

Institute of Geology
Academy of Sciences



Distribuce a dynamika rtuti v lesních ekosystémech

Tomáš Navrátil a kol.
oddělení Environmentální geologie a geochemie



Rtuť

- ☒ toxický prvek
- ☒ těžký kov
- ☒ formy rtuti

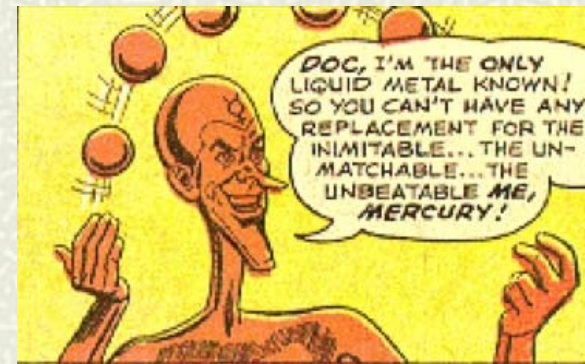


9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
III	VIII	IB	II B	IIIA	IVA	VA	VIA	VII A	0
nekovy									Helium 2 4,002602(2)
alkalické kovy									Neon 10 20,1797(6)
vzácné plyny									Argon 18 39,948(1)
halogeny									Krypton 36 83,801(1)
metalloidy									Xenon 54 131,29(2)
přechodné kovy									Rádium 86 222,0176
liné kovy									
vzácné zemní prvky									
bor	uhlík	duhík	kytlik	fluor					
B 10,811(7)	C 12,0107(8)	N 14,0064(7)	O 15,9994(3)	F 18,9984032(5)					
hlitik	kyslík	fosfor	síra	chlor					
Al 26,9815386(2)	Si 28,0855(3)	P 30,973761(2)	S 32,06(6)	Cl 35,4527(6)					
cačík	germanium	arsen	selen	brus					
Ca 40,078(4)	Ge 72,61(2)	As 74,92160(2)	Se 78,96(3)	Br 79,904(1)					
nikl	zinek	galium	germanium	arsen	selen	brus			
Ni 58,6934(2)	Zn 65,38(2)	Ga 69,723(1)	Ge 72,61(2)	As 74,92160(2)	Se 78,96(3)	Br 79,904(1)			
paládium	stříbro	kadmióm	indium	tin	antimon	tellur	jod		
Pd 106,42(1)	Ag 107,8682(2)	Cd 112,411(8)	In 114,818(3)	Sn 118,710(7)	Sb 121,760(3)	Te 127,60(3)	I 126,90447(3)	Xe 131,29(2)	
platina	zlató	rtuť	thallium	olovo	olovo	polonium	astat		
Pt 195,078(2)	Au 196,96655(2)	Hg 200,59(2)	Tl 204,3833(2)	Pb 207,2(1)	Bi 208,98038(2)	Po (209,9894)	At (208,9804)		
unúberilium	unúberilium	unúberilium							
Uu (286)	Uuu (272)	Uub (277)							



Rtut' - proč by nás to vlastně mělo zajímat?

- # vysoká toxicita
- # zjevná toxicita – Minamata, Niigata 50-60 léta min. století
- # současné výsledky výzkumu – Hg může být toxická pro člověka či živočichy i na územích kde kontaminace není zcela zjevná
- # nebezpečí otravy vyplývá z pravděpodobnosti expozice, přítomné formy Hg, geochemických a ekologických faktorů, které ovlivňují pohyb či změny forem Hg v životním prostředí

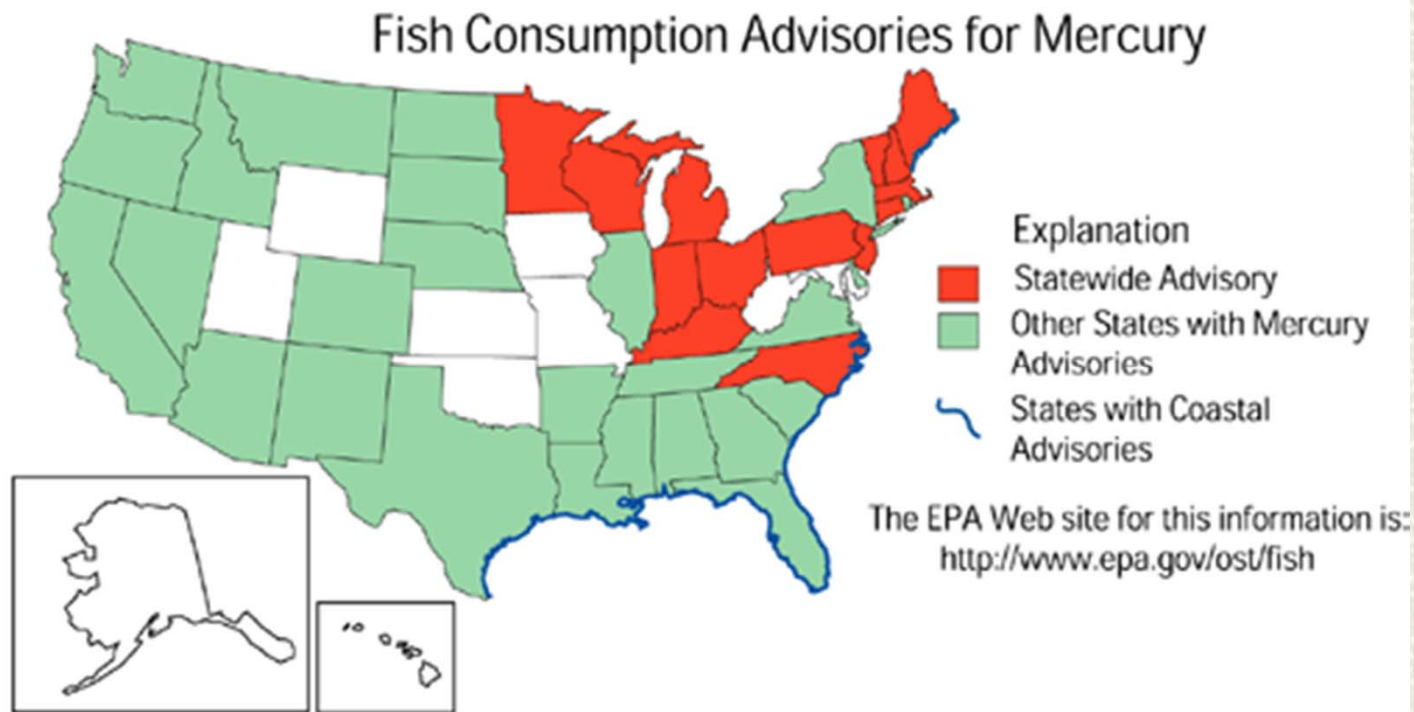


Rtut' - proč se starat?

Pleasant Lake, Maine



Doporučení o konzumaci ryb



ZDROJ: <http://www.epa.gov/fishadvisories/advisories/2003/maps/slide14.gif>

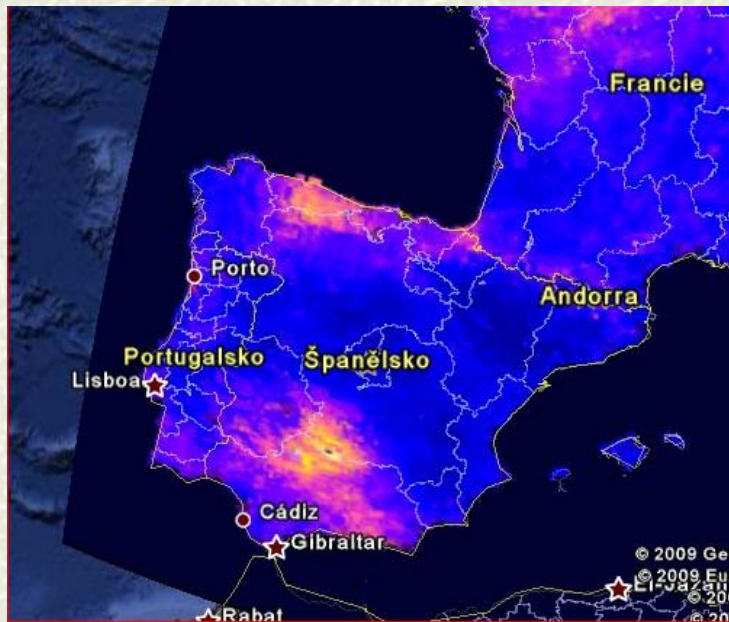
Přírodní zdroje Hg

- zvětrávání
- vulkanismus
- geologická ložiska HgS
- mořský sprej a emanace
- lesní požáry



Almaden - Španělsko

Mapa distribuce Hg ve svrchním půdním horizontu

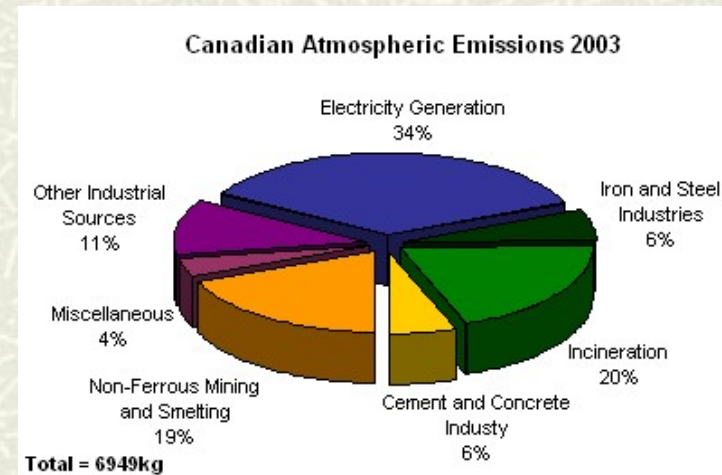


- největší akumulace Hg na světě
- největší kontaminace Hg antropogenní + přirozené zdroje
- pochází odsud 1/3 dosud vytěžené Hg v historii

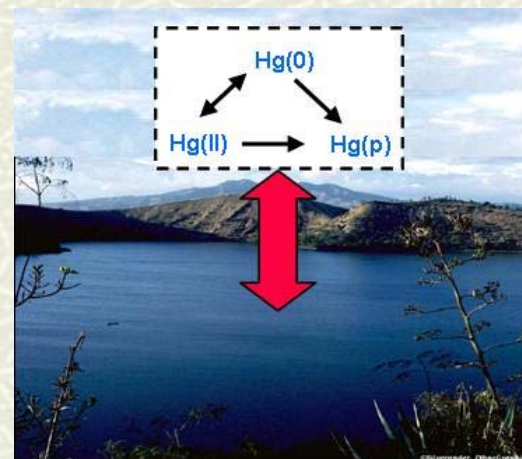
LADO LR, HENGL T, REUTER HI
HEAVY METALS IN EUROPEAN SOILS...
Geoderma 148
2008

Antropogenní zdroje Hg

- zpracování kovů
- výroba hydroxidů
- spalování fosilních paliv zejména uhlí
- spalování odpadů (zejména zdravotnické)
- lokálně těžba zlata a Hg
- cementárny



