

Bioindikace úrovně atmosférických spadů

Julie Sucharová, Ivan Suchara, Marie Holá

sucharova@vukoz.cz, suchara@vukoz.cz, hola@vukoz.cz

Odbor Biomonitoringu

**Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné
zahradnictví, v. v. i., Průhonice**

www.vukoz.cz

březen 2023

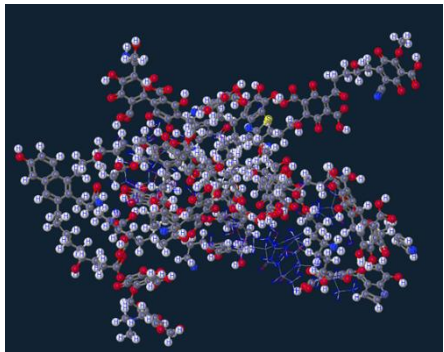


Nejčastěji užívané bioindikátory úrovní atmosférických spadů



Pleurozium schreberi

MECH nemá kořeny, příjem živin a vody z atm. spadu. Zelená část žije 3 roky, pasivní biosampler (hlavně katex) adsorbující rozpuštěné prvky v dešti a rose na množství pektinů a buněčné struktury. Kapacita adsorpce $100\text{--}150 \text{ meq}\cdot 100\text{g}^{-1}$ mechu. Obsahy prvků v mechu indikují relativní i absolutní rozdíly spadů (bulk) mezi místy. Bioindikována průměrná absolutní depozice prvku ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$) = [zjištěný obsah prvku v mechu ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) \times růst biomasy mechu za rok ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$)]/účinnost adsorpce prvku mechem $\langle 0, 1 \rangle$ (pro daný druh mechu a převažující sloučeniny prvků ve spadu)



*molekula humusu
s adropčními místy*

HUMUS Biologicky stabilní lesní humus O_h horizontu obsahuje na makromolekulách velké množství adsorpčních míst o kapacitě $500\text{--}550 \text{ meq}\cdot 100\text{g}^{-1}$, pasivní sampler (hlavně katex). Pevná a dlouhodobá adsorpce, pomalé vymývání do spodních horizontů. 80 letý smrk. les „integruje“ atmosférické spady za dobu 80 let, obsah prvků v humusu stejnověkových lesů ukazuje na relativní dlouhodobé rozdíly atm. spadů. Problém přemístování/míchání humusu (divočáci, přibližování dřeva, eroze za extrémních srážek....), vápnění lesů, desorpce prvků velmi kyselými dešti apod.



Využívání bioindikací úrovní atmosférických spadů v ČR

I. Měřítko ČR

- 295 monit. míst, analýzy mechu spady 40–45 prvků (1990-1995-2000-2005-2010-2020), OSN ICP-Veget.
- 295 monit. míst analýzy humusu spady 12–42 prvků vč. N, S, ^{137}Cs (1995-2010-2020), OSN EHK ICP-Veget.
- 195 monit. míst analýzy smrkové kůry pH, EC, SO_4^{2-} , ^{137}Cs ... (1995-2005-2010-2020)

II. Regionální měřítko

- 35–50 míst jižní Morava, analýzy mechu a humus, obsahy prvků vzácných zemin = indikace distribuce míry větrné eroze a depozice prachu z polí
- 50 míst Jizerské h., mech, humus depozice ze skláren, elektrárny Turów, Liberec-Jablonec aglomerace
- Výškové profily ČR Krušné hory–Krkonoše, smrková kůra pH, EC, SO_4^{2-} , N-NH₄, N-NO₃, Cl⁻, F⁻ ...

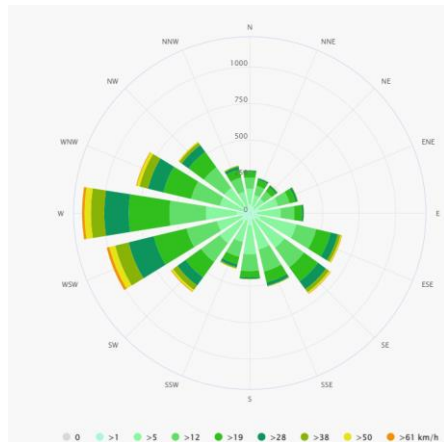
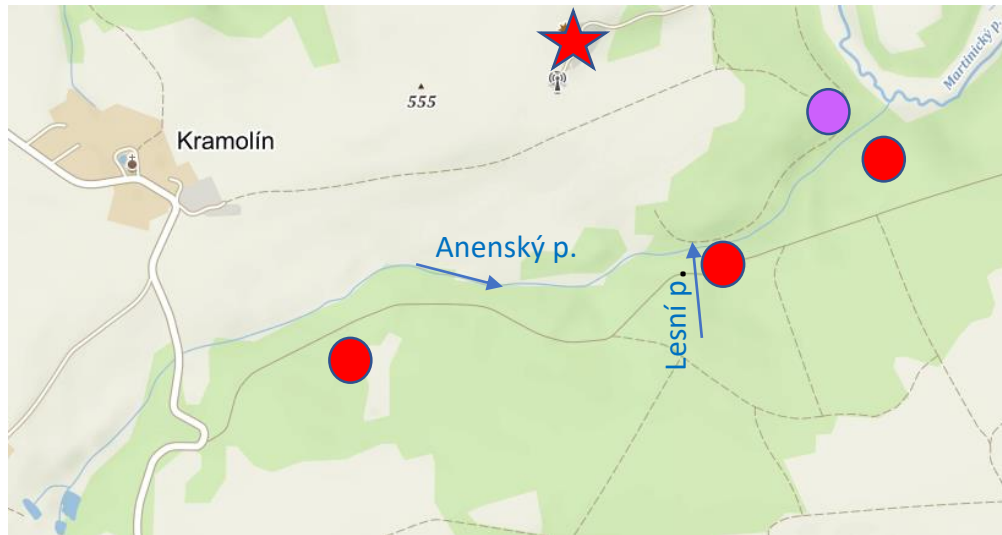
III. Lokální měřítko

- 15 km okolí Příbrami, mech, humus, spady z kovohutí a zpracování odvalů bývalých uranových dolů
- 15 km okolí Neratovic, mech, humus, kůra, kontaminace zátopového území a okolí Hg, 2004
- NP Šumava, mech, humus, zóny kontaminace TK, POPs u silnic různých intenzit dopravy 2019–2020
- Malá (lesní) povodí, mech, humus, atm. spady TK, POPs 2020–2022–

(A quarter century of biomonitoring CZ, Sci.Pollut.Res.Int. 24:11949-63 (2017), doi: 10.1007/s11356-015-5368-8)



Bioindikace povodí „Anenský (a Lesní) potok“ - Košetice



větrná růžice
Košetice



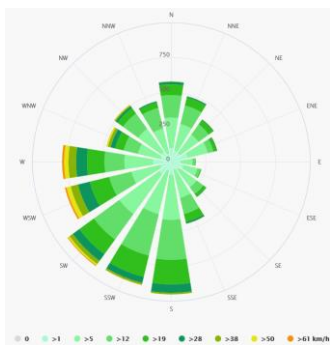
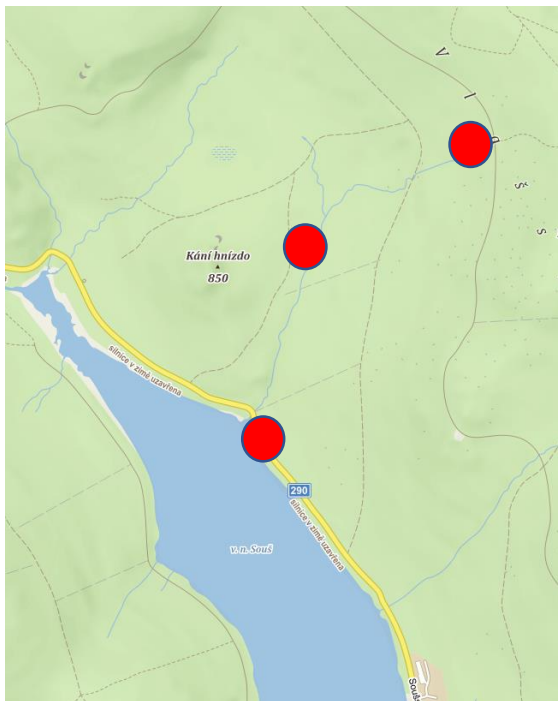
→ návětrí

- odběry mechu a humusu 2000–2021
- CZ biom. lokalita „Košetice“ odběry mech 1990–2020
- ★ Observatoř ČHMÚ Košetice

Znečištění: Venkovské regionální pozadové znečištění. V sousedství povodí orná půda. Mech lok. „Košetice“ 1990–2005 pomalý pokles všech prvků, od 2005 se ± nemění.



