



Sloučeniny síry

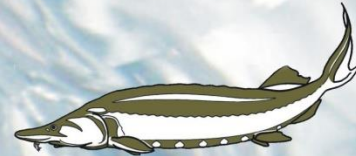
- V přírodních a odpadních vodách se síra vyskytuje v různých oxidačních stupních (0, II, IV, VI)
- V běžných přírodních vodách nejčastěji ve formě jednoduchého iontu SO_4^{2-} , v jednotkách, desítkách i stovkách mg.l^{-1} , thiosířany a siřičitany se v přírodních vodách téměř nevyskytují
- V anaerobním prostředí a v odpadních vodách se vyskytuje i ve formě sulfanu a jeho iontových forem
- Z organických sloučenin je ve vodě síra nejčastěji v bílkovinách a aminokyselinách, ve kterých udržuje trojrozměrné uspořádání.

Sloučeniny síry



- **Koloběh S** – je založen na biochemické oxidaci a redukci v závislosti na přítomnosti kyslíku, většina S vázané v organické hmotě je mineralizována baktériemi a houbami
- V anaerobních podmínkách dochází k redukci sloučenin síry za vzniku elementární síry nebo H_2S (baktérie *Desulfovibrio*, *Escherichia*, *Proteus*)
- V aerobních podmínkách je H_2S oxidován sirnými bakteriemi na elementární síru (např. *Beggiatoa*), jiné bakterie (např. *Thiobacillus*) oxidují síru na sírany
- Na koloběhu S se podílejí i fotoautotrofní zelené a purpurové bakterie, které využívají H ze H_2S jako akceptor O_2 při redukci CO_2

Sírany



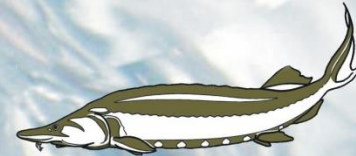
- Přírodním zdrojem síranů jsou výluhy z minerálů např. sádrovec ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), anhydrit (CaSO_4)
- Umělým zdrojem jsou odpadní vody z moření kovů, městské a průmyslové exhalace
- Zvláště bohaté na sírany jsou vody minerální (karlovarské 1,4-1,6 g.l⁻¹ SO_4^{2-} , šaratice 8 g.l⁻¹ SO_4^{2-} , zaječická 24 g.l⁻¹ SO_4^{2-})
- V mořské vodě je průměrně 2,7 g.l⁻¹ SO_4^{2-}
- Sírany patří mezi hlavní anionty přírodních vod (společně s hydrogenuhličitany a chloridy).
- V oxických a anoxických podmínkách ve vodě jsou stabilní, k jejich redukci na sulfidy dochází až ve striktně anaerobním prostředí.

Sírany



- Vyšší koncentrace síranů ovlivňují senzorické vlastnosti vody, kdy společně s hořčíkem a sodíkem způsobují laxativní účinky vody.
- Vyšší obsah síranů ve vodách může být rovněž příčinou její agresivity k betonu.
- Přípustné max. zatížení vodárenských toků je $180 \text{ mg.l}^{-1} \text{ SO}_4^{2-}$, ostatní povrchové vody $200 \text{ mg.l}^{-1} \text{ SO}_4^{2-}$
- Stanovení S – sloučeniny síry se oxidují na sírany, které se pak kvantitativně stanoví (nejčastěji gravimetricky nebo odměrnou analýzou)
- Lze použít i spektrofotometrickou metodu s chromanem barnatým

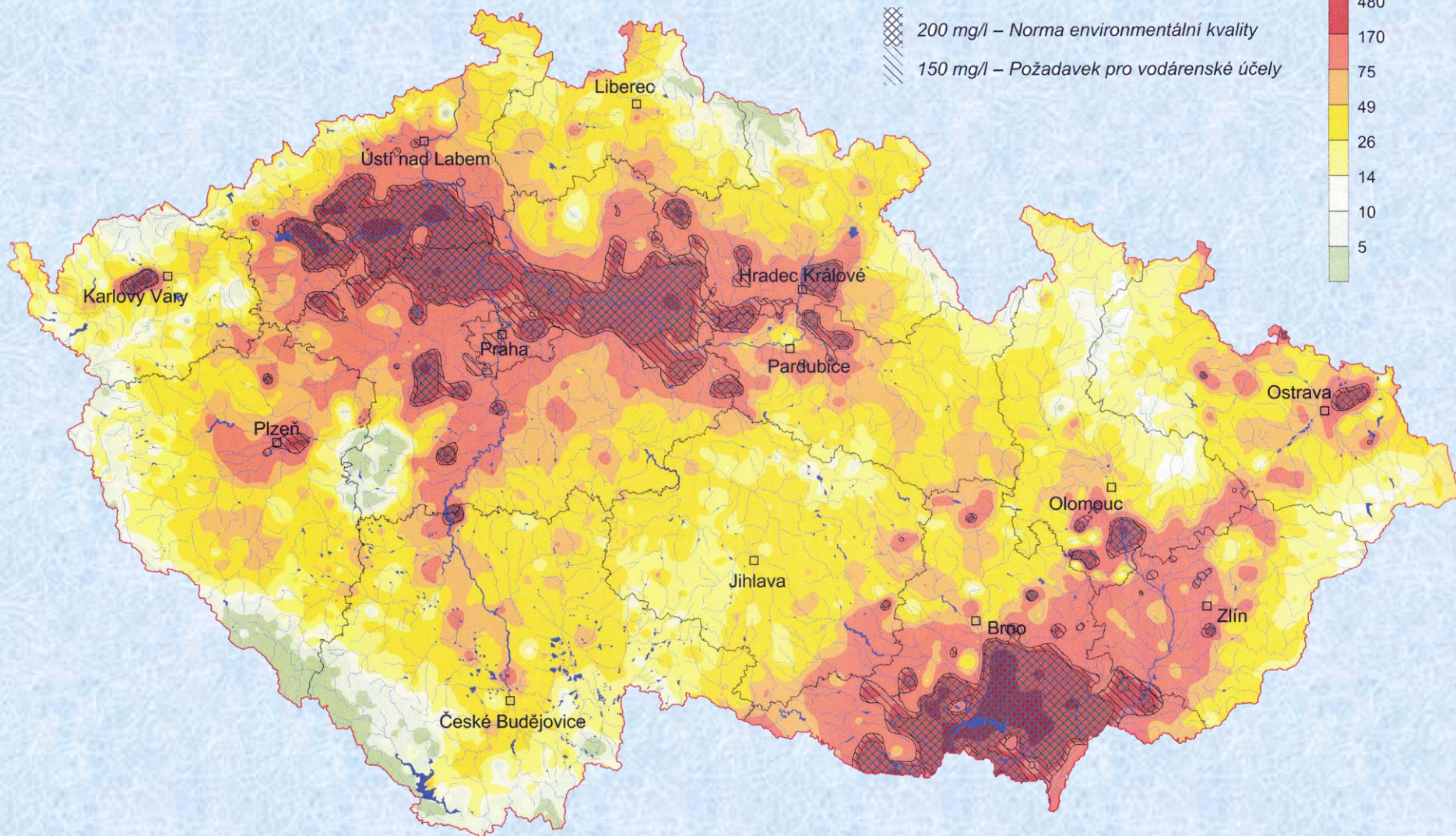
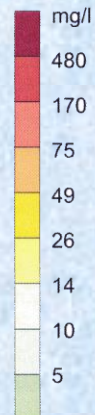
Sířany



**Překročení přípustného znečištění
(61/2003 Sb. ve znění novely 23/2011 Sb.)**

 200 mg/l – Norma environmentální kvality

 150 mg/l – Požadavek pro vodárenské účely



Koncentrace síranů (SO_4^{2-}) v různých typech povrchových vod (mg.l^{-1}). Průměrná hodnota (min. – max.).



Lokalita	SO_4^{2-}	Lokalita	SO_4^{2-}
Rybníky		Údolní nádrže	
Sykovec (kraj Vysočina)	21,2 (12–34)	Husinec (Jihočeský kraj)	17,6 (6–45)
Medlov (kraj Vysočina)	19,8 (12–31)	Plumlov (Olomoucký kraj)	47,3 (42–53)
Pístovický (Jihomoravský kraj)	48,1 (24–59)	Brněnská (Jihomoravský kraj)	49,5 (37–88)
Jaroslavický (Jihomoravský kraj)	55,0 (41–71)	Řeky a říčky	
Zámecký (Jihomoravský kraj)	86,2 (68–103)	Fryšávka (kraj Vysočina)	27,0 (24–32)
Novoveský (Jihomoravský kraj)	197,5 (118–340)	Svratka (Jihomoravský kraj)	29,5 (21–42)
Lužický (Jihomoravský kraj)	235,8 (131–390)	Ošetnice (Moravskoslezský kraj)	30,8 (24–41)
Křížový (Jihomoravský kraj)	854,3 (521–1100)	Dyje (Jihomoravský kraj)	49,4 (35–61)

Sulfan a jeho formy



- Sulfan a jeho iontové formy se vyskytují v přírodních vodách jen zřídka a pouze v malých koncentracích (vzhledem k jejich snadné oxidaci).
- Anorganického původu je sulfan vznikající rozkladem sulfidických rud a biologickou redukcí síranů, dalším zdrojem mohou být vulkanické exhalace.
- Organického původu je sulfan vzniklý biologickým rozkladem organických sirných látek v anaerobním prostředí.
- Umělým zdrojem mohou být odpadní vody z koželužen, tepelného zpracování uhlí, zpracování ropy, barvíren aj.
- Ve vodách se nedisociovaný sulfan (H_2S) vyskytuje při nižším pH (pod 6), při vyšších hodnotách je převážně ve formě jednoduchých iontů (S^{2-} a HS^-).

