</b>			<b>Inhibice <math>I_i</math> (%)</b>	<b>Probit <math>I_i</math></b>
	<b><math>N_{t0}</math></b>	<b><math>N_{t24}</math></b>	<b><math>N_{t48}</math></b>		
1 000	10	10	10	nemá význam, test negativní	nemá význam, test negativní
800	10	10	10		
750	10	10	10		
500	10	10	10		
300	10	10	10		
250	10	10	10		
100	10	10	10		
40	10	10	10		
<b>Kontrola</b>	10	10	10		

## 2. Černý kal ze zátoky

### 2a. Průběh testu na *Sinapis alba*

Testem akutní toxicity na *Sinapis alba* nebyla prokázána toxicita, z testovaného vzorku a z řady koncentrací nebylo možné po skončení testu z naměřených výsledků získat hodnotu  $IC_{50}$ . Lineární regresí byla alespoň informativně stanovena hodnota  $IC_{50} = 7,18$ , jejímž odlogaritmováním byla získána hodnota  $1,5 \cdot 10^7 \text{ ml.l}^{-1}$  (tab.5).

Tabulka 5: Průběh testu na *Sinapis alba* – černý kal

Table 5: Test on *Sinapis alba* – black mud

Koncentrace c (ml/l)	Log c	Průměrná délka kořene L (mm)	Inhibice růstu $I_i$ (%)	Probit	
1 000	3	0,75	31,29	4,504	
800	2,9	0,9	16,87	4,046	
750	2,88	0,69	36,81	4,668	
500	2,7	0,9	17,18	4,046	
300	2,48	0,87	20,25	4,158	
250	2,4	0,66	39,26	4,722	
100	2	0,85	22,09	4,228	
40	1,6	0,88	19,34	4,122	
<b>Kontrola</b>		1,087			
<b>Výpočet hodnot <math>IC_{50}</math>, <math>IC_5</math> a <math>IC_{95}</math></b>					
<b>72h <math>IC_{50}</math></b>	$1,5 \cdot 10^7 \text{ ml.l}^{-1}$	<b>72h <math>IC_5</math></b>	$9,5 \cdot 10^{-5} \text{ ml.l}^{-1}$	<b>72h <math>IC_{95}</math></b>	$2,45 \cdot 10^{18} \text{ ml.l}^{-1}$

### 2b. Průběh testu na *Scenedesmus quadricauda*

Vynesením zjištěných hodnot inhibice biomasy  $I_{Ai}$  proti jim odpovídajícím probitům byla regresní analýzou zjištěna hodnota  $IC_{50} = 2,64$ , po odlogaritmování  $437 \text{ ml.l}^{-1}$  (tab. 6). V čase  $t_2$  v koncentracích  $1000 \text{ ml.l}^{-1} - 100 \text{ ml.l}^{-1}$  byla zjištěna stimulace růstu chlorokokální řasy v porovnání s nasazenou kontrolou, ve vzorcích se vyskytovala jednobuněčná cenobia, byly zjištěny i odchylky tvaru buněk, viz. obr.1. V čase  $t_6$  byl patrný výskyt penátní rozsivky, které se druhotně pomnožily v koncentracích  $1000 \text{ ml.l}^{-1} - 500 \text{ ml.l}^{-1}$ . V těchto koncentracích byla zaznamenána téměř 200% inhibice růstu a 90% inhibice biomasy v porovnání s kontrolou od počátku testu. Naředěné vzorky spíše stimulovaly růst. V čase  $t_8$  koncentrace  $100 \text{ ml.l}^{-1}$  a  $40 \text{ ml.l}^{-1}$  stimulovaly růst kultury 20% (tabulka 6). V prvních dnech po nasazení testu byla v koncentrovanějších vzorcích pozorována vysoká stimulace, která byla ke konci testu potlačena a projevila se spíše toxicita. Tento jev je znám

např. u vzorků obsahujících ropné produkty nebo některé biodegradabilní látky s delší dobou rozkladu. Naproti tomu naředěnější koncentrace v počátku testu výrazně na kulturu řasy nepůsobily, teprve ke konci testu byla zaznamenána stimulace růstu.

