



BIOLOGICKÉ
CENTRUM
AV ČR, v. v. i.



FAKULTA
STAVEBNÍ
ČVUT V PRAZE



Posouzení podílu sedimentů na eutrofizaci nádrží a možností nápravných opatření

Jakub Borovec, Jiří Jan, Josef Krása, Barbora Jáchymová

○ Biologické centrum AV ČR, v. v. i.

○ České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební

○ Ve spolupráci se správci nádrží:

Povodí Moravy, s. p.; Povodí Vltavy, státní podnik;

Povodí Labe, státní podnik, Povodí Ohře, státní podnik

TRADIČNĚ

Řídící faktory

Geologie (stálá)

Klima (proměnlivé)

Člověk (velmi proměnlivé)

chemie půd a podloží
geomorfologie
morfologie jezera

oslunění
srážky
odpar

eutrofizace
znečištění, acidifikace
využití krajiny, stavby

Procesy

atmosférická depozice

prach
pyly
sopečný popel
aerosoly

přísun z povodí

minerální částice
organická hmota
rozpuštěné látky

zákal, resuspenze

procesy v jezeře

1. autochtonní produkce
2. chemická sorpce, srážení
3. rozklad, mineralizace
4. bioturbace, uvolňování
5. diagenetické procesy (Fe-OM)

stratigrafie sedimentů

STUDIE ??

LETNÍ OBDOBÍ ??



Určit
významnost vlivu sedimentů uložených v přítokových částech nádrží
na jakost vody



Popis stávající situace



Zobecnění zjištěných informací na předpokládaném gradientu nádrží



Návrh sanace a nástin scénářů možného chování

NÁDRŽE

Příběh částice

Zdroje

Přítoková část určuje kvalitu vody u hráze

přítok

hráz

transformace v toku

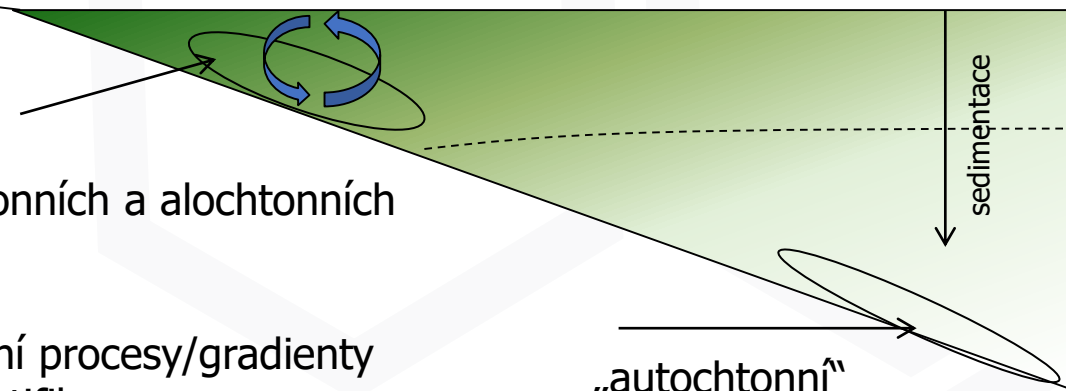
směs autochtonních a alochtonních částic

velmi intenzivní procesy/gradienty

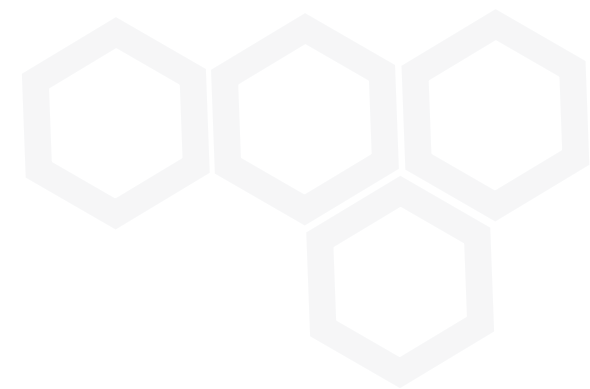
- míchání/stratifikace
- dostupnost akceptorů elektronů (NO_3 , O_2)
- vyšší teplota, pH
- srážení/rozpouštění
- sorpce/desorpce
- chemické/mikrobiální

„autochtonní“
hluboké sedimenty

sedimentace



FOSFOR



Klíčová živina

15	← ATOMIC NUMBER
P	← SYMBOL / NAME
30.97	← ATOMIC MASS - in AMU (atomic mass units)



Musíme propojit teorii o chemismu P s reálnými podmínkami v různých typech nádrží

P – Fe – Al – Ca – organická hmota, molární poměry, vlastnosti sloučenin, mikrobiální využitelnost, labilita

Musíme propojit různé proměnné – geologii, využití krajiny, bodové zdroje, morfologii nádrží, sezónní vlivy....

Musíme jednotně popsat hodnocení rizik uvolňování P ze sedimentu do vodního sloupce

pH

Agrochemické zkoušení zemědělských půd 2011 - 2016

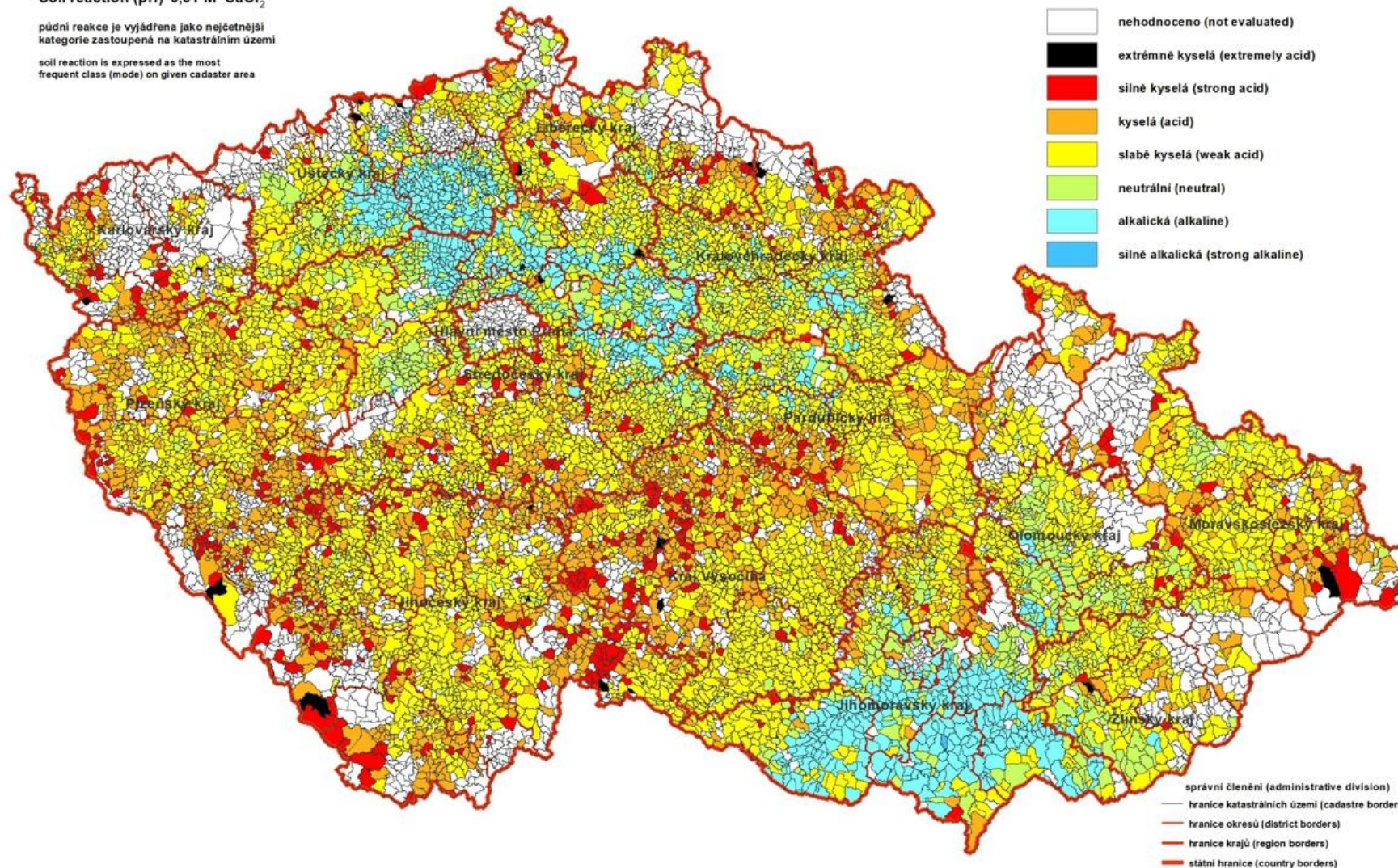
Agrochemical soil testing 2011 - 2016

Půdní reakce (pH) 0,01 M CaCl₂
Soil reaction (pH) 0,01 M CaCl₂

půdní reakce je vyjádřena jako nejčastější
kategorie zastoupená na katastrálním území

