



Centrum pro výzkum  
toxických látek  
v prostředí

Doc. RNDr. Petr Anděl, CSc.

## Ekotoxikologie terestrického ekosystému



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Inovace tohoto předmětu je spolufinancována Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky

# Posuzování vlivů na životní prostředí



Centrum pro výzkum  
toxických látek



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Inovace tohoto předmětu je spolufinancována  
Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem  
České republiky



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Inovace tohoto předmětu je spolufinancována Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky

# Ekotoxikologie terestrického ekosystému



Centrum pro výzkum  
toxických látek  
v prostředí

1. Úvod do ekotoxikologie terestrického ekosystému
2. Toxikant v terestrickém ekosystému
3. Biosystém ve vztahu k toxikantu
4. Expozice terestrického ekosystému
5. **Osud toxikantů v terestrickém ekosystému**
6. Účinky toxikantu na úrovni organismu
7. Účinky toxikantů na úrovni populace
8. Účinky toxikantů na úrovni ekosystému – energie, hmota
9. Účinky toxikantů na úrovni ekosystému – řízení, vývoj
10. Metodika ekotoxikologického výzkumu



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

**5.**

# **OSUD TOXIKANTU**

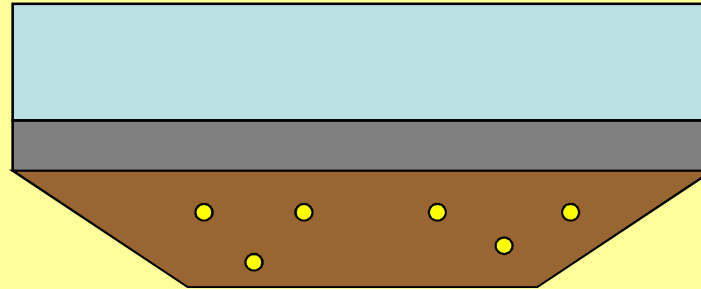
**5.1.**  
**TRANSPORT LÁTEK V**  
**EKOSYSTÉMU**

# Kriminalistická záhada



# Sirovodík

Anaerobní pochody  
v organickém odpadu,  
vznik  $H_2S$



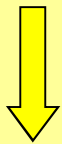
voda

anorganické sedimenty

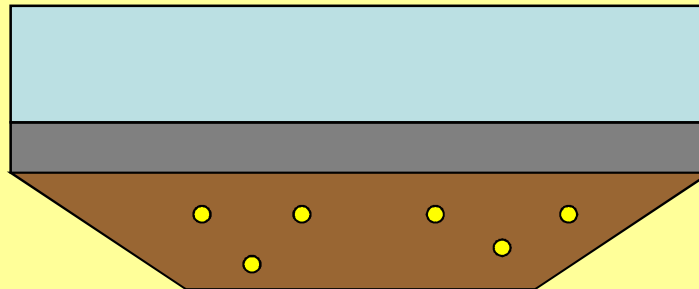
organický odpad

# Sirovodík

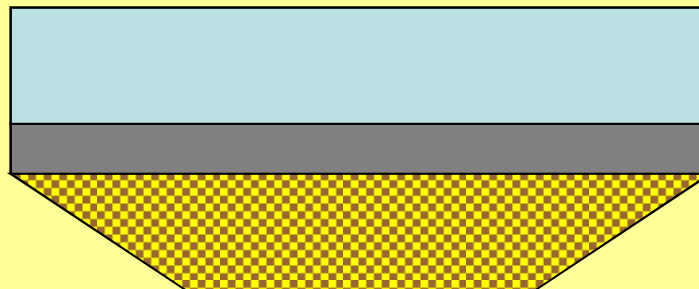
Anaerobní pochody  
v organickém odpadu,  
vznik  $H_2S$



Hromadění  $H_2S$  pod  
vrstvou anorganického  
sedimentu



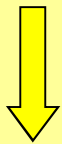
voda  
anorganické sedimenty  
organický odpad



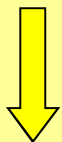


# Sirovodík

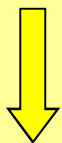
Anaerobní pochody  
v organickém odpadu,  
vznik  $H_2S$



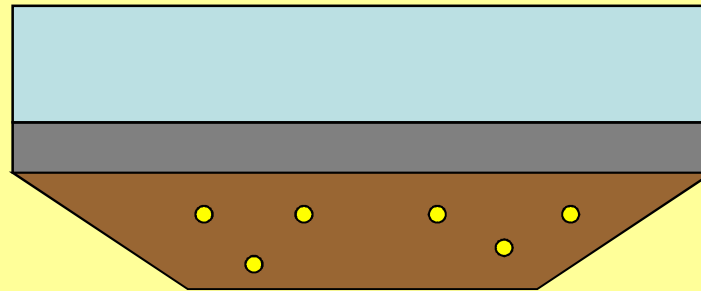
Hromadění  $H_2S$  pod  
vrstvou anorganického  
sedimentu



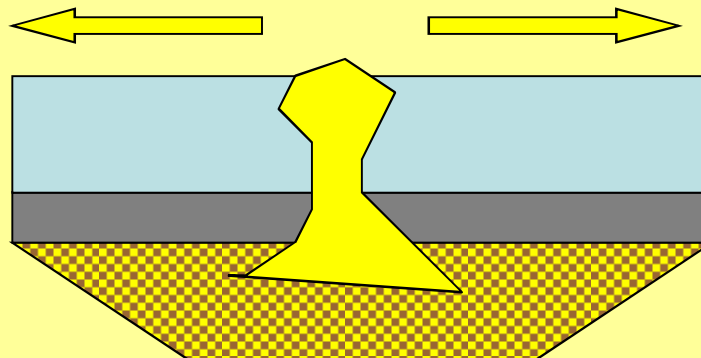
Explozivní uvolnění  $H_2S$ ,  
šíření vzduchem do  
okolí



**Možnost vzniku místní  
letální krátkodobé koncentrace**



voda  
anorganické sedimenty  
organický odpad



# Sirovodík



# Sirovodík

**Koncentrace (ppm):**

- **0,005** je detekovatelný čichem
- **10** limit pro pracovníky v průmyslu pro 8 hod expozici
- **10 – 20** dráždění očí



**chemický průmysl  
petrochemie  
výroba papíru  
čistírny odpadních vod**

# Sirovodík

## Koncentrace (ppm):

- 0,005 je detekovatelný čichem
- 10 limit pro pracovníky v průmyslu pro 8 hod expozici
- 10 – 20 dráždění očí
  
- 150 – 250 paralyzován čichový nerv – sirovodík již není cítit
- 320 – 530 otok plic, riziko smrti

# Sirovodík

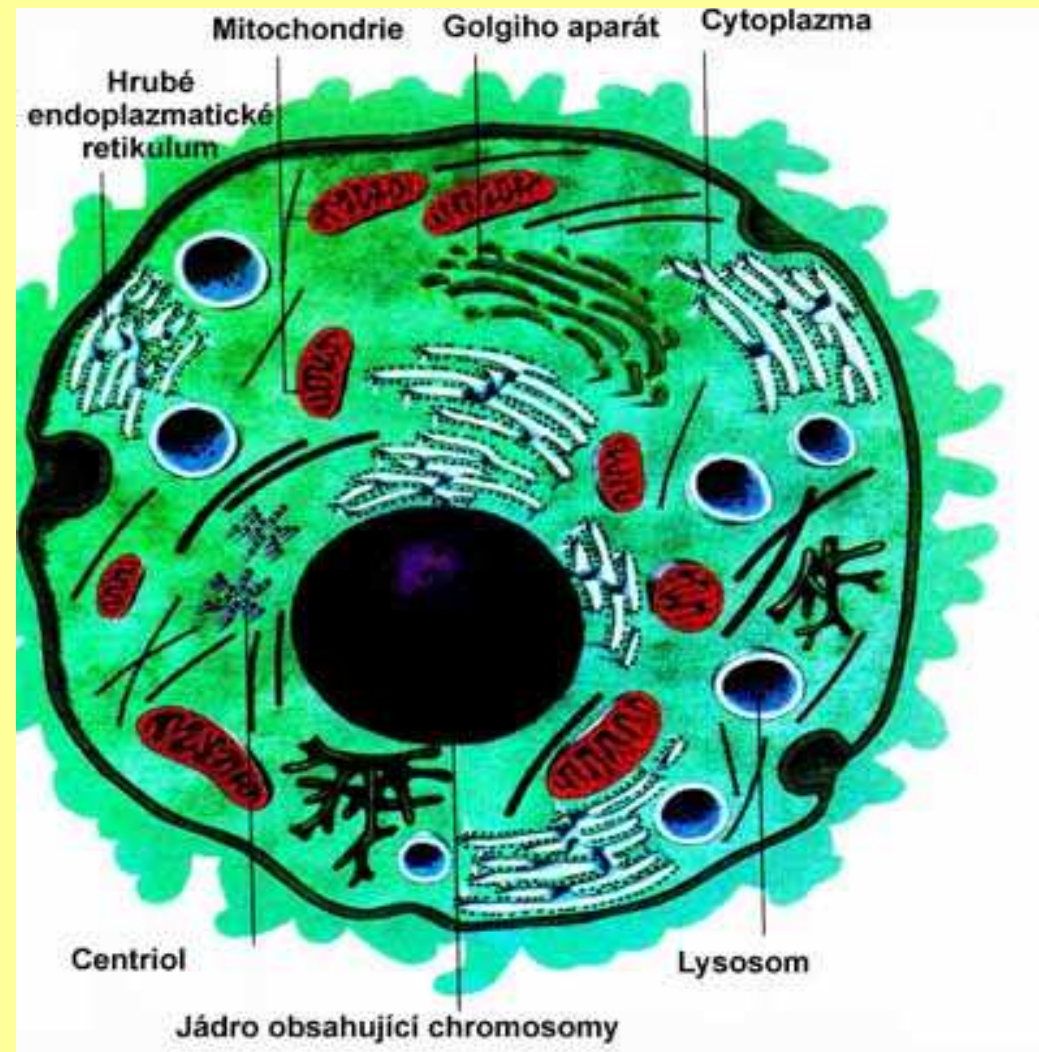
## Koncentrace (ppm):

- 0,005 je detekovatelný čichem
- 10 limit pro pracovníky v průmyslu pro 8 hod expozici
- 10 – 20 dráždění očí
  
- 150 – 250 paralyzován čichový nerv – sirovodík již není cítit
- 320 – 530 otok plic, riziko smrti
  
- 500 – 1000 silná stimulace NS, zrychlené dýchání, zástava dýchání
- 800 LC<sub>50</sub> – letální konc. pro 50 % lidí, při 5 min. expozici
- nad 1000 okamžitý kolaps nervové soustavy, smrt

# Sirovodík

**Mechanismus toxického působení:**

- blokuje Fe v mitochondriálních enzimech
- zamezuje buněčnému dýchání



# Sirovodík

## **Mechanismus toxického působení:**

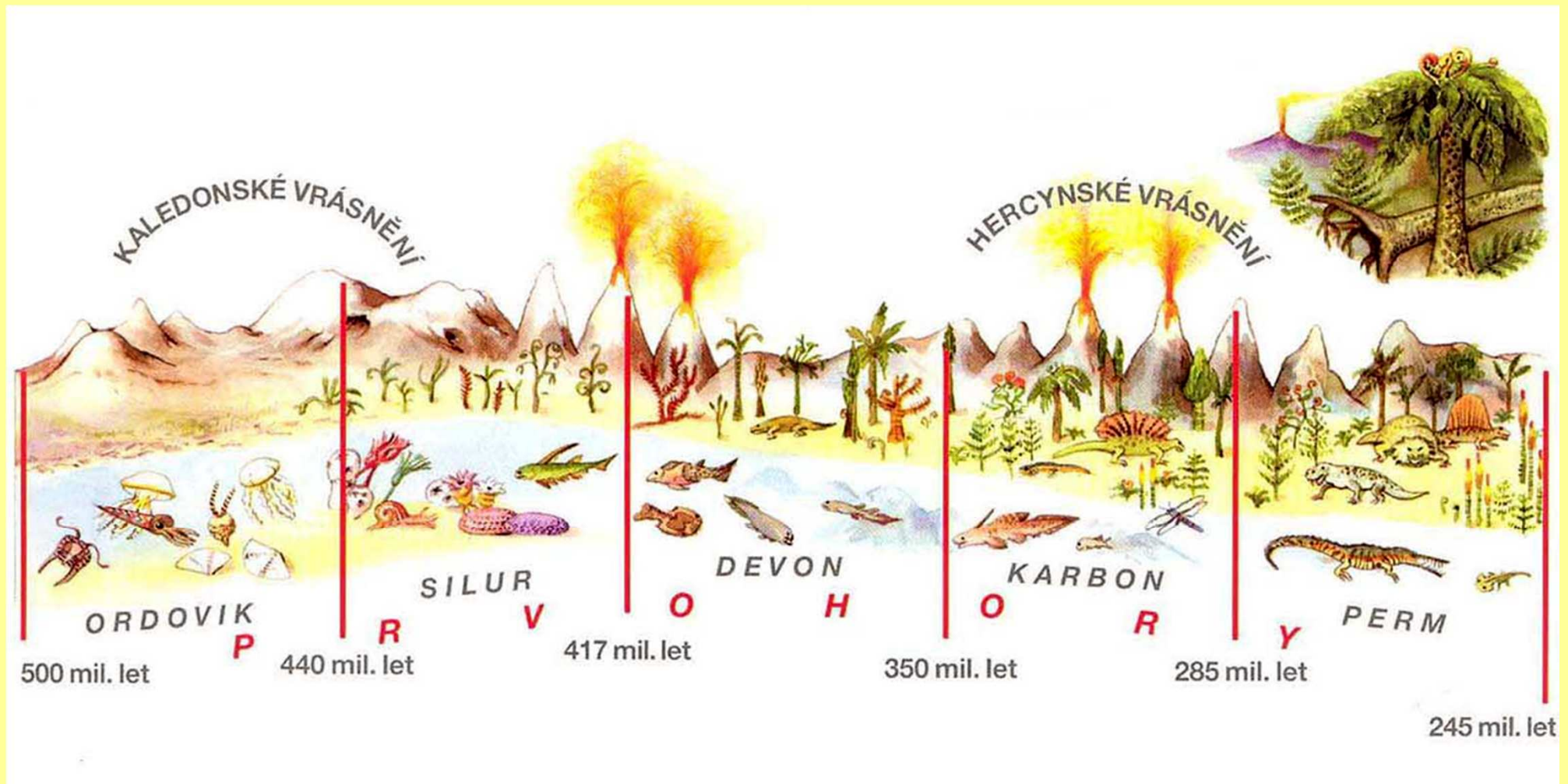
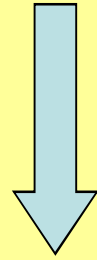
- **blokuje Fe v mitochondriálních enzimech**  
→ **zamezuje buněčnému dýchání**

## **Další metabolické účinky:**

- **rozšiřování cév – vasodilatace**
- **při nízkých koncentracích (80 ppm) – hibernační účinky**

# Sirovodík

Možný podíl na prudkém vymření organismů  
na konci prvohor – v permu





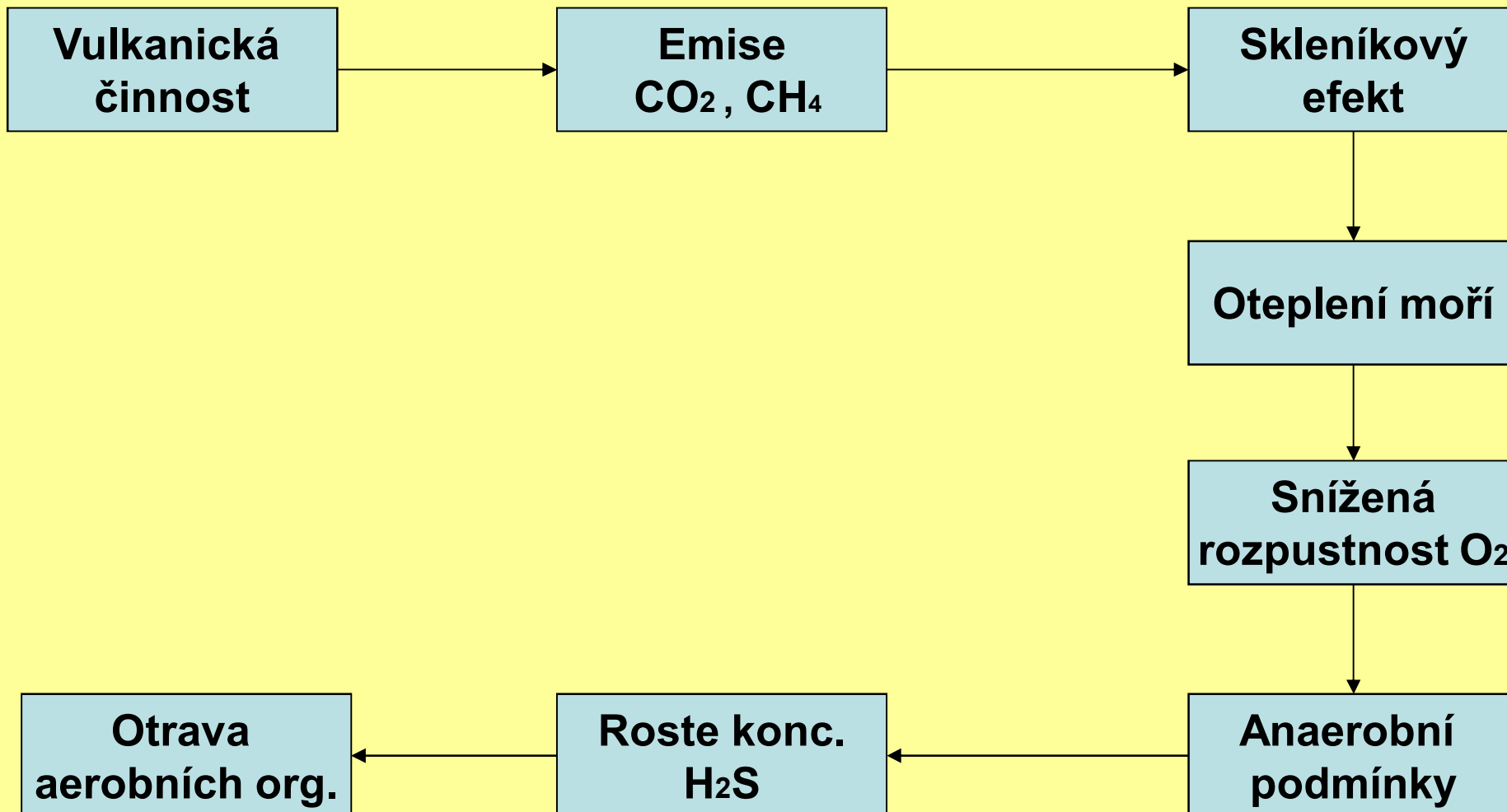
# Sirovodík

Permské horniny v Podkrkonoší – charakteristická rezavá barva



# Sirovodík

Možný scénář:



**5.1.1.**

***VSTUP DO PROSTŘEDÍ***  
***= EMISE***

# CESTY VSTUPU



**1. Aplikace**

**2. Úniky**

## ***5.1.2. CESTY TRANSPORTU***

# CESTY TRANSPORTU

**Prostřednictvím všech složek:**

- **ovzduší**
- **povrchové vody**
- **půdy**
- **bioty**

## ***5.1.3. TRANSPORT OVZDUŠÍM***



# TRANSPORT OVZDUŠÍM

## Faktory ovlivňující TRANSPORT

- **koncentrace toxikantů ve vzduchu**
- **proudění vzduchu**
- **srážkový režim**

# **Koncentrace toxikantu**

# Koncentrace toxikantu

## **Faktory:**

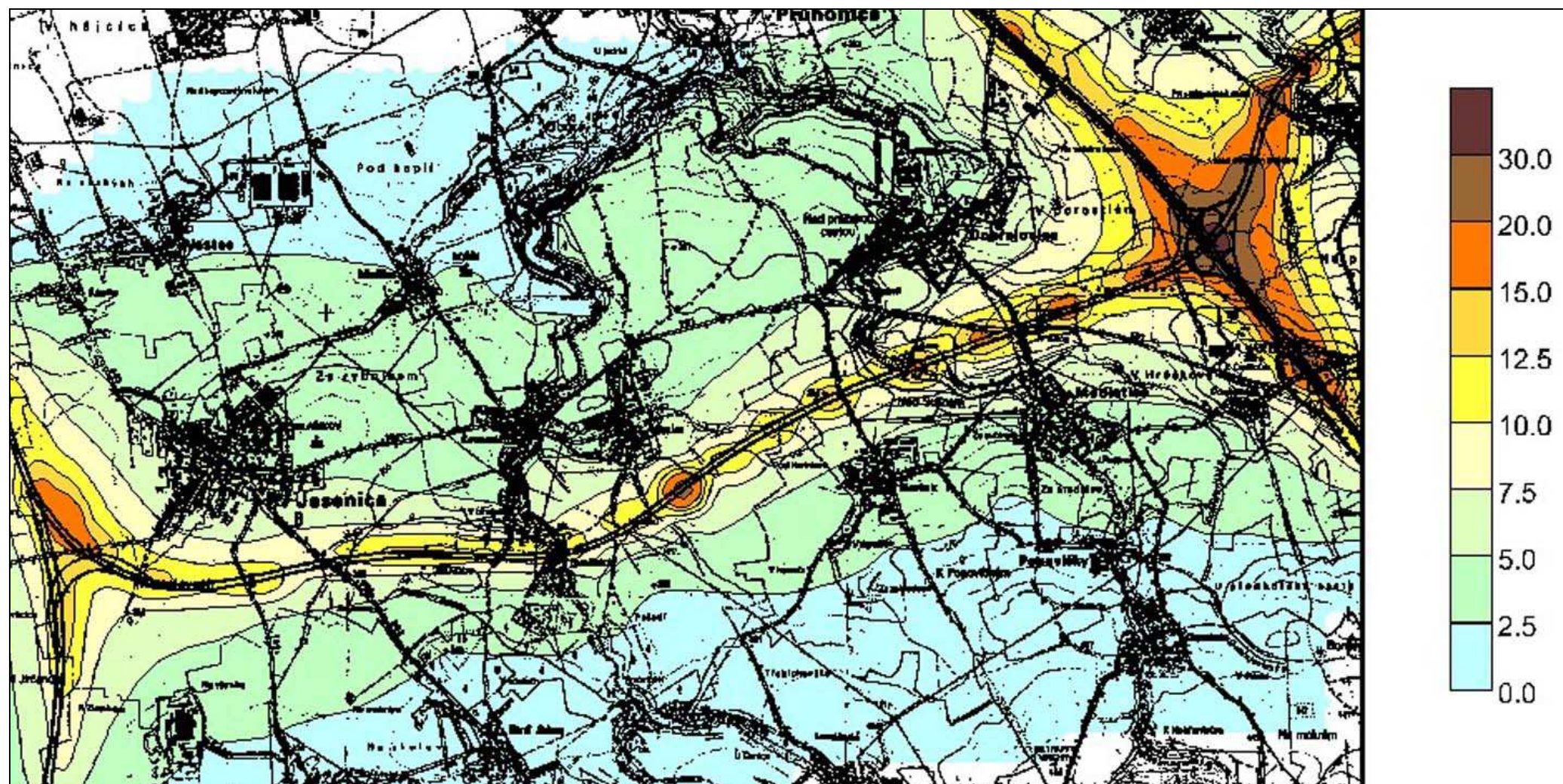
- kapacita a rozmístěním zdrojů emisí
- rozptylové podmínky

## **Stanovení:**

- matematické modely – rozptylové studie
- přímá měření

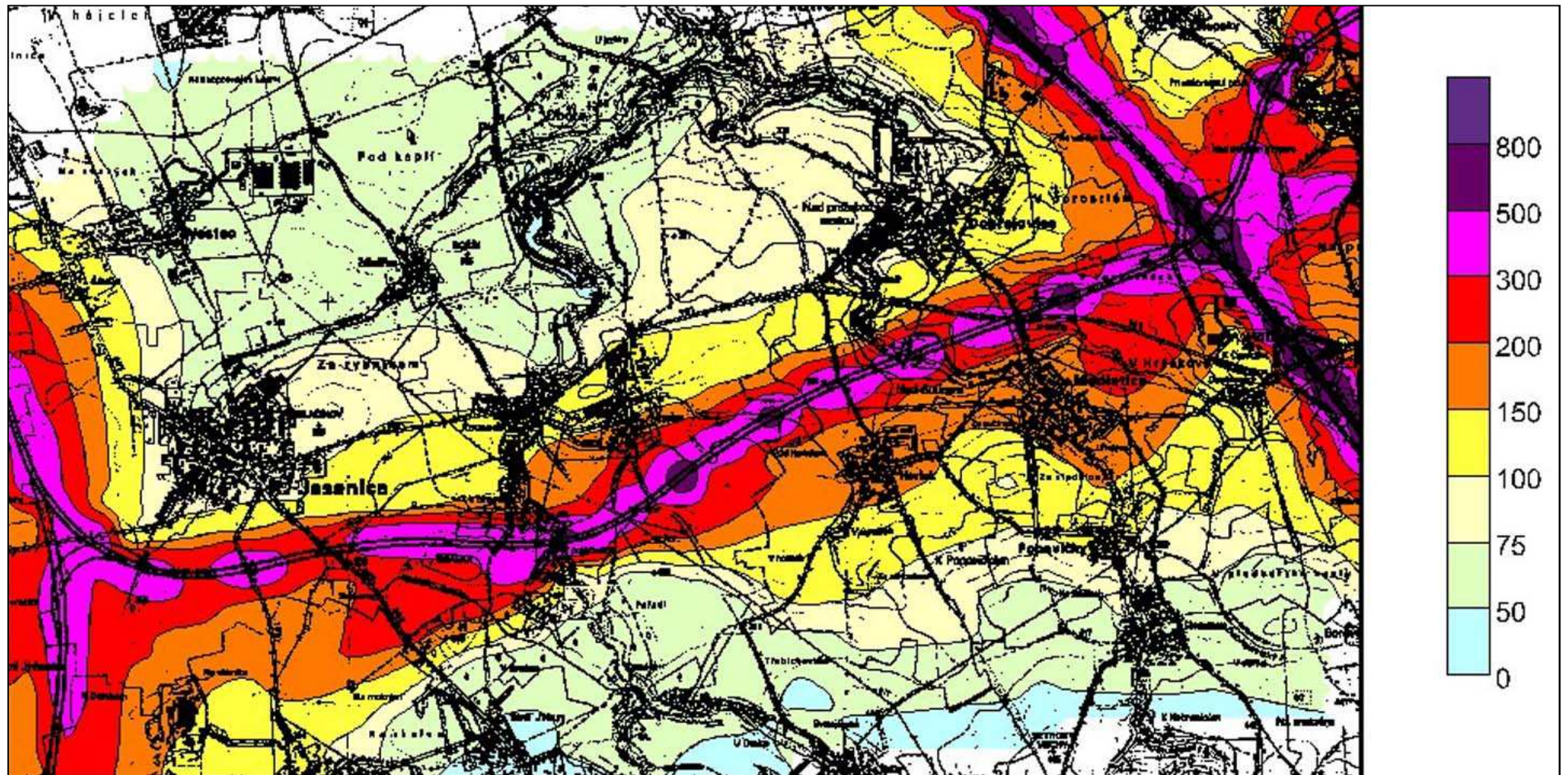
# ROZPTYLOVÉ STUDIE

# ROZPTYLOVÁ STUDIE



PRŮMĚRNÁ ROČNÍ KONCENTRACE NO<sub>x</sub> ( µg/m<sup>3</sup>)