Bioindikace povodí „Hřebenový p.“ – Souš, Jizerské hory



větrná růžice
Souš

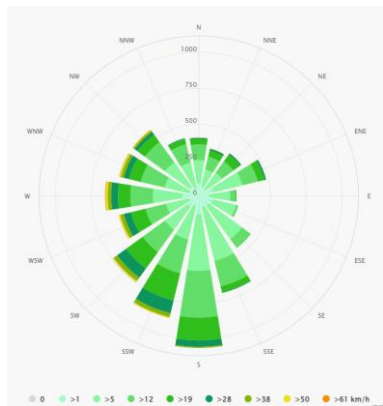
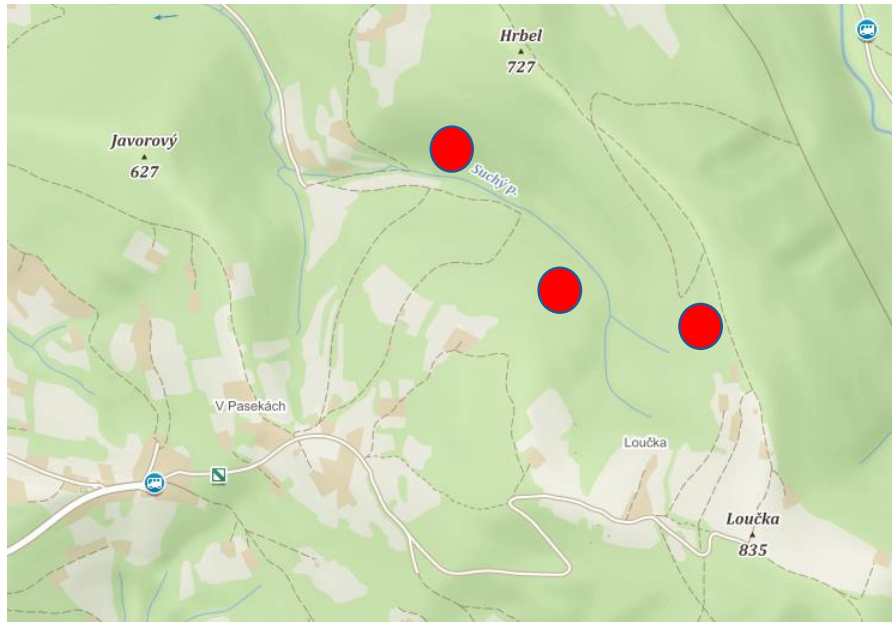


● odběry mechu a humusu 2020–2021

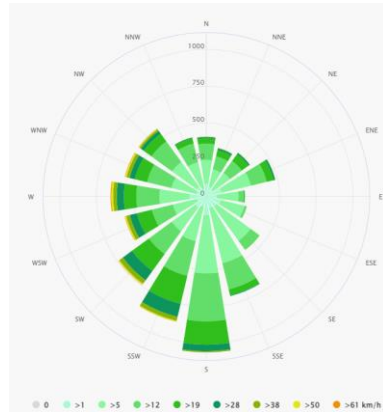
Znečištění: před r. 1998 kyselý déšť SO_x , odlesnění, vápnění, po r. 2000 emise z aglomerace Tanvald-Desná (sklárný, dom. topeniště, doprava), 2017/2018 instalace odlučovačů ve sklárnách. Mech jv. na CZ lok. „Mýtiny“ mezi 1990–2015 vysoké konc. Cd, Pb, Sb, Se....



Bioindikace povodí Suchý p. – Slezské Beskydy



větrná růžice Třinec



Jablunkov

→ návětrí

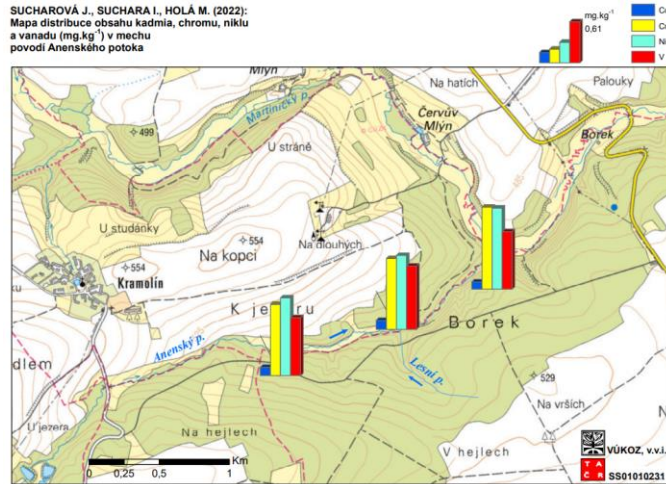
● odběry mechu a humusu 2020–2021

Emise: před 1995 „Černý trojúhelník II“ metalurgický, koksárenský a chemický průmysl. Po r. 2000 zbylé zdroje hutní a koksárenský průmysl, domácí topeniště a doprava Ostravsko-Třinecko a polské příhraničí. Mech sz. na lok. „Bystřice“ mezi 1995–2005 mírný pokles obsahu prvků, od 2010 pomalý pokles TK, PAU v rámci stále ČR vysoké.

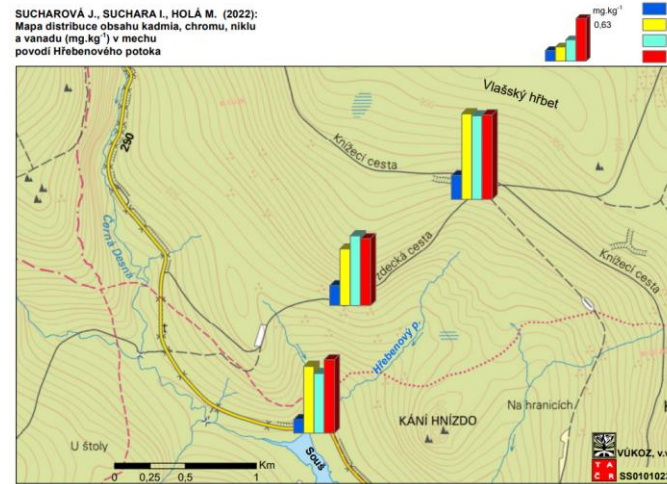


Příklad bioindikované spady TK a PAU – mech 3 povodí

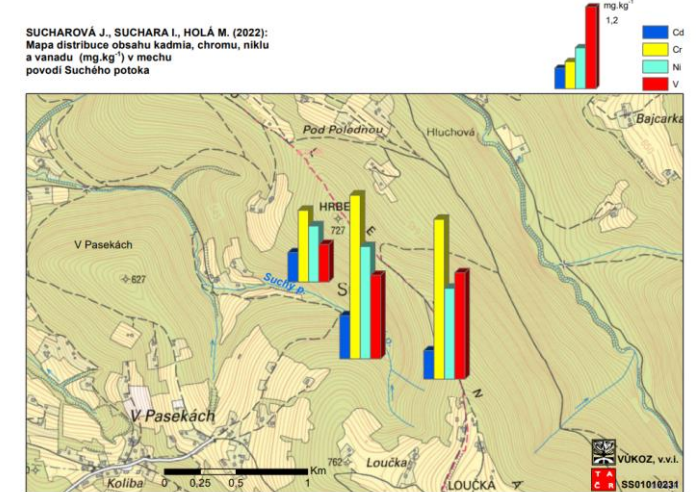
SUCHAROVÁ J., SUCHARA I., HOLÁ M. (2022):
Mapa distribuce obsahu kadmia, chromu, niklu
a vanadu ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) v mechu
povodí Anenského potoka



