

Hodnocení rozborů vody v přírodních koupalištích

Petr Pumann

konzultační den SZÚ „Hodnocení rozborů vody“

Praha 3.5.2007

Co považujeme za přírodní koupací vody?

- různě průtočné nádrže
- zatopené lomy
- řeky
- koupaliště s přírodním čištěním vody
- venkovní bazény bez úpravy vody



Hodnocení rozboru není pouze o výsledcích z posledního odběru, ale také o:

- obecných znalostech rizikových faktorů
- znalosti místních podmínek, např.:
 - zdroje znečištění
 - hydrologické vlastnosti lokality
 - způsob odběru
- poznatcích při odběru, které nejsou součástí protokolu (osobní účast člověka provádějícího hodnocení)
- výsledcích z předchozích rozborů, jiných monitorovacích programů nebo studií
- znalosti analytických postupů a schopnostech laboratoře

Předpisy

- Zákon č. 258/2000 Sb. (o ochraně veřejného zdraví)
- Vyhláška č. 135/2004 Sb. (koupaliště)
- Metodický návod pro sjednocení hodnocení jakosti vod využívaných ke koupání ve volné přírodě

Opatření

- především informovat o špatné kvalitě vody a tím odradit od koupání
- odstranění znečištění
 - rychlá náprava pouze u lokalit s možností zvýšení průtoku nebo filtrace (např. „přírodní biotopy“)
 - většinou však dlouhodobý proces

Rizikové faktory v našich podmínkách

- kontaminace patogenními mikroorganismy, které se v prostředí se obvykle nemnoží
- kontaminace patogenními a podmíněně patogenními mikroorganismy, které se v prostředí se obvykle mohou množit
- projevy nadměrného rozvoje řas a sinic (látky produkované sinicemi)
- larvy ptačích motolic (cerkárie)
- otravy při haváriích apod.
- estetické závady

Nadměrný rozvoj řas a sinic

Sinice a cyanotoxiny

- sinice mohou často obsahovat cyanotoxiny (hepatotoxické microcystiny, několik různých neurotoxinů, cytotoxický a hepatotoxický cylindrospermopsin) a další látky ovlivňující lidské zdraví (LPS (?), vliv na imunitní systém)
- známé četné případy otrav zvířat
- známé případy zdravotních problémů koupajících se, které pravděpodobně způsobily sinice

Epidemiologické studie

- **Pilloto (1997)**
 - 852 účastníků
 - zjištěn zvýšený výskyt různých zdravotních problémů u lidí koupajících se na místech s vyššími počty sinic, ale až do 7 dnů po koupání; do 2 dnů významný nárůst zaznamenán nebyl
- **Stewart (2006)**
 - 1331 účastníků
 - zjištěn nárůst zdravotních problémů obecně a respiračních problémů po koupání na místech s vyššími počty sinic

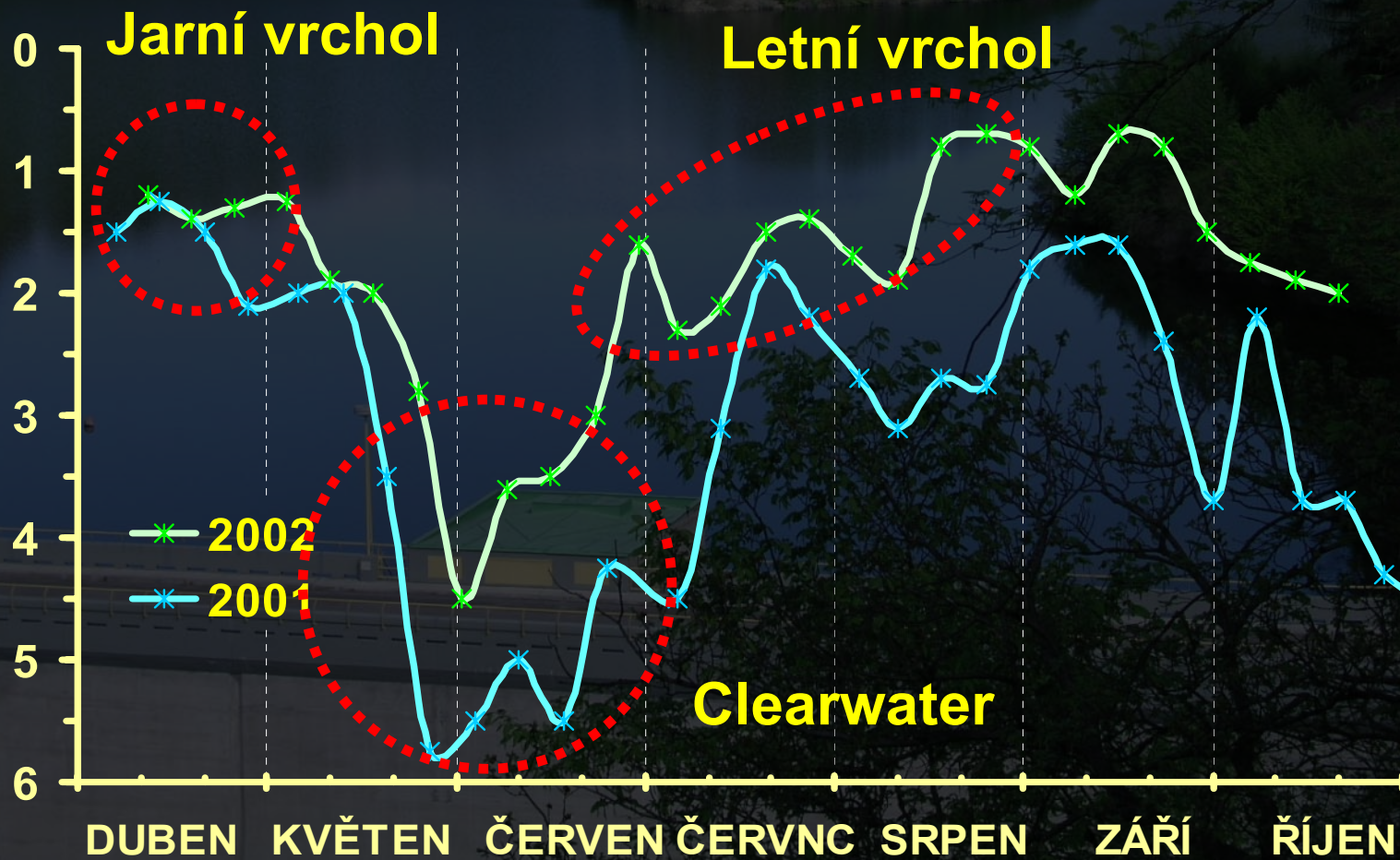
Řasy a sinice

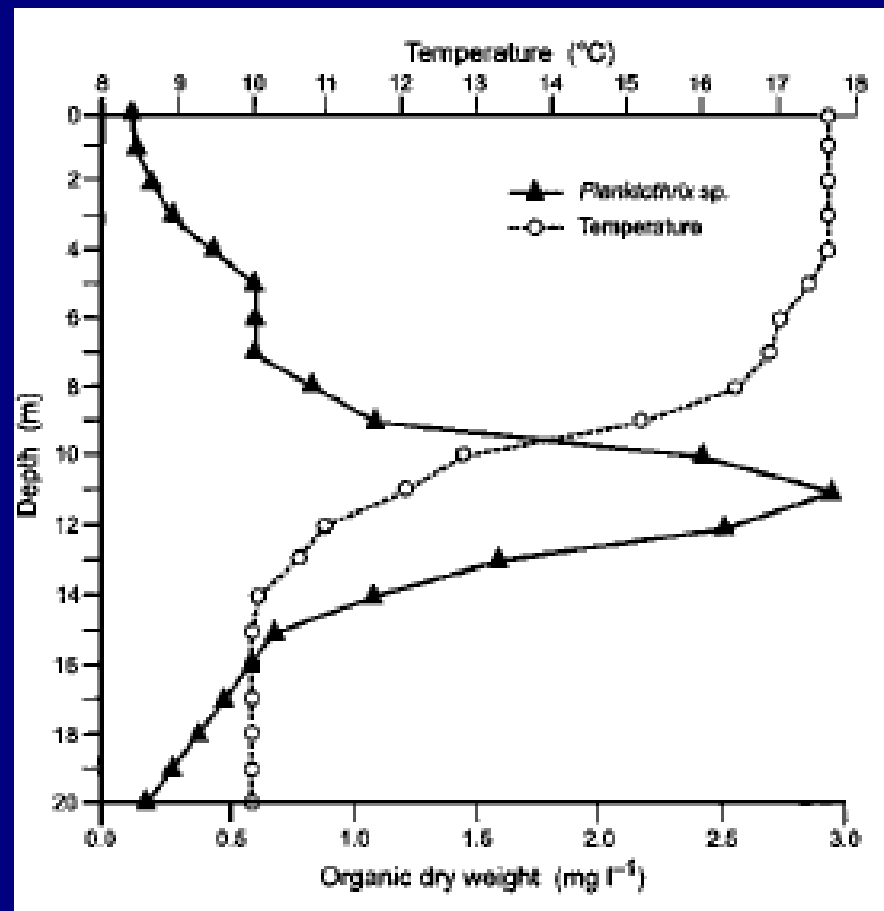
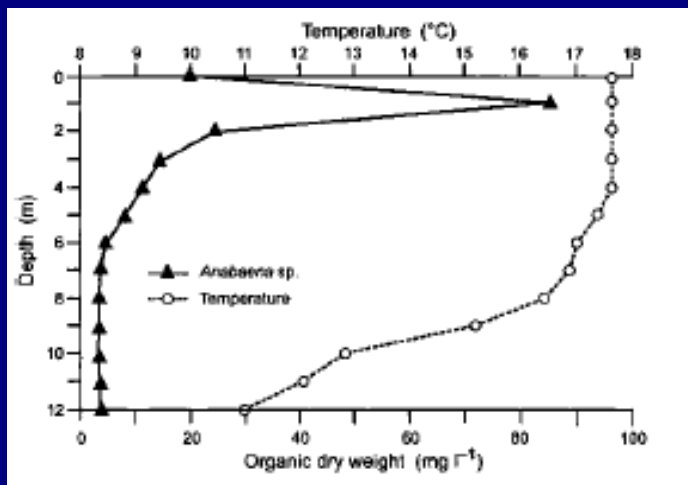
-

Proměnlivost v čase a prostoru

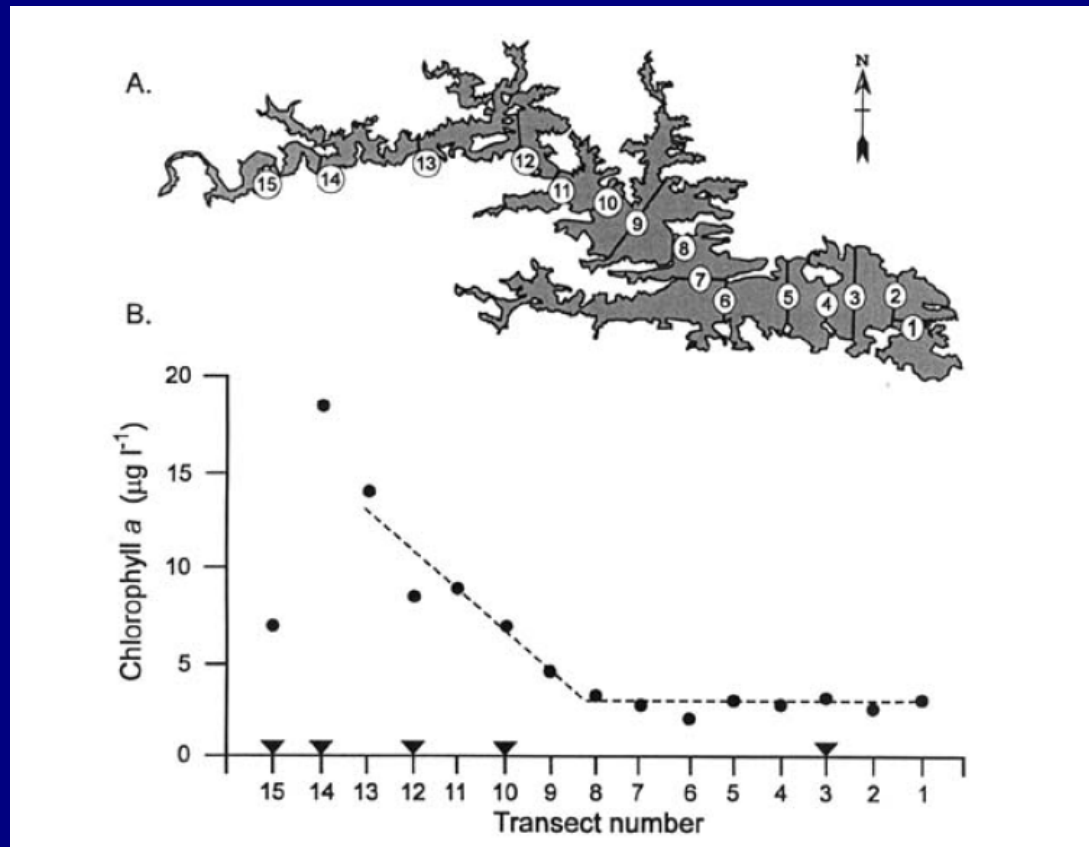
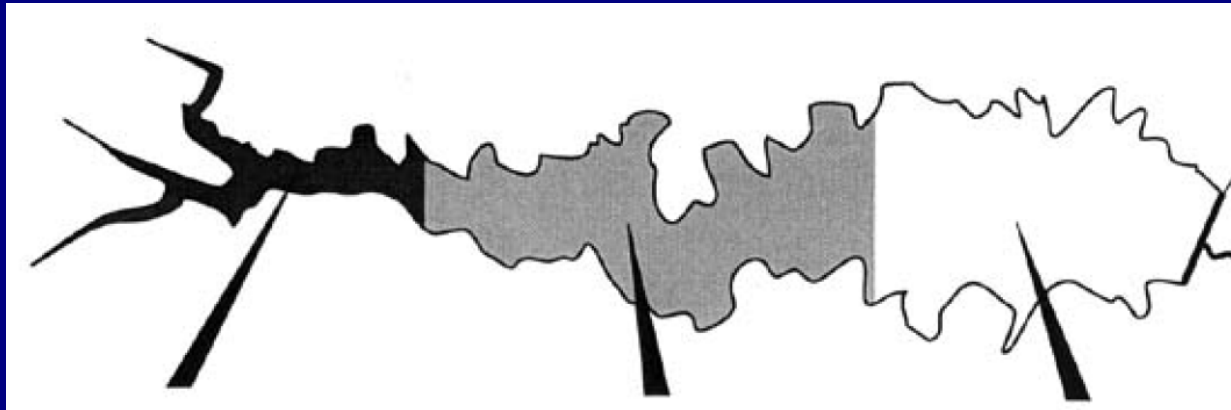
Sezónní sukcese