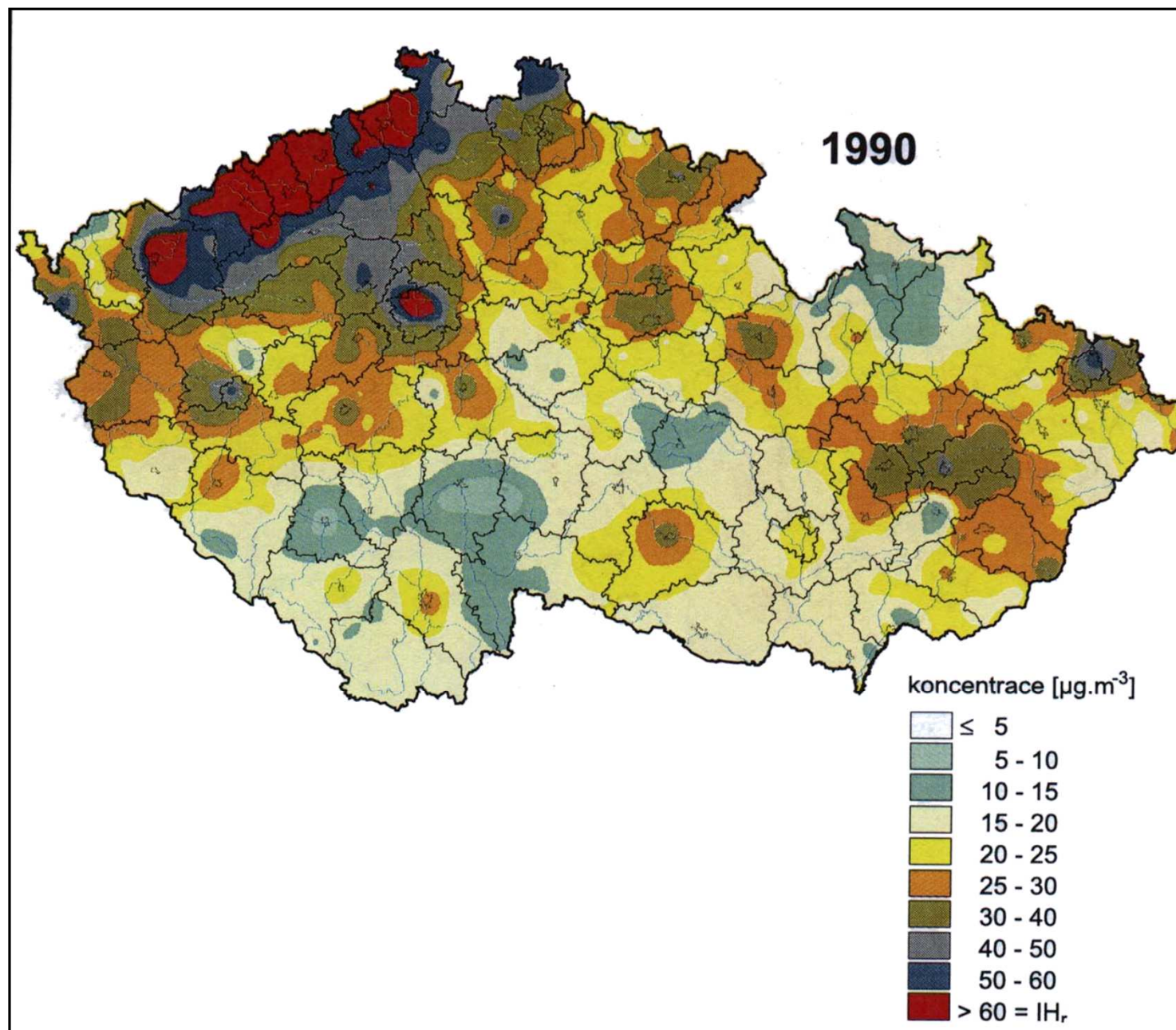
# ROZPTYLOVÁ STUDIE



**MAXIMÁLNÍ KRÁTKODOBÁ KONCENTRACE NO<sub>x</sub> ( µg/m<sup>3</sup>)**

# VÝVOJ IMISNÍ SITUACE V ČR

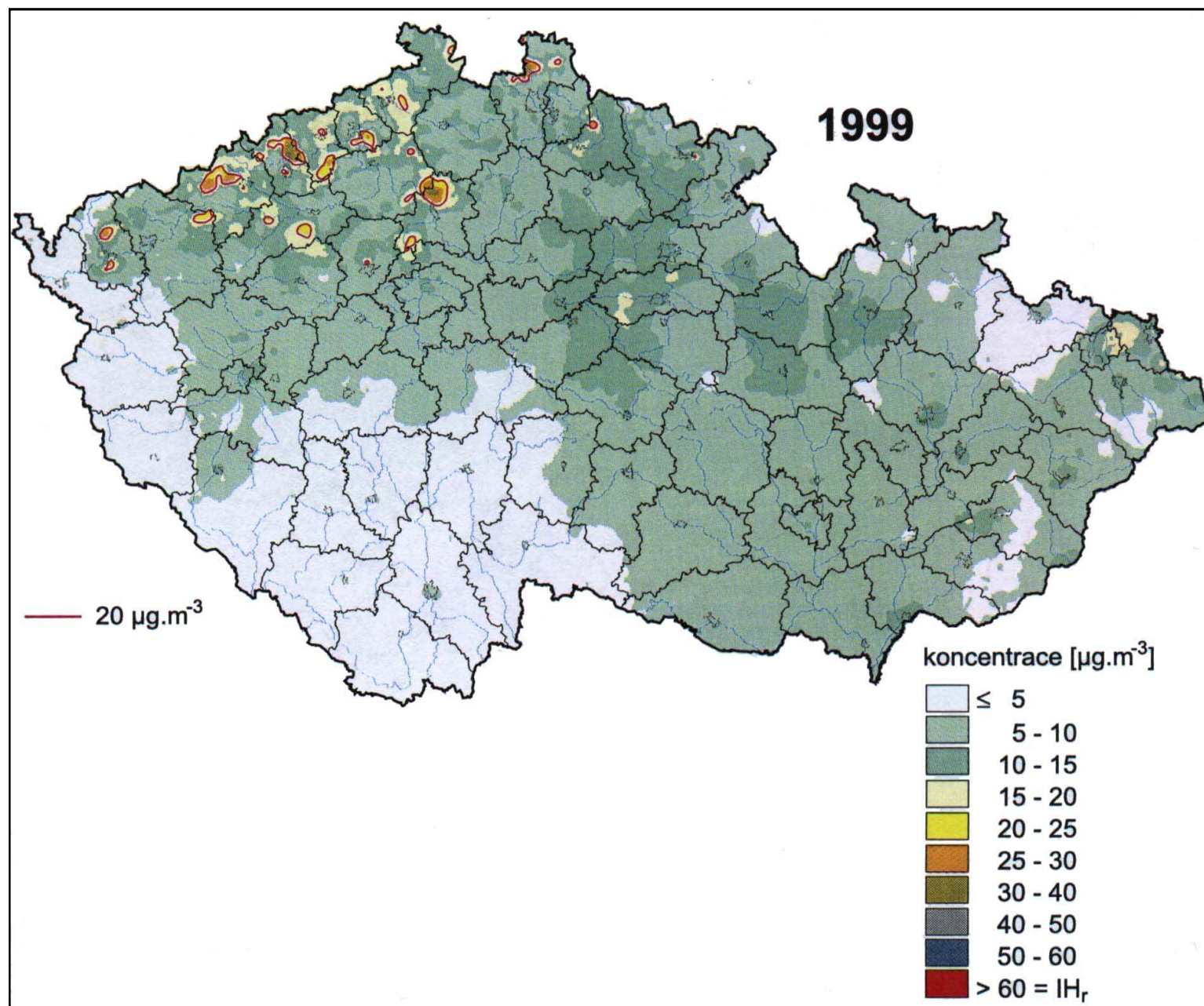
# KONCENTRACE OXIDU SIŘIČITÉHO V OVZDUŠÍ (1990)



**Pole ročních aritmetických průměrů koncentrací oxidu siřičitého v roce 1990**

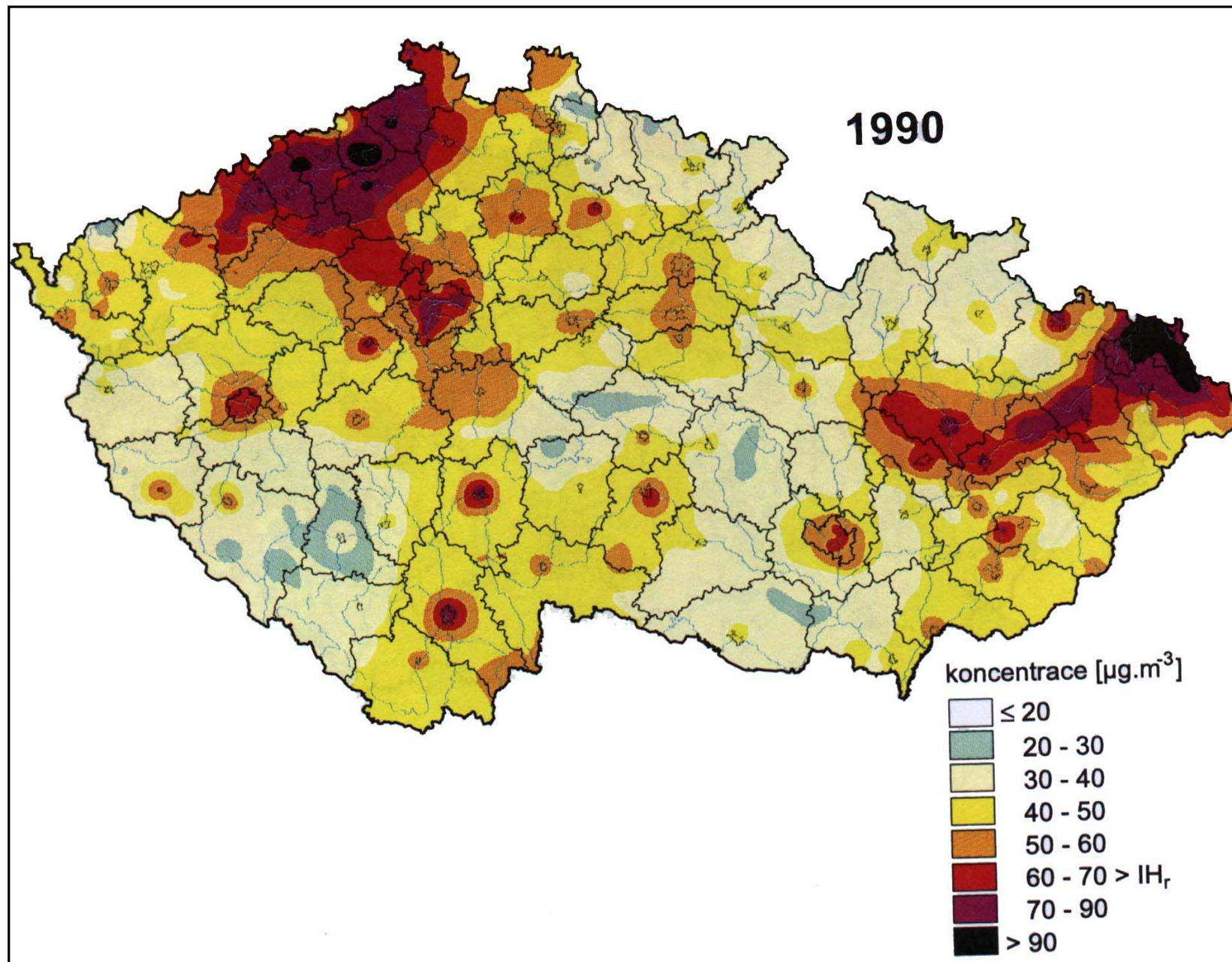


# KONCENTRACE OXIDU SIŘIČITÉHO V OVZDUŠÍ (1999)



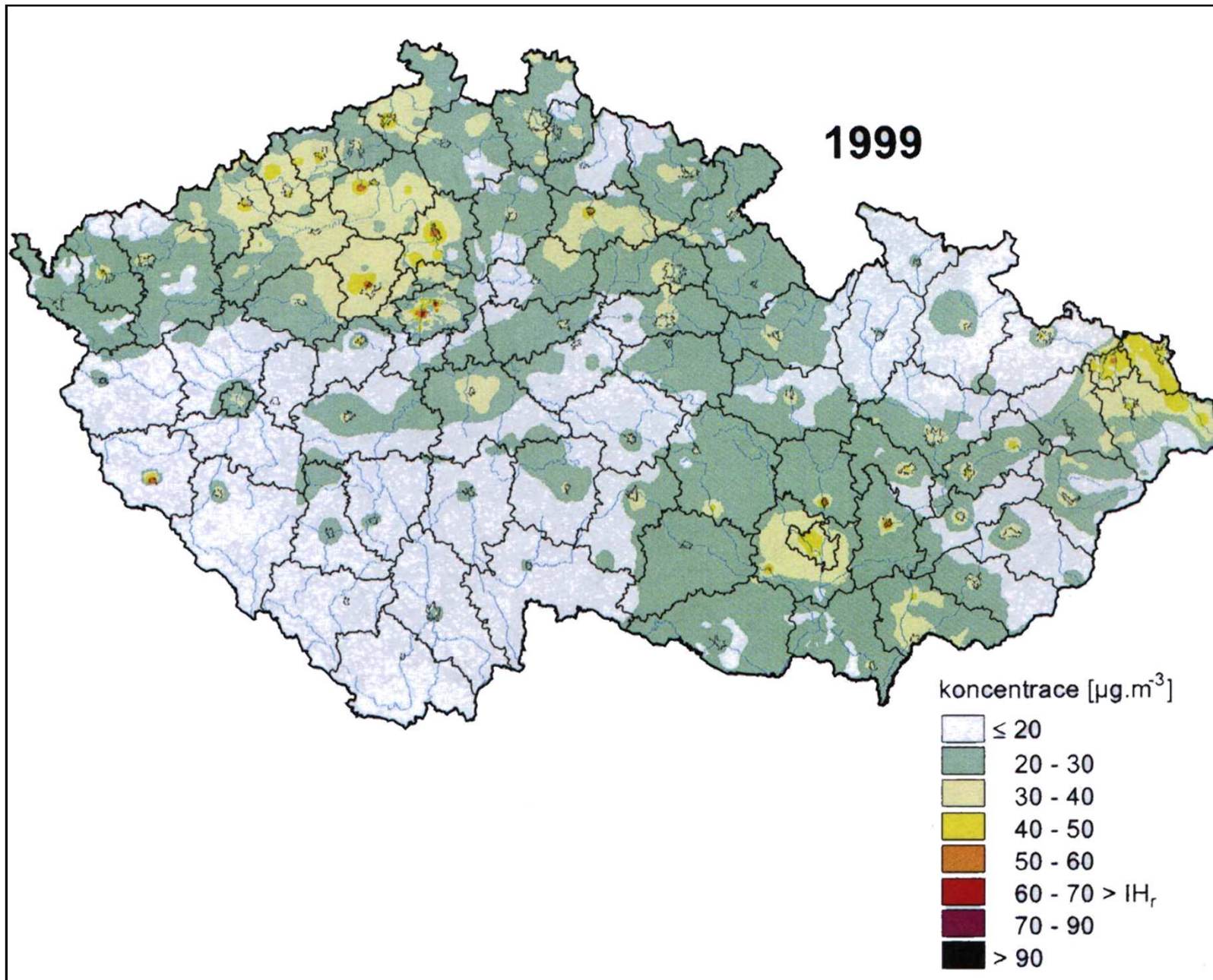
**Pole ročních aritmetických průměrů koncentrací oxidu siřičitého v roce 1999**

# KONCENTRACE PRAŠNÉHO AEROSOLU (1990)



**Pole ročních aritmetických průměrů koncentrací prašného aerosolu v roce 1990**

# KONCENTRACE PRAŠNÉHO AEROSOLU (1999)

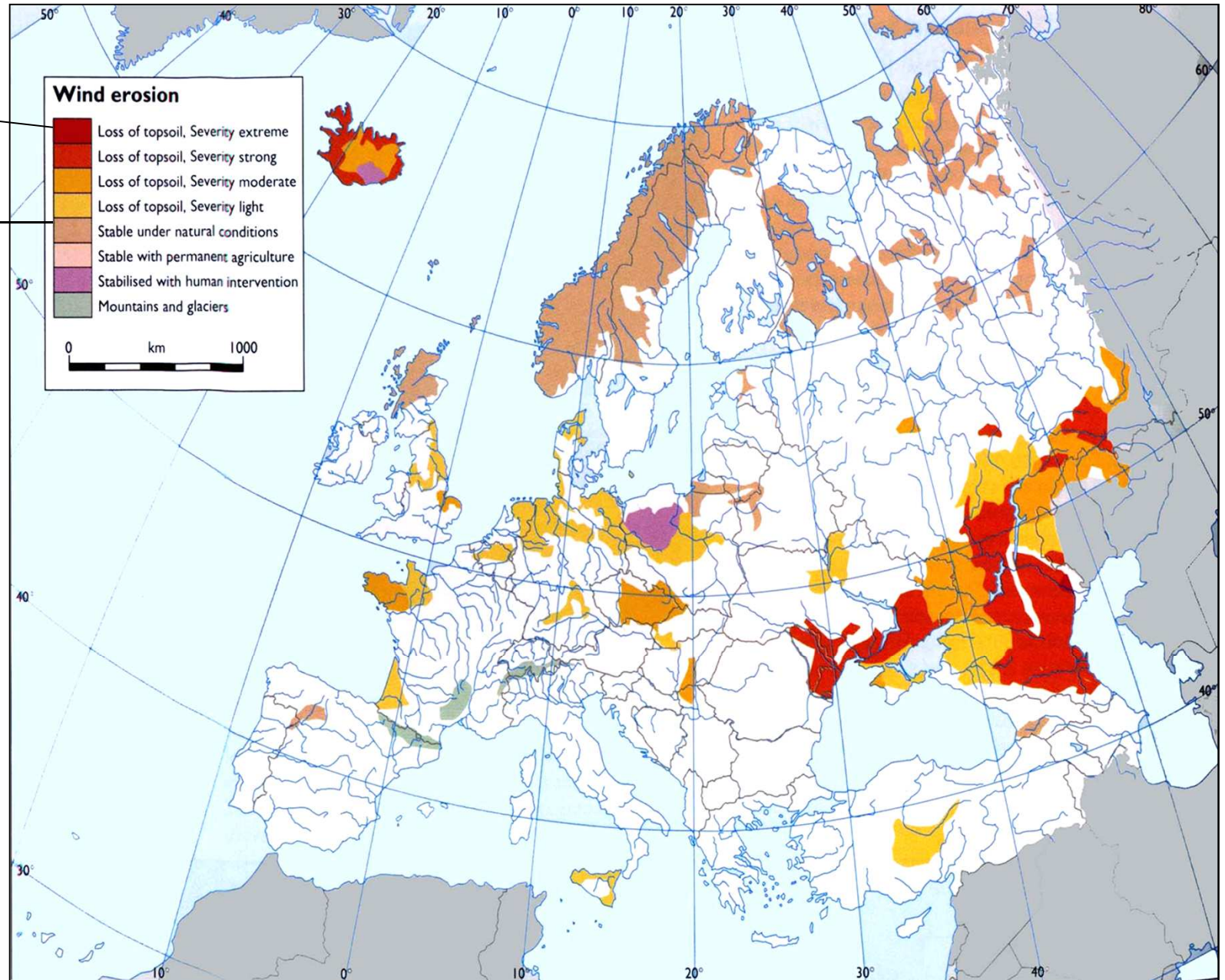


**Pole ročních aritmetických průměrů koncentrací prašného aerosolu v roce 1999**

# Větrné poměry

# VĚTRNÁ EROZE PŮDY V EVROPĚ

Ztráta vrchní  
vrstvy půdy



(Europa's Environment, 1995)

# Srážkový režim

# SRÁŽKY

SRÁŽKY

VERTIKÁLNÍ

HORIZONTÁLNÍ



# Mokrá depozice

**tzv. mokrá depozice látek je definována:**

$$D = c \cdot h$$

**D- celková depozice látky (mg. m<sup>-2</sup> )**

**c – koncentrace látky ve srážkové vodě ( mg. l<sup>-1</sup> )**

**h – celkový úhrn srážek (mm)**

⇒



A photograph of a forest landscape. The foreground is a rocky, sloping area covered with low-lying green shrubs and patches of dry grass. The middle ground shows a dense stand of tall, thin pine trees. The background is shrouded in a thick mist or fog, creating a hazy atmosphere. The overall scene is a natural, somewhat desolate forest environment.