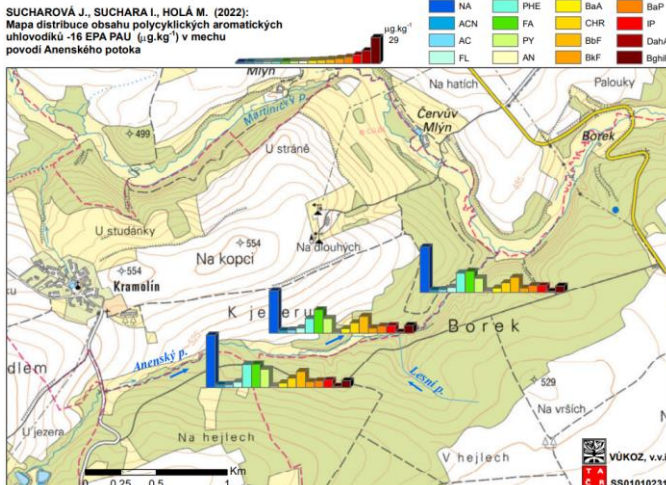
SUCHAROVÁ J., SUCHARA I., HOLÁ M. (2022):
Mapa distribuce obsahu kadmia, chromu, niklu
a vanadu ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) v mechu
povodí Hřebeňového potoka



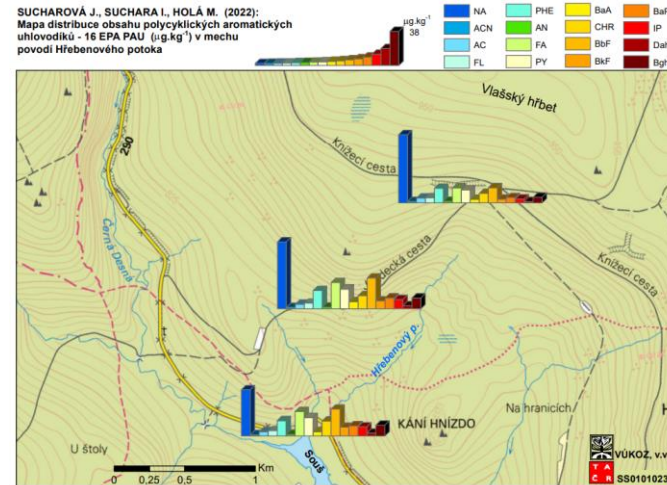
SUCHAROVÁ J., SUCHARA I., HOLÁ M. (2022):
Mapa distribuce obsahu kadmia, chromu, niklu
a vanadu ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) v mechu
povodí Suchého potoka



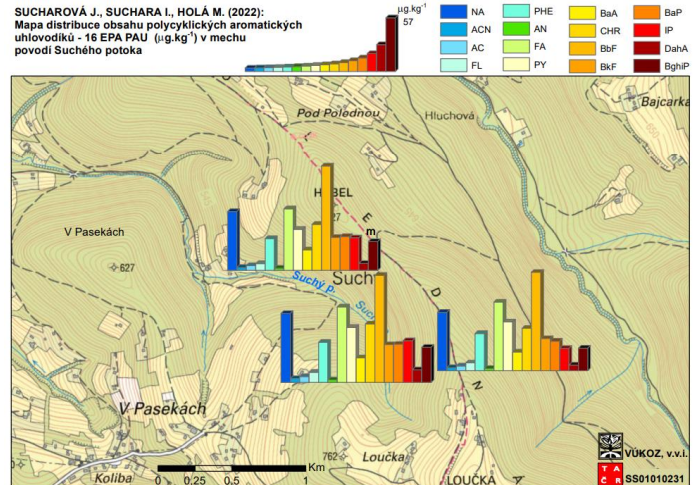
SUCHAROVÁ J., SUCHARA I., HOLÁ M. (2022):
Mapa distribuce obsahu polycyklických aromatických
uhlovodíků - 16 EPA PAU ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) v mechu
povodí Anenského potoka



SUCHAROVÁ J., SUCHARA I., HOLÁ M. (2022):
Mapa distribuce obsahu polycyklických aromatických
uhlovodíků - 16 EPA PAU ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) v mechu
povodí Hřebeňového potoka

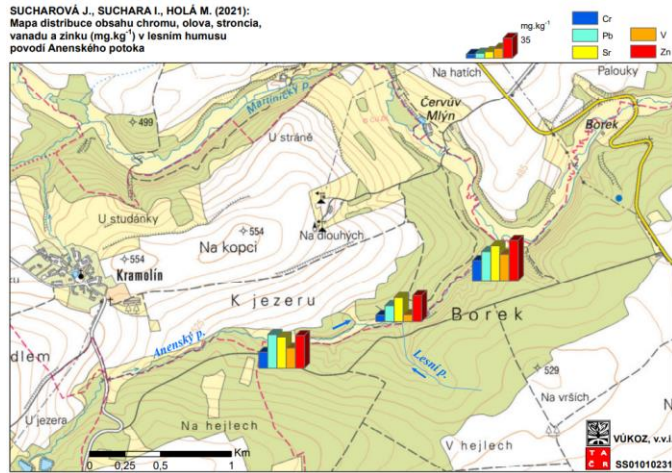


SUCHAROVÁ J., SUCHARA I., HOLÁ M. (2022):
Mapa distribuce obsahu polycyklických aromatických
uhlovodíků - 16 EPA PAU ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) v mechu
povodí Suchého potoka

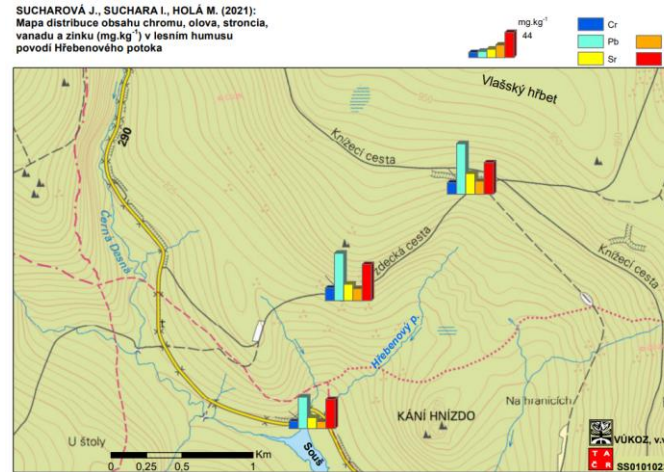


Příklad bioindikované spady TK a PCB – humus 3 povodí

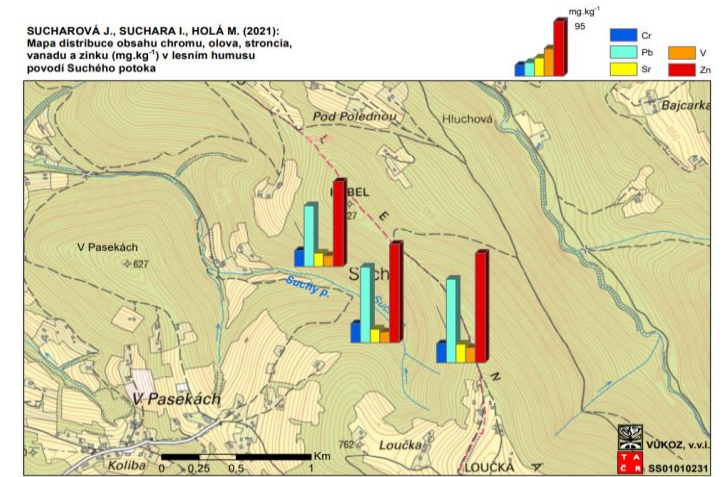
SUCHAROVÁ J., SUCHARA I., HOLÁ M. (2021):
Mapa distribuce obsahu chromu, olova, stroncia,
vanadu a zinku ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) v lesním humusu
povodí Anenského potoka