soil reaction is expressed as the most
frequent class (mode) on given cadaster area

pH



Agrochemické zkoušení zemědělských půd 2011 - 2016

Agrochemical soil testing 2011 - 2016

Půdní reakce (pH) 0,01 M CaCl_2

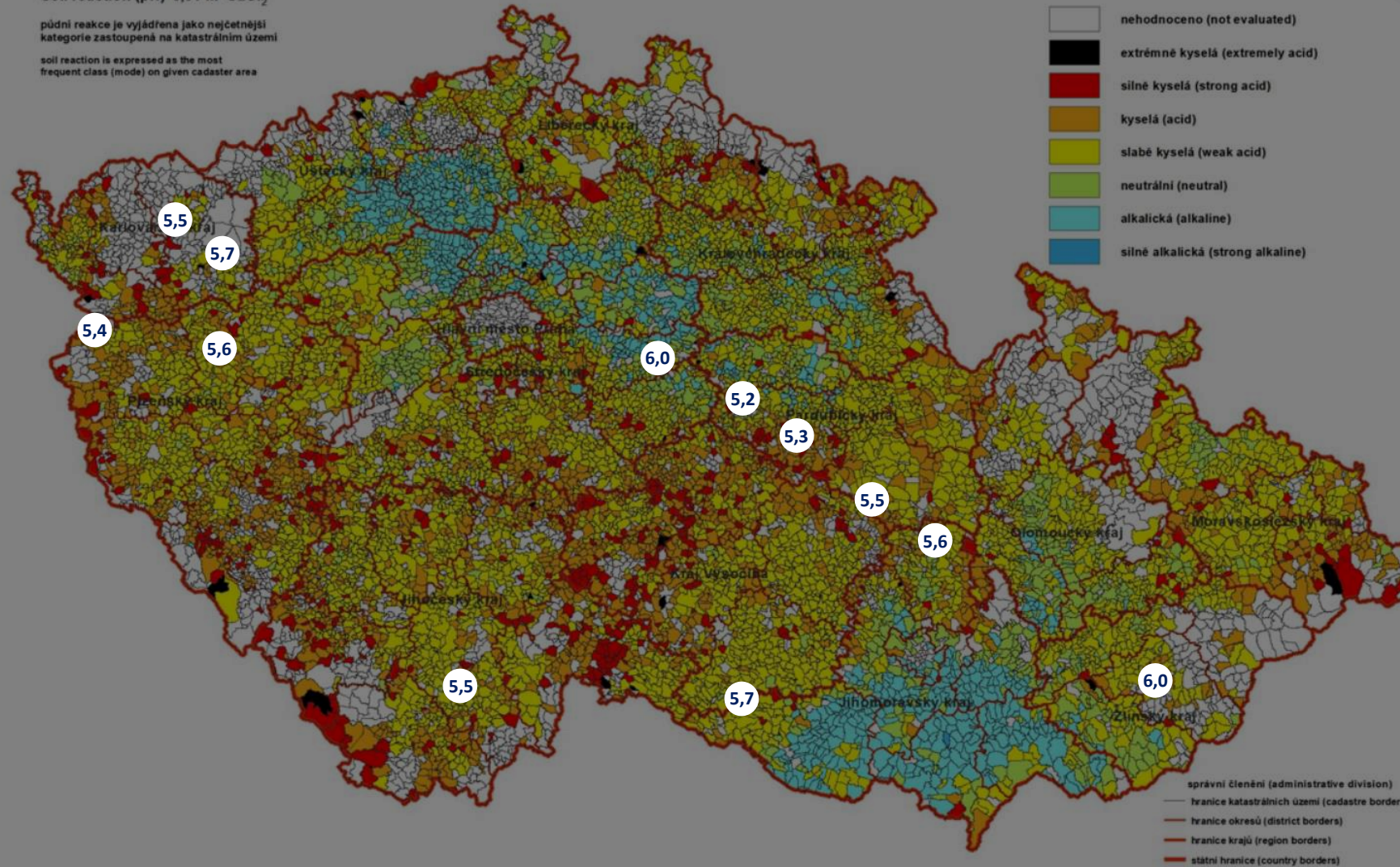
Soil reaction (pH) 0,01 M CaCl_2

půdní reakce je vyjádřena jako nejčastější
kategorie zastoupená na katastrálním území

soil reaction is expressed as the most
frequent class (mode) on given cadaster area

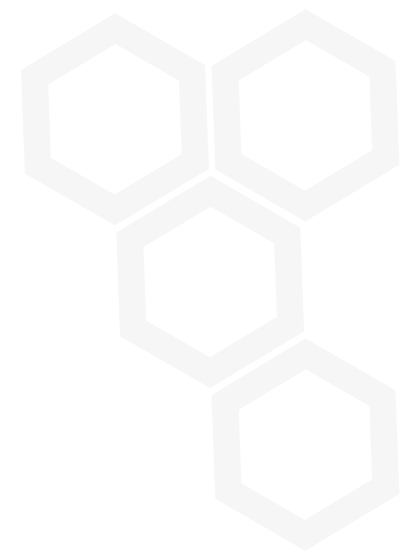
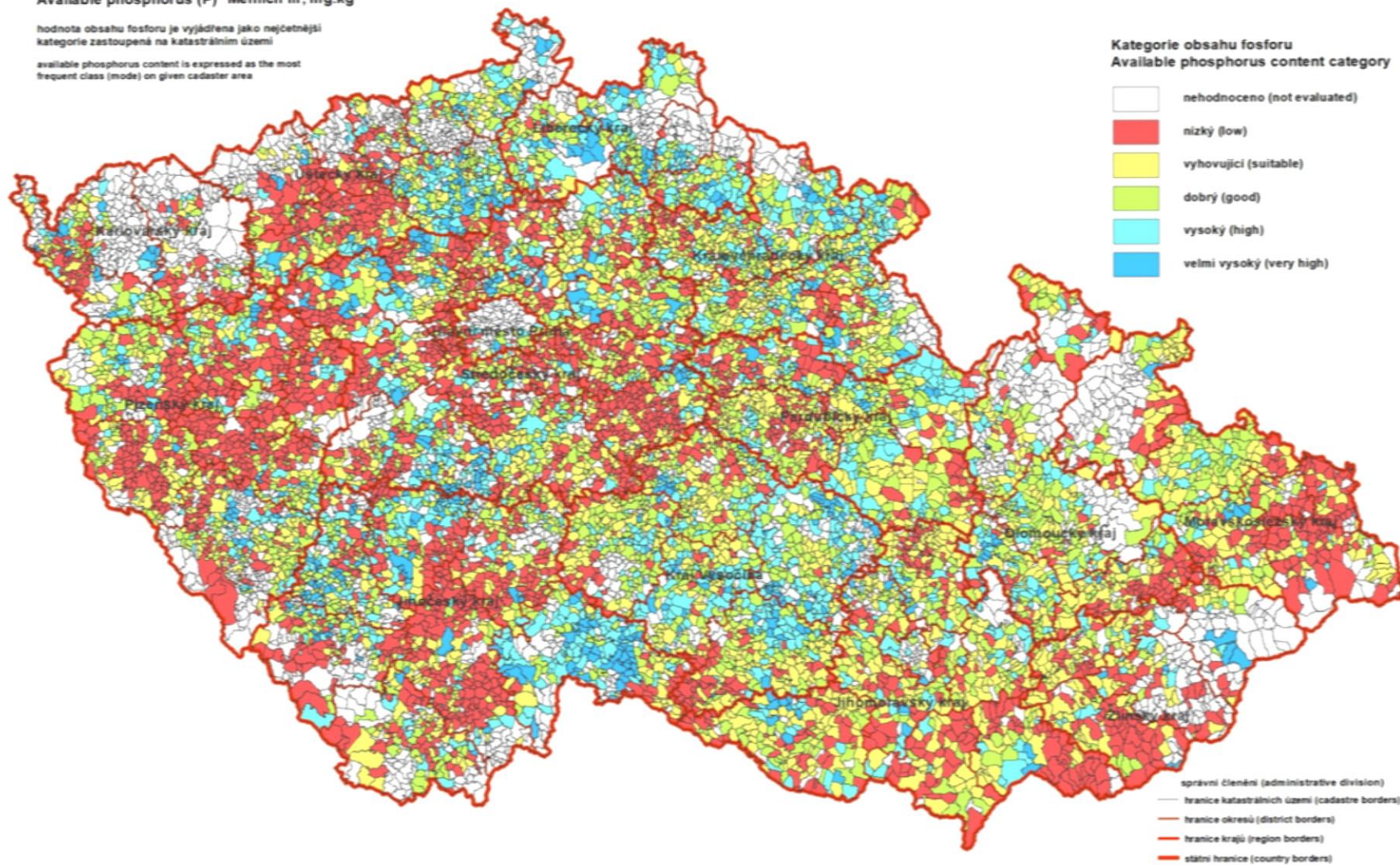
pH