Tabulka 6: Průběh testu na *S. quadricauda* – černý kal

Table 6: Test on *S. quadricauda* – black mud

Koncentrace (ml/l)	Počet cenobii $N$ v čase $t_n$ (počet dní)					
	$N_{t_0}$	$N_{t_2}$	$N_{t_6}$	$N_{t_8}$		
1 000	20 000	235 000	1 000	2 500		
800	20 000	152 500	1 500	6 000		
750	20 000	138 000	6 000	4 500		
500	20 000	71 500	2 000	2 000		
300	20 000	90 500	430 000	3 000		
250	20 000	84 000	100 000	2 000		
100	20 000	80 500	460 000	700 000		
40	20 000	54 500	450 000	1 000 000		
<b>Vyhodnocení testu</b>						
Koncentrac e (ml/l)	Růstová rychlost $\mu$	Inhibice $I_\mu$ (%)	Probit $I_\mu$	Integrál biomasy A	Inhibice $I_{Ai}$ (%)	Probit $I_{Ai}$
1 000	-0,30	159,73	0	570 500	70,19	5,524
800	-0,17	134,58	0	328 000	82,86	5,954
750	-,021	142,85	0	296 500	84,51	6,036
500	-0,33	166,14	0	82 500	95,69	6,751
300	-0,27	154,5	0	1 424 500	25,57	4,357
250	-0,33	166,14	0	444 000	76,80	5,739
100	0,51	-2,13	0	2 181 500	-13,98	0
40	0,56	-12,37	0	2 373 500	-24	0
<b>Výpočet hodnot <math>IC_{50}</math>, <math>IC_5</math> a <math>IC_{95}</math></b>						
<b>192h <math>I_bC_{50}</math></b>	437 ml.l <sup>-1</sup>	<b>192h <math>I_bC_5</math></b>	204 ml.l <sup>-1</sup>	<b>192h <math>I_bC_{95}</math></b>	933 ml.l <sup>-1</sup>	

### 2c. Průběh testu na *Daphnia magna*

Vzorky nejevily toxicitu na testovaném organismu *Daphnia magna* (viz tabulka 7). U organismů nasazených v koncentracích 1000 ml.l<sup>-1</sup> – 750 ml.l<sup>-1</sup> byla zjištěna snížená pohyblivost způsobená zanesením filtračních hřebíků perlooček drobnozrnným materiálem ze vzorku.

Tabulka 7: Průběh testu na *Daphnia magna* – černý kalTable 7: Test on *D. magna* – black mud

Koncentrace (ml/l)	Počet živých organismů $N$ v čase $t_n$ (hodiny)			Inhibice $I_i$ (%)	Probit $I_i$
	$N_{t0}$	$N_{t24}$	$N_{t48}$		
1 000	10	10	10	nemá význam, test negativní	nemá význam, test negativní
800	10	10	10		
750	10	10	10		
500	10	10	10		
300	10	10	10		
250	10	10	10		
100	10	10	10		
40	10	10	10		
– Kontrola		10	10		

### 3. Hrubý písek z proudnice

#### 3a. Průběh testu na *Sinapis alba*

Testem akutní toxicity na *Sinapis alba* nebyla prokázána toxicita, z testovaného vzorku a z řady koncentrací nebylo možné po skončení testu z naměřených výsledků získat hodnotu  $IC_{50}$ . Lineární regresí byla alespoň informativně stanovena hodnota  $IC_{50} = 4,78$ , jejímž odlogaritmováním byla získána hodnota  $6 \cdot 10^4 \text{ ml.l}^{-1}$  (tabulka 8).

Tabulka 8: Průběh testu na *Sinapis alba* – hrubý písek z proudniceTable 8: Test on *Sinapis alba* – grit from the streamline

Koncentrace $c$ ( $\text{ml.l}^{-1}$ )	Log $c$	Průměrná délka kořene $L$ (mm)	Inhibice růstu $I_i$ (%)	Probit
1 000	3	0,63	41,72	4,798
800	2,9	0,83	23,31	4,261
750	2,88	0,71	34,97	4,615
500	2,7	0,57	47,55	4,95
300	2,48	0,73	32,52	4,56
250	2,4	0,78	28,22	4,417
100	2	0,75	30,67	4,504
40	1,6	0,8	26,38	4,357
<b>Kontrola</b>		1,087		



Výpočet hodnot $IC_{50}$ , $IC_5$ a $IC_{95}$					
72h $IC_{50}$	60 256 ml.l <sup>-1</sup>	72h $IC_5$	1,91.10 <sup>-4</sup> ml.l <sup>-1</sup>	72h $IC_{95}$	2.10 <sup>13</sup> ml.l <sup>-1</sup>