Sulfan



- Sulfan je jedovatý plyn, který se ve vodách vyskytuje nejčastěji u dna, kde je nedostatek kyslíku. V aerobním prostředí je nestabilní a podléhá postupně oxidaci až na sírany (SO_4^{2-}).
- Minerální vody obsahující minimálně 1 mg.l^{-1} $\text{S-H}_2\text{S}$ se označují jako vody sirné (sulfanové). Bohaté na obsah sulfanu jsou minerální vody ropného původu.
- Množství sulfanu u dna hlubokých nádrží, kam proniká kyslík jen pozvolna, může být značné. Jeho koncentrace v hypolimniu jezer může dosáhnout hodnot až stovek mg.l^{-1} .
- Např. v Černém moři je bez sulfanu pouze horní vrstva vody o síle 150-200 m, zatímco níže ležící vrstvy jsou sulfanem nasyceny a tudíž bez života.

Sulfan



- Na horní hranici sulfanové zóny dochází často k rozvoji sirných bakterií, které syntetizují organické látky ze sulfanu v procesu chemosyntézy.
- H_2S a jeho iontové formy mohou být příčinou koroze zdiva vodních staveb. Vznikající sulfan je biochemicky oxidován až volnou H_2SO_4 bakteriemi obsaženými v slizových vrstvách na stěnách staveb.
- Norma pro pitnou vodu ve vodárenských tocích přítomnost H_2S nepřipouští, v ostatních vodách může být nejvýše $0,05 \text{ mg.l}^{-1}$.
- Pro vodní živočichy je sulfan jedovatý. Letální koncentrace pro ryby se pohybuje od $0,4 \text{ mg.l}^{-1}$ (lososovité) do 4 mg.l^{-1} H_2S (karas, lín). Při vyšším pH toxicita H_2S klesá.

Chloridy



- Ve vodách se můžeme setkat s chloridy, chlornany, elementárním chlorem, kyselinou chlornou, chloraminy, chloristany, chlorečnany, oxidem chloričitým a organickými chlorderiváty.
- Jednoznačně nejrozšířenější formou výskytu sloučenin chloru v přírodních vodách jsou chloridy.
- Další sloučeniny chloru se v přírodních vodách obvykle nevyskytují.
- Chlor ve vodě má chlorační a oxidační účinky.
- Chlorování se tak standardně využívá při úpravách pitných vod a čištění odpadních vod.

Aktivní chlor



- Chlor je nejčastěji používaným dezinfekčním činidlem ve vodárenství, navíc se používá k bakteriologickému zabezpečení nezávadnosti vody.
- Sloučeniny chloru se používají jako bělicí prostředek v různých průmyslových odvětvích (textilní a papírenský průmysl), můžou se také objevit v odpadních vodách z čistíren, cukrovarů a škrobáren, nemocnic a lázeňských zařízení aj.
- Chlorové vápno se používá v rybářství k dezinfekci dna rybníků, sádek a jiných zařízení určených k chovu ryb.
- Chlorovaná pitná voda obsahuje 0,05 až 0,3 mg.l⁻¹ aktivního chloru.

Aktivní chlor



- Sloučeniny chloru označované jako celkový aktivní chlor (molekulární chlor, chlornany, chloraminy, oxid chloričitý) působí na vodní organizmy a ryby toxicky.
- U ryb sloučeniny aktivního chloru rozrušují žábra (žaberní lístky se bělavě zbarvují) až po úplné odumírání žaberního epitelu.
- Koncentrace $0,04\text{--}0,2 \text{ mg.l}^{-1}$ aktivního chloru je při dlouhodobém působení toxická pro většinu ryb.
- Při nižších teplotách je účinek dlouhodobější, poněvadž se chlór ve vodě déle udrží, zatímco při vyšších teplotách je účinek silnější, ale chlór se rychle váže především na organické látky a stává se inaktivním.

Chloridy



- Sloučeniny chloru jsou obsaženy téměř ve všech horninách a do vod se vyluhují ve formě chloridů nejčastěji z ložisek kamenné soli a draselných solí
- Člověk vylučuje močí asi 9 g chloridů denně
- Ve splaškových vodách jsou živočišného původu, dalším umělým zdrojem je dezinfekce vody chlorací, neutralizace HCl, vysolování
- Chloridy neasimilují rostliny ani bakterie, ale jsou neustále uvolňovány živočichy
- Chlor se ve vodě může v menší míře vyskytovat i jako kyselina chlorná (HClO), anion (ClO^-) nebo v různých chlorokomplexech

Chloridy



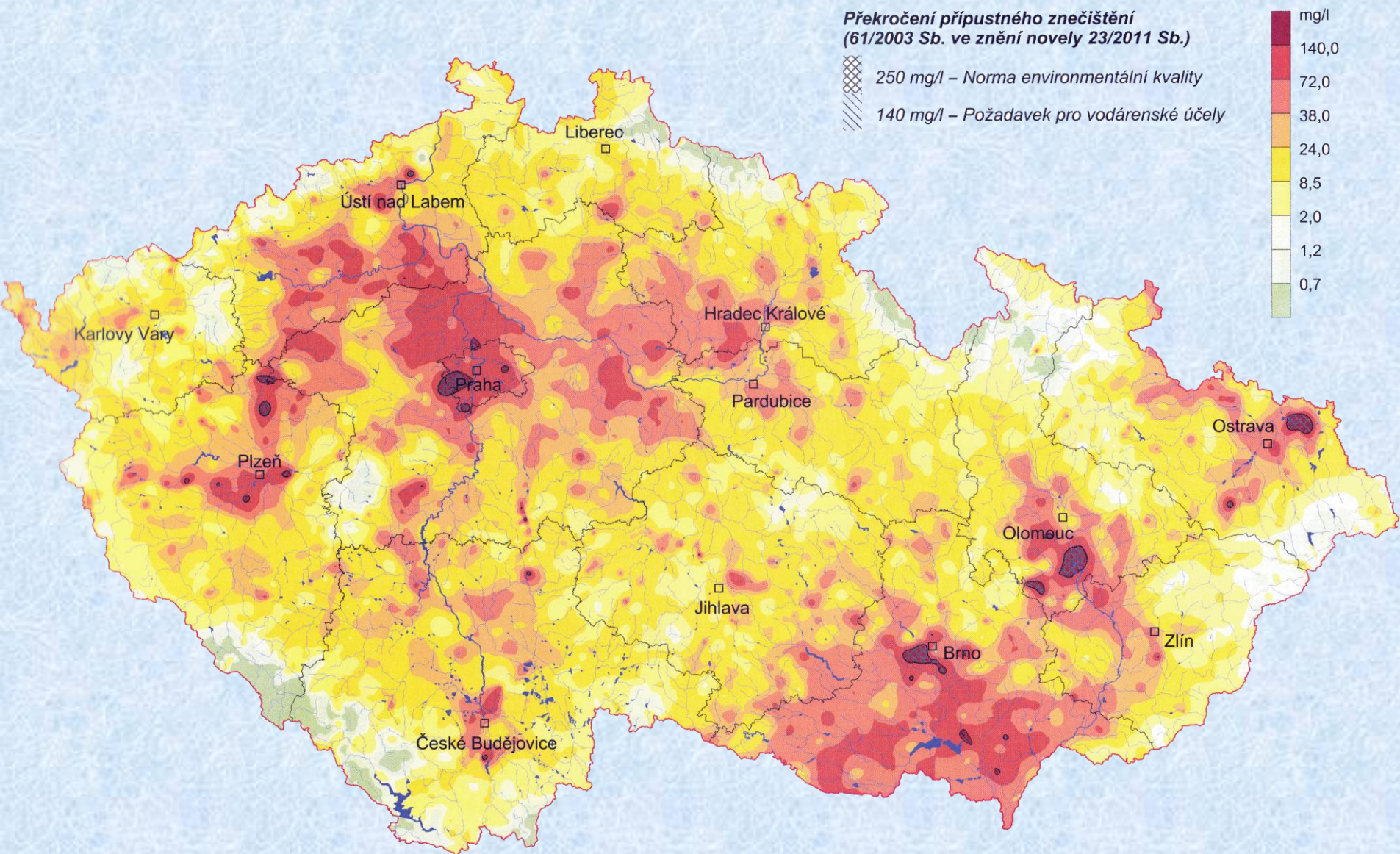
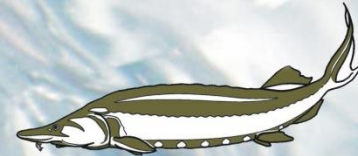
- Chloridy jsou spolu s hydrogenuhličitany a sírany hlavními anionty povrchových vod, běžně jsou obsaženy jednotky až desítky $\text{mg.l}^{-1} \text{Cl}^{-}$
- Ve vodách jsou chemicky i biochemicky poměrně stabilní, při infiltraci vody se v půdách prakticky nezadržují
- Ve vodách s vyšší mineralizací díky dobré rozpustnosti chloridových solí můžeme najít i desítky až stovky $\text{g.l}^{-1} \text{Cl}^{-}$
- V mořské vodě je průměrně $19 \text{ g.l}^{-1} \text{Cl}^{-}$, (Mrtvé moře nad $100 \text{ g.l}^{-1} \text{Cl}^{-}$)
- Přípustné max. zatížení vodárenských toků je $65 \text{ mg.l}^{-1} \text{Cl}^{-}$, ostatní povrchové vody $150 \text{ mg.l}^{-1} \text{Cl}^{-}$.

Koncentrace chloridů (Cl⁻) v různých typech povrchových vod (mg.l⁻¹). Průměrná hodnota (min. – max.).