**HORIZONTALNÍ SRÁŽKY**

# KANÁRSKÉ OSTROVY



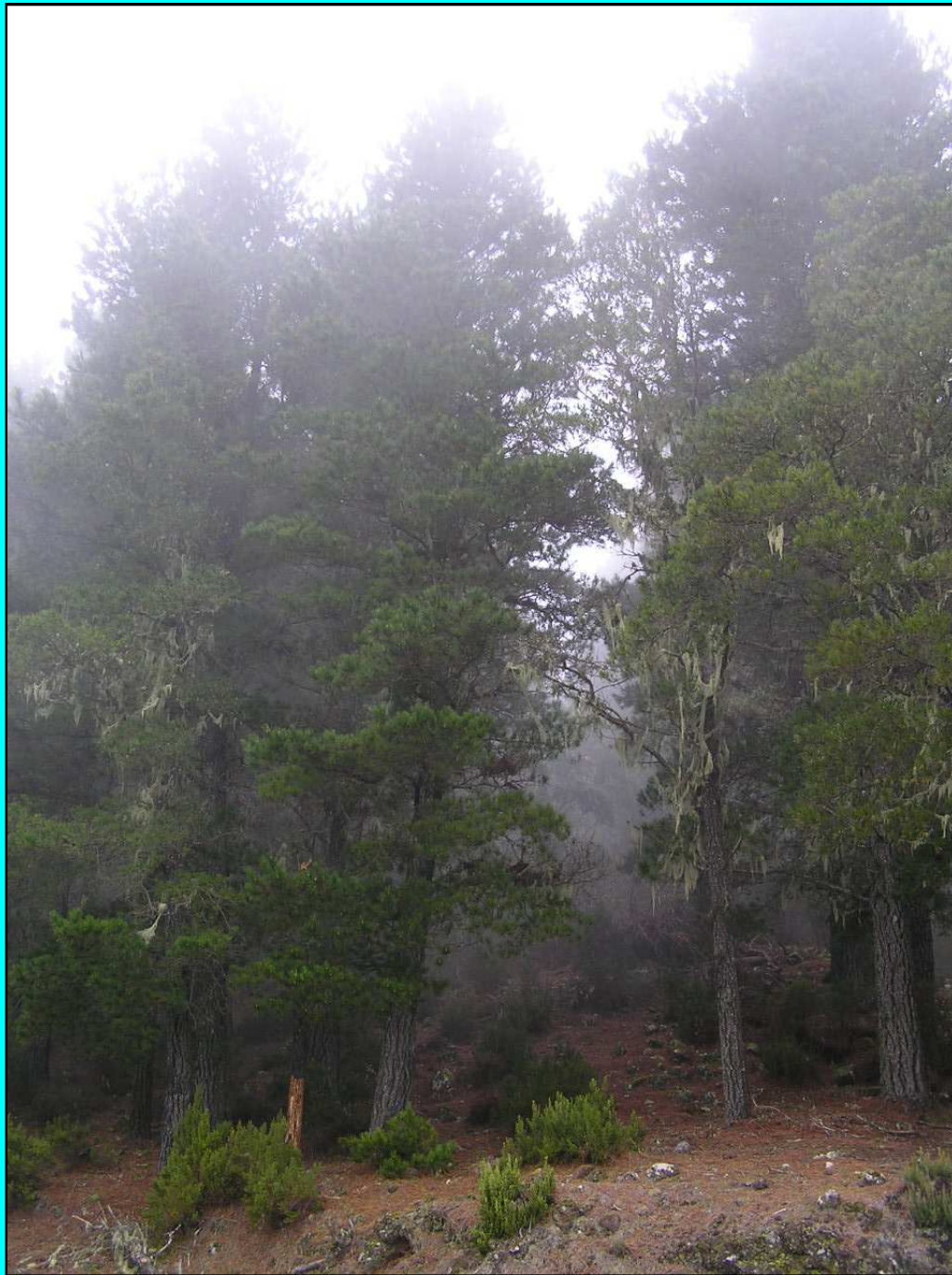
# KANÁRSKÉ OSTROVY



# KANÁRSKÉ OSTROVY



# KANÁRSKÉ OSTROVY



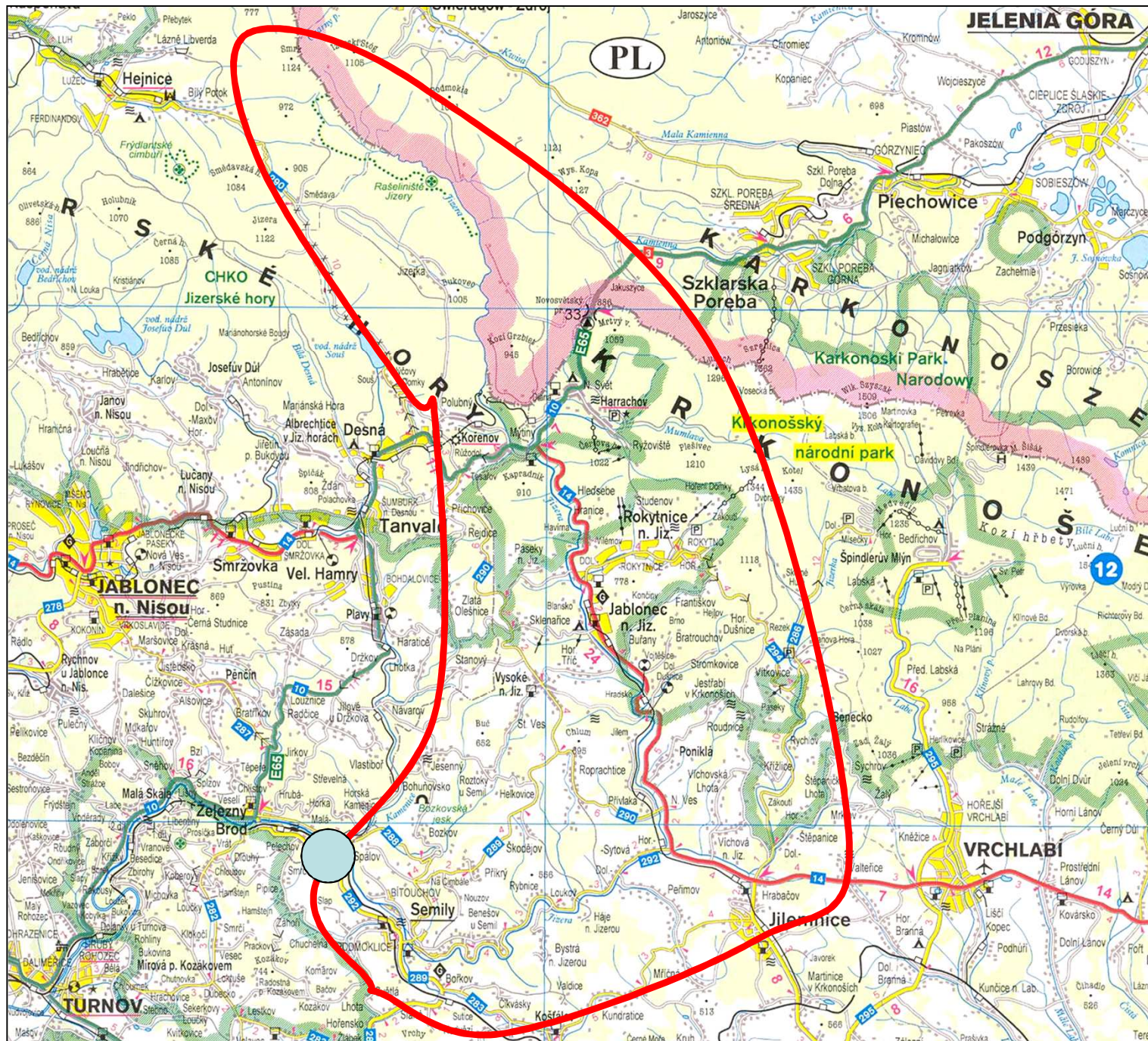
## ***5.1.4. TRANSPORT VODOU***

# POVODÍ



**JIZERA, MEZI SEMILY A SPÁLOVEM**

# POVODÍ JIZERY



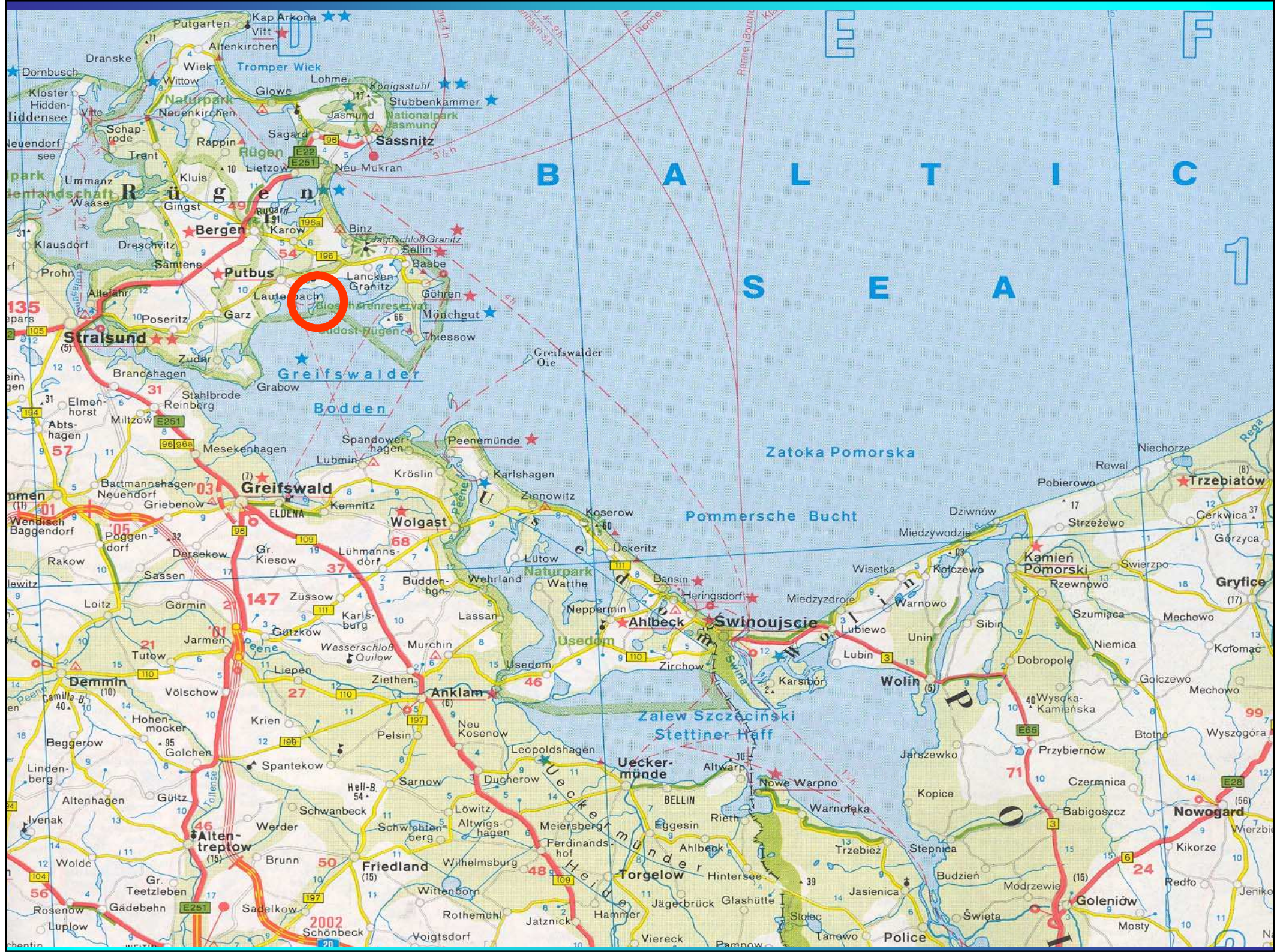
**Horní tok  
od pramene  
k Semilům**



**5.1.5.**  
***TRANSPORT PŮDOU***  
***A HORNINOU***

# Ostrov Vilm







**The International Academy for Nature Conservation**



**Půdní eroze**





# Sedimentace







# Písečné laguny





**Zaniklý záliv**



**4.3.**

# **ROZDĚLOVACÍ PROCESY**

# ROZDĚLOVACÍ PROCESY

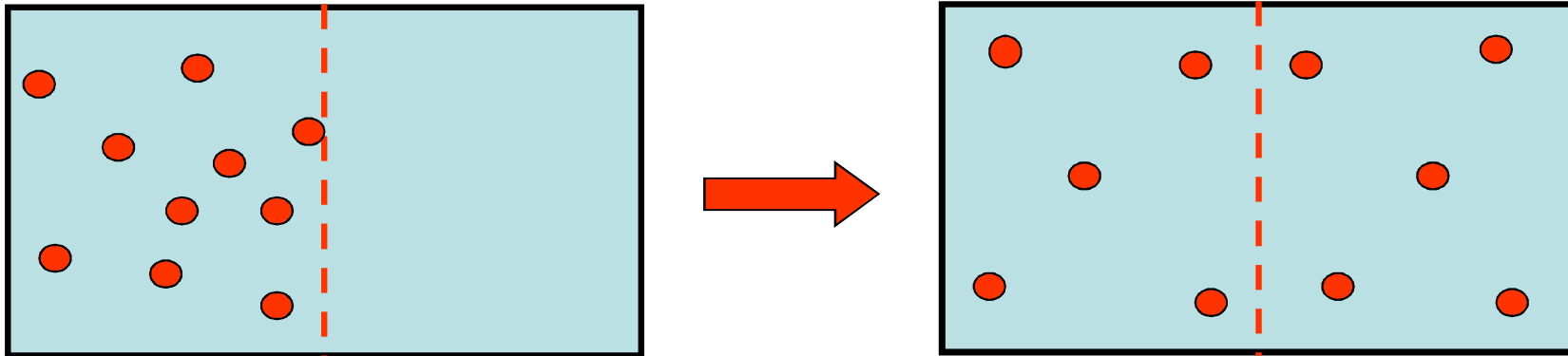


# Difúze

# Difuze

## Proces mísení dvou tekutin

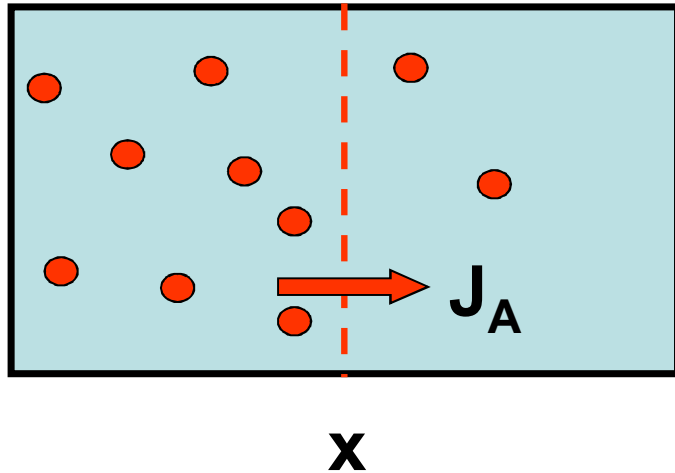
- neuspořádaný pohyb molekul a jejich srážky způsobují vzájemné promísení
- výsledkem je směs o stejném složení





# Difuze

## 1. Fickův zákon



$$J_A = -D * \delta C_A / \delta x$$

$J_A$  difúzní tok molekul A

$\delta C_A / \delta x$  gradient koncentrace

D difúzní koeficient

difúzní tok molekul A přes pomyslné rozhraní x je úměrný gradientu koncentrace molekul A v místě x

**Sorpce**

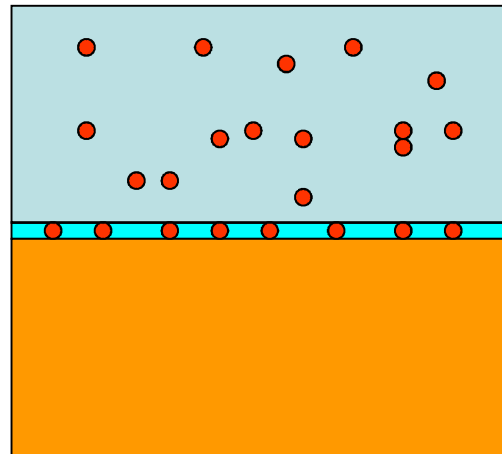
# SORPCE

- děj probíhající na rozhraní dvou fází
- při styku plynů nebo roztoků s pevnou fází mluvíme o **adsorpci**

roztok

mezifáze

pevná látka



adsorbát = látka hromadící se v mezifázi

adsorbent = látka, na jejímž povrchu dochází k adsorpci

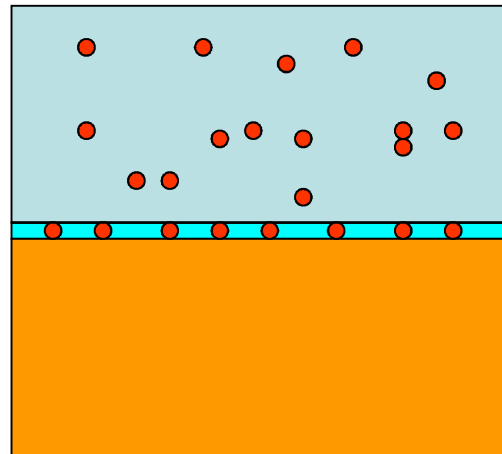
# SORPCE

- děj probíhají na rozhraní dvou fází
- při styku plynů nebo roztoků s pevnou fází mluvíme o **adsorpci**

roztok

mezifáze

pevná látka



adsorbát = látka hromadící se v mezifázi

adsorbent = látka, na jejímž povrchu dochází k adsorpci

terminologická poznámka:

neplést s **absorpcí** = záchyt uvnitř fáze

# SORPCE

**Rozdělení adsorpce podle povahy sil:**

**a) fyzikální**

- **mezimolekulární síly (obdoba van de Waalsových sil)**
- **vazba poměrně slabá, reversibilní**
- **adsorpční energie 0,3 – 3 kJ/mol**
- **rychlé ustanovení rovnováhy**
- **hlavně u plynů (např. na aktivním uhlí)**

# SORPCE

**Rozdělení adsorpce podle povahy sil:**

**a) fyzikální**

- **mezimolekulární síly (obdoba van de Waalsových sil)**
- **vazba poměrně slabá, reversibilní**
- **adsorpční energie 0,3 – 3 kJ/mol**
- **rychlé ustanovení rovnováhy**
- **hlavně u plynů (např. na aktivním uhlí)**

**b) chemické**

- **silnější síly, přechod k silám vedoucím ke vzniku chemických sloučenin**
- **adsorpční energie 40 – 400 kJ/mol**
- **za nízkých teplot často ireversibilní (pro odstranění třeba zahřát na vyšší teplotu)**

# SORPCE

**Popis sorpčního procesu:**

- a) rovnovážná koncentrace mezi kapalnou a pevnou fází**
- b) kinetika procesu – doba nutná pro ustanovení rovnováhy**

# Freundlichova rovnice

Pro popis rozdělení mezi dvě fáze se používá Freundlichova rovnice:

$$C_A = K * C_B^{1/n}$$

$C_A, C_B$	koncentrace látky v fázi A a B
$K$	rozdělovací koeficient
$n$	konstanta



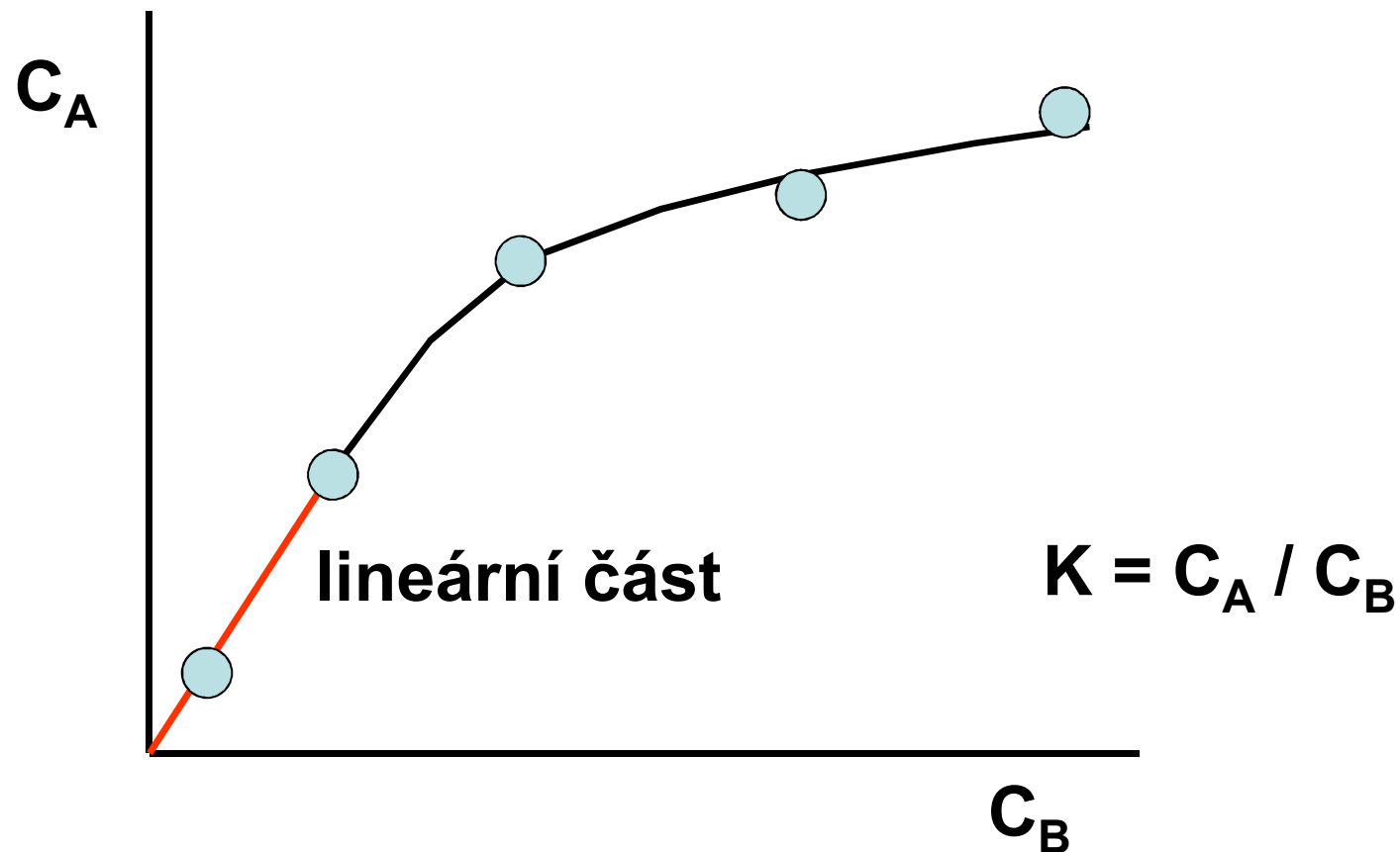
# Freundlichova rovnice

$$C_A = K * C_B^{1/n}$$

$C_A$ ,  $C_B$  koncentrace látky v fázi A a B

$K$  rozdělovací koeficient

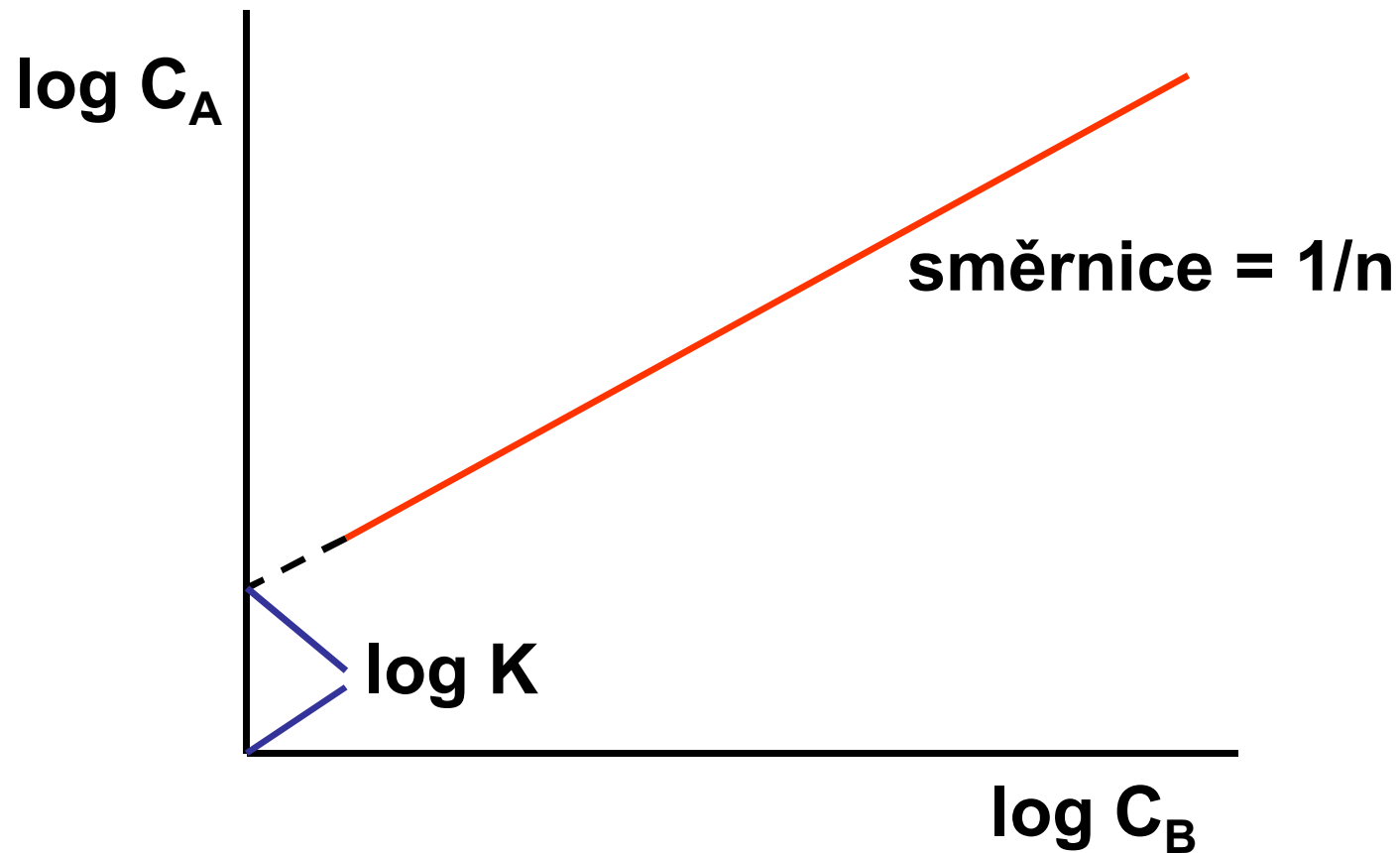
$n$  konstanta



# Freundlichova rovnice

Stanovení konstant K, n

$$\log C_A = 1/n \log C_B + \log K$$



# Langmuirova isoterma

$$C_A/C_{Amax} = K * C_B / (1 + K*C_B)$$

$C_A, C_B$

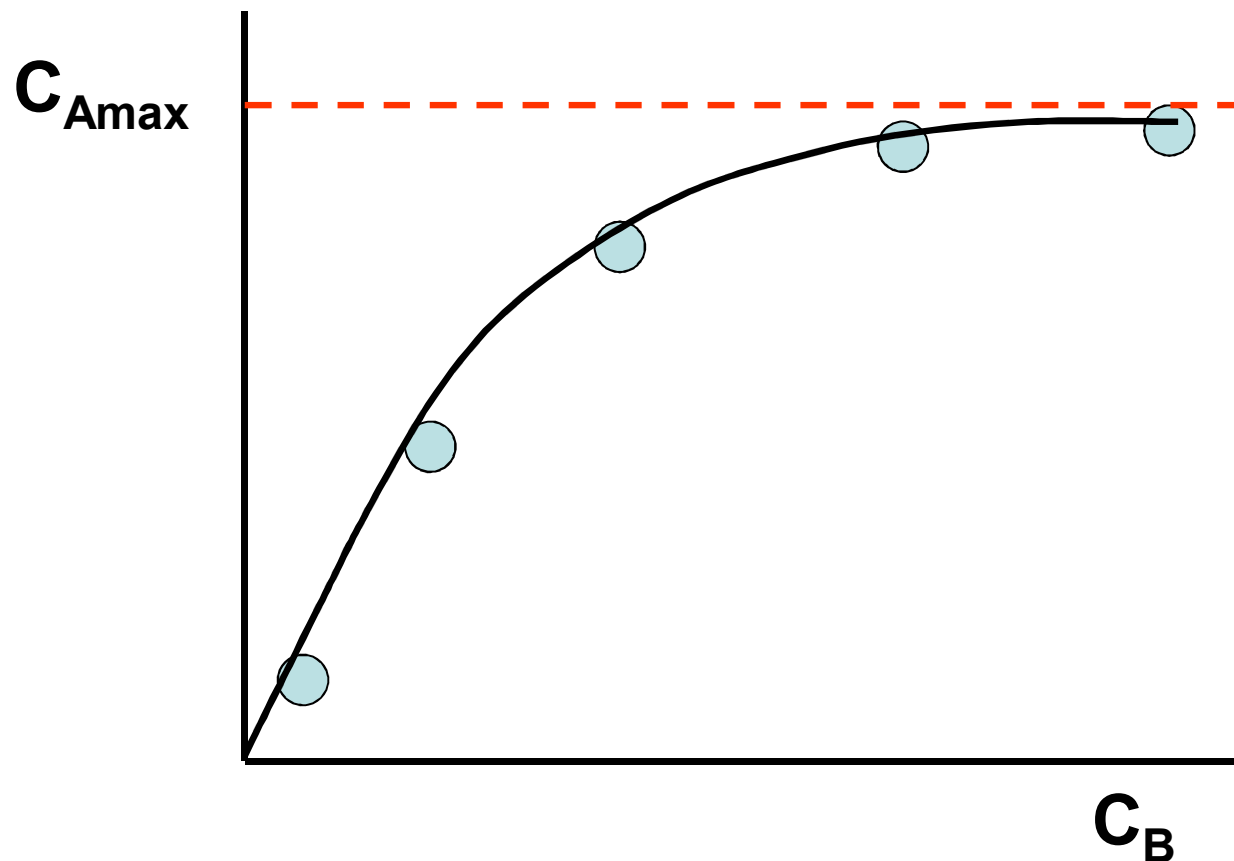
koncentrace látky v fázi A a B

$C_{Amax}$

maximální sorpční kapacita

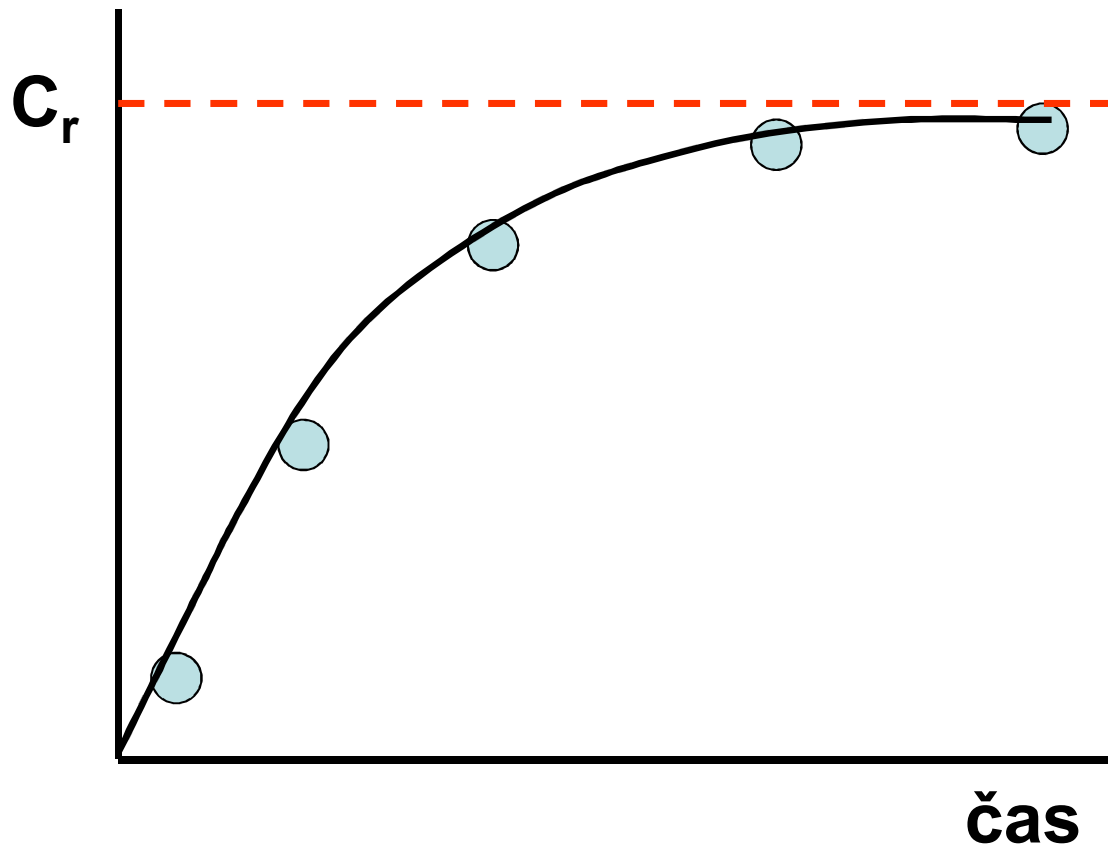
$K$

adsorpční koeficient



# Kinetika sorpce

hodnocení doby potřebné k dosažení rovnovážné koncentrace

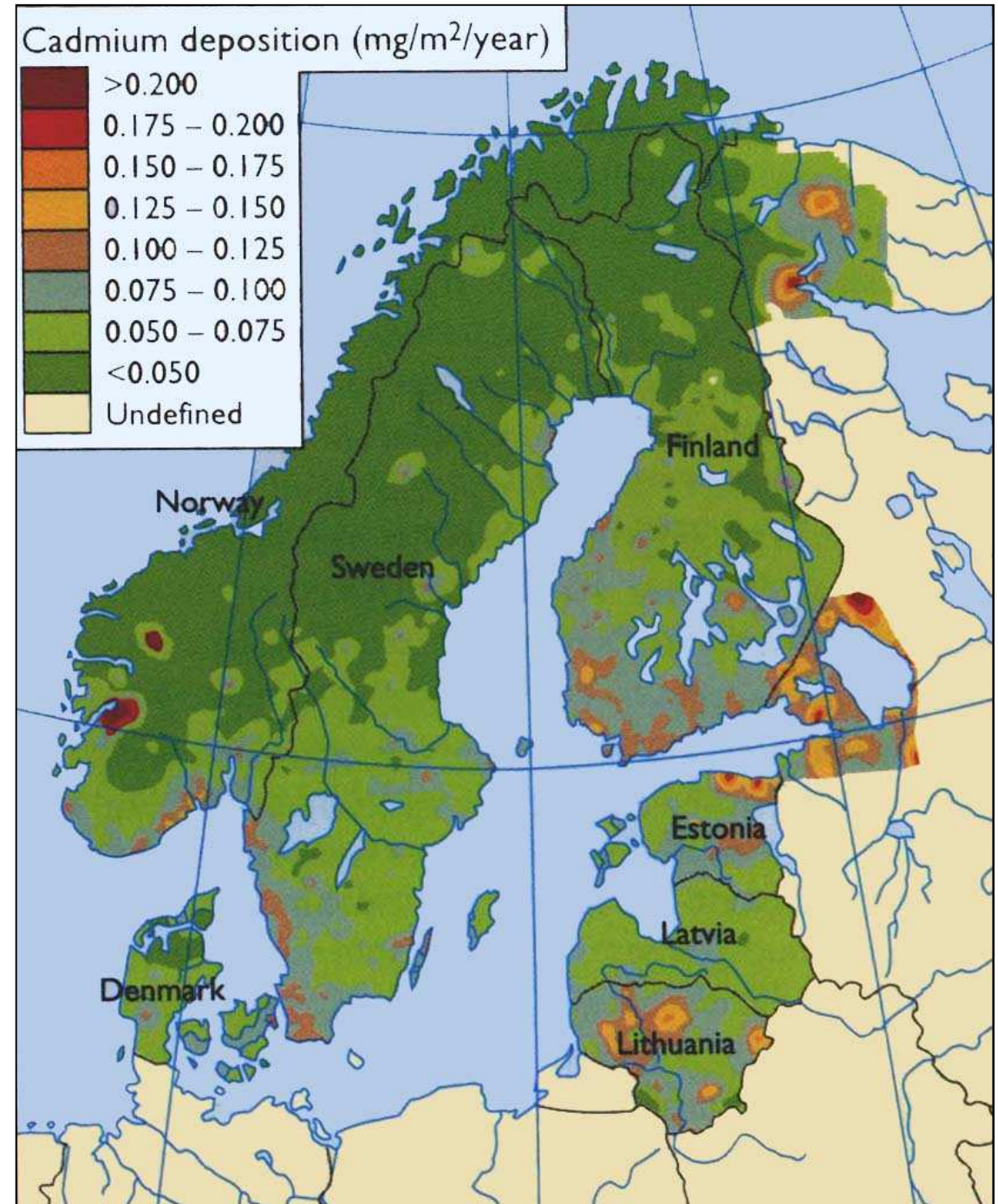


- řádové rozdíly – minuty – roky
- v reálných podmínkách často nedojde k ustavení rovnováhy

# **BRYOMONITORING**

# MONITORING KADMIA VE SKANDINÁVII

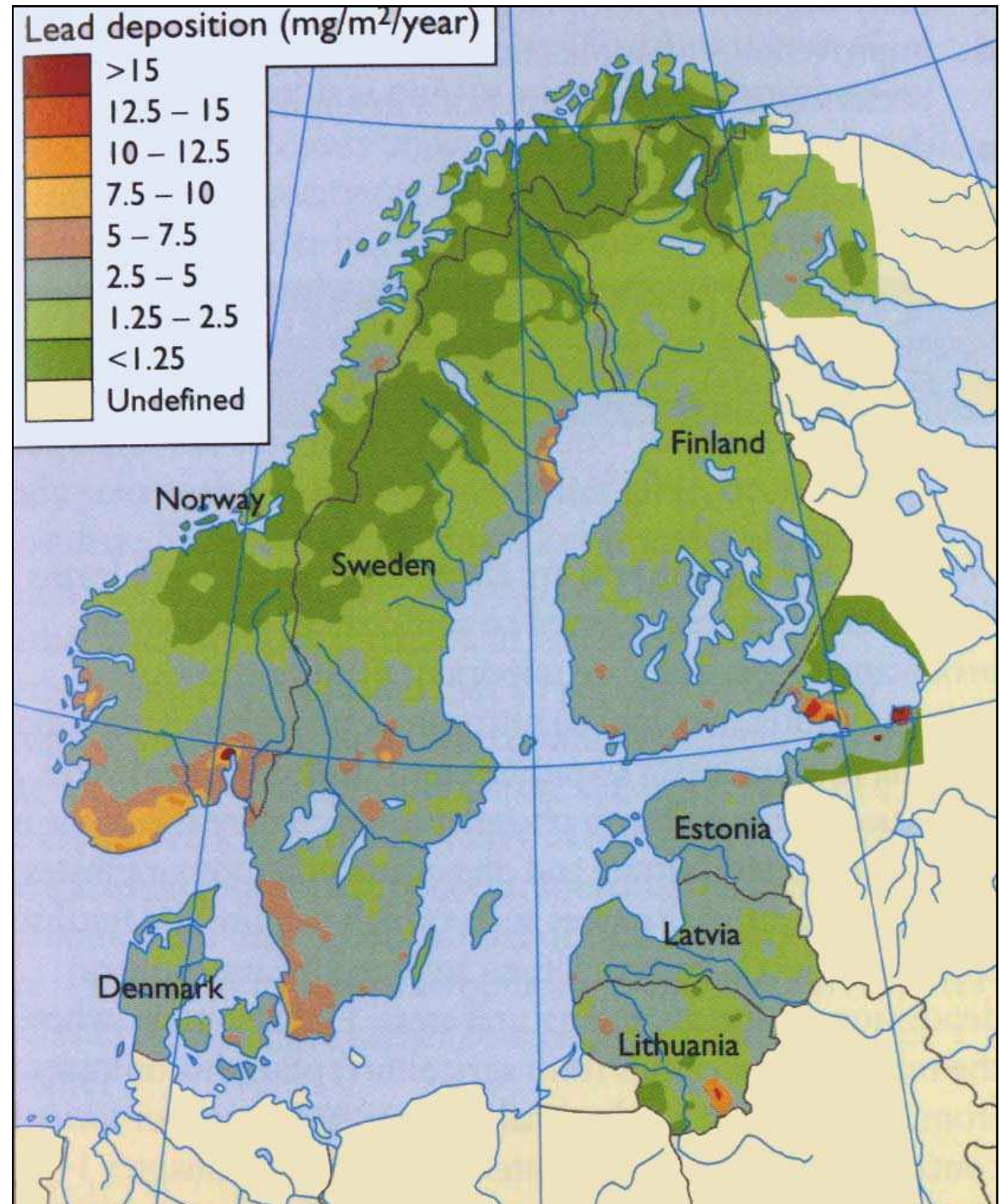
## Monitoring depozice Cd na základě analýz mechů (1990)