PRŮHLEDNOST (m)

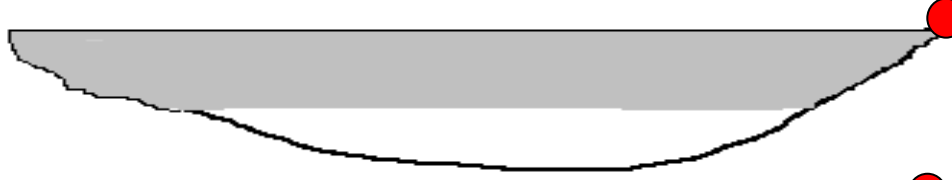




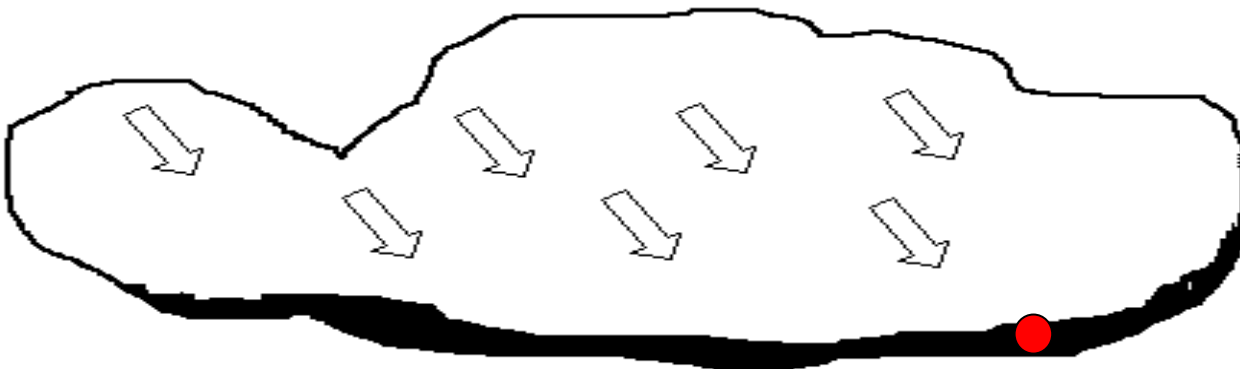
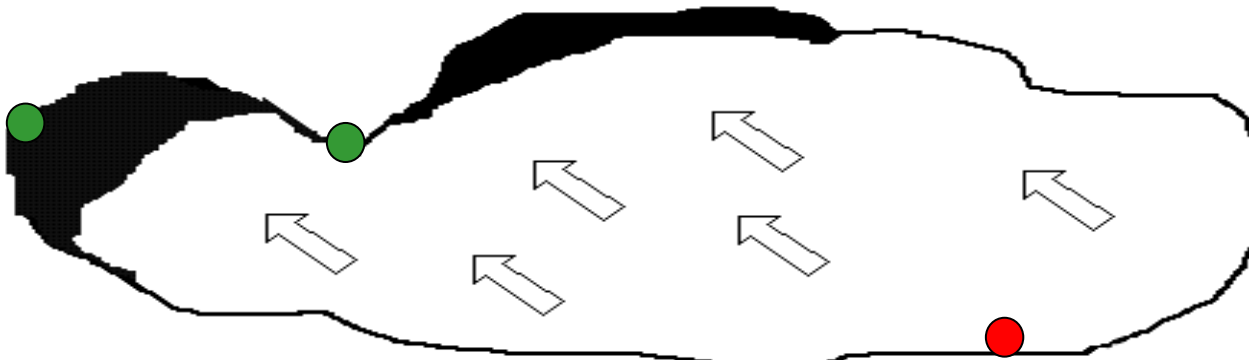
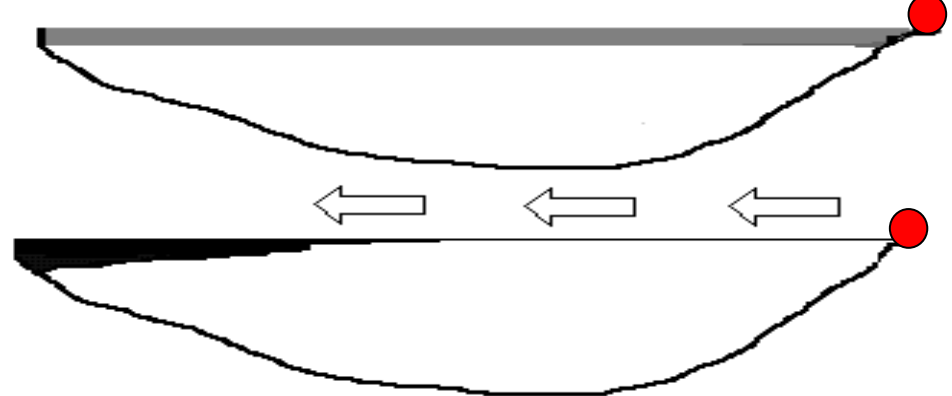
zdroj WHO



4 m



4 cm



zdroj WHO - upraveno

Ukazatele z vyhlášky č. 135/2004 Sb. – Přílohy č. 1 a 2

- rozvoj řas a sinic
 - celkový fosfor
 - průhlednost
 - vizuální hodnocení (vodní květ)
 - chlorofyl-a
 - mikroskopický obraz
 - sinice
 - barva
 - rozpuštěný kyslík
 - pH

Náchylnost lokality k masovému rozvoji sinic

- údaje z předchozích sezón
- limitující v našich podmínkách téměř vždy **fosfor**
 - 50 $\mu\text{g/l}$ limit ve vyhlášce i v NV č. 61/2003 Sb.
 - nemusí být dostatečný (někdy nutno i méně než 10 $\mu\text{g/l}$)
 - vhodné zjistit data od Podniků povodí (jejich odběrová místa bývají reprezentativnější než odběrová místa pro účely koupání)

Naše přírodní koupací vody

➤ pouze s dostatečným počtem údajů

Limity vyhlášky č. 135/2004 Sb.	2004	2005
TP-vyhovuje; CHL -vyhovuje	16	15
TP-vyhovuje; CHL-nevyhovuje	2	2
TP- nevyhovuje; CHL-vyhovuje	25	63
TP-nevyhovuje; CHL-nevyhovuje	30	52

Průhlednost

- měření zákalu zkušební deskou kruhová nebo čtvercová bílá deska o hraně (průměru) 20 cm
- v klasické podobě černobílé kvadranty
- průhlednost = hloubka, ve které je deska právě postřehnutelná

Průhlednost



Průhlednost



Průhlednost



Jak interpretovat výsledky průhlednosti

- snížená průhlednost je způsobena
 - rozvojem fytoplanktonu
 - neživými částicemi (např. deště, práce v povodí)
- snížená průhlednost = ztížené hledání tonoucích
- výhody – rychlé a snadné stanovení (lze snadno naučit i laiky)

Příloha č. 2 k vyhlášce č. 135/2004 Sb.

**Limitní hodnoty pro koupaliště ve volné přírodě se zvýšeným rizikem
vzniku masového rozvoje sinic**

Ukazatel	Jednotka	I. stupeň	II. stupeň	III. stupeň	Četnost	Vysvětlivky
sinice	buňky/ml	20 000 až 100 000	>100 000	-	14 denní	1
	mm ³ /l	2–10	>10	-	14 denní	1
chlorofyl-a	µg/l	10–50	>50	-	14 denní	
vizuální hodnocení		-	-	vodní květ přítomen	14 denní	2
mikroskopický obraz					14 denní	3

Použité zkratky:mm³/l – buněčný objem sinic**Vysvětlivky:**

1. Stačí vyjádření pouze jedním způsobem (buňky/ml nebo jako buněčný objem). Je-li nutné zahuštění vzorku provádí se membránovou filtrací. Stanovení se provádí podle TNV 75 7717.
2. Hodnocení se provádí při odběru vzorku.

Vodní květ

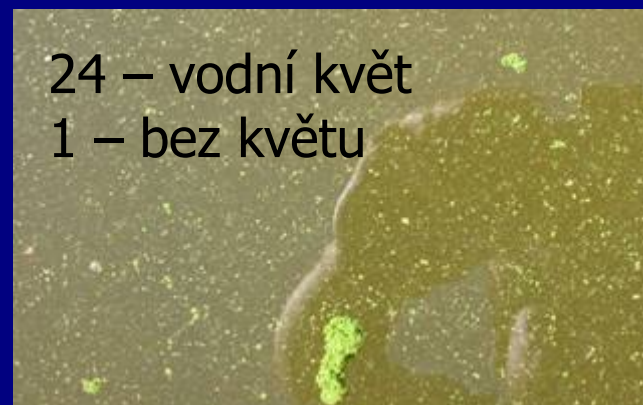
- posuzován při odběru v rámci ukazatele z přílohy č. 2 **Vizuální hodnocení**
- vyhláška č. 135/2004Sb. – „**Vodní květ sinic** (cyanobakterií) je stav, při kterém jsou pouhým okem vidět shluky sinic u hladiny, ve vodním sloupci nebo povlak sinic na hladině.“
- subjektivní posouzení významné pro hodnocení – při odběrech je nanejvýš vhodná přítomnost člověka, který vyhodnocení provádí