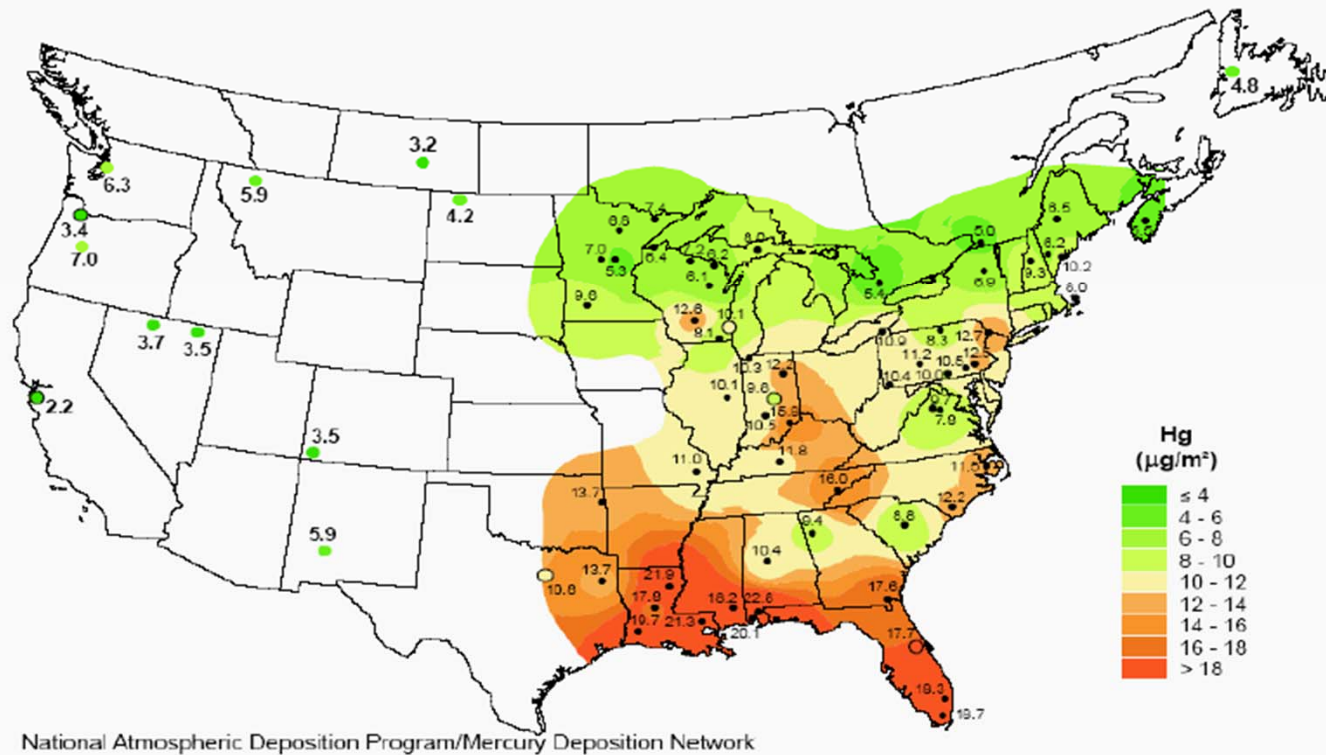
Rtut' v atmosféře



- elementární Hg
- anorganická Hg – lépe rozpustná
- 15 -20% emitované anorg. Hg je deponováno do 50km od zdroje
- element. Hg má mnohem delší dobu setrvání v atmosféře – proto ji můžeme najít např. i na Antarktidě apod.

Rtuť v atmosféře

Mercury Wet Deposition 2004



Monitorovací síť NADP-NTN po celém území USA

Evropské emise Hg

PACYNA JM, PACYNA EG, AAS W
CHANGES OF EMISSIONS AND
ATMOSPHERIC DEPOSITION OF Hg, Pb
AND Cd
Atmospheric Environment 43
2009

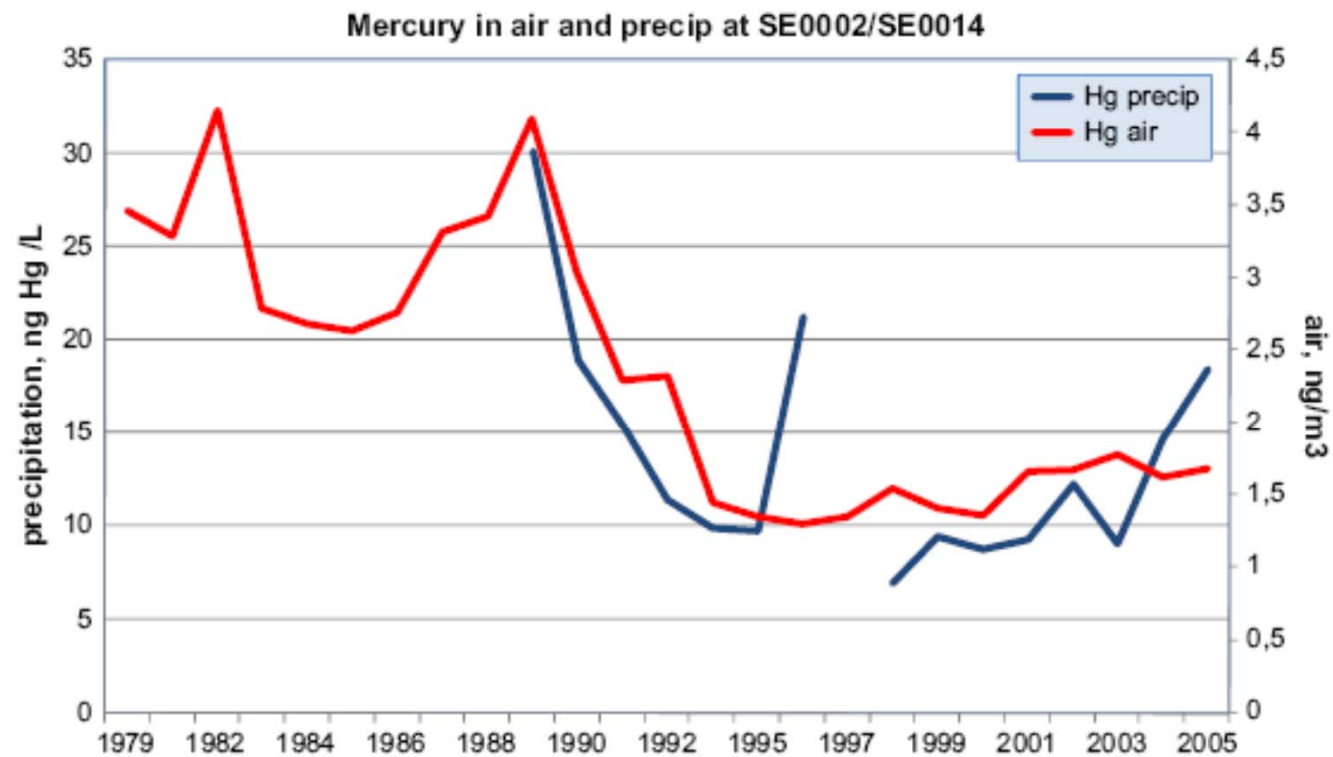
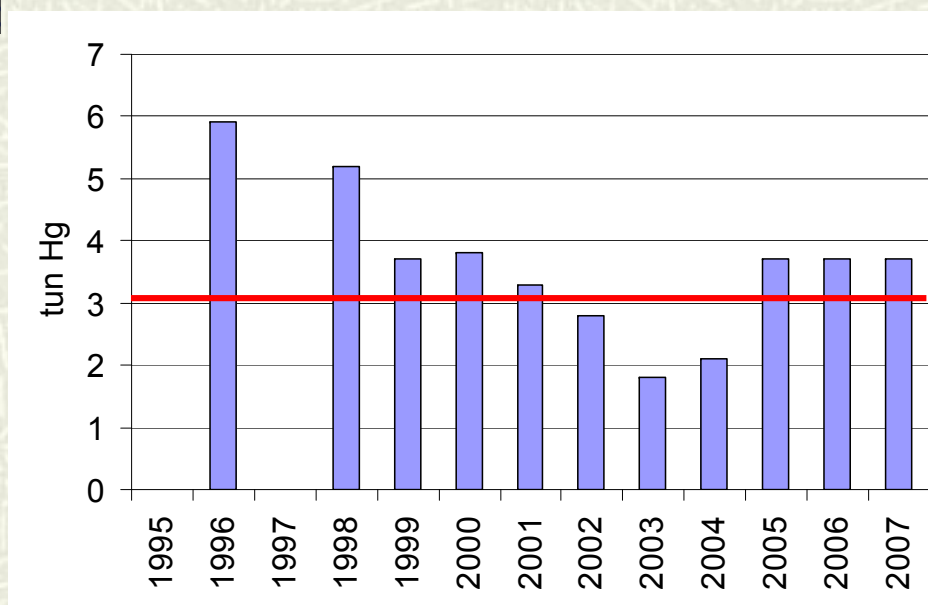


Fig. 4. Change of Hg concentrations in air (total Hg in ng m^{-3}) and precipitation (in ng l^{-1}) at two stations in Sweden.

Asie – 2400t/y

Emise v ČR, data o kontaminaci ŽP?