Lokalita	Cl ⁻	Lokalita	Cl ⁻
Rybníky		Údolní nádrže	
Sykovec (kraj Vysočina)	4,9 (3,4–7,2)	Hamry (Pardubický kraj)	4,9 (2,7–8,4)
Medlov (kraj Vysočina)	6,0 (4,8–7,1)	Husinec (Jihočeský kraj)	6,6 (0,8–20,0)
Pístovický (Jihomoravský kraj)	12,0 (6,1–16,4)	Plumlov (Olomoucký kraj)	25,3 (20,3–34,6)
Jaroslavický (Jihomoravský kraj)	30,6 (26,3–34,7)	Brněnská (Jihomoravský kraj)	22,6 (16,6–27,6)
Zámecký (Jihomoravský kraj)	43,9 (29,4–85,3)	Řeky a říčky	
Novoveský (Jihomoravský kraj)	60,1 (38,4–88,3)	Fryšávka (kraj Vysočina)	6,8 (4,6–8,8)
Lužický (Jihomoravský kraj)	81,4 (79,6–82,8)	Bečva (Zlínský kraj)	12,3 (4,2–20,2)
Křížový (Jihomoravský kraj)	92,2 (79,6–105,5)	Dyje (Jihomoravský kraj)	26,6 (23,0–29,3)
Nesyt (Jihomoravský kraj)	127,9 (98,8–145,3)	Ošetnice (Moravskoslezský kraj)	35,4 (13–44) (75–100)

Chloridy





Nejdůležitější kationty ve vodách



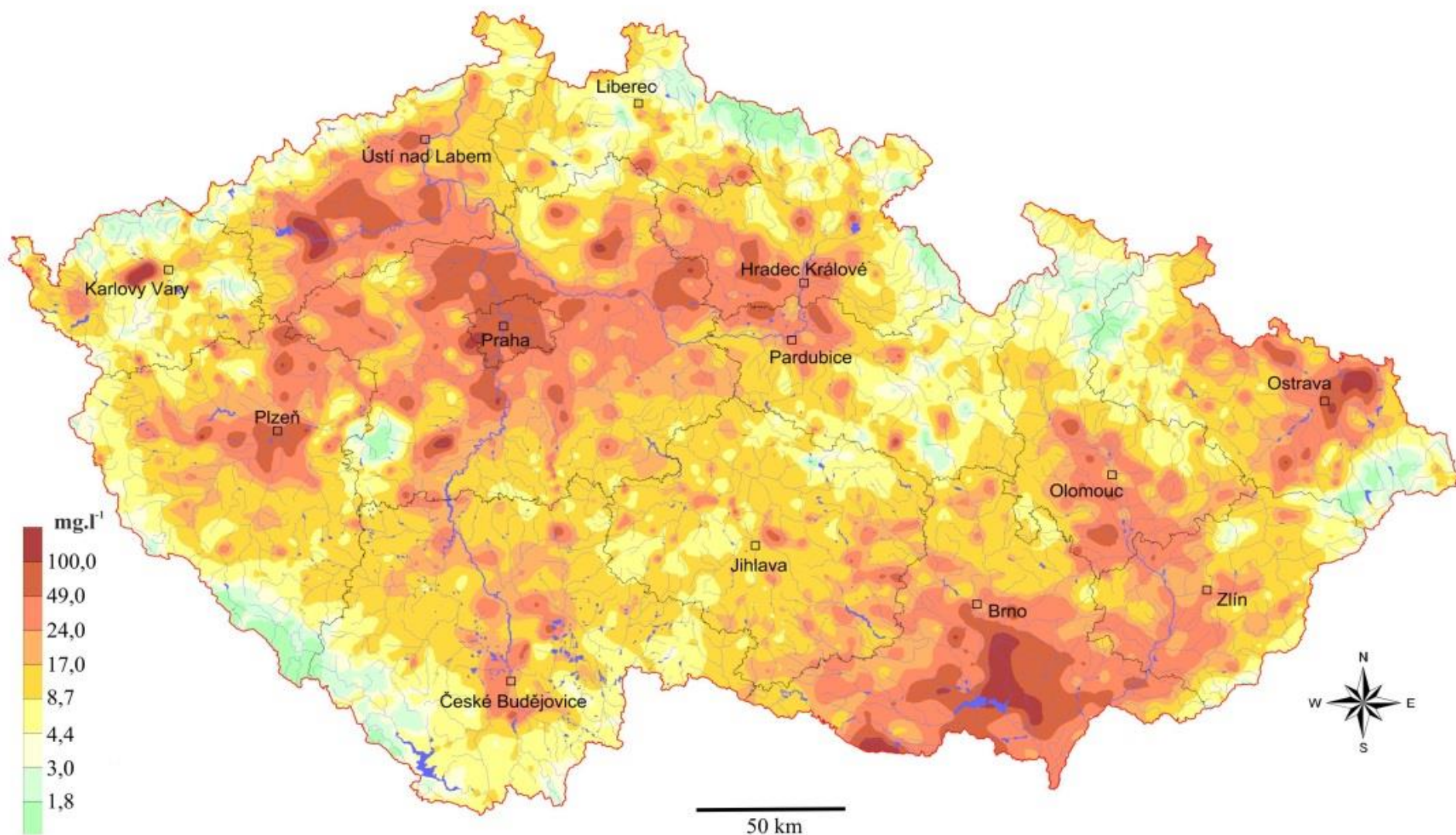
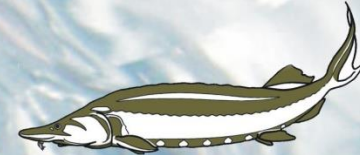
- **Sodík** – obsah v zemské kůře 2,6 %, do vody se vyluhuje převážně z alkalických hlinitokřemičitanů (např. albit $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$), solných ložisek, z některých jílových materiálů
- Umělým zdrojem jsou odpadní vody z výroby, kde dochází k neutralizacím nebo vysolování, z odpadních vod splaškových (člověk vyloučí 5 g Na za den)
- Ve vodách se Na vyskytuje nejčastěji jako jednoduchý kationt, ve více mineralizovaných vodách dochází ke tvorbě iontových asociátů s HCO_3^- a SO_4^{2-}
- Sodík není hygienicky významný, minerální vody s obsahem hydrogenuhlíčitanu sodného mají význam při léčbě chorob žaludku a žlučových cest
- Patří mezi čtyři základní kationty přírodních vod, v mořské vodě je průměrný obsah Na 10 g.l^{-1}

Nejdůležitější kationty ve vodách

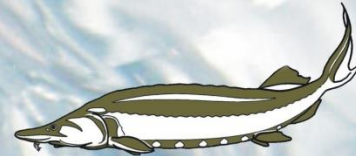


Lokalita	Na ⁺	Lokalita	Na ⁺
Rybníky		Údolní nádrže	
Sykovec (kraj Vysočina)	10,8 (8–13)	Husinec (Jihočeský kraj)	5,3 (2–11)
Medlov (kraj Vysočina)	12,2 (9–19)	Brněnská (Jihomoravský kraj)	25,5 (21–30)
Pístovický (Jihomoravský kraj)	18,6 (12–25)	Řeky a říčky	
Jaroslavický (Jihomoravský kraj)	23,8 (20–27)	Svratka (Jihomoravský kraj)	15,1 (9–20)
Křížový (Jihomoravský kraj)	78,0 (69–98)	Ošetnice (Moravskoslezský kraj)	37,1 (18–53) (66–84)

Koncentrace sodíku (Na^+) v povrchových vodách ČR v letech 2007–2010



Nejdůležitější kationty ve vodách



- **Draslík** – obsah v zemské kůře 2,4 %, do vody se vyluhuje převážně z alkalických hlinitokřemičitanů (např. orthoklas $\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$, muskovit $\text{KAl}_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}] (\text{OH})_2$), z odklizových draselných polí (převrstvují naleziště soli kamenné)
- Umělým zdrojem K mohou být splachy z polí hnojených draselnými hnojivy, z odpadních vod splaškových (člověk vyloučí 2,2 g K za den)
- Ve vodách se K vyskytuje nejčastěji jako jednoduchý kationt, (nejčastěji jako KNO_3) ve více mineralizovaných vodách dochází ke tvorbě iontových asociátů s HCO_3^- a SO_4^{2-}
- Patří mezi čtyři základní kationty přírodních vod
- V mořské vodě je průměrný obsah K $0,4 \text{ g.l}^{-1}$
- $1 \text{ mg K} = 25,576 \text{ } \mu\text{mol}$