23 – vodní květ
3 – bez květu

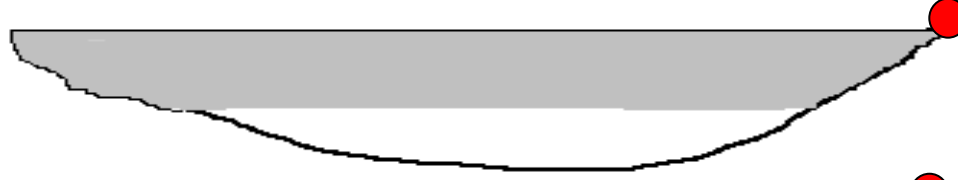


18 – vodní květ
8 – bez květu

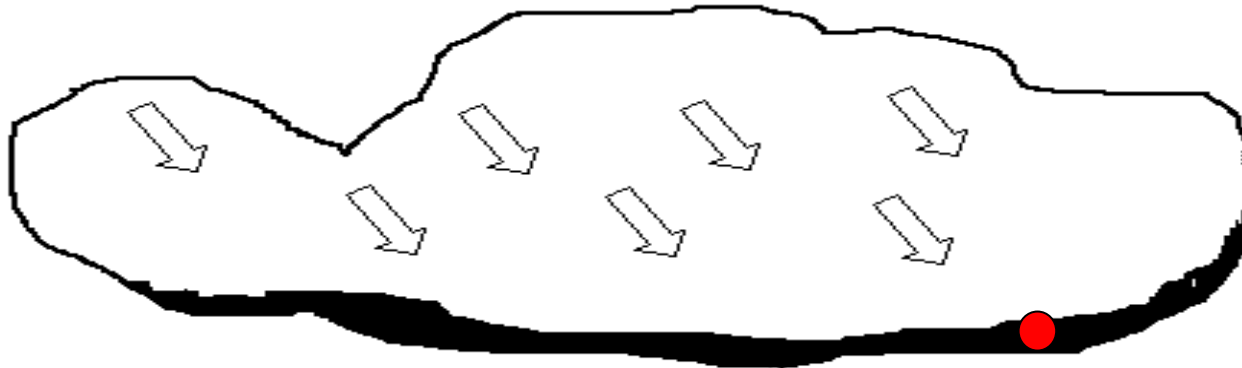
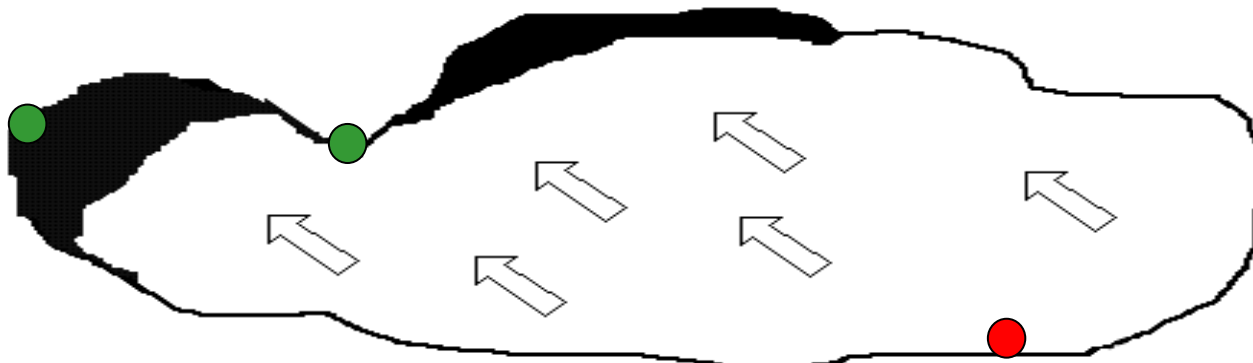
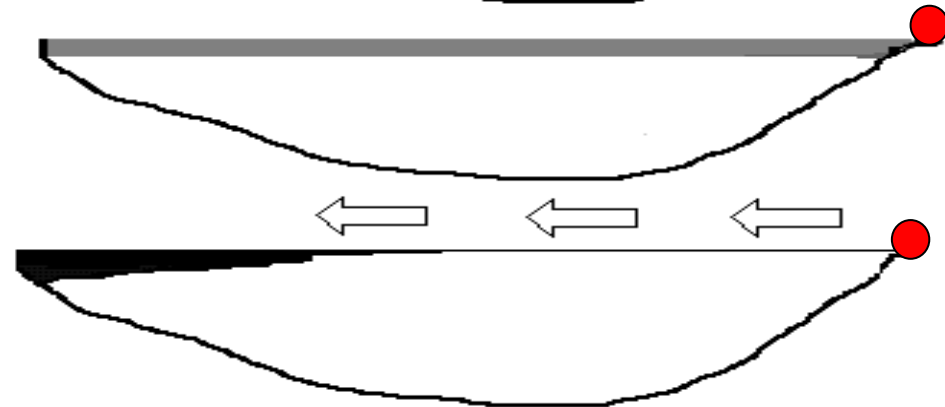


24 – vodní květ
1 – bez květu

4 m



4 cm



Orlík - Podskalí

začátek pláže →

standardní odběrové
místo ZÚ – ojedinělé
kolonie ve vodním
sloupci

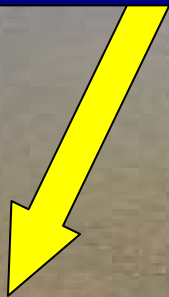
X

vodní květ u břehu

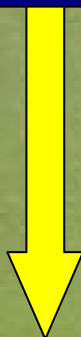


začátek pláže →

desetitisíce buněk/ml



> 1 000 000 buněk/ml





Stupnice využívaná – pracovníky Povodí Vltavy

body	popis
1	žádný vodní květ (VK)
2	drobné vločky řídké až roztroušeně ve vodním sloupci (VS)
3	drobné vločky středně hustě ve VS
4	vločky sinic hustě ve VS, tendence k vytváření hladinových povlaků
5	masový výskyt sinic

Vodní květy - hodnocení

- mělo by se objevit ve slovním popisu
např. v zátocce Téaté byl u břehu vodní
květ

A co utržené nárostové sinice?



Složení fytoplanktonu

- kvantita **chlorofyl-a**
 - míra biomasy, ale množství chlorofylu-a je u rostoucí populace vyšší
 - sice chemické stanovení, ale problém se standardy
 - fluorescenční sondy (výsledky hned, možné i rozdělení do skupin)
- druhové složení – **mikroskopický obraz**
 - měl by obsahovat dominantní zástupce fytoplanktonu s důrazem na sinice
 - dominance odhadem, ale lze i počty (jedinci nebo buňky)



Posouzení přítomnosti sinic

- u lokalit, kterých nejsou od začátku koupací sezóny sledovány a kvantifikovány sinice podle přílohy č. 2 je třeba s jejich kvantifikací začít,
 - když jsou při stanovení mikroskopického obrazu zjištěny (především sinice tvořící vodní květy)
 - pokud při odběru jsou zaznamenány kolonie ve vodním sloupci

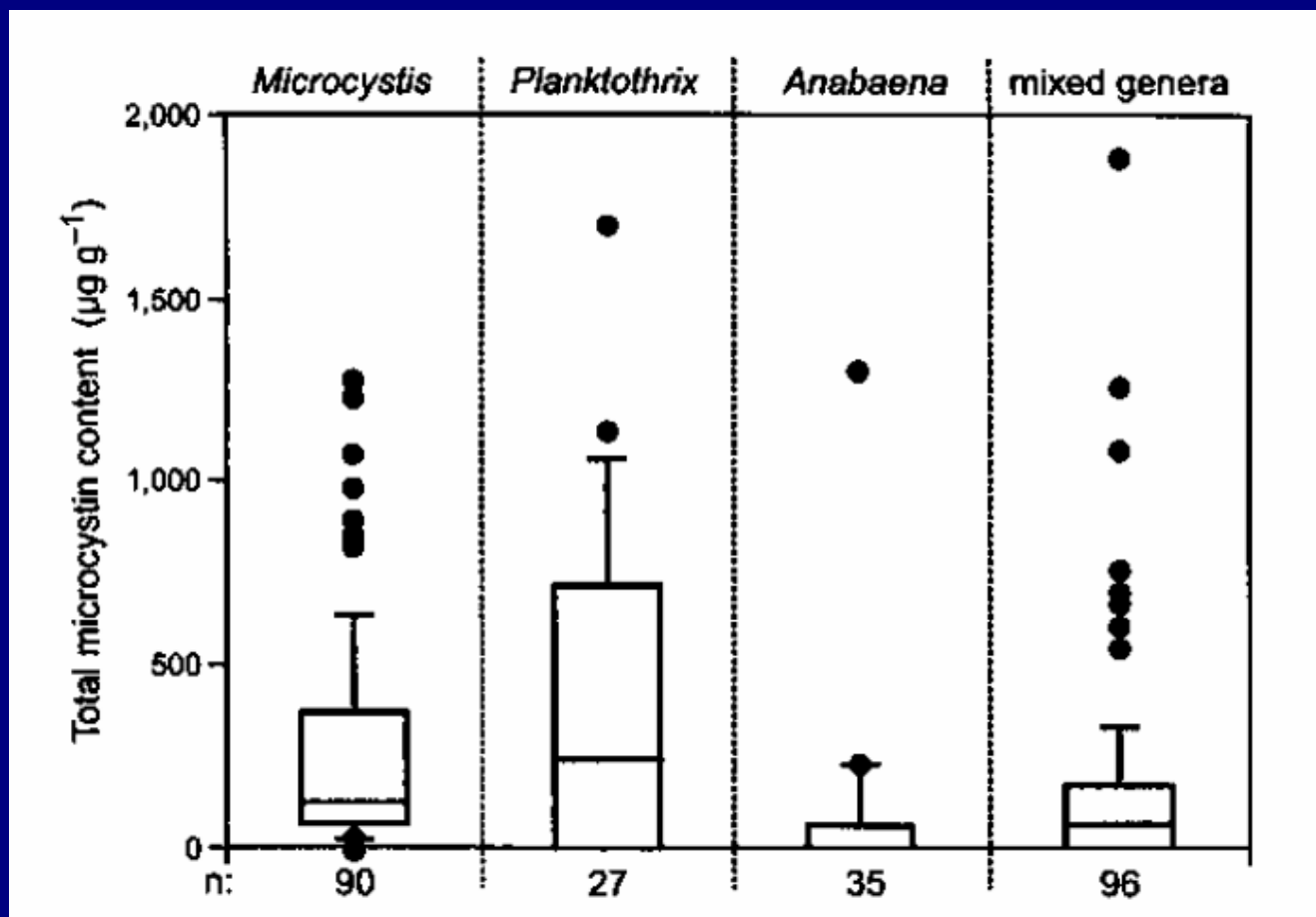
Co lze vyčíst z mikroskopického rozboru?

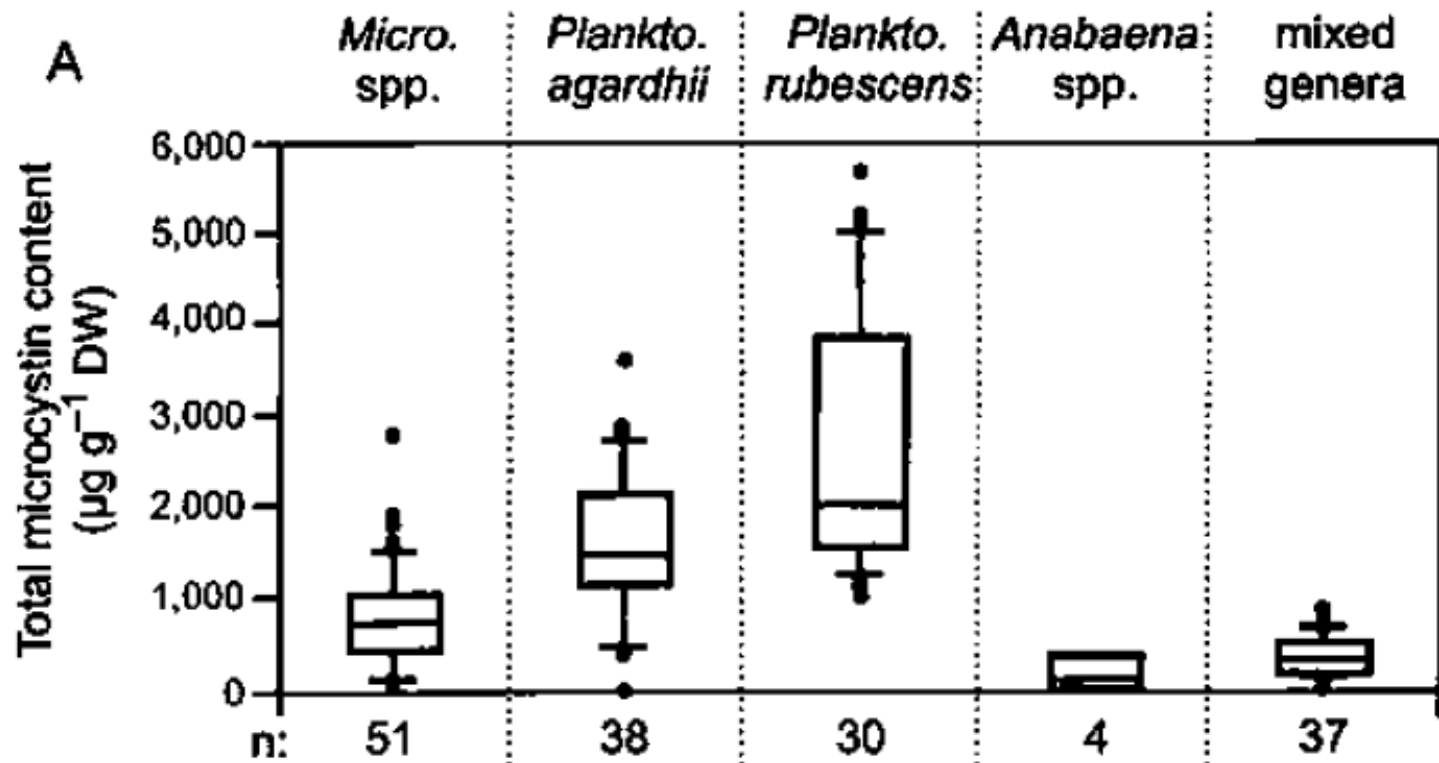
- složení fytoplanktonu, případně původ snížené průhlednosti
- přítomnost sinic
- sinice, u nichž je známa produkce toxinů
 - některé sinice neprodukují toxiny (*Microcystis wesenbergii*)
- sinice, které tvoří vodní květ
- sinice s výrazně menšími buňkami

Cyanotoxiny u jednotlivých taxonů sinic

- Microcystiny
 - Microcystis, Planktothrix, Anabaena, Woronichinia, Anabaenopsis
 - Microcystis wesenbergii neobsahuje microcystiny
- Neurotoxiny
 - Aphanizomenon, Planktothrix, Anabaena, Oscillatoria, Cylindrospermopsis
- Cylindrospermopsin
 - Cylindrospermopsis, **Aphanizomenon**, Anabaena bergii
- LPS
 - všechny, ale ...