### 3b. Průběh testu na *Scenedesmus quadricauda*

Vynesením zjištěných hodnot inhibice biomasy  $I_{Ai}$  proti jim odpovídajícím probitům byla regresní analýzou zjištěna hodnota  $IC_{50} = 1,48$ , po odlogaritmování 30 ml.l<sup>-1</sup> (tabulka 9). V průběhu testu byla patrná zvýšená inhibice růstu ve všech nasazených koncentracích, způsobená zákalem vzorku. V koncentracích 1000 ml.l<sup>-1</sup> – 300 ml.l<sup>-1</sup> biomasa řasy nenarůstala, byla téměř nulová. V čase  $t_8$  v koncentracích 1000 ml.l<sup>-1</sup> - 100 ml.l<sup>-1</sup> byl růst řasové kultury nulový, pouze nejméně naředěná koncentrace vykazovala růst srovnatelný s kontrolním roztokem.

Tabulka 9: Průběh testu na *S. quadricauda* – hrubý písek z proudnice

Table 9: Test on *S. quadricauda* – grit from the streamline

Koncentrace (ml/l)	Počet cenobíí $N$ v čase $t_n$ (počet dní)			
	$N_{t_0}$	$N_{t_2}$	$N_{t_6}$	$N_{t_8}$
1 000	20 000	15 000	500	500
800	20 000	8 500	500	500
750	20 000	8 500	500	500
500	20 000	25 000	500	500
300	20 000	43 000	1 500	5 500
250	20 000	20 000	5 000	500
100	20 000	43 000	170 000	500
40	20 000	46 500	330 000	620 000

Vyhodnocení testu						
Koncentrace (ml/l)	Růstová rychlost $\mu$	Inhibice $I_{\mu}$ (%)	Probit $I_{\mu}$	Integrál biomasy $A$	Inhibice $I_{Ai}$ (%)	Probit $I_{Ai}$
1 000	-0,53	206	0	-93 000	105	0
800	-0,53	206	0	-112 500	106	0
750	-0,53	206	0	-112 500	106	0
500	-0,53	6	0	-63 000	103	0
300	-0,18	137,1	0	-1 00	100	0
250	-0,53	206	0	-64 500	103	0
100	-0,53	206	0	498 000	74	5,643
40	0,49	1,36	2,803	1 609 500	15,91	4,006

Výpočet hodnot $IC_{50}$ , $IC_5$ a $IC_{95}$					
192h $I_bC_{50}$	30 ml.l <sup>-1</sup>	192h $I_bC_5$	85 ml.l <sup>-1</sup>	192h $I_bC_{95}$	10,7 ml.l <sup>-1</sup>

### 3c. Průběh testu na *Daphnia magna*

Vzorky nejevily toxicitu na testovaném organismu *Daphnia magna* (tab. 10). V porovnání s kontrolou byly organismy nasazené v koncentracích 1000 ml.l<sup>-1</sup> – 40 ml.l<sup>-1</sup> po skončení testu větší, silnější, z chování perlooček byla patrná nezávadnost testovaného vzorku.

Tabulka 10: Průběh testu na *D. magna* – hrubý písek z proudnice

Table 10: Test on *D. magna* – grit from the streamline

Koncentrace (ml/l)	Počet živých organismů $N$ v čase $t_n$ (hodiny)				Inhibice $I_i$ (%)	Probit $I_i$
	$N_{t0}$	$N_{t24}$	$N_{t48}$			
1 000	10	10	10	nemá význam, test negativní	nemá význam, test negativní	
800	10	10	10			
750	10	10	10			
500	10	10	10			
300	10	10	10			
250	10	10	10			
100	10	10	10			
40	10	10	10			
<b>Kontrola</b>	10	10	10			

### Závěry a doporučení

Testy akutní toxicity na testovacích organismech *Sinapis alba*, *Scenedesmus quadricauda*, *Daphnia magna* bylo u jednotlivých vzorků zjištěno následující:

- V případě testů na organismu *Daphnia magna* nebyla prokázána akutní toxicita v testovaných vzorcích. Z řady připravených koncentrací nebylo možné stanovit hodnotu LC<sub>50</sub>, protože v koncentrovaném vzorku neuhynul žádný jedinec. Doporučením pro tento organismus je provedení testu chronické toxicity.
- Koncentrované vzorky neinhibovaly růst a klíčivost *Sinapis alba*. Zjištěná hodnota IC<sub>50</sub> je spíše informativní.
- V případě chlorokokální řasy *Scenedesmus quadricauda* byla zjištěna vysoká inhibice růstu, jak ukazují hodnoty IC<sub>50</sub> v tabulce 11. Navíc byla zjištěna přítomnost bizarních tvarů, teratogenních útvarů a odchylek od zdravého 4buněčného cenobia, viz. obr.4.