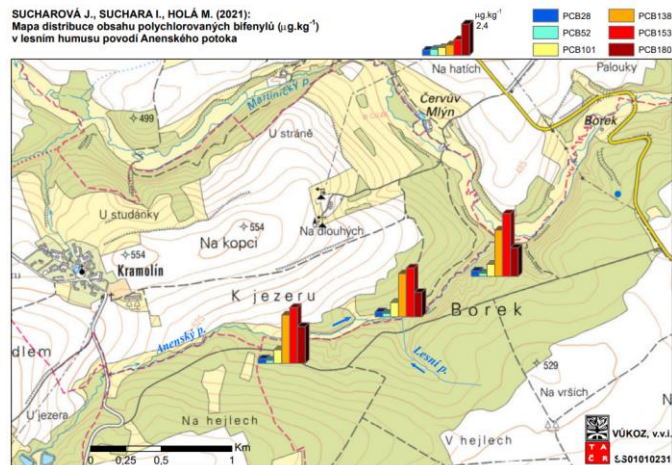
SUCHAROVÁ J., SUCHARA I., HOLÁ M. (2021):
Mapa distribuce obsahu chromu, olova, stroncia,
vanadu a zinku ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) v lesním humusu
povodí Hřebenového potoka



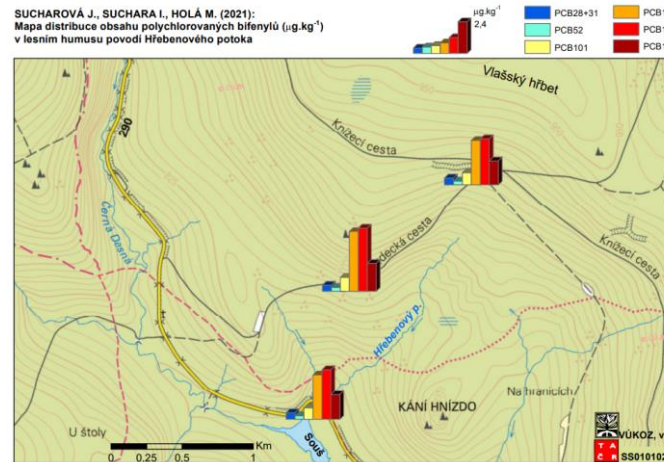
SUCHAROVÁ J., SUCHARA I., HOLÁ M. (2021):
Mapa distribuce obsahu chromu, olova, stroncia,
vanadu a zinku ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) v lesním humusu
povodí Suchého potoka



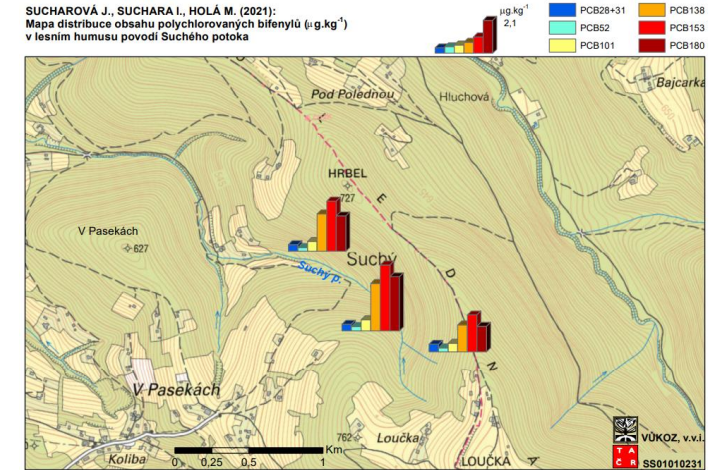
SUCHAROVÁ J., SUCHARA I., HOLÁ M. (2021):
Mapa distribuce obsahu polychlorovaných bifenylů ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)
v lesním humusu povodí Anenského potoka



SUCHAROVÁ J., SUCHARA I., HOLÁ M. (2021):
Mapa distribuce obsahu polychlorovaných bifenylů ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)
v lesním humusu povodí Hřebenového potoka



SUCHAROVÁ J., SUCHARA I., HOLÁ M. (2021):
Mapa distribuce obsahu polychlorovaných bifenylů ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)
v lesním humusu povodí Suchého potoka



[30 komentovaných map dostupných na stránkách projektu SS01010231 Atmosférická depozice \(VÚV TGM, v.v.i.\) \(vuv.cz\)](https://vuv.cz)



Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, v. v. i.

Výsledky bioindikace spadů TK, PAU a PCB v povodích

Mech

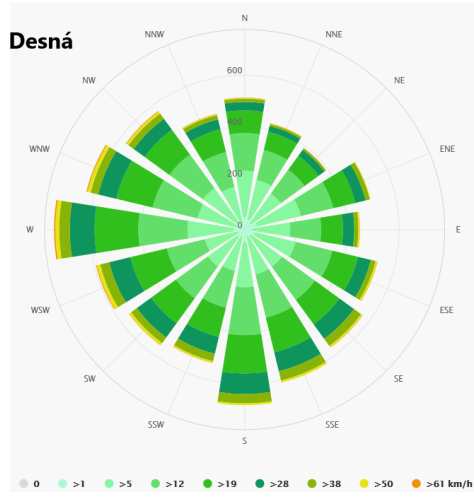
- Spady v povodí Suchého p. > Hraničního p. >> Anenského p.
- Suchý p. nejvyšší spady horní a střední (návětrná) část, hlavně TK z metalurgie a PAU
- Hraniční p. nejvyšší spady horní a střední část, hlavně prvky ze skláren a PAU
- Anenský p. pozadové úrovně spadů, zvýšený spad Ni (geogenní, prach z půdních pokryvů matečné horniny)

Humus

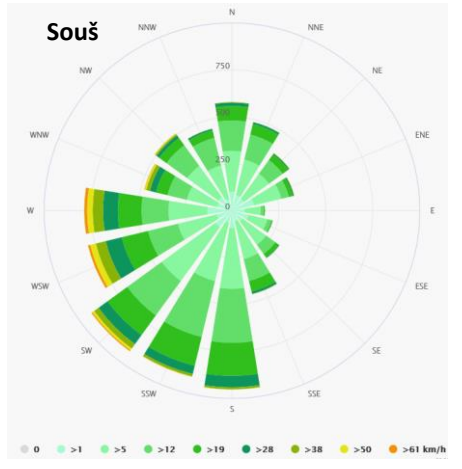
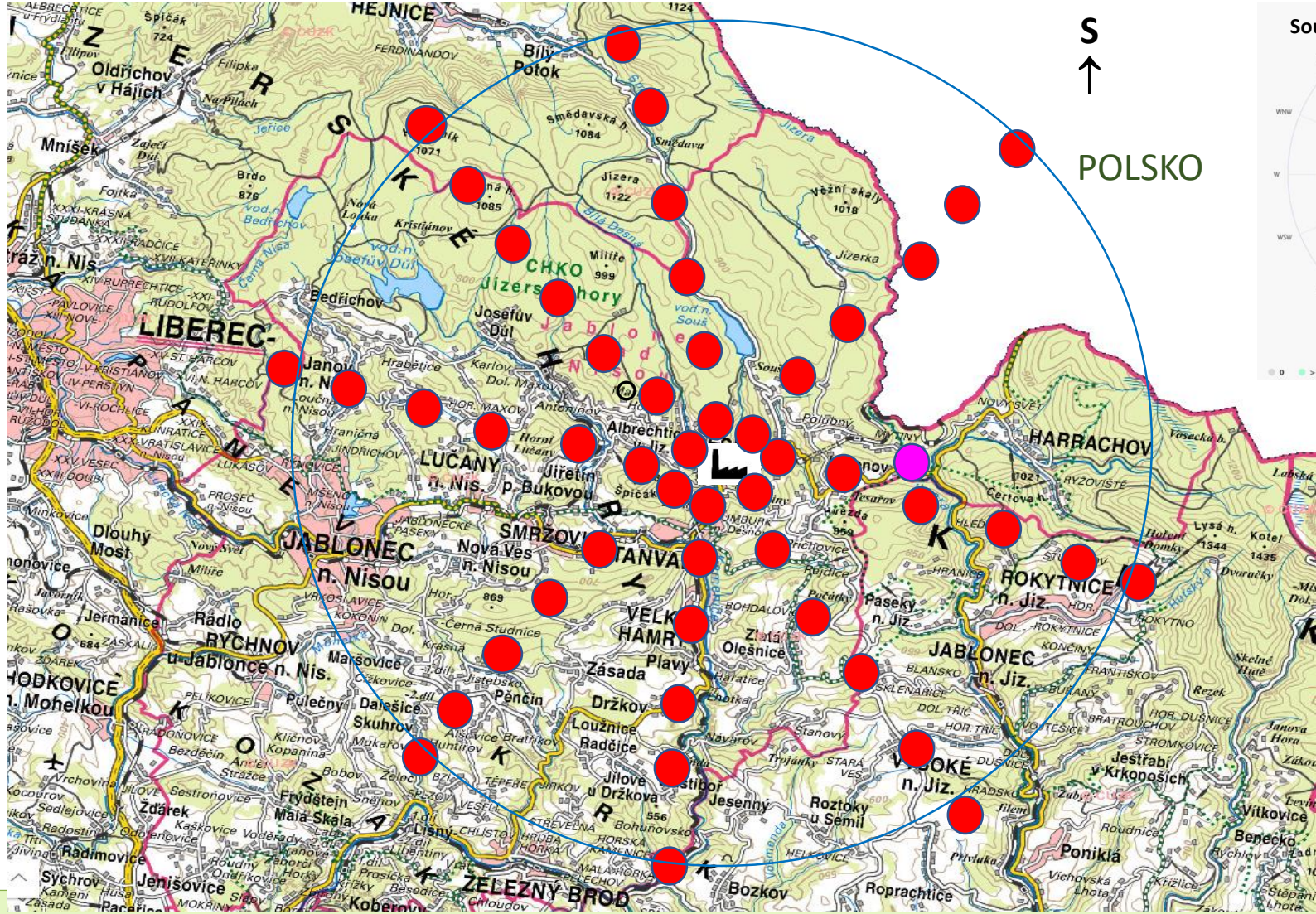
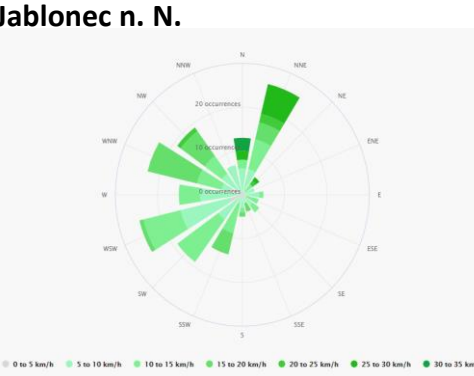
- Kumulace spadů humus>>mech ve všech povodích
- Spady v humusu nejčastěji povodí Suchého p. > Hraničního p. >> Anenského p.
- Suchý p. nejvyšší obsahy horní a střední (návětrná) část, hlavně TK – Hg, PAU
- Hraniční p. nejvyšší spady horní a střední část, hlavně prvky ze skláren As, Cd a PAU, kyselý humus → malá adsorpce atm. depozic a největší riziko přestupu TK do vody
- Anenský p. nízké úrovně obsahů TK (mimo vysoký obsah geogenního Ni) a PAU
- V povodích jiná distribuce PCB a PAU → odlišné jejich zdroje a mechanismy transportu a depozice



Příklad míst odběru bioindikátorů – Jizerské hory 2019



větrné růžice

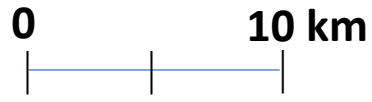


sklárna Desná

vzorky mech a humus

● 2019

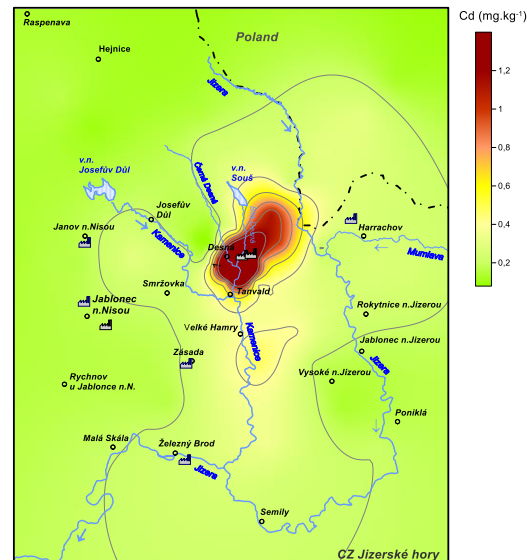
● CZ lok. „Mýtiny“ 1995-2020



Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, v. v. i.

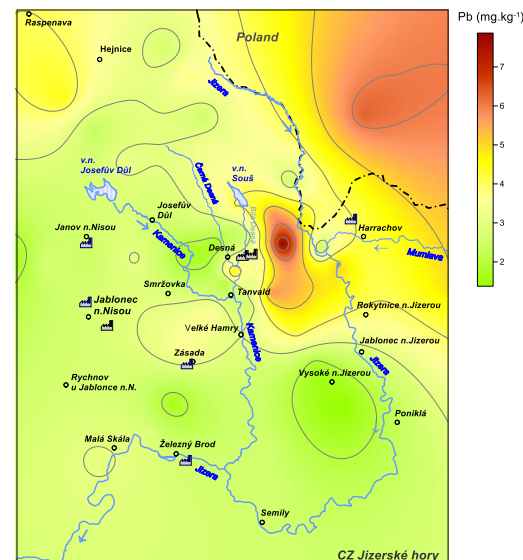
Příklad výsledků bioindikací spadů – Jizerské hory 2019

Jizerské hory - Desná
Kadmium (Cd) - Pleurozium schreberi

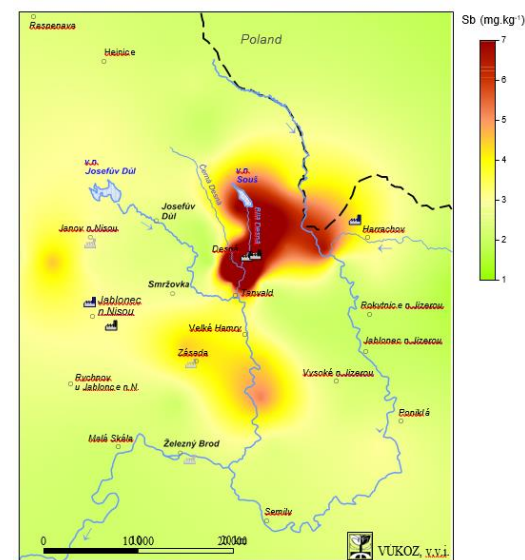


Obsah Cd v mechu

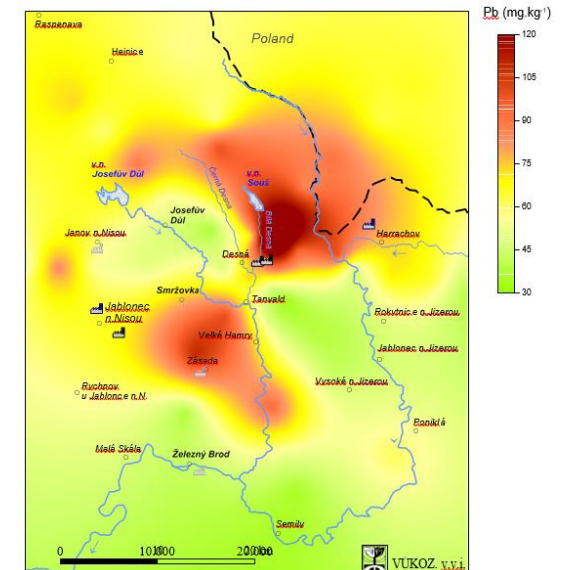
Jizerské hory - Desná
Olovo (Pb) - Pleurozium schreberi



Obsah Pb v mechu



Obsah Cd v humusu

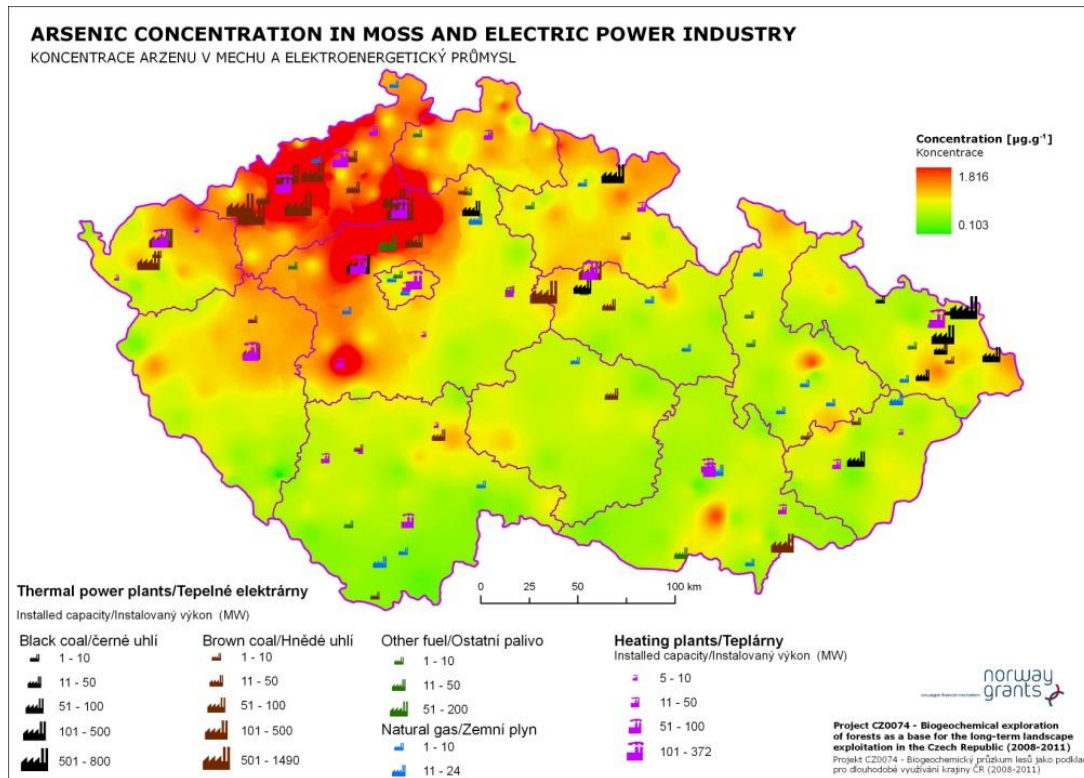


Obsah Pb v humusu

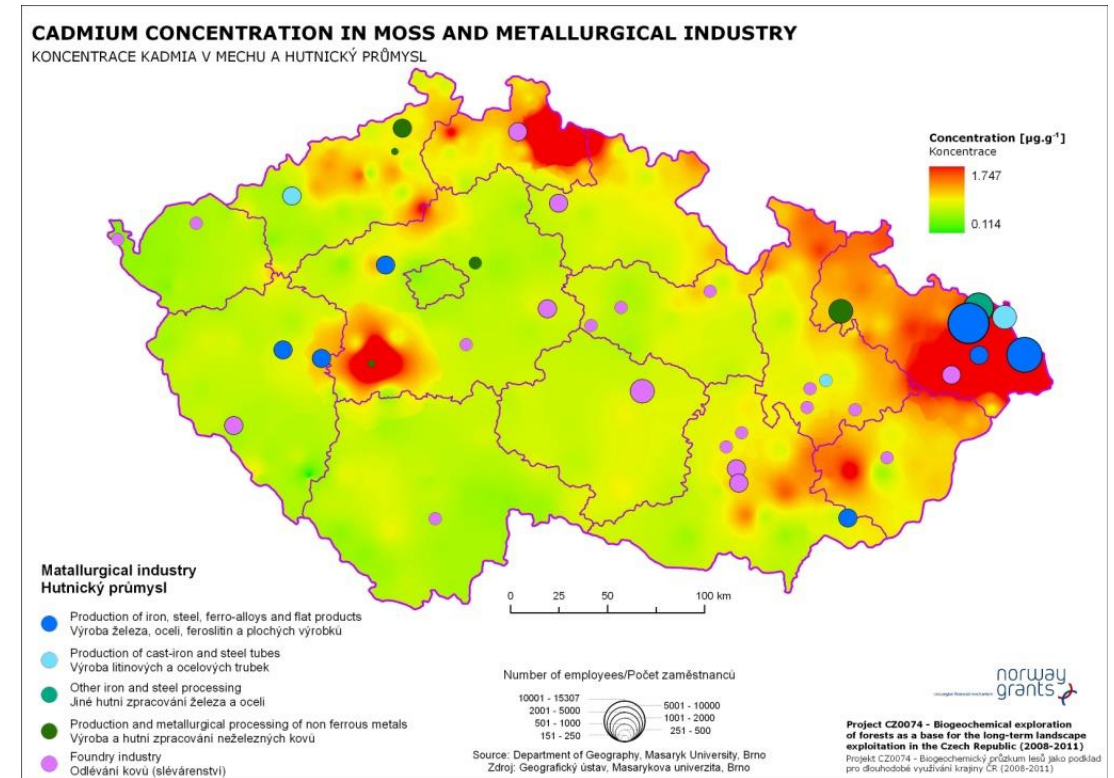
Jizerské hory 2019, celkem byla zjištěna distribuce 45 prvků v mechu a 45 prvků v humusu



Bioindikace spadů a distribuce průmyslových zdrojů emisí



Distribuce As v mechu a tepelných elektráren v r. 2010



Distribuce Cd v mechu a metalurgických provozů v r. 2010

K odlišení průmyslových a přírodních zdrojů olova v atm. spadech využito stanovení izotopových poměrů $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$

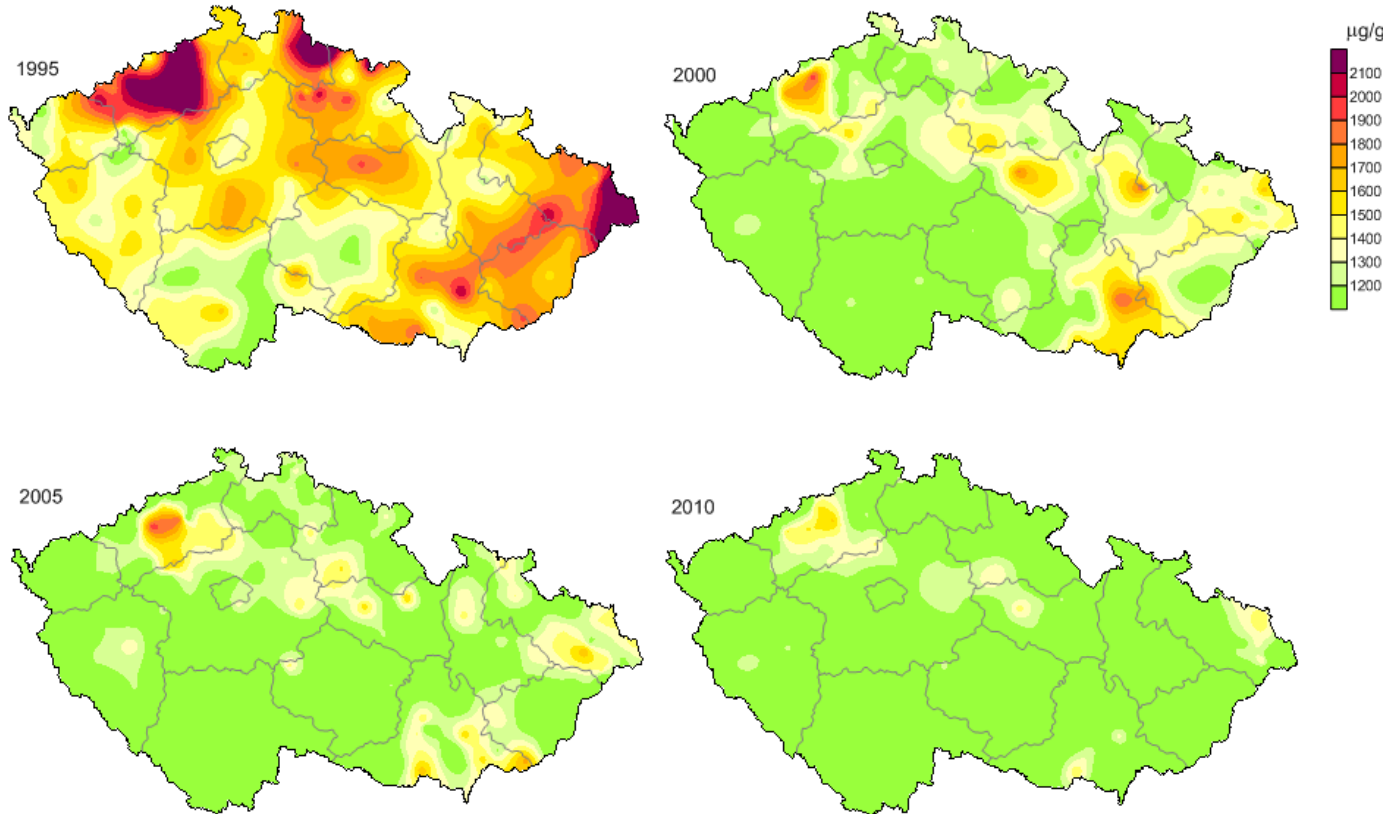
(Atmospheric Environment 44: 3485–3491, 2010; Applied Geochemistry 40: 51–60, 2014)



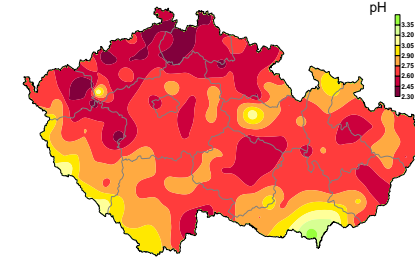
Příklad bioindikací trendu spadů na škále ČR – síra

Czech Republic – Biomonitoring

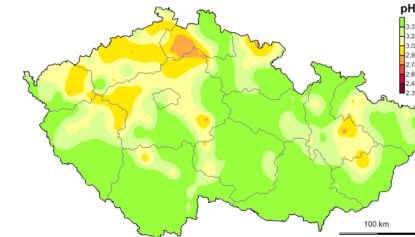
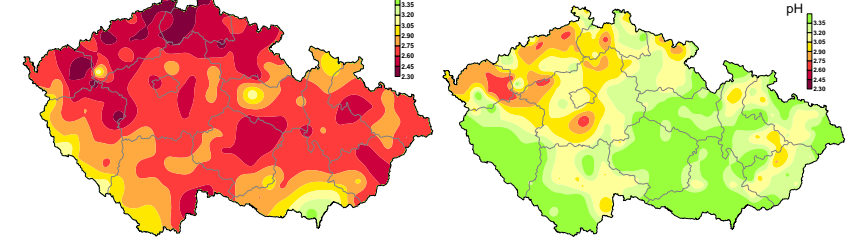
Sulphur in moss



CZECH REPUBLIC
Spruce bark acidity - 1995



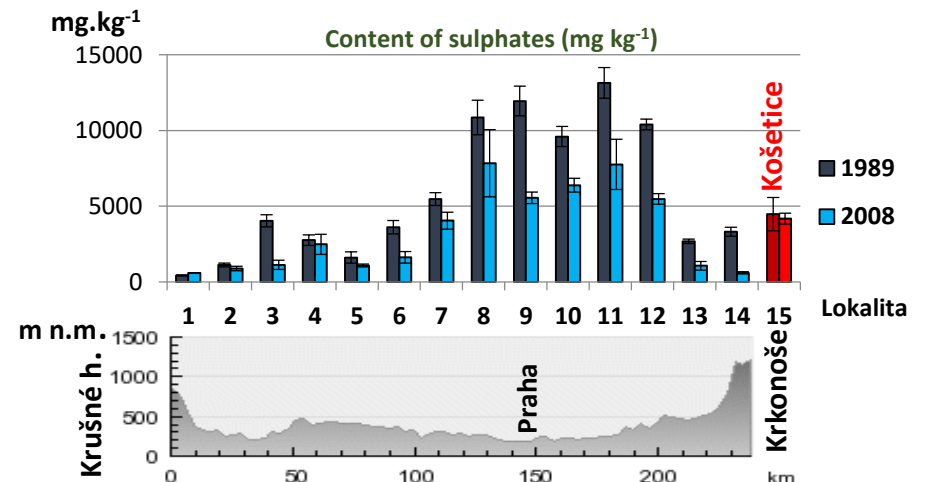
CZECH REPUBLIC
Spruce bark acidity- 2005



Rozpustné sírany ve
smrkové kůře ČR
1995–2010 a na výšk.
gradientech

Pokles obsahu celkové síry v mechu na území ČR 1995–2010

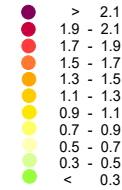
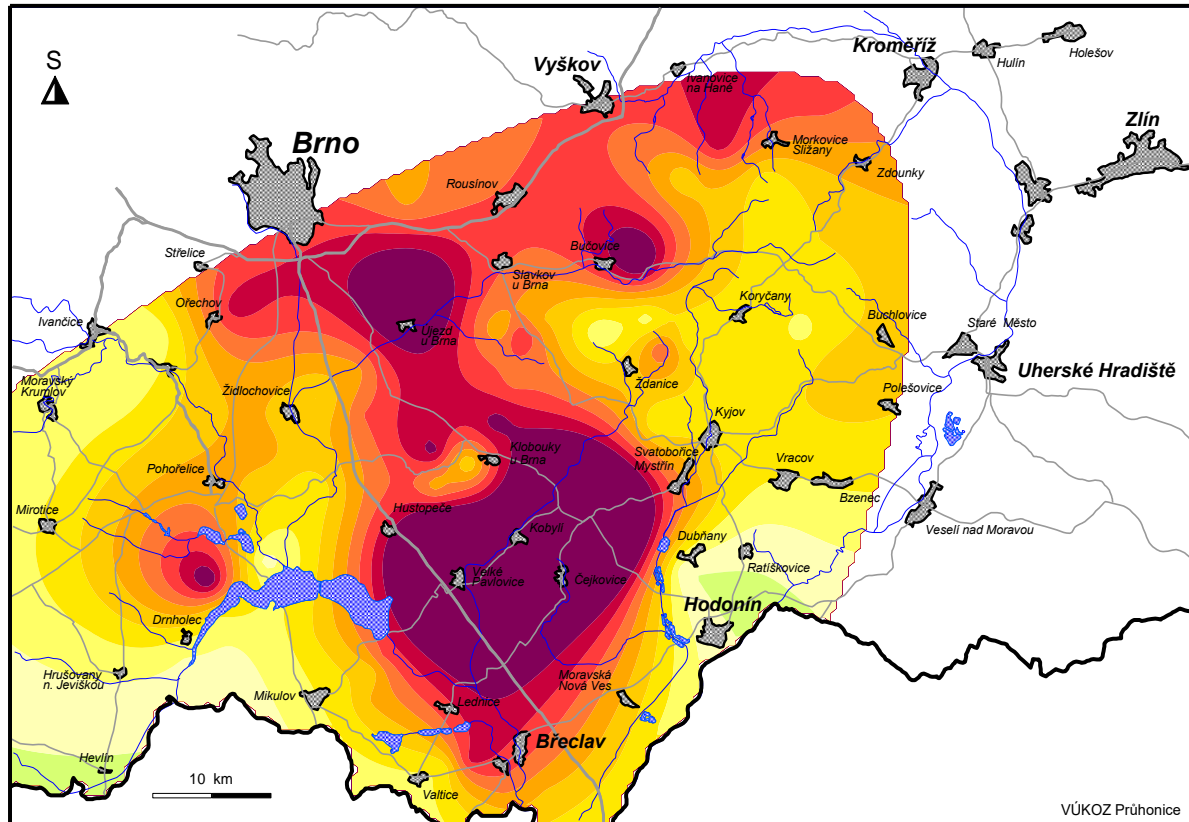
(*Water, Air, and Soil Pollution* 223: 1685–1697, 2012;
Ecological Indicators 39: 144–152, 2014)



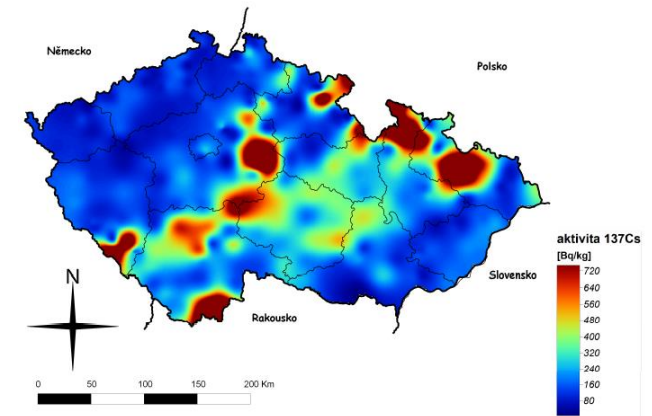
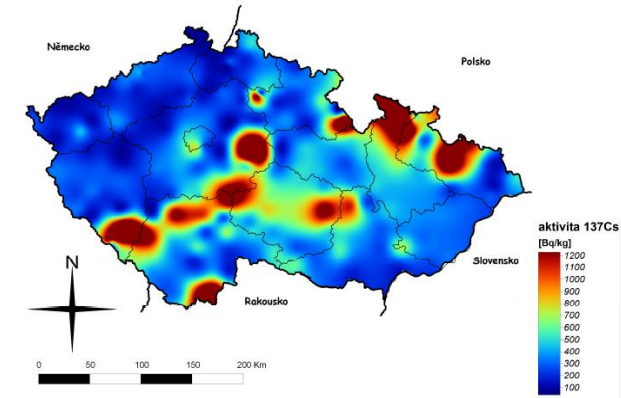
Příklad bioindikací atmosférických depozic

JIŽNÍ MORAVA - atmosférická depozice
Biomonitoring 2003

MECHY - LANTHAN
Hypnum cupressiforme



µg/g (ppm) La
max = 4.46
min = 0.528
n = 63



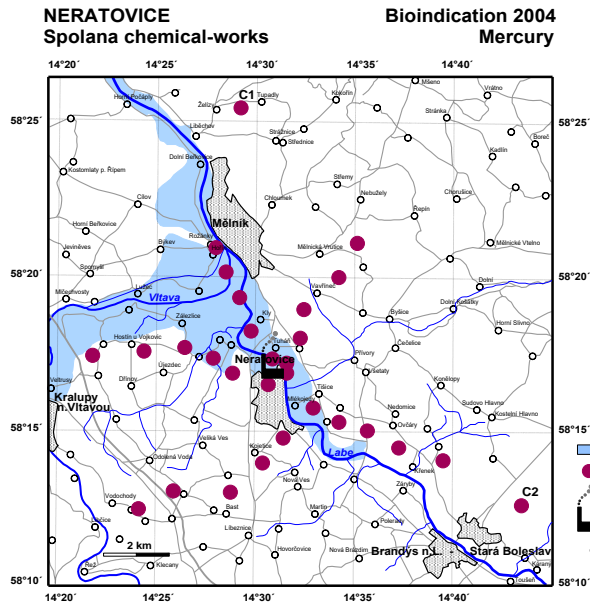
Distribuce spadů větrem erodovaných půdních částic 2003

Aktivity černobylského ^{137}Cs v les. humusu
ČR 1995 a 2005 - spolupráce se SÚRO

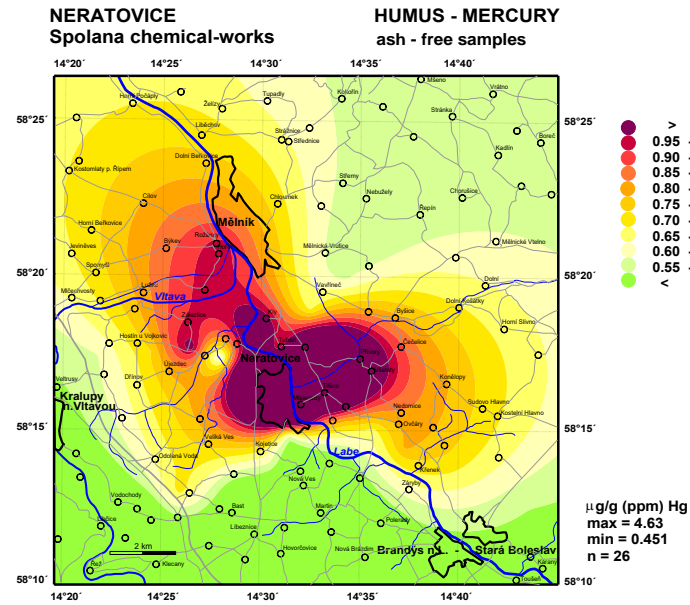
(*Science of the Total Environ.* 409: 1927-1934, 2011; *Environmental Pollution* 184: 511-514, 2014; *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* 31: 929-935, 2017; *Science of the Total Environment* 593-594: 155-164, 2017)



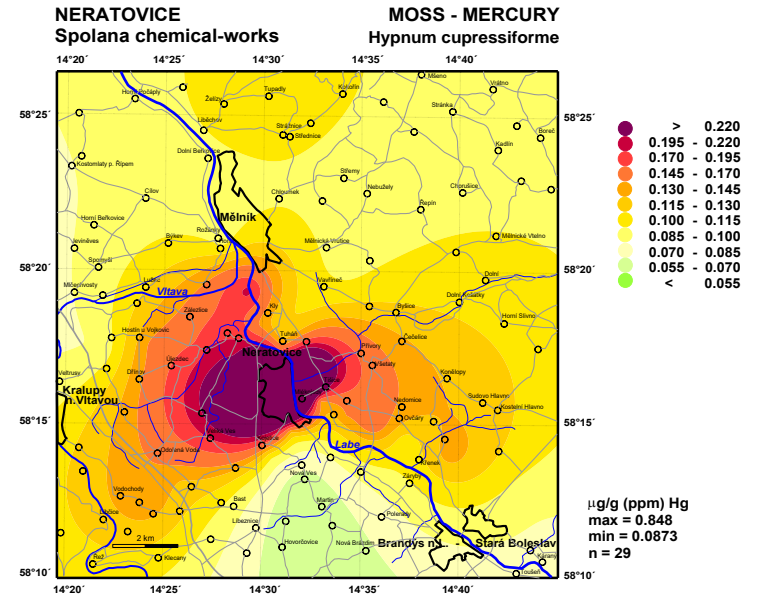
Zjištění kontaminace území u Neratovic Hg po povodni 2002



Zátopové území 2002



Obsah Hg v humusu 2004



Obsah Hg v mechu 2004

(Environmental Pollution 151: 352–361, 2008)





**Děkujeme za Vaši pozornost
a nabízíme možnost případné spolupráce**