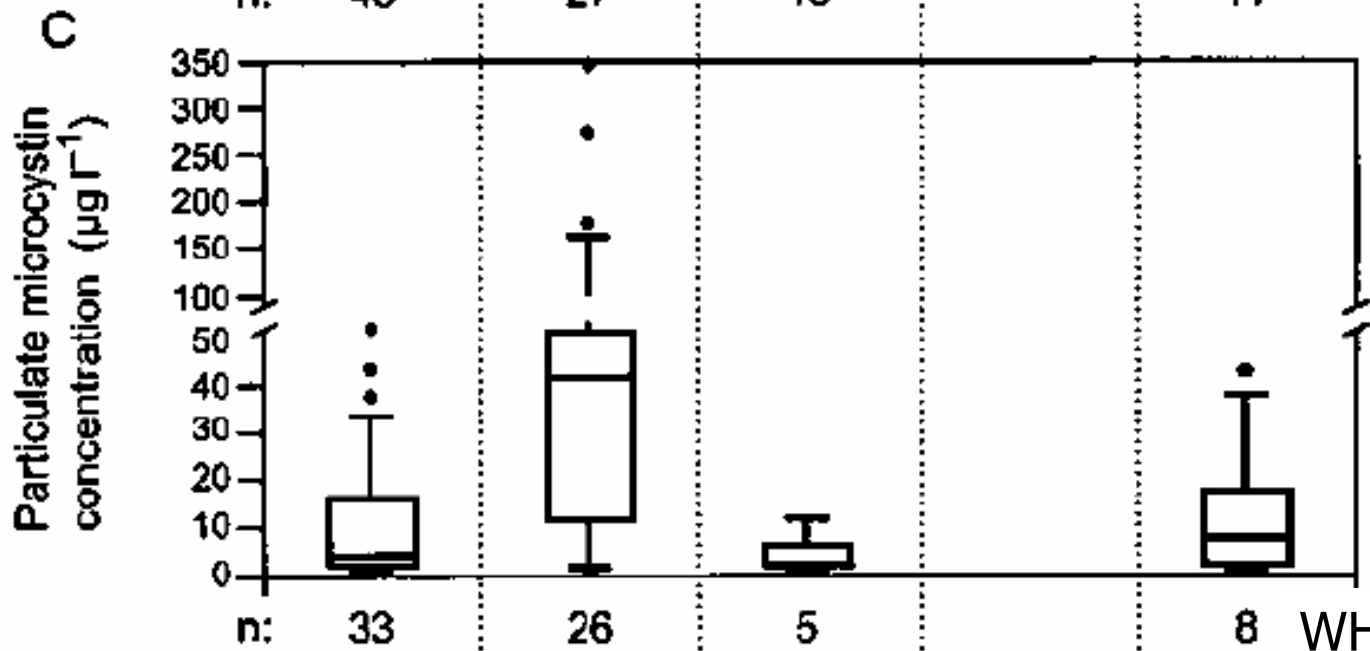
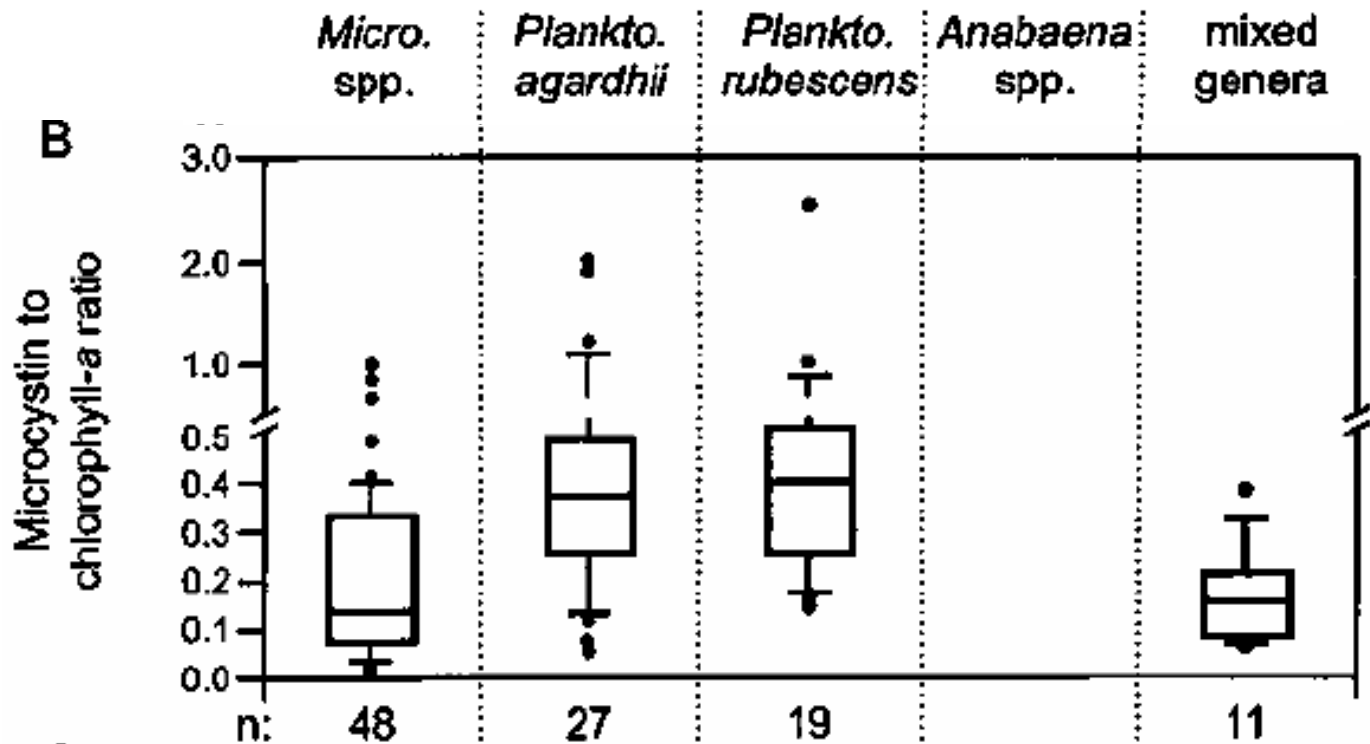
Různý obsah toxinů v biomase sinic





Různá velikost buněk

- limity počítány na buňky *M. aeruginosa*
 - další sinice vodních květů zhruba srovnatelné
 - drobné vláknité sinice (*Pseudanabaena*, *Limnothrix*) a drobné koloniální sinice (*Aphanocapsa*, ...) o řád až dva řády menší buňky



Sinice, které tvoří vodní květy

➤ Vodní květy

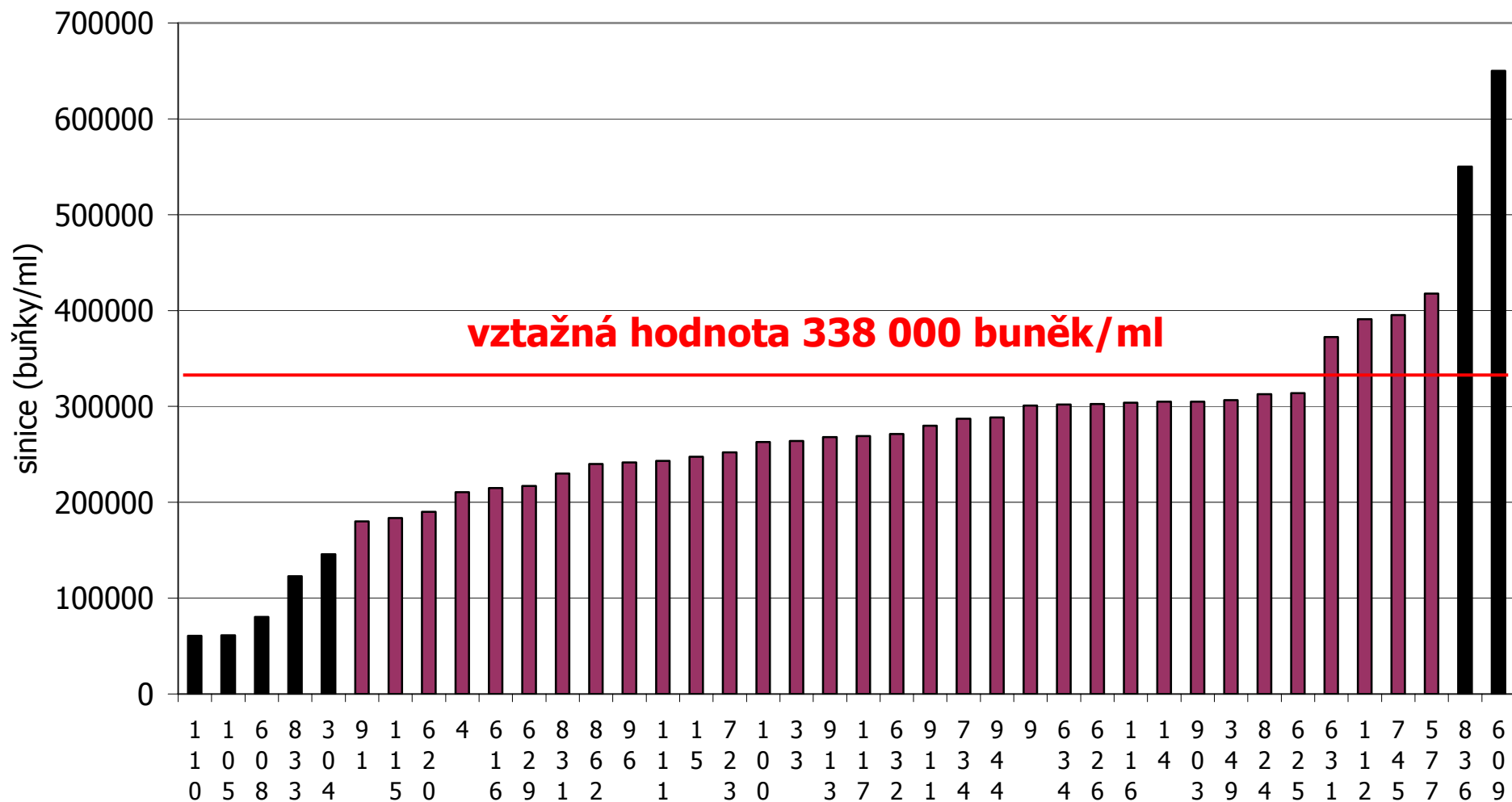
- Microcystis, Anabaena, Aphanizomenon (některé), Woronichinia, Anabaenopsis
- Planktothrix rubescens