Markantní rozdíl ve výsledcích nárůstu biomasy na počátku testu, po dvou dnech a naopak vysoké inhibice ke konci testu po osmi dnech je možné

Tabulka 11: Souhrnná tabulka

Table 11: Summary table

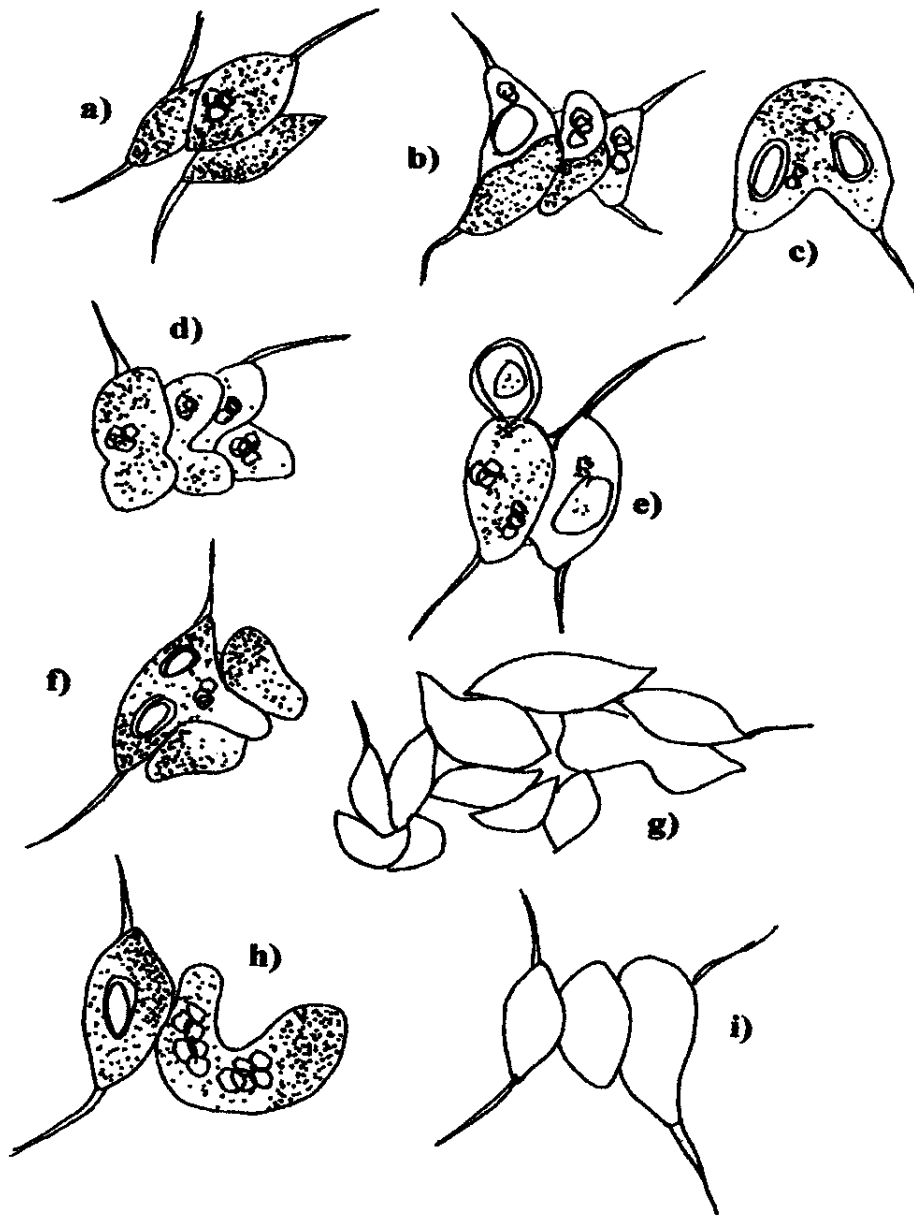
<b>Vzorek: voda z Bíliny v prostoru lomu Ležáky</b>			
<b>Organismus</b>	<b>IC<sub>50</sub>, LC<sub>50</sub></b>	<b>IC<sub>5</sub>, LC<sub>5</sub></b>	<b>IC<sub>95</sub>, LC<sub>95</sub></b>
<i>Sinapis alba</i>	29,5.10 <sup>4</sup> ml.l <sup>-1</sup>	9,46 ml.l <sup>-1</sup>	1,2.10 <sup>10</sup> ml.l <sup>-1</sup>
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	109,7 ml.l <sup>-1</sup>	3,23 ml.l <sup>-1</sup>	3,72.10 <sup>3</sup> ml.l <sup>-1</sup>
<i>Daphnia magna</i>	nebyla zjištěna	nebyla zjištěna	nebyla zjištěna
<b>Vzorek: černý kal ze zátoky</b>			
<b>Organismus</b>	<b>IC<sub>50</sub>, LC<sub>50</sub></b>	<b>IC<sub>5</sub>, LC<sub>5</sub></b>	<b>IC<sub>95</sub>, LC<sub>95</sub></b>
<i>Sinapis alba</i>	1,5.10 <sup>7</sup> ml.l <sup>-1</sup>	9,5.10 <sup>-5</sup> ml.l <sup>-1</sup>	2,45.10 <sup>18</sup> ml.l <sup>-1</sup>
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	437 ml.l <sup>-1</sup>	204 ml.l <sup>-1</sup>	933 ml.l <sup>-1</sup>
<i>Daphnia magna</i>	nebyla zjištěna	nebyla zjištěna	nebyla zjištěna
<b>Vzorek: hrubý písek z proudnice</b>			
<b>Organismus</b>	<b>IC<sub>50</sub>, LC<sub>50</sub></b>	<b>IC<sub>5</sub>, LC<sub>5</sub></b>	<b>IC<sub>95</sub>, LC<sub>95</sub></b>
<i>Sinapis alba</i>	6.10 <sup>4</sup> ml.l <sup>-1</sup>	1,91.10 <sup>-4</sup> ml.l <sup>-1</sup>	2.10 <sup>13</sup> ml.l <sup>-1</sup>
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	30 ml.l <sup>-1</sup>	85 ml.l <sup>-1</sup>	10,7 ml.l <sup>-1</sup>
<i>Daphnia magna</i>	nebyla zjištěna	nebyla zjištěna	nebyla zjištěna