Nejdůležitější kationty ve vodách



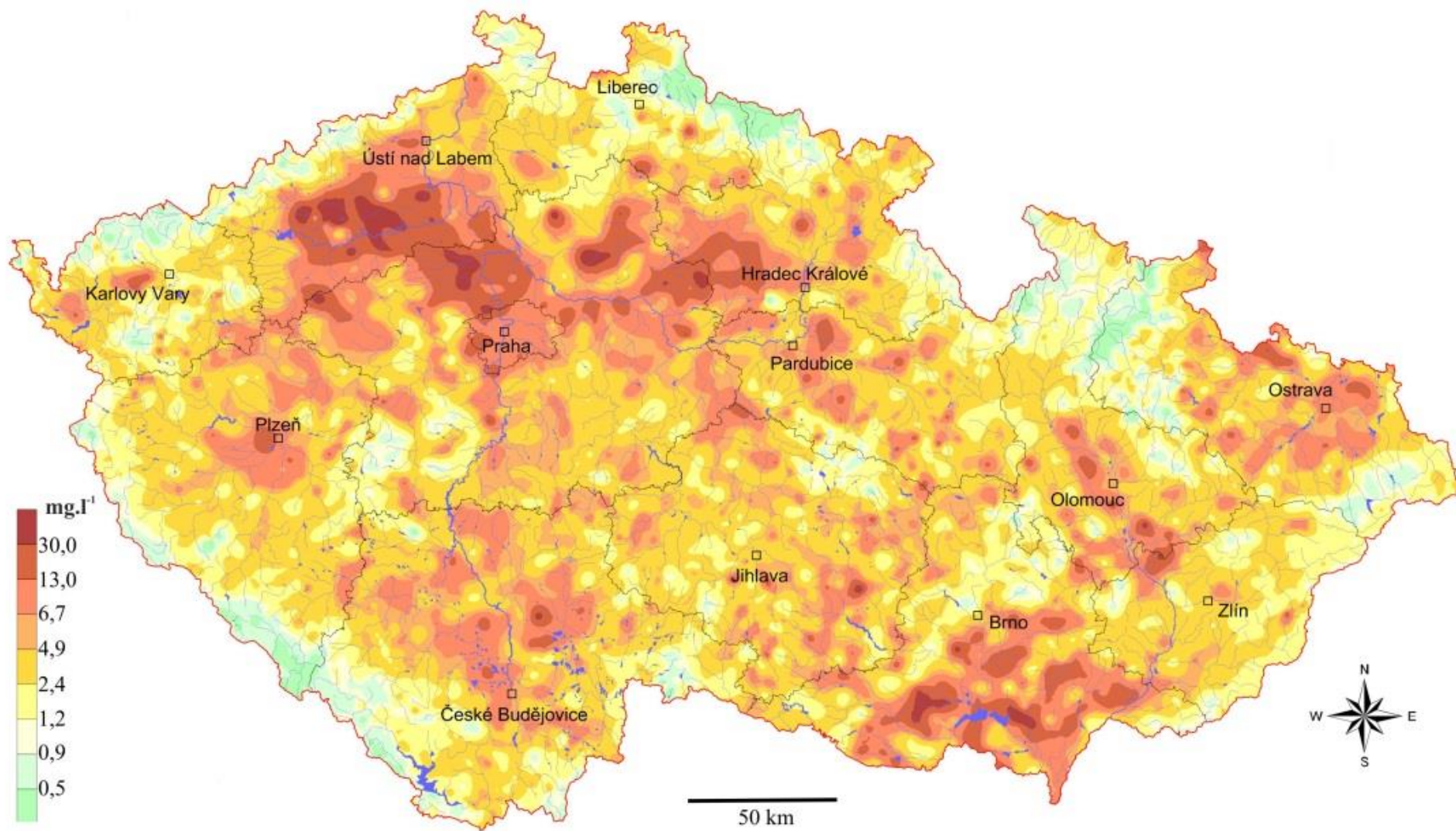
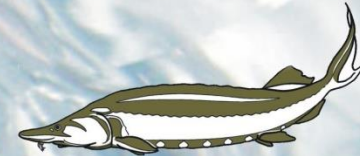
- Obsah K ve vodách činí obvykle jen 4 až 10 % obsahu Na, ionty K jsou více sorbovány půdními minerály a K je rovněž důležitou živinou pro rostliny (v popelu rostlin bývá poměr Na:K 1:100)
- Draslík je biogenní prvek, který je nutno čas od času do vody rybníků dodat. Většina našich rybníků má dostatek K z přírodních zdrojů. Hnojení rybníků draselnou solí nebo kainitem připadá v úvahu jen u rybníků velmi chudých na živiny (dávka 30 kg K_2O /ha).
- Sodík a draslík mají významnou úlohu při klasifikaci chemického složení vod, při úvahách o genezi podzemních vod a při kontrole výsledků chemického rozboru vody. Proto by se mělo stát stanovení sodíku a draslíku běžnou součástí chemického rozboru vody

Nejdůležitější kationty ve vodách



Lokalita	K ⁺	Lokalita	K ⁺
Rybníky		Údolní nádrže	
Medlov (kraj Vysočina)	2,0 (pod 2–2,9)	Husinec (Jihočeský kraj)	2,4 (0,8–7,0)
Pístovický (Jihomoravský kraj)	3,4 (2,0–4,8)	Brněnská (Jihomoravský kraj)	5,2 (3,1–7,6)
Zámecký (Jihomoravský kraj)	8,2 (7,0–12,0)	Řeky a říčky	
Novoveský (Jihomoravský kraj)	11,7 (10,0–13,0)	Fryšávka (kraj Vysočina)	pod 2 (pod 2–2,0)
Jaroslavický (Jihomoravský kraj)	7,0 (3,0–8,1)	Svratka (Jihomoravský kraj)	4,0 (3,0–5,7)
Křížový (Jihomoravský kraj)	38,4 (30,5–46,0)	Ošetnice (Moravskoslezský kraj)	4,8 (2,2–7,8)

Koncentrace draslíku (K^+) v povrchových vodách ČR v letech 2007–2010

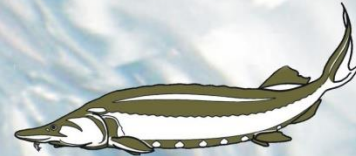


Nejdůležitější kationty ve vodách



- V přírodních vodách (povrchové, podzemní) je téměř vždy více sodíku než draslíku
- V atmosférických vodách v neznečištěných oblastech obvykle Na a K v desetinách až setinách mg.l^{-1}
- V podzemních a tekoucích povrchových vodách se vyskytují koncentrace obvykle o řád vyšší (jednotky až desítky mg.l^{-1})
- V stojatých vodách horských oblastí bývají koncentrace Na a K pod 1 mg.l^{-1}
- V minerálních vodách se koncentrace sodíku pohybují i v tisících mg.l^{-1} a koncentrace draslíku převyšují i 100 mg.l^{-1} .
- Sodík a draslík v podzemních a povrchových vodách nejsou příliš významné a jejich koncentrace není limitována.
- Vyšší koncentrace sodíku škodí lidskému organizmu – limitován v pitné vodě (200 mg.l^{-1} , kojenecká 20 mg.l^{-1})
- V závlahových vodách mohou vysoké koncentrace Na (při deficitu Ca a Mg) vést k zasolení půd.

Nejdůležitější kationty ve vodách



- **Vápník** - obsah v zemské kůře 3,5 %, do vody vyluhováním převážně vápenců (CaCO_3), dolomitů ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$), sádrovce ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) a dalších minerálů.
- Větší množství Ca ve vodách je dáno obsahem rozpuštěného CO_2 , který výrazně zvyšuje rozpustnost látek na bázi uhličitánů
- Umělým zdrojem Ca jsou odpadní vody z provozů, kde dochází k neutralizaci vápnem nebo vápencem nebo při odkyselování.
- Ca ve vodě převážně jako jednoduchý kationt Ca^{2+} , v alkalické oblasti (pH nad 9) výrazně stoupá podíl iontového asociátu $[\text{CaCO}_3(\text{aq})]^0$.
- Ca je důležitý stavební prvek, především mechanických pletiv a rozhoduje o stabilitě pH vody
- Množství Ca ve vodách závisí převážně na geologickém podloží, v prahorních útvarech (žuly, ruly) mívají toky pouze několik mg.l^{-1} , vody z vápencových (krasových) útvarů i několik set mg.l^{-1}

Nejdůležitější kationty ve vodách



- Pro omezenou rozpustnost vápenatých solí nebývá ani v minerálních vodách obvykle více než $1 \text{ g.l}^{-1} \text{ Ca}$
- V mořské vodě je průměrný obsah Ca 400 mg.l^{-1}
- Příпустné znečištění Ca (roční průměr) 190 mg.l^{-1}
- $1 \text{ mg Ca} = 24,95 \text{ } \mu\text{mol}$
- Ionty Ca jsou hlavním kationtem vod z nižší mineralizací

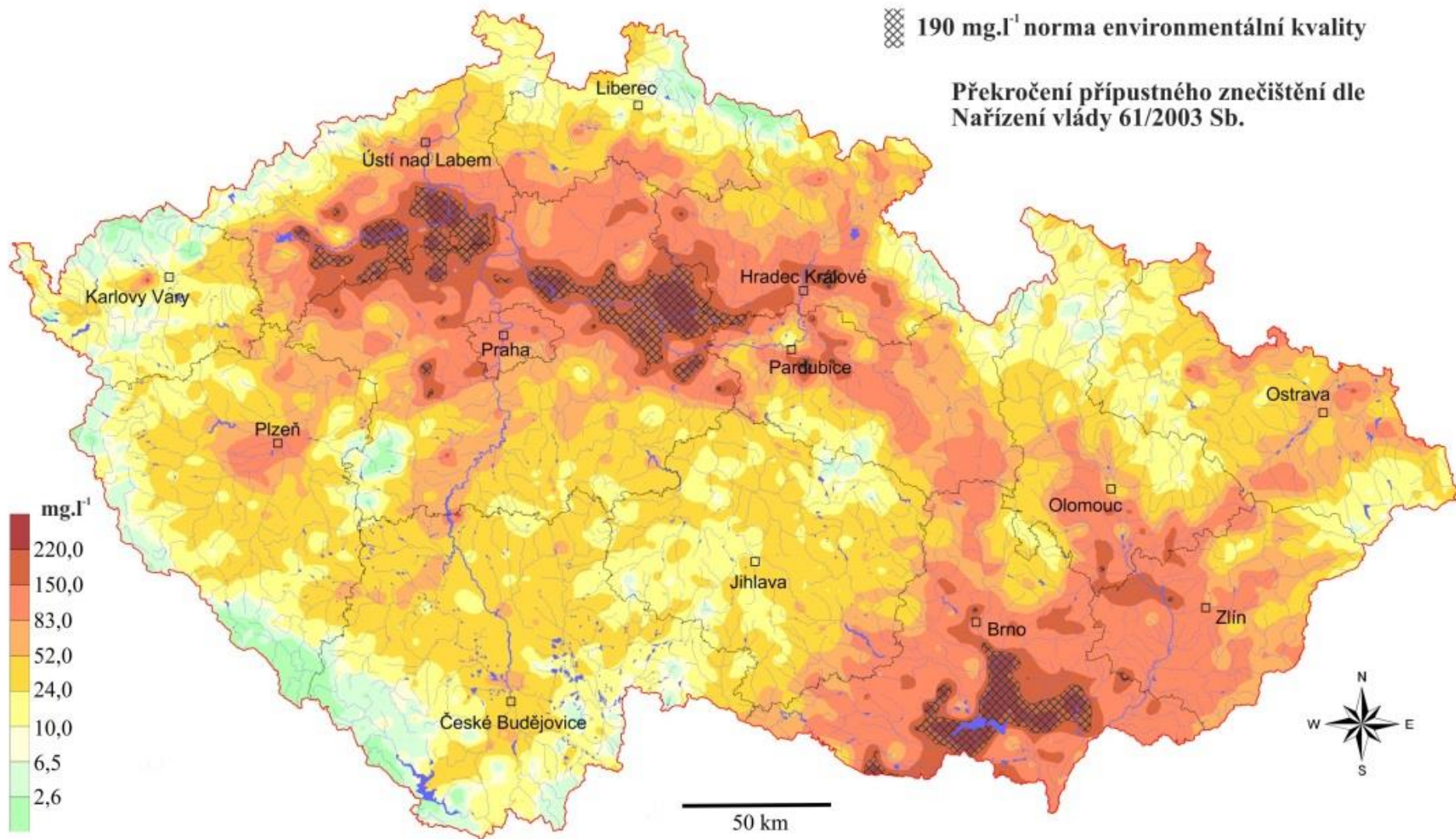
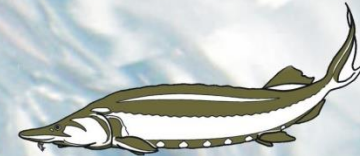
mineralizace (mg.l^{-1})	poměr Ca:Mg
100-500	4:1
500-1000	2:1 – 1:1
nad 1000	1:1 – 1:2 – 1:3