➤ Spíše vegetační zákal

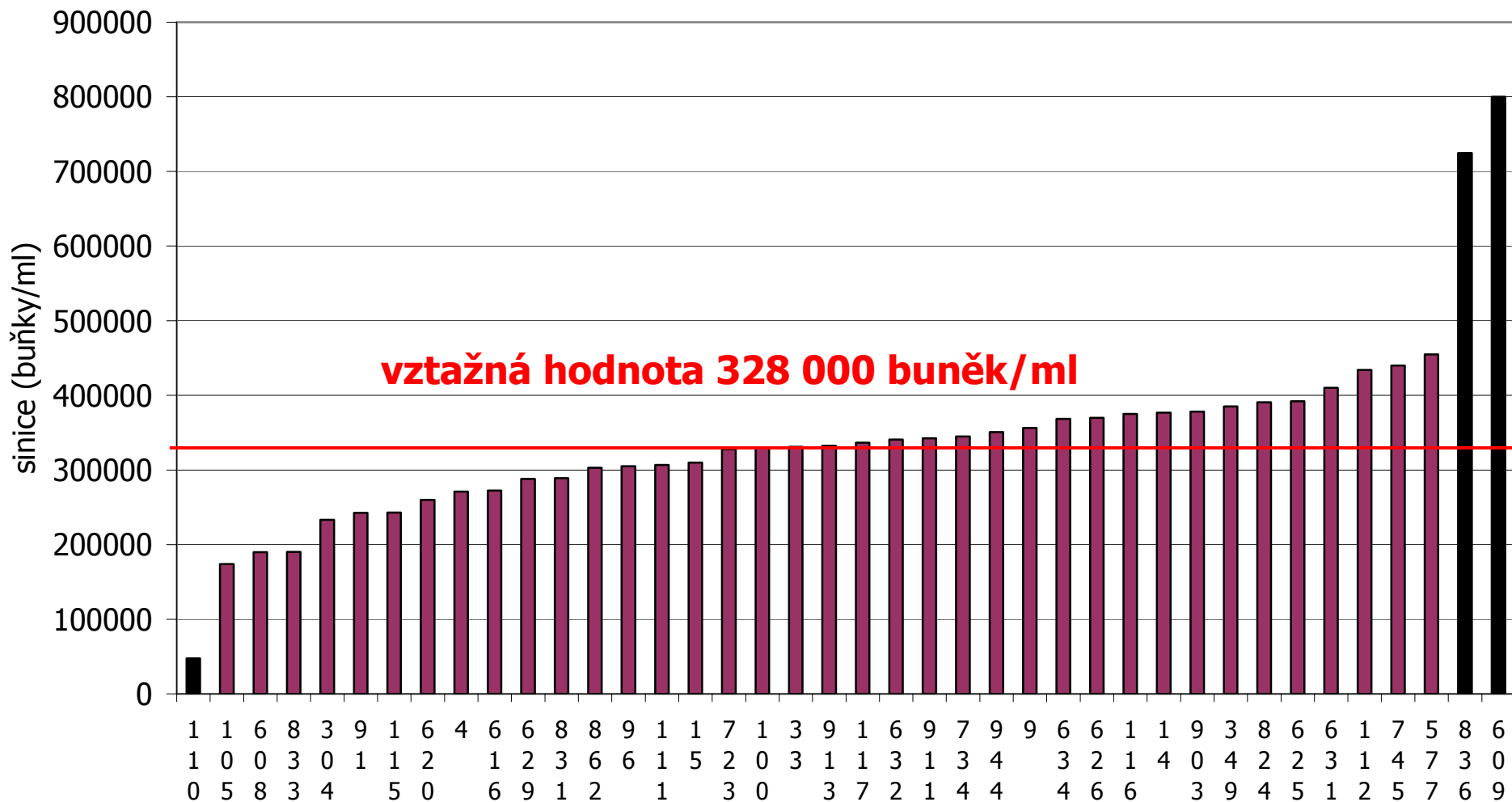
- Planktothrix agardhii
- drobné vláknité sinice (Pseudanabaena, Limnothrix)
- drobné koloniální sinice (Aphanocapsa, ...)

2005

Kvantifikace sinic - účastníci - kokální sinice 1A



2005 Kvantifikace sinic - účastníci - vláknité sinice - 1B



vyhláška č. 135/2004 Sb. a metodický návod

(3) Hodnocení výskytu sinic se provádí podle přílohy č. 2. Při překročení limitů I. stupně stanoveného v příloze č. 2 se volí zkrácení četnosti odběrů za účelem kontroly na 5 až 7 dní, při překročení limitů II. stupně stanoveného v příloze č. 2 se nedoporučuje koupání a provozování vodních sportů zejména pro děti, těhotné ženy, osoby trpící alergií a osoby s oslabeným imunitním systémem. Při přítomnosti druhů vytvářejících mohutné příhladinové květy je nutné sledovat vznik vodních květů. V případě výrazného překročení limitních hodnot u druhů netvořících vodní květy nelze provozovat koupání, i když nebylo dosaženo limitů III. stupně stanoveného v příloze č. 2. Při dosažení limitů pro III. stupeň nelze provozovat koupání.



Příloha č. 2 k vyhlášce č. 135/2004 Sb.

Limitní hodnoty pro koupaliště ve volné přírodě se zvýšeným rizikem vzniku masového rozvoje sinic

Ukazatel	Jednotka	I. stupeň	II. stupeň	III. stupeň	Četnost	Vysvětlivky
sinice	buňky/ml	20 000 až 100 000	>100 000	-	14 denní	1
	mm ³ /l	2–10	>10	-	14 denní	1
chlorofyl-a	µg/l	10–50	>50	-	14 denní	
vizuální hodnocení		-	-	vodní květ přítomen	14 denní	2
mikroskopický obraz					14 denní	3

Použité zkratky:

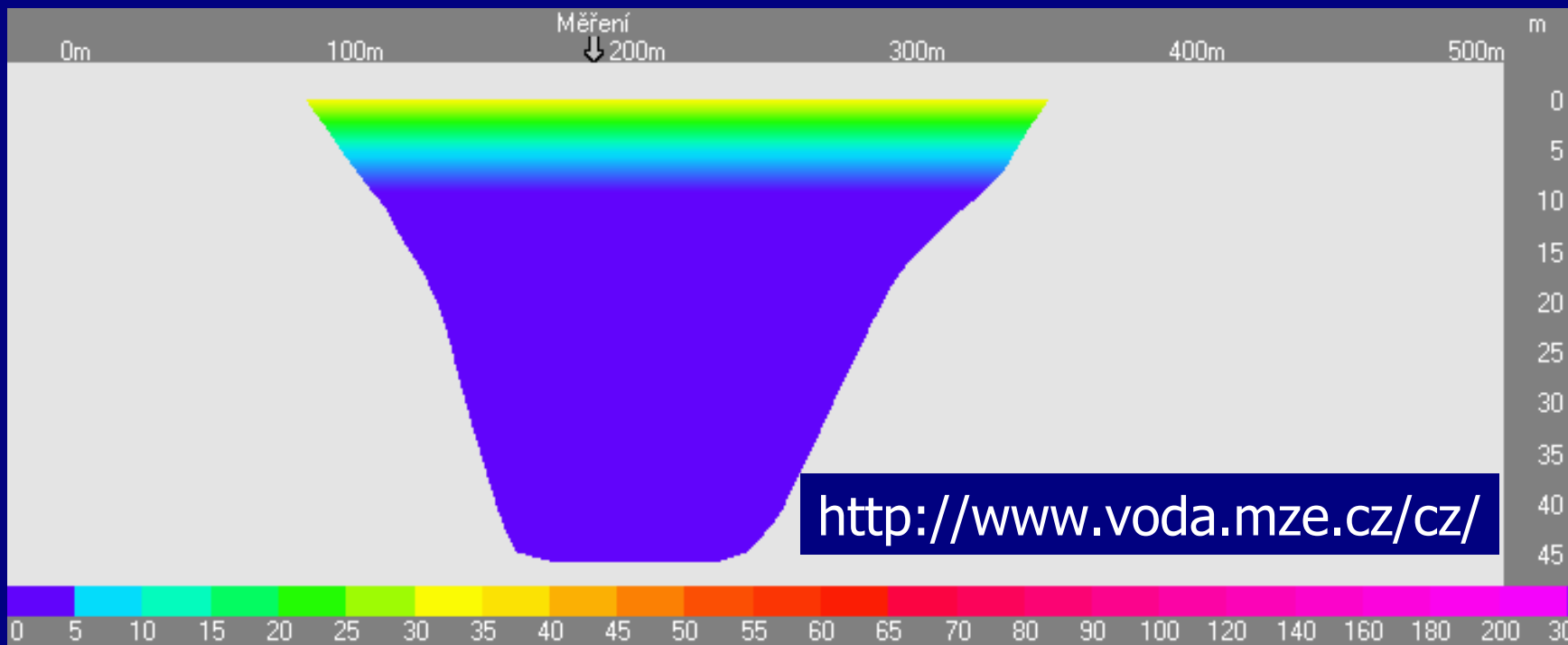
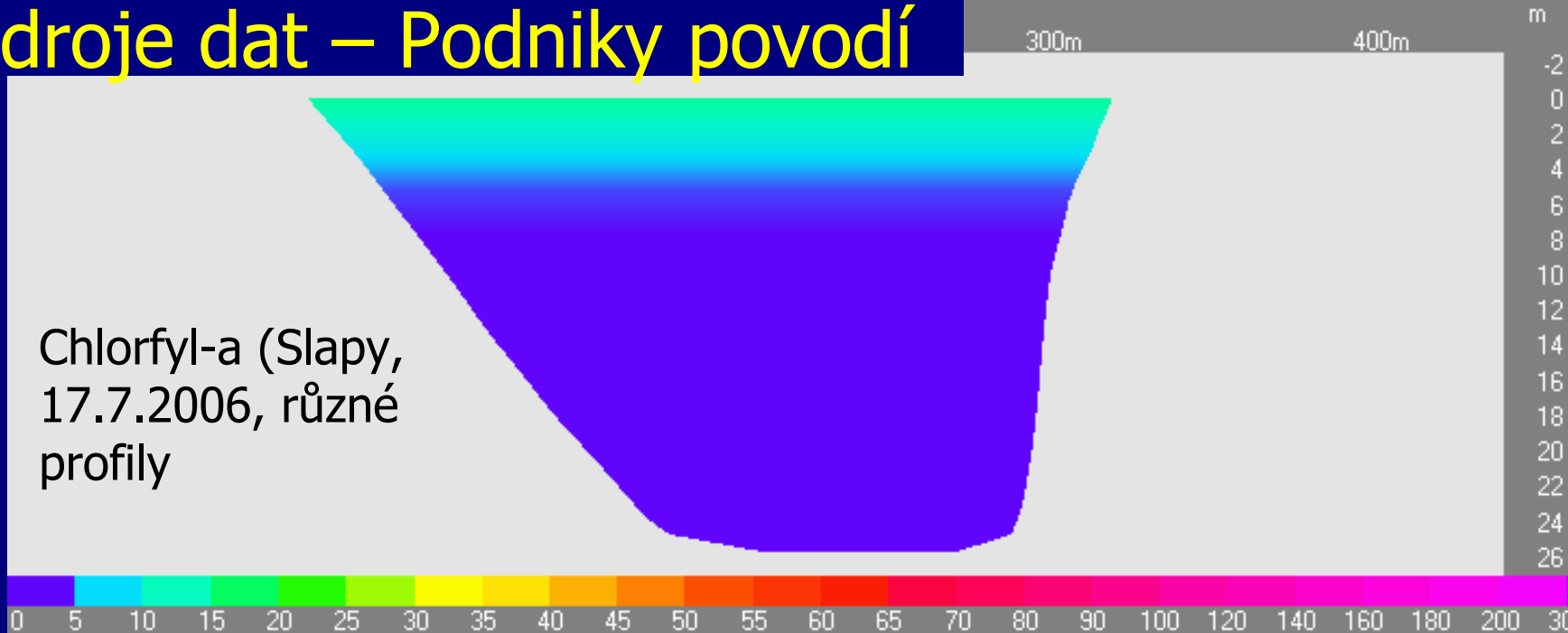
mm³/l – buněčný objem sinic