vysvětlit probíhajícími hnilobnými procesy, což bylo mikroskopicky potvrzeno přítomností některých organismů s vyšším saprobním indexem (viz. komentáře a tabulky k jednotlivým testům na chlorokokální řase). Tato přítomnost hnilobných látek brzdících růst chlorokokální řasy se projevila i zvýšeným výskytem teratogenních útvarů, které indikují mutagenitu. Doporučením pro test na organismu *Scenedesmus quadricauda* je opakování testu toxicity s krátkodobým (max. 3 denním sledováním) a dlouhodobým (cca 8denním sledováním). Zajímavé by bylo sledování vzorku v intervalu 12 hod. – 24 hod.

Vhodné by bylo podrobit testované vzorky chemické analýze, a to nejen na počátku, ale i v průběhu biotestu. Jedině tak by bylo možno vysvětlit příčiny chování kultury v průběhu testu. V konkrétně zkoumaném případě by rovněž bylo vhodné provést test biodegradability, z důvodu možného obsahu ropných produktů a možného vlivu na přítomnost teratogenních útvarů.

## Literatura

MÁCHOVÁ, J., SVOBODOVÁ, Z. & VYKUSOVÁ, B., (1994): Ekotoxikologické hodnocení výluhů tuhých průmyslových odpadů.- VÚRH Vodňany, 50 pp.



Obr. 1: Morfologie řasových cenobii *Scenedesmus quadricauda*

a), b), c), e), f) – monstrózní tvary a odchylky od normálního vzhledu 4buněčného cenobia nacházené v koncentrační řadě vzorku vody z Bíliny v prostoru Lomu Ležáky v průběhu testování, v případě e) napadené cenobium plísní či parazitickou houbou, d), f), g) – abnormální tvary a nahloučeniiny cenobiálních útvarů ve vzorcích černého kalu ze zátoky, h) – totéž v testku se vzorkem hrubého písku z proudnice

Fig. 4: The changes in morphology of *S. quadricauda* (a, b, c, e, f - test with samples of water, d, f, g - black mud, h - grit)