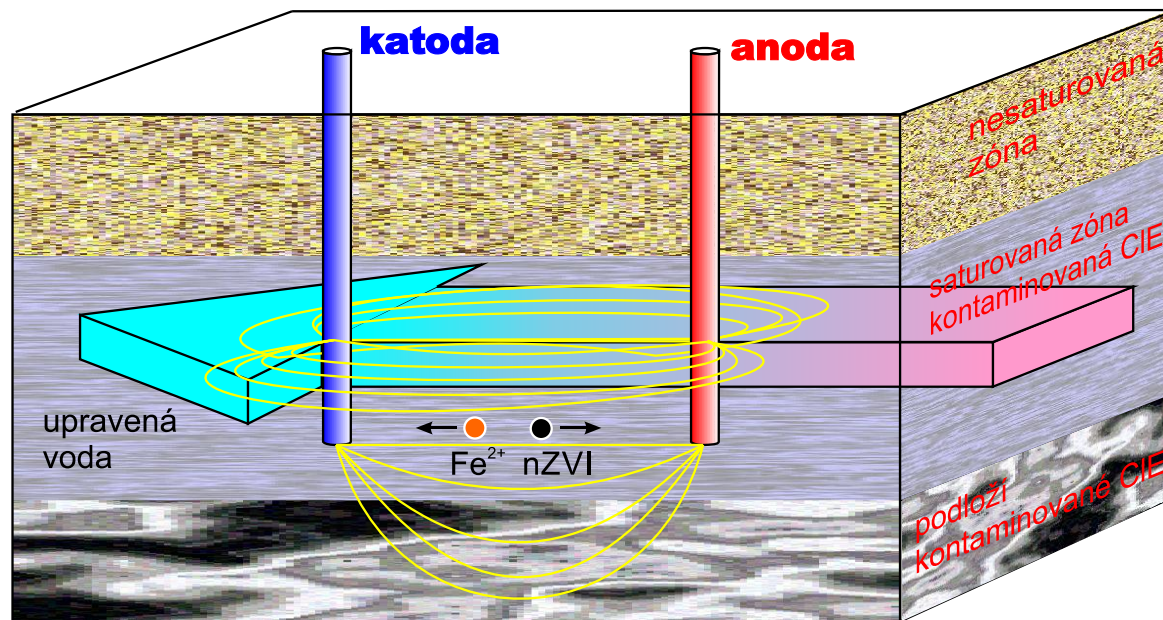


GEOCHEMICKÉ ASPEKTY NASAZENÍ ELEKTROCHEMICKÉ PODPORY REDUKTIVNÍ DECHLORACE CHLOROVANÝCH UHLOVODÍKŮ.



Jaroslav Hrabal, Vendula Cencerová

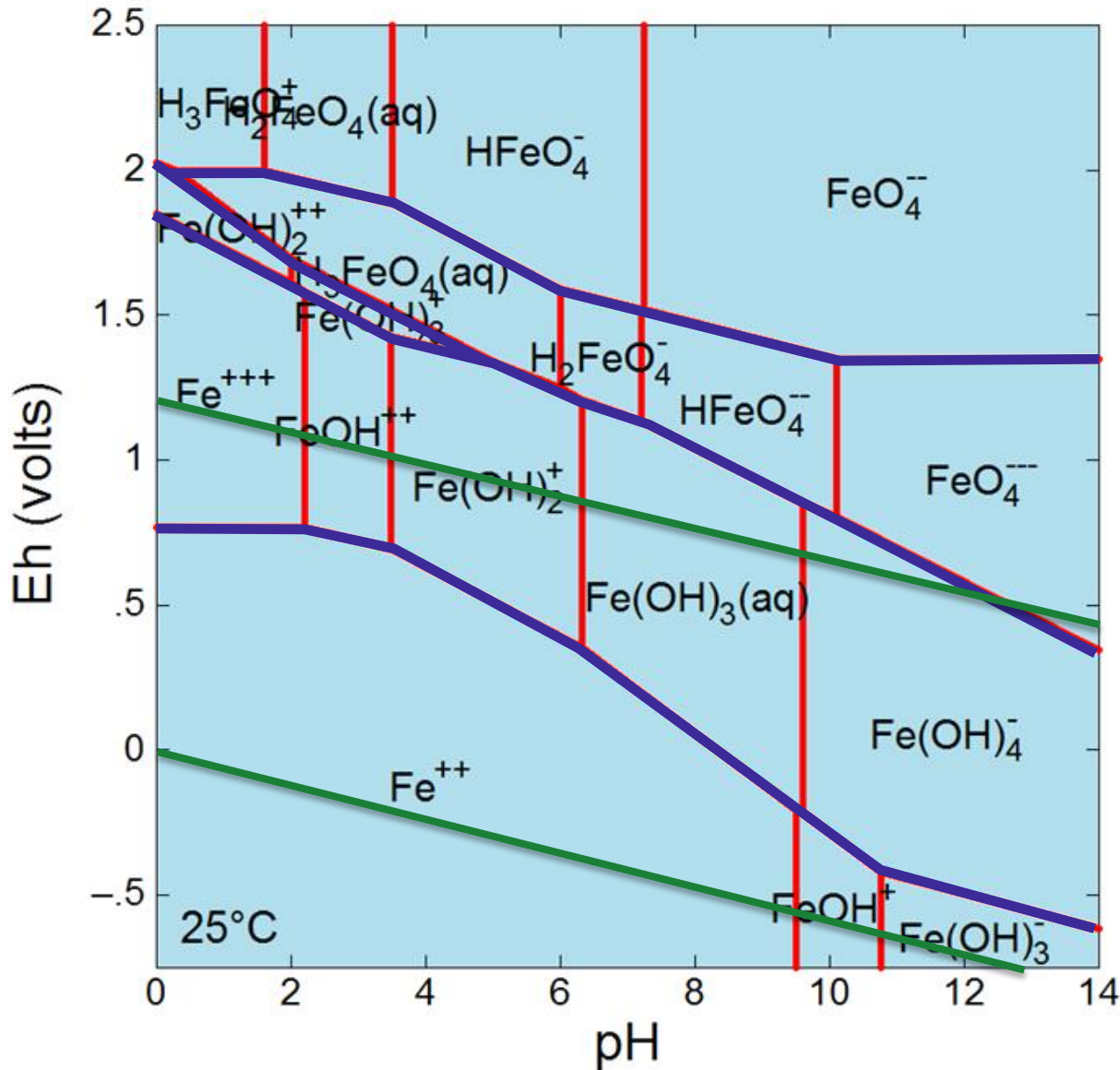
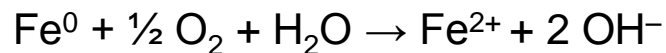


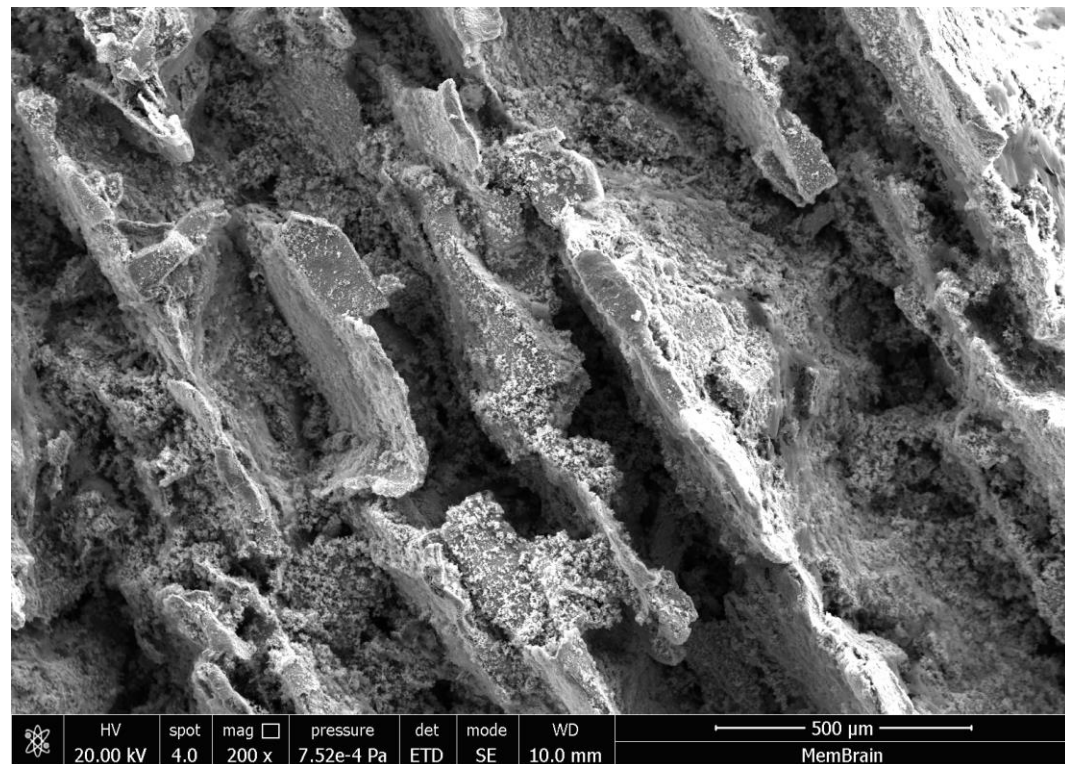
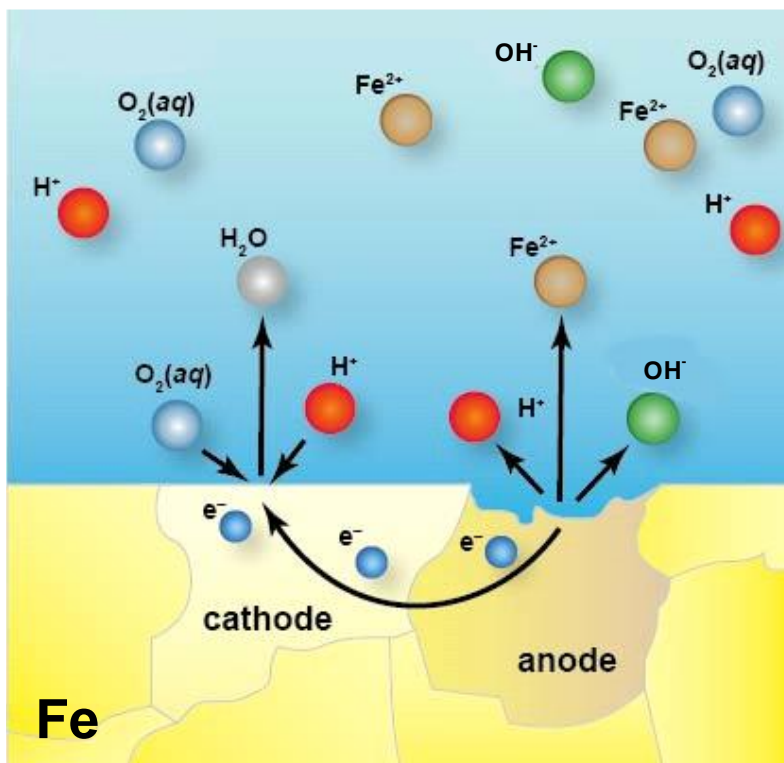
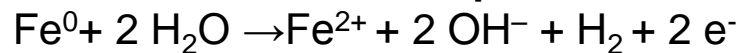
Diagram Fe^{++} , $T = 25^\circ\text{C}$, $P = 1.013 \text{ bars}$, $a[\text{main}] = 10^{-16-40}$, $a[\text{H}_2\text{O}] = 1$; Suppressed $\text{Fe}_2(\text{OH})_2^{4+}$, $\text{Fe}_3(\text{OH})_4^{5+}$, $\text{Fe}_3(\text{OH})_4^{5+}$, $\text{Fe}_3(\text{OH})_4^{5+}$, NO_3^-

Chemické vlastnosti Fe

aerobní koroze



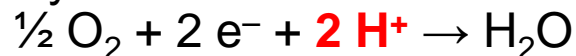
korozí s vodíkovou depolarizací



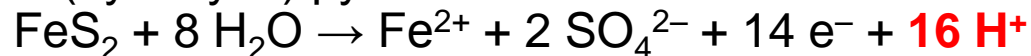
pH, Eh

Změny pH jsou často důsledkem redoxních reakcí (a ne naopak)

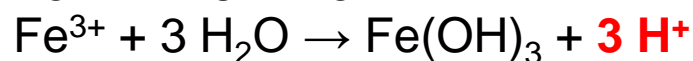
Redukce kyslíku



Zvětrávání (hydrolýza) pyritu

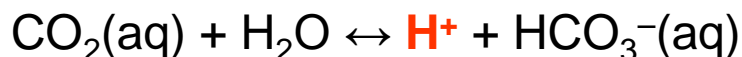


Oxidace Fe^{2+} a jeho následná hydrolýza



Regulace pH – karbonátový systém

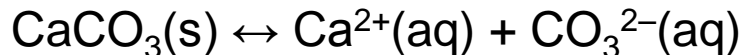
$\text{CO}_2(\text{g}) \leftrightarrow \text{CO}_2(\text{aq})$ rozpouštění plynu (Henryho zákon)



hydratace a disociace kyseliny (protolýza)

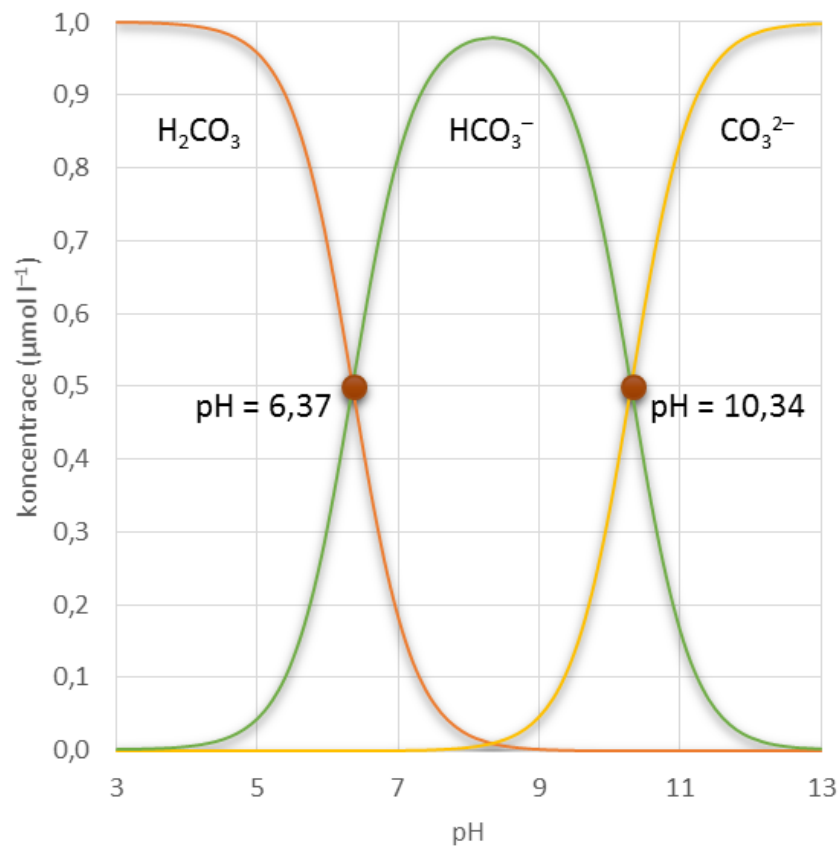


disociace (protolýza) kyseliny uhličitě do druhého stupně

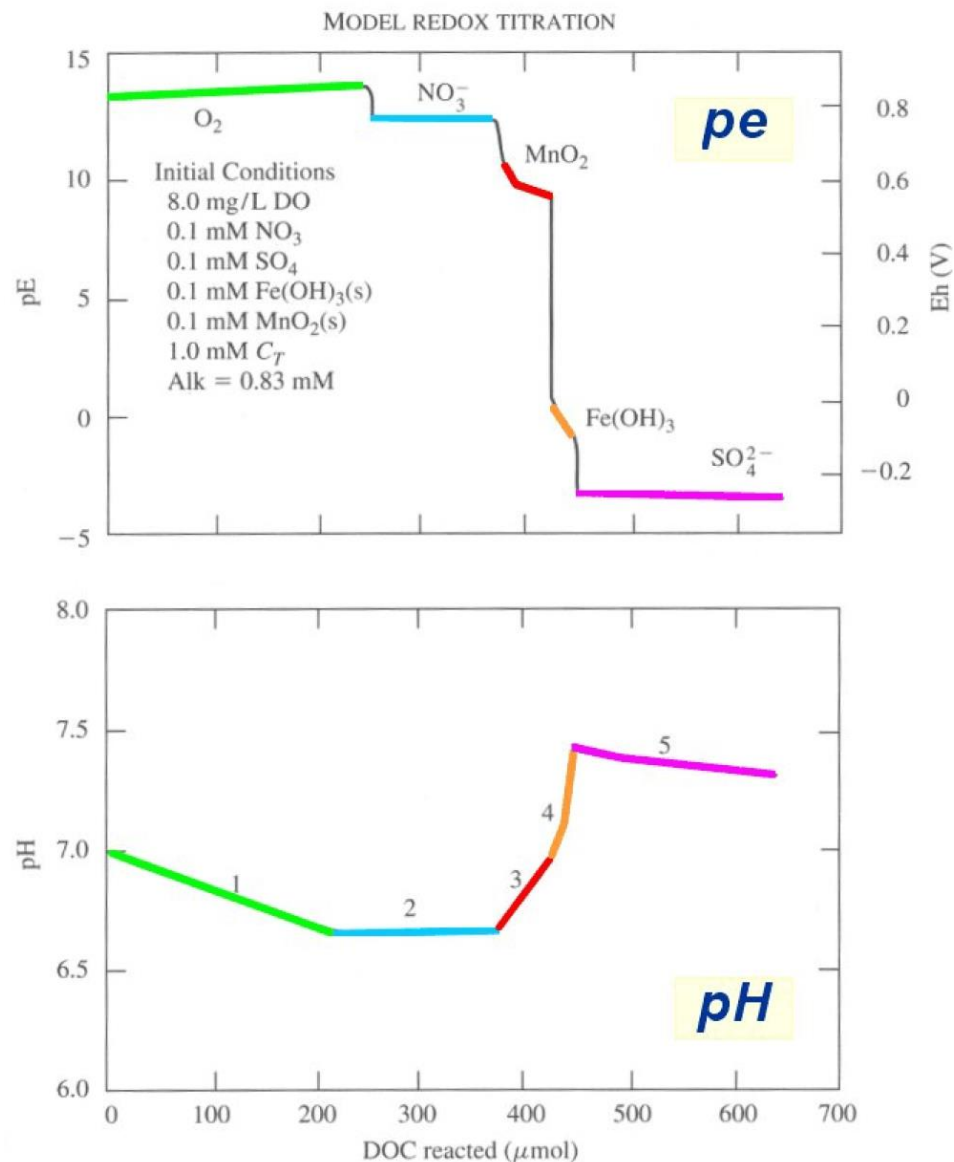


reakce rozpouštění nebo srážení.

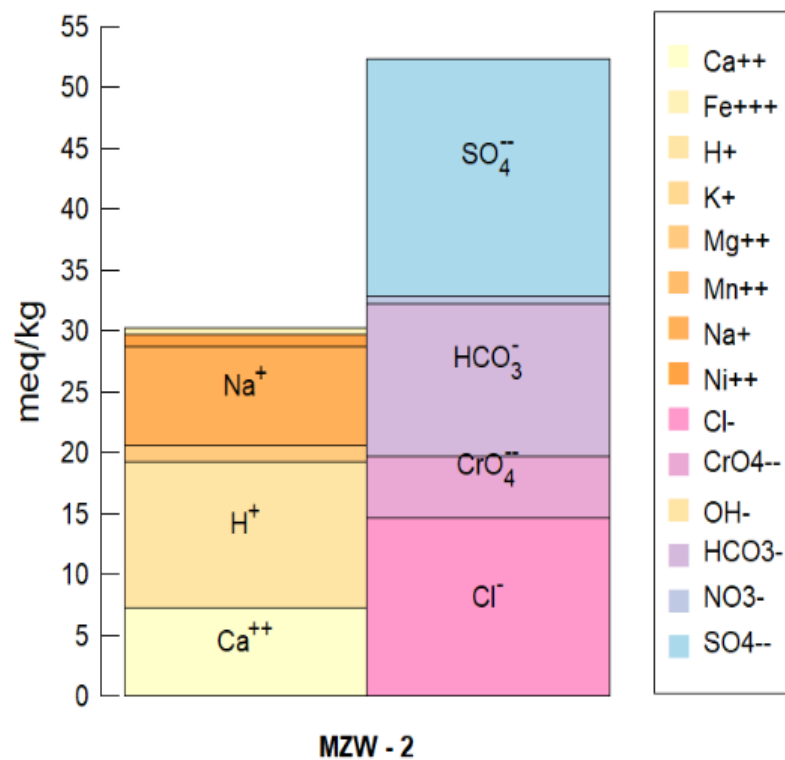
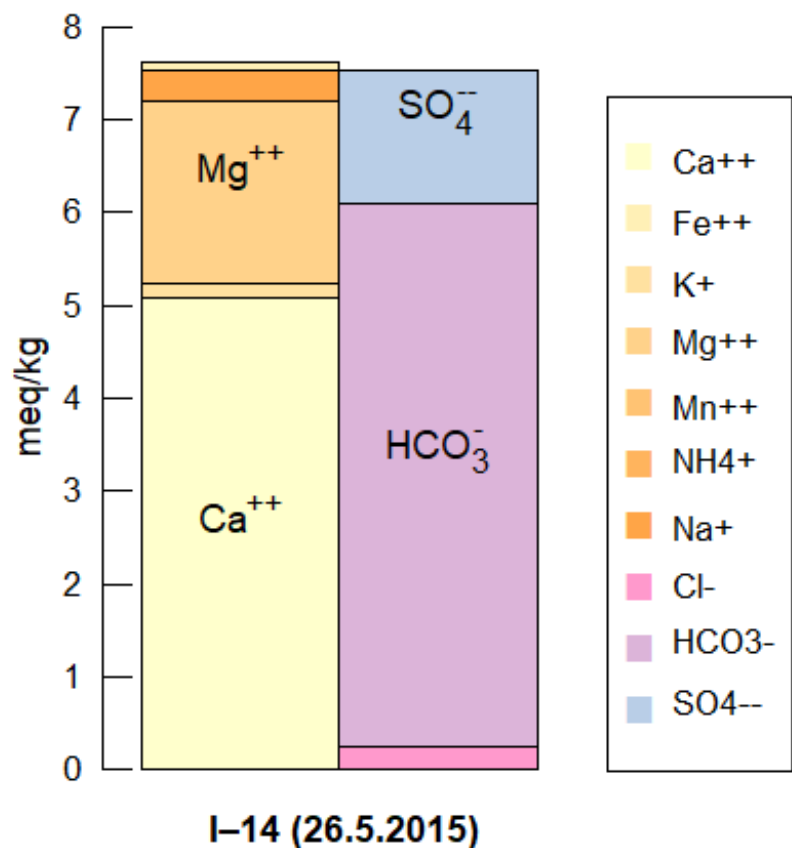
pH, Eh



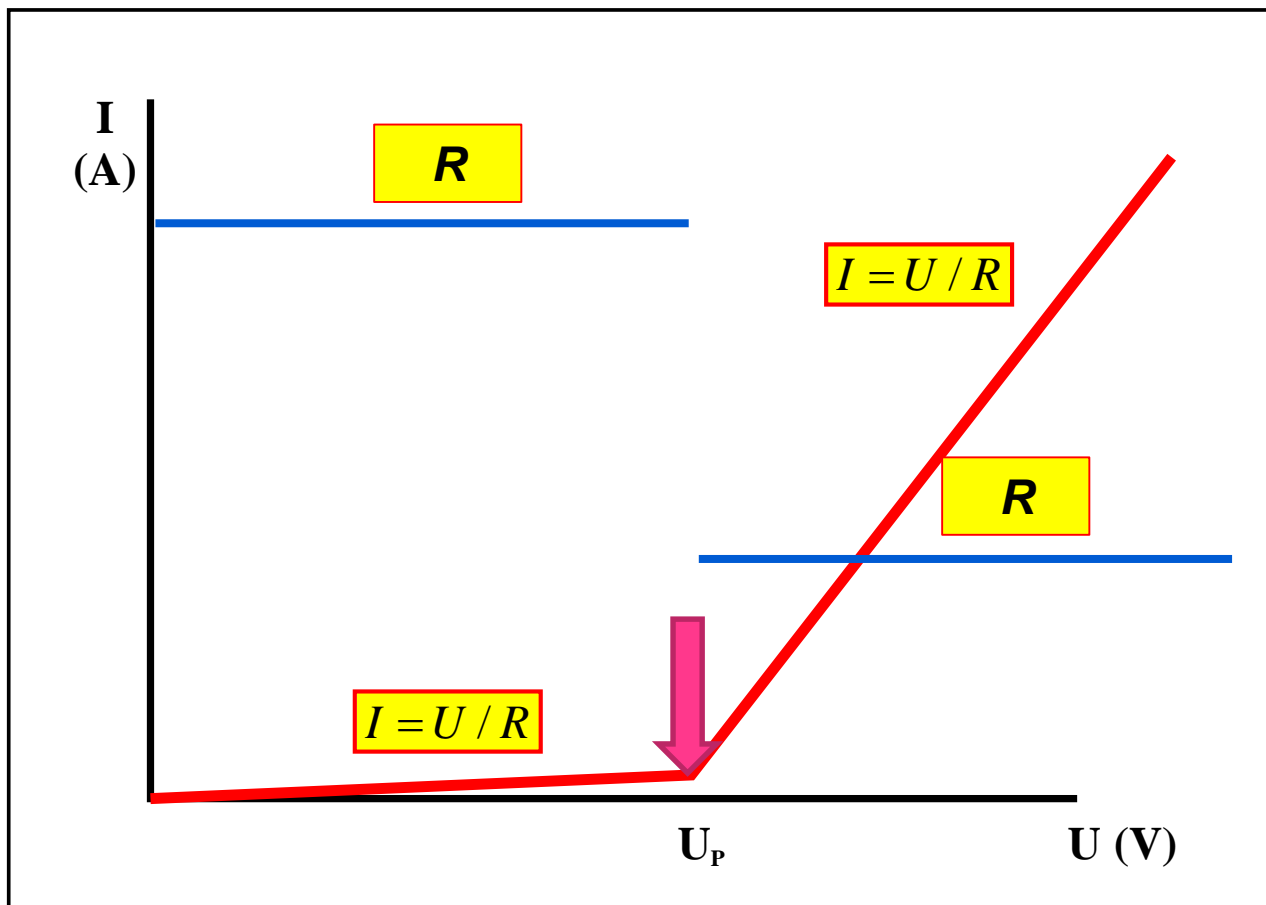
uvolnění H^+ z karbonátového systému



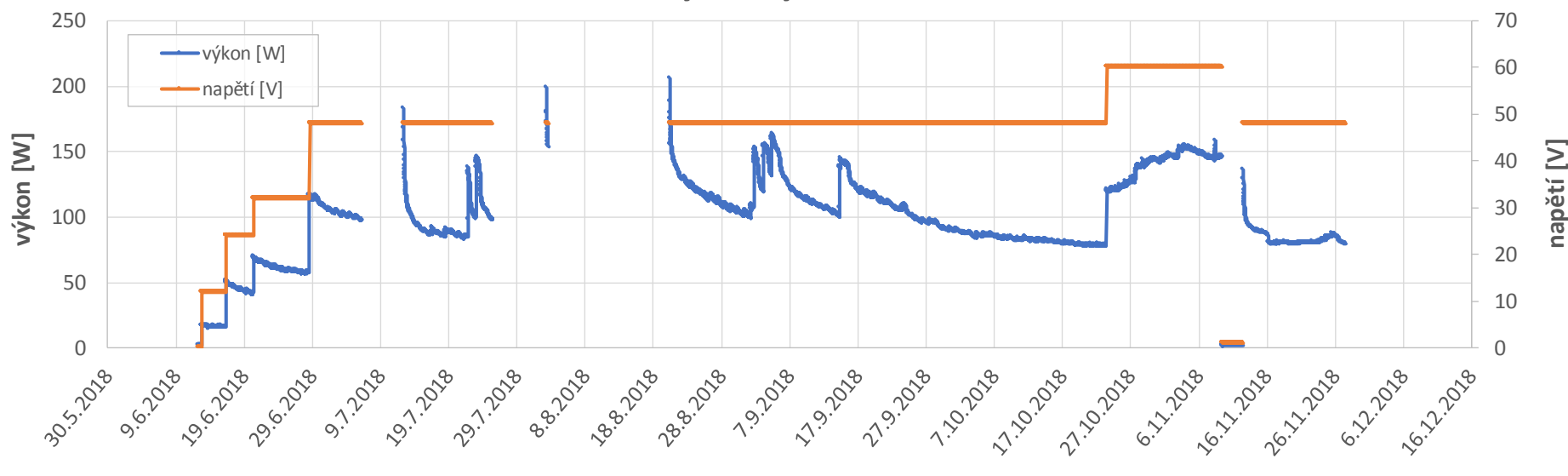
Nezbytným podkladem pro geochemický model je základní rozbor vody



Závislost napětí na proudu

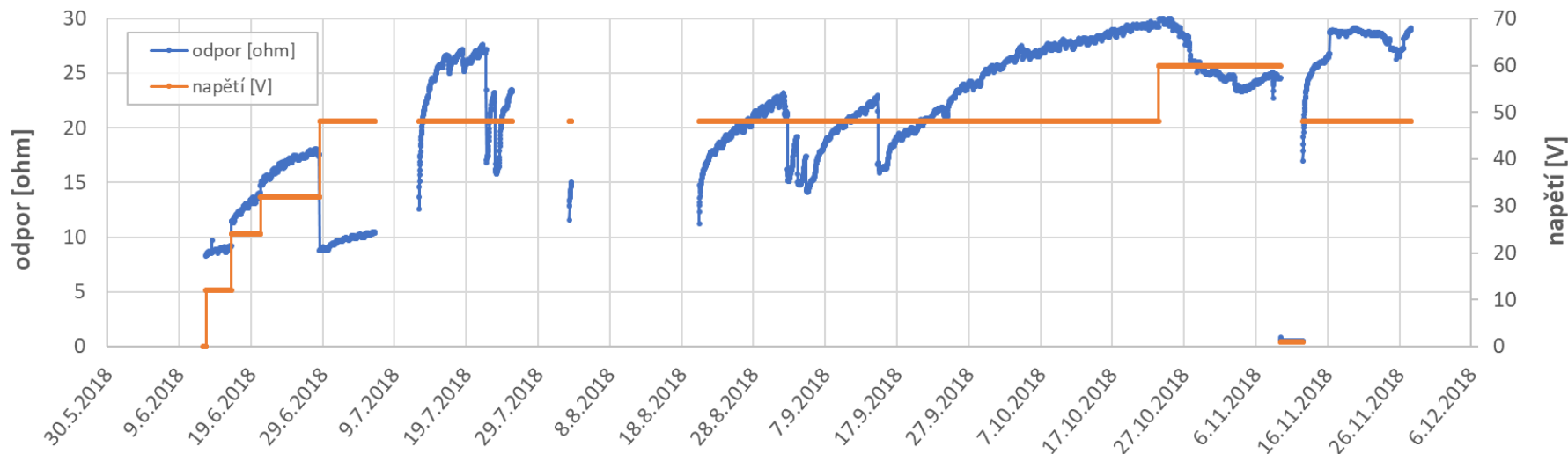


HN-2 výkon systému v čase

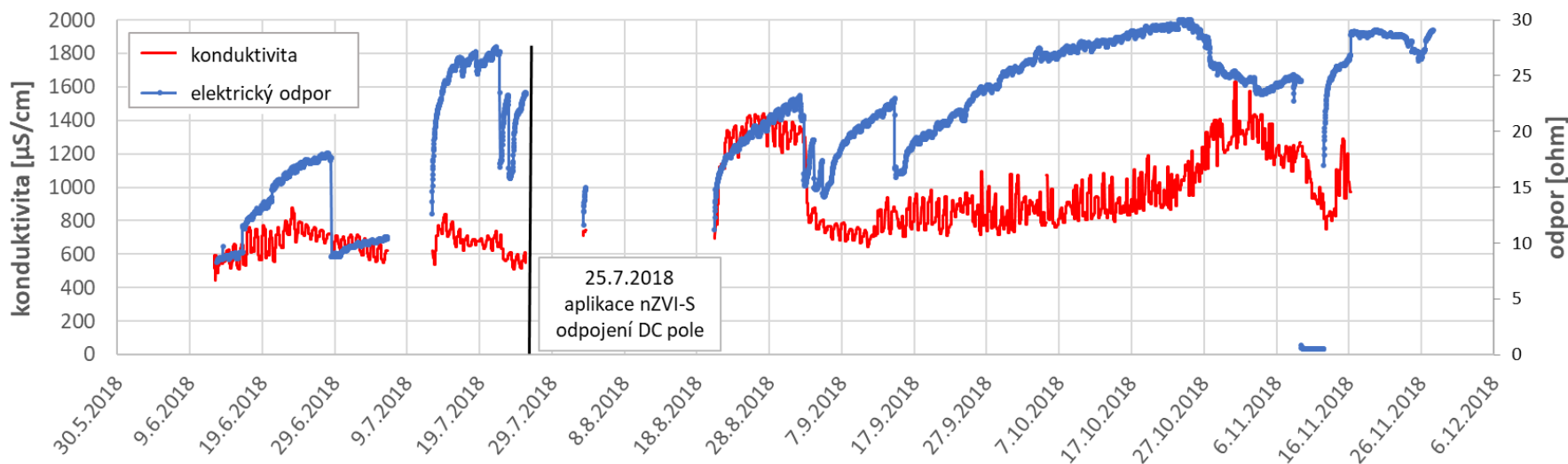


terénní výsledky

HN-2 napětí a elektrický odpor prostředí v čase

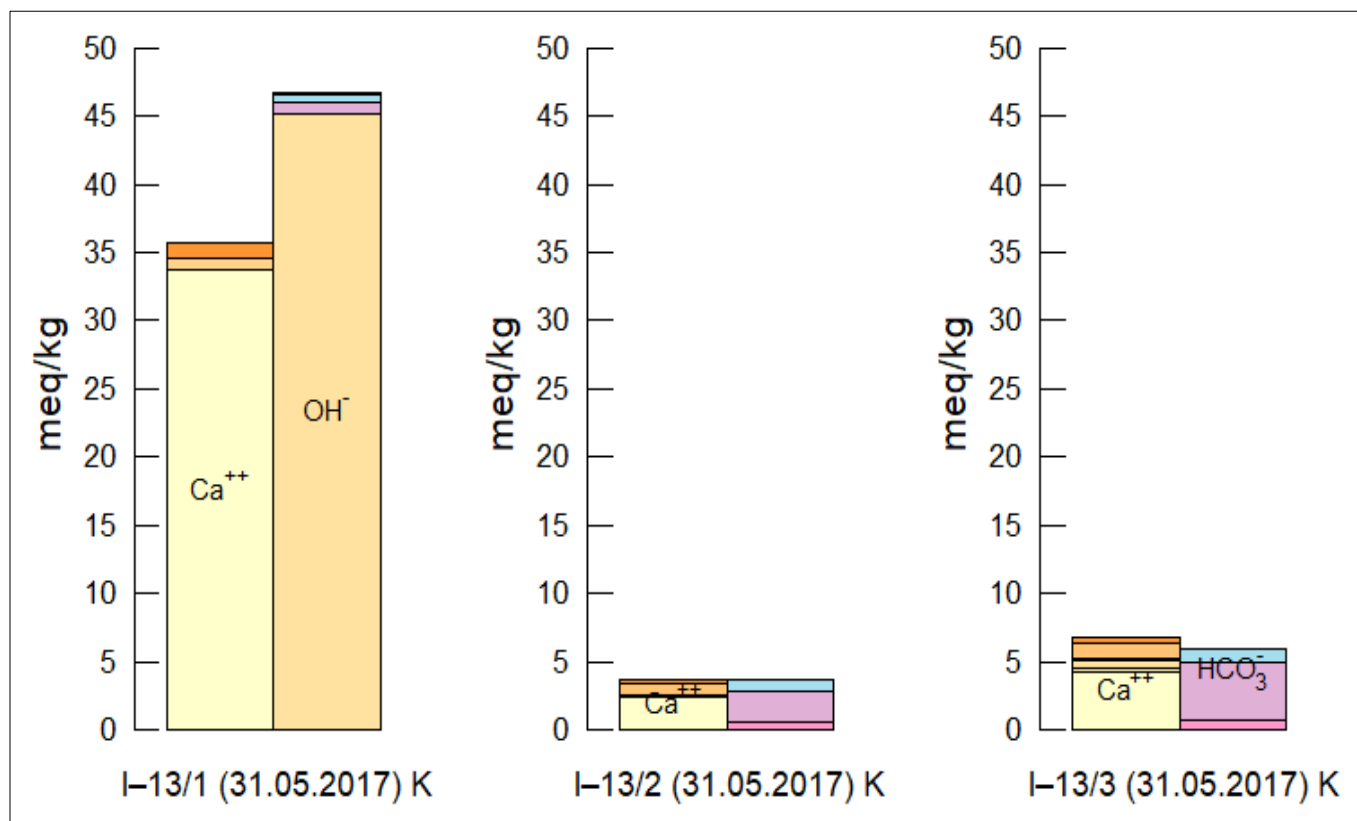
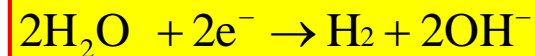


HN-2 konduktivita a elektrický odpor prostředí v čase



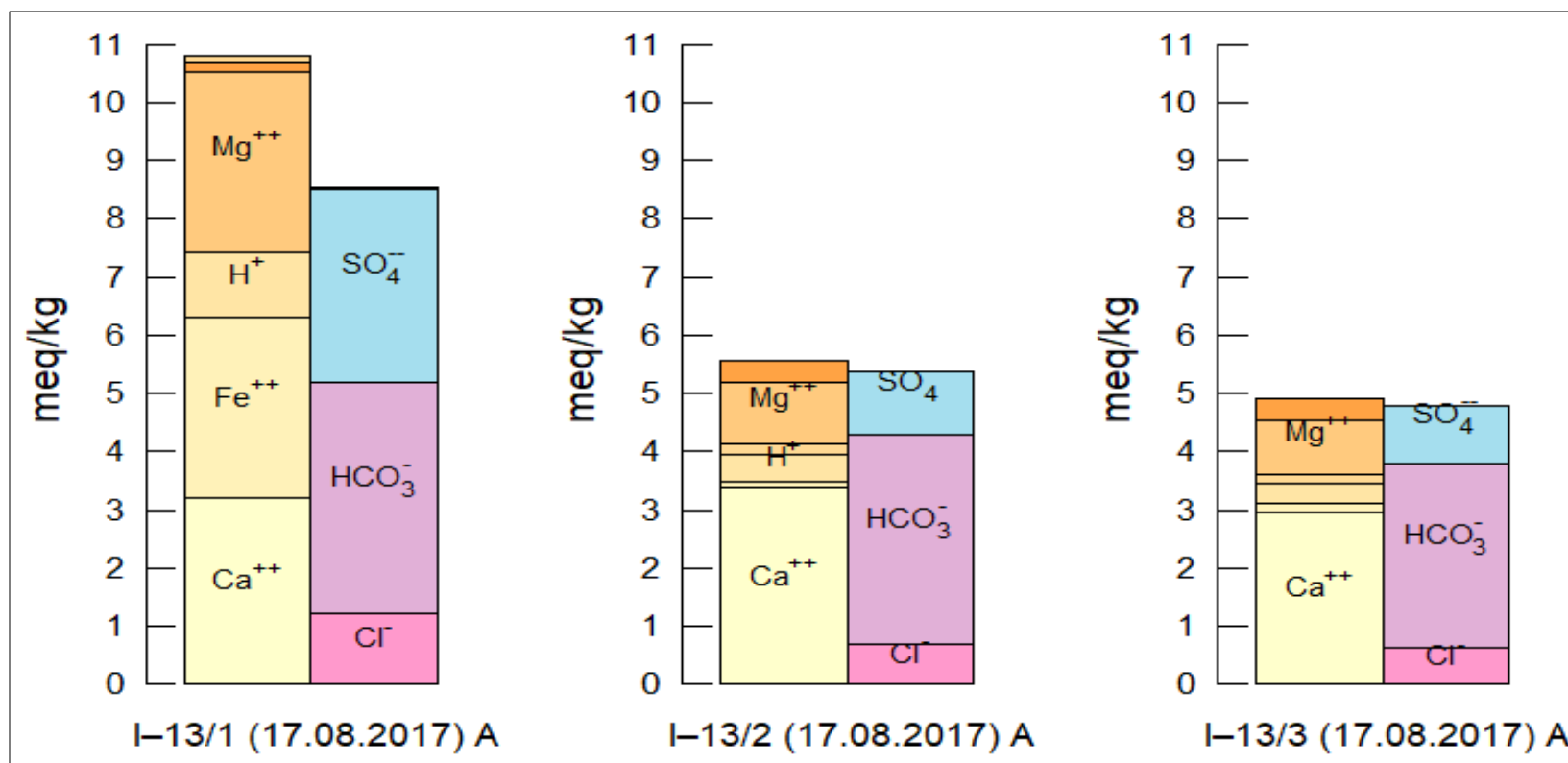
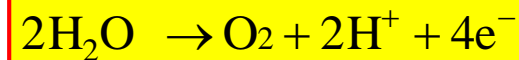
Katodový prostor

- prudký pokles Eh - hodnoty -400 až -800 meV
- katodový prostor je přesycen elektrony
- zvyšuje se pH (12-14) vyšší pH omezuje vhodné podmínky pro redukci
- dochází k rozkladu vody, produkci vodíku a redukci oxidovaného Fe



Anodový prostor

- mírný pokles Eh
- pH se mění minimálně
- anodový prostor je přesycen protony
- dochází k rozkladu vody, produkci kyslíku a oxidaci Fe



možnosti nasazení elektroremediace

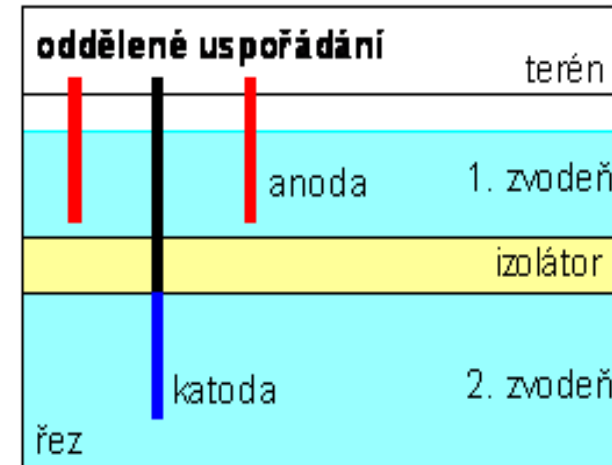
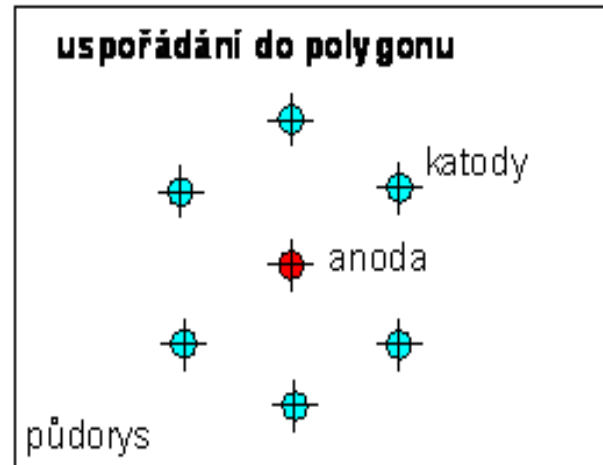
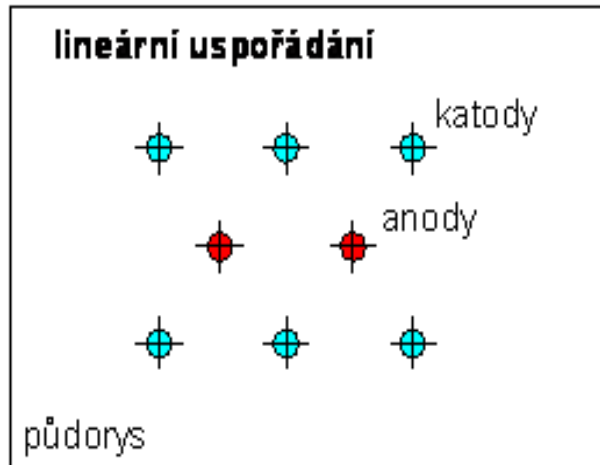
Elektrogeochemické procesy je možno nasadit v podstatě na dva základní typy kontaminantů.

- látky, u kterých lze chemickými ději změnit jejich vlastnosti (typicky redukce kovů a jejich vysrážení z podzemní vody)
- na látky, které lze v redukčních podmínkách rozložit nebo chemicky upravit (typický příkladem je redukční dehalogenace ClE, popřípadě dechlorace jiných ClU)

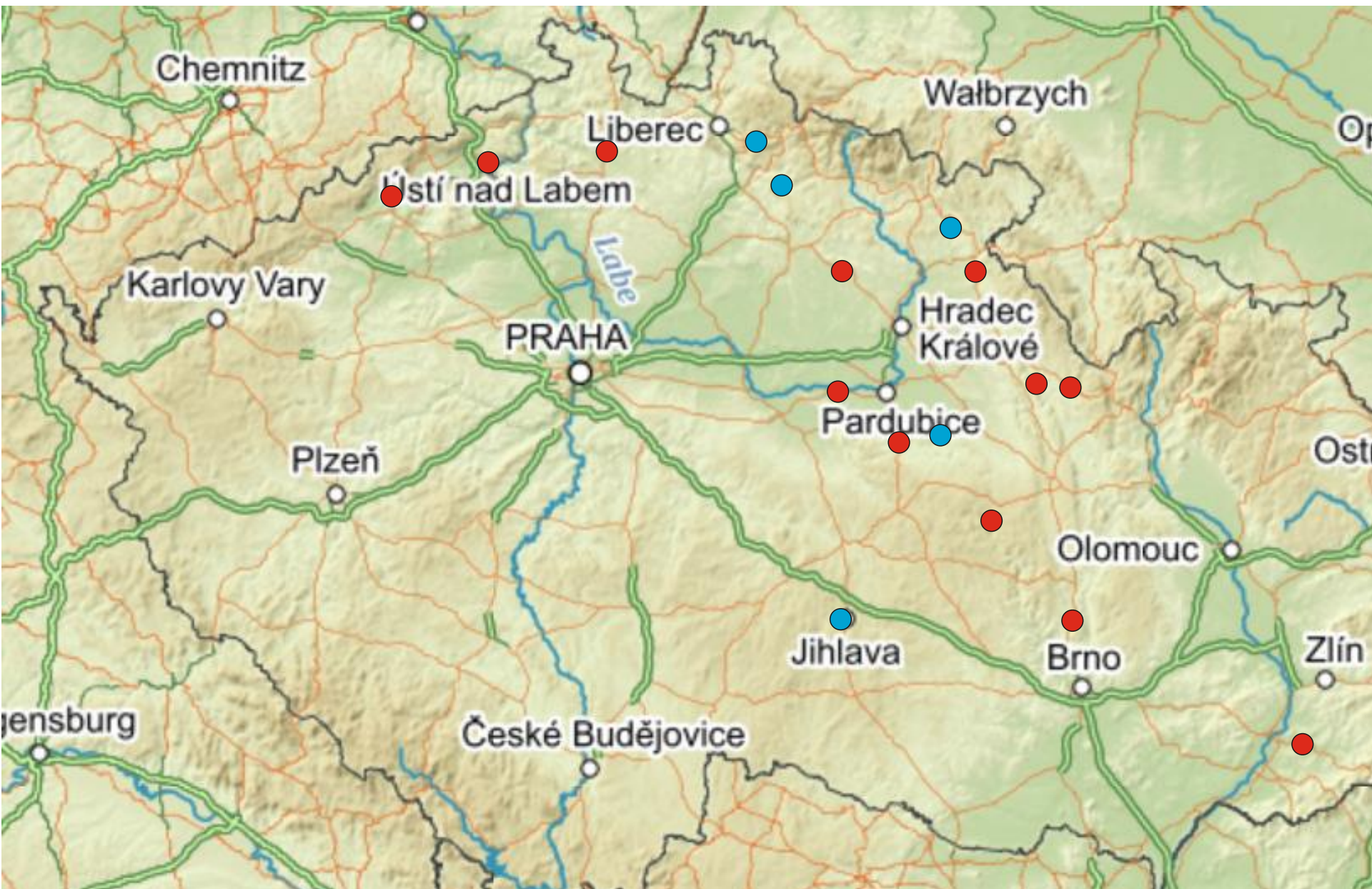
Stejnoseměrné elektrické pole lze využít i k dalším možným aplikacím, kde je možno využít transferu elektronů nebo změnu Eh a pH v horninovém prostředí (např. aktivace PDS)

Další možností praktického nasazení je použití elektrodového materiálu jako reagentu (efekt obětované anody).

- Využití některých kovů je vyloučeno z environmentálního důvodu (Hg, Pb, Cd atd.) jiných pak z ekonomických důvodů (Pt). Při použití nerezů je nutno zvážit uvolňování legovacích přísad (Cr, Mo atd.).
- V podstatě jediným bezproblémovým materiálem je ocel. Je však nutno počítat s anodickou korozí, která sice způsobuje degradaci anody, ale také dotuje prostředí Fe^{2+} .







Elektrogeochemické procesy se jeví jako perspektivní metoda sanace, kterou lze:

- nasadit i na lokalitách se složitými geologickými podmínkami, kde hydraulický zásah je neefektivní nebo nespolehlivý
- urychlit dobu nutnou pro průběh reduktivní dechlorace
- významně snížit dávku nZVI a to až na 1/3 běžně používaných dávek
- prodloužit dobu aktivního působení nZVI v kolektoru na několiknásobek
- provozně významné je urychlení transportu částic v elektrickém poli a zajištění homogenní distribuce nZVI v požadovaném prostoru potlačením agregace částic
- vhodným uspořádáním elektrod lze urychlit migraci nebo naopak stabilizovat částice v předem zvoleném místě.
- Jedná se však o poměrně sofistikovaný systém, kde úspěšná realizace předpokládá dokonalé zvládnutí managementu sanace a jeho optimalizaci na konkrétní podmínky lokality, které se navíc dynamicky mění při zapojení elektrického pole i aplikaci pomocných reagentů.

Požadavky na optimálně provedenou sanaci CIE

Dostatečně dimenzovaný průzkum

- **Identifikace veškerých ohnisek kontaminace**
- Podrobná znalost geologických poměrů včetně kolektorů v podloží kvartéru
- Podrobná znalost hydrogeologie a migrace kontaminantu

Sanace nesaturované zóny

- **Co nejúplnější odstranění ohnisek v nesaturované zóně**
- Využití výkopů pro instalaci drenážních prvků

Sanace saturované zóny

- **Omezení čerpání podzemních vod na minimum**
- Omezení laboratorních experimentů, pilotní pokusy
- **Zajištění aktivního okraje ohnisek geochemickou bariérou**
- Využití kombinovaných metod In situ sanace
- Podrobný monitoring
- Možnost optimalizace technologie v průběhu sanace

Děkuji za pozornost

**Tato práce byla realizována za podpory Technologické agentury ČR
v rámci výzkumného projektu TH03030374
„Pokročilé real-time řízení sanačních technologií“**