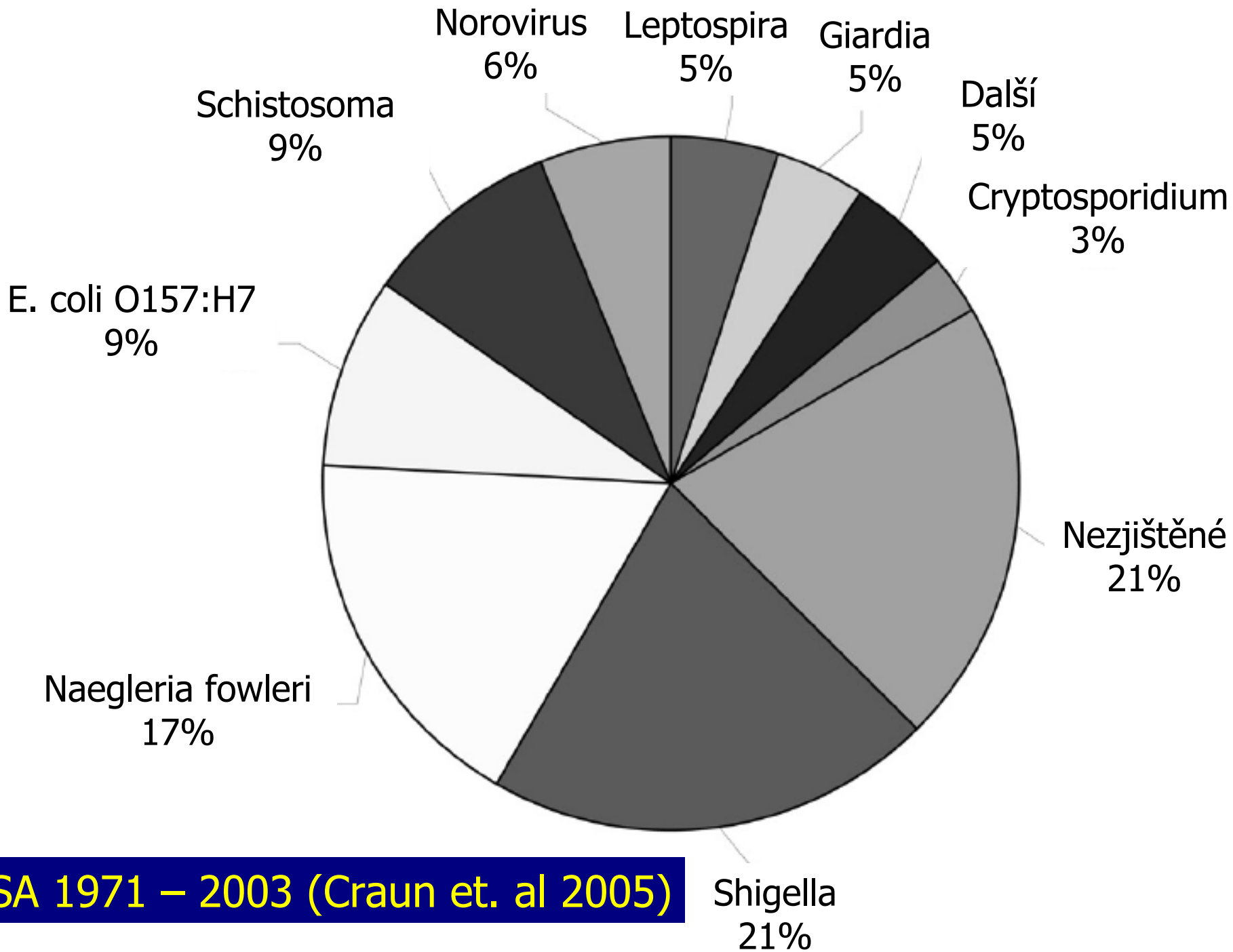
Původ limitů pro sinice

- I.stupeň
 - relativně nízká pravděpodobnost zdravotních problémů
 - z epidemiologické studie (Pilotto 1997)
- II.stupeň
 - střední pravděpodobnost zdravotních problémů
 - z doporučené hodnoty pro microcystin-LR v pitné vodě
- III.stupeň
 - vysoká pravděpodobnost zdravotních problémů
 - známé otravy zvířat

Zdroje dat – Podniky povodí



Mikrobiální znečištění



USA 1971 – 2003 (Craun et. al 2005)

Epidemie

USA 1971 – 2003 (Craun et. al 2005)

Příčina	%
nemocný koupající se	31
příliš mnoho koupajících se	34
malé děti	25
odpadní vody	21
zvířata	18
záplavy nebo silné deště	3

některé epidemie mají více příčin

Epideemie limity

USA 1971 – 2003 (Craun et. al 2005)

Typ koupací vody	<i>E. coli</i> nebo termotolerantní KB na 100 ml		
	≤ 126	127 - 499	≥ 500
jezera, rybníky	14	5	11
řeky, potoky, kanály			2
prameny			1

Epidemiologické studie

- provedena řada studií, často však nebyly dobře koncipovány
- důležité dvě studie z 90.let z mořských vod - prokázáno zvýšené onemocnění (gastroenteridity, akutní horečnatá onemocnění) se stoupajícími hodnotami fekálních indikátorů (enterokoky) -
- zvýšený výskyt gastroenteritid i u studie na sladkých vodách (Německo, Wiedenmann et. al, 2006)
- difúzní znečištění – žádná závislost

Enterokoky a gastroenteridita (mořské vody)

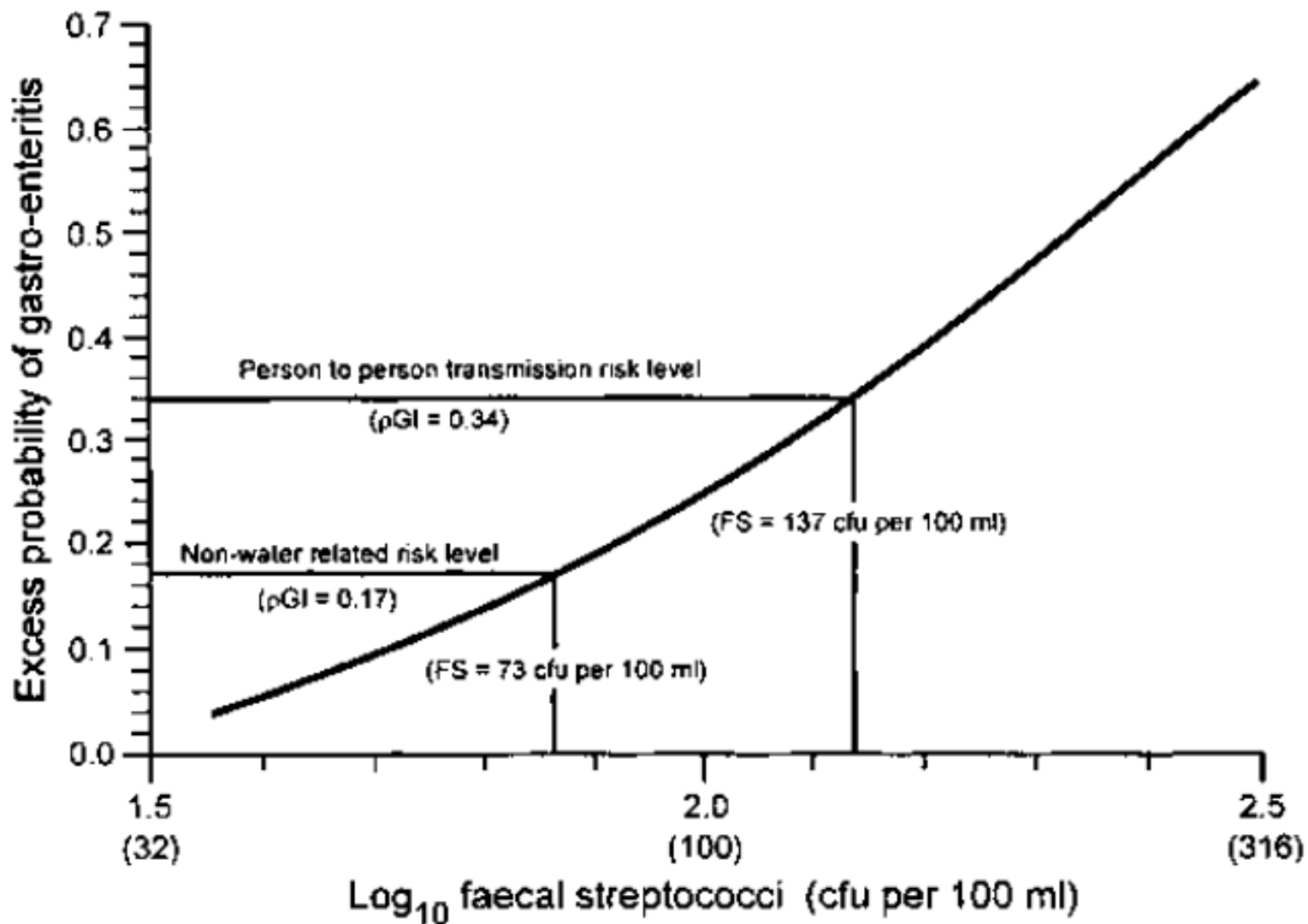
Faecal streptococci exposure class (/100 mL)	No	Rate of gastroenteritis (per 100) (and 95% CI)
Unexposed	605	9.7 (7–12)
Exposed 0–19	184	10.9 (6–15)
Exposed 20–39	161	10.6 (5–16)
Exposed 40–59	82	18.3* (10–26)
Exposed 60–79	57	28.1* (16–39)
Exposed 80+	23	30.4* (11–49)

p (trend) for all classes <0.001, p (trend) exposed classes only <0.001.

*Rates significant relative to unexposed (non-bather) group (p<0.05).

Kay et al. (1994): Predicting likelihood of gastroenteritis from sea bathing: ... (Lancet 334: 905-09)

Figure 13.1 The dose response curve linking faecal streptococci with excess probability of gastro-enteritis



Wiedenmann 2006

- Německo, 5 lokalit, přes 2000 účastníků
 - NOAEL - 100 KTJ/100 ml *Escherichia coli*
 - NOAEL – 25 KTJ/100 ml enterokoky