Nejdůležitější kationty ve vodách



Lokalita	Ca ²⁺	Lokalita	Ca ²⁺
Rybníky		Údolní nádrže	
Sykovec (kraj Vysočina)	9,6 (7,1–14,0)	Hamry (Pardubický kraj)	10,6 (8,6–12,0)
Medlov (kraj Vysočina)	9,9 (6,0–18,0)	Husinec (Jihočeský kraj)	9,4 (1,3–28,0)
Pístovický (Jihomoravský kraj)	48,7 (29,1–72,8)	Plumlov (Olomoucký kraj)	35,0 (30,7–40,9)
Jaroslavický (Jihomoravský kraj)	39,1 (30,2–45,0)	Brněnská (Jihomoravský kraj)	39,6 (32,7–45,0)
Zámecký (Jihomoravský kraj)	48,3 (31,9–73,6)	Řeky a říčky	
Novoveský (Jihomoravský kraj)	61,8 (38,9–108,1)	Fryšávka (kraj Vysočina)	12,3 (8,2–16,0)
Lužický (Jihomoravský kraj)	78,0 (60,6–94,0)	Bečva (Zlínský kraj)	52,1 (28,6–77,0)
Křížový (Jihomoravský kraj)	122,1 (86,2–160,3)	Svratka (Jihomoravský kraj)	20,9 (14,1–37,1)
Nesyt (Jihomoravský kraj)	120,6 (81,8–108,1)	Ošetnice (Moravskoslezský kraj)	26,8 (20,1–38,3)

Koncentrace vápníku (Ca^{2+}) v povrchových vodách ČR v letech 2007–2010

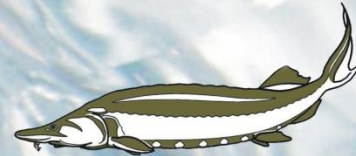


Nejdůležitější kationty ve vodách



- **Hořčík** - obsah v zemské kůře 2,0 %, do vody vyluhováním dolomitů ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$), magnezitu (MgCO_3) a dalších minerálů.
- Větší množství Mg ve vodách je dáno obsahem rozpuštěného CO_2 , který výrazně zvyšuje rozpustnost látek na bázi uhličitánů.
- Umělým zdrojem Mg jsou odpadní vody z provozů, kde dochází k odkyselování vody filtrací různými alkalickými hmotami.
- Obsah Mg nad 250 mg.l^{-1} se projevuje hořkou chutí, v normě pro pitnou vodu limitován 125 mg.l^{-1}
- Vody s vysokým obsahem Mg mají laxativní účinky (minerální vody Zaječická, Šaratice),
- $1 \text{ mg Mg} = 41,14 \text{ } \mu\text{mol}$
- Přípustné znečištění Mg (roční průměr) 120 mg.l^{-1}
- V mořské vodě je průměrný obsah Mg 1300 mg.l^{-1}

Nejdůležitější kationty ve vodách



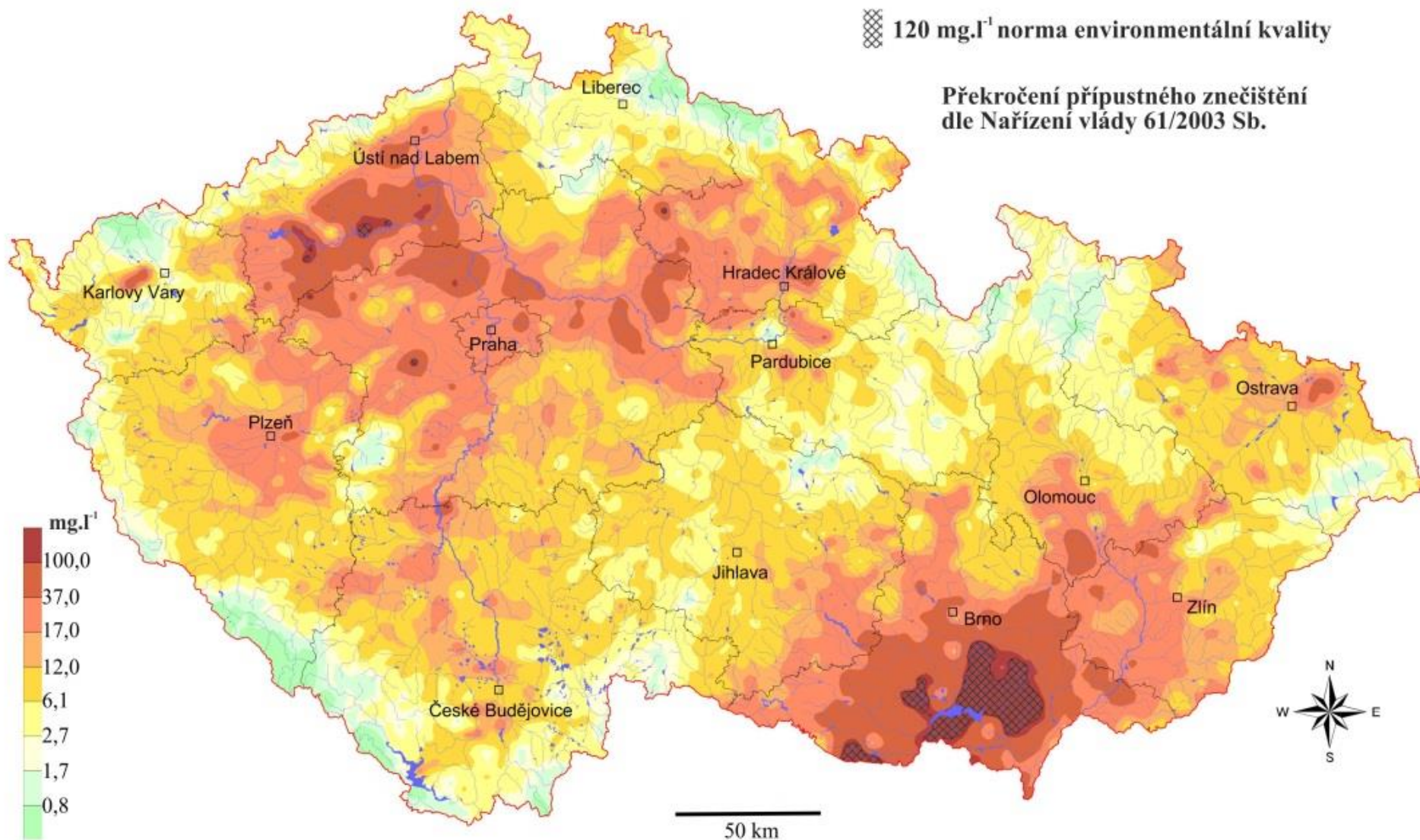
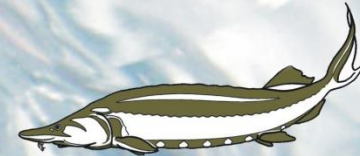
- **Vápník a Hořčík** – v provozních vodách způsobuje problémy tvorbou kotelního kamene (vliv Ca je horší než Mg), sráží roztoky mýdel – nežádoucí v řadě odvětví průmyslu (textilní, potravinářský)
- Vody s vysokým obsahem Ca a Mg nejsou vhodné k přípravě potravin a nápojů
- Chuťově nejlepší jsou vody s Ca a hydrogenuhličitan, norma pro pitnou vodu udává doporučenou koncentraci $\text{Ca} + \text{Mg}$ $0,9\text{--}5 \text{ mmol.l}^{-1}$
- V přírodních vodách (povrchové, podzemní) je téměř vždy více vápníku než hořčíku
- V prostých podzemních a povrchových vodách se pohybuje koncentrace vápníku obvykle v desítkách až stovkách a koncentrace hořčíku v jednotkách až desítkách mg.l^{-1}

Nejdůležitější kationty ve vodách

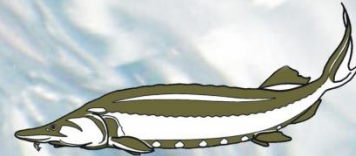


Lokalita	Mg ²⁺	Lokalita	Mg ²⁺
Rybníky		Údolní nádrže	
Sykovec (kraj Vysočina)	3,3 (0,6–5,0)	Husinec (Jihočeský kraj)	3,7 (1,0–13,5)
Medlov (kraj Vysočina)	4,3 (2,5–7,4)	Brněnská (Jihomoravský kraj)	11,3 (10,1–13,8)
Pístovický (Jihomoravský kraj)	14,1 (9,1–19,9)	Řeky a říčky	
Jaroslavický (Jihomoravský kraj)	13,6 (11,6–15,2)	Svratka (Jihomoravský kraj)	4,7 (3,2–6,5)
Křížový (Jihomoravský kraj)	208,4 (182–231)	Ošetnice (Moravskoslezský kraj)	15,9 (8,4–25,6)