(Europa's Environment, 1995)

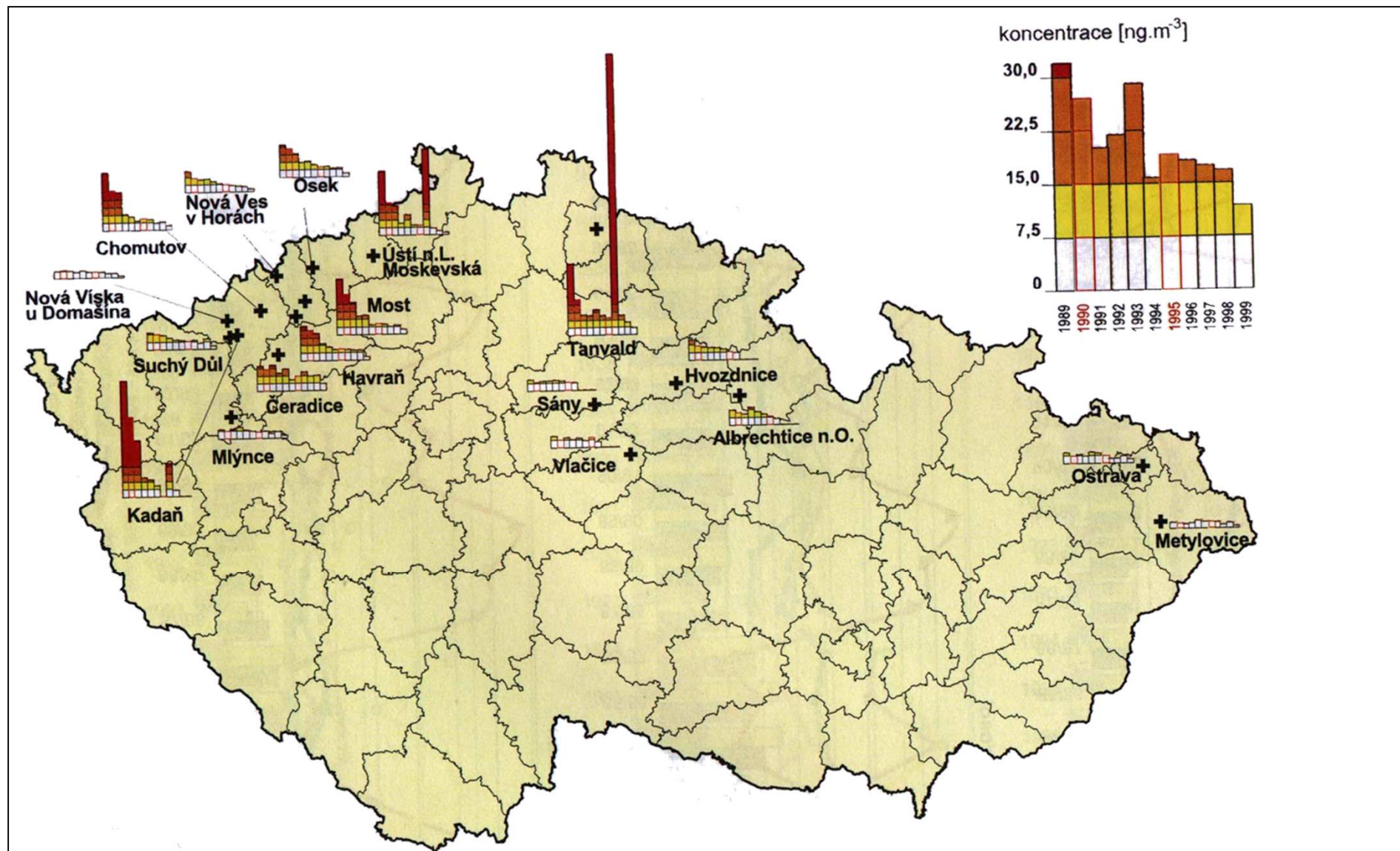
# MONITORING OLOVA VE SKANDINÁVII

Monitoring depozice Pb  
na základě analýz mečů  
(1990)



(Europa's Environment, 1995)

# KONCENTRACE ARSENU V OVZDUŠÍ



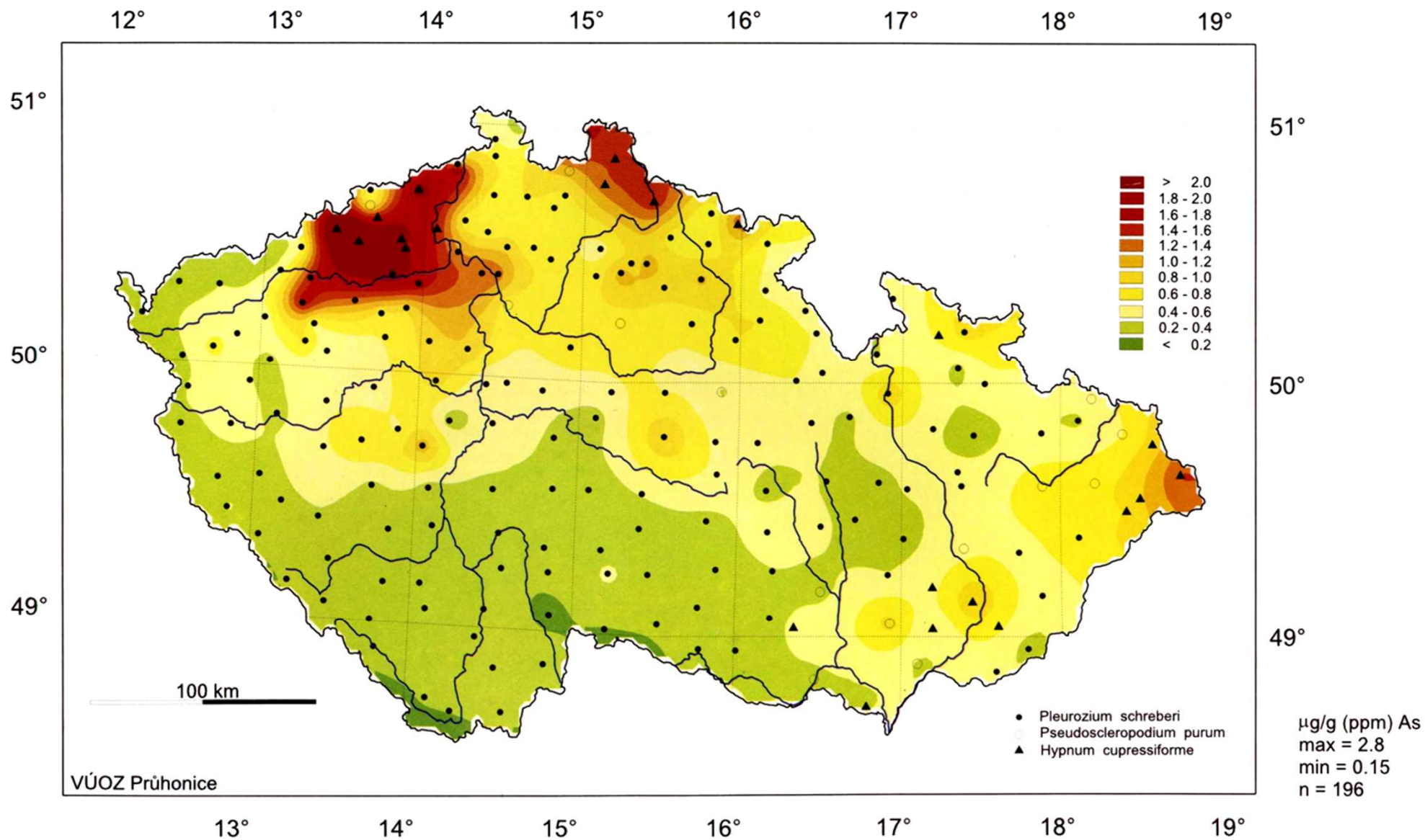
**Průběhy ročních průměrných koncentrací v ovzduší na vybraných stanicích v letech 1989-1999**



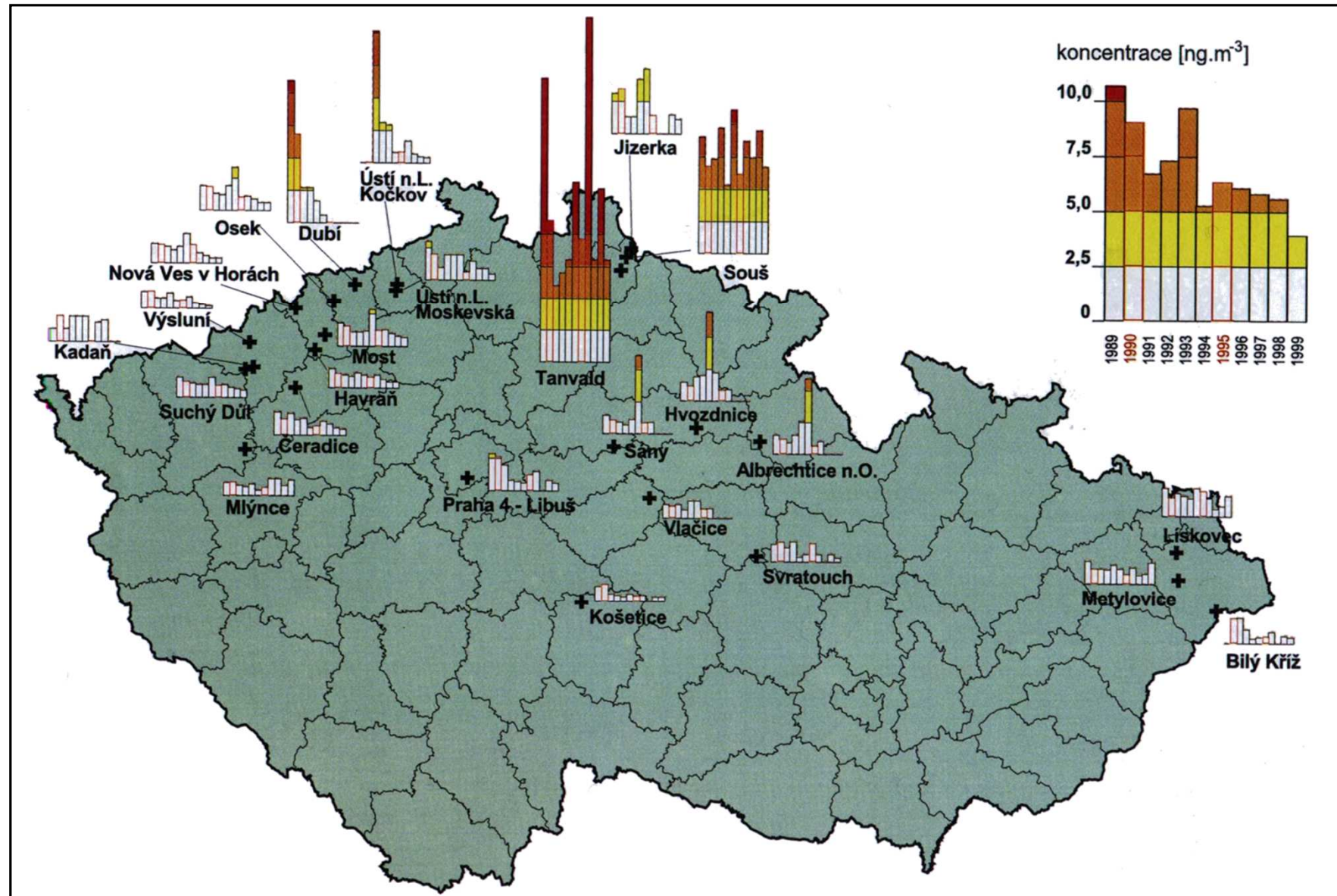
# BRYOMONITORING - ARSEN

CZECH REPUBLIC - atmospheric deposition  
Biomonitoring 1995

MOSS - ARSENIC



# KONCENTRACE KADMIA V OVZDUŠÍ

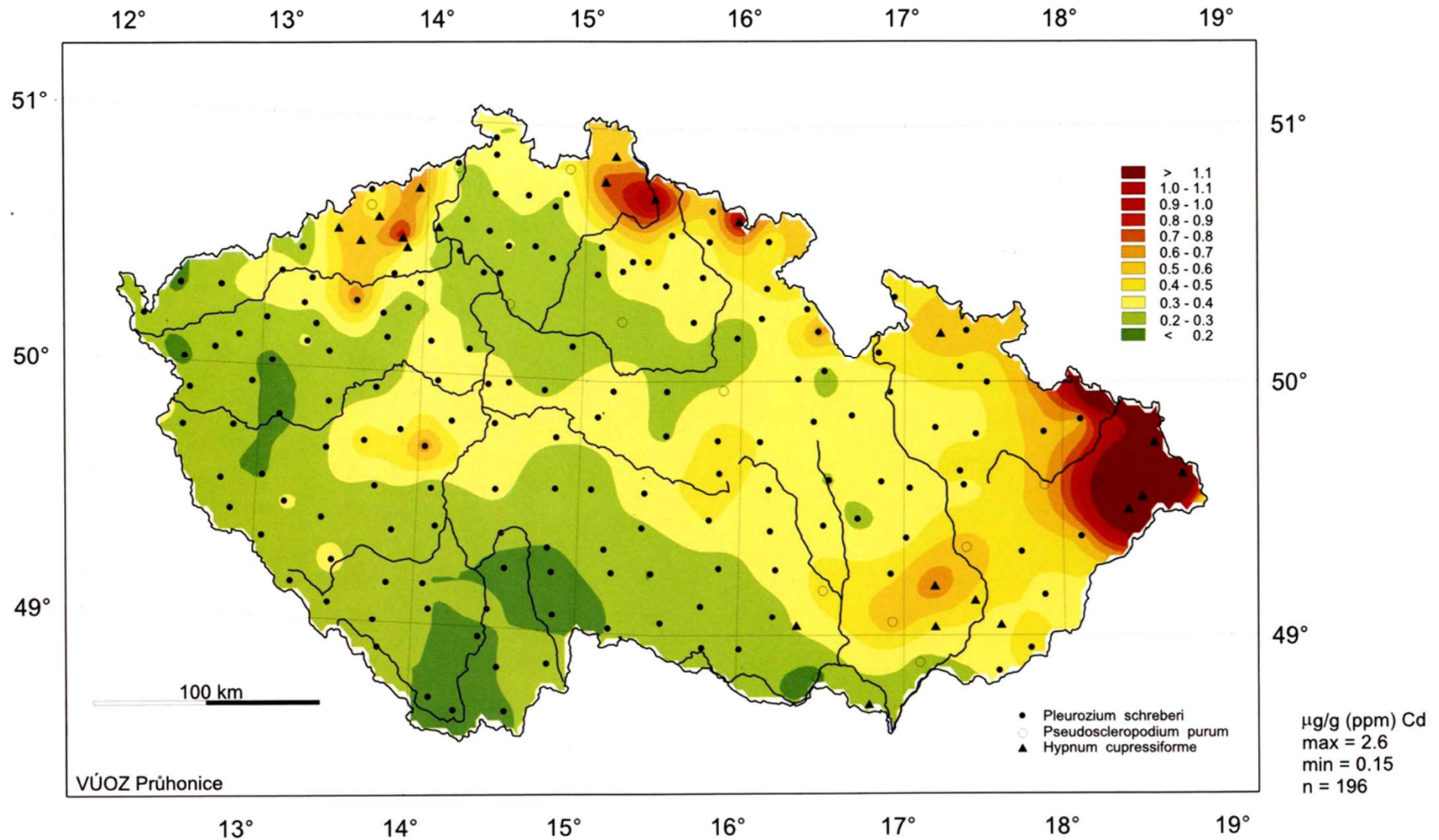


**Průběhy ročních průměrných koncentrací kadmia v ovzduší na vybraných stanicích v letech 1989-1999R**

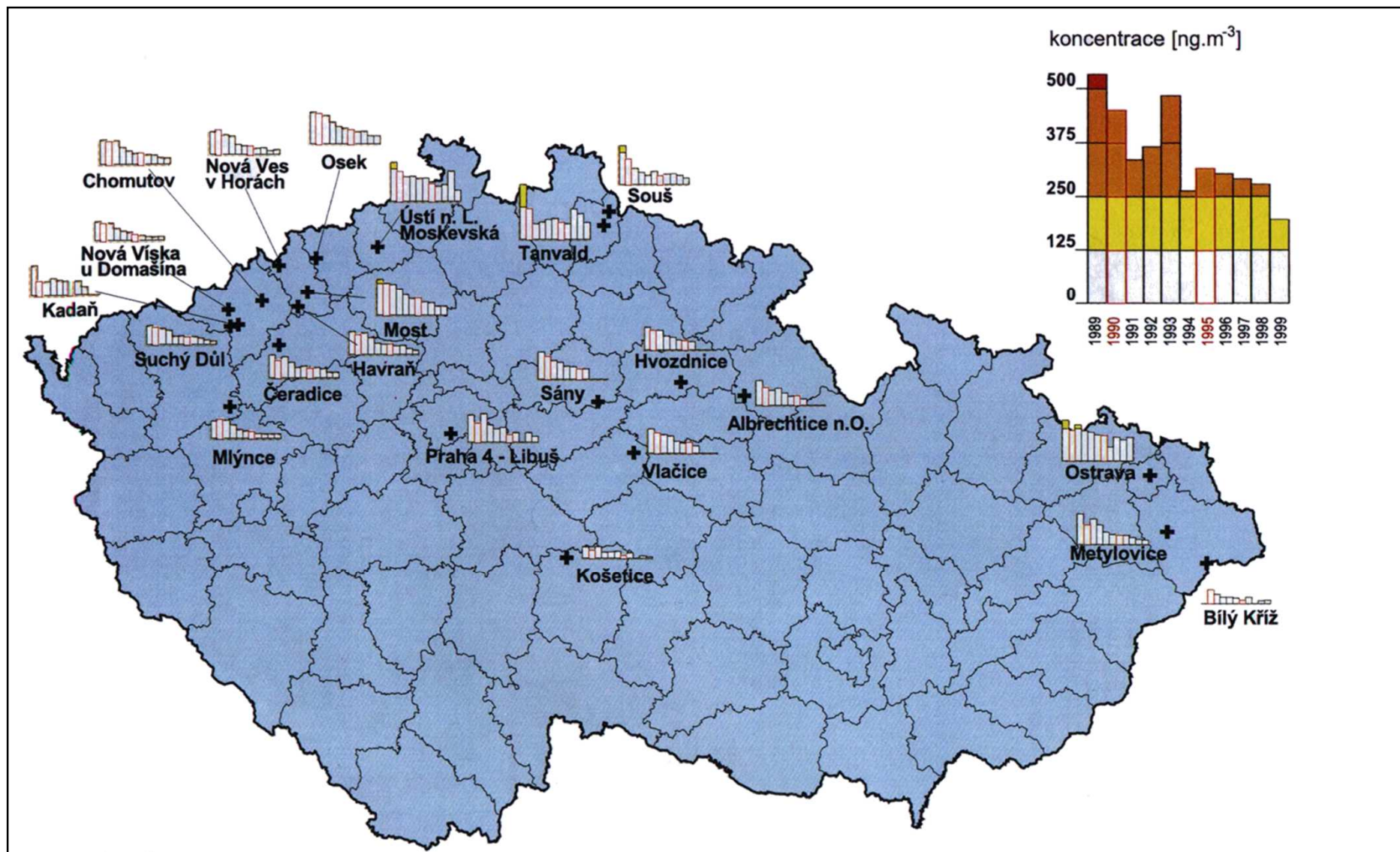
# BRYOMONITORING - KADMIUM

CZECH REPUBLIC - atmospheric deposition  
Biomonitoring 1995

MOSS - CADMIUM



# KONCENTRACE OLOVA V OVZDUŠÍ

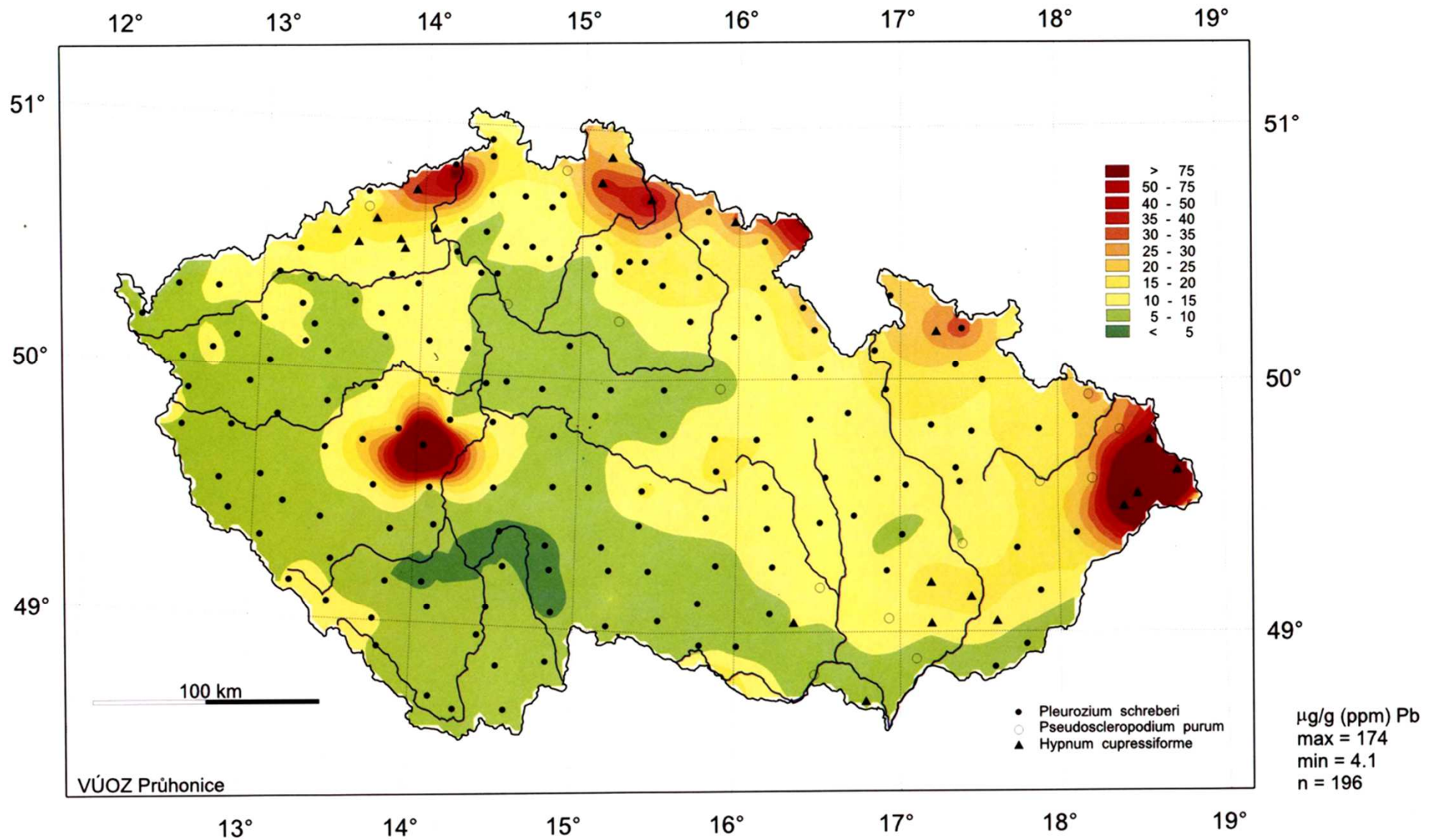


**Průběhy ročních průměrných koncentrací olova v ovzduší na vybraných stanicích v letech 1989-1999**

# BRYOMONITORING - OLOVO

CZECH REPUBLIC - atmospheric deposition  
Biomonitoring 1995

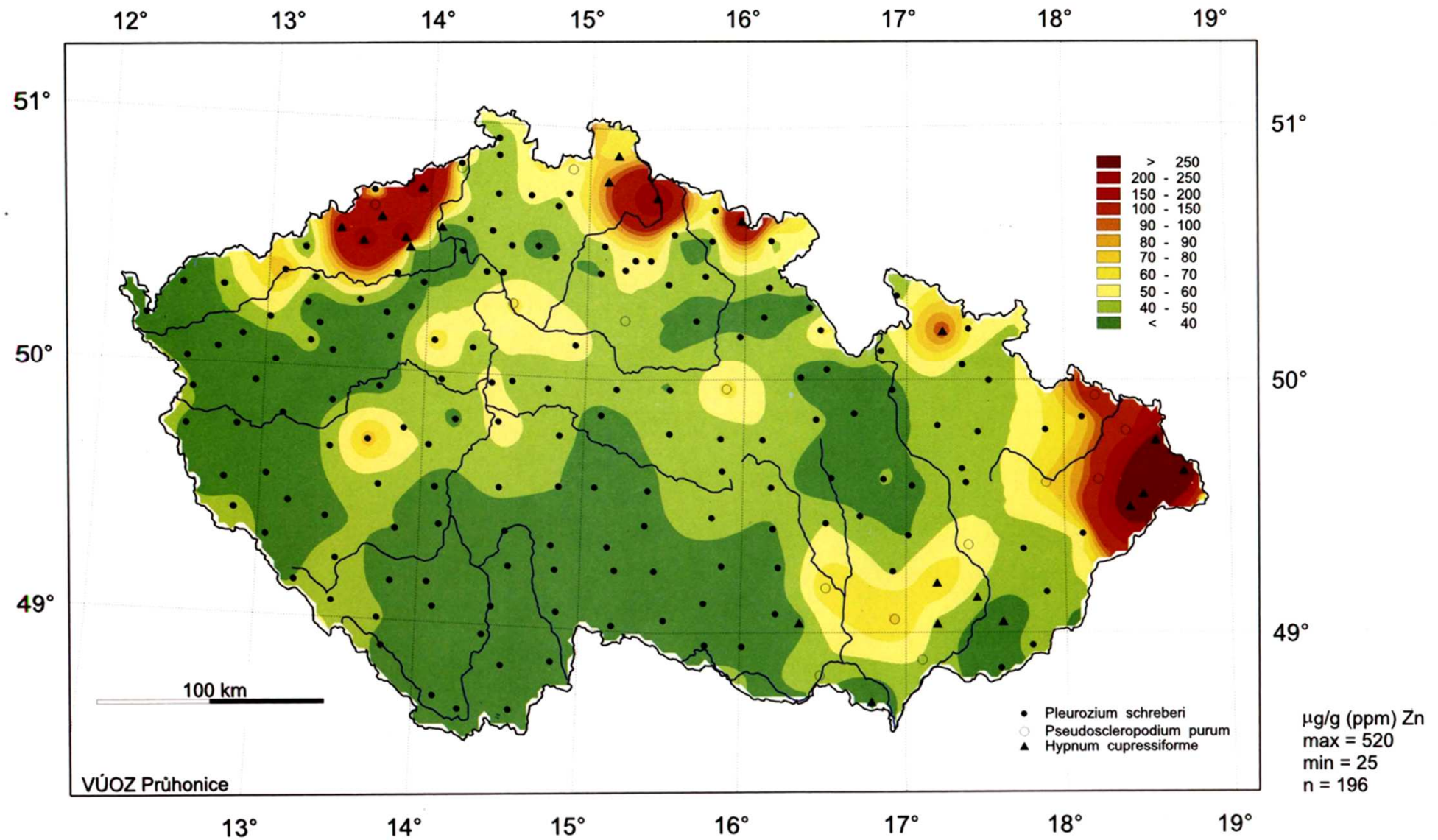
MOSS - LEAD



# BRYOMONITORING - ZINEK

CZECH REPUBLIC - atmospheric deposition  
Biomonitoring 1995

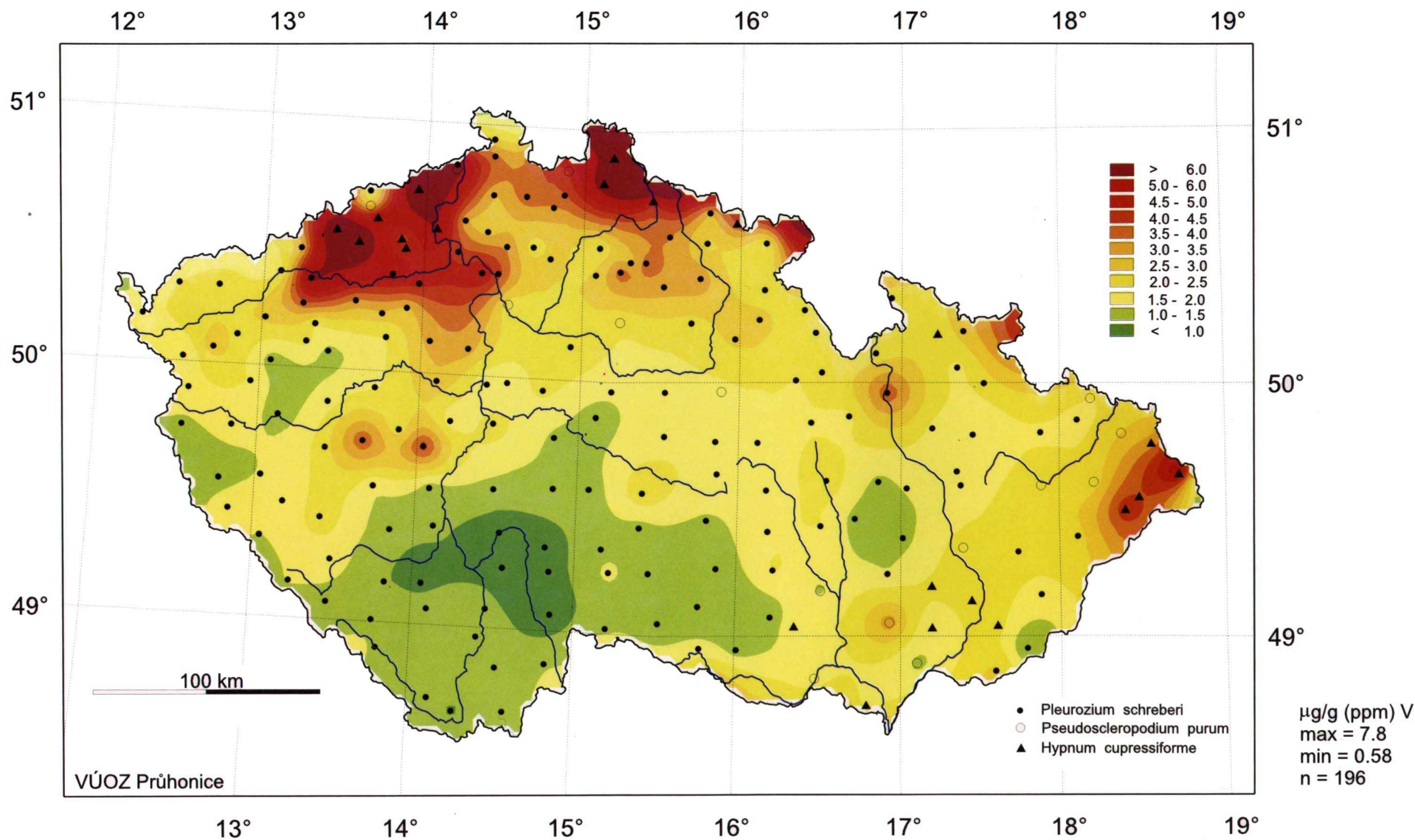
MOSS - ZINC



# BRYOMONITORING - VANAD

CZECH REPUBLIC - atmospheric deposition  
Biomonitoring 1995

MOSS - VANADIUM



**Volatilizace**



# **VOLATILIZACE**

## **VOLATILIZACE**

**= proces, při kterém je látka z kapalné  
nebo pevné fáze uvolňována do fáze plynné**

**-podílí se na něm odpařování a sublimace látky**

# VOLATILIZACE

## VOLATILIZACE

= proces, při kterém je látka z kapalně nebo pevné fáze uvolňována do fáze plynné