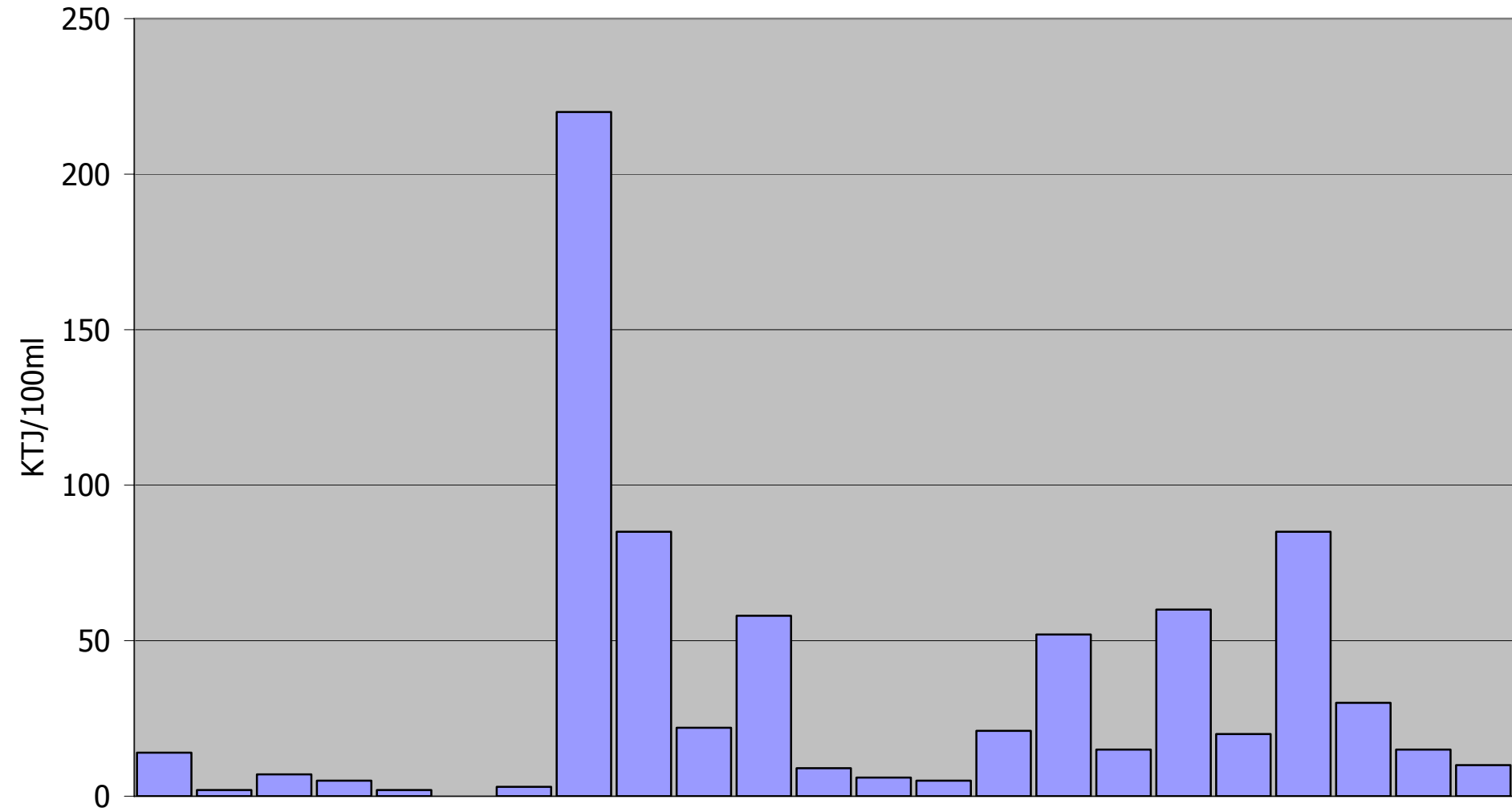
Původ fekálního znečištění

- odpadní vody
- přítok
- difúzní znečištění
- koupající se

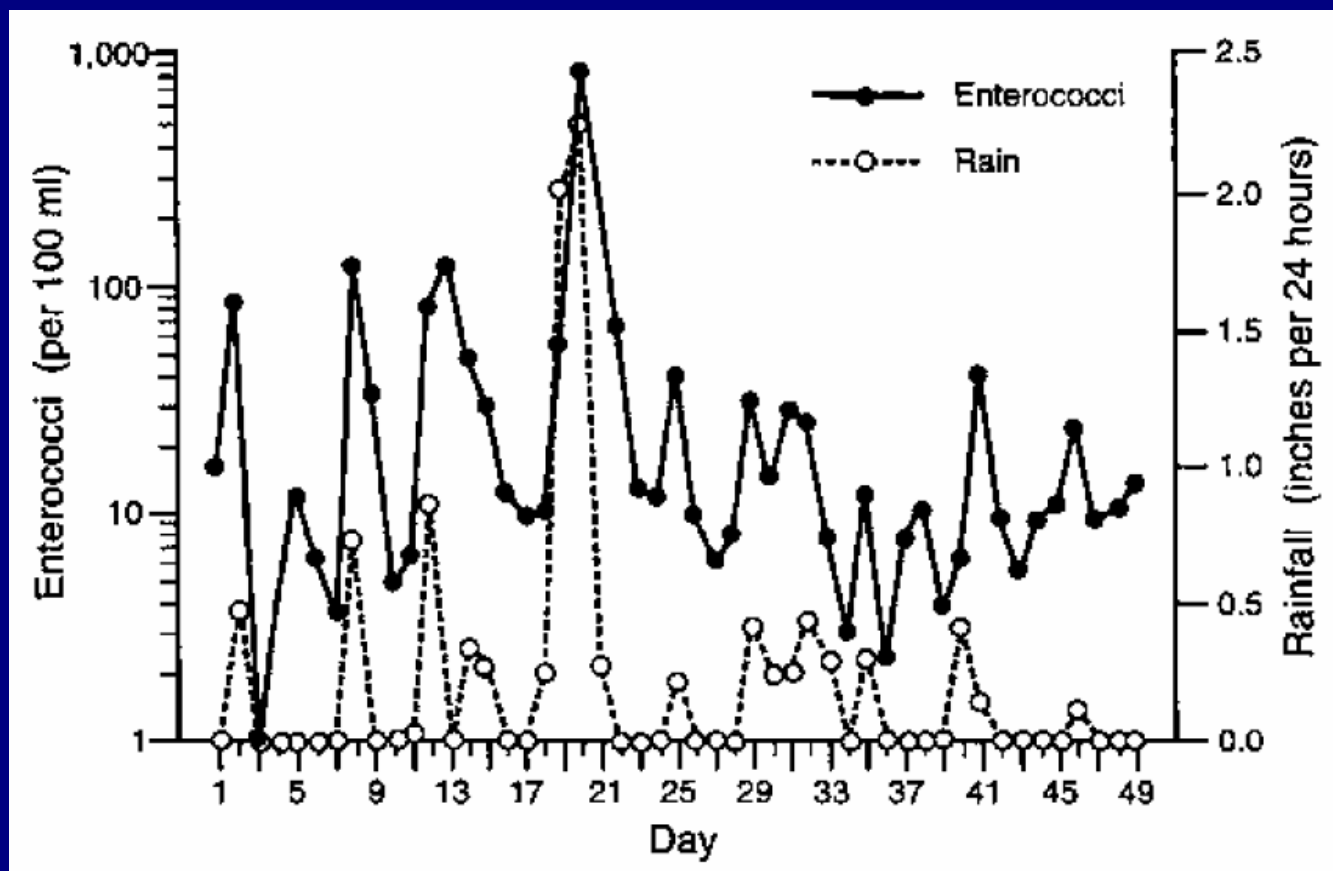
Variabilita nálezů v čase a prostoru

lognormální rozdělení dat

Enterokoky - Hracholusky 2004 - 2006

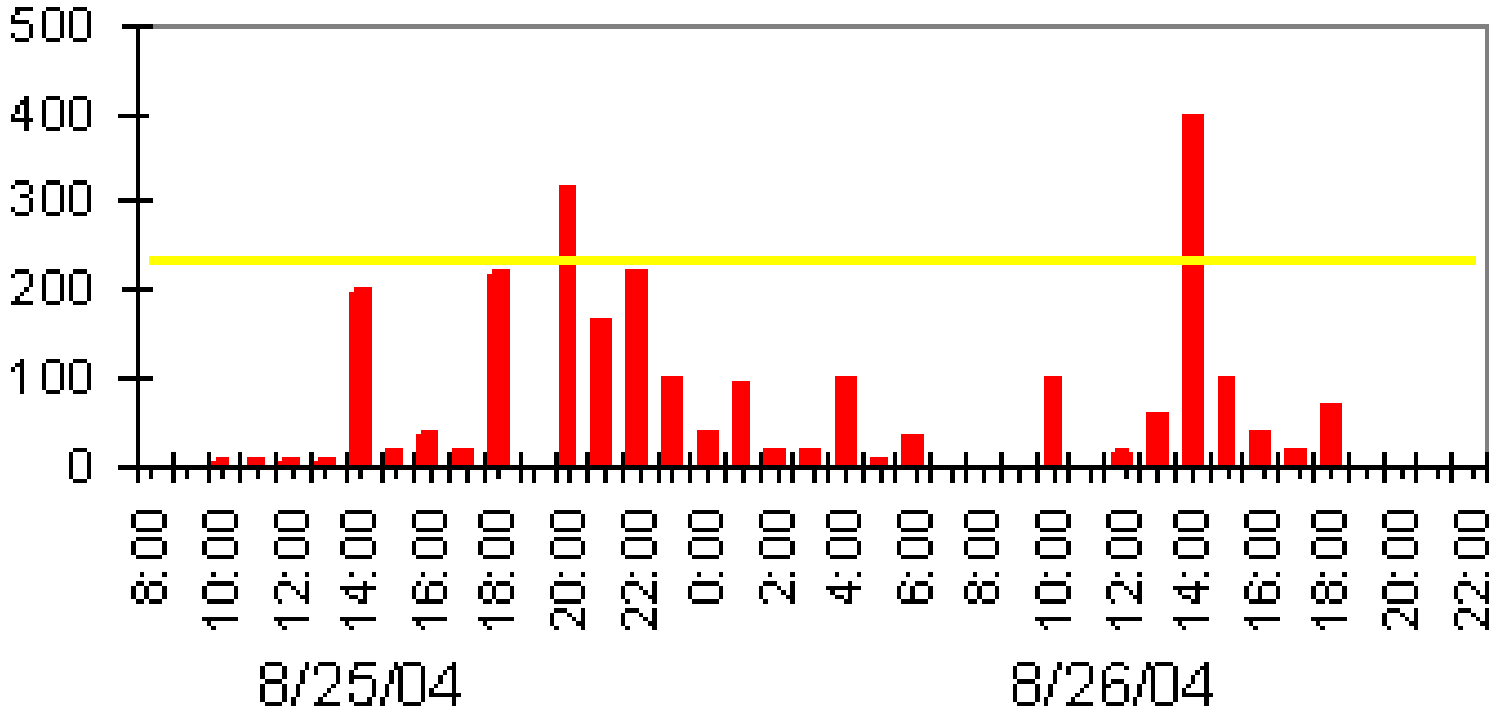


Srážky

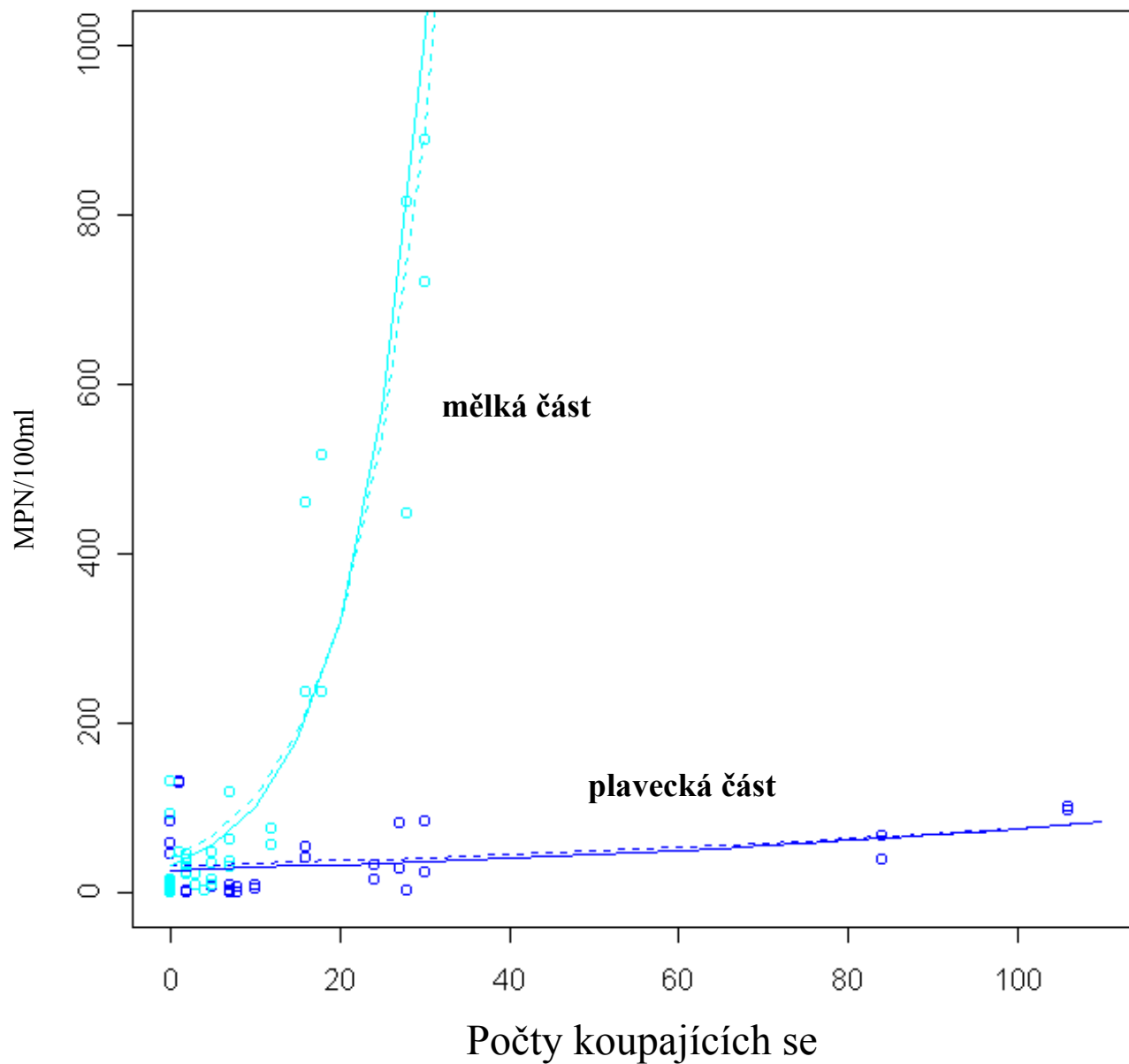


E. coli Concentration (cfu/100 mL)

West Beach E. coli 235 cfu/100ml



Model a data pro termotolerantní koliformní bakterie v „přirodním biotopu“



Ukazatele z vyhlášky č. 135/2004 Sb. – Přílohy č. 1

Ukazatel	Jednotka	1 Doporučená hodnota⁺⁾	2 Limitní hodnota	Nejnižší četnost odběru v koupací sezóně
koliformní bakterie	KTJ/100 ml	500	10000	14denní
termotolerantní koliformní bakterie	KTJ/100 ml	100	2000	14denní
enterokoky	KTJ/100 ml	100	400	14denní
salmonely	KTJ/l	-	0	v případě podezření
enteroviry	PTJ/10 l	-	0	v případě podezření

Hodnocení podle vyhlášky č. 135/2004 Sb. a metodického návodu

(1) Jakost vody za koupací sezonu je vyhovující, pokud zjištěné hodnoty ukazatelů vzorků vody odebíraných v průběhu dané koupací sezony na stejném vzorkovacím místě v minimální četnosti stanovené v příloze č. 1 splňují tyto požadavky:

- a) v 95 % nepřekračují limitní hodnoty příslušných ukazatelů stanovených ve sloupci 2 přílohy č. 1,
- b) v 90 % nepřekračují doporučené hodnoty příslušných ukazatelů stanovených ve sloupci 1 přílohy č. 1 s výjimkou ukazatelů koliformní bakterie, termotolerantní koliformní bakterie a enterokoky, kde limitním hodnotám musí odpovídat 80 % vzorků,
- d) hodnoty u vzorků odebraných následně ve statisticky vhodných intervalech nepřekračující touto vyhláškou stanovené limity.



Původ současných limitů

- bez jasné souvislosti s epidemiologickými studiiemi
 - jen koliformní bakterie – studie z Velké Británie – nad 10 000 KTJ/100 ml – může být zvýšený výskyt některých vážných onemocnění
- od té doby řada epidemiologických studií

Navrhované limity podle WHO (2003)

Enterokoky KTJ/100 ml 95.precentil	Riziko
≤ 40	<1% GI <0,3% AFRI
41-200	1-5% GI 0,3-1,9% AFRI
201-500	5-10% GI 1,9-3,9% AFRI
>500	>10% GI >3,9% AFRI

Směrnice 2006/7/ES

Příloha I – Pro vnitrozemské vody

A	B	C	D	E
Ukazatel	Výborná jakost	Dobrá jakost	Přijatelná jakost	Referenční metody
Střevní enterokoky (KTJ/100 mL)	200(*)	400 (*)	330 (**)	ISO 7899-1 ISO 7899-2
<i>Escherichia coli</i> (KTJ/100 mL)	500 (*)	1000 (*)	900 (**)	ISO 9308-3 ISO 9308-1

* Na základě vyhodnocení 95. percentilu. Viz příloha II.

** Na základě vyhodnocení 90. percentilu. Viz příloha II.

Mikrobiologické ukazatele – postup posuzování

Příloha II, poznámka (b)

- sestavit soubor údajů (3 nebo 4 koupací sezóny – alespoň 16 výsledků)
- všechny hodnoty zlogaritmovat
- vypočítat aritmetický průměr (μ) a směrodatnou odchylku (σ) logaritmovaných hodnot
- vypočítat horní hodnotu 90.(95.) percentilu podle vzorců:
 - 90. percentil = $\text{alog} (\mu + 1,282 \sigma)$
 - 95. percentil = $\text{alog} (\mu + 1,65 \sigma)$
- Porovnat hodnoty s výsledkem a provést klasifikaci

Příklad: Tichá Orlice

2004 – 2006

enterokoky

23 výsledků

Klasifikace - nevyhovující

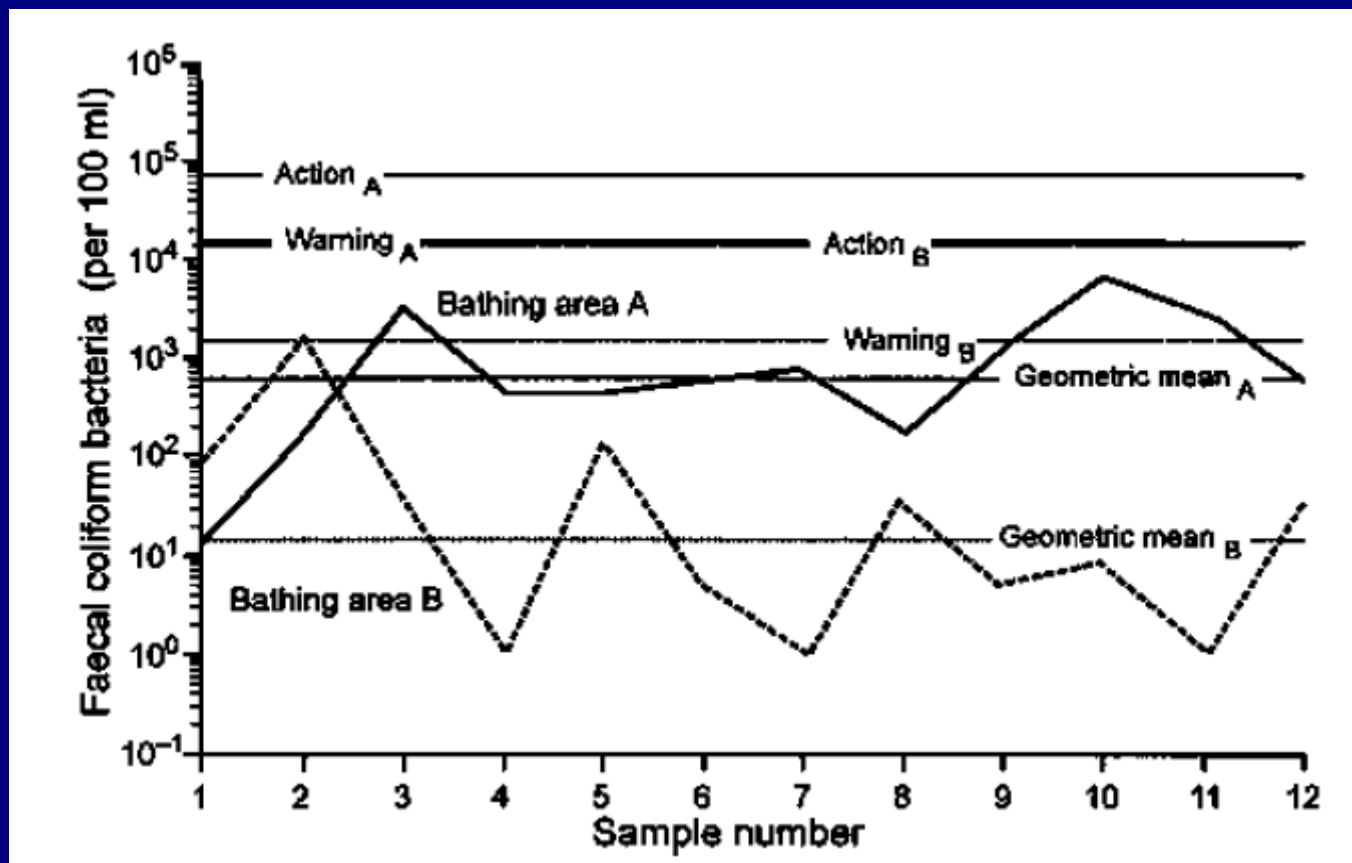
Aritmetický průměr	2,0419
Směrodatná odchylka	0,4906
Horní hodnota 90.percentilu	468,63
Horní hodnota 95.percentilu	710,18
Výborná (95)	200
Dobrá (95)	400
Přijatelná (90)	330

Datum	Hodnota	Log10
14.6.2004	20	1,3010
28.6.2004	50	1,6990
12.7.2004	20	1,3010
26.7.2004	130	2,1139
9.8.2004	460	2,6628
23.8.2004	100	2,0000
16.5.2005	40	1,6021
30.5.2005	32	1,5051
13.6.2005	440	2,6435
27.6.2005	120	2,0792
11.7.2005	260	2,4150
25.7.2005	120	2,0792
8.8.2005	280	2,4472
22.8.2005	600	2,7782
15.5.2006	130	2,1139
29.5.2006	380	2,5798
12.6.2006	30	1,4771
26.6.2006	22	1,3424
10.7.2006	50	1,6990
24.7.2006	33	1,5185
7.8.2006	320	2,5051
21.8.2006	300	2,4771
4.9.2006	420	2,6232

Hodnocení

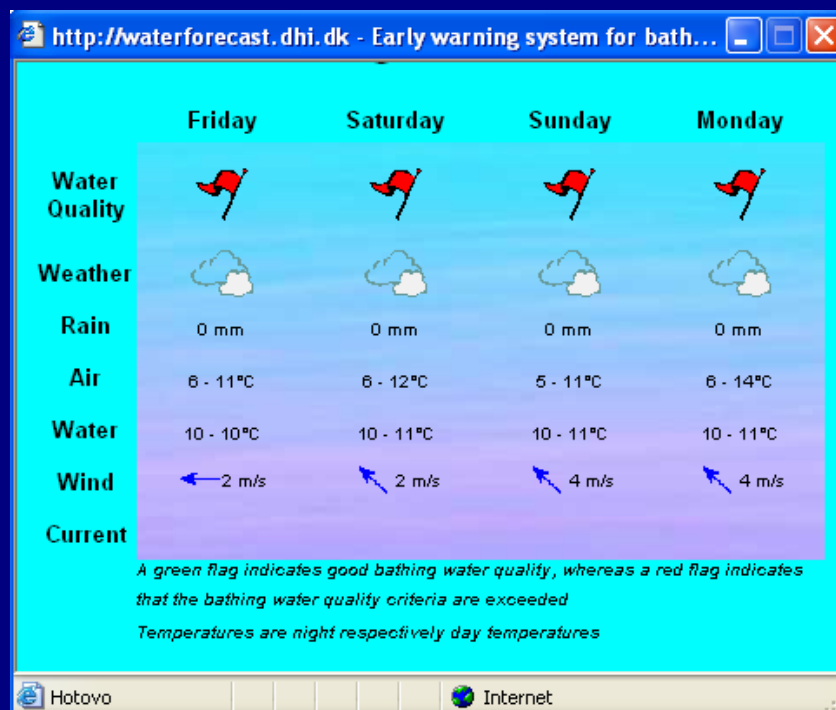
- data z posledního odběru?
 - aktuální situace může být úplně jiná
 - znečištění však může být trvalého rázu
- data za delší časové období?
 - vhodnost / nevhodnost lokality dlouhodobě
 - nutno znát charakter lokality a odhalit případné neočekávané znečištění
 - profily vod ke koupání
 - regulační diagramy ?

Regulační diagramy



Možnost hodnocení aktuálního stavu fekálního znečištění

- rychlometody
- předpovědi (modelování)



Další znečištění (většinou antropogenního původu)

Ukazatele z vyhlášky č. 135/2004 Sb. – Přílohy č. 1

- antropogenní znečištění
 - fenoly
 - povrchově aktivní látky
 - minerální oleje
 - jiné chemické látky
 - saprobní index makrozoobentosu
 - viditelné znečištění

Viditelné znečištění





Stupnice pro viditelné znečištění z návrhu vyhlášky

stupeň	rozsah znečištění	popis
0	zanedbatelné	žádné znečištění není přítomno nebo jen v zanedbatelné míře (většinou přírodního původu)
1	mírné	ojedinělé výskyt odpadků nebo přírodního znečištění, které nemá významný vliv na rekreační využití koupaliště
2	místy značné	na některých místech je nahromaděno znečištění takového rozsahu nebo charakteru, že to značně omezuje nebo znemožňuje rekreační využití postižených částí koupaliště
3	značné podél celého břehu	podél celého břehu je nahromaděno znečištění takového rozsahu, že to značně omezuje nebo znemožňuje rekreační využití koupaliště

Povrchově aktivní látky



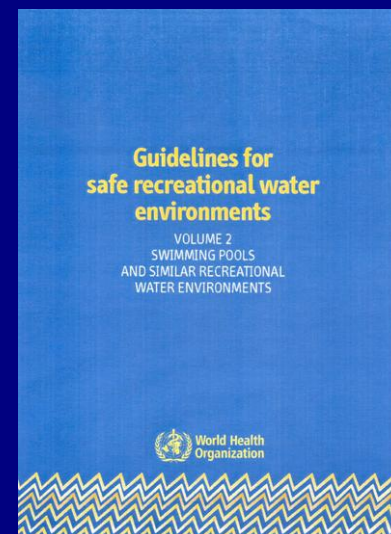
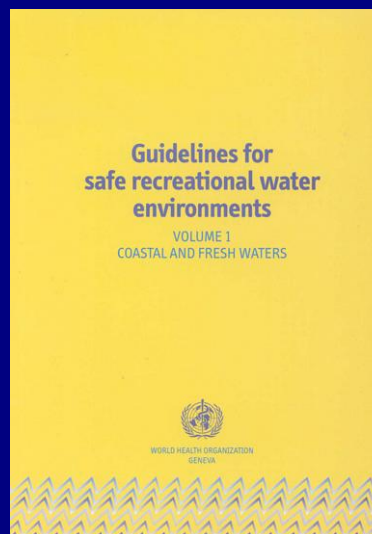
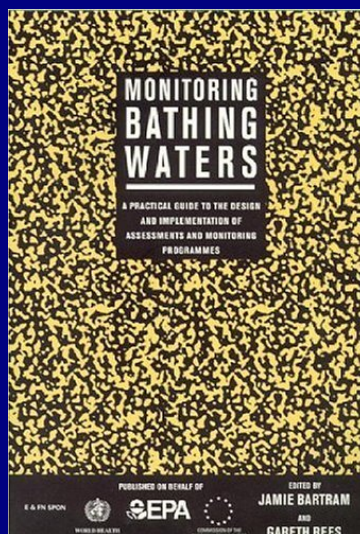
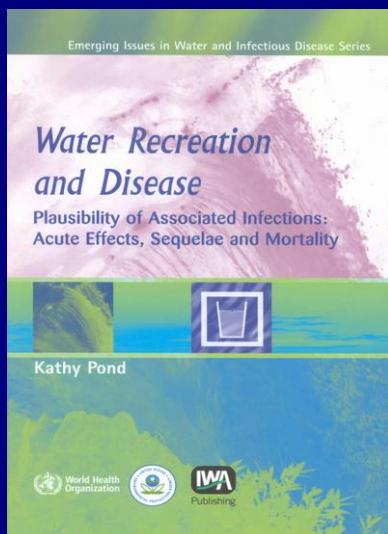
Pěna: trvalá x dočasná

Fenoly, minerální oleje

- nutno kvůli reportingu EK
- možno využít i jako orientační stanovení pachu obecně, nejen fenolového
- analýza v laboratoři ???

Zdroje informací - WHO

- http://www.who.int/water_sanitation_health/
- http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/en/index.html
- <http://www.szu.cz/chzp/voda/whopub.html>



Děkuji za pozornost