Koncentrace hořčíku (Mg^{2+}) v povrchových vodách ČR v letech 2007–2010

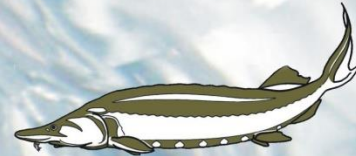


Nejdůležitější kationty ve vodách



- **Mangan** – doprovází železné rudy, do vody vyluhováním z manganových rud: burel (MnO_2), braunit (Mn_2O_3), hausmannit (Mn_3O_4) dialogit (MnCO_3), také z odumřelých částí rostlin a ze sedimentů (cirkulace, bezkyslíkaté prostředí)
- Umělým zdrojem Mn odpadní vody ze zpracování rud a chemických závodů, kde se oxidační manganistanem
- Ve vodách v různých oxidačních stupních, vztahy mezi formami výskytu jsou složité a doposud ne zcela objasněné
- V neutrálním prostředí je Mn přítomen převážně jako jednoduchý iont Mn^{2+} a jako komplexní kationt $[\text{MnHCO}_3]^+$

Nejdůležitější kationty ve vodách



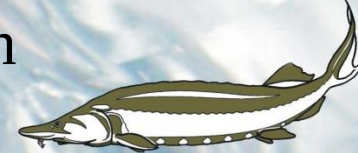
- Za nepřítomnosti kyslíku jsou nečastější manganaté soli
- V alkalickém prostředí za přítomnosti kyslíku je poměrně rychle oxidován na vyšší oxidační stupně (III a IV)
- Významný je i biochemická oxidace manganovými bakteriemi
- Zvýšený obsah Mn signalizuje i zvýšený obsah Fe, obvykle se v povrchových vodách zjišťují koncentrace pod 1 mg.l^{-1} , často pouze stopová množství
- Větší množství manganu vyvolává nepříjemnou stahující chuť (již od $0,1 \text{ mg.l}^{-1}$)
- Přípustné znečištění povrchových vod využívaných pro pitné účely (roční průměr) $0,24 \text{ mg.l}^{-1}$, pro ostatní povrchové vody $0,3 \text{ mg.l}^{-1}$.

Nejdůležitější kationty ve vodách



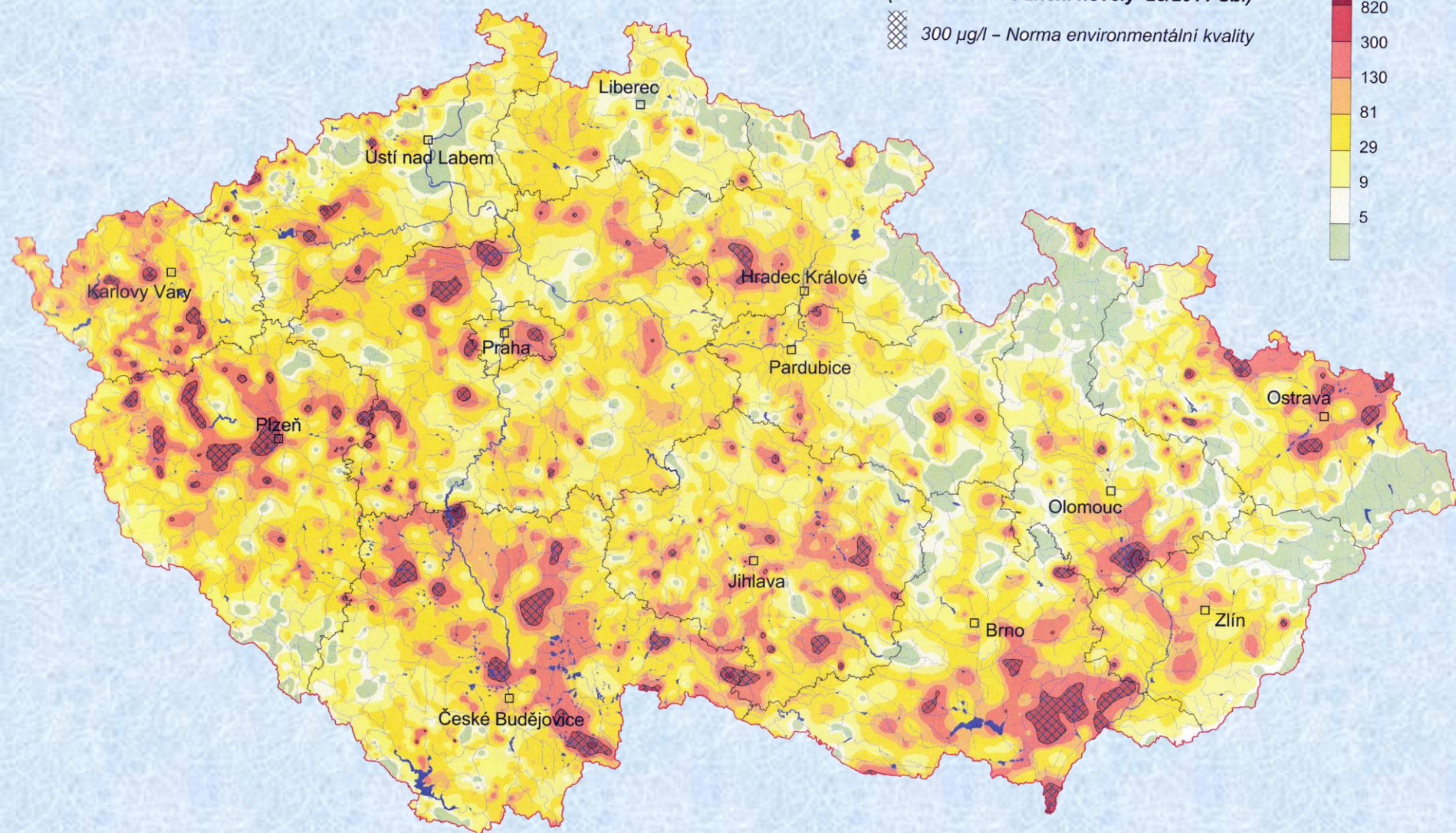
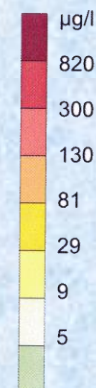
- V podzemních vodách je Mn více než ve vodách povrchových, minerální vody jsou na Mn poměrně chudé
- V mořské vodě je Mn v nepatrných koncentracích $2-4 \mu\text{g.l}^{-1}$
- Vyšší oxidační stupně Mn zbarvují materiály (přísná limitace v potravinářském, papírenském a textilním průmyslu)
- I v malých koncentracích Mn se mohou pomnožit manganové bakterie a dochází pak k ucpávání vodovodního potrubí, v pitné vodě je max. povoleno $0,1 \text{ mg.l}^{-1}$ Mn
- Sloučeniny manganu jsou pouze slabě toxické pro vodní živočichy pouze s výjimkou manganistanu draselného, který je toxičtější
- Manganistan draselný se používá k léčebným koupelím ryb

Koncentrace manganu v povrchových vodách ČR v letech 2007–2010

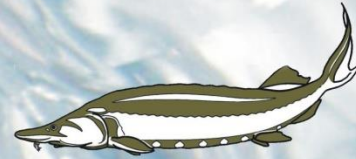


**Překročení přípustného znečištění
(61/2003 Sb. ve znění novely 23/2011 Sb.)**

300 µg/l – Norma environmentální kvality



Nejdůležitější kationty ve vodách



- **Železo** – do vod nejčastěji vyluhováním z železných rud: pyrit FeS_2 , krevel Fe_2O_3 , magnetovec Fe_3O_4 , hnědel $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, siderit FeCO_3 a hlinitokřemičitanů, rozpouštění napomáhá přítomnost CO_2 a humusových kyselin
- Umělým zdrojem železa jsou odpadní vody z drátoven, válcoven a také korozní procesy v potrubí
- Ve vodách nejčastěji v oxidačním stupni II (bezkyslíkaté prostředí) a III (kyslíkaté prostředí) v rozpuštěné nebo nerozpuštěné formě, část Fe i v koloidním stavu
- V podzemních vodách až několik desítek mg.l^{-1} Fe, v prostých povrchových setiny až jednotky mg.l^{-1} Fe
- Vyšší obsah Fe v kyselých vodách (rašeliniště) - indikátor málo úrodných vod

Nejdůležitější kationty ve vodách



- V normě pro pitnou vodu je koncentrace Fe limitována hodnotou $0,3 \text{ mg.l}^{-1}$
- Přípustné znečištění povrchových vod Fe využívaných pro pitné účely (roční průměr) $0,52 \text{ mg.l}^{-1}$, pro ostatní povrchové vody 1 mg.l^{-1}
- V mořské vodě kolísá obsah železa od $0,01$ - $0,2 \text{ mg.l}^{-1}$
- V bezkyslíkatém redukčním prostředí, v podzemních vodách a u dna nádrží se Fe vyskytuje v oxidačním stupni II jako rozpuštěné, zejména ve formě FeCO_3 , FeS a Fe(OH)_2
- V přírodních vodách převažuje forma FeCO_3 , v silně alkalické oblasti potom Fe(OH)_2 , ve vodách obsahujících sulfan pak FeS , pokud jsou přítomny fosforečnany mohou reagovat s Fe^{2+} za vzniku málo rozpustného $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$

Nejdůležitější kationty ve vodách



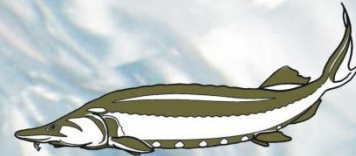
- V kyslíkatém oxidačním prostředí je železo nejčastěji v oxidačním stupni III, ve formě hydratovaného oxidu železitého (červenohnědé sraženiny $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$)
- Mnoho organických látek je schopno tvořit rozpustné komplexy s Fe^{3+} , čímž se vyskytují vyšší koncentrace rozpuštěných forem Fe v přírodních vodách
- Oxidace Fe^{2+} na Fe^{3+} probíhá rychleji v zásaditém prostředí a za přítomnosti světla
- V přírodních vodách dochází ke stratifikaci Fe, v zimním a letním období se hromadí rozpuštěné i nerozpuštěné formy Fe u dna, jsou redukovány na Fe^{2+} , při cirkulacích návrat do vodního sloupce oxidace na Fe^{3+} a hydrolýza