ZDROJ: Ročenka životního prostředí 2007

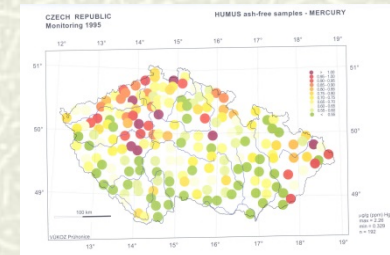
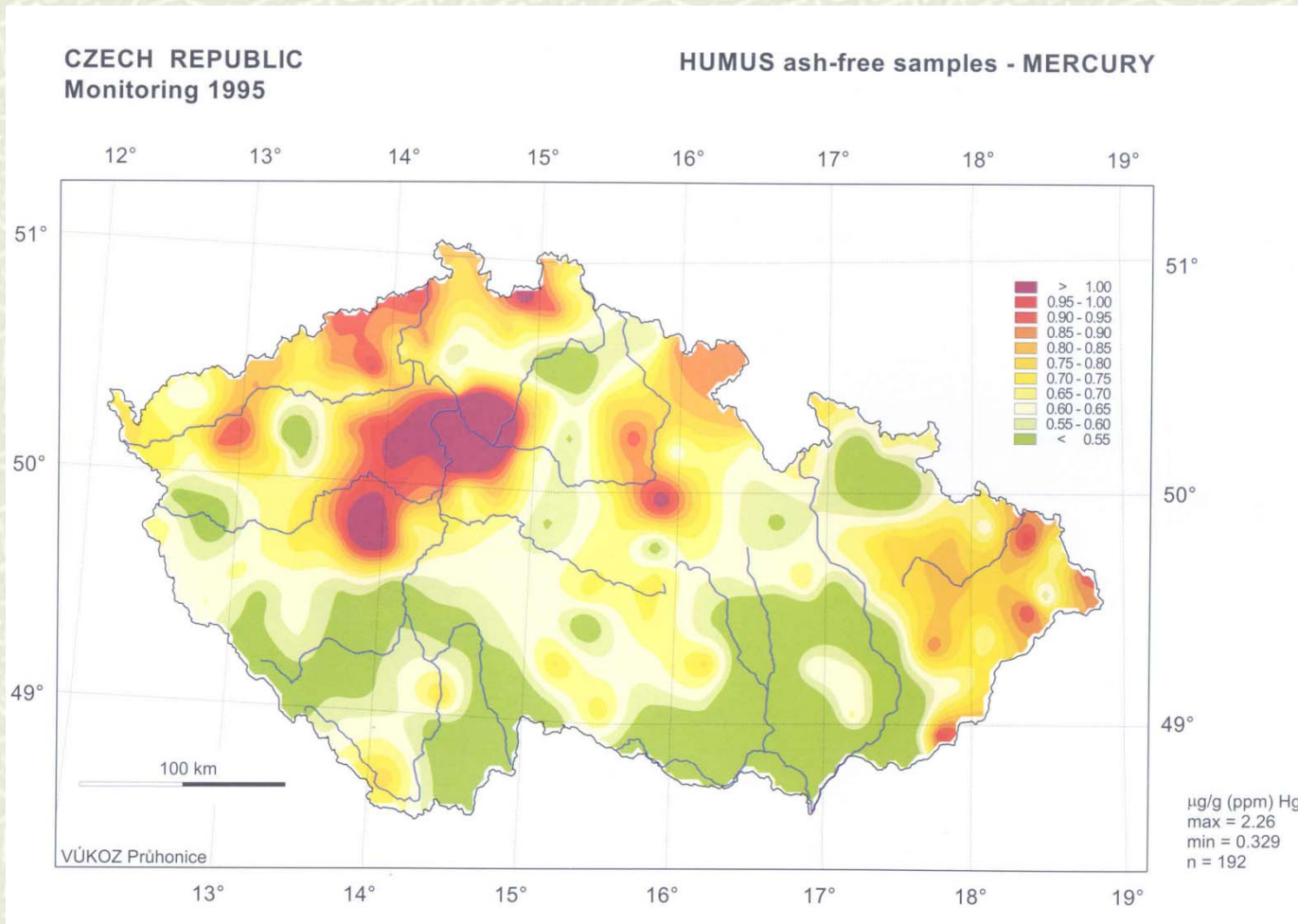
- Jak je na tom ČR v evropském kontextu?
- data o Hg v ČR? <<
- nicméně existují jiná důležitá data o Hg...

Hg, t/y	2006
1 Totals, t/y	241
2 Kazakhstan	42
3 Poland	21
4 Turkey	21
5 Russia (Asian part)	20
6 Ukraine	15.7
7 Russia (European part)	14
8 Greece	13
9 Italy	11
10 Spain (inside EMEP)	9.1
11 Romania	8.3
12 France	7.9
13 United Kingdom	7.5
14 Serbia and Montenegro	5.4
15 Czech Republic	3.8
16 Bulgaria	3.7
17 Slovakia	3.4
18 Uzbekistan	3.3
19 Hungary	3.2
20 Portugal	2.9
21 Germany	2.8
22 Kyrgyzstan	2.1
23 Bosnia and Herzegovina	1.9
24 Belgium	1.8
25 The FYR of Macedonia	1.8

ZDROJ: The EMEP home page-
http://www.emep.int/index_pollutants.html

Hg v lesním humusu

SUCHARA I, SUCHAROVA J
DISTRIBUTION OF SULPHUR AND HEAVY METALS IN FOREST FLOOR HUMUS OF THE CZECH REPUBLIC
Water, Air and Soil Pollution 136
2002

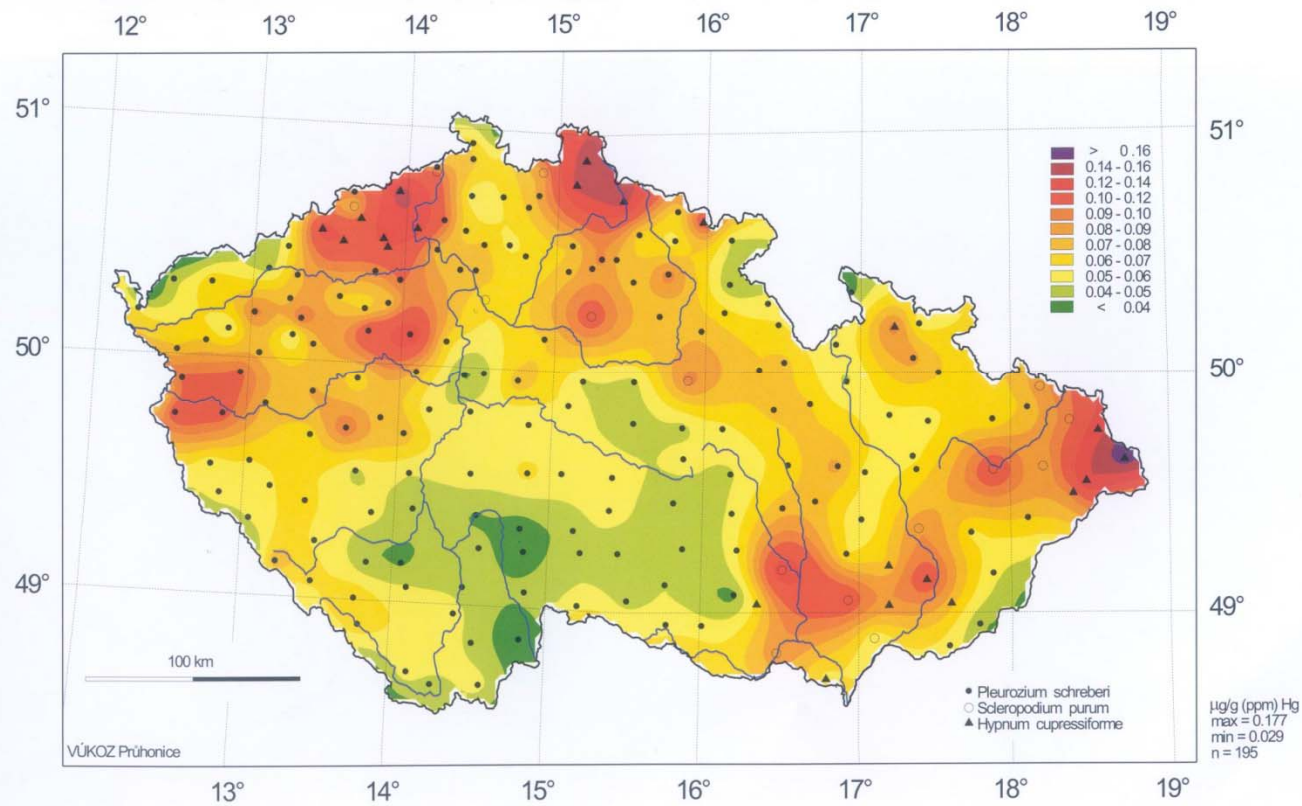


Hg v mechu

SUCHAROVA J, SUCHARA I
BIO-MONITORING THE ATMOSPHERIC
DEPOSITION OF ELEMENTS AND THEIR
COMPOUNDS USING MOSS ANALYSIS IN
THE CZECH REPUBLIC – PART I...
Acta Průhoniciana 77
2004

CZECH REPUBLIC - atmospheric deposition
Biomonitoring 1995

MOSS - MERCURY



Povodí Lesní potok (LP)



Okres: Kolín

Plocha povodí: 0.76 km²

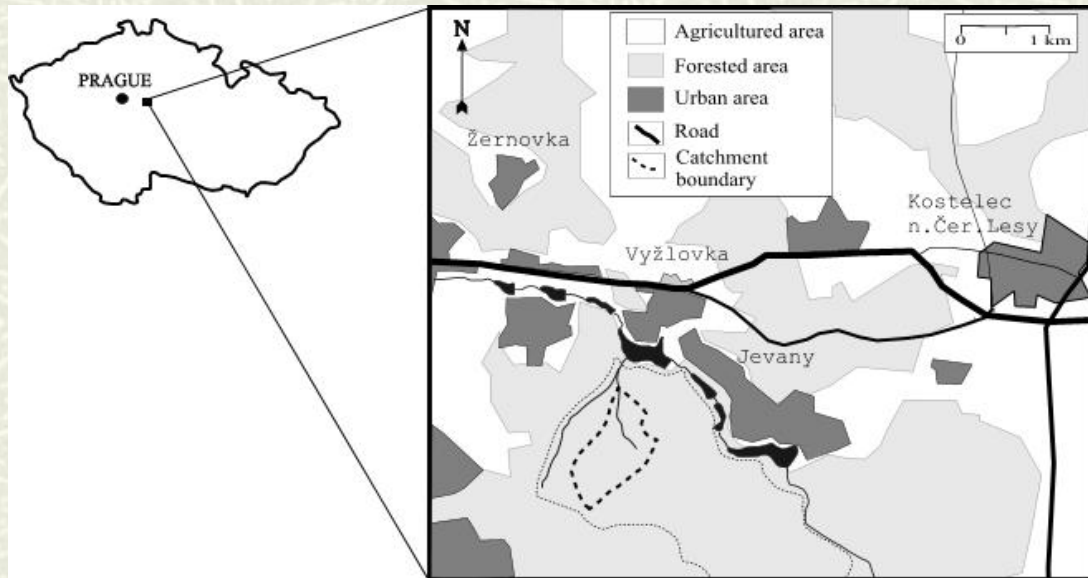
Rozmezí nadmořských výšek: 400 – 495 m.n.m

Vegetační kryt (100%) = 46% jehl., 53% list.