Kategorie půdní reakce
Soil reaction category



Agrochemické zkoušení zemědělských půd 2011 - 2016

Agrochemical soil testing 2011 - 2016

Fosfor (P) Mehlich III, mg.kg^{-1} Available phosphorus (P) Mehlich III, mg.kg^{-1} hodnota obsahu fosforu je vyjádřena jako nejčastější
kategorie zastoupená na katastrálním územíavailable phosphorus content is expressed as the most
frequent class (mode) on given cadaster area

Agrochemické zkoušení zemědělských půd 2011 - 2016

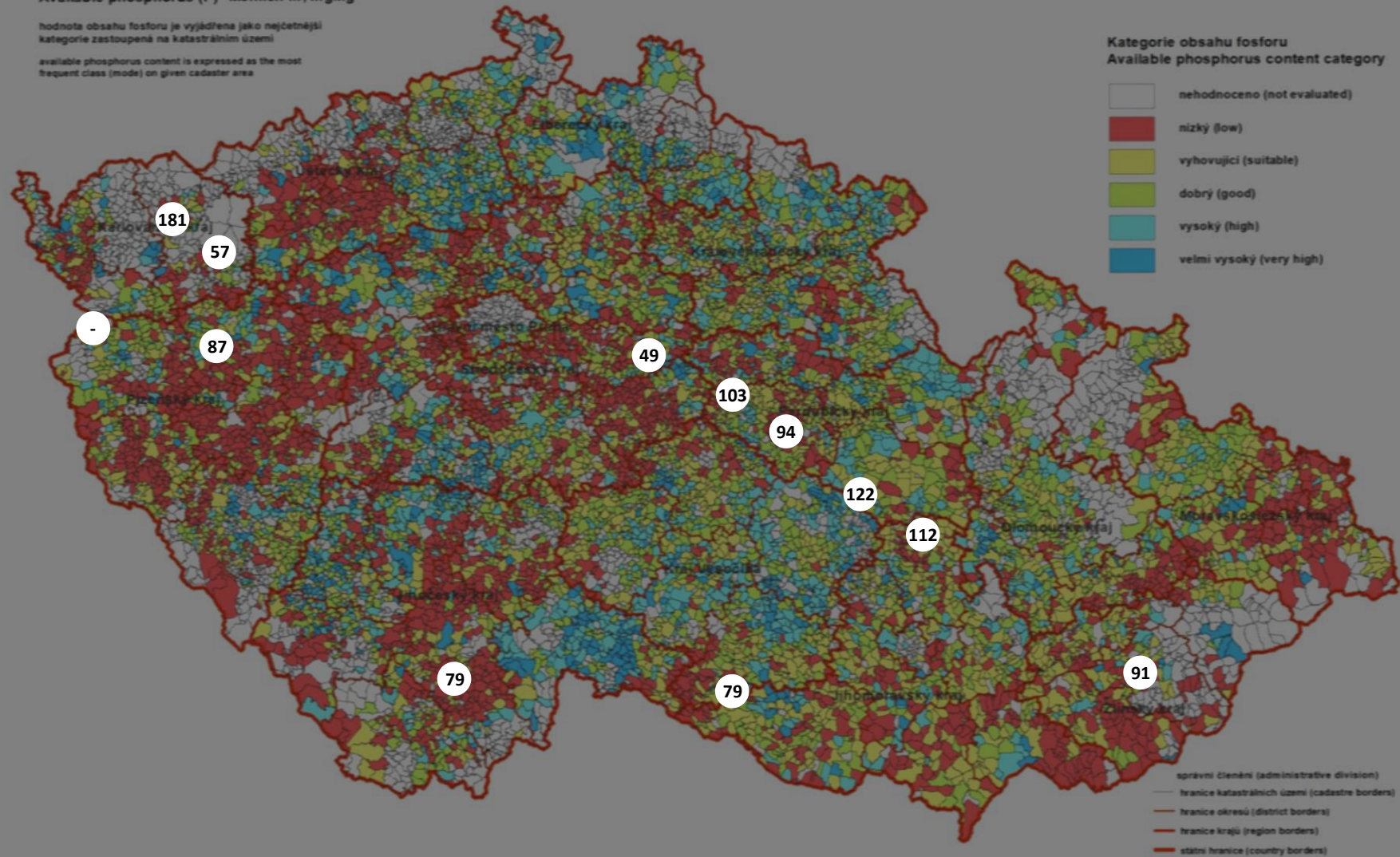
Agrochemical soil testing 2011 - 2016

Fosfor (P) Mehlich III, mg.kg^{-1}

Available phosphorus (P) Mehlich III, mg.kg^{-1}

hodnota obsahu fosforu je vyjádřena jako nejčastější
kategorie zastoupená na katastrálním území

available phosphorus content is expressed as the most
frequent class (mode) on given cadaster area