-podílí se na něm odpařování a sublimace látky

## Henryho zákon:

= množství rozpuštěného plynu v kapalině je při stále teplotě úměrné jeho parciálnímu tlaku nad kapalinou

$$c = K_H * p$$

$c$  - koncentrace rozpuštěného plynu

$p$  – parciální tlak plynu

$K_H$  – Henryho konstanta

# VOLATILIZACE

## Charakteristika skupin látek podle Henryho konstanty

<b>Henryho konstanta <math>K_h</math> (Pa.mol<sup>-1</sup>.m<sup>-3</sup>)</b>	<b>Charakteristika skupiny</b>
<b>větší než 100</b>	<b>Velmi rychle se uvolňují z vody, volatilizace nastupuje dřív než biodegradace. Př. chlorované uhlovodíky s krátkým řetězcem</b>
<b>25 - 100</b>	<b>Volatilizace pomalejší, díky většímu difúznímu odporu. Patří sem mnoho chlorovaných benzenů</b>
<b>1 -25</b>	<b>Volatilizace velmi pomalá, mohou převládat konkurenční proces, jako sorpce na pevné nebo koloidní materiály (př. většina PCB)</b>
<b>Menší než 1</b>	<b>Volatilizace prakticky nevýznamná, zcela převládají konkurenční procesy (př. některé polychlorované dibenzo-p-dioxiny)</b>

# VOLATILIZACE

## **Závislost na teplotě:**

- **s rostoucí teplotou – roste volatilizace**
- **např. u PCB zvýšení teploty o 10 °C vede ke zdvojnásobení volatilizace**
- **globální důsledek:**
  - **rychlá volatilizace v teplých oblastech**
  - **opětovný záchyt v chladných oblastech (teplotní past)**

# **Biokoncentrace**

# BIOKONCENTRACE

- **látky s nízkou degradabilitou mají tendenci ke kumulaci v potravním řetězci**

**Biokoncentrace obecně:**

**záchyt látky z prostředí do živého organismu**

- **biokoncentrační faktor**

**BCF = koncentrace v organismu : koncentrace v prostředí**

**BCF = 1      rovnováha s prostředím**

**BCF < 1      převaha obranných mechanismů**

**BCF > 1      převaha koncentračních mechanismů**

# BIOKONCENTRACE

časté terminologické nejasnosti

Rozdělení podle Wita (1992) pro vodní ekosystémy

- **biokoncentrace** - záchyt na povrchu těla, ne potravou  
biokoncentrační faktor  $BCF = c_{org} / c_{voda}$
- **bioakumulace** - záchyt potravním řetězcem  
bioakumulační faktor  $BAF = c_{lipidy\ org.} / c_{lipidy\ potrava}$   
(koncentrace v lipidové tkáni u organismu a jeho kořisti)
- **biomagnifikace** - bioakumulace pro vyšší trofickou úroveň

# **Acidobasické reakce**



# **Mobilizace kovů biologickým loužením**

# Výroba vitriolu

## Kryštofovo údolí

- údolí a obec u Liberce
- těžba barevných kovů
- doklady o výrobě vitriolu



# Výroba vitriolu



Kryštofovo  
údolí



# Výroba vitriolu



**Důlní rokle – v 16. století těžba rud**

# Výroba vitriolu

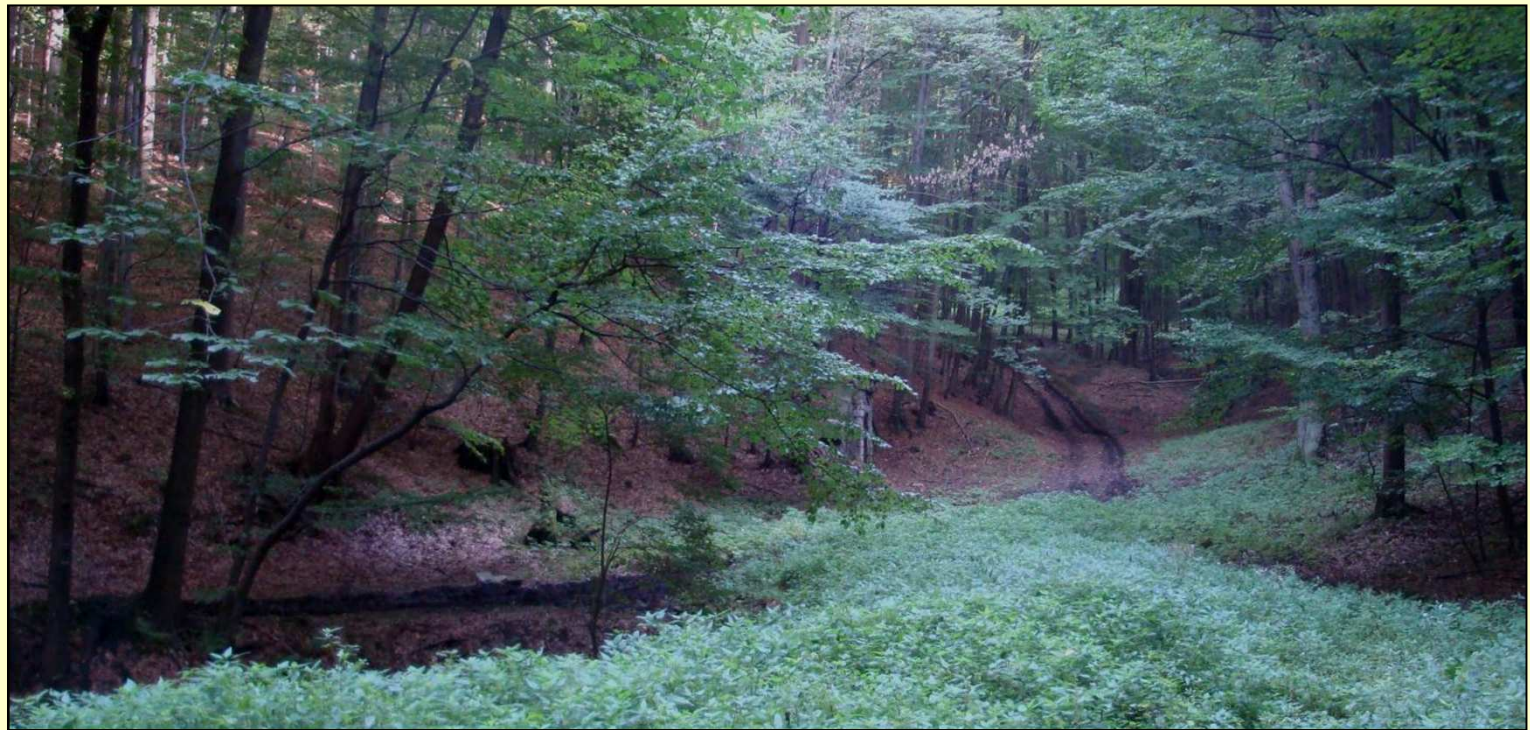


**Důlní rokle – v 16. století těžba rud**

# Výroba vitriolu

## Kryštofovo údolí – Důlní rokle

- doklady ze 16. století o výrobě vitriolu
- jako surovina se těžil pyrit ( $\text{FeS}_2$ )
- vitriol – název používaný
  - pro kyselinu sírovou ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )
  - pro zelenou skalici  
(síran železnatý  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ )



# Výroba vitriolu

**Historický výrobní postup ze 16. století:**

- rozdrcení horniny s pyritem
- ponechání rok na haldách venku - zvětrávání



# Výroba vitriolu

**Historický výrobní postup ze 16. století:**

- rozdrčení horniny s pyritem
- ponechání rok na haldách venku - zvětrávání
- hornina se naházela do vodotěsných jam a zalila vodou
- do vody se začal rozpouštět síran železnatý





# Výroba vitriolu

**Historický výrobní postup ze 16. století:**

- rozdrčení horniny s pyritem
- ponechání rok na haldách venku - zvětrávání
  
- hornina se naházela do vodotěsných jam a zalila vodou
- do vody se začal rozpouštět síran železnatý
  
- výluh se sbíral a na pánvích varem zahušťoval až ke krystalizaci
- vzniklé krystaly zelené skalice se prodávaly
- využití v činění kůží, barvení látek, výrobě kyseliny sírové

# Výroba vitriolu

**Historický výrobní postup ze 16. století:**

- rozdrčení horniny s pyritem
- ponechání rok na haldách venku – zvětrávání
- hornina se naházela do vodotěsných jam a zalila vodou
- do vody se začal rozpouštět síran železnatý
- výluh se sbíral a na pánvích varem zahušťoval až ke krystalizaci
- vzniklé krystaly zelené skalice se prodávaly
- využití v činění kůží, barvení látek, výrobě kyseliny sírové

**Podstata procesu:**

**činností sirných bakterií za přítomnosti kyslíku dochází k oxidaci  
sirníku železnatého na síran železnatý a zředěnou kyselinu sírovou**

# Výroba vitriolu

**Historický výrobní postup ze 16. století:**

- rozdrčení horniny s pyritem
- ponechání rok na haldách venku – zvětrávání
- hornina se naházela do vodotěsných jam a zalila vodou
- do vody se začal rozpouštět síran železnatý
- výluh se sbíral a na pánvích varem zahušťoval až ke krystalizaci
- vzniklé krystaly zelené skalice se prodávaly
- využití v činění kůží, barvení látek, výrobě kyseliny sírové

**Podstata procesu:**

**činností sirných bakterií za přítomnosti kyslíku dochází k oxidaci  
sirníku železnatého na síran železnatý a zředěnou kyselinu sírovou**

**V technologii se proces označuje jako biologické loužení**

# Výroba vitriolu

**Ekologické problémy historické výroby:**

- emise par kyseliny sírové při odpařování
- úniky kyselých vod do potoků

**zpráva z roku 1557:**

**... vinou výroby vitriolu by otráveny ryby v řece Rokytce pod ústím Důlního potoka ...**



# Mobilizace kovů

Působením některých **sirných bakterií** (*Thiobacillus ferrooxidans*) dochází za přítomnosti kyslíku ze vzduchu k oxidaci sirníku na síran a zředěnou kyselinu sírovou

**Kyselina sírová** rozpouští většinu kovů a tím je převádí do mobilního stavu, ve kterém vstupují do kontaktu s biotou a mohou vyvolávat toxické efekty

# Mobilizace kovů

Působením některých **sirných bakterií** (*Thiobacillus ferrooxidans*) dochází za přítomnosti kyslíku ze vzduchu k oxidaci siřníku na síran a zředěnou kyselinu sírovou

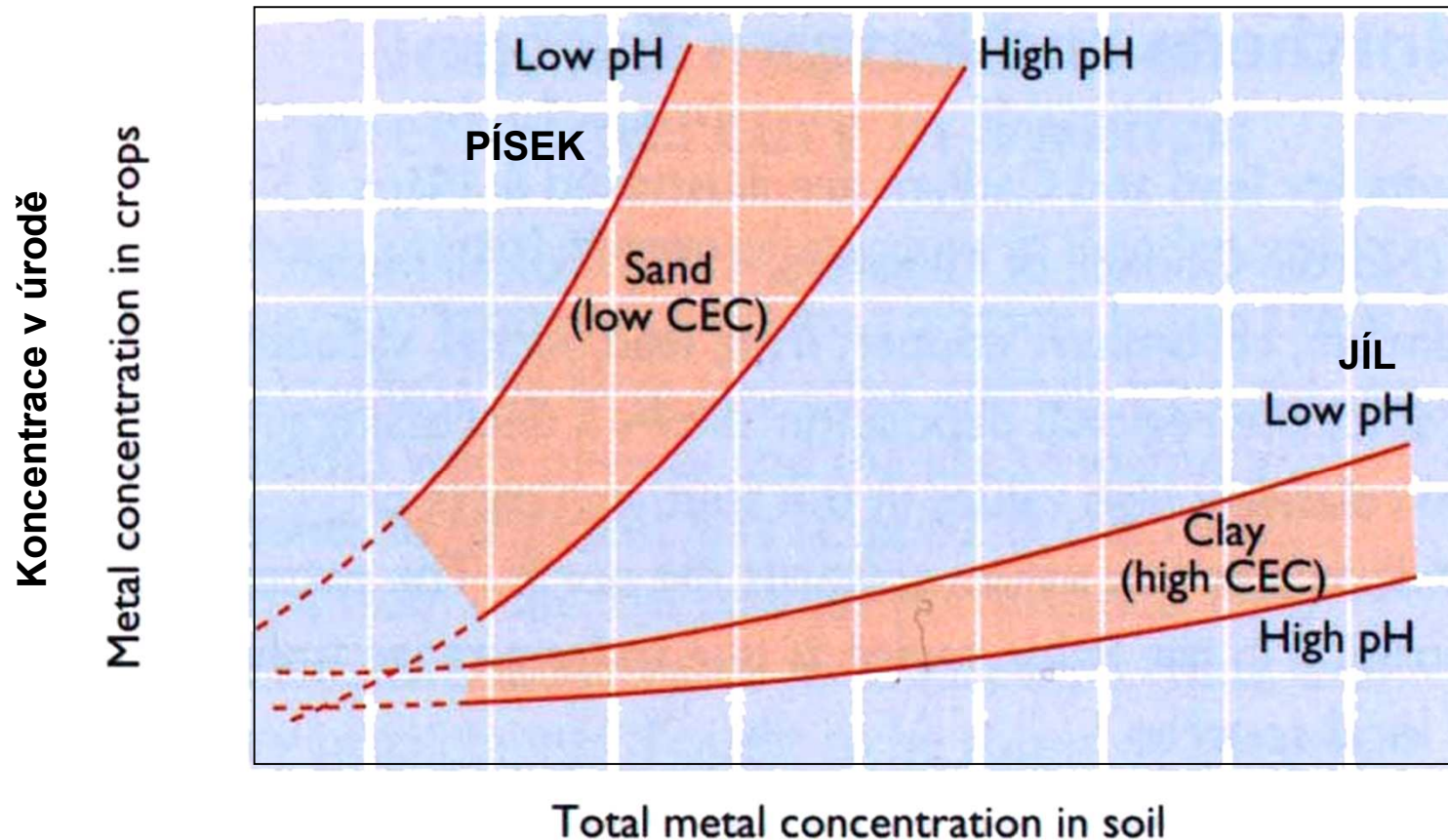
**Kyselina sírová** rozpouští většinu kovů a tím je převádí do mobilního stavu, ve kterém vstupují do kontaktu s biotou a mohou vyvolávat toxické efekty

Typické pro:

- důlní vody vytékající ze starých šachet
- srážkové a podzemní vody v povrchových dolech na hnědé uhlí
- srážkové vody protékající starými haldami po těžbě rud

# Biokoncentrace – vliv dalších faktorů

## Přestup kadmia z půdy do rostliny

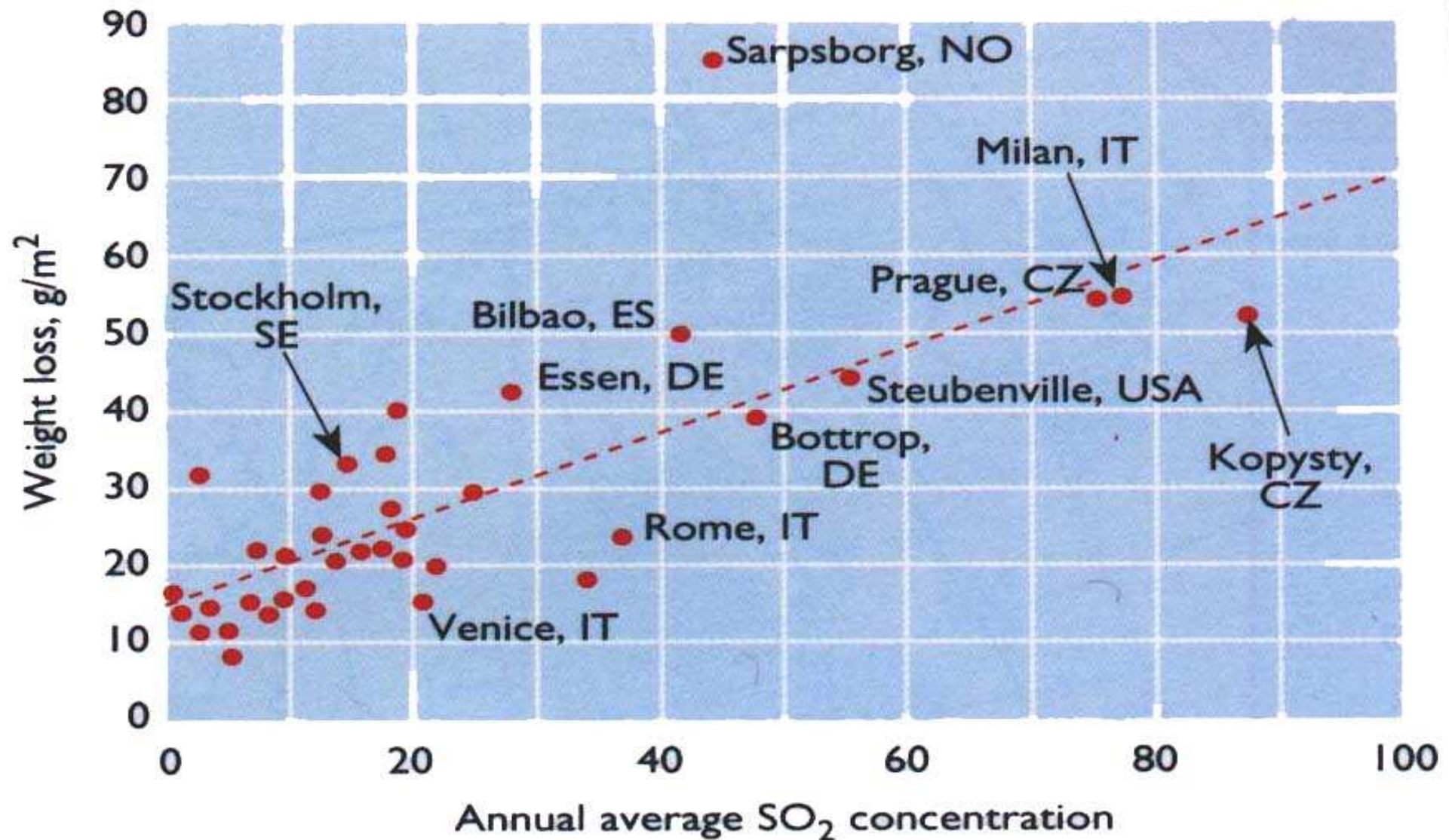


Note: CEC = cation exchange capacity.  
(kationtová výměnná kapacita)

Konzentrace v půdě

# NEUTRALIZACE

ZÁVISLOST MEZI ROČNÍ ZTRÁTOU VÁPENCE A KONCENTRACÍ SO<sub>2</sub>



(Europa's Environment, 1995)



# Fotolýza

# FOTOLÝZA

- **častý mechanismus u řady organických látek**
- **abiotický degradační proces organických látek založený na absorpci elektromagnetického záření**
- **v reálném prostředí je omezena na:**
  - **atmosféru**
  - **povrchovou vrstvu vody (závislost na zákalu)**
  - **povrch půdy a organismů**

**Dva mechanismy:**

**a) přímá fotolýza**

**b) nepřímá fotolýza**

# FOTOLÝZA

a) **přímá fotolýza** - se zářením reaguje přímo kontaminant

- záchyt záření kontaminantem
- tvorba volného radikálu (většinou)
- následná reakce

# FOTOLÝZA

a) **přímá fotolýza** - se zářením reaguje přímo kontaminant

- záchyt záření kontaminantem
- tvorba volného radikálu (většinou)
- následná reakce

b) **nepřímá fotolýza** - se zářením reaguje jiná látka, produkty reakce působí na kontaminant

- záchyt záření jinou látkou, např. kyslíkem
- tvorba volného radikálu, př. O.
- reakce volného radikálu s kontaminantem

# FOTOLÝZA

## **Příklad:**

- chlorované uhlovodíky: hexachlorobutadien, dichlorethen, tetrachlorethen, dichlorpropen, chlorované benzeny, atd.
- reagují se zářením o vlnové délce  $>290$  nm (UV-B 280-320 nm)
- výsledné produkty:  $\text{CO}_2$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$

# DEGRADACE PESTICIDŮ

Studována degradace a loužení pesticidů používaných při pěstování obilí a sóji v Brazílii

Uspořádání:

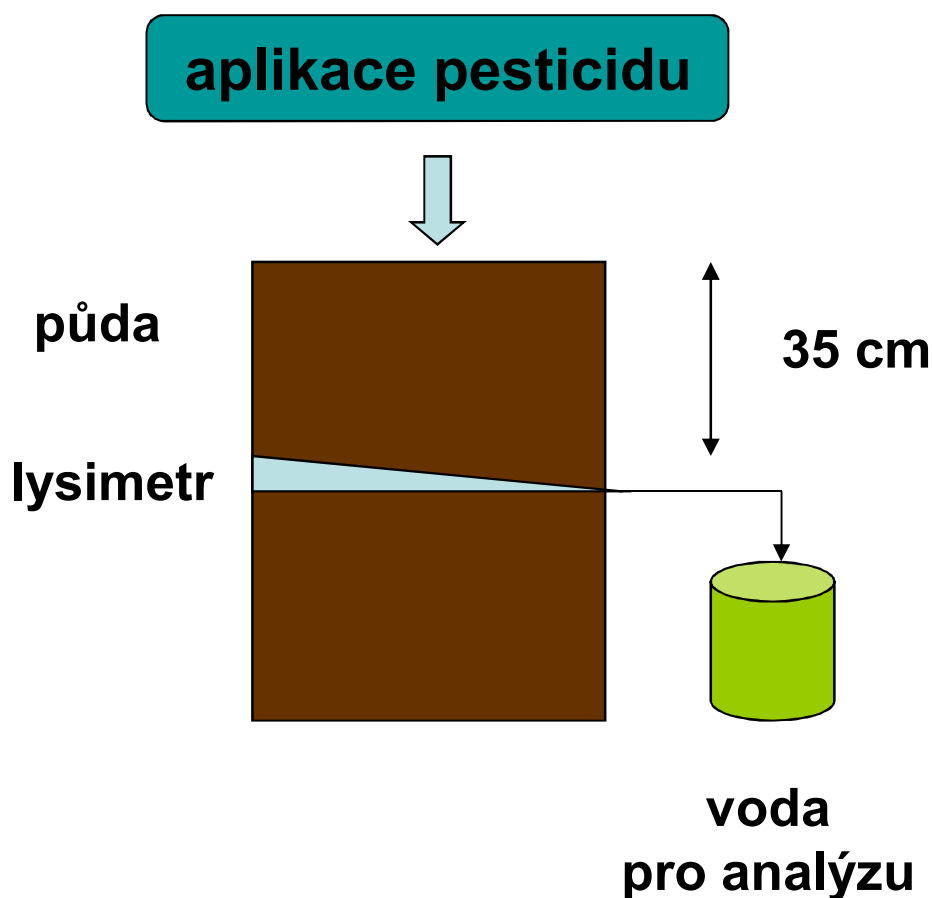
- polní experimenty
- hloubka profilu = 35 cm
- odběr vody lysimetry
- doba trvání – 28 dní

Hodnocené pesticidy:

- metolachlor
- simazine
- atrazine
- monocrotofos
- endosulfan  $\alpha$
- chlorpyrifos
- trifluarine
- $\lambda$ -cyhalotrin

polární

nepolární



# DEGRADACE PESTICIDŮ

Průnik pesticidů půdním profilem je značně závislý na obecných vlastnostech – především na polaritě

Rozpadové křivky odpovídají:

- u polárních látek – exponenciální funkci
- u nepolárních – bi-exponenciální funkci

Odpovídá rozpadu ve dvou fázích:

(1) Počáteční rychlá fáze na povrchu – fotolýza, hydrolýza

(2) Pomalejší mikrobiální rozklad uvnitř půdního tělesa

(a) jednoduchá exponenciální funkce

$$C_t = C_0 * e^{-k * t}$$

(b) bi-exponenciální funkce

$$C_t = C_1 * e^{-k_1 * t} + C_2 * e^{-k_2 * t}$$

kde je:  $t$  – čas

$C_t$  – koncentrace v čase  $t$

$C_0$  – koncentrace v čase 0

$C_1, C_2$  – konstanty, přičemž platí  $C_1 + C_2 = C_0$

$k_1, k_2$  – rozpadové rychlostní konstanty ( $k_1 > k_2$ )

# DEGRADACE PESTICIDŮ

$DT_{50}$  = poločas rozpadu, doba, za kterou se rozloží 50 % aplikovaného množství