Nejdůležitější kationty ve vodách



- Přes léto vysrážení Fe do sedimentů, pokud u dna anaerobní podmínky a CO_2 , Fe v oxidačním stupni II v rozpuštěné formě, pokud u dna sirovodík je Fe poutáno do sedimentů ve formě FeS
- Železo ovlivňuje senzorké vlastnosti vody a to barvu, chuť a zákal. Chuťové závady se projevují při koncentracích $0,5\text{--}1,5 \text{ mg.l}^{-1}$ Fe. Již v koncentracích kolem $0,5 \text{ mg.l}^{-1}$ může Fe způsobovat zákal vody oxidací v aerobních podmínkách, nebo může být příčinou nadměrného rozvoje železitých bakterií (ucpávání potrubí, odumírání, zápach)
- Fe může zanechávat rezavé skvrny na různých materiálech

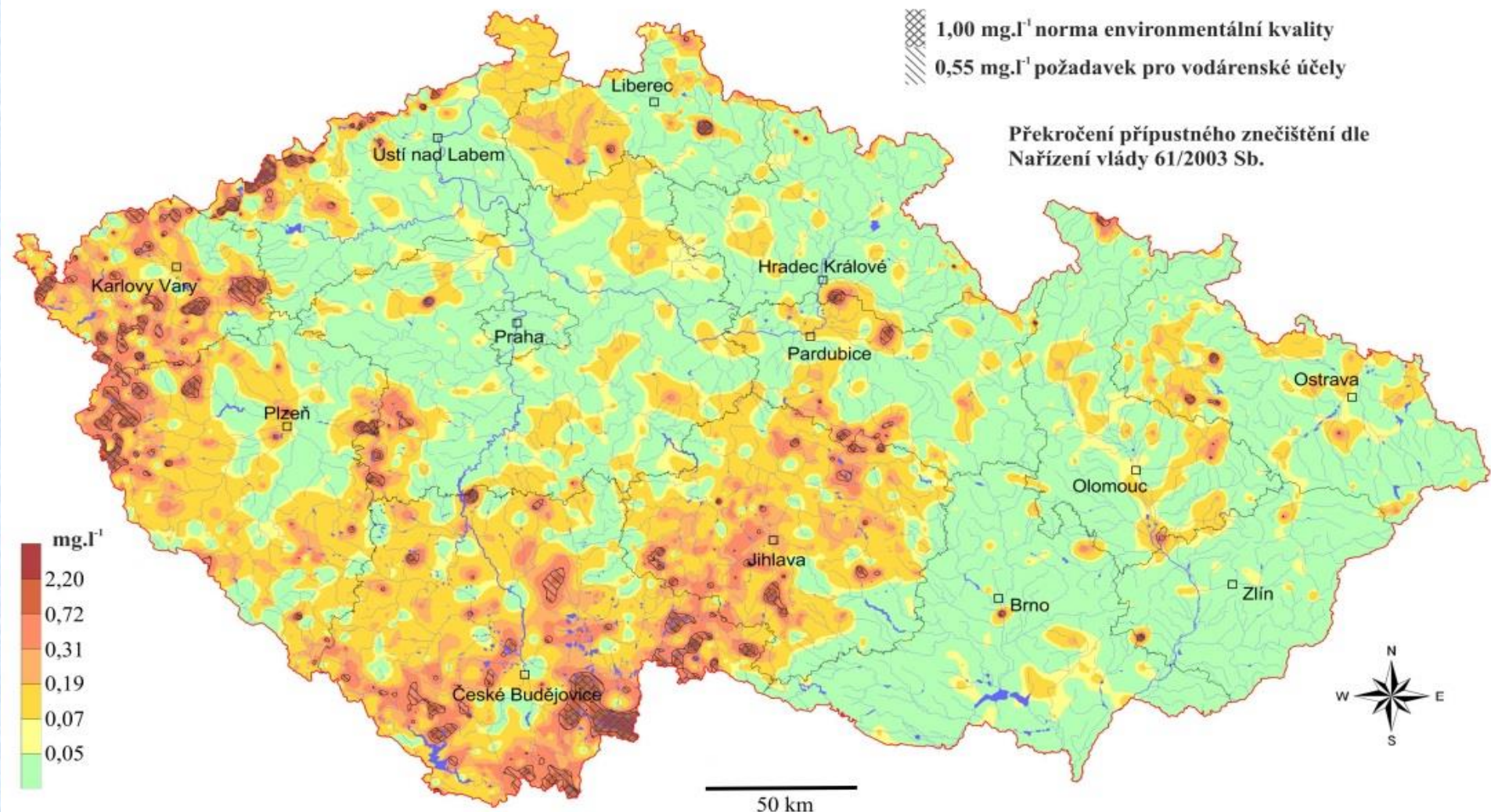
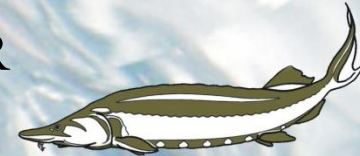
Nejdůležitější kationty ve vodách



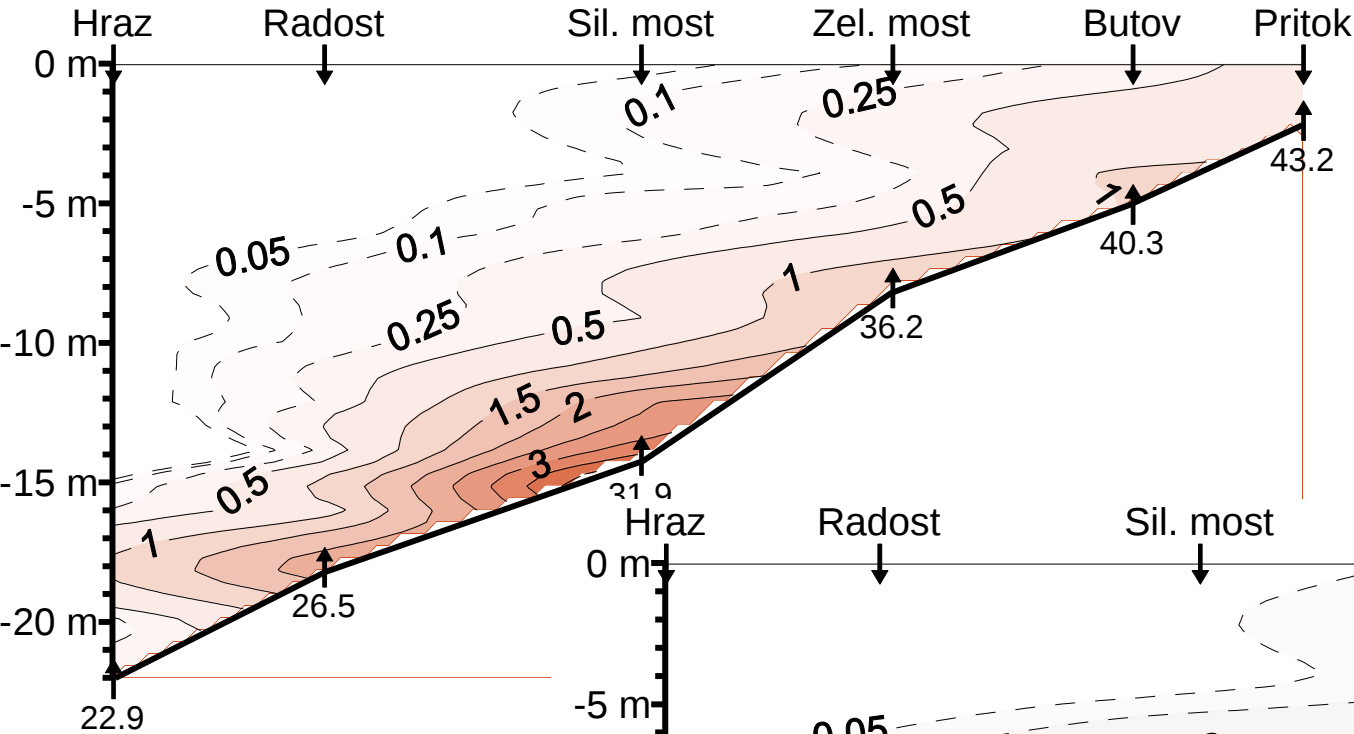
- V rybářských provozech mohou vyšší koncentrace Fe způsobit značné problémy, především v odchovných ranných stadiích ryb a líhních.
- Fe se sráží na alkalicky reagujících žábrách ryb a na jikrách. Sraženina zabraňuje výměně plynů, dochází k pomnožení železitých bakterií a úhynům jiker a ryb.
- Úprava přítokových vod (prokysličení – vysrážení Fe v oxidačním stupni III).
- Nejčastější problémy u vod s nižším pH (chov lososovitých ryb).
- Koncentrace Fe v rozpuštěné formě je limitována pod $0,2 \text{ mg.l}^{-1}$ pro kaprovité a pod $0,1 \text{ mg.l}^{-1}$ pro lososovité (v předpisu č. 401/2015 Sb. již není)

Lokalita	Fe _{rozp.}	Lokalita	Fe _{rozp.}
Rybníky		Údolní nádrže	
Sykovec (kraj Vysočina)	0,13 (0,04–0,28)	Husinec (Jihočeský kraj)	0,20 (0,08–0,42)
Medlov (kraj Vysočina)	0,24 (0,07–0,54)	Plumlov (Olomoucký kraj)	< 0,04
Pístovický (Jihomoravský kraj)	0,24 (0,05–0,39)	Brněnská (Jihomoravský kraj)	0,07 (< 0,04–0,15)
Jaroslavický (Jihomoravský kraj)	0,08 (< 0,04–0,25)	Řeky a říčky	
Novoveský (Jihomoravský kraj)	< 0,04	Fryšávka (kraj Vysočina)	0,12 (0,04–0,28)
Lužický (Jihomoravský kraj)	< 0,04	Dyje (Jihomoravský kraj)	0,05 (< 0,04–0,10)
Křížový (Jihomoravský kraj)	< 0,04	Svratka (Jihomoravský kraj)	0,19 (0,07–0,35)
Nesyt (Jihomoravský kraj)	< 0,04	Ošetnice (Moravskoslezský kraj)	0,31 (0,10–0,69)