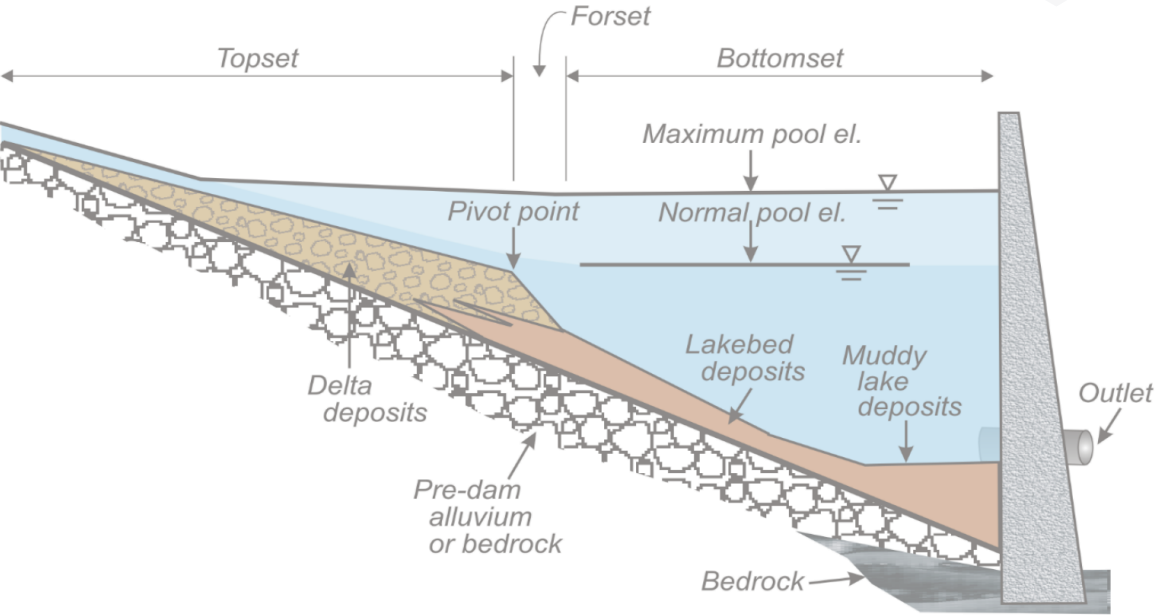
NÁDRŽE

Heterogenita

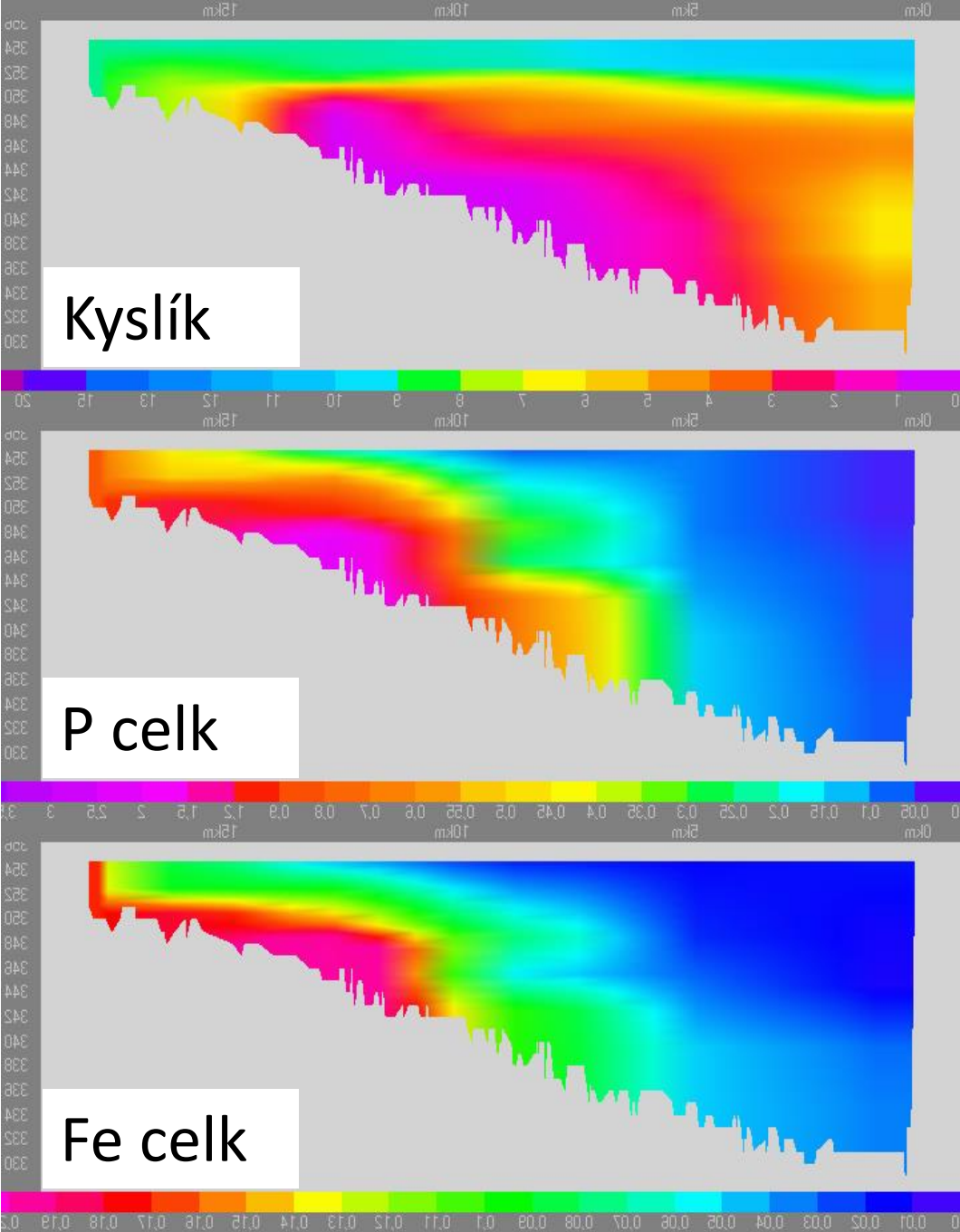
Nádrž	pH	Ca ug/g	Nadm. výška m n.m., B.p.V.	TRT rok
Seč I	5,2	1393	487	0,21
Hamry	5,3	1275	580	0,06
Lučina	5,4	1520	533	0,13
Stanovice	5,5	1588	513	0,24
Vír I	5,5	1606	465	0,42
Římov	5,5	1498	471	0,23
Boskovice	5,6	1758	430	0,63
Hracholusky	5,6	1599	354	0,14
Vranov	5,7	1773	349	0,42
Žlutice	5,7	1840	507	0,29
Vrchlice	6,0	1928	324	0,59
Ludkovice	6,0	1977	284	0,31

* Hodnoty pH a Ca jsou pro půdy v povodí dle AZPP (ÚKZUZ)

Modelový příklad nádrže Hracholusky
- Podélný profil, červen 2015



Randle and Bountry (2017)



J. Duras (nepublikovaná data)

**Kvalita
přitékajících
částic**
Philipsovy pasti



**Kvalita
sedimentujících částic**
Přechytávací pasti



**Kvantita sedimentujících
částic**

Kvantitativní pasti



1. zóna

2. zóna

Kvalita sedimentů – rozbory + inkubace

Lokality na nádrži (2) – 1. zóna - bez stratifikace

– 2. zóna - stratifikovaný vodní sloupec

* Sonarový průzkum sedimentů + ohledání lokality (více odběrů)

NÁDRŽE

Příběh částice

Zdroje

Přítoková část určuje kvalitu vody u hráze

přítok

hráz

transformace v toku

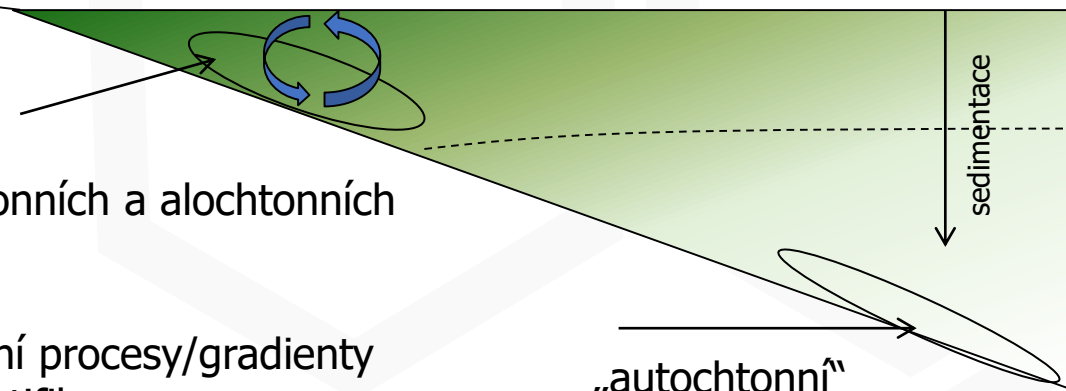
směs autochtonních a alochtonních částic

velmi intenzivní procesy/gradienty

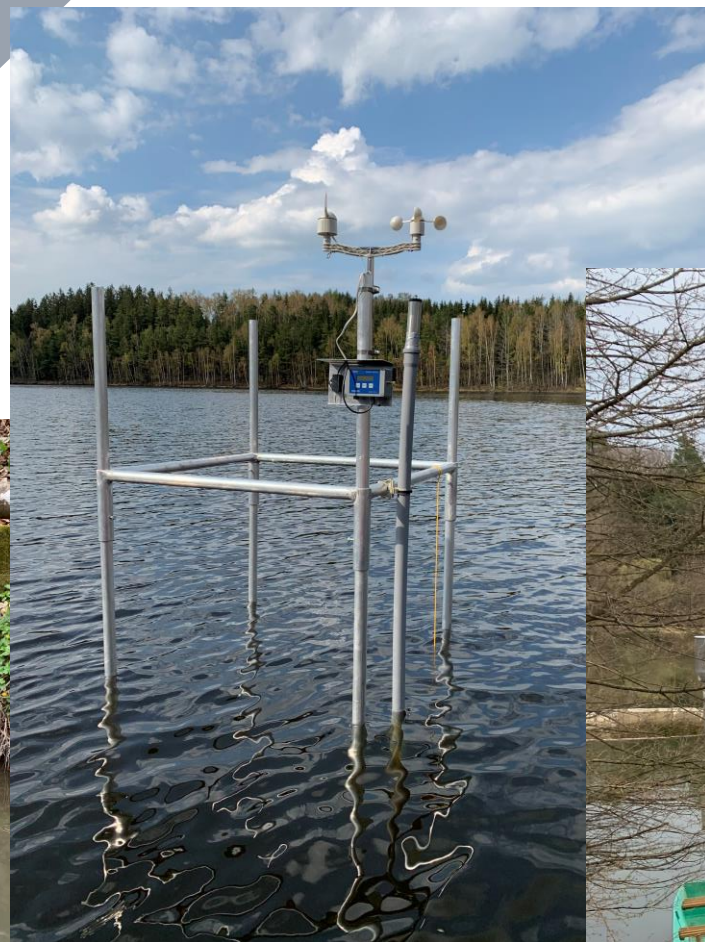
- míchání/stratifikace
- dostupnost akceptorů elektronů (NO_3 , O_2)
- vyšší teplota, pH
- srážení/rozpouštění
- sorpce/desorpce
- chemické/mikrobiální

„autochtonní“
hluboké sedimenty

sedimentace



INSTALACE



INSTALACE



1

Změna složení částic v časo/prostorovém gradientu

ZDROJ / pole



TRANSFORMACE / řeka



USAZENÍ / nádrž

2

Změny ve vertikálním profilu sedimentů

ČÁSTICE
PÓROVÁ VODA

3

Inkubační experimenty intaktních kórů

RYCHLOSTI uvolňování/spotřeb
SIMULACE možných situací

4

Význam zdrojových oblastí erozních částic

IDENTIFIKACE
KVANTIFIKACE

1

Změna složení částic v časo/prostorovém gradientu

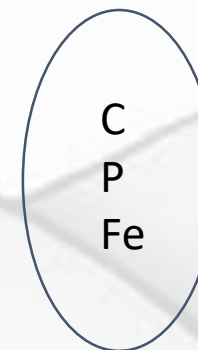
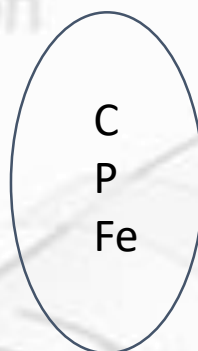
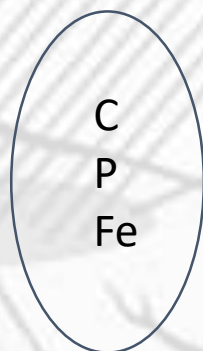
ZDROJ / pole



TRANSFORMACE / řeka



USAZENÍ / nádrž



Složení vody / částic

- ICP-MS: Fe, P, Ca, ...
- IC: $\text{NH}_4\text{-N}$
- TOC-L: DOC
- extrakce – vodná, redukční, sekvenční
- sorpční vlastnosti pro P

Fluorescenční spektroskopie organických látek (OL)

- Excitace: 250 – 550 nm / Emise: 250 – 280 nm
- *Píky: poměr excitačního maxima/emisního maxima při specifických vlnových délkách*
 - A, M, C – píky organických látek typu huminových látek
 - B, T – píky proteinového charakteru, mikrobiální rozkladné procesy
- HIX – humifikační index, aromaticita OL
- BIX – biologický index OL

UV-VIS spektroskopie

- SUVA_{280}
- Sr („slope ratio“)



aromaticita
molekulová hmotnost



2

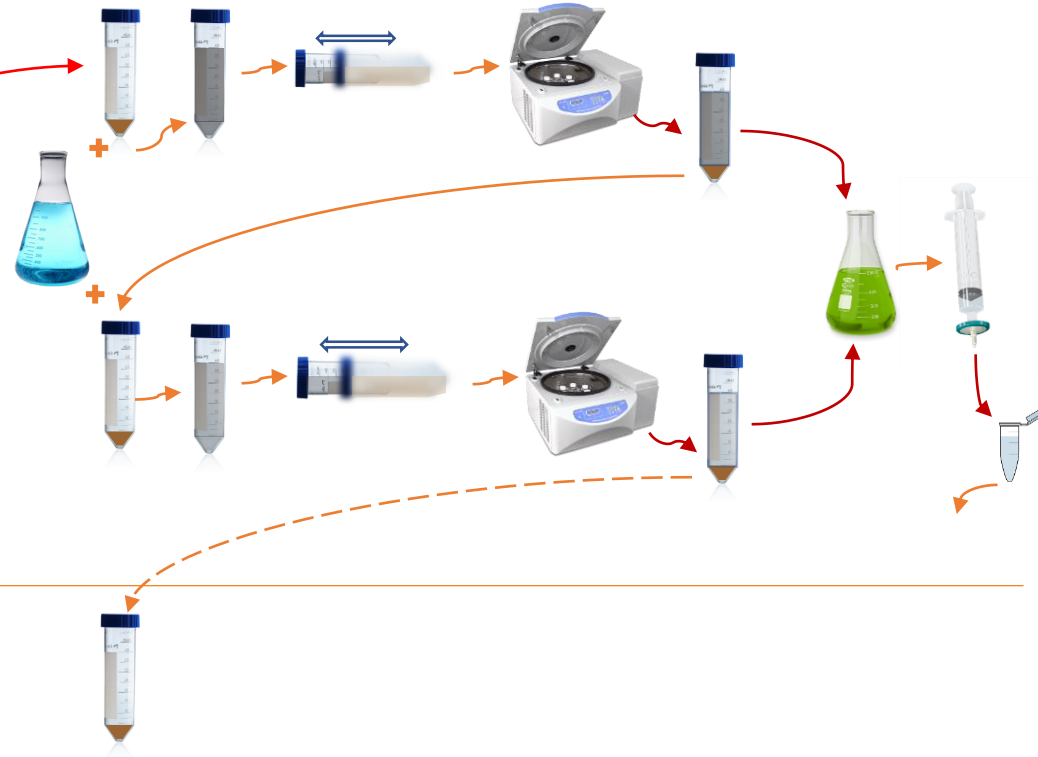
Změny ve vertikálním profilu sedimentů

ČÁSTICE
PÓROVÁ VODA

Sekvenční 6 kroková extrakce (frakcionace)



1 krok

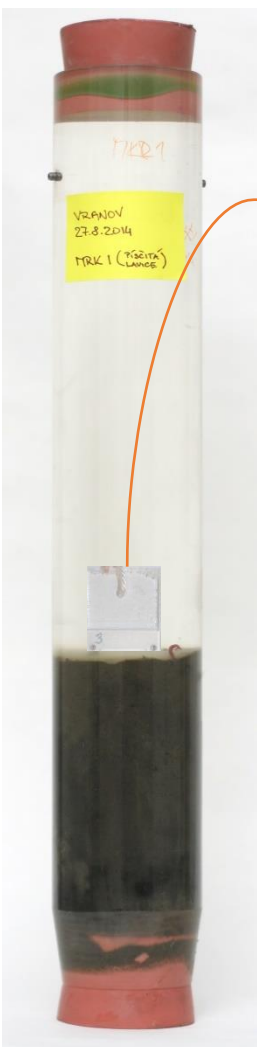
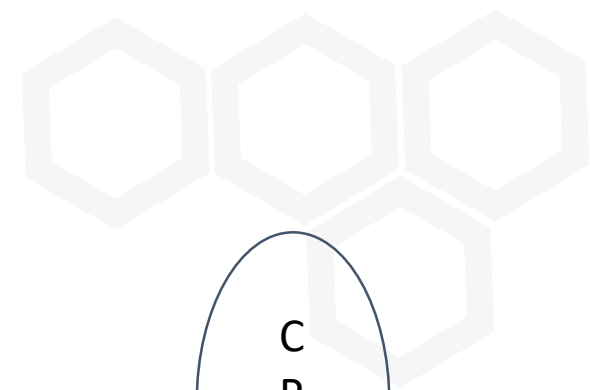


P
Fe
Al
DOC
FTIR
UV/VIS

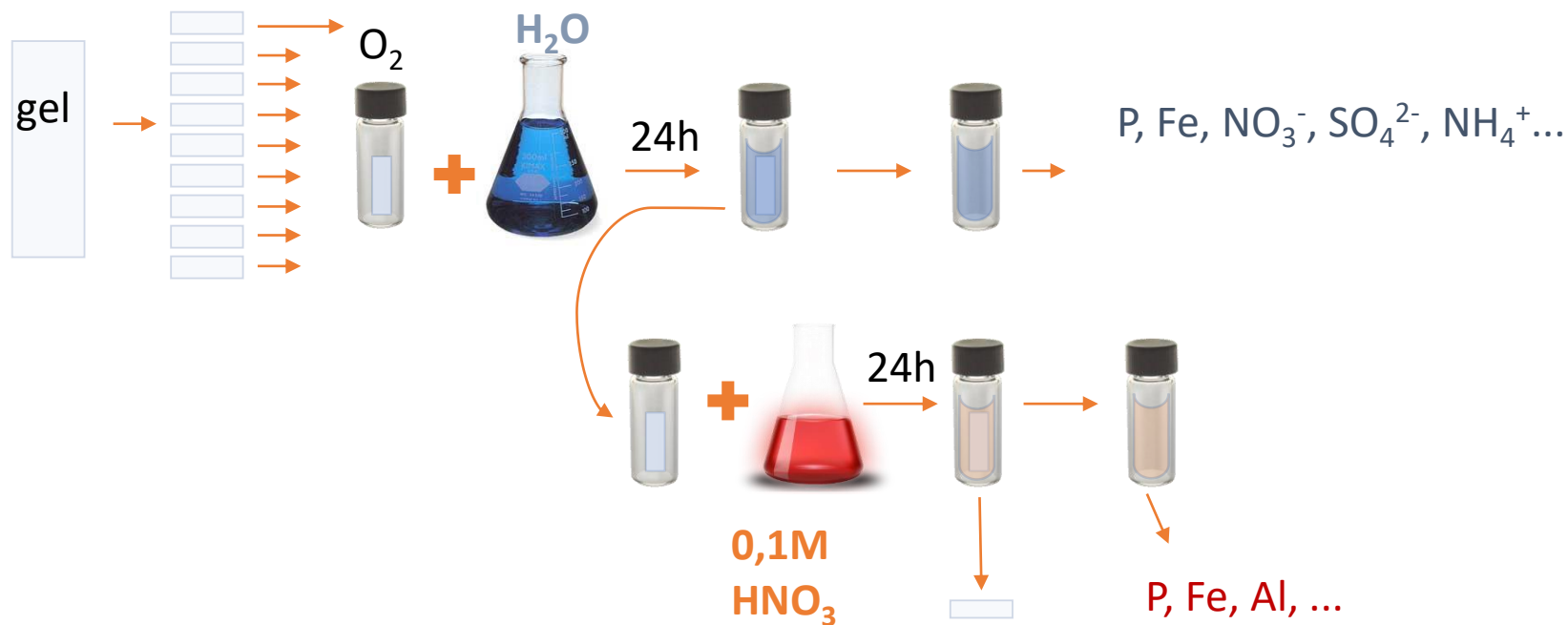
C
P
Fe

Sledování změn chemismu v čase – uvolňování P ze sedimentu
Stanovení forem P, Fe, Al + vzájemné molární poměry
Kvalita obsažené org. hmoty
Potenciál uvolňování P za určitých podmínek prostředí

Analýza pórové vody (DET)



24h



H_2O – simulace prokysličení pórové vody- vznik sraženin

Výpočet difúzní rychlosti uvolňování P v daném okamžiku
Dostupnost akceptorů elektronů, rozkladné procesy



3

Inkubační experimenty intaktních kórů

RYCHLOSTI uvolňování/spotřeb

SIMULACE možných situací

Inkubace intaktních kórů sedimentu

C
P
Fe

Zjištění rychlosti uvolňování/spotřeby látek
(*in-situ* podmínky)

Změny koncentrací látek nad sedimentem + DET

Manipulativní experimenty

- 3. rok projektu
 - vyčerpání kyslíku/dusičnanů
 - vysychání
 - návrh na zvýšení retence P a stability sedimentu (vnos Fe, akceptorů elektronů)

Výběr sedimentů

- sedimenty s nejvyšším nabožením P oproti půdám
- sedimenty s převahou alifatické OM vázané na Fe





4

Význam zdrojových oblastí erozních částic

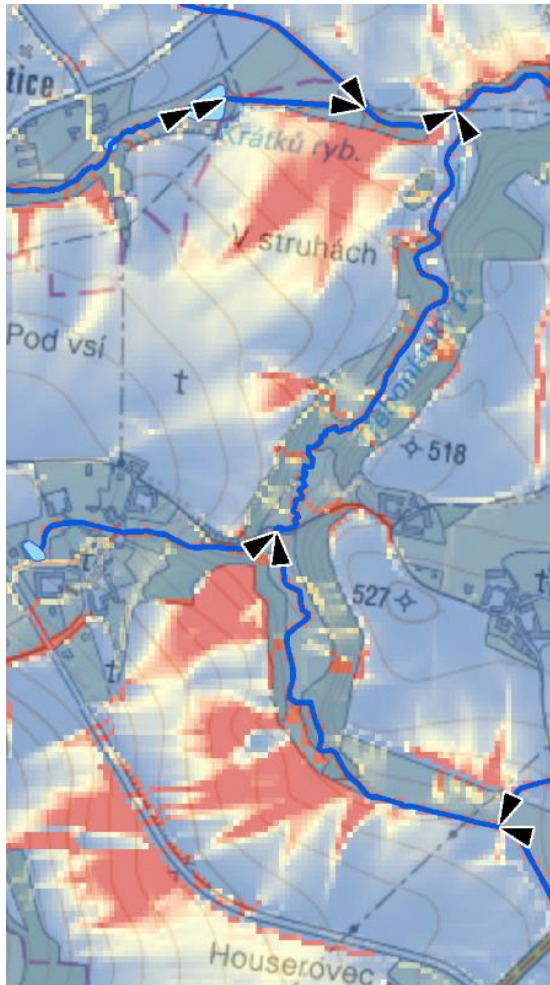
IDENTIFIKACE
KVANTIFIKACE

Zdrojové oblasti

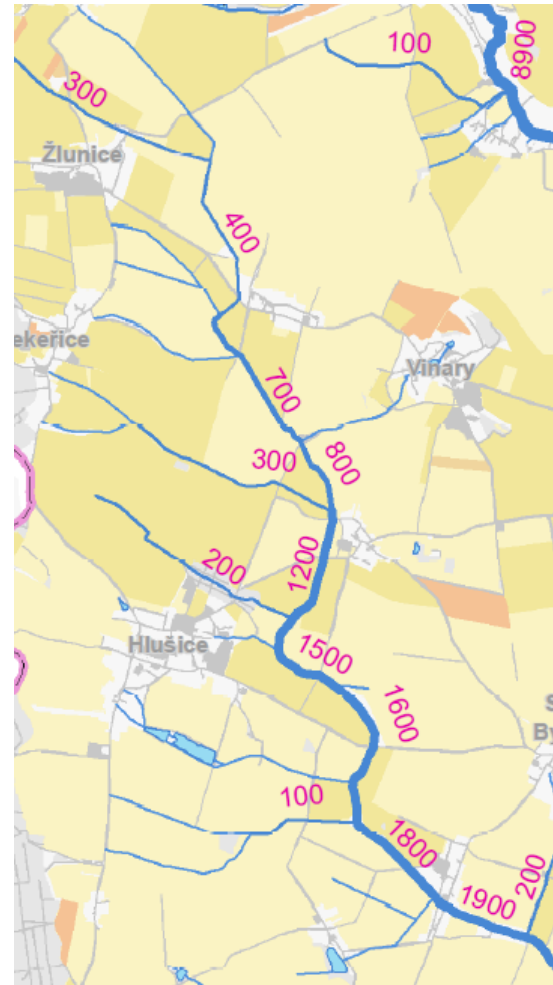
Model **WATEM/SEDEM**: eroze x depozice pro každý element
(10x10 m, 5x5 m) – **dlouhodobé průměrné vstupy**

- sedimentu
- celkového P

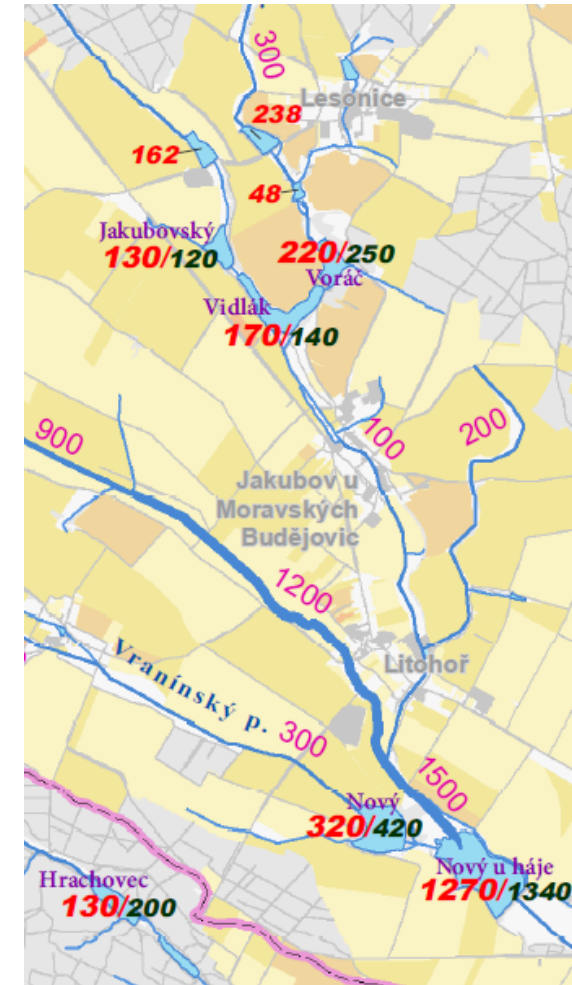
1. vstup z pozemku



2. transport v tocích



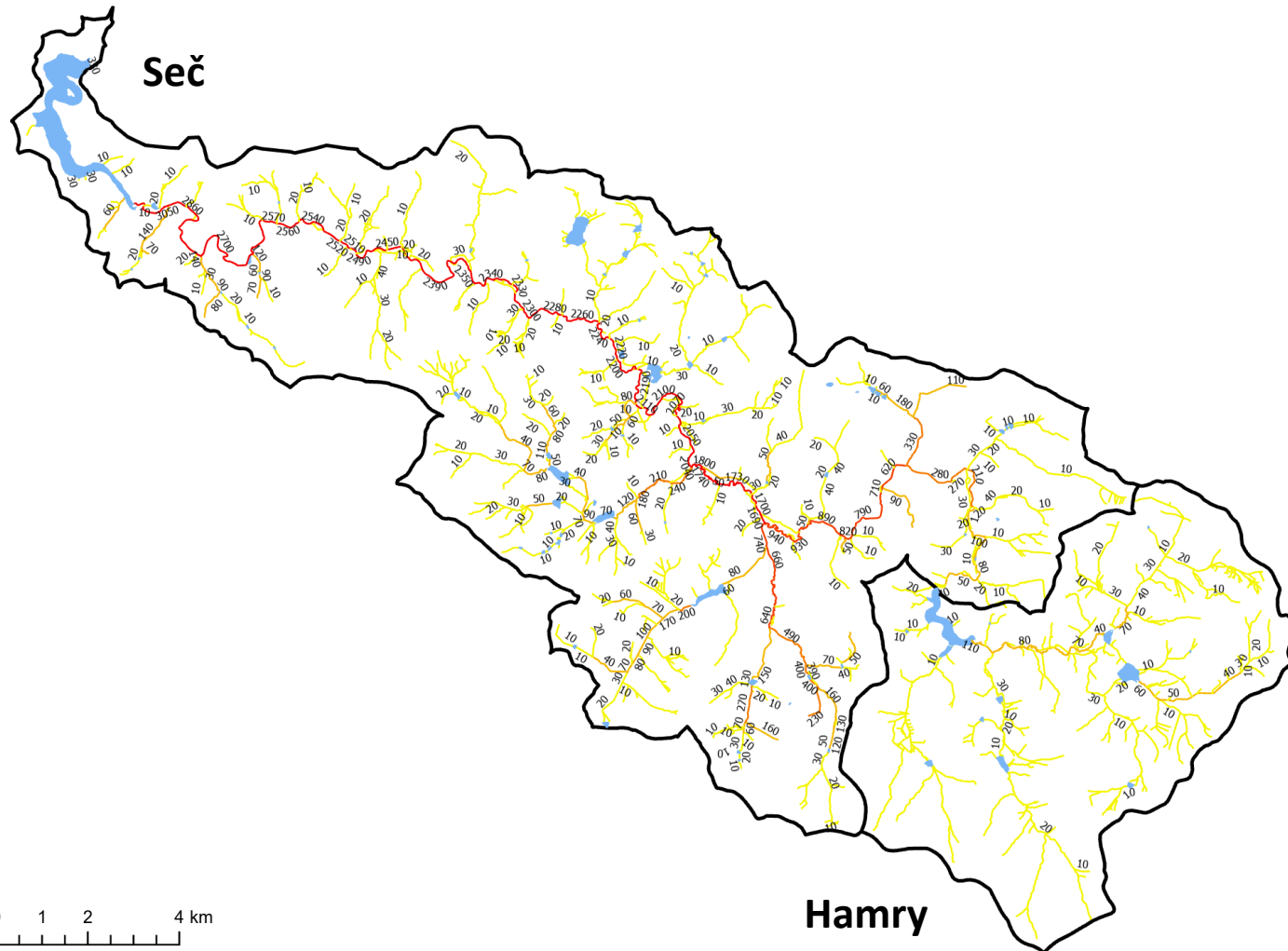
3. zachycení v nádrži



Zdrojové oblasti

Model **WATEM/SEDEM**: eroze x depozice pro každý element

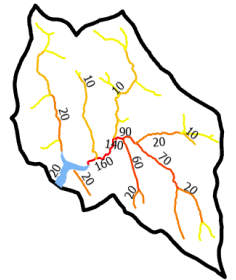
- Problém **rozdílného měřítka** jednotlivých povodí
- Nutnost rozlišení „**běžných**“ a „**významných**“ erozně odtokových epizod



Boskovice



Bojkovice

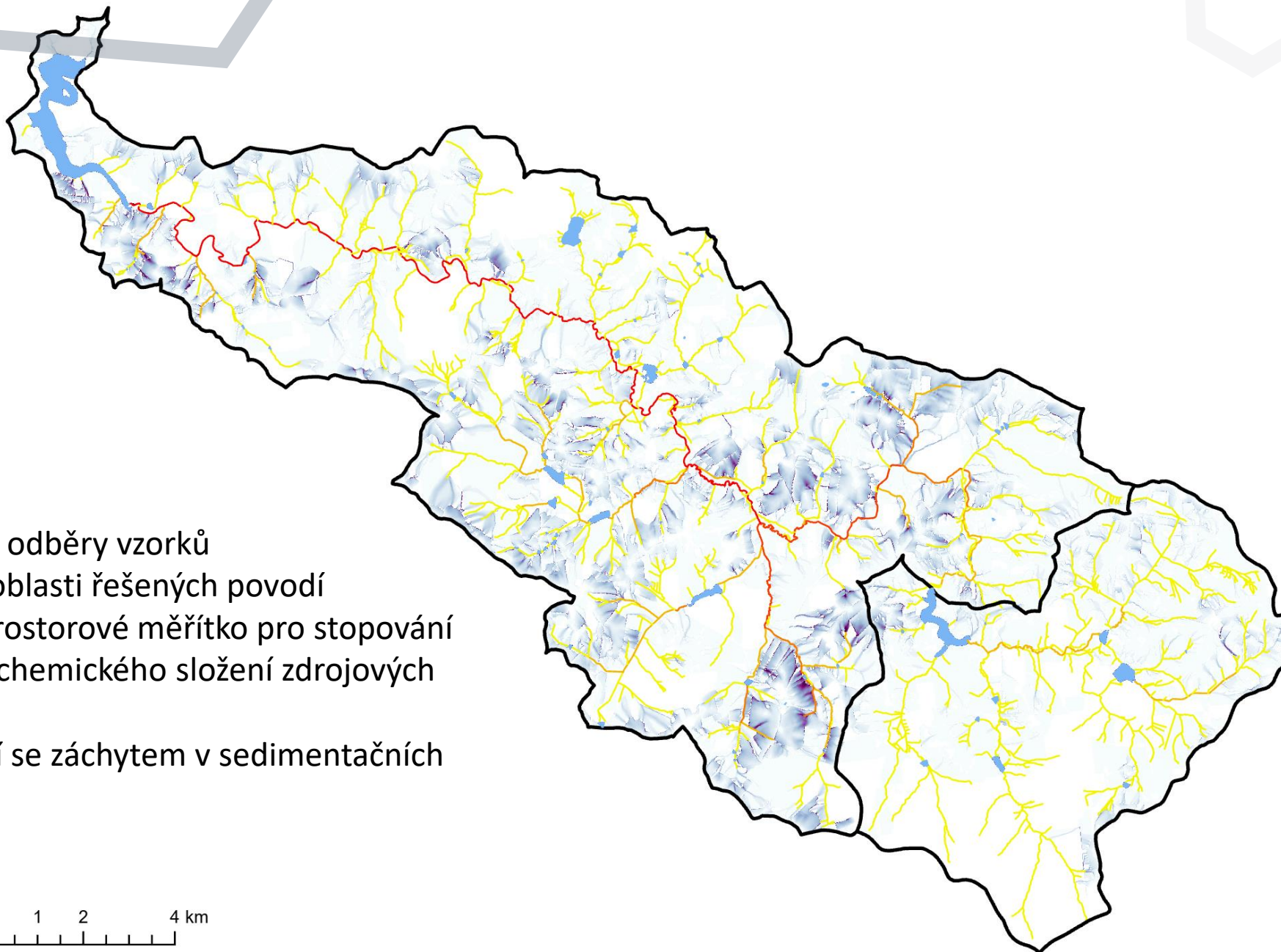
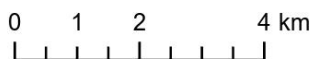


Zdrojové oblasti



Monitoring a odběry vzorků

- zdrojové oblasti řešených povodí
- vhodné prostorové měřítko pro stopování fyzikálně/chemického složení zdrojových ploch
- porovnání se záchytem v sedimentačních pastech



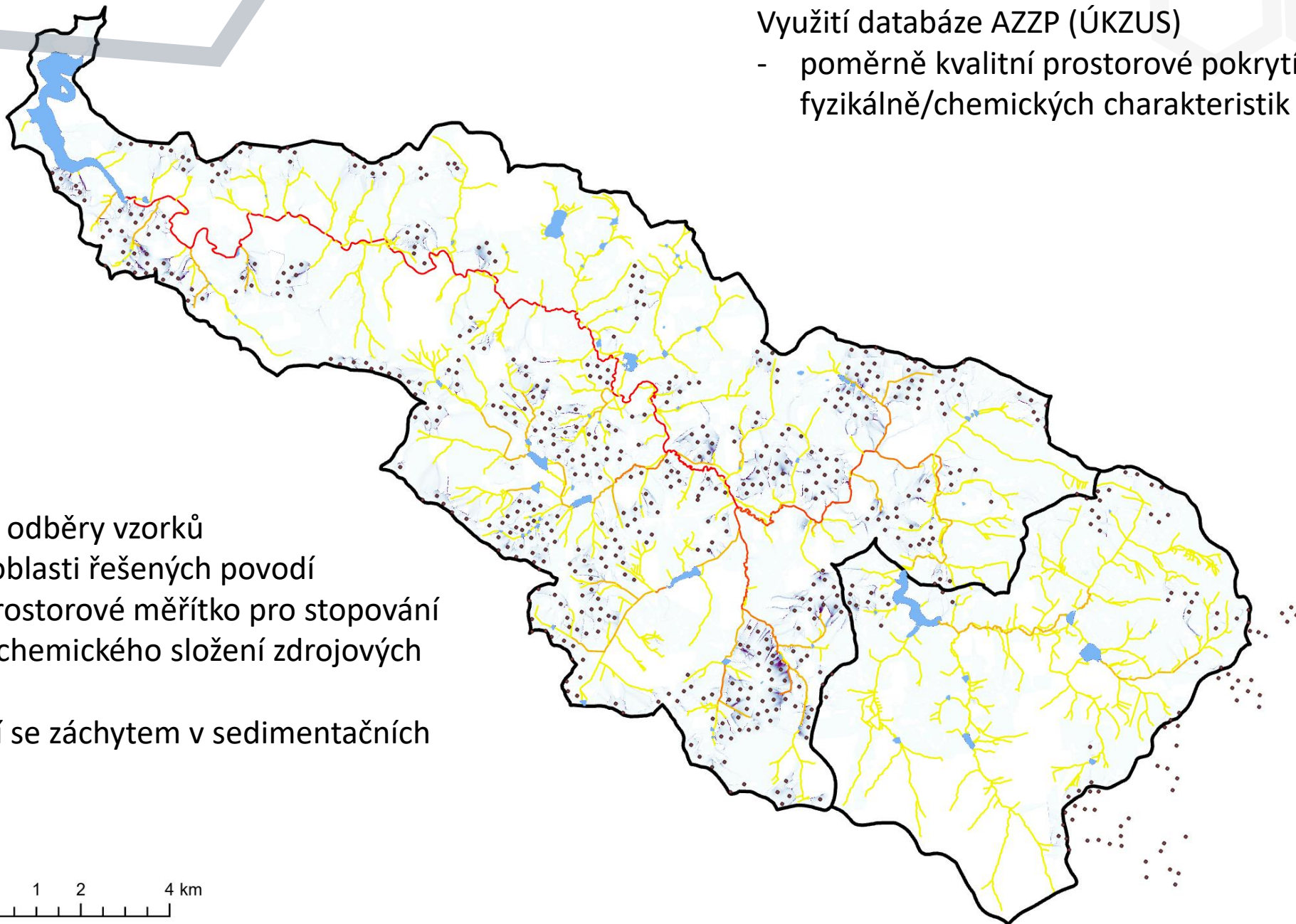
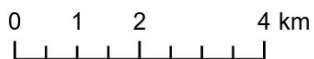
Zdrojové oblasti

Využití databáze AZZP (ÚKZUS)

- poměrně kvalitní prostorové pokrytí většiny fyzikálně/chemických charakteristik

Monitoring a odběry vzorků

- zdrojové oblasti řešených povodí
- vhodné prostorové měřítko pro stopování fyzikálně/chemického složení zdrojových ploch
- porovnání se záchytem v sedimentačních pastech



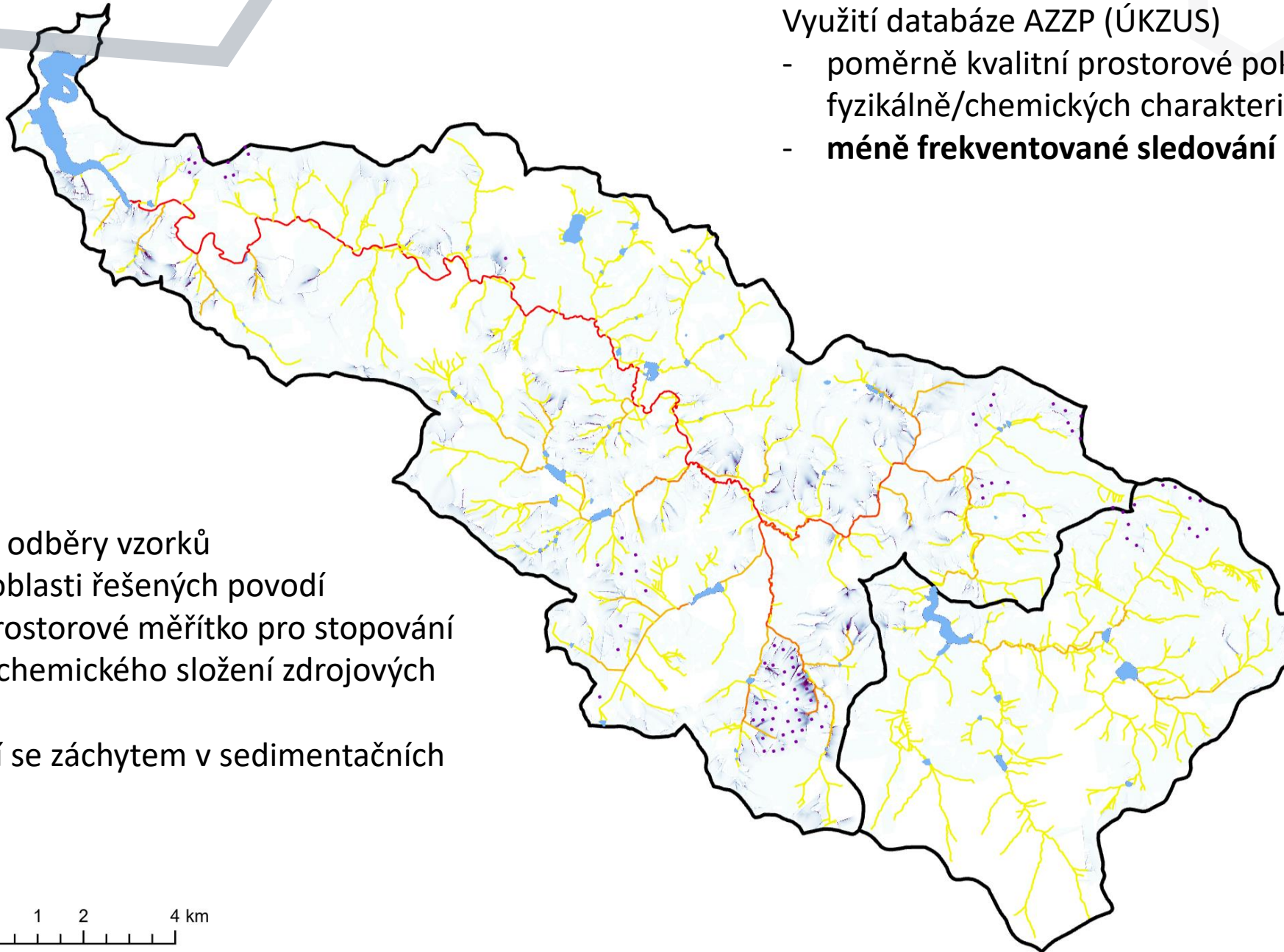
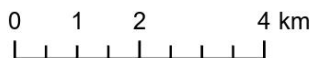
Zdrojové oblasti

Využití databáze AZZP (ÚKZUS)

- poměrně kvalitní prostorové pokrytí většiny fyzikálně/chemických charakteristik
- **méně frekventované sledování kovů (Fe, Al, Mn)**

Monitoring a odběry vzorků

- zdrojové oblasti řešených povodí
- vhodné prostorové měřítko pro stopování fyzikálně/chemického složení zdrojových ploch
- porovnání se záchytem v sedimentačních pastech








BIOLOGICKÉ
CENTRUM
AV ČR, v. v. i.



FAKULTA
STAVEBNÍ
ČVUT V PRAZE

Závěrečné poděkování

-  za pozornost
-  podnikům Povodí
-  řešitelskému týmu