Zjištěné experimentální hodnoty v rozsahu: 0,9 – 13,9 dne

Konkrétní hodnoty jsou závislé na vnějších podmínkách – především klimatu

**Klima jihoamerických savan**  
Průměrná roční teplota 23 °C  
Roční úhrn srážek 1900 mm

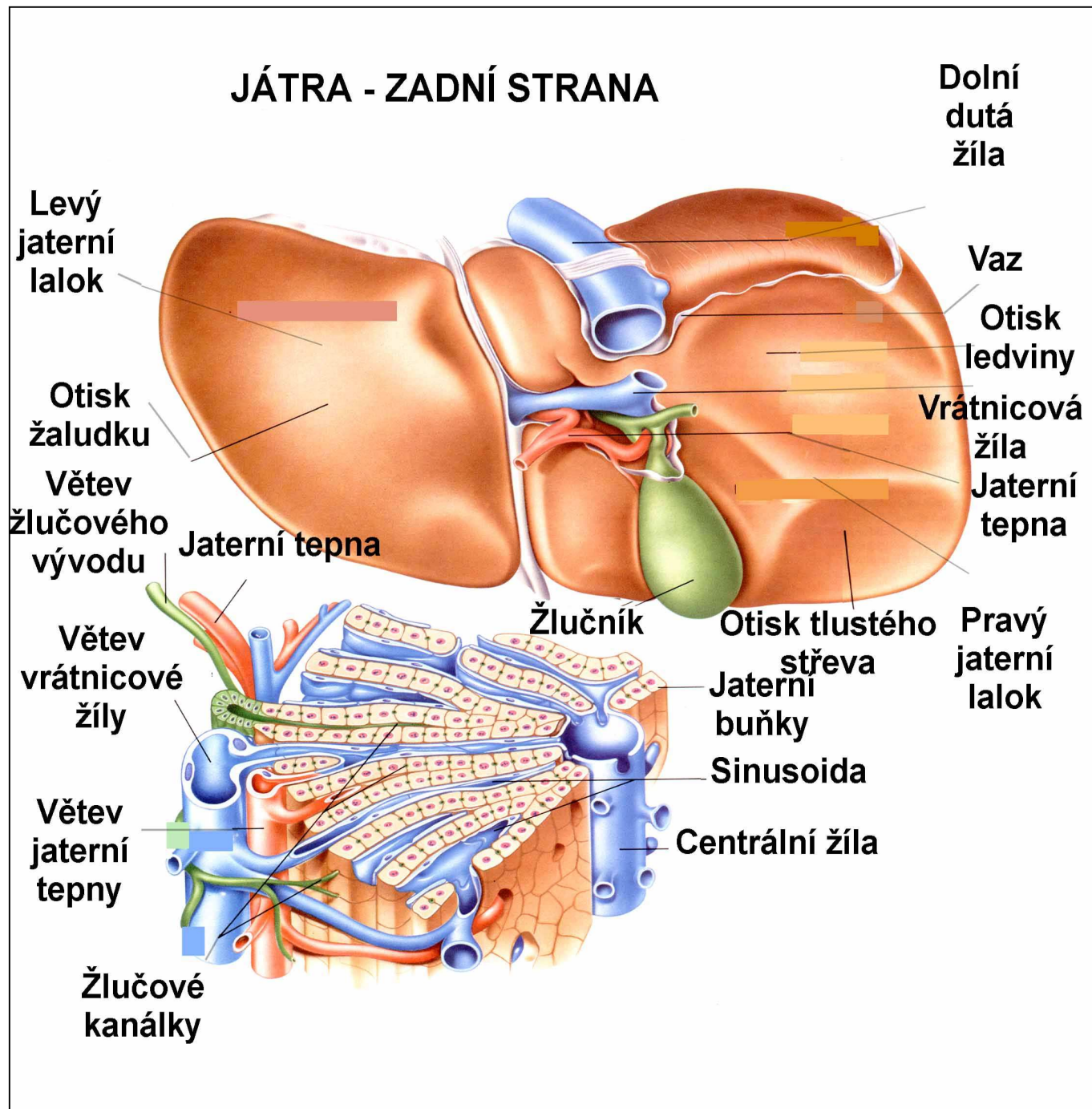
**Klima evropského mírného pásu**  
Průměrná teplota 8 - 10 °C  
Roční úhrn srážek 800 – 1000 mm

**Poločasy rozpadu**  
10 – 20 x kratší  
než v Evropě

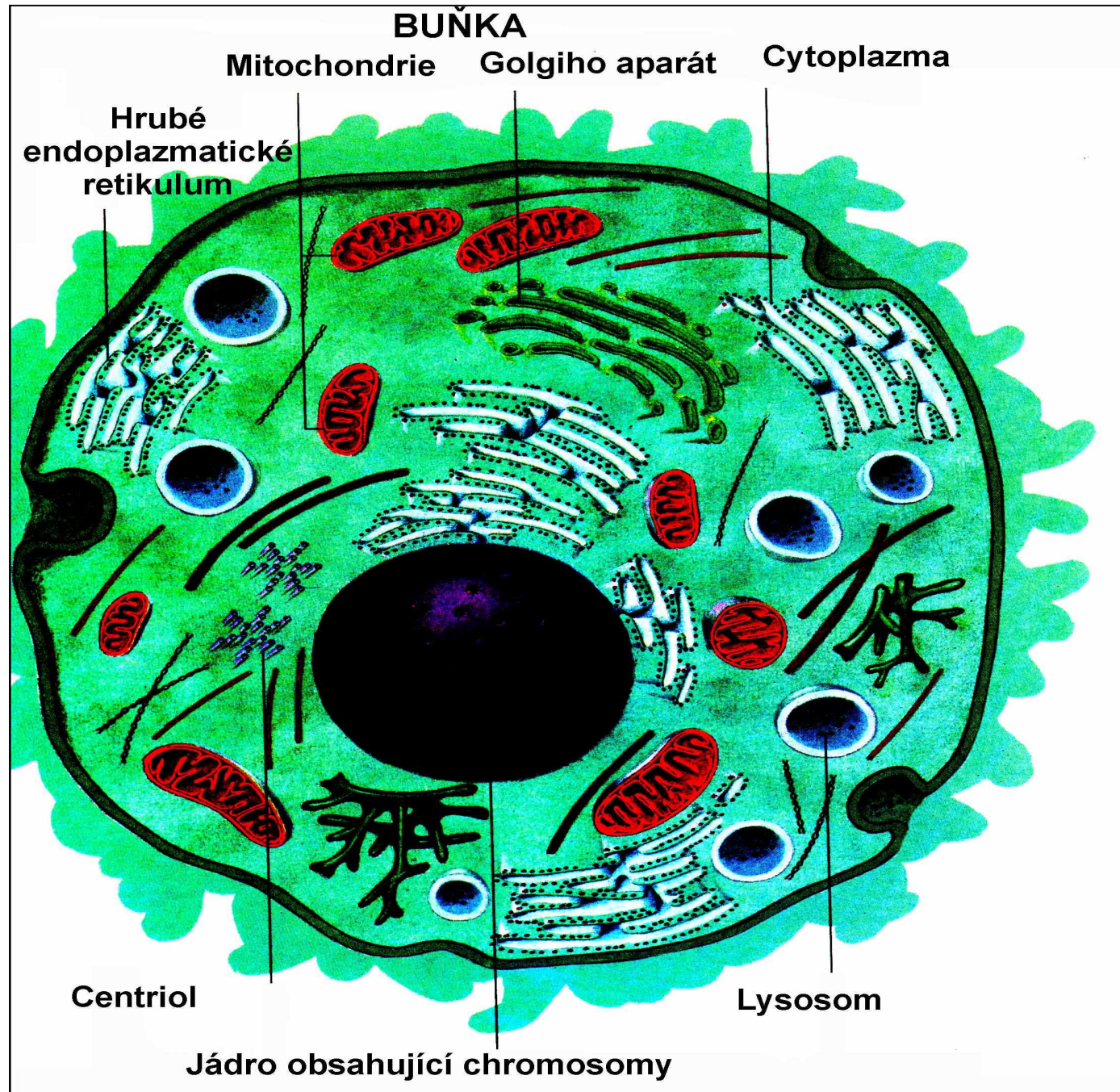


# Detoxikace

# DETOXIKACE



# DETOXIKACE



# Metabolismus lipofilních látek

Obecné schéma detoxikace lipofilních látek:

toxikant (ve vodě nerozpustný)

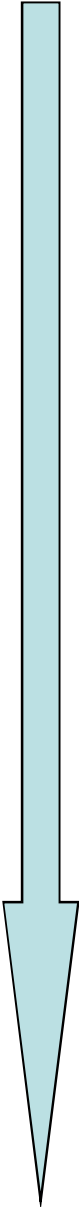
1. fáze            převedení na více rozpustnou formu

metabolit (ve vodě částečně rozpustný)

2. fáze            ve vodě rozpustná látka se připojuje  
k metabolitu

konjugát (ve vodě rozpustný)

**EXKRECE**



# Metabolismus lipofilních látek

Obecné schéma detoxikace lipofilních látek:

toxikant (ve vodě nerozpustný)

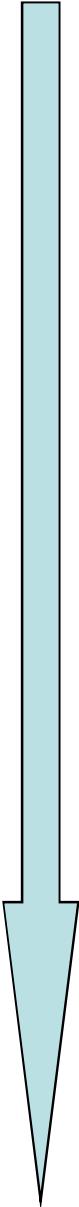
1. fáze                      endoplasmatické retikulum

metabolit (ve vodě částečně rozpustný)

2. fáze                      cytosol

konjugát (ve vodě rozpustný)

**EXKRECE**



# **Mikrobiální degradace**

# MIKROBIÁLNÍ DEGRADACE

**Faktory ovlivňující biodegradaci:**

- 1. Koncentrace kontaminantu**
- 2. Koncentrace organického substrátu**
- 3. Přítomnost inertního nosiče**
- 4. Abiotické faktory prostředí**
- 5. Biotické faktory prostředí**

# MIRKOBIÁLNÍ DEGRADACE

- **ideální stav: mikroorganismus využívá kontaminant jako zdroj energie i hmoty (uhlíku)**
- **pokud se jedná pouze o zdroj energie nebo pouze zdroj hmot - nutná přítomnost kometabolitu**
- **substrát může být toxický i pro metabolizující organismus - nutnost podlimitní netoxické koncentrace**



**4.4.**

# **EXPOZICE ORGANISMU**

# EXPOZICE ORGANISMU

- **INHALACE – trávicí soustavou**
- **INGESCE – dýchací soustavou**
- **POVRCHEM TĚLA**

# Matematické modely

**Ingesce vody při pití**

$$\text{CDI} = \text{CW} \times \text{IR} \times \text{EF} \times \text{ED} / (\text{BW} \times \text{AT})$$

**CDI** chronický denní příjem (mg/kg/den)

**CW** koncentrace ve vodě (mg/l)

**IR** množství požité vody (l/den)

**EF** frekvence expozice (den/rok)

**ED** trvání expozice (rok)

**BW** váha těla (kg)

**AT** doba průměrování

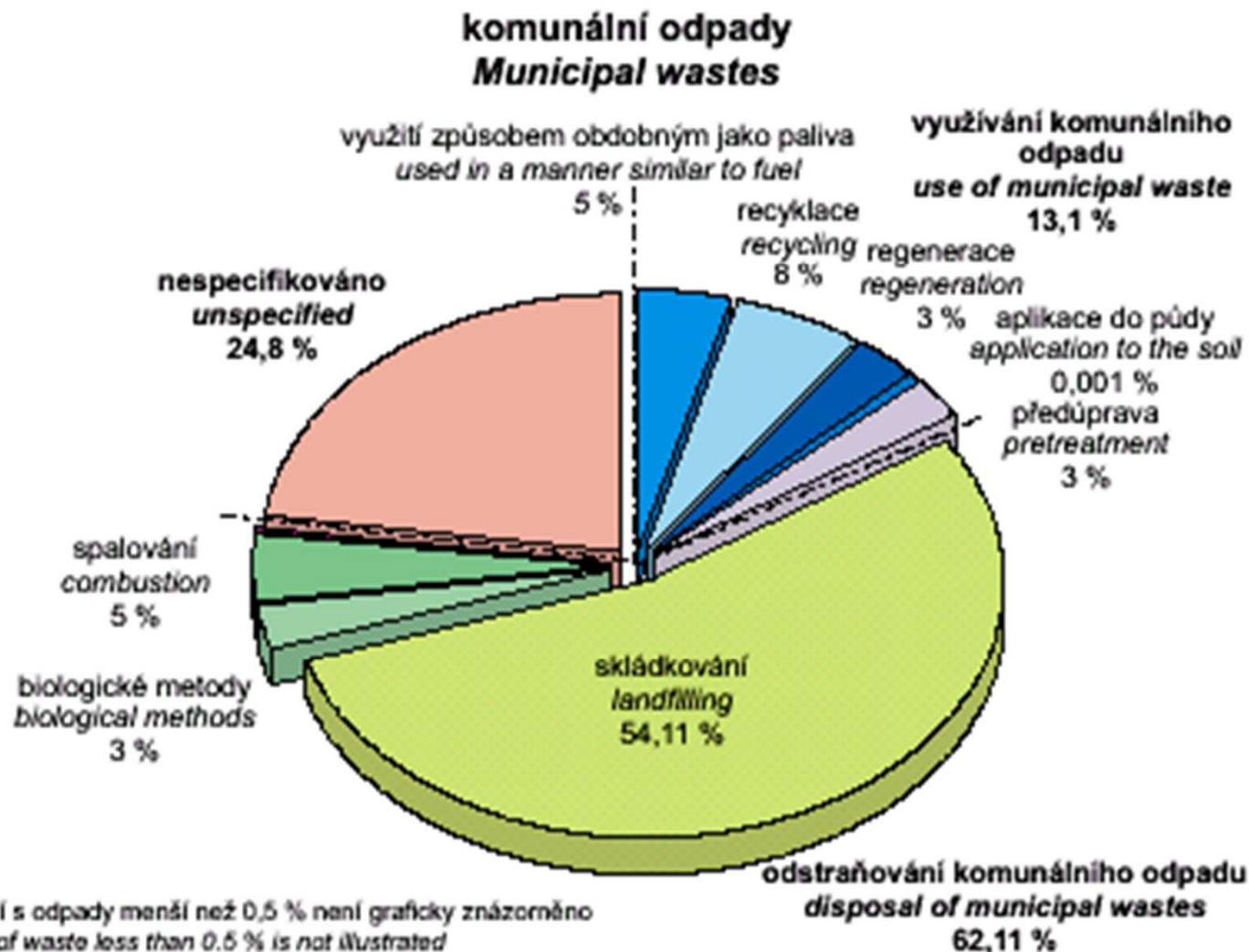
karcinogenní 70 let x 365 dní/rok

nekarcinogenní ED (rok) x 365 dní/rok

# **SPALOVÁNÍ KOMUNÁLNÍCH ODPADŮ**

# Nakládání s komunálními odpady 2003

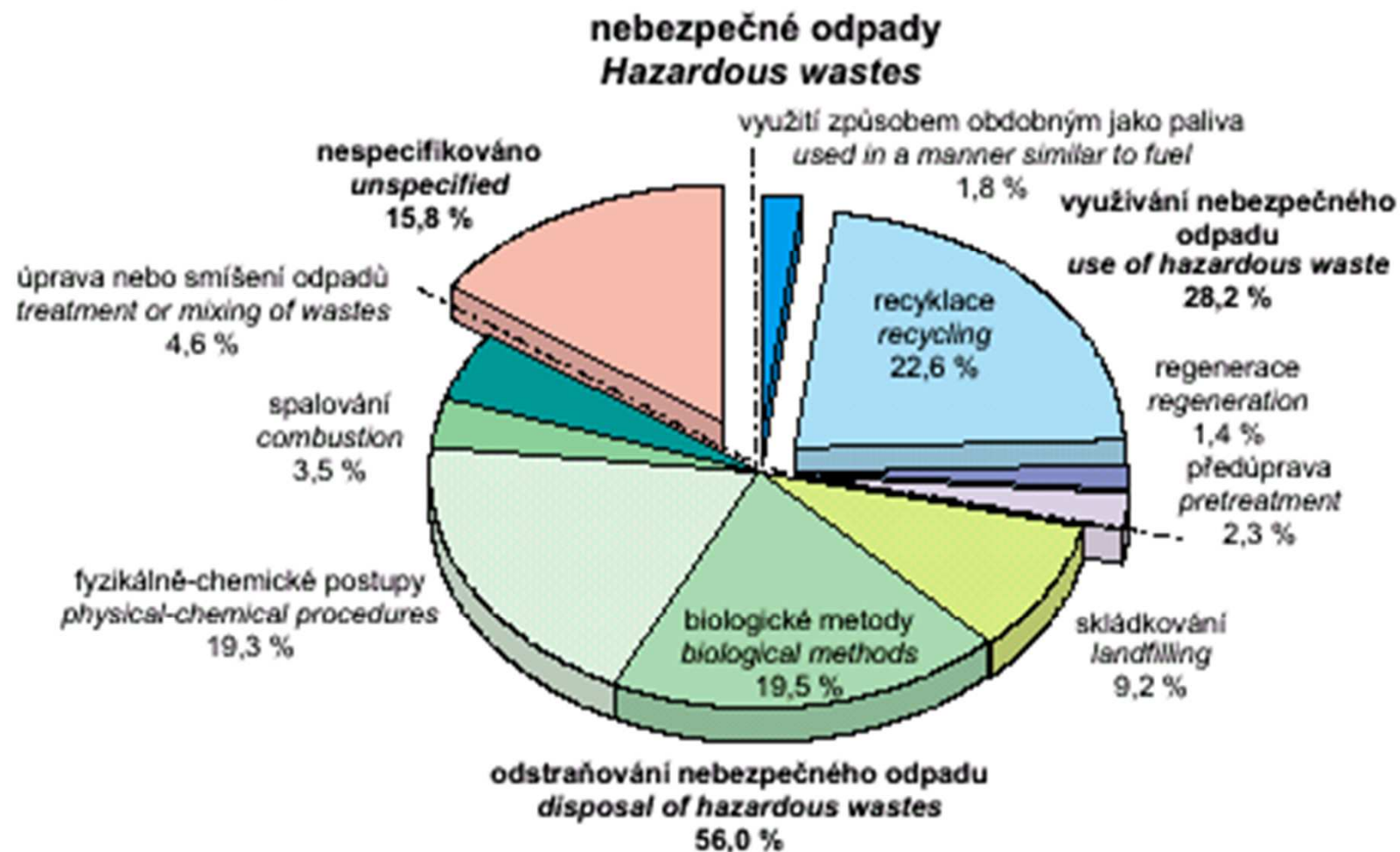
Obr. A3.1 Nakládání s nebezpečnými, komunálními a ostatními odpady v r. 2003  
*Management of municipal, hazardous and other waste in 2003*



Zdroj: VÚV T.G.M. – CeHO  
Source: VÚV T.G.M. – CeHO

# Nakládání s nebezpečnými odpady 2003

Obr. A3.1 Nakládání s nebezpečnými, komunálními a ostatními odpady v r. 2003  
*Management of municipal, hazardous and other waste in 2003*

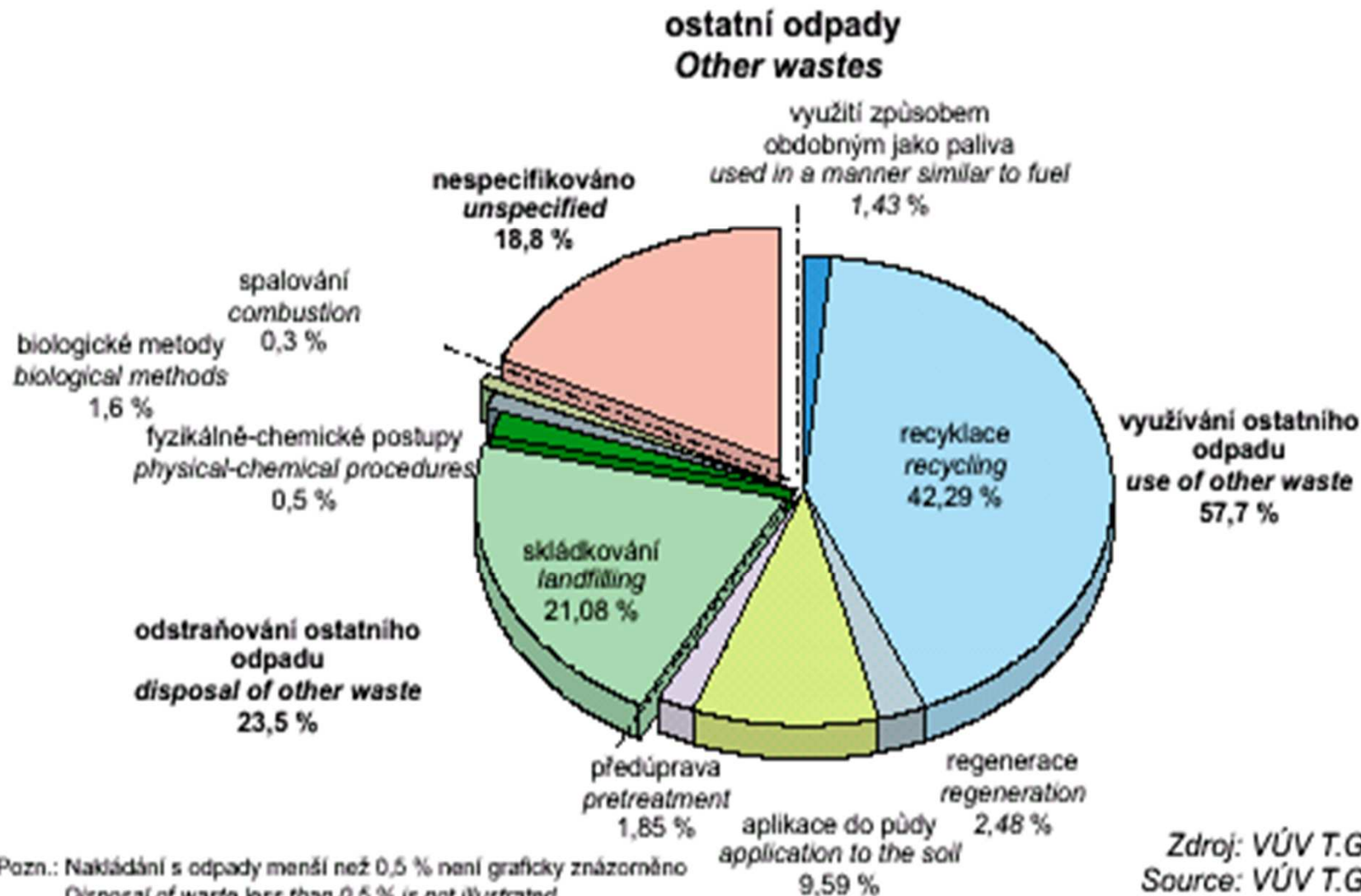


Pozn.: Nakládání s odpady menší než 0,5 % není graficky znázorněno  
*Disposal of waste less than 0.5 % is not illustrated*

Zdroj: VÚV T.G.M. – CeHO  
Source: VÚV T.G.M. – CeHO

# Nakládání s ostatními odpady 2003

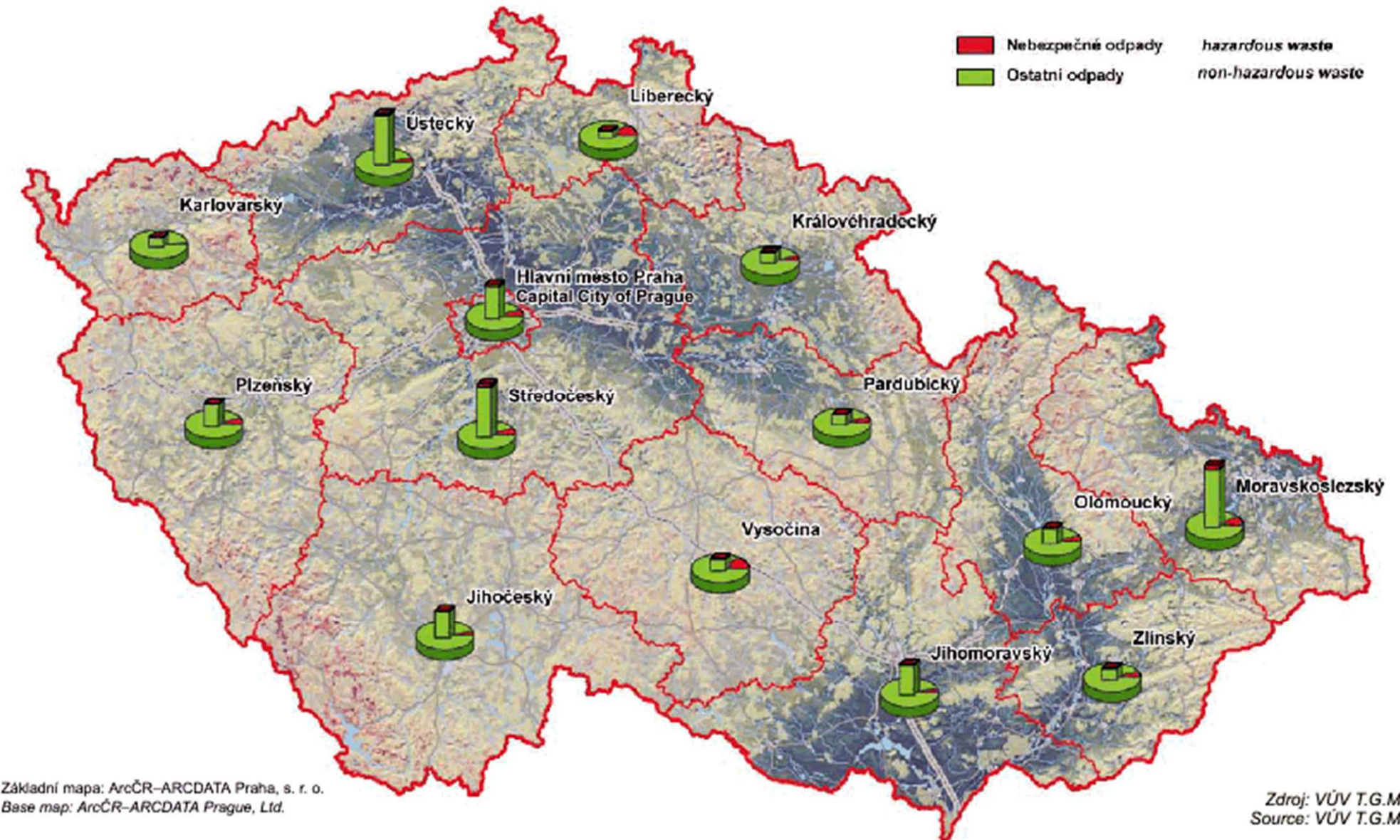
Obr. A3.1 Nakládání s nebezpečnými, komunálními a ostatními odpady v r. 2003  
*Management of municipal, hazardous and other waste in 2003*



Pozn.: Nakládání s odpady menší než 0,5 % není graficky znázorněno  
*Disposal of waste less than 0.5 % is not illustrated*

# Produkce odpadů v krajích 2003

Obr. A3.6 Produkce nebezpečných a ostatních odpadů v krajích v r. 2003  
Production of hazardous waste and non-hazardous waste by region in 2003



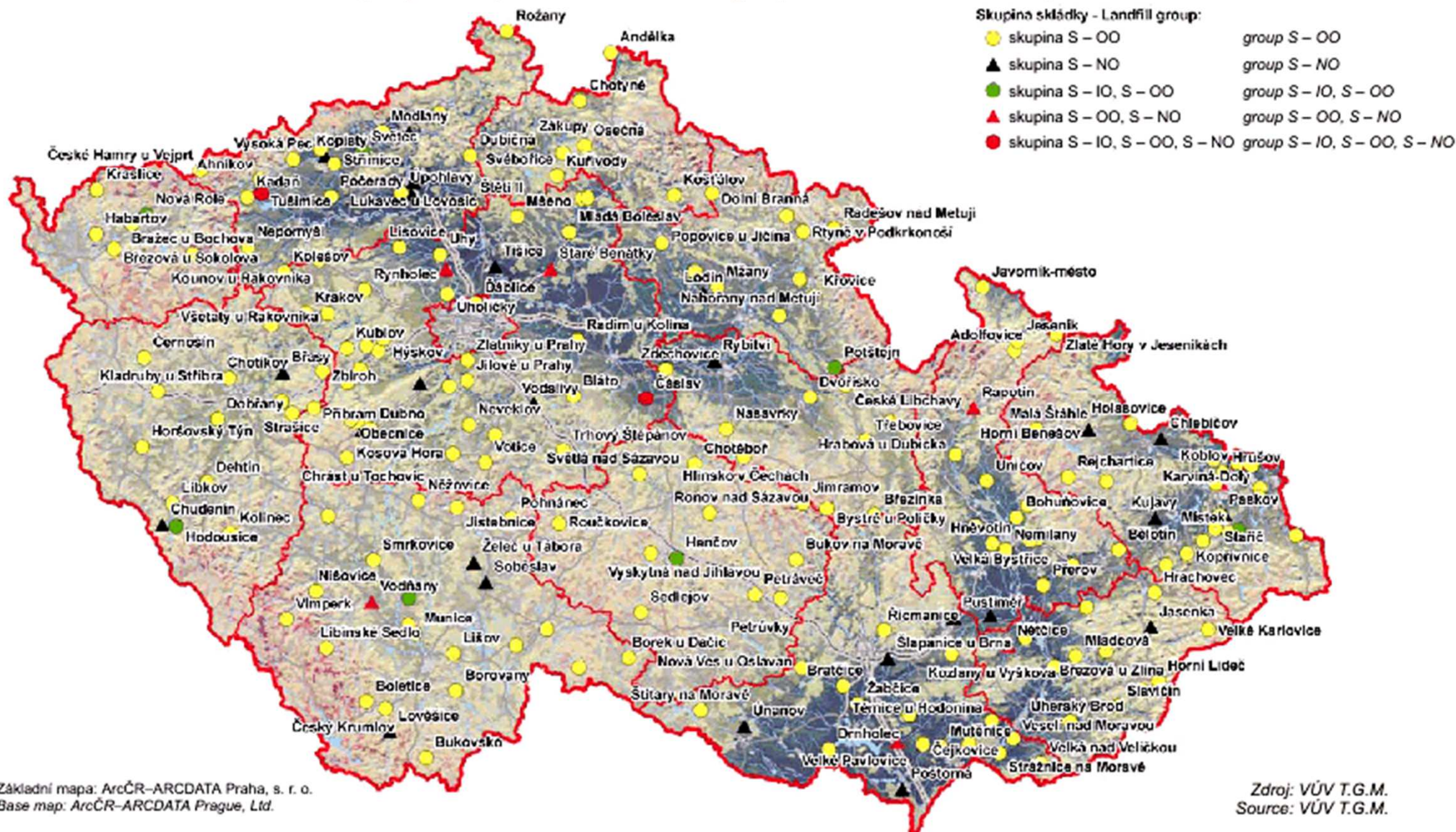
Základní mapa: ArcČR-ARCDATA Praha, s. r. o.  
Base map: ArcČR-ARCDATA Prague, Ltd.