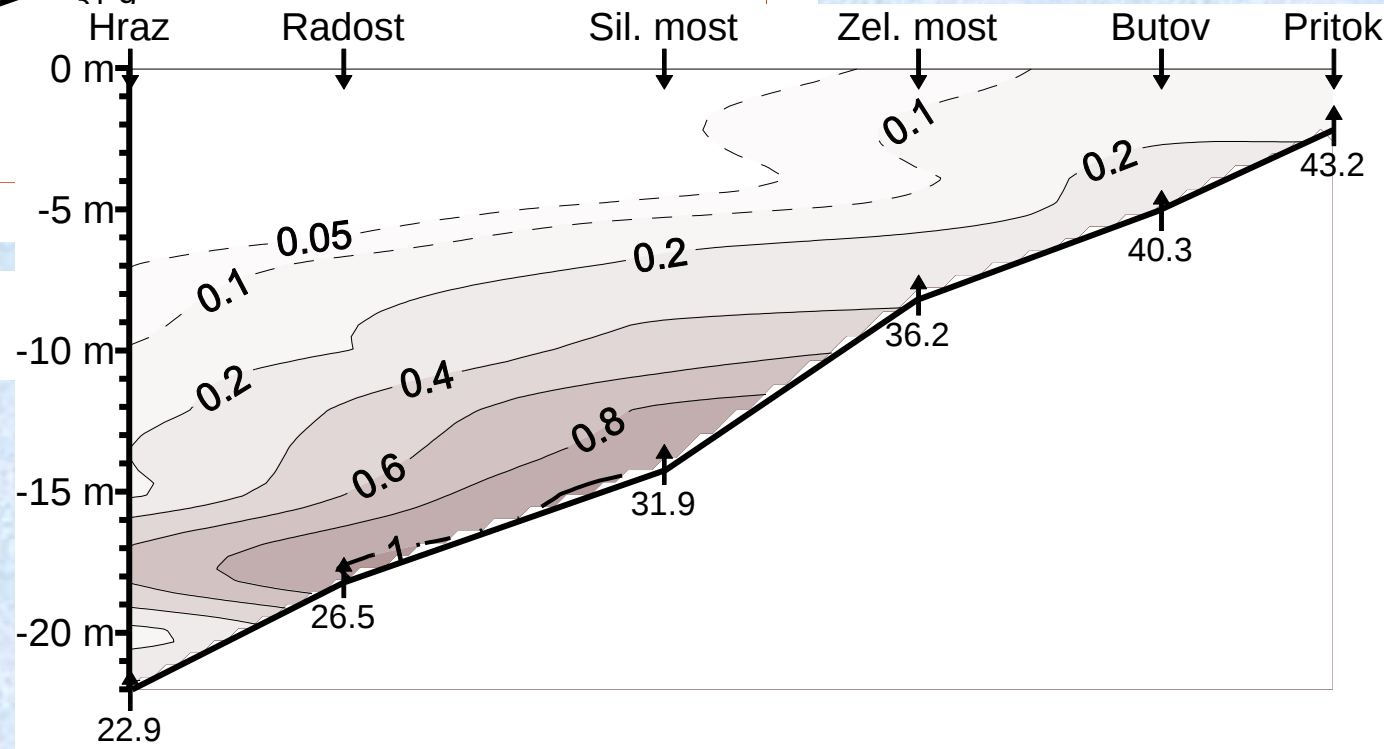
Koncentrace rozpuštěného železa ($\text{Fe}_{\text{rozp.}}$) v povrchových vodách ČR v letech 2007–2010



ŽELEZO - MANGAN



srpen





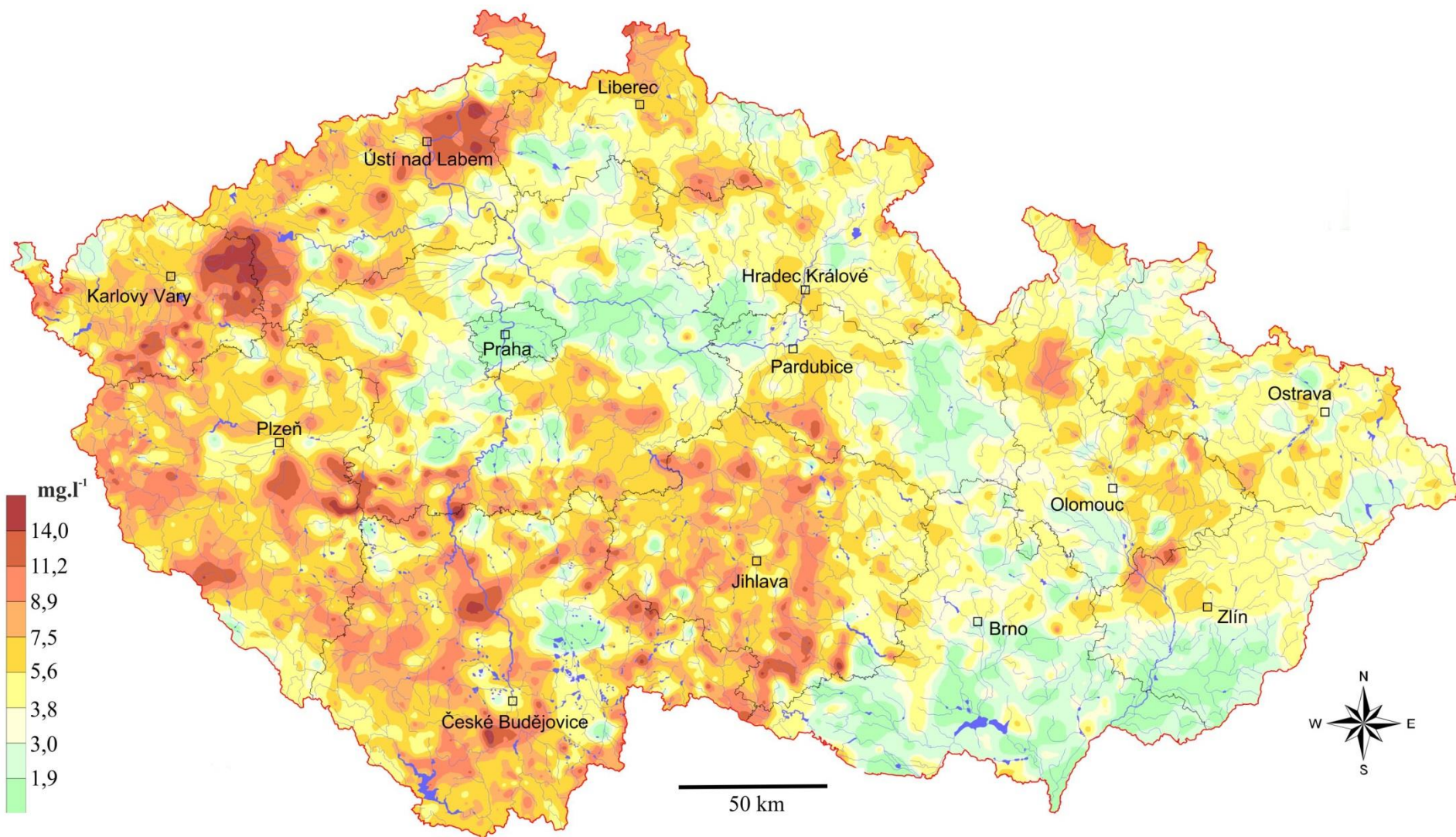
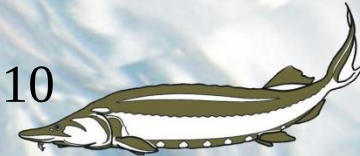


Nejdůležitější kationty ve vodách



- KŘEMÍK je obsah v zemské kůře je kolem 27 %.
- Do vod se dostává především vyluhováním z křemičitanů a hlinitokřemičitanů. Rozpustnost je ovlivněna přítomností CO_2 a hodnotou pH.
- Antropogenním zdrojem křemíku jsou splaškové (prací prášky) a průmyslové (výroba skla a keramiky) odpadní vody.
- V přírodních vodách se křemík vyskytuje převážně v rozpuštěné formě Si(OH)_4 (při hodnotách pH do 9).
- Při vyšších hodnotách pH se již mohou vyskytovat ve větší míře i iontové formy křemíku.
- V kyselém prostředí dochází ke koagulaci křemíku a vzniká tzv. koloidní hydratovaný SiO_2 s výbornou sorpční schopností především pro kationty.

Koncentrace křemíku (Si) v povrchových vodách ČR v letech 2007–2010



Nejdůležitější kationty ve vodách



- Při vyjadřování obsahu křemíku ve vodě rozlišujeme celkový křemík, rozpuštěný, nerozpuštěný a tzv. reaktivní křemík (monomerní formy Si).
- Standardně se křemík vyjadřuje jako Si, v řadě případů se ještě v současnosti setkáme se starým typem vyjádřením v mg SiO₂.
- Pro přepočet platí 1 mg Si = 2,14 mg SiO₂.
- V povrchových vodách se koncentrace křemíku pohybuje obvykle v jednotkách mg.l⁻¹, v podzemních a minerálních vodách nejčastěji v jednotkách až desítkách mg.l⁻¹.
- Běžně se ve vodách nestanovuje, v poslední době se však zvyšuje zájem o sledování koncentrací křemíku z důvodu jeho důležitosti pro rozvoj řas (především rozsivek).

Nejdůležitější kationty ve vodách



- Křemík je nezbytný pro rozvoj některých druhů řas (rozsivky, zlativky). V případě jeho nedostatku ve vodě může být limitujícím mikronutrientem jejich rozvoje.
- Naopak, při nadbytku dostupného křemíku může docházet k nadměrnému rozvoji těchto skupin primárních producentů.
- Křemičité schránky odumřelých rozsivek tvoří tzv. křemelinu – využití jako filtrační a sorpční materiál.
- Křemík se částečně podílí i na kyselinové neutralizační kapacitě vody.