Prům. roční teplota: 7°C

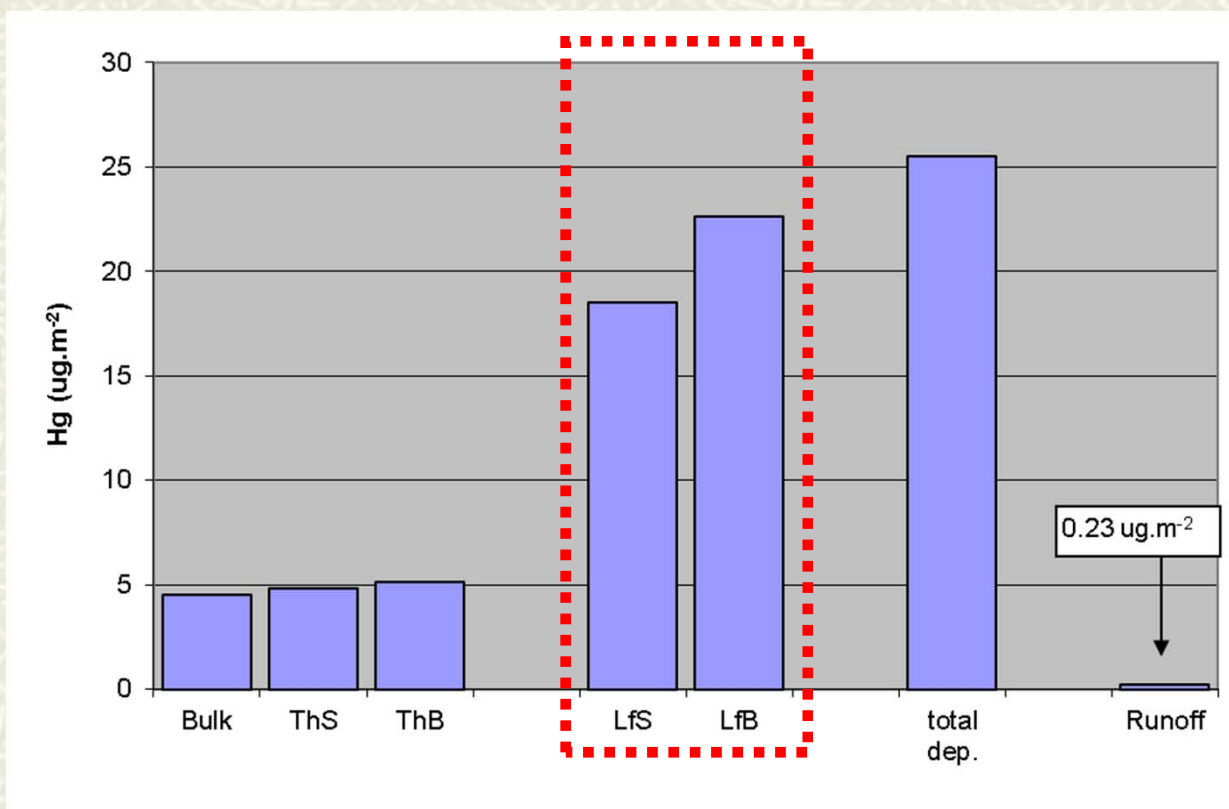
Prům. roční srážky: 600 mm

Geologické podloží: Říčanský granit



Látkové toky Hg v lesním ekosystému

- povodí Lesní potok

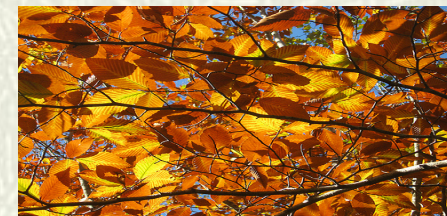


- látkový vstup opadem - litterfall

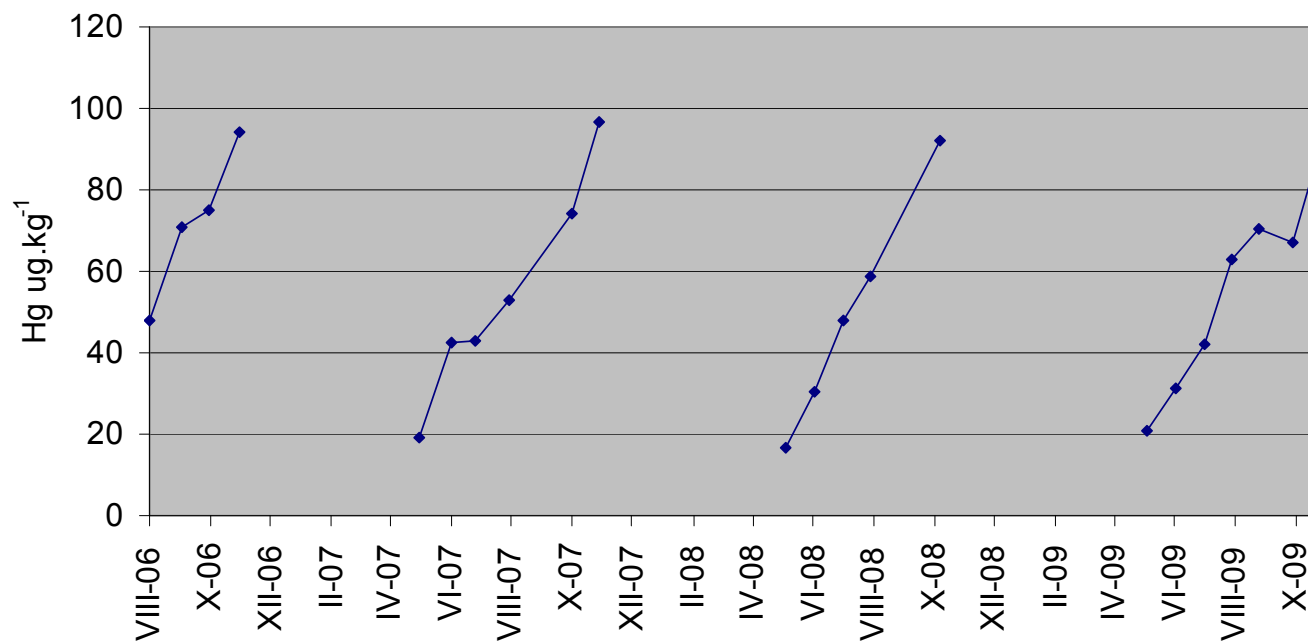
Hg v respiračních orgánech dřevin



BUK



Změny koncentrace Hg v bukovém listí - povodí LP



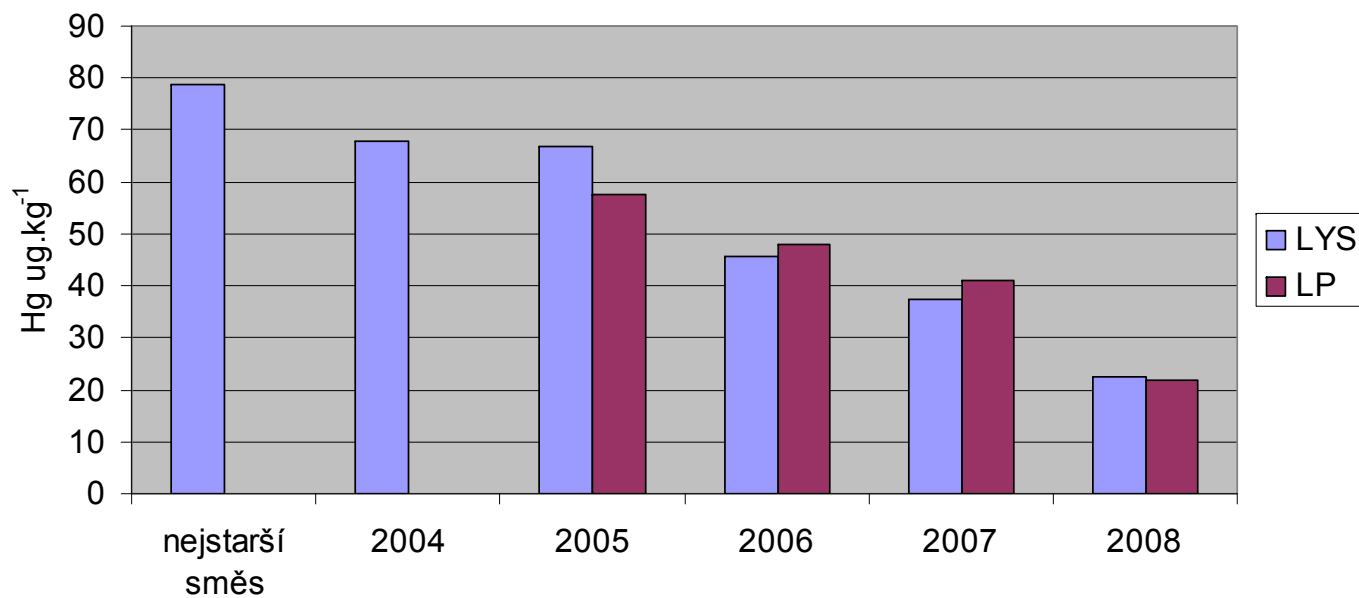
Hg v respiračních orgánech dřevin



SMRK

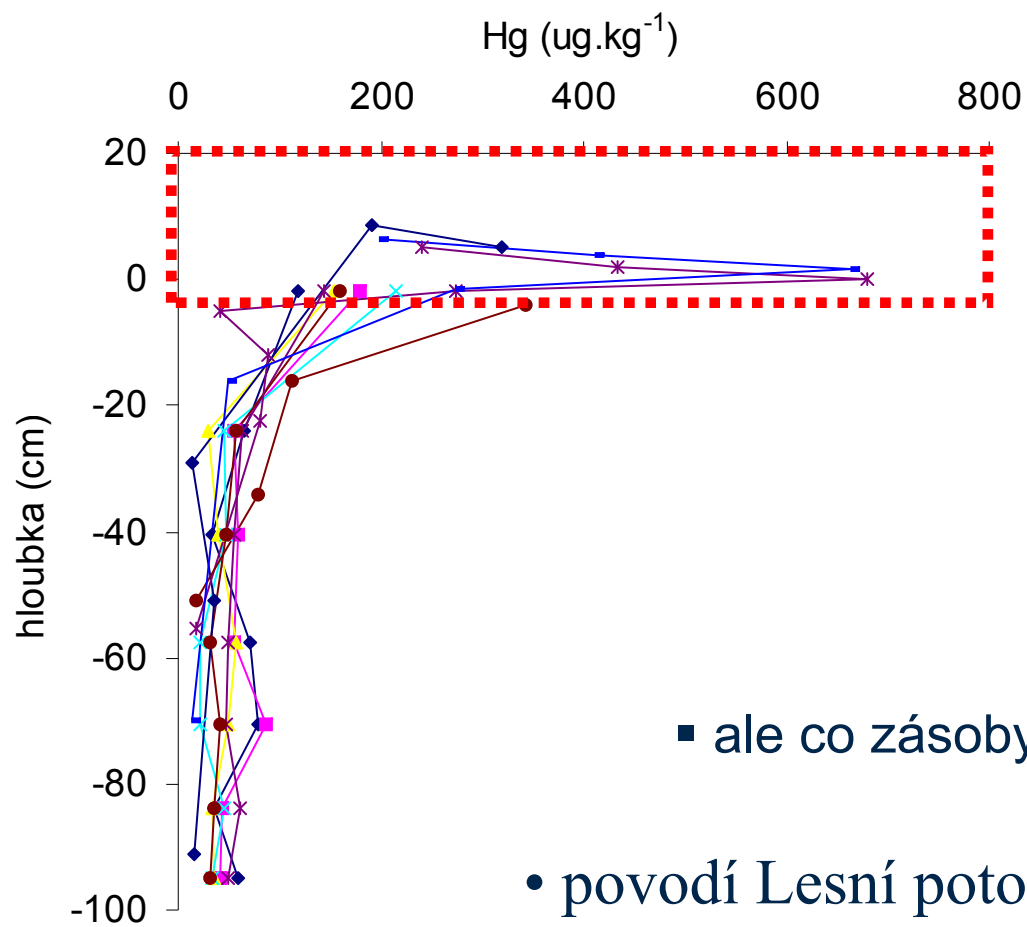


Změny koncentrace Hg v jehlicích smrku - povodí LYS a LP



- depozice listí a jehlic na půdní povrch...

Koncentrace Hg v půdě – povodí LP



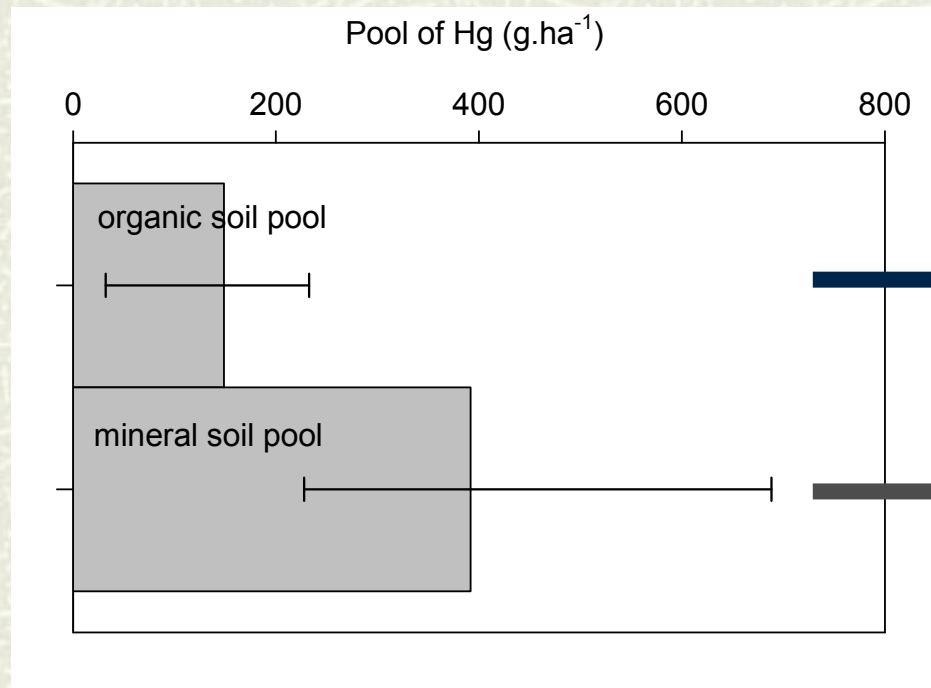
▪ ale co zásoby Hg v půdě..

• povodí Lesní potok



Zásoba Hg v půdě – povodí LP

- povodí Lesní potok



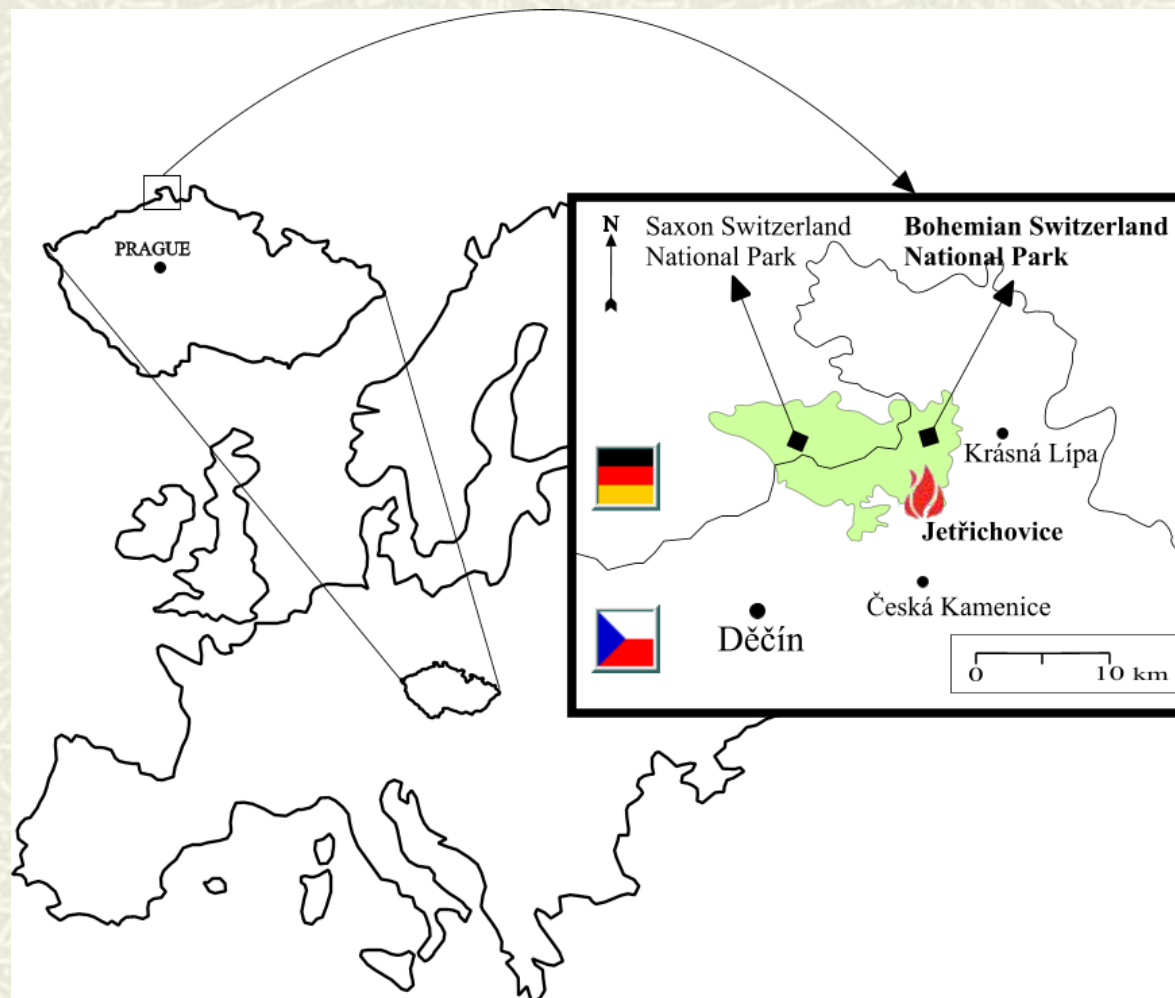
$$\rho = 0.15 - 0.23 \text{ g.cm}^{-3}$$
$$h = 0.01 - 0.20 \text{ m}$$

$$\rho = 0.80 - 1.80 \text{ g.cm}^{-3}$$
$$h = 0.70 - 1.00 \text{ m}$$

- ale dynamika!



Příkladová studie NPCČŠ



Lesní požár v roce 2006

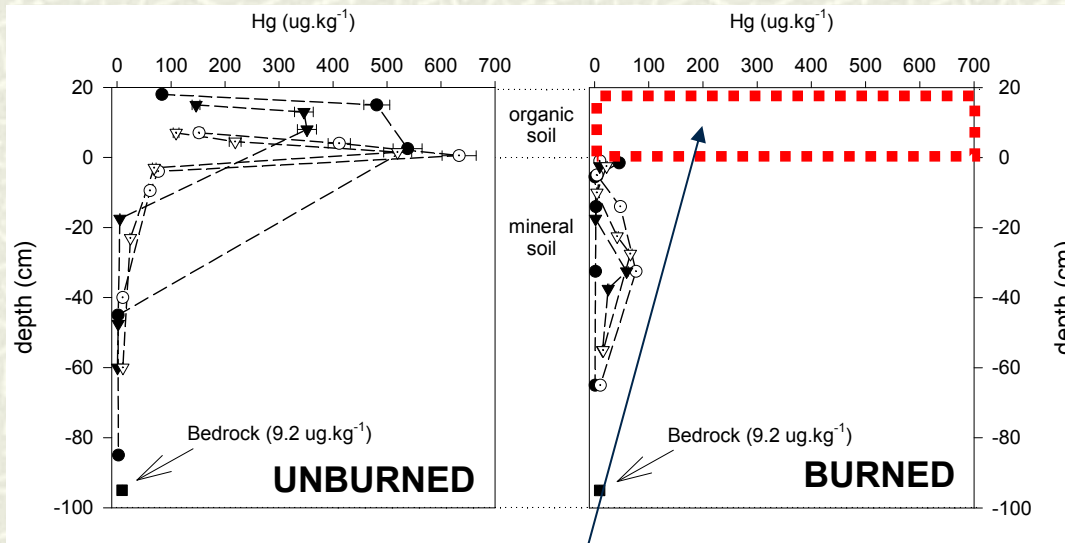


- požár trval od 22 do 28.června 2006
- největší požár za 30.let na Děčínsku
- plocha lesa zasažená požárem 17,92 ha

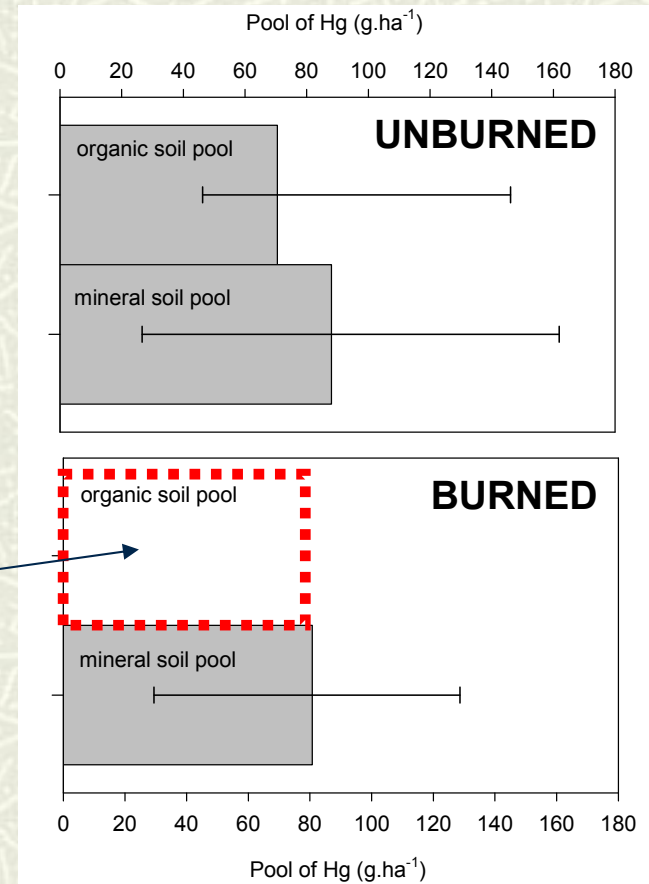
Lesní požár v roce 2006



Distribuce Hg v půdním profilu



Shořelo



- volatilizace Hg z lesních půd již mezi 100-300°C

BISWAS A, BLUM JD, KLAUE B, KEELER GJ Release of mercury from Rocky Mountain forest fire. Global Biogeochem Cycles 263 2007

Výsledky ve vztahu na území ČR

- emise z plochy dosáhly $7,5 \text{ ug.m}^{-2}$ nebo 75 g.ha^{-1}
- shořelo 4,039 t organické půdy = celkové emise Hg $1.34 \pm 0.07 \text{ kg}$
- NPČŠ je průměrná lokalita s ohledem na konc. Hg v organických horizontech
- lesní požáry na území ČR mezi 53 až 2043 ha (Ročenka MVČR - 2007), průměrná plocha lesa zasažená požárem za posledních 10let = **356 ha**
- odhad ročních emisí Hg z lesních požárů v ČR = **3,14 kg**
- tj. 0,003 t = **0,1%** antropogenních emisí Hg, které činí 3,1 t za rok

Povodí Lesní potok (LP)



Okres: Kolín

Plocha povodí: 0.76 km²

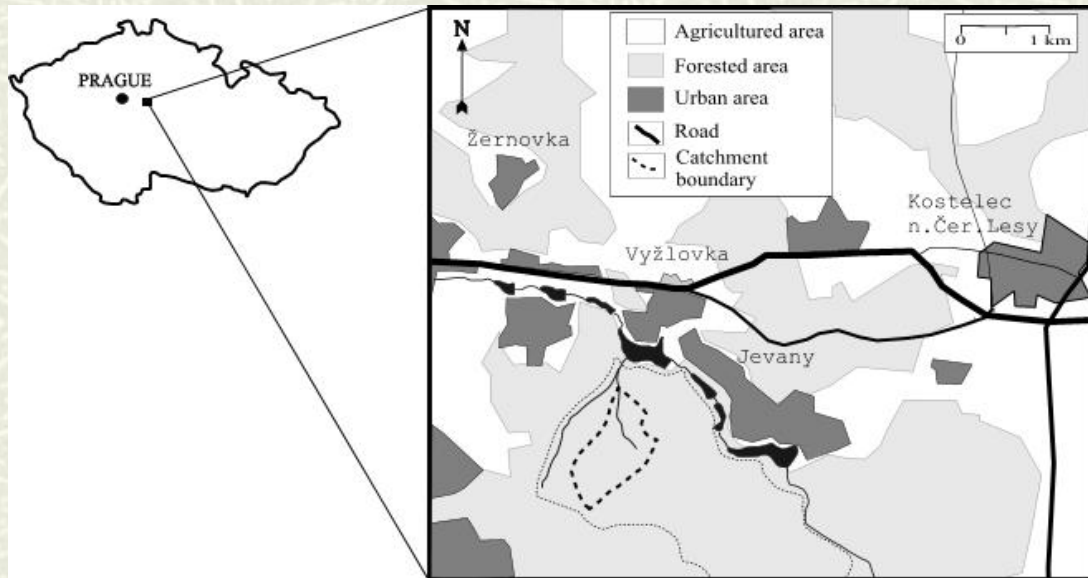
Rozmezí nadmořských výšek: 400 – 495 m.n.m

Vegetační kryt (100%) = 46% jehl., 53% list.

Prům. roční teplota: 7°C

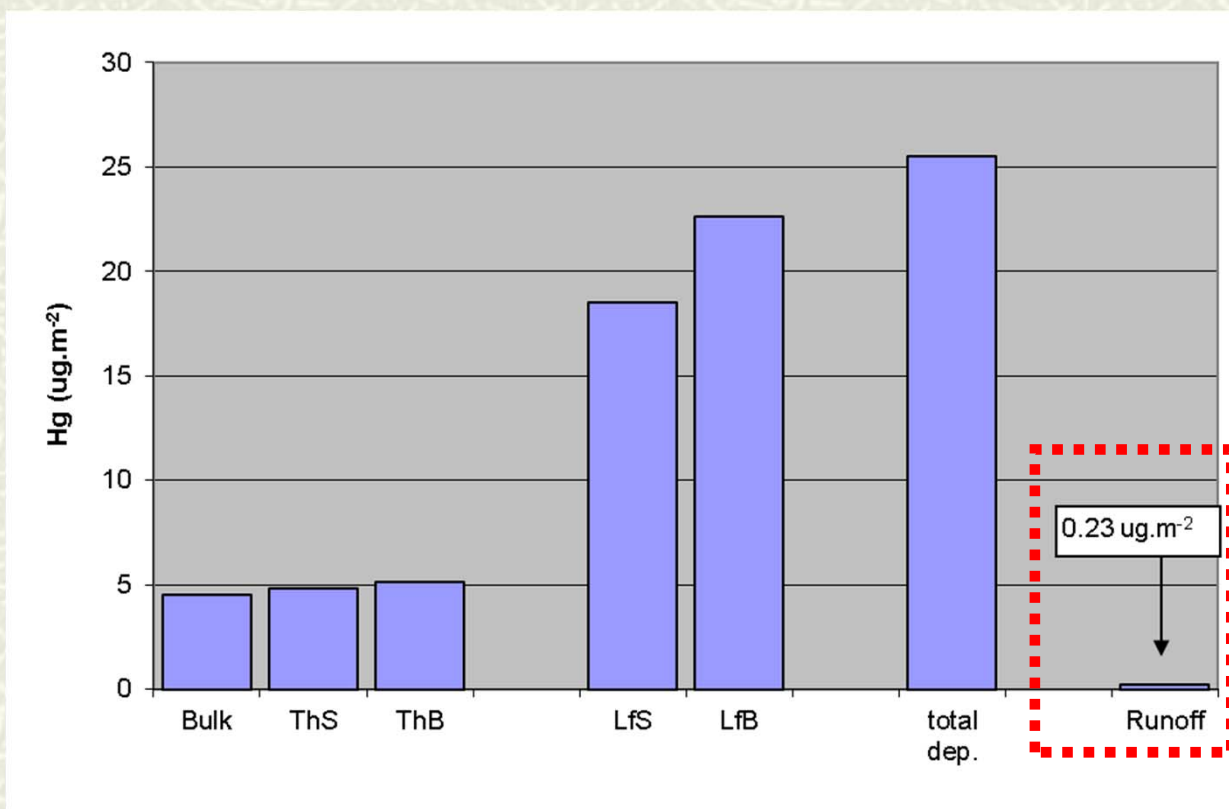
Prům. roční srážky: 600 mm

Geologické podloží: Říčanský granit



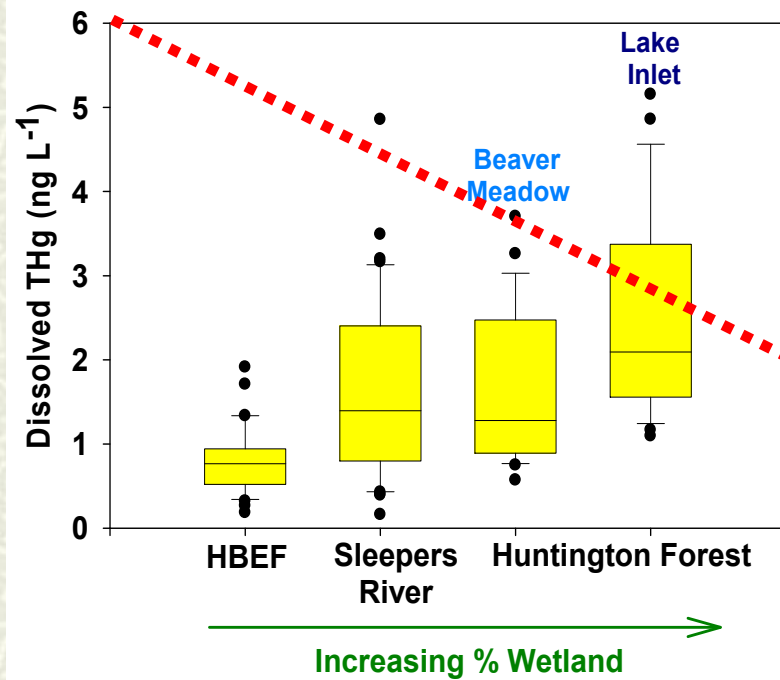
Látkové toky Hg v lesním ekosystému

- povodí Lesní potok

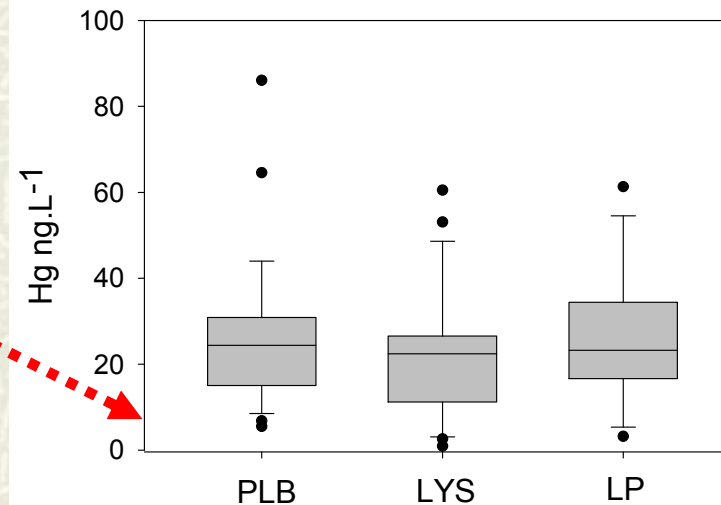


Hg v povrchových vodách

New England USA

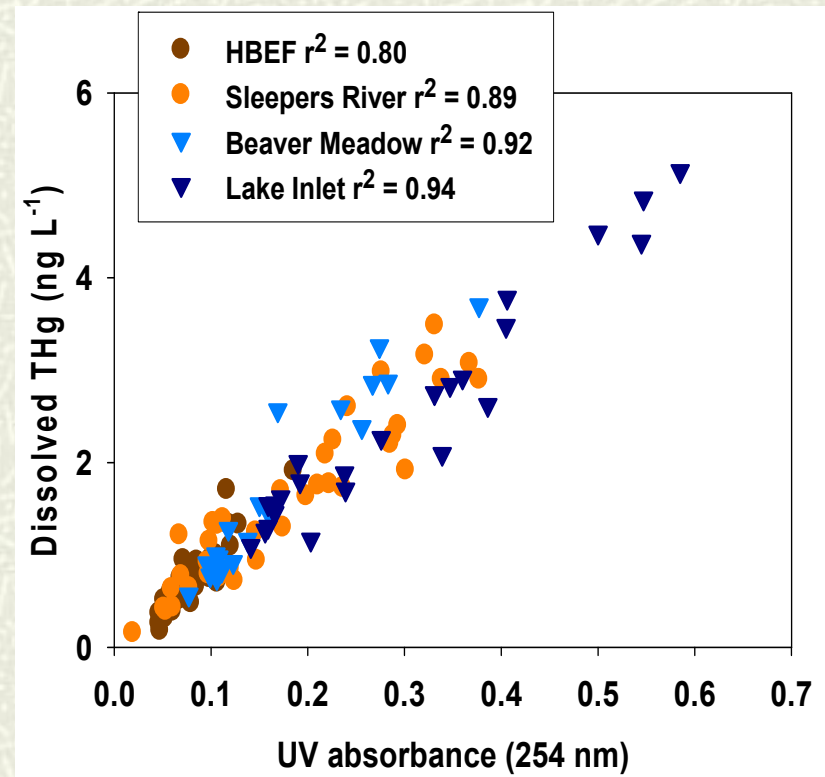
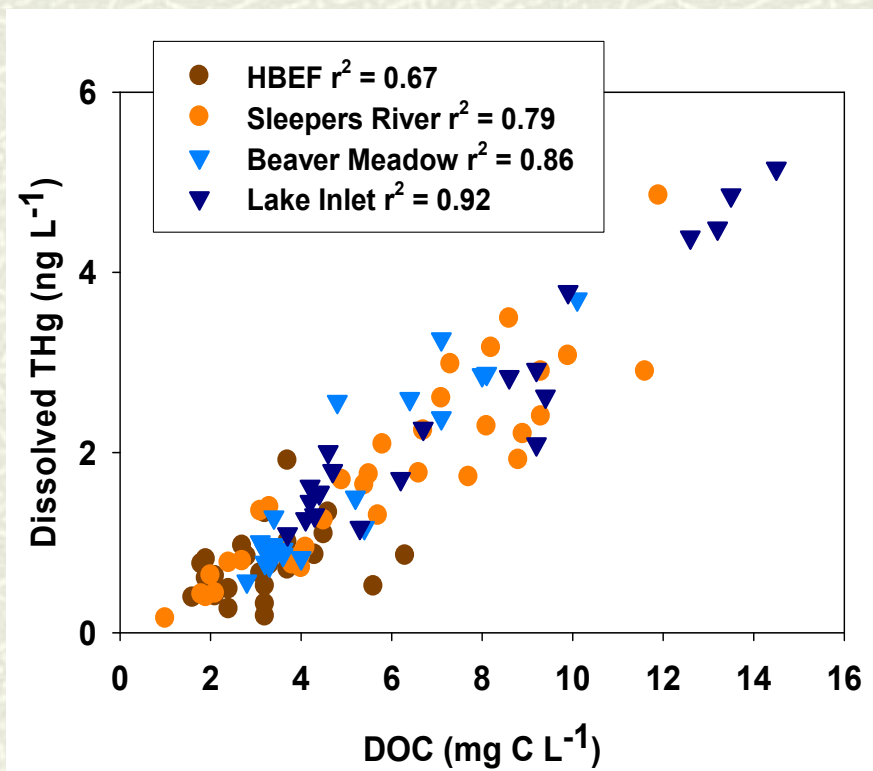


ČR



SHANLEY JB, et al.
Mercury and Organic Matter Interactions at three Northern forests
USGS
2009

Hg vs DOC



SHANLEY JB, et al.
Mercury and Organic Matter Interactions at three Northern forests
USGS
2009

Projekt METALICUS

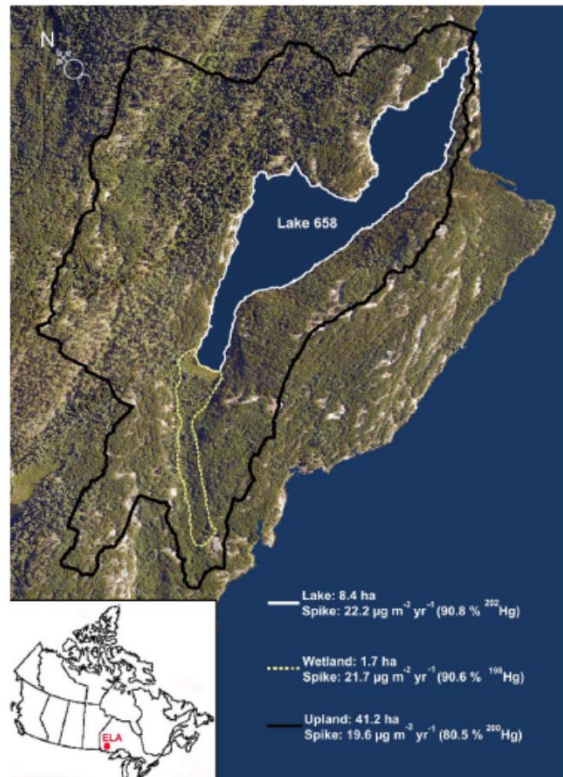


Fig. 1. Three-year average isotopic mercury addition rates (2001–2003) to the upland, wetland, and lake surfaces of the Lake 658 ecosystem at the ELA, northwestern Ontario. The target rate was $22 \mu\text{g m}^{-2} \text{year}^{-1}$. The average actual addition rate for the whole catchment was $20.1 \mu\text{g m}^{-2} \text{year}^{-1}$, which was 6 times the average wet deposition to this site ($3.2 \mu\text{g m}^{-2} \text{year}^{-1}$) over the same period.

- Me-Hg v rybách rapidně vzrostla během 3 let
- většina z ní byla Hg deponovaná přímo do jezera
- ze lesního ekosystému odteklo <1% deponované Hg
- koncentrace Hg v rybách stále rostla i po 3 letech
- tzn. při snížení depozice Hg tzn. snížení emisí bude pravděpodobně poměrně rychlá odezva pro snížení Hg a Me-Hg v rybím máse

^{202}Hg

^{198}Hg

^{200}Hg

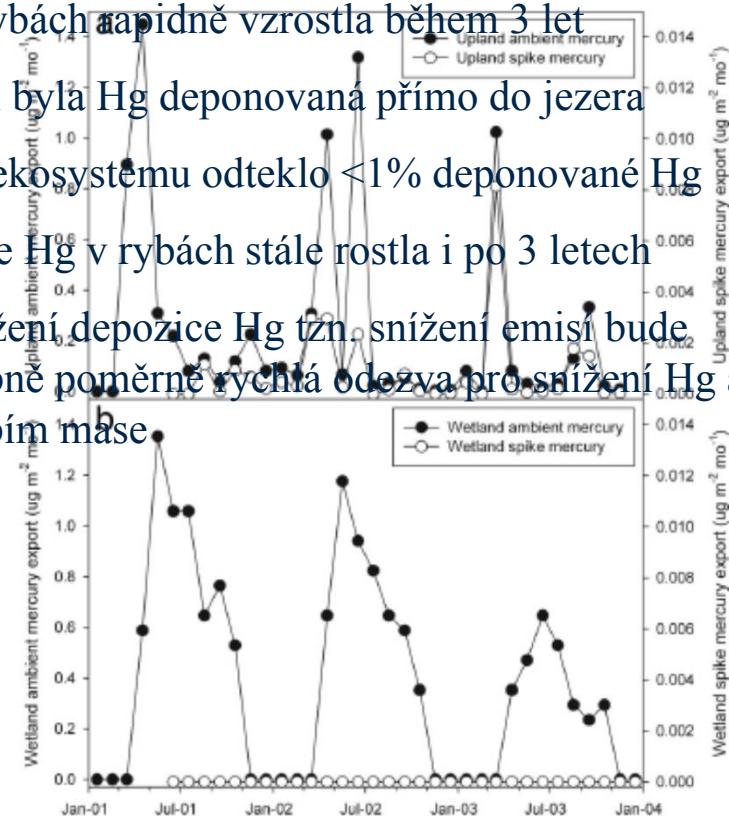
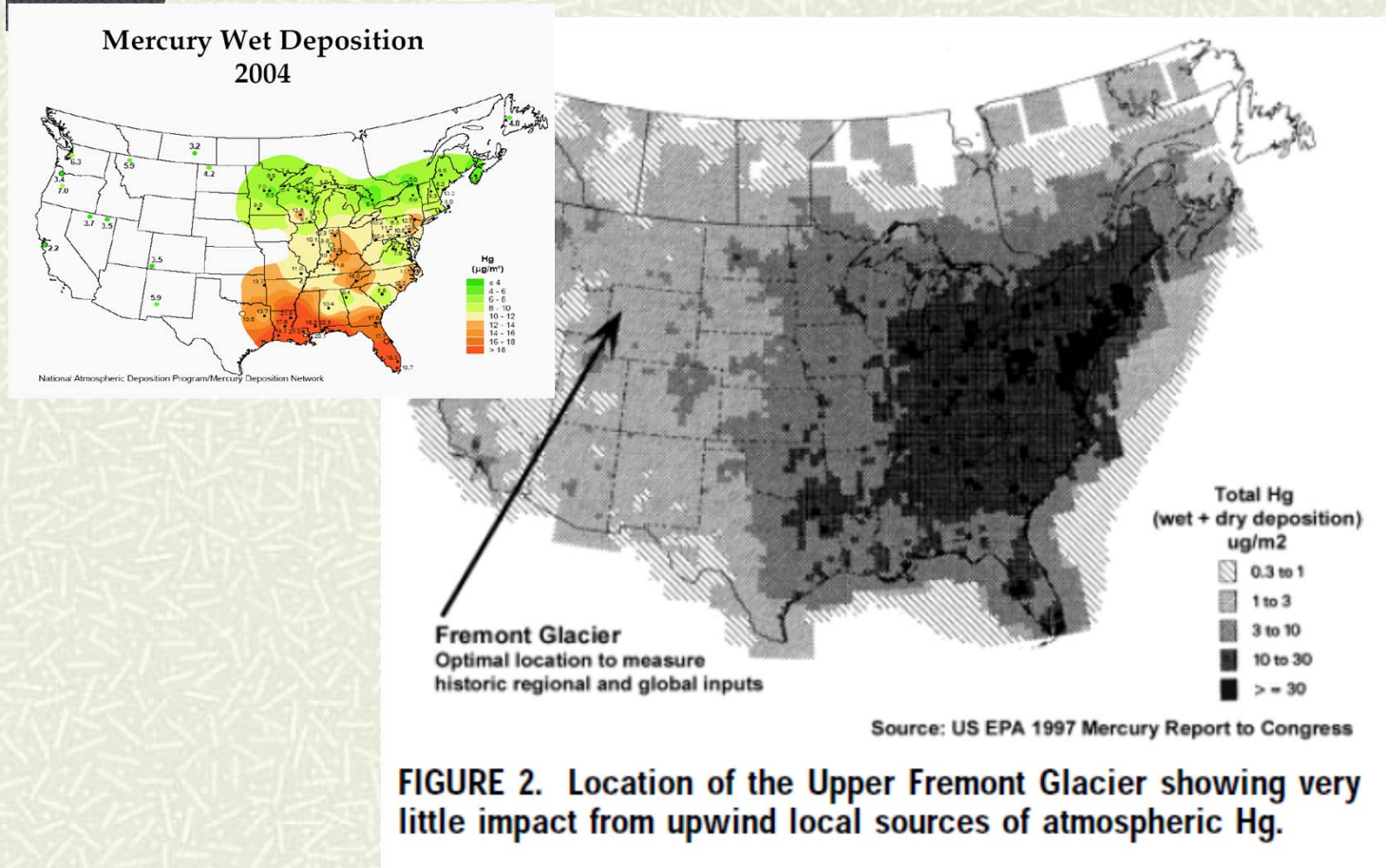
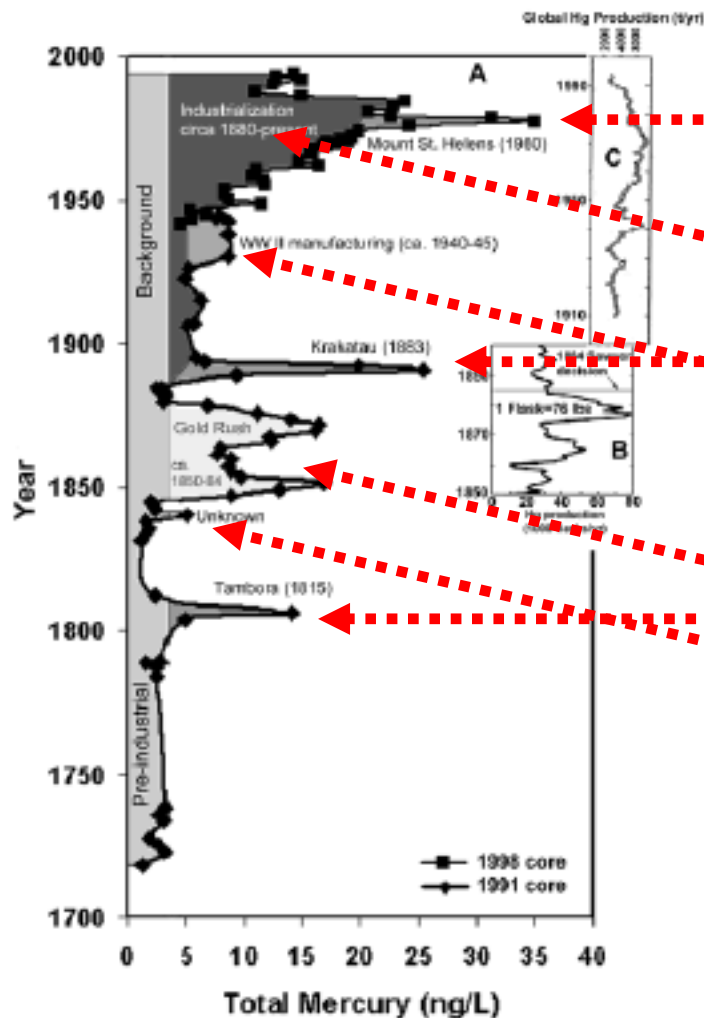


Fig. 2. Mean monthly export of ambient and spike total mercury per square meter of upland and wetland areas.

Záznam koncentrací Hg v profilu ledovcem



Záznam koncentrací Hg v ledovcovém profilu



Mount St. Helens 1980

Industrializace 1880 - recent

Krakatau 1883
WWII 1940 - 1945

Tambora 1815
“Zlatá horečka” 1850 - 1884

?

FIGURE 3. (A) Profile of historic concentrations of Hg in the Upper Fremont Glacier. A conservative concentration of 4 ng/L was estimated as preindustrial inputs and extrapolated to 1993 as a background concentration. Age-depth prediction limits are ± 10 years (90% confidence level); confidence limits are 2–3 years (17). (Inset B) Hg production during the California Gold Rush (adapted from Figure 5 in ref 39). (Inset C) World production of Hg in tons per year during the last century (adapted from Figure 4B in ref 43).

Záznamy v ledovcovém profilu

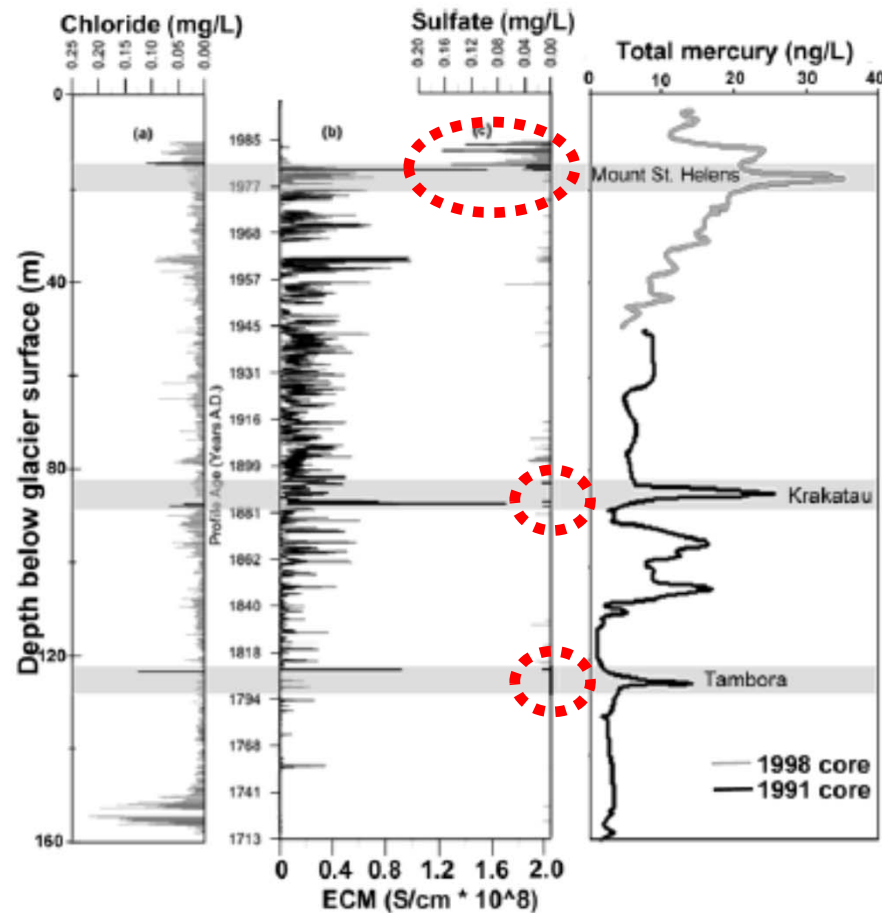


FIGURE 4. Profiles for Hg compared to chloride, sulfate, and electrical conductivity measurements (ECM). The y axis is scaled with the age–depth relationship, thus giving the Hg profile a slightly different appearance from Figure 3. ECM is a measure of the acidity of the ice. A correlation among chloride, sulfate, ECM, and Hg is a strong indication of a volcanic source. Age–depth prediction limits are ± 10 years (90% confidence level); confidence limits are 2–3 years (70) (adapted from Figure 3 in ref 17).

Archivy záznam změn koncentrací Hg

- záznam změn koncentrace Hg v srsti tuleňů separovaných z jezerních sedimentů na ostrově King-George, Antarktida

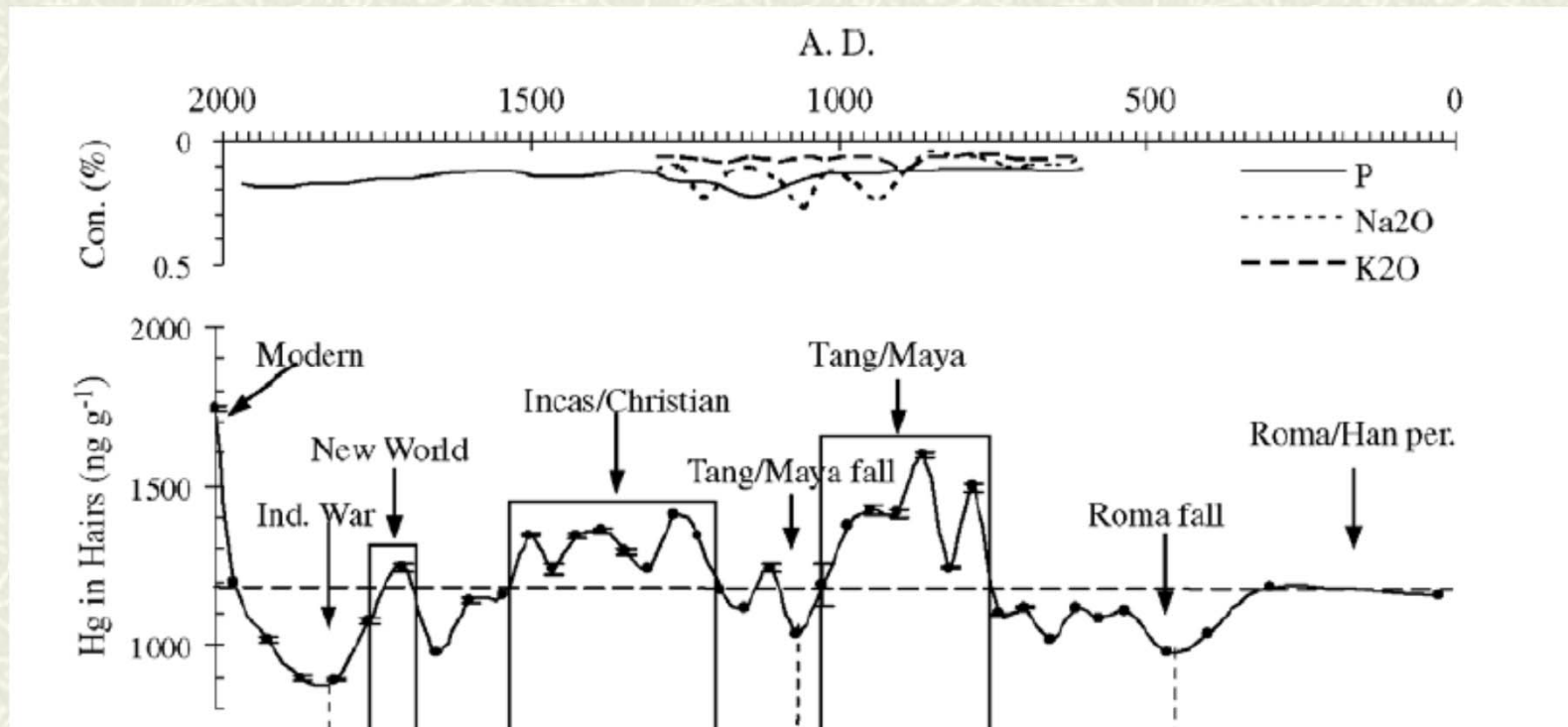


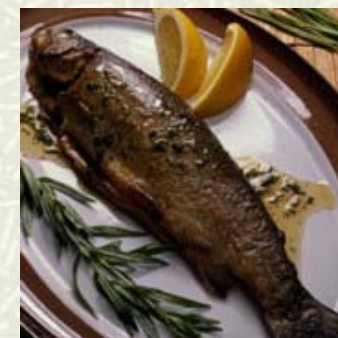
Fig. 2. (a) Concentrations of essential elements or compounds K₂O (---), Na₂O (.....) and P (—) in the Antarctic seal hairs. (b) Hg_T concentration in the Antarctic seal hairs. The parallel dash line represents the average concentrations of Hg_T in the hairs. Known events about mercury consumptions

Hlavní zdroje expozice pro člověka



Hlavní zdroje expozice pro člověka

- zubní výplně
- potrava
- ryby (sladkovodní – štiky a pstruzi; mořské - makrela, tuňák)
 - v mořských speciálně methylrtuť
- kosmetika – krémy
- stará měřicí technika
- zářivky a šetřící žárovky!!!



Děkuji za pozornost

Prezentovaná geochemická data pro povodí LP, LYS a PLB v ČR vznikla za finanční podpory grantového projektu **526/07/P170** uděleného GAČR