Zdroj: VÚV T.G.M.  
Source: VÚV T.G.M.



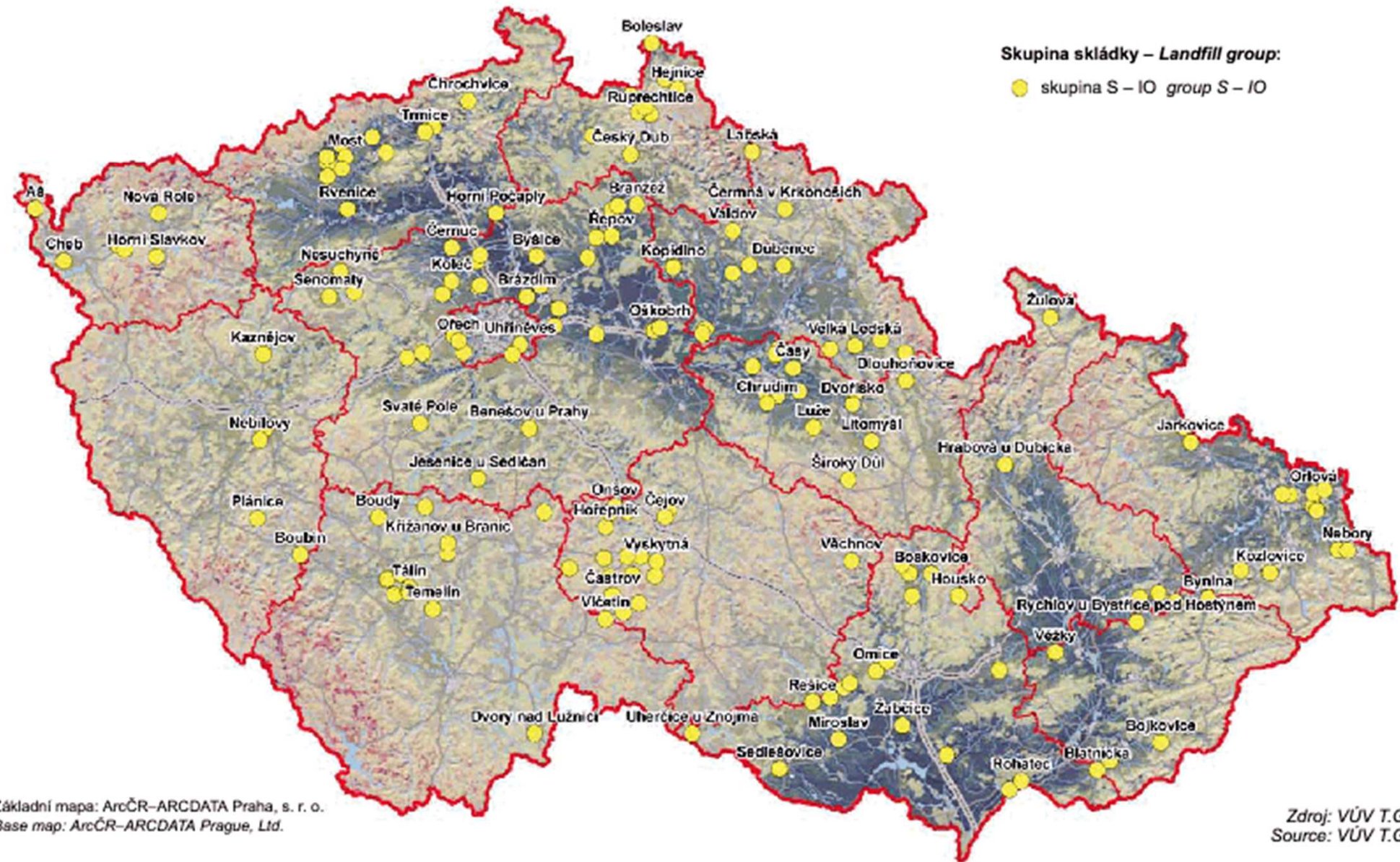
# Rozmístění skládek odpadů 2003

Obr. A3.3 Rozmístění skládek odpadů skupiny S – OO, S – NO a víceskupinové S – OO + S – NO, S – IO + S – OO + S – NO v r. 2003  
 Location of landfills of group S – OO, S – NO and combined-group landfills S – OO + S – NO, S – IO + S – OO + S – NO in 2003



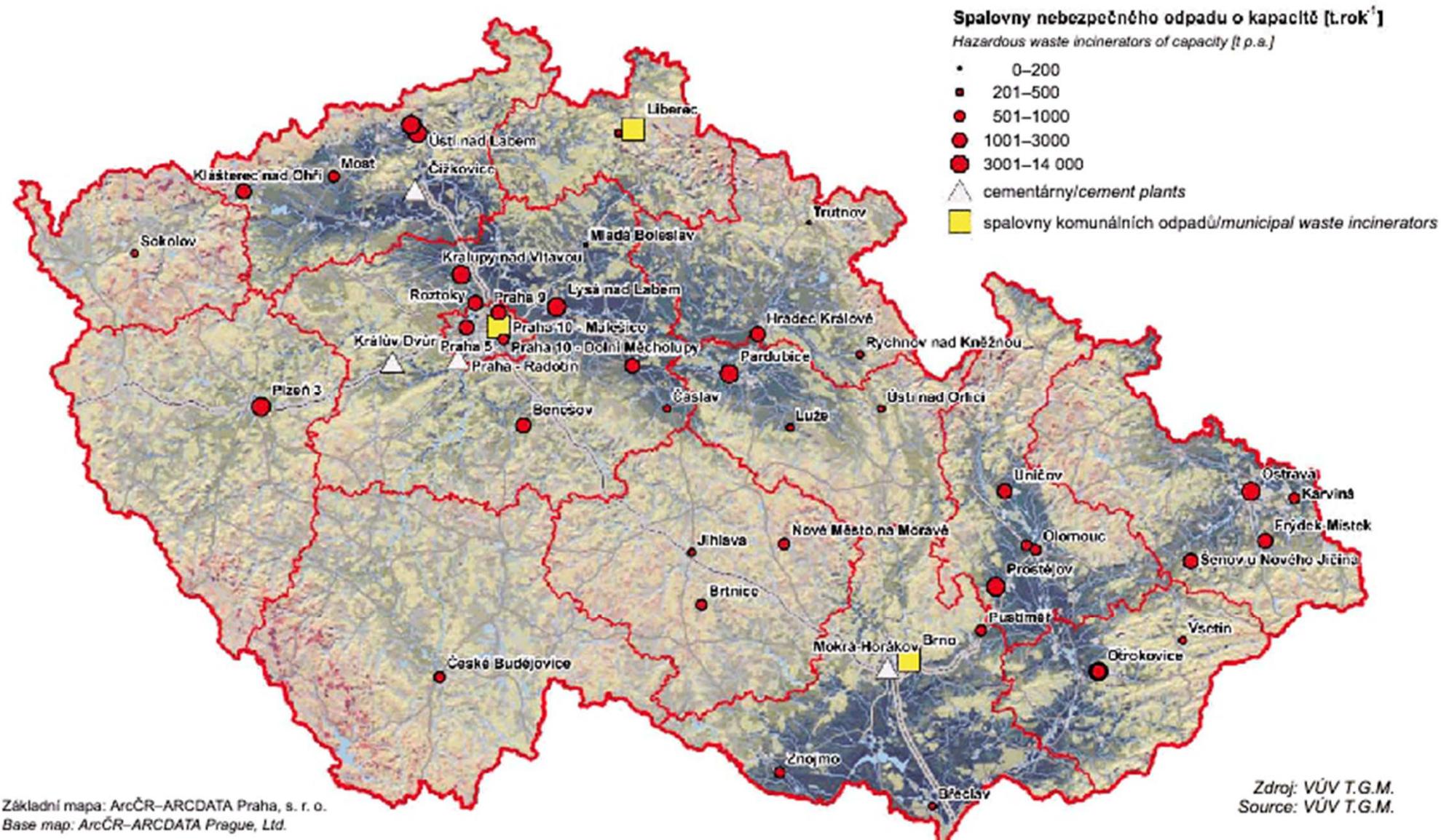
# Rozmístění skládek odpadů 2003

Obr. A3.4 Rozmístění skládek odpadů skupiny S – inertní odpad (S – IO) v r. 2003  
Location of landfills of group S – inert waste (S – IO) in 2003



# Rozmístění spaloven 2003

Obr. A3.2 Rozmístění spaloven odpadů včetně cementáren nakládajících s odpady v technologickém procesu v r. 2003  
Location of incinerators including cement plants managing the waste in a technological process in 2003

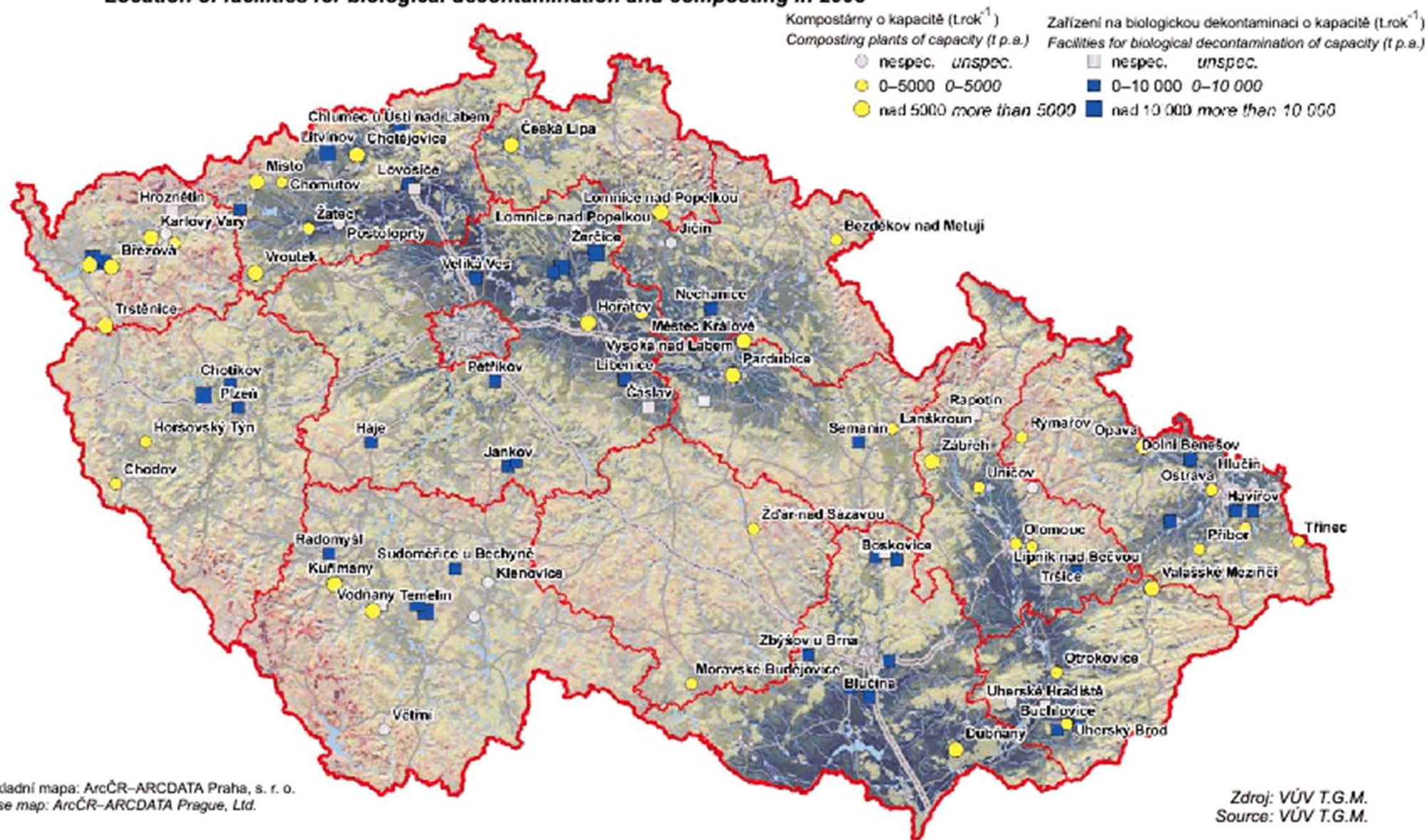


Základní mapa: ArcČR-ARCDATA Praha, s. r. o.  
Base map: ArcČR-ARCDATA Prague, Ltd.

Zdroj: VÚV T.G.M.  
Source: VÚV T.G.M.

# Zařízení - bi dekontaminace a kompostování

Obr. A3.5 Rozmístění zařízení na biologickou dekontaminaci a kompostování v r. 2003  
 Location of facilities for biological decontamination and composting in 2003



Základní mapa: ArcČR–ARCDATA Praha, s. r. o.  
 Base map: ArcČR–ARCDATA Prague, Ltd.

Zdroj: VÚV T.G.M.  
 Source: VÚV T.G.M.

# SPALOVNA ODPADŮ

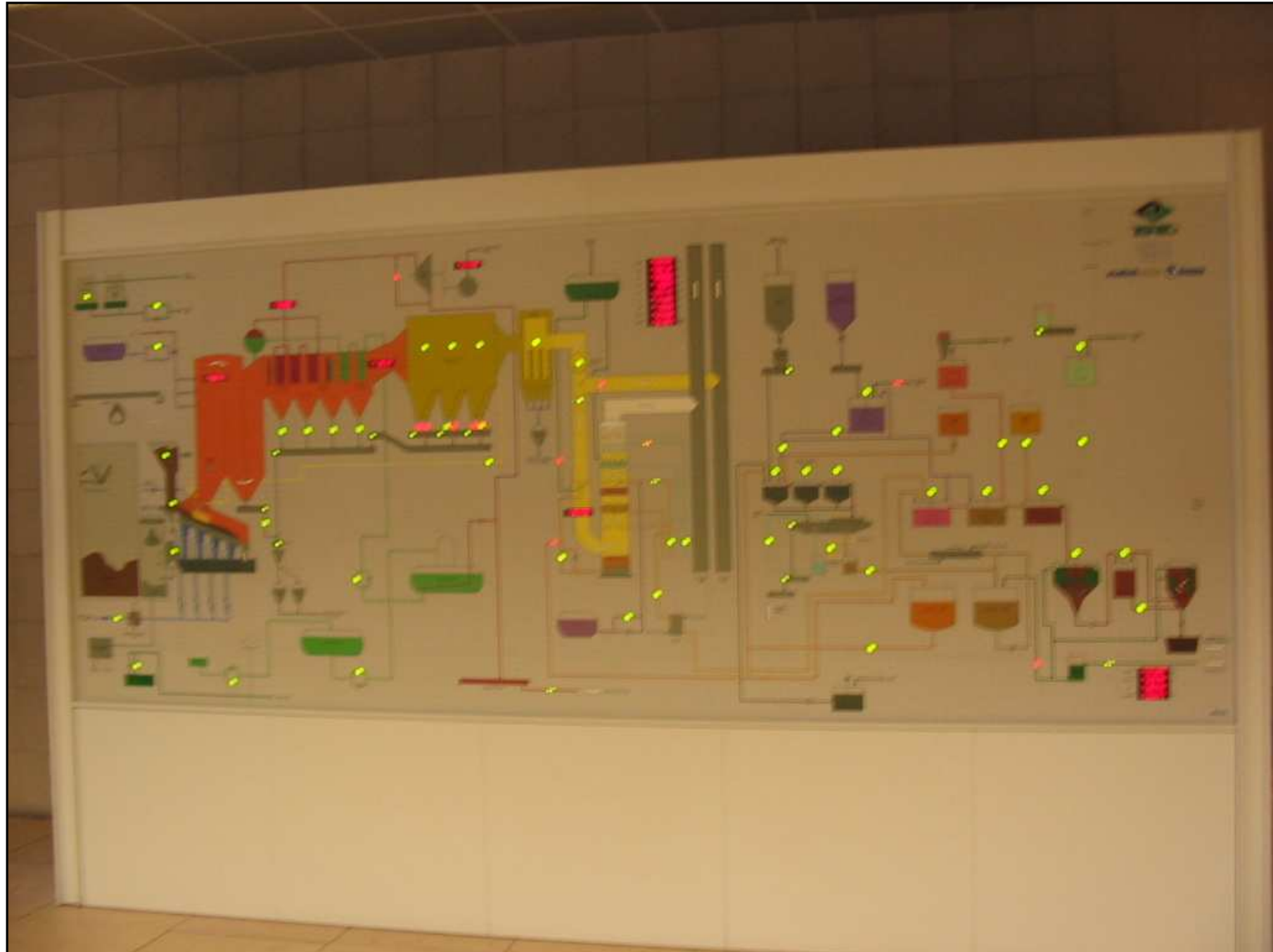


TERMIZO a.s.

# SPALOVNA ODPADŮ

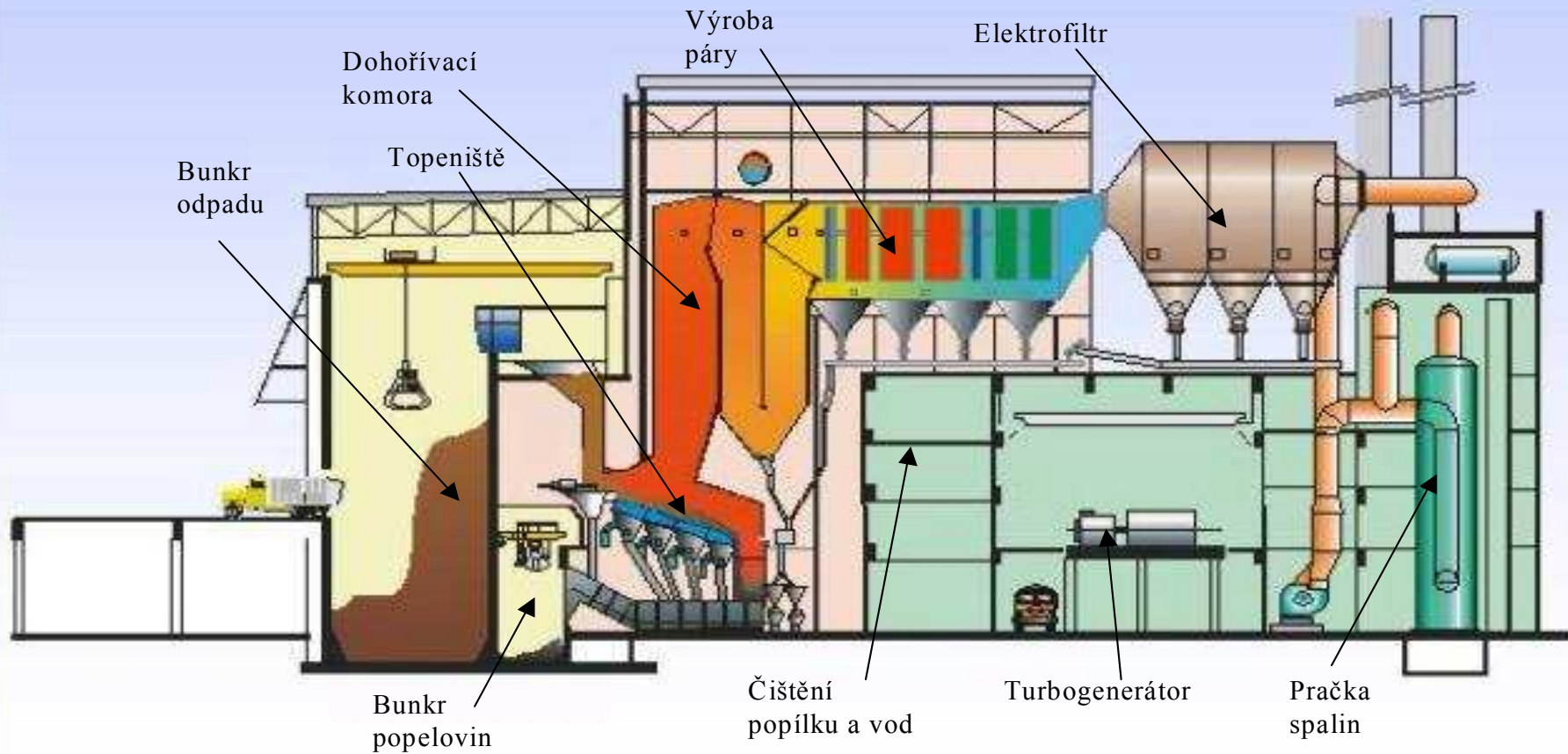


# SPALOVNA ODPADŮ



# SPALOVNA ODPADŮ

## USPOŘÁDÁNÍ APARÁTŮ





# SPALOVNA ODPADŮ

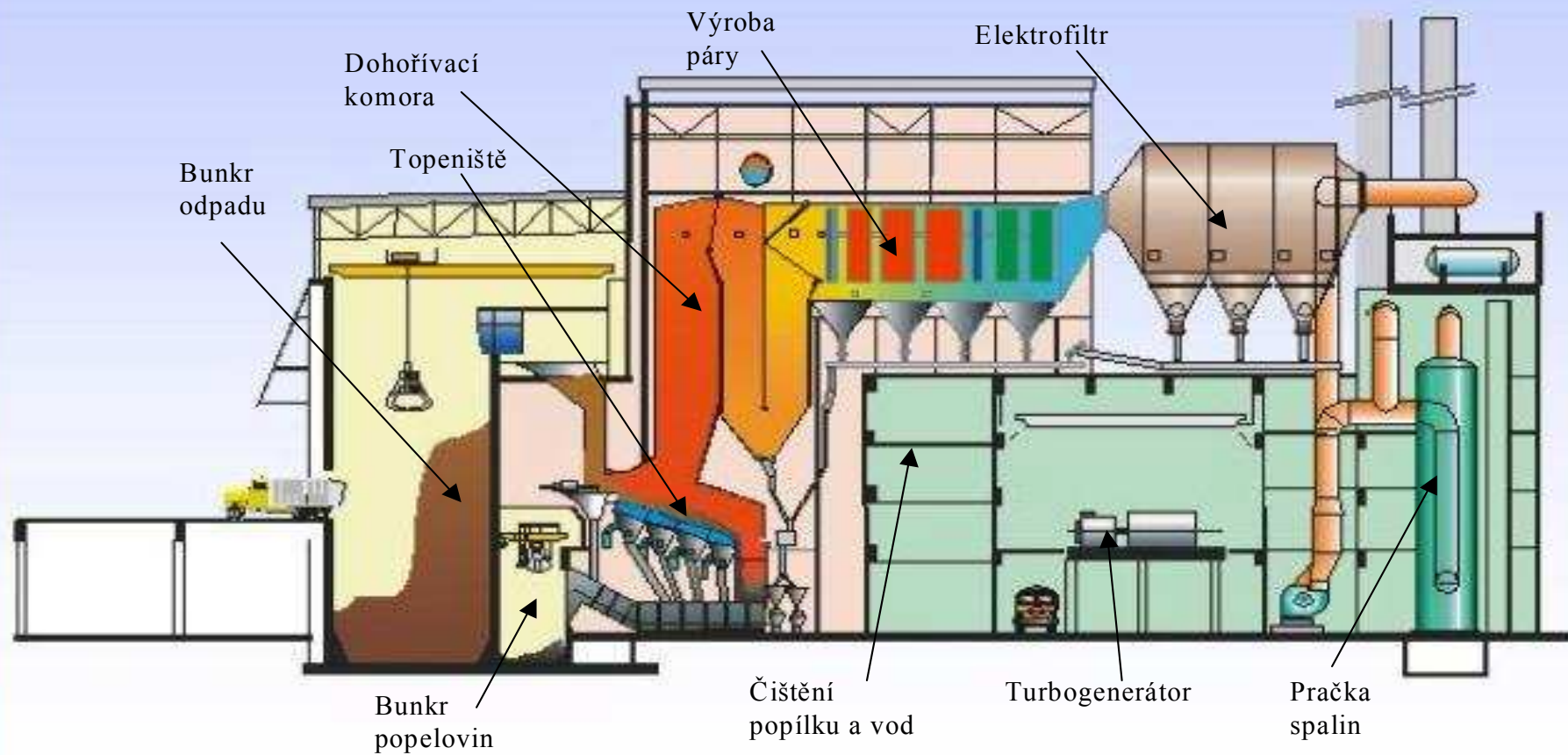


# SPALOVNA ODPADŮ



# SPALOVNA ODPADŮ

## USPOŘÁDÁNÍ APARÁTŮ



# SPALOVNA ODPADŮ



# SPALOVNA ODPADŮ

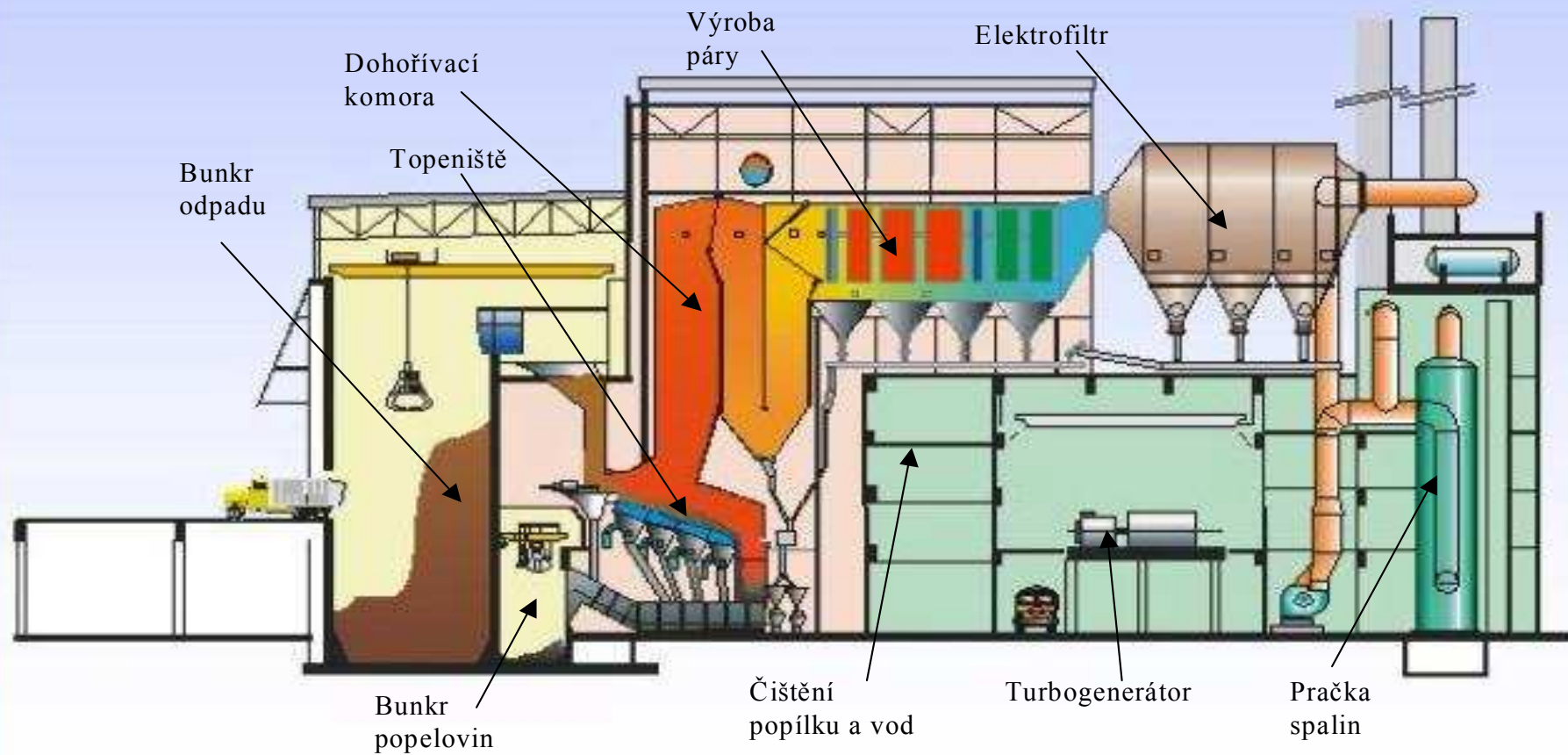


# SPALOVNA ODPADŮ



# SPALOVNA ODPADŮ

## USPOŘÁDÁNÍ APARÁTŮ



# SPALOVNA ODPADŮ



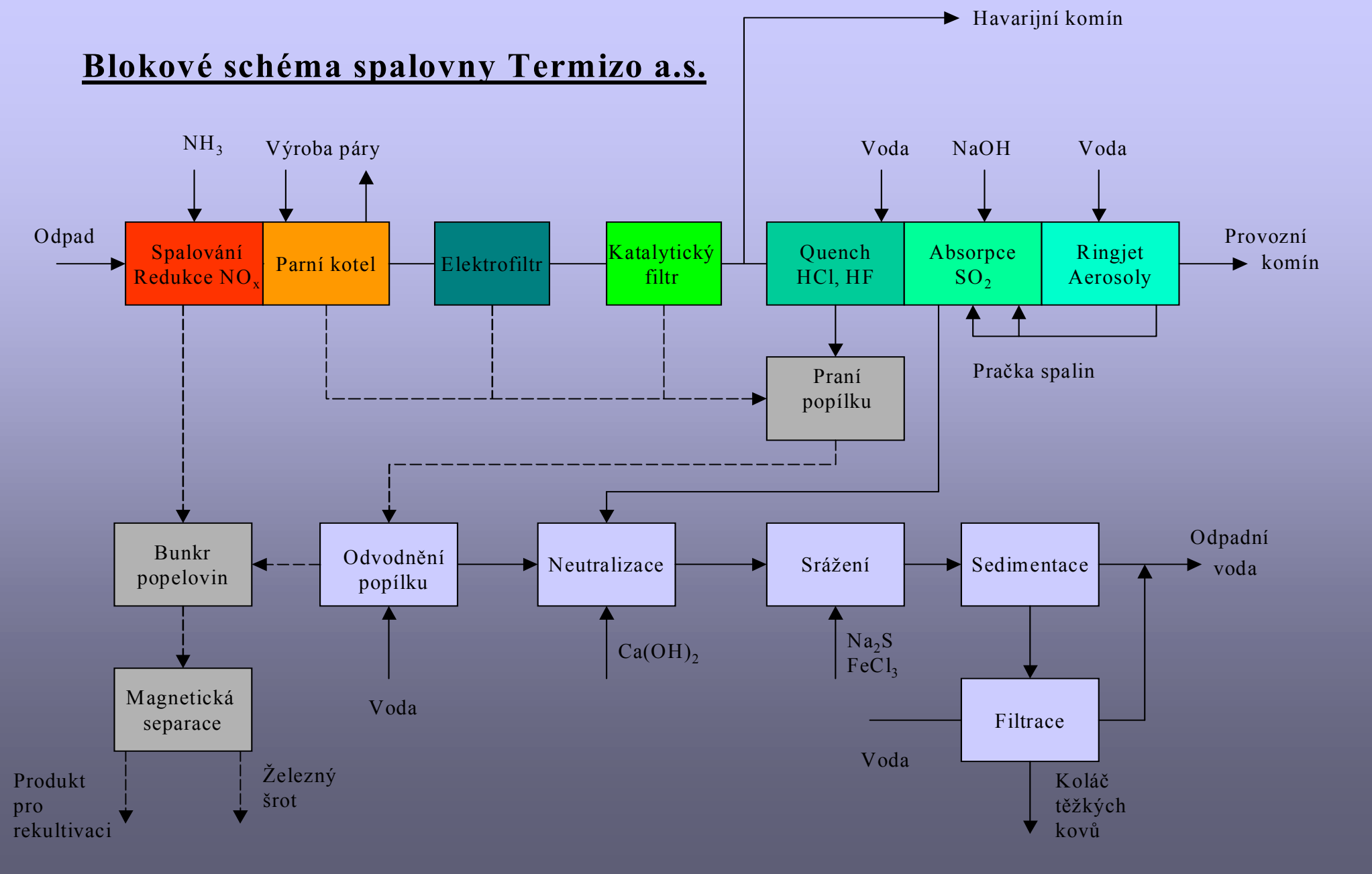


# SPALOVNA ODPADŮ



# SPALOVNA ODPADŮ

**Blokové schéma spalovny Termizo a.s.**



# SPALOVNA ODPADŮ

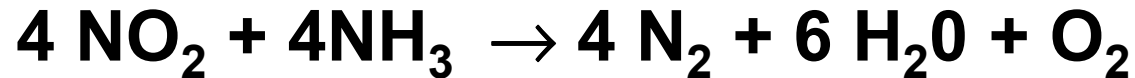


# SPALOVNA ODPADŮ



## OXIDY DUSÍKU:

- selektivní nekatalytická redukce amoniakem
- dávkování čpavkové vody do spalovací komory
- k redukci dochází při teplotě 850 – 950 °C
- reakce:



## **PCDD/F (dioxiny):**

- **záchyt na katalytickém textilním filtru Remedia**
- **proces Dediox**
- **schematická rovnice:**

**dioxiny → oxid uhličitý + voda + chlorovodík**

## **TĚŽKÉ KOVY:**

- **záchyt v elektrofiltru, tkaninovém filtru jako popílek**
- **první stupeň pračky spalin (Quench) – kondenzace Hg**
- **druhý a třetí stupeň pračky spalin**
- **kovy zachycené v prací vodě jsou zachytávány při čišťení pracích vod**

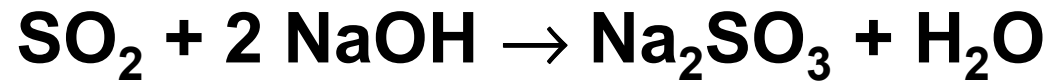
**Fluorovodík (HF), chlorovodík (HCl):**

- **záchyt v prvním stupni pračky spalin**
- **vzniklá kyselá vody je využita k loužení popílků**



## OXID SIŘIČITÝ:

- druhý stupeň pračky spalin – absorpce v roztoku hydroxidu sodného
- reakce



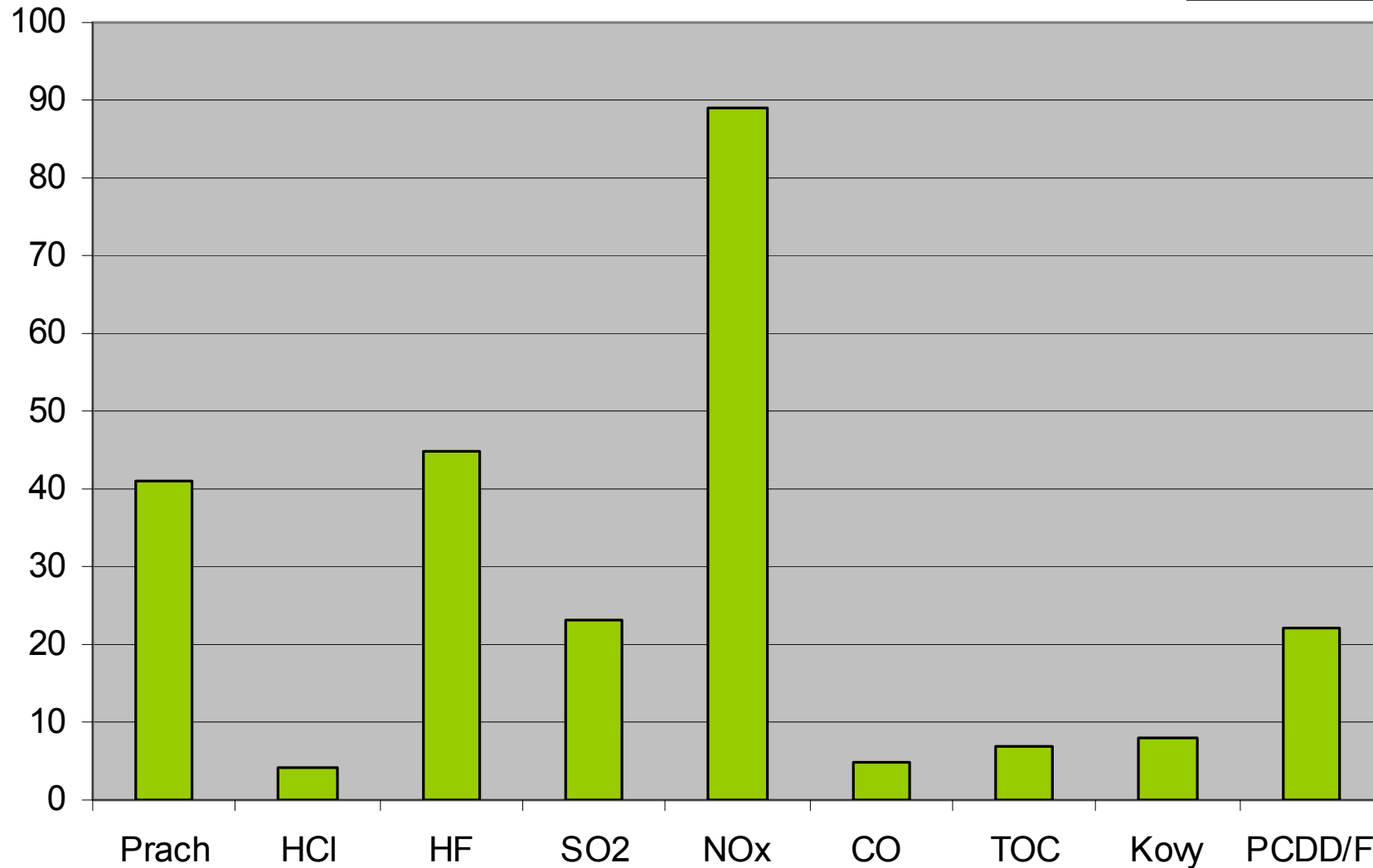
## **PRACH, AEROSOL:**

- **elektrický filtr**
- **tkaninový filtr**
- **pračka spalin, zvláště 3. stupeň – tryskový okruh (ringjet)**

# EMISE ZE SPALOVNY

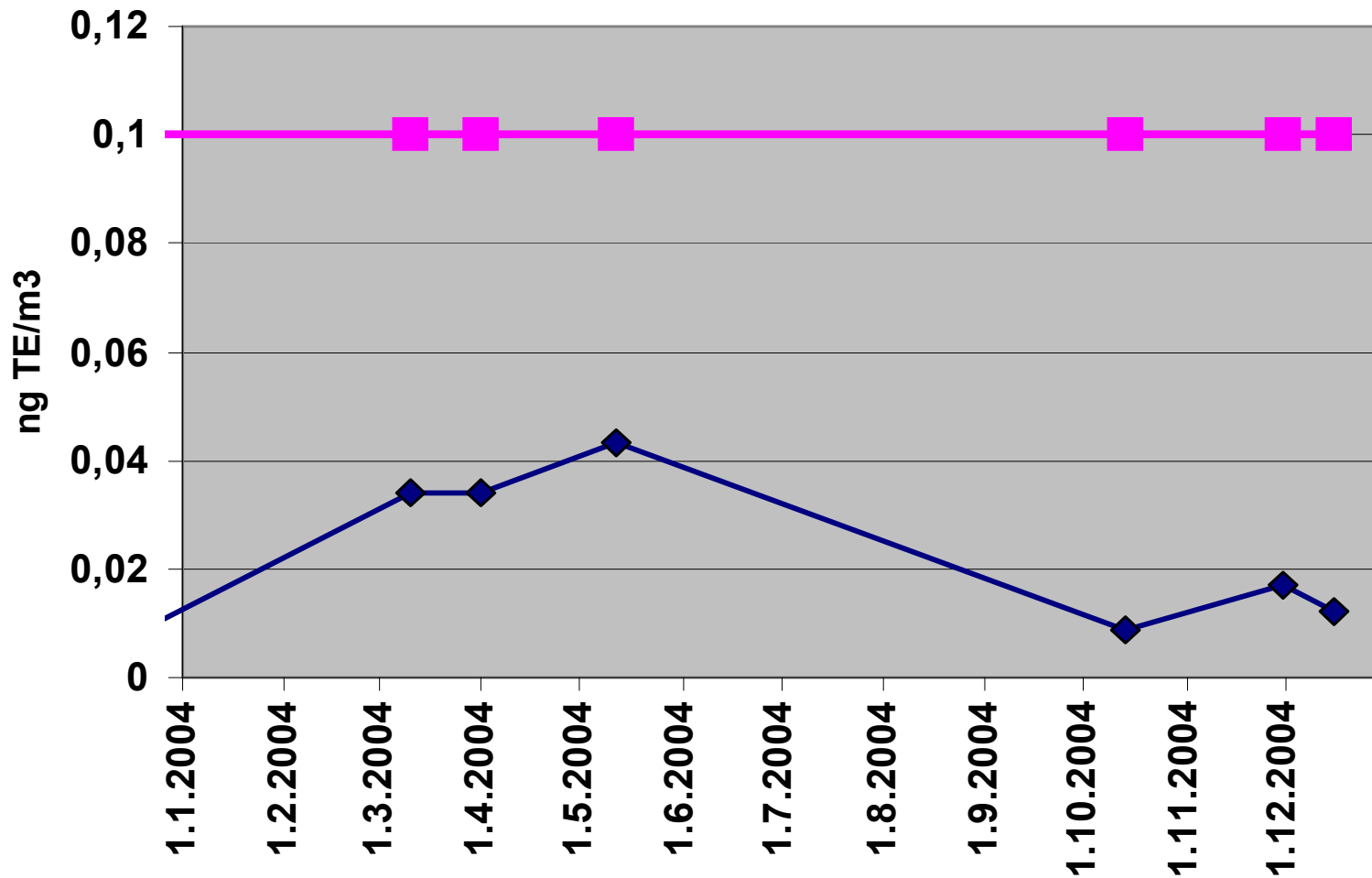
## Porovnání emisí TERMIZO a.s. s limitem EU

■ % limitu EU



# EMISE DIOXINŮ ZE SPALOVNY

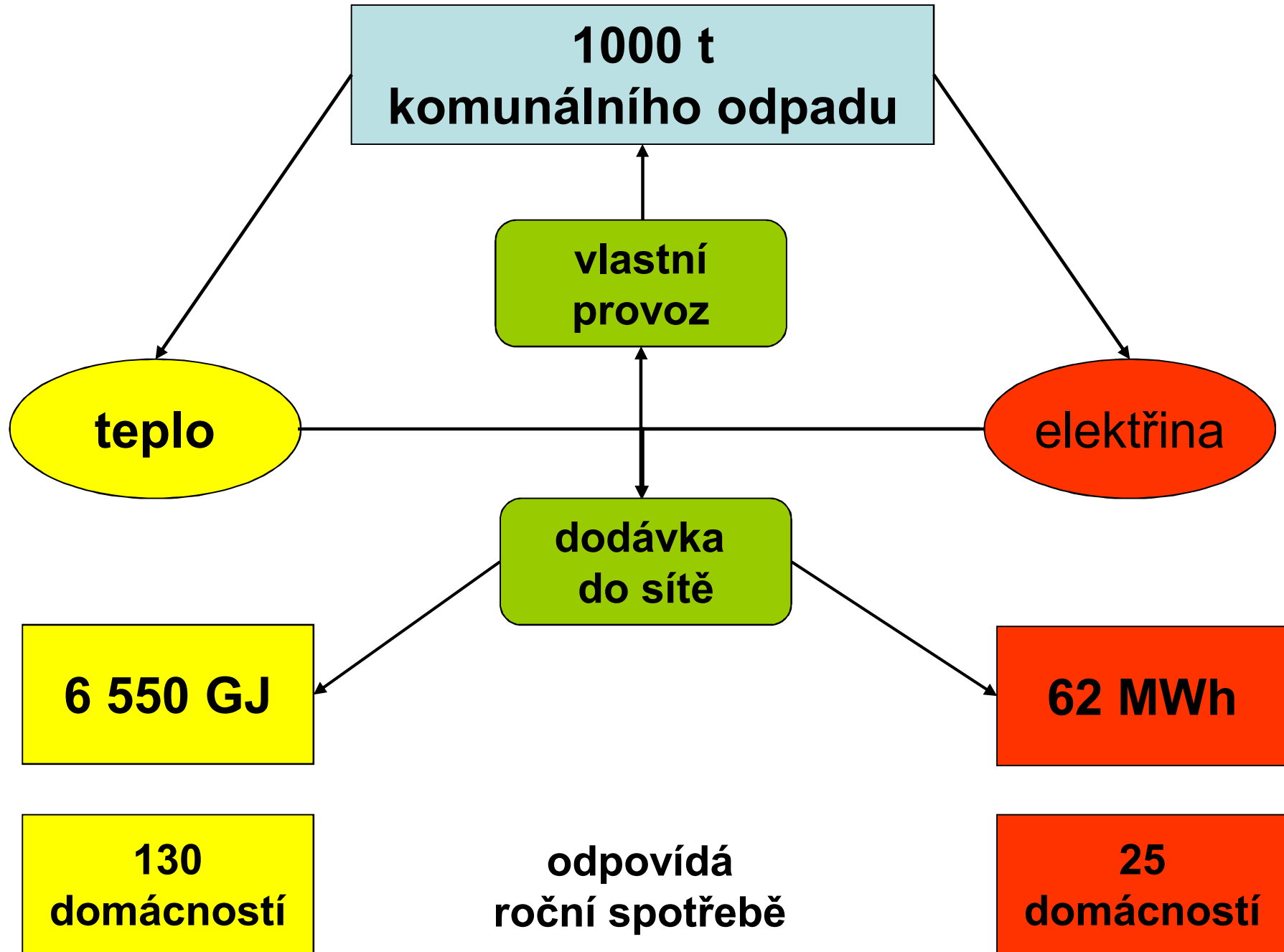
Výsledky měření obsahu dioxinů ve spalinách  
spalovny TERMIZO v roce 2004  
(označení limitu EU)



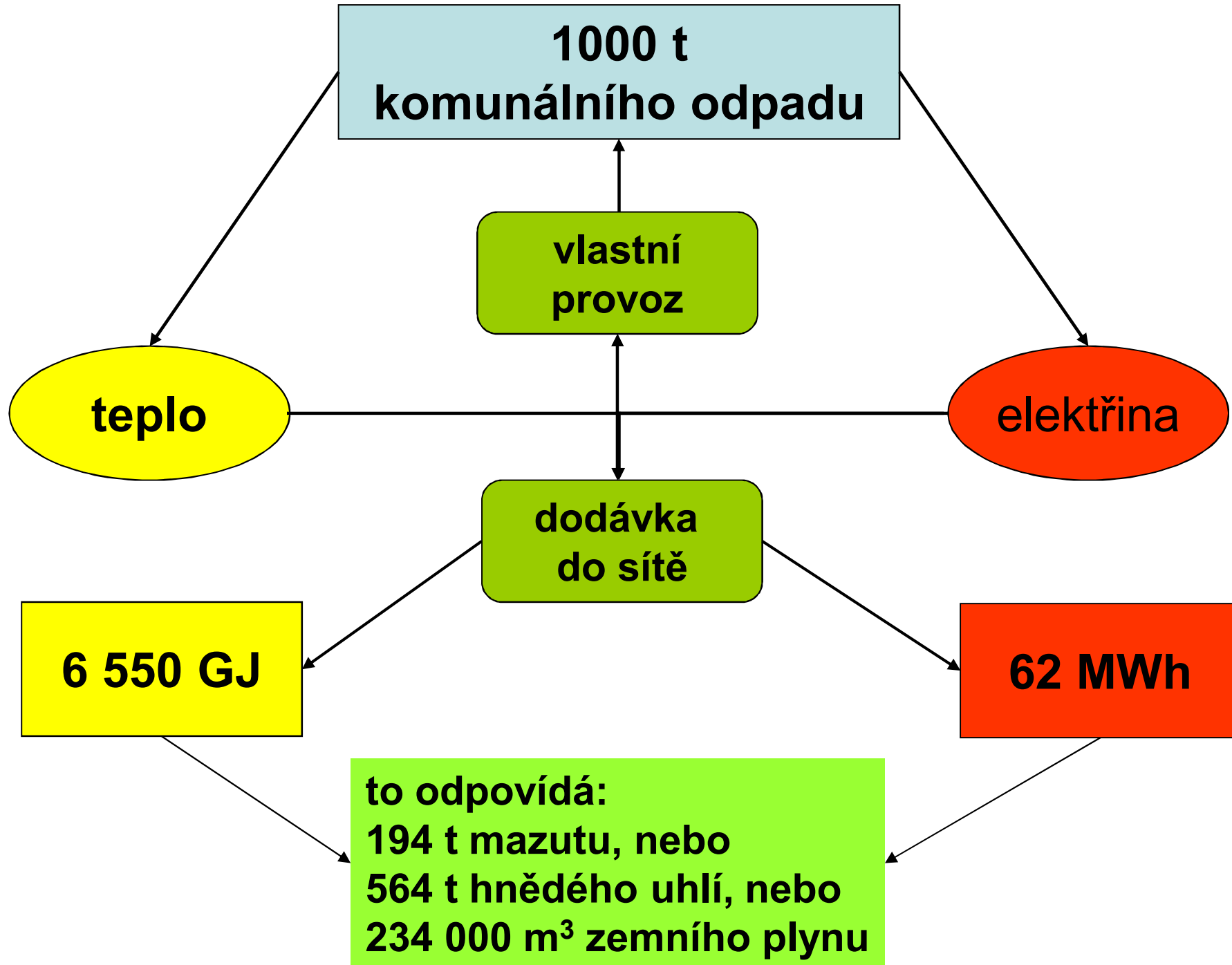
# **ENERGETICKÁ A MATERIÁLOVÁ BILANCE**

**PODLE PROVOZNÍCH VÝSLEDKŮ  
SPALOVNY TERMIZO a.s. Liberec  
2004**

# ENERGETICKÁ BILANCE



# ENERGETICKÁ BILANCE

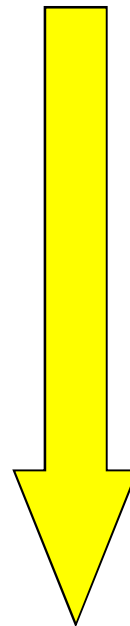


# ENERGETICKÁ BILANCE

**SPÁLENÍ**

**1000 t  
komunálního odpadu**

**PŘEDÁ DO SÍTĚ**

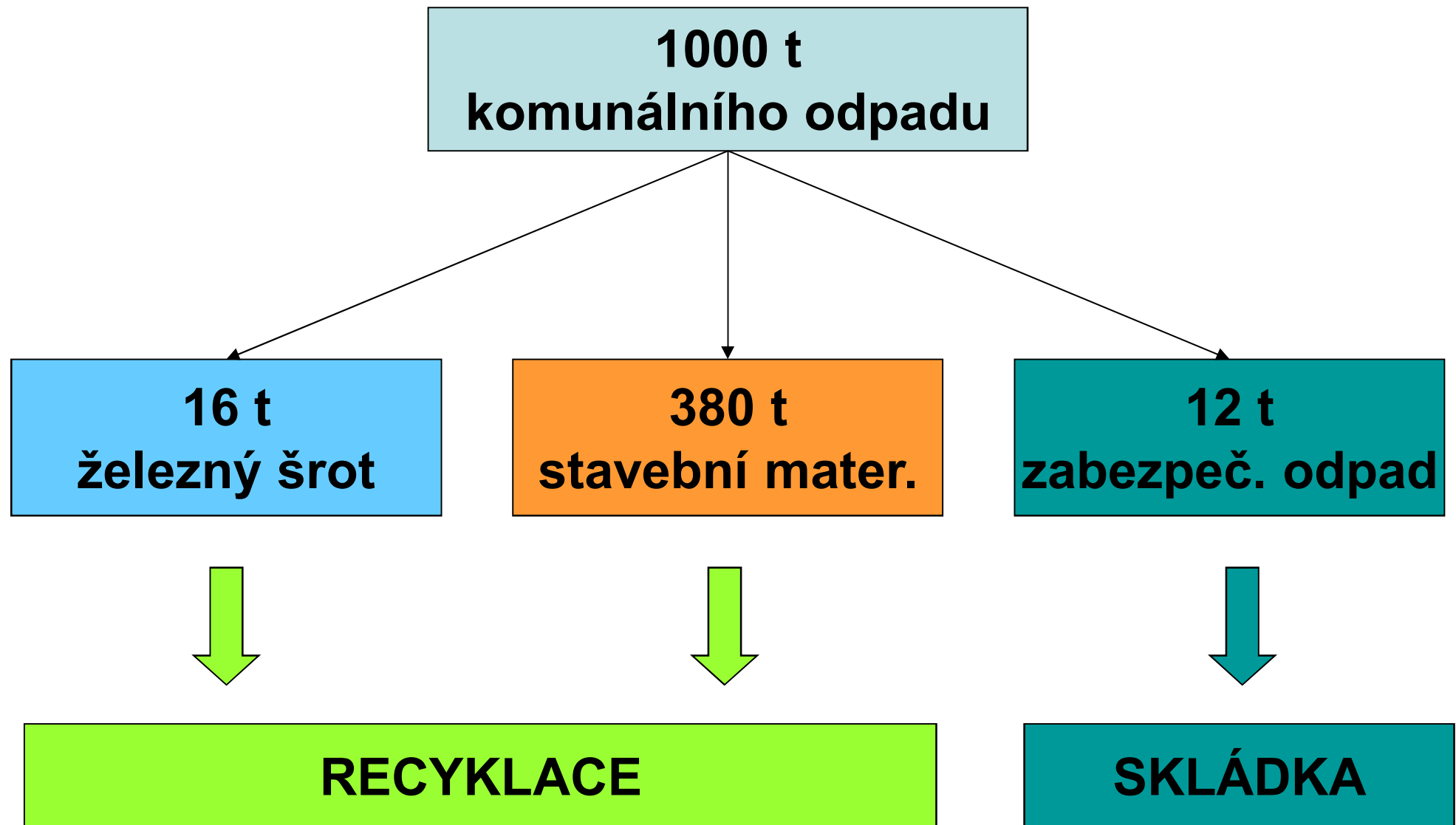


**ENERGII**

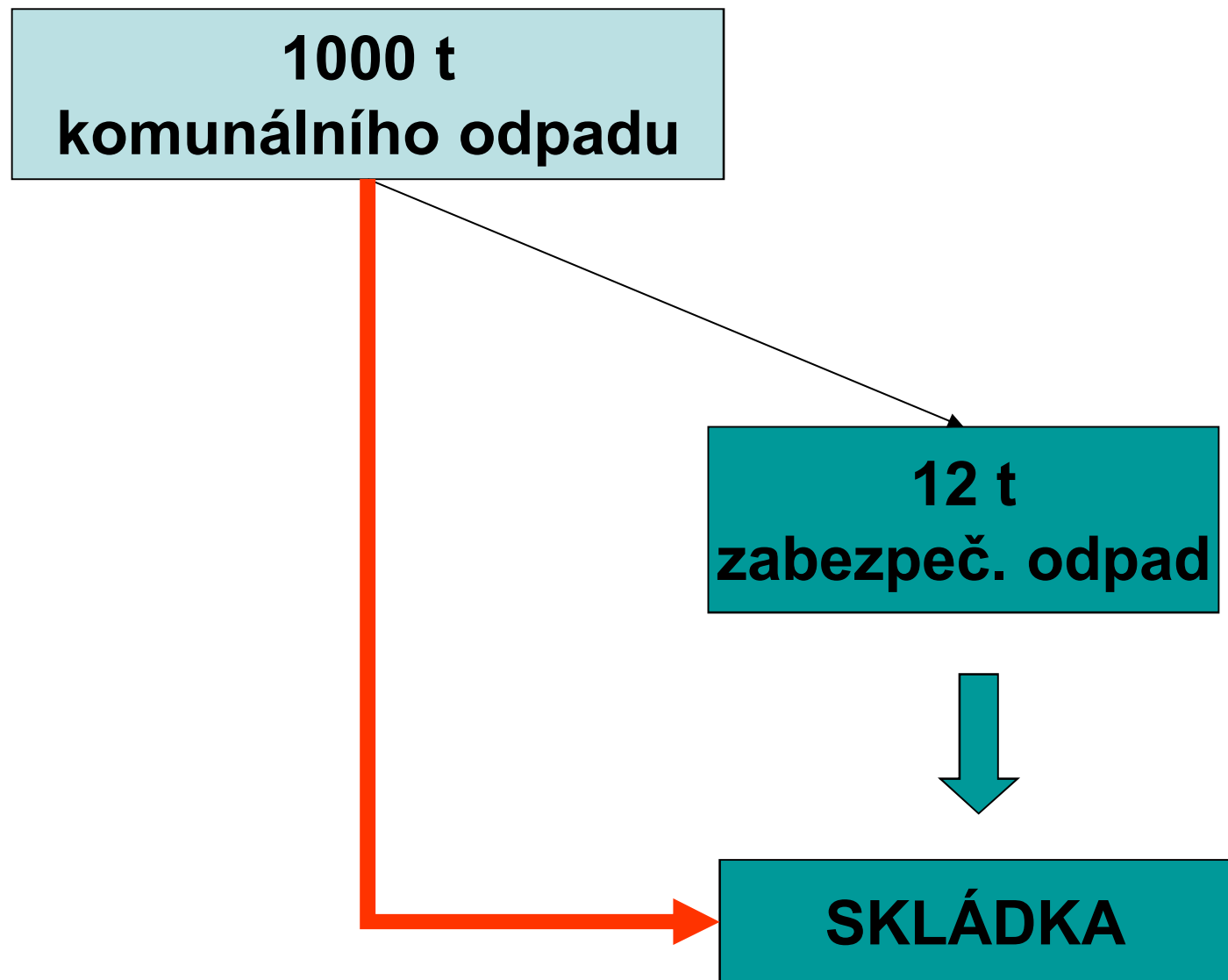
**která odpovídá:  
194 t mazutu, nebo  
564 t hnědého uhlí, nebo  
234 000 m<sup>3</sup> zemního plynu**



# MATERIÁLNÍ BILANCE



# MATERIÁLNÍ BILANCE



# Využití popelovin



# Využití popelovin



# Využití popelovin



# Využití popelovin



# Posuzování vlivů na životní prostředí



Centrum pro výzkum  
toxických látek



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Inovace tohoto předmětu je spolufinancována  
Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem  
České republiky



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Inovace tohoto předmětu je spolufinancována Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky