

Středoškolská odborná činnost 2006/2007

Obor 03–chemie

Kapilární zónová elektroforéza

Autoři:

Jana Červinková, Zuzana Ježková

MSŠCH, Křemencova 12

116 28 Praha 1, 4. ročník

Konzultant práce:

prof.RNDr.František Opekar,CSc.

(Přírodovědecká fakulta UK, katedra analytické chemie, Praha)

Zadavatel práce:

Mgr. Jana Dudrová

Praha, 2006

Prohlašujeme tímto, že jsme soutěžní práci vypracovaly samostatně pod vedením prof. RNDr.Františka Opekara,CSc. a uvedly v seznamu literatury veškerou použitou literaturu a další informační zdroje včetně internetu.

V Praze dne 30.10.2006
Červinková Jana
Ježková Zuzana

Stanovení kationů v minerálních vodách

Protože každá balená minerální voda má na sobě nalepenou etiketu s údaji o obsahu jednotlivých iontů, zajímalo nás, jakým způsobem lze tuto analýzu provést a zjistit tak obsah látek v mg/l. Jedním ze způsobů je kapilární zónová elektroforéza, se kterou jsme zkusily zanalyzovat naše zkoumané minerální vody – Vincentku, Mattoni, Magnesii a Radenskou a naše výsledky porovnávaly s etiketami. Také jsme pro zajímavost zanalyzovaly a porovnály studniční vodu z Drast – Klecany (okres Praha-východ) s vodou z vodovodu odebrané na Karlově univerzitě. Při měření jsme se zaměřily pouze na kationty K^+ ; Na^+ ; Ca^{2+} ; Mg^{2+} ; Li^+ .

Kapilární elektromigrační metody

Kapilární zónová elektroforéza patří do elektromigračních metod, které jsou založené na elektroforetické migraci iontů v elektrickém poli. Vlastní separace se provádí v kapilárách zhotovených zpravidla z taveného křemene nebo z jiného materiálu (např. PTFE). Kapilární elektromigrační metody vynikají především malou spotřebou vzorku a činidel potřebných pro separaci, velkou účinností separace, velkou rychlostí analýzy a krátkou dobou potřebnou na optimalizaci separačních podmínek. Hlavní nevýhodou je především menší reprodukovatelnost.

Kapilární elektromigrační separace se liší především mediem přítomným v separační kapiláře a mechanismem separace. Proto je lze rozlišovat na:

1. Kapilární zónovou elektroforézu (CZE)
2. Kapilární gelovou elektroforézu (CGE)
3. Micelární elektrokinetickou kapilární chromatografie (MEKC, MECC)
4. Elektrochromatografie v naplněných kapilárách (EC, CEC)
5. Kapilární izoelektrické fokusování (CIEF, IEF)
6. Kapilární izotachoforéza (CITP, ITP)

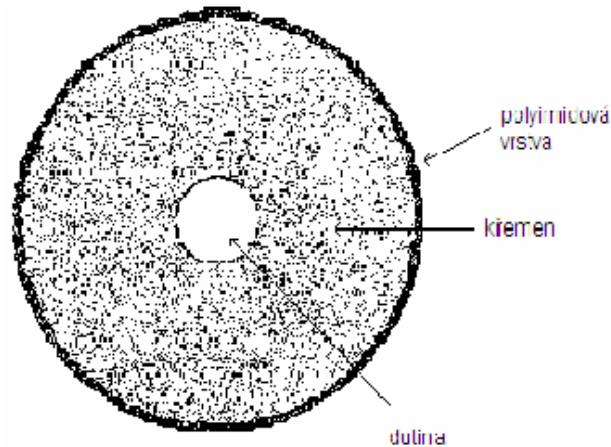
Kapilární zónová elektroforéza (CZE)

Princip elektroforézy:

Kapilární elektroforéza se používá pro separaci a stanovení anorganických a organických látek, jejichž molekuly mohou nést záporný nebo kladný náboj (např. chloridy, sacharidy, aminokyseliny, aminy atd.).

Kapilární zónová elektroforéza (CZE) je vhodná pro separaci a stanovení iontů lišících se svou molekulovou hmotností, tvarem a nábojem. Dochází k dělení molekul s nábojem na základě jejich rozdílných mobilit (elektroforetických pohyblivostí). Nastává proces, kdy elektroosmotický tok separačního roztoku uvnitř kapiláry unáší kladné a záporné ionty k detektoru. Tyto ionty navíc migrují svými rozdílnými elektroforetickými rychlostmi uvnitř roztoku, a tím se vzájemně dělí. Během jednoho experimentu lze dělit, detekovat a stanovit oba dva druhy iontů, kationy i aniony. Metoda CZE je použitelná pouze pro separaci a stanovení molekul s nábojem. Nehodí se tedy pro stanovení neutrálních molekul.

Separace látek se provádí v kapiláře z taveného křemene. Kapilára je na vnějším povrchu pokryta vrstvou žlutého až hnědého polyimidu, který značně zvyšuje pružnost kapiláry a současně odstraňuje její křehkost. Kapiláru lze tedy ohýbat, aniž by se poškodila nebo dokonce zlomila.



Obrázek 1: Průřez křemennou kapilárou

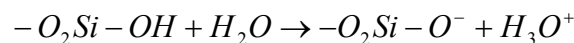
V metodě kapilární elektroforézy (CE) se využívá dvou transportních jevů, elektroforetické migrace iontů a elektroosmotického toku.

- **Elektroforetickou migraci iontů** si lze představit jako pohyb iontů v elektrickém poli vlivem elektrostatického přitahování elektrického náboje k opačně nabitě elektrodě.

$$v_{ef,i} = \mu_{ef,i} \cdot E$$

$$\mu_{ef,i} = \frac{Q_i}{6 \cdot \pi \cdot \eta \cdot r_i}$$

- **Elektroosmotický tok (elektroosmóza)** je druhým využívaným jevem, kdy je v kapiláře vytvořeno elektrické pole vložení napětí několik desítek kilovoltů mezi elektrody na koncích kapiláry. Při naplnění kapiláry vhodným elektrolytem, dochází na vnitřní stěně kapiláry nejprve k **hydrolyze** siloxanových skupin ($\equiv Si - O - Si \equiv$) za vzniku silanolových ($\equiv Si - OH$) skupin a k následné **disociaci** vzniklých silanolových skupin. Tím se vnitřní povrch pokryje disociovanými křemičitanovými skupinami ($\equiv Si - O^-$) a získá tak negativní náboj.

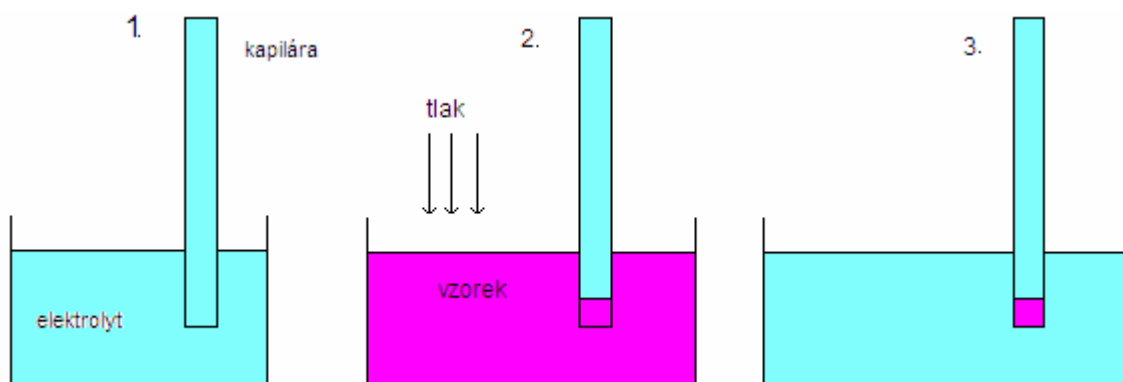


Uvolňované protony vytváří pozitivně nabitou vrstvu v roztoku přilehlém k vnitřní stěně kapiláry, kde se nachází přibližně pět silanolových skupin na 1 nm^2 . Po vložení elektrického napětí mezi elektrody na koncích kapiláry dochází k pohybu hydratovaných vodíkových iontů ve vzniklém elektrickém poli směrem ke katodě. Tyto protony obalené molekulami vody s sebou strhávají směrem ke katodě veškerý roztok uvnitř kapiláry, čímž vzniká elektroosmotický tok. Čím je vyšší pH elektrolytu uvnitř kapiláry, tím větší negativní náboj je rozprostřen po vnitřní stěně kapiláry a tím rychlejší elektroosmotický tok pozorujeme. Kromě pH má také na rychlost separačního elektrolytu velký vliv koncentrace. Vyšší koncentrace tlumivého roztoku snižuje potenciál elektrické dvojvrstvy, který generuje nižší elektroosmotickou pohyblivost a vede k nižšímu elektroosmotickému toku. Tedy s nižší koncentrací pozorujeme rychlejší elektroosmotický tok.

$$v_{eof} = \mu_{eof} \cdot E$$

Do vstupního konce kapiláry se vlivem elektroosmózy nasaje malé množství vzorku. Takové dávkování vzorku pomocí vloženého napětí mezi elektrody se nazývá elektrokinetické dávkování. Ovšem mnohem častěji se používá hydrodynamické dávkování vzorku.

- **Hydrodynamické dávkování:** Vialka se vzorkem s ponořenou kapilárou a elektrodou se pneumaticky uzavře a nad hladinu vzorku se přivede stlačený vzduch po dobu několika sekund. Přetlaku lze také dosáhnout manuálním postupem, při němž se vialka se vzorkem mechanicky zvedne tak, aby byla výše než výstupní vialka. Přetlak nad hladinou vzorku natlačí malé množství vzorku do vstupního konce separační kapiláry. Hydrodynamické dávkování má tu výhodu, že vzorek dávkovaný do kapiláry má stejné složení jako vzorek v nádobce.
- **Elektrokinetické dávkování:** Oproti hydrodynamickému dávkování je složení vzorku vstupujícího do kapiláry odlišné od složení vzorku v nádobce. Elektrokinetické dávkování preferuje jeden druh iontů, neboť při způsobu dávkování jsou díky svým elektroforetickým rychlostem zvýhodněny kationy a znevýhodněny aniony. Kationy se ze vzorku snaží migrovat svými elektroforetickými rychlostmi směrem do kapiláry, a proto se jich nadávkuje více. Naopak aniony elektroforetický migrují z kapiláry do vialky se vzorkem a tedy se jich nadávkuje méně. Z toho vyplývá, že se více uplatňuje hydrodynamické dávkování.



Obrázek 2: Schéma hydrodynamického nástřiku

Po nadávkování vzorku se vstupní konec kapiláry a elektroda opět ponoří do vstupní nádoby s tlumivým roztokem a připojením separačního napětí několika desítek kilovoltů na elektrody se spustí vlastní analýza vzorku. Po připojení separačního napětí několika desítek kilovoltů je celá zóna vzorku unášena elektroosmotickým tokem separačního elektrolytu směrem ke katodě, tedy k detektoru. Látky s nábojem navíc migrují svými elektroforetickými rychlostmi uvnitř separačního elektrolytu a vytvářejí v kapiláře vlastní zóny. Pokud vzorek obsahuje kladně nabitě látky, neutrální a negativně nabitě látky, dojde k tomu, že zóna kladně nabitých látek bude rychlejší než neutrální zóna. Naopak zóna negativně nabitě látky bude pomalejší než neutrální zóna, protože tento analyt je v separačním prostředí aniontem. Výsledkem separace budou tři zóny tří různých analytů, které doputují do detektoru v různých migračních časech.

Pokud by se ve vzorku nacházelo více neutrálních látek, nedocházelo by k jejich vzájemné separaci a všechny by se pohybovaly rychlostí elektroosmotického toku k detektoru v jedné zóně. Metoda kapilární zónové elektroforézy je tudíž nepoužitelná pro separaci a analýzu směsi neutrálních látek. Bude-li vzorek obsahovat více druhů kladně nabitých a více druhů záporně nabitých analytů, které se budou lišit svými elektroforetickými rychlostmi, budou vytvářet vlastní zóny pohybující se rozdílnými pozorovanými rychlostmi a dospějí do detektoru v různých migračních časech. Zóny všech kationtů dorazí do detektoru před zónou

neutrálních látek, protože jejich pozorovaná rychlost je větší. Naopak zóny všech aniontů se objeví v detektoru až za zónou neutrálních látek, neboť pozorovaná rychlost aniontů je naopak menší.

Vlastnosti separovaných kationtů a aniontů závisejí na daných experimentálních podmínkách (teplotě, viskozitě, iontové síle a pH separačního tlumivého roztoku). pH separačního elektrolytu je velmi důležitý parametr při ovlivňování efektivní elektroforetické pohyblivosti slabě kyselých a zásaditých analytů.

V kapilární elektroforéze se k separaci analytů používají tyto detektory: vodivostní detektor, bezkontaktní vodivostní detektor, elektrochemická detekce, detektor s diodovým polem (DAD), hmotnostní spektrometr atd.

Měření elektrické vodivosti je založeno na vodivostní detekci. Vodivostní detektor se také s výhodou využívá k detekci sacharidů a aminokyselin, které absorbují UV záření velmi nepatrně. Pro detekci se používá **bezkontaktní vodivostní detektor**, který měří celkovou vodivost zón separovaných látek a je tedy vhodný pro analýzy anorganických iontů, jež neabsorbují záření ve viditelné a ultrafialové oblasti spektra, a nelze je proto detekovat absorpčním fotometrickým detektorem přímo.

Záznamem celé analýzy je tzv. **elektroferogram**, kdy počet píků odpovídá počtu separovaných zón analytů prošlých detektorem. Poskytuje kvalitativní a kvantitativní informace o analyzovaných látkách. Plocha píku v elektroferogramu jednoznačně udává migrační čas příslušné sloučeniny, z něhož lze vypočítat elektroforetickou pohyblivost příslušného analytu a ta může částečně sloužit k identifikaci analytu. Elektroforetická pohyblivost tedy závisí na povaze analyzované látky a je tedy kvantitativní informací o analytu. Plocha píku v elektroferogramu je úměrná množství příslušného analytu nadávkovaného do separační kapiláry a vztažena na dávkovaný objem vzorku jednoznačně udává koncentraci analyzované látky ve vzorku. Plocha píku nese tudíž kvantitativní informaci o analytu. Pro kvantitativní vyhodnocování elektroferogramu v CE se nejčastěji používá metoda kalibrační křivky nebo metoda standardního přídávku.

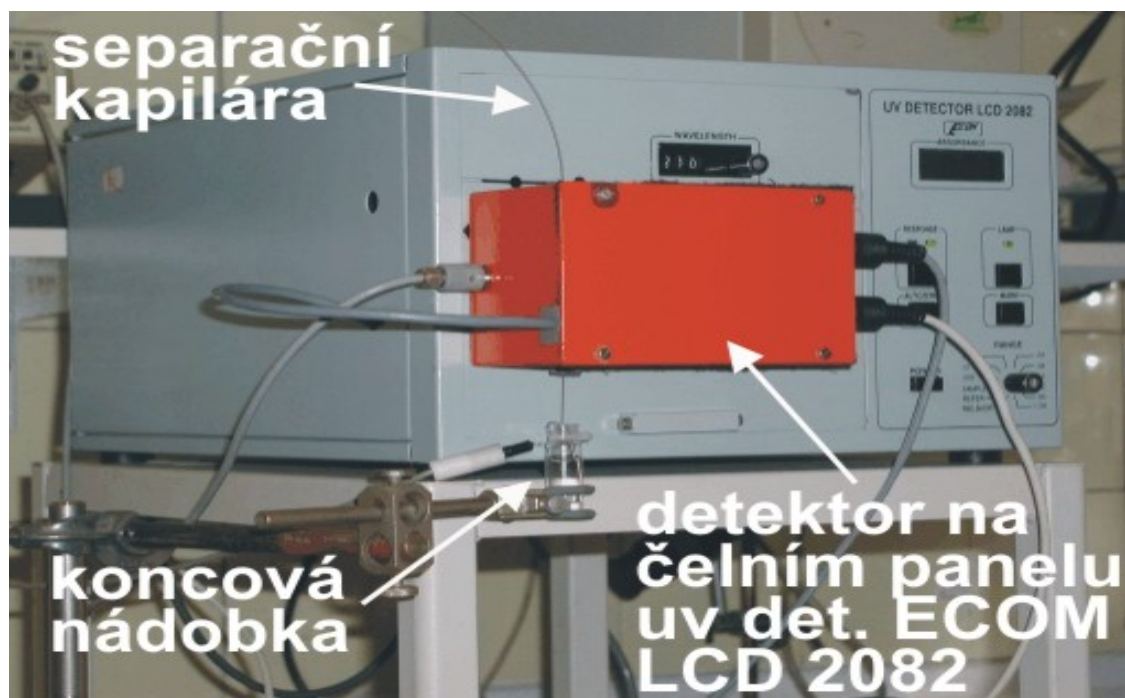
- **Metoda kalibrační křivky** se provádí tak, že se roztok se vzorkem naředí na několik koncentrací a z naměřených hodnot se sestaví kalibrační křivka. Kalibrace je hledání vztahu mezi odezvou přístroje S a koncentrací analytu c , tj. $S=f(c)$.
- **Metoda standardního přídávku:** standardní vzorek je přidáván do analyzovaného vzorku. Metoda je používána pouze v případě lineární závislosti $S=f(c)$.

Experimentální část:

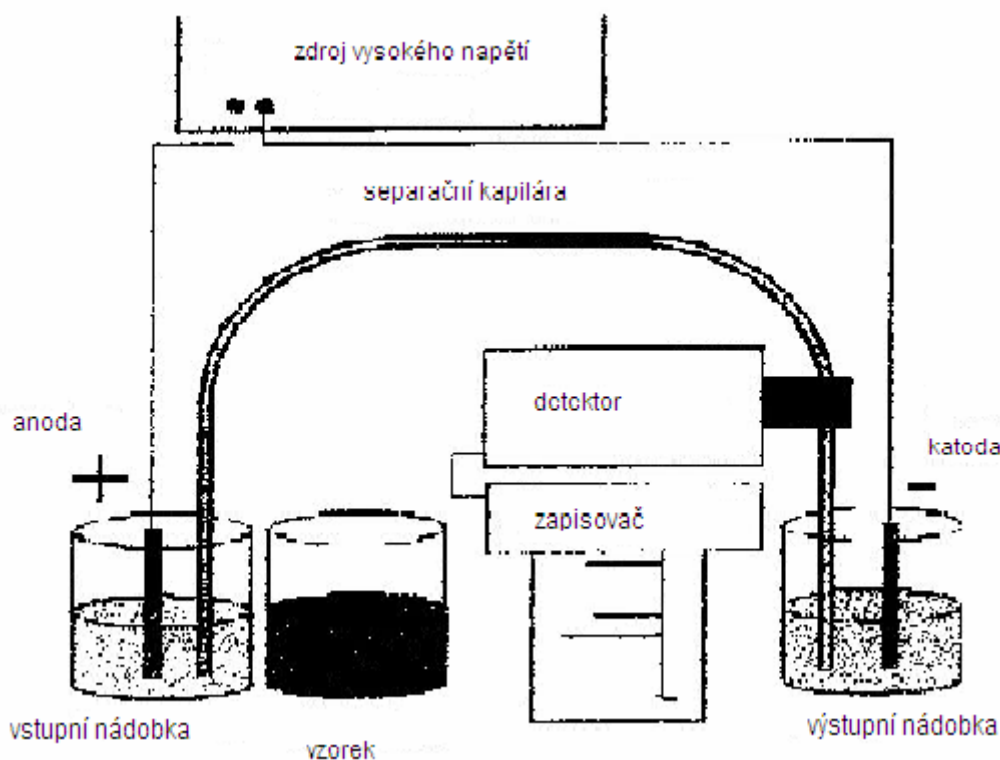
Přístroj



Obrázek 3: Schéma aparatury



Obrázek 4: Detektor



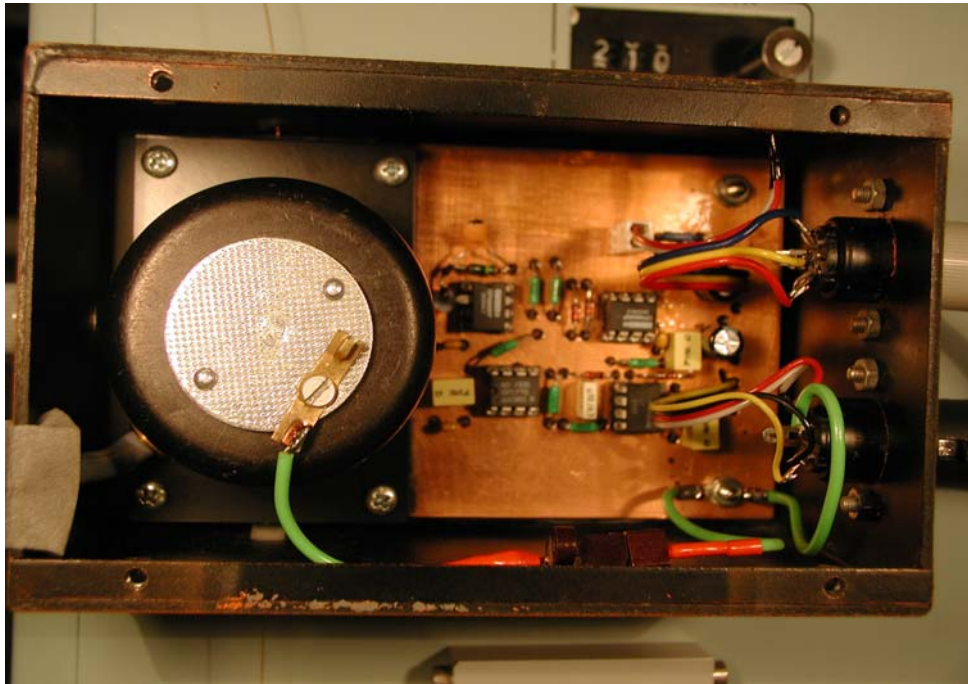
Obrázek 5: Schéma přístroje pro kapilární elektroforézu

Upořádání přístroje pro CE tvoří vstupní nádobka (vialka), separační kapilára a výstupní nádobka. Tyto tři části se musí plnit vhodným separačním elektrolytem.

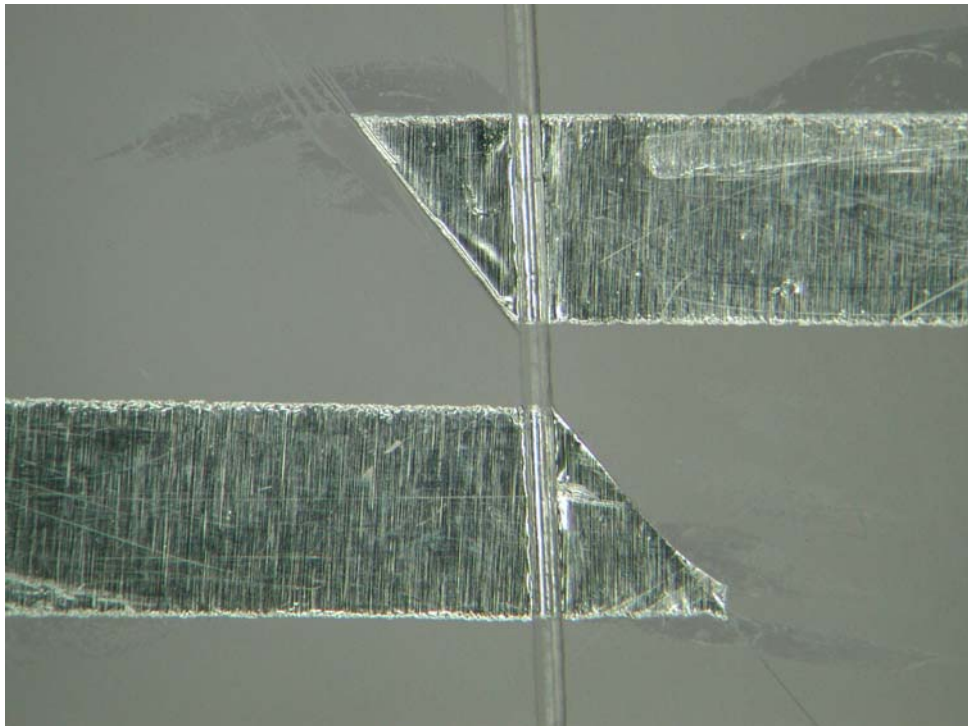
Detekční cela obsahuje dva na sobě nezávislé detekční systémy – optický a bezkontaktní vodivostní. Optická část se v tomto případě nepoužívá. Protože námi stanovované kationty neabsorbují UV záření. Vodivostní část se skládá ze semitubulárních (půlkruhových) hliníkových elektrod o tloušťce $10\ \mu\text{m}$ a šířce 2mm. Vzdálenost je 1mm. Na první elektrodu je přiváděn střídavý signál o vysoké frekvenci z funkčního generátoru. Ten prochází kapilárou a je snímán druhou elektrodou. Duální detektor umožňuje současnou detekci anorganických i organických iontů a usnadňuje identifikaci látek ve směsi podle toho, jaká část detektoru poskytuje odezvu na danou látku. Separací elektrolyt musí mít malý obsah absorbujících komponent a malou vodivost.

Poněvadž žlutě až hnědě zbarvená polyimidová vrstva na vnějším povrchu kapiláry je velmi špatně propustná pro UV a VIS záření, musí se v místě průchodu světelného paprsku z povrchu kapiláry odstranit v horké koncentrované kyselině sírové a omytím vzniklé zuhelnatělé vrstvy ethanolem. Tak vznikne na kapiláře detektorové okénko o délce několika milimetrů s obnaženou křemennou stěnou, avšak kapilára se stane v tomto místě velmi křehkou.

Než se začne provádět skutečná analýza vzorku, je vhodné připojit separační napětí několika desítek kilovoltů na platinové elektrody ve vstupní a výstupní vialce po dobu několika minut. Dojde ke stabilizaci elektroosmotického toku v kapiláře a navíc si vnitřní povrch kapiláry přivykne na používaný elektrolyt. Aby se kapilára při separaci příliš nezahřívala, je dobré během experimentu zároveň ověřit zvolené separační napětí. Pro vlastní analýzu je nejdůležitější nadávkování vzorku. Vstupní vialka se vymění za vialku se vzorkem a na elektrody se připojí napětí podobu několika sekund.



Obrázek 6: Detektor



Obrázek 7: Hliníkové elektrody

Použité chemikálie

Vinentka, Mattoni, Magnesia, Radenska, hydroxid sodný, L-Histidin, 2-morfolinethansulfonová kyselina, kyselina sírová, ethanol, chlorid vápenatý, hexahydrát chloridu hořečnatého, chlorid sodný, chlorid draselný a monohydrát hydroxidu lithného.

Experimentální podmínky

pH (Mes/His) = 6,2

laboratorní teplota $t = 26^{\circ}\text{C}$

$U = 20\text{kV}$

$I = 9\text{-}10\ \mu\text{A}$

$f = 200\text{kHz}$

Dávkování hydrodynamicky 10min/10s

Kapilára byla během experimentu dvakrát zkrácená, ale na separaci to nemělo významný vliv.

Celková délka kapiláry / cm	Délka kapiláry k detektoru/cm	Vnitřní průměr kapiláry/ μm	Vnější průměr kapiláry/ μm
74	61	75	375
22.6.2006 73	60	75	375
27.7.2006 72	59	75	375

Úprava vzorku

Při vlastním měření bylo potřeba pracovat s deionizovanou vodou, aby se zamezilo kontaminaci vzorku ionty z vody. Protože minerální vody obsahovaly bublinky, bylo nutné provést sonikaci pomocí ultrazvukové lázně. Tím se zamezilo tomu, aby se kapilára zanesla vzduchovou bublinou, což by způsobovalo vysoký šum základní linie.

Úpravu vzorku jsme prováděly tak, že do vialky jsme odpipetovaly 3ml zředěného separačního elektrolytu a řádově desítky μl . Zředěný elektrolyt jsme používaly proto, že čím je elektrolyt zředěnější, tím je rychlost kationtů větší.

Příprava separačního elektrolytu

Jako elektrolyt jsme používaly směs L-Histidinu a 2-morfolinethansulfonové kyseliny v poměru 1:1, pH elektrolytu bylo 6,2. Tento elektrolyt jsme použily proto, že má nízkou vodivost.

Postup měření

Než se začne provádět skutečná analýza vzorku, je vhodné připojit separační napětí několika desítek kilovoltů na platinové elektrody ve vstupní a výstupní vialce po dobu několika minut. Dojde ke stabilizaci elektroosmotického toku v kapiláře a navíc si vnitřní povrch kapiláry přivykne na používaný elektrolyt (Mes/His). Poté jsme nadávkovaly hydrodynamicky vzorek a zpět připojily vialku se separačním elektrolytem a vložily napětí. Po skončení analýzy jsme promyly kapiláru separačním elektrolytem.

Protože se do kapiláry dostaly během měření nečistoty, a tím se retenční čas prodloužil a pozorovaly jsme velký šum základní linie. Proto jsme musely kapiláru regenerovat promytím 0,1mol/l NaOH po dobu 10 minut a poté jsme kapiláru promyly vodou a opět naplnily separačním elektrolytem.

Výpočty navážek na přípravu roztoků

Pro kvalitativní a kvantitativní stanovení kationtů ve vodách jsme si připravily standardní roztoky těchto kationtů o koncentraci 0,1 mol/l.

Název látky	Molární hmotnost g/mol
$CaCl_2$	110,99
$MgCl_2 \cdot 6H_2O$	203,31
NaCl	58,4425
KCl	74,56
$LiOH \cdot H_2O$	41,96

$$V = 50\text{ml} \quad c = 0,1\text{mol/l} \quad m = ?\text{g}$$

$$m = c \cdot V \cdot M$$

$$m(CaCl_2) = 0,1\text{mol/l} \cdot 0,05\text{l} \cdot 110,99\text{g/mol} = \underline{\underline{0,555\text{g}}}$$

$$m(MgCl_2 \cdot 6H_2O) = 0,1\text{mol/l} \cdot 0,05\text{l} \cdot 203,31\text{g/mol} = \underline{\underline{1,017\text{g}}}$$

$$m(NaCl) = 0,1\text{mol/l} \cdot 0,05\text{l} \cdot 58,4425\text{g/mol} = \underline{\underline{0,292\text{g}}}$$

$$m(KCl) = 0,1\text{mol/l} \cdot 0,05\text{l} \cdot 74,56\text{g/mol} = \underline{\underline{0,373\text{g}}}$$

$$m(LiOH \cdot H_2O) = 0,1\text{mol/l} \cdot 0,05\text{l} \cdot 41,96\text{g/mol} = \underline{\underline{0,2098\text{g}}}$$

Ředění roztoků do odměrných baněk z koncentrace 0,1 mol/l na koncentraci $3 \cdot 10^{-3}$ mol/l

$$10^{-5}\text{mol/l} = \frac{10 \cdot 10^{-3}\text{ml} \cdot c_z}{3\text{ml}} \Rightarrow c_z = \frac{10^{-5}\text{mol/l} \cdot 3\text{ml}}{10 \cdot 10^{-3}\text{ml}} = \underline{\underline{0,003\text{mol/l}}}$$

$$0,003\text{mol/l} = \frac{V \cdot 0,1\text{mol/l}}{50\text{ml}} \Rightarrow V = \frac{0,003\text{mol/l} \cdot 50\text{ml}}{0,1\text{mol/l}} = \underline{\underline{1,5\text{ml}}}$$

$$0,003\text{mol/l} = \frac{V \cdot 0,1\text{mol/l}}{25\text{ml}} \Rightarrow V = \frac{0,003\text{mol/l} \cdot 25\text{ml}}{0,1\text{mol/l}} = \underline{\underline{0,75\text{ml}}}$$

$$c = \frac{c_1V_1 + c_2V_2}{(V_1 + V_2)} = \frac{0,003\text{mol/l} \cdot 10 \cdot 10^{-3}\text{ml}}{3\text{ml}}$$

Příprava separačního elektrolytu Mes/His

Název látky	Vzorec	Molární hmotnost g/mol
L-Histidin	$C_6H_9N_3O_2$	155,16
2-morfolinethan sulfonová kyselina	$C_6H_{13}NO_4S \cdot H_2O$	213,25

$$c = 20 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l} \quad V = 500 \text{ ml} \quad m = ?$$

$$m = c \cdot V \cdot M$$

$$m(\text{His}) = 20 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l} \cdot 0,5 \text{ l} \cdot 155,16 \text{ g/mol} = \underline{\underline{1,5516 \text{ g}}}$$

$$m(\text{Mes}) = 20 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l} \cdot 0,5 \text{ l} \cdot 213,25 \text{ g/mol} = \underline{\underline{2,1325 \text{ g}}}$$

Vincentka

V této minerální vodě jsme stanovovaly K^+ a Li^+ metodou standardního přídatku.

Vyhodnocení bez přídatku K^+

měření	Retenční čas (s)	Plocha píku
1.	169,5	5,39071
2.	169,1	6,26551
3.	169,5	5,39991

Vyhodnocení s přídatkem K^+

měření	Retenční čas/s	Plocha píku
1.	169,1	8,68251
2.	169,7	9,7319
3.	169,6	8,7373

Výpočet obsahu K^+

1.

Vincentka celkem - 5,39071

Vincentka + K^+ - 8,68251

Přidáno $10 \mu l$ o $c = 3 \cdot 10^{-3} M$

$$m(K) = c \cdot V \cdot M = 3 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l} \cdot 10 \cdot 10^{-6} l \cdot 39,0983 \text{ g/mol} = 1,1729 \cdot 10^{-6} \text{ g/} 10 \mu l$$

$$\begin{array}{l} 5,39071 \dots \dots \dots X \text{ g } K^+ \\ (8,68251 - 5,39071) \dots \dots \dots 1,1729 \cdot 10^{-6} \text{ g} \end{array}$$

$$X_1 = \frac{5,39071 \cdot 1,1729 \cdot 10^{-6}}{8,68251 - 5,39071} = 1,9208 \cdot 10^{-6} \text{ g/} 10 \mu l$$

$$1,9208 \cdot 10^{-6} \cdot 10^5 = 1,9208 \cdot 10^{-1} = 0,19208 \text{ g/l} = \underline{\underline{192,08 \text{ mg/l}}}$$

2.

Vincentka celkem - 6,26551

Vincentka + K^+ - 9,7319

Přidáno $10 \mu l$ o $c = 3 \cdot 10^{-3} M$

$$\begin{array}{l} 6,26551 \dots \dots \dots X \text{ g } K^+ \\ (9,7319 - 6,26551) \dots \dots \dots 1,1729 \cdot 10^{-6} \text{ g} \end{array}$$

$$X_2 = \frac{6,26551 \cdot 1,1729 \cdot 10^{-6}}{9,7319 - 6,26551} = 2,1200 \cdot 10^{-6} \text{ g/} 10 \mu l$$

$$2,1200 \cdot 10^{-6} \cdot 10^5 = 2,1200 \cdot 10^{-1} = 0,212 \text{ g/l} = \underline{\underline{212,0 \text{ mg/l}}}$$

3.

Vincentka celkem - 5,39991

Vincentka + K^+ - 8,7373

Přidáno $10 \mu\text{l}$ o $c = 3 \cdot 10^{-3} \text{ M}$

5,39991.....X g K^+

(8,7373 - 5,39991)..... $1,1729 \cdot 10^{-6} \text{ g}$

$$X_3 = \frac{5,39991 \cdot 1,1729 \cdot 10^{-6}}{8,7373 - 5,39991} = \underline{\underline{1,8978 \cdot 10^{-6} \text{ g/}10\mu\text{l}}}$$

$$1,8978 \cdot 10^{-6} \cdot 10^5 = 1,8978 \cdot 10^{-1} = 0,18978 \text{ g/l} = \underline{\underline{189,78 \text{ mg/l}}}$$

$$\text{medián } x = 1,9208 \cdot 10^{-6}$$

$$\text{rozpětí } R = 2,1200 \cdot 10^{-6} - 1,8978 \cdot 10^{-6} = \underline{\underline{2,222 \cdot 10^{-7}}}$$

$$\text{interval spolehlivosti } L = Kn \cdot R = 1,3 \cdot 2,222 \cdot 10^{-7} = \underline{\underline{2,8886 \cdot 10^{-7}}}$$

$$2,8886 \cdot 10^{-7} \cdot 10^5 = 2,8886 \cdot 10^{-2} = 0,028886 \text{ g/l} = \underline{\underline{28,89 \text{ mg/l}}}$$

Vincentka obsahovala $192,08 \text{ mg/l} \pm 28,89 \text{ } K^+$.

Vyhodnocení bez přídavku $60 \mu\text{l } Li^+$

měření	Retenční čas (s)	Plocha píku
1.	235,1	6,4975
2.	234,3	6,024
3.	233,9	6,05515

Vyhodnocení s přídavkem $60 \mu\text{l } Li^+$

měření	Retenční čas (s)	Plocha píku
1.	234,5	8,89909
2.	234,4	7,59482
3.	234,3	8,10257

Výpočet skutečného množství Li^+

1.

Vincentka celkem - 6,4975

Vincentka + Li^+ - 8,89909

Přidáno $10 \mu\text{l}$ o $c = 3 \cdot 10^{-3} \text{ M}$

$$m = c \cdot V \cdot M(\text{Li}^+) = 3 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l} \cdot 10 \cdot 10^{-6} \text{ l} \cdot 6,941 \text{ g/mol} = \underline{2,0823 \cdot 10^{-7} \text{ g/10}\mu\text{l}}$$

$$\begin{array}{l} 6,49751 \dots\dots\dots X \text{ g Li}^+ \\ (8,89909 - 6,4975) \dots\dots\dots 2,0823 \cdot 10^{-7} \text{ g} \end{array}$$

$$X_1 = \frac{6,49751 \cdot 2,0823 \cdot 10^{-7}}{8,89909 - 6,4975} = \frac{5,6337 \cdot 10^{-7}}{60 \mu\text{l}} = \underline{\underline{9,3895 \text{ mg/l}}}$$

2.

Vincentka celkem - 6,024

Vincentka + Li^+ - 7,59482

Přidáno $10 \mu\text{l}$ o $c = 3 \cdot 10^{-3} \text{ M}$

$$\begin{array}{l} 6,024 \dots\dots\dots X \text{ g Li}^+ \\ (7,59482 - 6,024) \dots\dots\dots 2,0823 \cdot 10^{-7} \text{ g} \end{array}$$

$$X_2 = \frac{6,024 \cdot 2,0823 \cdot 10^{-7}}{7,59482 - 6,024} = \frac{7,9855 \cdot 10^{-7}}{60 \mu\text{l}} = \underline{\underline{13,31 \text{ mg/l}}}$$

3.

Vincentka celkem - 6,05515

Vincentka + Li^+ - 8,10257

Přidáno $10 \mu\text{l}$ o $c = 3 \cdot 10^{-3} \text{ M}$

$$\begin{array}{l} 6,05515 \dots\dots\dots X \text{ g Li}^+ \\ (8,10257 - 6,05515) \dots\dots\dots 2,0823 \cdot 10^{-7} \text{ g} \end{array}$$

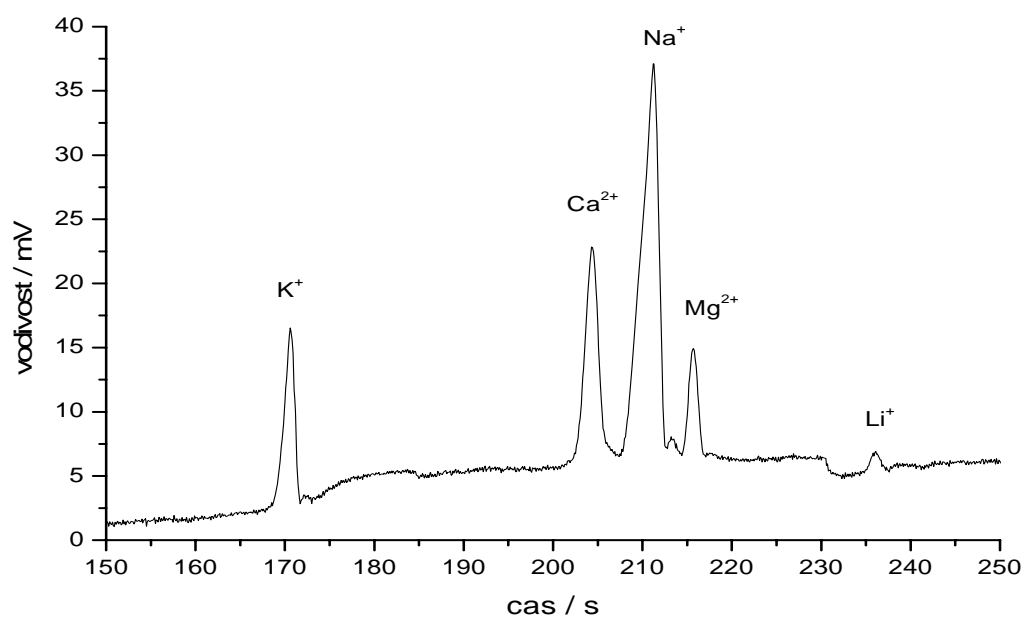
$$X_3 = \frac{6,05515 \cdot 2,0823 \cdot 10^{-7}}{8,10257 - 6,05515} = \frac{6,15831 \cdot 10^{-7}}{60 \mu\text{l}} = \underline{\underline{10,26 \text{ mg/l}}}$$

medián $x = 10,26$

rozpětí $R = 13,31 - 9,3895 = 3,9205$

interval spolehlivosti $L = Kn \cdot R = 1,3 \cdot 3,9205 = 5,097 = \underline{\underline{5,1}}$

Vincentka obsahovala $10,26 \text{ mg/l} \pm 5,1 \text{ Li}^+$.



*elektroferogram Vincentka – elektrolyt Mes/His pH=6,2; separační napětí 20kV,
proud 10 μ A, frekvence 200kHz*

Mattoni

V této minerální vodě jsme stanovovaly K^+ a Na^+ metodou standardního přídatku a Mg^{2+} metodou kalibrační křivky.

Vyhodnocení bez přídatku K^+

Měření	Retenční čas (s)	Plocha píku
1.	169	3,46137
2.	167,9	3,45803
3.	167,4	3,64047

Vyhodnocení s přídatkem K^+

měření	Retenční čas (s)	Plocha píku
1.	167,7	7,42124
2.	166,9	7,11603
3.	166,7	7,65635

Výpočet skutečného množství K^+

1.

Mattoni celkem - 3,46137

Mattoni + K^+ - 7,42124

Přidáno $10 \mu l$ o $c = 3 \cdot 10^{-3} M$

$$m = c \cdot V \cdot M(K^+) = 3 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l} \cdot 10 \cdot 10^{-6} \text{ l} \cdot 39,0983 \text{ g/mol} = \underline{1,1729 \cdot 10^{-6} \text{ g/10}\mu l}$$

$$\begin{aligned} 3,46137 \dots \dots \dots X \text{ gK}^+ \\ (7,42124 - 3,46137) \dots \dots \dots 1,1729 \cdot 10^{-6} \text{ g} \end{aligned}$$

$$X_1 = \frac{3,46137 \cdot 1,1729 \cdot 10^{-6}}{7,42124 - 3,46137} = \underline{1,0227 \cdot 10^{-6}}$$

$$1,0227 \cdot 10^{-6} \cdot 10^5 = 1,0227 \cdot 10^{-1} = 0,10227 \text{ g/l} = \underline{\underline{102,27 \text{ mg/l}}}$$

2.

Mattoni celkem - 3,45803

Mattoni + K^+ - 7,11603

Přidáno $10 \mu l$ o $c = 3 \cdot 10^{-3} M$

$$\begin{aligned} 3,45803 \dots \dots \dots X \text{ gK}^+ \\ (7,11603 - 3,45803) \dots \dots \dots 1,1729 \cdot 10^{-6} \text{ g} \end{aligned}$$

$$X_2 = \frac{3,45803 \cdot 1,1729 \cdot 10^{-6}}{7,11603 - 3,45803} = \underline{1,1088 \cdot 10^{-6}}$$

$$1,1088 \cdot 10^{-6} \cdot 10^5 = 1,1088 \cdot 10^{-1} = 0,11088 \text{ g/l} = \underline{\underline{110,88 \text{ mg/l}}}$$

3.

Mattoni celkem - 3,64047

Mattoni + K^+ - 7,65635

Přidáno $10 \mu\text{l}$ o $c = 3 \cdot 10^{-3} \text{ M}$

$$3,64047 \dots\dots\dots X \text{ gK}^+$$

$$(7,65635 - 3,64047) \dots\dots\dots 1,1729 \cdot 10^{-6} \text{ g}$$

$$X_3 = \frac{3,64047 \cdot 1,1729 \cdot 10^{-6}}{7,65635 - 3,64047} = \underline{\underline{1,0633 \cdot 10^{-6}}}$$

$$1,0633 \cdot 10^{-6} \cdot 10^5 = 1,0633 \cdot 10^{-1} = 0,10633 \text{ g/l} = \underline{\underline{106,33 \text{ mg/l}}}$$

medián $x = 106,33$

rozpětí $R = 110,88 - 102,27 = 8,61$

interval spolehlivosti $L = Kn \cdot R = 1,3 \cdot 8,61 = \underline{\underline{11,193 = 11,19}}$

Mattoni obsahovala $106,33 \text{ mg/l} \pm 11,19 \text{ K}^+$.

Vyhodnocení bez přídavku Na^+

měření	Retenční čas (s)	plocha
1.	209	6,52104
2.	207,5	6,78823
3.	207	6,95405

Vyhodnocení s přídavkem Na^+

měření	Retenční čas (s)	plocha
1.	206	11,2951
2.	205,4	11,93787
3.	204,8	11,82089

Výpočet skutečného množství Na^+

1.

Mattoni celkem - 6,52104

Mattoni + Na^+ - 11,2951

Přidáno $10 \mu\text{l}$ o $c = 3 \cdot 10^{-3} \text{ M}$

$$m = c \cdot V \cdot M(Na) = 3 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot 10^{-6} \cdot 22,989768 = \underline{\underline{6,8969 \cdot 10^{-7} \text{ g}}}$$

$$6,52104 \dots\dots\dots X \text{ g Na}^+$$

$$(11,2951 - 6,52104) \dots\dots\dots 6,8969 \cdot 10^{-7} \text{ g}$$

$$X_1 = \frac{6,52104 \cdot 6,8969 \cdot 10^{-7}}{11,2951 - 6,52104} = \underline{9,4207 \cdot 10^{-7}}$$

$$9,4207 \cdot 10^{-7} \cdot 10^5 = 9,4207 \cdot 10^{-2} = 0,094207 \text{ g/l} = \underline{\underline{94,207 \text{ mg/l}}}$$

2.

Mattoni celkem - 6,78823

Mattoni + Na^+ - 11,93787

Přidáno $10 \mu\text{l}$ o $c = 3 \cdot 10^{-3} \text{ M}$

6,78823.....X g Na^+

(11,93787-6,78823)..... $6,8969 \cdot 10^{-7}$ g

$$X_2 = \frac{6,78823 \cdot 6,8969 \cdot 10^{-7}}{11,93787 - 6,78823} = \underline{9,0915 \cdot 10^{-7}}$$

$$9,0915 \cdot 10^{-7} \cdot 10^5 = 9,0915 \cdot 10^{-2} = 0,090915 \text{ g/l} = \underline{\underline{90,915 \text{ mg/l}}}$$

3.

Mattoni celkem - 6,95405

Mattoni + Na^+ - 11,82089

Přidáno $10 \mu\text{l}$ o $c = 3 \cdot 10^{-3} \text{ M}$

6,95405.....X g Na^+

(11,82089-6,95405)..... $6,8969 \cdot 10^{-7}$ g

$$X_3 = \frac{6,95405 \cdot 6,8969 \cdot 10^{-7}}{11,82089 - 6,95405} = \underline{9,8547 \cdot 10^{-7}}$$

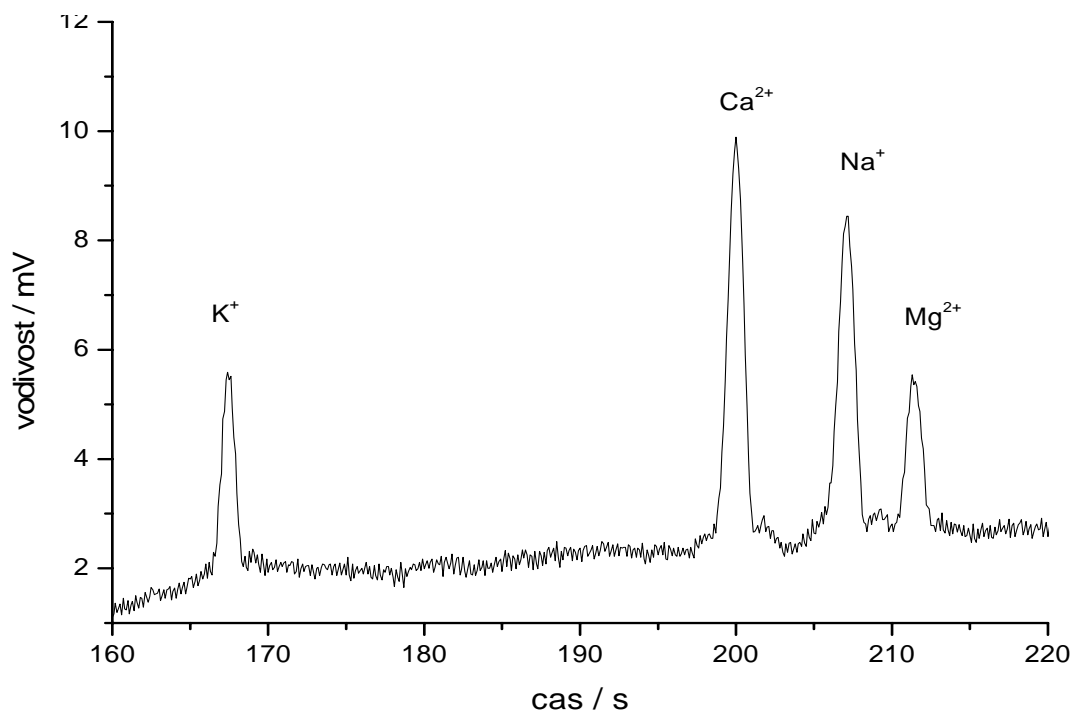
$$9,8547 \cdot 10^{-7} \cdot 10^5 = 9,8547 \cdot 10^{-2} = 0,098547 \text{ g/l} = \underline{\underline{98,547 \text{ mg/l}}}$$

medián $x = 94,207$

rozpětí $R = 98,547 - 90,915 = \underline{7,632}$

interval spolehlivosti $L = Kn \cdot R = 1,3 \cdot 3,21 = \underline{\underline{9,9216}}$

Mattoni obsahovala $94,207 \pm 9,9216 \text{ Na}^+$.



elektroferogram Mattoni – elektrolyt Mes/His pH=6,2; separační napětí 20kV, proud 10 μ A, frekvence 200kHz

Výpočty pro naředění roztoků + hmotnost Mg^{2+}

$$c = \frac{c_1 \cdot V_1 + c_2 \cdot V_2}{V_1 + V_2} = \frac{c_1 \cdot V_1}{25ml}$$

$$c_2 \cdot V_2 = H_2O$$

Zásobní roztok mol/l	Koncentrace ve vialce	Hmotnost Mg^{2+} /g	pipetáž
0,00028	10^{-6}	$6,8054 \cdot 10^{-8}$	$10 \mu l$
		$2,04 \cdot 10^{-7}$	$30 \cdot 10 \mu l$
0,002		$4,86 \cdot 10^{-7}$	$10 \mu l$
0,003	10^{-5}	$7,29 \cdot 10^{-7}$	$10 \mu l$
		$1,46 \cdot 10^{-6}$	$20 \cdot 10 \mu l$
		$2,92 \cdot 10^{-6}$	$40 \cdot 10 \mu l$
0,03	10^{-4}	$7,29 \cdot 10^{-6}$	$10 \mu l$

$$0,00028 mol/l = \frac{V_1 ml \cdot 0,1 mol/l}{25 ml} \Rightarrow V_1 = \frac{0,00028 mol/l \cdot 25 ml}{0,1 mol/l} = \underline{\underline{0,07 ml}}$$

$$0,002 mol/l = \frac{V_1 ml \cdot 0,1 mol/l}{25 ml} \Rightarrow V_1 = \frac{0,002 mol/l \cdot 25 ml}{0,1 mol/l} = \underline{\underline{0,5 ml}}$$

$$0,003 mol/l = \frac{V_1 ml \cdot 0,1 mol/l}{25 ml} \Rightarrow V_1 = \frac{0,003 mol/l \cdot 25 ml}{0,1 mol/l} = \underline{\underline{0,75 ml}}$$

$$0,03 \text{ mol/l} = \frac{V_1 \text{ ml} \cdot 0,1 \text{ mol/l}}{25 \text{ ml}} \Rightarrow V_1 = \frac{0,03 \text{ mol/l} \cdot 25 \text{ ml}}{0,1 \text{ mol/l}} = \underline{\underline{7,5 \text{ ml}}}$$

Příklad výpočtu hmotnosti Mg^{2+}

$$m(\text{Mg}^{2+}) = c \cdot V \cdot M(\text{Mg}) = 0,00028 \text{ mol/l} \cdot 10 \cdot 10^{-6} \text{ l} \cdot 24,305 \text{ g/mol} = \underline{\underline{6,8054 \cdot 10^{-8} \text{ g}}}$$

$$m(\text{Mg}^{2+}) = c \cdot V \cdot M(\text{Mg}) = 0,002 \text{ mol/l} \cdot 10 \cdot 10^{-6} \text{ l} \cdot 24,305 \text{ g/mol} = \underline{\underline{4,86 \cdot 10^{-7} \text{ g}}}$$

$$m(\text{Mg}^{2+}) = c \cdot V \cdot M(\text{Mg}) = 0,003 \text{ mol/l} \cdot 20 \cdot 10^{-6} \text{ l} \cdot 24,305 \text{ g/mol} = \underline{\underline{1,46 \cdot 10^{-6} \text{ g}}}$$

měření	Retenční čas (s)	Plocha píku
1.	199,5	2,36455
2.	199,0	1,7826
3.	199,2	2,26994

$$Y = 7 \cdot 10^6 X + 0,7264$$

$$X = \frac{Y - 0,7264}{7 \cdot 10^6}$$

$$X_1 = \frac{2,36455 - 0,7264}{7 \cdot 10^6} = \underline{\underline{2,3402 \cdot 10^{-7}}}$$

$$X_2 = \frac{1,7826 - 0,7264}{7 \cdot 10^6} = \underline{\underline{1,5089 \cdot 10^{-7}}}$$

$$X_3 = \frac{2,26994 - 0,7264}{7 \cdot 10^6} = \underline{\underline{2,2051 \cdot 10^{-7}}}$$

medián $x = 2,2051 \cdot 10^{-7}$

rozpětí $R = 2,3402 \cdot 10^{-7} - 1,5089 \cdot 10^{-7} = \underline{\underline{8,313 \cdot 10^{-8}}}$

interval spolehlivosti $L = Kn \cdot R = 1,3 \cdot 8,313 \cdot 10^{-8} = 1,08069 \cdot 10^{-7} = \underline{\underline{1,081 \cdot 10^{-7}}}$

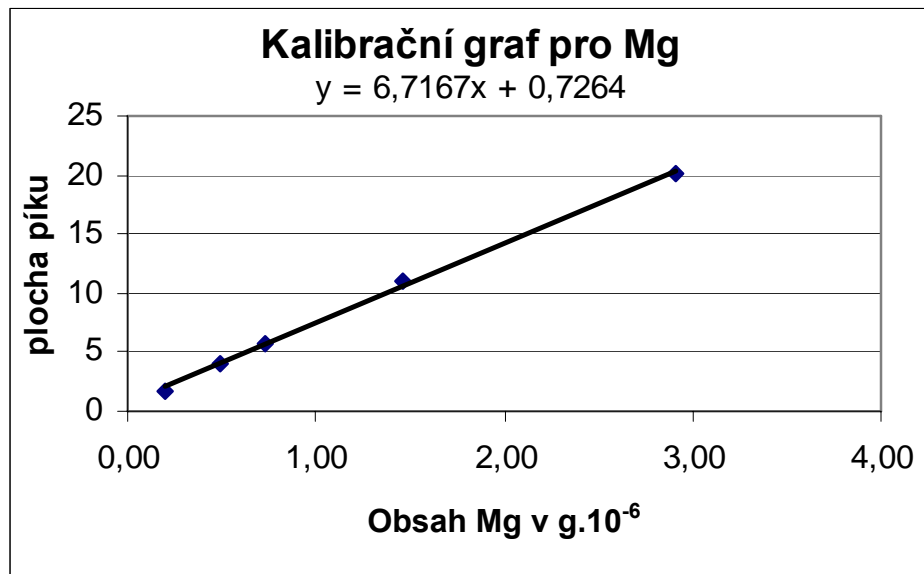
$$2,2051 \cdot 10^{-7} \cdot 10^5 = 2,2051 \cdot 10^{-2} = 0,022051 \text{ g/l} = 22,051 \text{ mg/l} = \underline{\underline{22,1 \text{ mg/l}}}$$

$$1,081 \cdot 10^{-7} \cdot 10^5 = 1,081 \cdot 10^{-2} = 0,01081 \text{ g/l} = \underline{\underline{10,81 \text{ mg/l}}}$$

Mattoni obsahovala $22,1 \pm 10,81 \text{ mg/l } \text{Mg}^{2+}$.

Vyhodnocení Mg^{2+} kalibrační křivkou

osa Y (plocha píku)	osa X (obsah Mg v g)
1,62423	$2,04 \cdot 10^{-7}$
4,02825	$4,86 \cdot 10^{-7}$
5,78754	$7,29 \cdot 10^{-7}$
11,08753	$1,46 \cdot 10^{-6}$
20,02187	$2,92 \cdot 10^{-6}$



Magnesia

V této minerální vodě jsme stanovovaly K^+ a Na^+ metodou standardního přídatku a Mg^{2+} metodou kalibrační křivky.

Vyhodnocení bez přídatku K^+

K^+	Retenční čas / s	Plocha píku
1.	170,4	6,13594
2.	169,9	6,06452
3.	170,2	5,76889

Vyhodnocení s přídatkem K^+

K^+	Retenční čas / s	Plocha píku
1.	170,9	15,4034
2.	170,7	15,98133
3.	170,7	15,38148

Výpočet skutečného množství K^+

1.

Magnesia celkem - 6,13594

Magnesia + K^+ - 15,4034

Přidáno $10 \mu l$ o $c = 3 \cdot 10^{-3} M$

$$m = c \cdot V \cdot M(K^+) = 3 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot 10^{-6} \cdot 39,0983 = \underline{1,1729 \cdot 10^{-6} g / 10 \mu l}$$

6,13594.....X g K^+

(15,4034-6,13594)..... $1,1729 \cdot 10^{-6} g$

$$X_1 = \frac{6,13594 \cdot 1,1729 \cdot 10^{-6}}{15,4034 - 6,13594} = \underline{7,77 \cdot 10^{-7} g / 10 \mu l}$$

$$7,77 \cdot 10^{-7} \cdot 10^5 = 7,77 \cdot 10^{-2} = \underline{0,0777 g / l = 77,7 mg / l}$$

2.

Magnesia celkem - 6,06452

Magnesia + K^+ - 15,98133

6,06452.....X g K^+

(15,98133-6,06452)..... $1,1729 \cdot 10^{-6} g$

$$X_2 = \frac{6,06452 \cdot 1,1729 \cdot 10^{-6}}{15,98133 - 6,06452} = \underline{7,17 \cdot 10^{-7} g / 10 \mu l}$$

$$7,17 \cdot 10^{-7} \cdot 10^5 = 7,17 \cdot 10^{-2} = \underline{\underline{71,7 \text{ mg/l}}}$$

3.

Magnesia celkem - 5,76889
 Magnesia + K^+ - 15,38148

$$\begin{aligned} &5,76889 \dots\dots\dots X \text{ g } K^+ \\ (15,38148 - 5,76889) \dots\dots\dots &1,1729 \cdot 10^{-6} \text{ g} \end{aligned}$$

$$X_3 = \frac{5,76889 \cdot 1,1729 \cdot 10^{-6}}{15,38148 - 5,76889} = \underline{\underline{7,04 \cdot 10^{-7} \text{ g/10}\mu\text{l}}}$$

$$7,04 \cdot 10^{-7} \cdot 10^5 = 7,04 \cdot 10^{-2} = 0,0704 \text{ g/l} = \underline{\underline{70,4 \text{ mg/l}}}$$

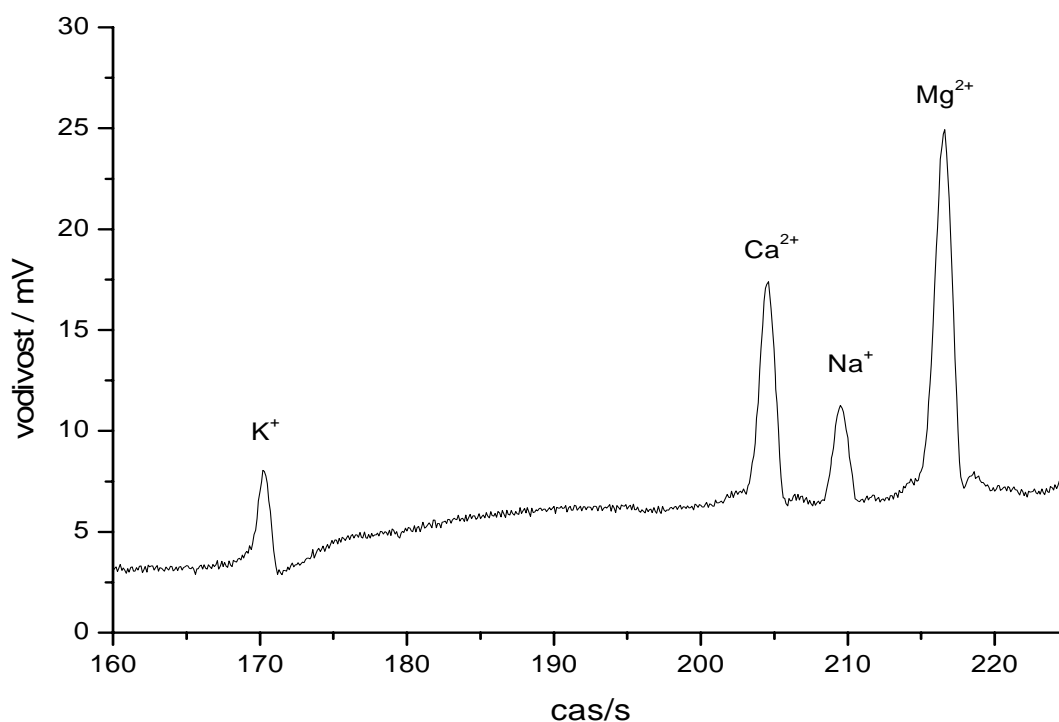
medián $x = 7,17 \cdot 10^{-7}$

rozpětí $R = 7,77 \cdot 10^{-7} - 7,04 \cdot 10^{-7} = \underline{\underline{7,3 \cdot 10^{-8}}}$

interval spolehlivosti $L = Kn \cdot R = 1,3 \cdot 7,3 \cdot 10^{-8} = \underline{\underline{9,49 \cdot 10^{-8}}}$

$$9,49 \cdot 10^{-8} \cdot 10^5 = 9,49 \cdot 10^{-3} = 0,00949 \text{ g/l} = \underline{\underline{9,49 \text{ mg/l}}}$$

Magnesia obsahovala $71,7 \pm 9,49 \text{ mg/l } K^+$.



elektroferogram Magnesia – elektrolyt Mes/His pH=6,2; separační napětí 20kV, proud 10 μ A, frekvence 200kHz

Výpočty pro naředění roztoků + hmotnost Mg^{2+}

$$c = \frac{c_1 \cdot V_1 + c_2 \cdot V_2}{V_1 + V_2} = \frac{c_1 \cdot V_1}{25ml}$$

$$c_2 \cdot V_2 = H_2O$$

Zásobní roztok mol/l	Koncentrace ve vialce	Hmotnost Mg^{2+} /g	pipetáž
0,00028	10^{-6}	$6,8054 \cdot 10^{-8}$	$10 \mu l$
		$2,04 \cdot 10^{-7}$	$30 \cdot 10 \mu l$
0,002		$4,86 \cdot 10^{-7}$	$10 \mu l$
0,003	10^{-5}	$7,29 \cdot 10^{-7}$	$10 \mu l$
		$1,46 \cdot 10^{-6}$	$20 \cdot 10 \mu l$
		$2,92 \cdot 10^{-6}$	$40 \cdot 10 \mu l$
0,03	10^{-4}	$7,29 \cdot 10^{-6}$	$10 \mu l$

$$0,00028 mol/l = \frac{V_1 ml \cdot 0,1 mol/l}{25 ml} \Rightarrow V_1 = \frac{0,00028 mol/l \cdot 25 ml}{0,1 mol/l} = \underline{\underline{0,07 ml}}$$

$$0,002 mol/l = \frac{V_1 ml \cdot 0,1 mol/l}{25 ml} \Rightarrow V_1 = \frac{0,002 mol/l \cdot 25 ml}{0,1 mol/l} = \underline{\underline{0,5 ml}}$$

$$0,003 mol/l = \frac{V_1 ml \cdot 0,1 mol/l}{25 ml} \Rightarrow V_1 = \frac{0,003 mol/l \cdot 25 ml}{0,1 mol/l} = \underline{\underline{0,75 ml}}$$

$$0,03 mol/l = \frac{V_1 ml \cdot 0,1 mol/l}{25 ml} \Rightarrow V_1 = \frac{0,03 mol/l \cdot 25 ml}{0,1 mol/l} = \underline{\underline{7,5 ml}}$$

Příklad výpočtu hmotnosti Mg^{2+}

$$m(Mg^{2+}) = c \cdot V \cdot M(Mg) = 0,00028 mol/l \cdot 10 \cdot 10^{-6} l \cdot 24,305 g/mol = \underline{\underline{6,8054 \cdot 10^{-8} g}}$$

$$m(Mg^{2+}) = c \cdot V \cdot M(Mg) = 0,002 mol/l \cdot 10 \cdot 10^{-6} l \cdot 24,305 g/mol = \underline{\underline{4,86 \cdot 10^{-7} g}}$$

$$m(Mg^{2+}) = c \cdot V \cdot M(Mg) = 0,003 mol/l \cdot 20 \cdot 10^{-6} l \cdot 24,305 g/mol = \underline{\underline{1,46 \cdot 10^{-6} g}}$$

Vyhodnocení Mg^{2+} kalibrační křivkou

Mg^{2+}	Retenční čas / s	Plocha píku
1.	210,6	18,74444
2.	209,8	13,78618
3.	210,2	14,85707

$$y = 1 \cdot 10^7 x - 0,5459$$

$$x = \frac{y + 0,5459}{1 \cdot 10^7}$$

$$x_1 = \frac{18,74444 + 0,5459}{1 \cdot 10^7} = \underline{1,93 \cdot 10^{-6} \text{ g} / 10 \mu\text{l}}$$

$$x_2 = \frac{13,78618 + 0,5459}{1 \cdot 10^7} = \underline{1,43 \cdot 10^{-6} \text{ g} / 10 \mu\text{l}}$$

$$x_3 = \frac{14,85707 + 0,5459}{1 \cdot 10^7} = \underline{1,54 \cdot 10^{-6} \text{ g} / 10 \mu\text{l}}$$

medián $x = 1,54 \cdot 10^{-6}$

rozpětí $R = 1,93 \cdot 10^{-6} - 1,54 \cdot 10^{-6} = \underline{3,9 \cdot 10^{-7}}$

interval spolehlivosti $L = Kn \cdot R = 1,3 \cdot 3,9 \cdot 10^{-7} = \underline{5,07 \cdot 10^{-7}}$

$$1,54 \cdot 10^{-6} \cdot 10^5 = 1,54 \cdot 10^{-1} = 0,154 \text{ g} / \text{l} = \underline{154 \text{ mg} / \text{l}}$$

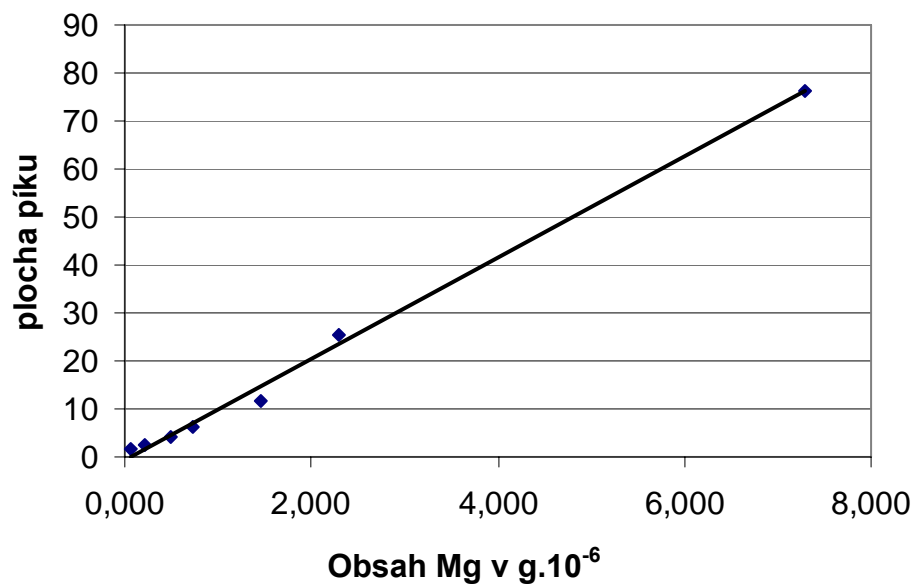
$$5,07 \cdot 10^{-7} \cdot 10^5 = 5,07 \cdot 10^{-2} = 0,0507 \text{ g} / \text{l} = \underline{\underline{50,7 \text{ mg} / \text{l}}}$$

Magnesia obsahovala $154 \pm 50,7 \text{ mg} / \text{l} \text{ Mg}^{2+}$.

osa y (plocha píku)	osa x (obsah Mg v g)
1,464	6,81E-08
2,63666	2,04E-07
4,24483	4,86E-07
6,36795	7,29E-07
11,54767	1,46E-06
25,43409	2,29E-06
76,247605	7,29E-06

Kalibrační graf pro Mg

$$y = 10,518x - 0,5459$$



Radenska

V této minerální vodě jsme stanovovaly K^+ a Na^+ metodou standardního přídatku a Mg^{2+} s Ca^{2+} metodou kalibrační křivky.

Vyhodnocení bez přídatku K^+

K^+	Retenční čas / s	Plocha píku
1.	164,0	3,36715
2.	163,8	3,49493
3.	164,0	3,97143

Vyhodnocení s přídatkem K^+

K^+	Retenční čas / s	Plocha píku
1.	164,5	7,19231
2.	164,5	7,17327
3.	164,9	7,55544

Výpočet skutečného množství K^+

1.

Redenska celkem - 3,36715
Radenska + K^+ - 7,19231
Přidáno $10\mu l$ o $c = 3 \cdot 10^{-3} M$

$$m(K) = c \cdot V \cdot M = 3 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot 10^{-6} \cdot 39,0983 = 1,173 \cdot 10^{-6} g$$

3,36715.....X g K^+
(7,19231-3,36715)..... $1,173 \cdot 10^{-6}$

$$X_1 = \frac{3,36715 \cdot 1,173 \cdot 10^{-6}}{7,19231 - 3,36715} = \frac{1,03 \cdot 10^{-6} g}{10\mu l}$$

$$1,03 \cdot 10^{-6} \cdot 10^5 = 1,03 \cdot 10^{-1} = 0,103 g/l = \underline{\underline{103 mg/l}}$$

2.

Redenska celkem - 3,49493
Radenska + K^+ - 7,17327
Přidáno $10\mu l$ o $c = 3 \cdot 10^{-3} M$

3,49493.....X g K^+

$$7,17327 - 3,49493 \dots \dots \dots 1,173 \cdot 10^{-6}$$

$$X_2 = \frac{3,49493 \cdot 1,173 \cdot 10^{-6}}{7,17327 - 3,49493} = \underline{1,11 \cdot 10^{-6} \text{ g} / 10 \mu\text{l}}$$

$$1,11 \cdot 10^{-6} \cdot 10^5 = 1,11 \cdot 10^{-1} = 0,111 \text{ g} / \text{l} = \underline{\underline{111,0 \text{ mg} / \text{l}}}$$

3.

Radenska celkem - 3,97143

Radenska + K^+ - 7,55544

Přidáno $10 \mu\text{l}$ o $c = 3 \cdot 10^{-3} \text{ M}$

$$3,97143 \dots \dots \dots X \text{ g } K^+$$

$$7,55544 - 3,97143 \dots \dots \dots 1,173 \cdot 10^{-6}$$

$$X_3 = \frac{3,97143 \cdot 1,173 \cdot 10^{-6}}{7,55544 - 3,97143} = \underline{1,3 \cdot 10^{-6} \text{ g} / 10 \mu\text{l}}$$

$$1,3 \cdot 10^{-6} \cdot 10^5 = 1,3 \cdot 10^{-1} = 0,13 \text{ g} / \text{l} = \underline{\underline{130 \text{ mg} / \text{l}}}$$

medián $x = 1,11 \cdot 10^{-6}$

rozpětí $R = 1,3 \cdot 10^{-6} - 1,03 \cdot 10^{-6} = \underline{2,7 \cdot 10^{-7}}$

interval spolehlivosti $L = Kn \cdot R = 1,3 \cdot 2,7 \cdot 10^{-7} = \underline{3,51 \cdot 10^{-7}}$

$$3,51 \cdot 10^{-7} \cdot 10^5 = 3,51 \cdot 10^{-2} = 0,0351 \text{ g} / \text{l} = \underline{\underline{35,1 \text{ mg} / \text{l}}}$$

Radenska obsahovala $111 \pm 35,1 \text{ mg} / \text{l } K^+$.

Vyhodnocení bez přídavku Na^+

Na^+	Retenční čas / s	Plocha píku
1.	214,8	29,64438
2.	215,2	30,3497
3.	215,2	30,52259

Vyhodnocení s přídavkem Na^+

Na^+	Retenční čas / s	Plocha píku
1.	216,5	36,40435
2.	216,3	36,89375
3.	216,6	36,72465

Výpočet skutečného množství Na^+

1.

Radenska celkem - 29,64438

Radenska + Na^+ - 36,40435

Přidáno $10\mu l$ o $c = 3 \cdot 10^{-3} M$

$$m(Na) = c \cdot V \cdot M = 3 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot 10^{-6} \cdot 22,989768 = \underline{6,8969 \cdot 10^{-7} g}$$

29,64438.....X g Na^+

36,40435-29,64438..... $6,8969 \cdot 10^{-7}$

$$X_1 = \frac{29,64438 \cdot 6,8969 \cdot 10^{-7}}{36,40435 - 29,64438} = \underline{3,02 \cdot 10^{-6} g / 10\mu l}$$

$$3,02 \cdot 10^{-6} \cdot 10^5 = 3,02 \cdot 10^{-1} = 0,302 g / l = \underline{\underline{302,0 mg / l}}$$

2.

Radenska celkem - 30,3497

Radenska + Na^+ - 36,89375

Přidáno $10\mu l$ o $c = 3 \cdot 10^{-3} M$

30,3497.....X g Na^+

36,89375-30,3497..... $6,8969 \cdot 10^{-7}$

$$X_2 = \frac{30,3497 \cdot 6,8969 \cdot 10^{-7}}{36,89375 - 30,3497} = \underline{3,199 \cdot 10^{-6} g / 10\mu l}$$

$$3,199 \cdot 10^{-6} \cdot 10^5 = 3,199 \cdot 10^{-1} = 0,3199 g / l = \underline{\underline{319,9 mg / l}}$$

3.

Radenska celkem - 30,52259

Radenska + Na^+ - 36,72465

Přidáno $10\mu l$ o $c = 3 \cdot 10^{-3} M$

30,52259.....X g Na^+

36,72465-30,52259..... $6,8969 \cdot 10^{-7}$

$$X_3 = \frac{30,52259 \cdot 6,8969 \cdot 10^{-7}}{36,72465 - 30,52259} = \underline{3,39 \cdot 10^{-6} g / 10\mu l}$$

$$3,39 \cdot 10^{-6} \cdot 10^5 = 3,39 \cdot 10^{-1} = 0,339 \text{ g/l} = \underline{\underline{339 \text{ mg/l}}}$$

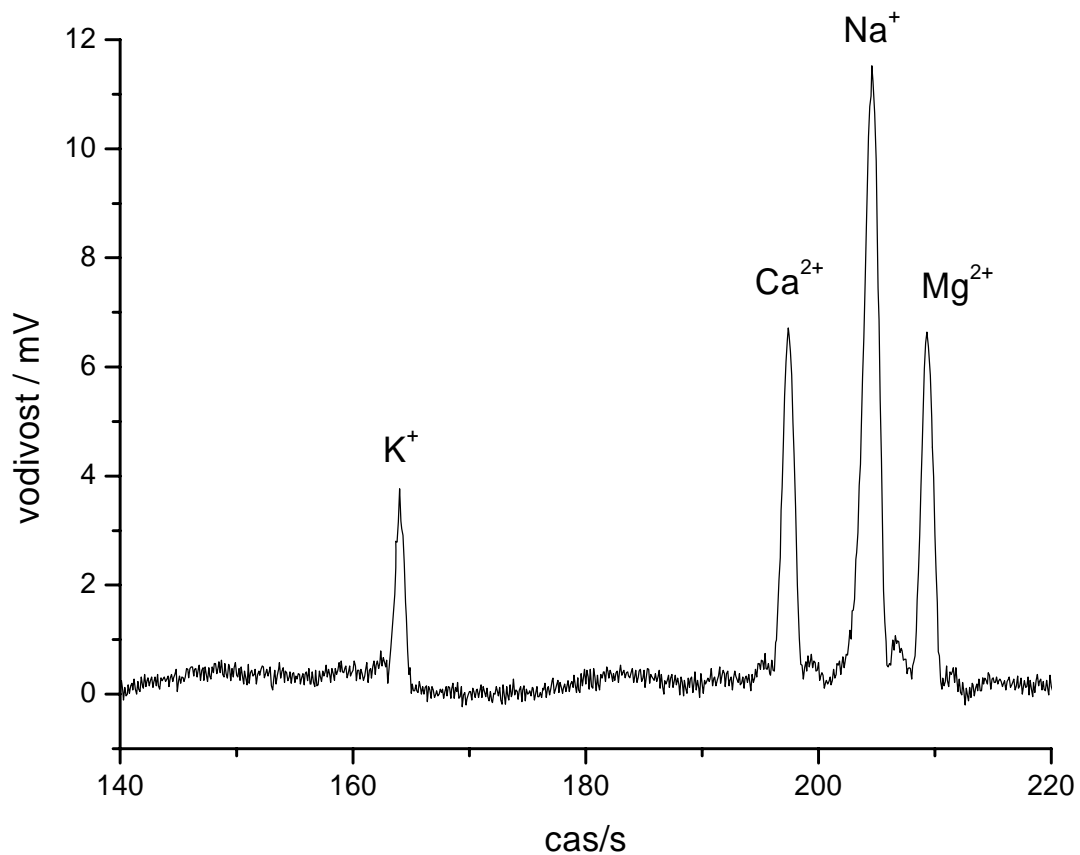
$$\text{medián } x = 3,2 \cdot 10^{-6}$$

$$\text{rozpětí } R = 3,39 \cdot 10^{-6} - 3,02 \cdot 10^{-6} = \underline{3,7 \cdot 10^{-7}}$$

$$\text{interval spolehlivosti } L = Kn \cdot R = 1,3 \cdot 3,7 \cdot 10^{-7} = \underline{4,81 \cdot 10^{-7}}$$

$$4,81 \cdot 10^{-7} \cdot 10^5 = 4,81 \cdot 10^{-2} = 0,0481 \text{ g/l} = \underline{\underline{48,1 \text{ mg/l}}}$$

Radenska obsahovala $320 \pm 48,1 \text{ mg/l Na}^+$.



elektroferogram Radenska – elektrolyt Mes/His pH=6,2; separační napětí 20kV, proud 10 μ A, frekvence 200kHz

Výpočty pro naředění roztoků + hmotnost Mg^{2+}

$$c = \frac{c_1 \cdot V_1 + c_2 \cdot V_2}{V_1 + V_2} = \frac{c_1 \cdot V_1}{25ml} \qquad c_2 \cdot V_2 = H_2O$$

Zásobní roztok mol/l	Koncentrace ve vialce	Hmotnost Mg^{2+} /g	pipetáž
0,00028	10^{-6}	$6,8054 \cdot 10^{-8}$	$10 \mu l$
		$2,04 \cdot 10^{-7}$	$30 \cdot 10 \mu l$
0,002		$4,86 \cdot 10^{-7}$	$10 \mu l$
0,003	10^{-5}	$7,29 \cdot 10^{-7}$	$10 \mu l$
		$1,46 \cdot 10^{-6}$	$20 \cdot 10 \mu l$
		$2,92 \cdot 10^{-6}$	$40 \cdot 10 \mu l$
0,03	10^{-4}	$7,29 \cdot 10^{-6}$	$10 \mu l$

$$0,00028 mol/l = \frac{V_1 ml \cdot 0,1 mol/l}{25ml} \Rightarrow V_1 = \frac{0,00028 mol/l \cdot 25ml}{0,1 mol/l} = \underline{\underline{0,07ml}}$$

$$0,002 mol/l = \frac{V_1 ml \cdot 0,1 mol/l}{25ml} \Rightarrow V_1 = \frac{0,002 mol/l \cdot 25ml}{0,1 mol/l} = \underline{\underline{0,5ml}}$$

$$0,003 mol/l = \frac{V_1 ml \cdot 0,1 mol/l}{25ml} \Rightarrow V_1 = \frac{0,003 mol/l \cdot 25ml}{0,1 mol/l} = \underline{\underline{0,75ml}}$$

$$0,03 mol/l = \frac{V_1 ml \cdot 0,1 mol/l}{25ml} \Rightarrow V_1 = \frac{0,03 mol/l \cdot 25ml}{0,1 mol/l} = \underline{\underline{7,5ml}}$$

Příklad výpočtu hmotnosti Mg^{2+}

$$m(Mg^{2+}) = c \cdot V \cdot M(Mg) = 0,00028 mol/l \cdot 10 \cdot 10^{-6} l \cdot 24,305 g/mol = \underline{\underline{6,8054 \cdot 10^{-8} g}}$$

$$m(Mg^{2+}) = c \cdot V \cdot M(Mg) = 0,002 mol/l \cdot 10 \cdot 10^{-6} l \cdot 24,305 g/mol = \underline{\underline{4,86 \cdot 10^{-7} g}}$$

$$m(Mg^{2+}) = c \cdot V \cdot M(Mg) = 0,003 mol/l \cdot 20 \cdot 10^{-6} l \cdot 24,305 g/mol = \underline{\underline{1,46 \cdot 10^{-6} g}}$$

Vyhodnocení Mg^{2+} kalibrační křivkou

Mg^{2+}	Retenční čas / s	Plocha píku
1.	206,4	12,26352
2.	205,7	9,69669
3.	205,7	9,59029

$$y = 1 \cdot 10^7 x - 0,5459$$

$$x = \frac{y + 0,5459}{1 \cdot 10^7}$$

$$x_1 = \frac{12,26352 + 0,5459}{1 \cdot 10^7} = \underline{1,28 \cdot 10^{-6}}$$

$$x_2 = \frac{9,69669 + 0,5459}{1 \cdot 10^7} = \underline{1,02 \cdot 10^{-6}}$$

$$x_3 = \frac{9,59029 + 0,5459}{1 \cdot 10^7} = \underline{1,01 \cdot 10^{-6}}$$

medián $x = 1,02 \cdot 10^{-6}$

rozpětí $R = 1,28 \cdot 10^{-6} - 1,01 \cdot 10^{-6} = \underline{2,7 \cdot 10^{-7}}$

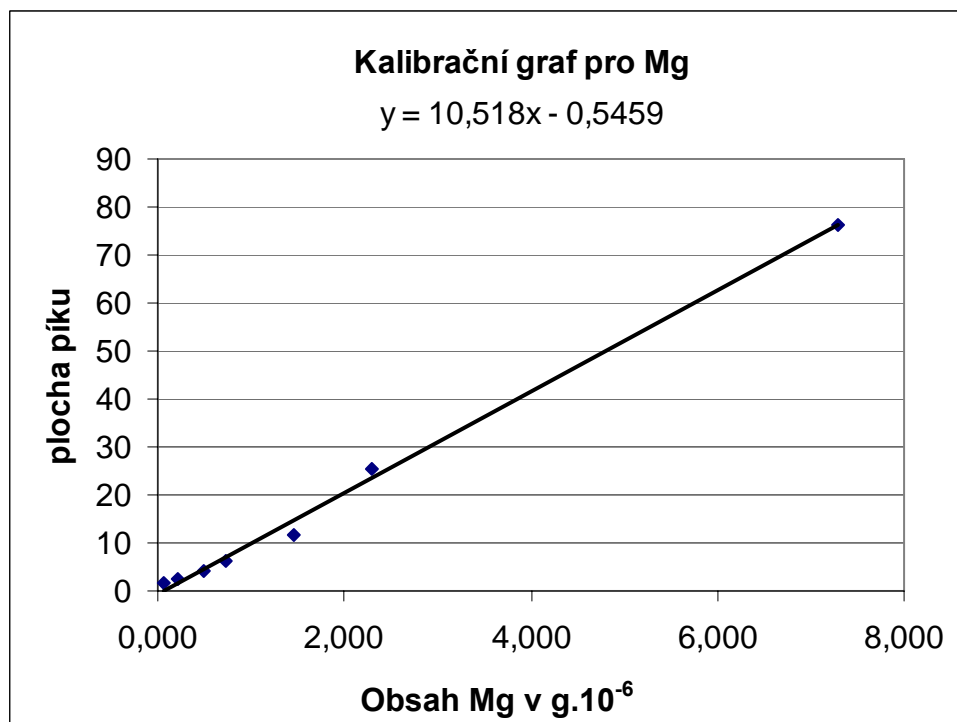
interval spolehlivosti $L = Kn \cdot R = 1,3 \cdot 2,7 \cdot 10^{-7} = \underline{3,51 \cdot 10^{-7}}$

$1,02 \cdot 10^{-6} \cdot 10^5 = 1,02 \cdot 10^{-1} = 0,102 \text{ g/l} = \underline{102 \text{ mg/l}}$

$3,51 \cdot 10^{-7} \cdot 10^5 = 3,51 \cdot 10^{-2} = 0,0351 \text{ g/l} = \underline{35,1 \text{ mg/l}}$

Radenska obsahovala $102 \pm 35,1 \text{ mg/l Mg}^{2+}$.

osa y (plocha píku)	osa x (obsah Mg v g)
1,464	6,81E-08
2,63666	2,04E-07
4,24483	4,86E-07
6,36795	7,29E-07
11,54767	1,46E-06
25,43409	2,29E-06
76,247605	7,29E-06



Výpočty pro naředění roztoků + hmotnost Ca^{2+}

$$c = \frac{c_1 \cdot V_1 + c_2 \cdot V_2}{V_1 + V_2} = \frac{c_1 \cdot V_1}{25\text{ml}} \qquad c_2 \cdot V_2 = H_2O$$

Zásobní roztok mol/l	Koncentrace ve vialce	Hmotnost Ca^{2+} /g	pipetáž
0,00028	10^{-6}	$1,12 \cdot 10^{-7}$	$10 \mu\text{l}$
		$3,37 \cdot 10^{-7}$	$30 \cdot 10 \mu\text{l}$
0,002		$8 \cdot 10^{-7}$	$10 \mu\text{l}$
0,003	10^{-5}	$12,02 \cdot 10^{-7}$	$10 \mu\text{l}$
		$2,4 \cdot 10^{-6}$	$20 \cdot 10 \mu\text{l}$
		$4,8 \cdot 10^{-6}$	$40 \cdot 10 \mu\text{l}$
0,03	10^{-4}	$1,2 \cdot 10^{-5}$	$10 \mu\text{l}$

$$0,00028\text{mol/l} = \frac{V_1\text{ml} \cdot 0,1\text{mol/l}}{25\text{ml}} \Rightarrow V_1 = \frac{0,00028\text{mol/l} \cdot 25\text{ml}}{0,1\text{mol/l}} = \underline{\underline{0,07\text{ml}}}$$

$$0,002\text{mol/l} = \frac{V_1\text{ml} \cdot 0,1\text{mol/l}}{25\text{ml}} \Rightarrow V_1 = \frac{0,002\text{mol/l} \cdot 25\text{ml}}{0,1\text{mol/l}} = \underline{\underline{0,5\text{ml}}}$$

$$0,003\text{mol/l} = \frac{V_1\text{ml} \cdot 0,1\text{mol/l}}{25\text{ml}} \Rightarrow V_1 = \frac{0,003\text{mol/l} \cdot 25\text{ml}}{0,1\text{mol/l}} = \underline{\underline{0,75\text{ml}}}$$

$$0,03\text{mol/l} = \frac{V_1\text{ml} \cdot 0,1\text{mol/l}}{25\text{ml}} \Rightarrow V_1 = \frac{0,03\text{mol/l} \cdot 25\text{ml}}{0,1\text{mol/l}} = \underline{\underline{7,5\text{ml}}}$$

Příklad výpočtů hmotnosti Ca^{2+}

$$m(\text{Ca}^{2+}) = c \cdot V \cdot M(\text{Ca}) = 0,00028\text{mol/l} \cdot 10 \cdot 10^{-6}\text{l} \cdot 40,078\text{g/mol} = \underline{\underline{1,12 \cdot 10^{-7}\text{g}}}$$

$$m(\text{Ca}^{2+}) = c \cdot V \cdot M(\text{Ca}) = 0,002\text{mol/l} \cdot 10 \cdot 10^{-6}\text{l} \cdot 40,078\text{g/mol} = \underline{\underline{8 \cdot 10^{-7}\text{g}}}$$

$$m(\text{Ca}^{2+}) = c \cdot V \cdot M(\text{Ca}) = 0,003\text{mol/l} \cdot 20 \cdot 10^{-6}\text{l} \cdot 40,078\text{g/mol} = \underline{\underline{2,4 \cdot 10^{-6}\text{g}}}$$

Vyhodnocení Ca^{2+} kalibrační křivkou

Ca^{2+}	Retenční čas / s	Plocha píku
1.	195,3	17,63896
2.	194,7	14,16093
3.	194,7	13,72109

$$y = 6 \cdot 10^6 x + 2,247$$

$$x = \frac{y - 2,247}{6 \cdot 10^6}$$

$$x_1 = \frac{17,63896 - 2,247}{6 \cdot 10^6} = \underline{2,57 \cdot 10^{-6} \text{ g} / 10 \mu\text{l}}$$

$$x_2 = \frac{14,16093 - 2,247}{6 \cdot 10^6} = \underline{1,99 \cdot 10^{-6} \text{ g} / 10 \mu\text{l}}$$

$$x_3 = \frac{13,72109 - 2,247}{6 \cdot 10^6} = \underline{1,91 \cdot 10^{-6} \text{ g} / 10 \mu\text{l}}$$

medián $x = 1,99 \cdot 10^{-6}$

rozpětí $R = 2,57 \cdot 10^{-6} - 1,91 \cdot 10^{-6} = \underline{6,6 \cdot 10^{-7}}$

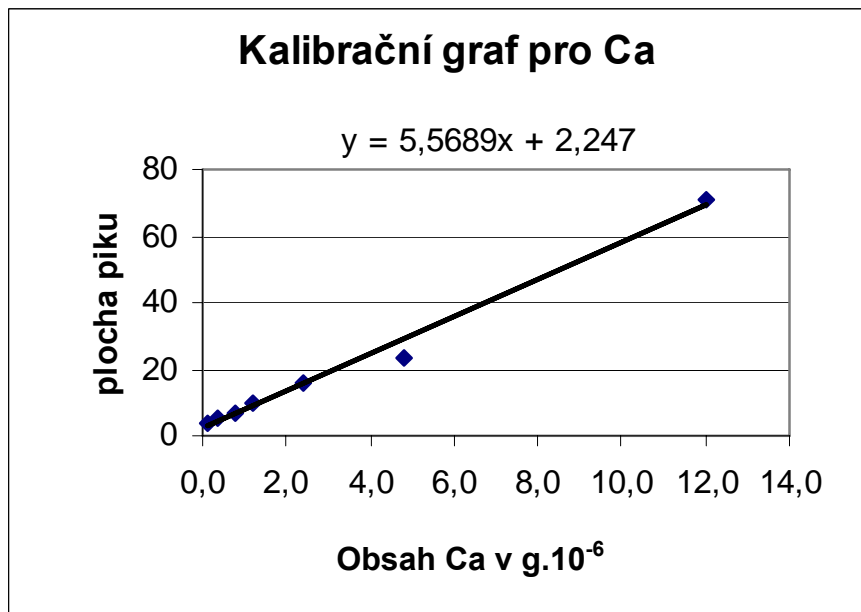
interval spolehlivosti $L = Kn \cdot R = 1,3 \cdot 6,6 \cdot 10^{-7} = \underline{8,58 \cdot 10^{-7}}$

$1,99 \cdot 10^{-6} \cdot 10^5 = 1,99 \cdot 10^{-1} = 0,199 \text{ g} / \text{l} = \underline{\underline{199 \text{ mg} / \text{l}}}$

$8,58 \cdot 10^{-7} \cdot 10^5 = 8,58 \cdot 10^{-2} = 0,0858 \text{ g} / \text{l} = \underline{\underline{85,8 \text{ mg} / \text{l}}}$

Radenska obsahovala $199 \pm 85,8 \text{ mg} / \text{l} \text{ Ca}^{2+}$.

osa y (plocha piku)	osa x (obsah Ca v g)
4,09357	1,12E-07
5,57528	3,37E-07
6,70972	8,00E-07
9,58873	1,20E-06
15,88204	2,40E-06
23,2648	4,80E-06
71,18816	1,20E-05



Voda z vodovodu Drasty-Klecany (okr. Praha-východ)

V této minerální vodě jsme stanovovaly Mg^{2+} standardního přídatku.

vzorek vody bez přídatku Mg^{2+}

Mg^{2+}	Retenční čas (s)	Plocha píku
1.	209,4	3,68907
2.	209,7	3,8173
3.	209,7	3,69116

vzorek vody s přídatkem Mg^{2+}

Mg^{2+}	Retenční čas (s)	Plocha píku
1.	209,5	9,55896
2.	209,4	9,70744
3.	209,1	8,88189

Výpočet skutečného množství Mg^{2+}

1.

Voda Drasty celkem - 3,68907

Voda UK + Mg^{2+} - 9,55896

Přidáno $10\mu l$ o $c = 3 \cdot 10^{-3} M$

$$m(Mg^{2+}) = c \cdot V \cdot M = 3 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot 10^{-6} \cdot 24,305 = \underline{7,2915 \cdot 10^{-7} g}$$

$$\begin{array}{l} 3,68907 \dots \dots \dots X g Mg^{2+} \\ (9,55896 - 3,68907) \dots \dots \dots 7,2915 \cdot 10^{-7} g \end{array}$$

$$X_1 = \frac{3,68907 \cdot 7,2915 \cdot 10^{-7}}{9,55896 - 3,68907} = \underline{4,5829 \cdot 10^{-7}}$$

$$4,5829 \cdot 10^{-7} \cdot 10^5 = 4,5829 \cdot 10^{-2} = 0,045829 g/l = 45,829 mg/l = \underline{\underline{45,83 mg/l}}$$

2.

Voda Drasty celkem - 3,8173

Voda UK + Mg^{2+} - 9,70744

Přidáno $10\mu l$ o $c = 3 \cdot 10^{-3} M$

$$\begin{array}{l} 3,81753 \dots \dots \dots X g Mg^{2+} \\ (9,70744 - 3,8173) \dots \dots \dots 7,2915 \cdot 10^{-7} g \end{array}$$

$$X_2 = \frac{3,81753 \cdot 7,2915 \cdot 10^{-7}}{9,70744 - 3,8173} = \underline{4,7258 \cdot 10^{-7}}$$

$$4,7258 \cdot 10^{-7} \cdot 10^5 = 4,7258 \cdot 10^{-2} = 0,047258 \text{ g/l} = 47,258 \text{ mg/l} = \underline{\underline{47,26 \text{ mg/l}}}$$

3.

Voda Drasty celkem - 3,69116

Voda UK + Mg^{2+} - 8,88189

Přidáno $10 \mu\text{l}$ o $c = 3 \cdot 10^{-3} \text{ M}$

$$3,69116 \dots \dots \dots X \text{ g } Mg^{2+}$$

$$(8,88189 - 3,69116) \dots \dots \dots 7,2915 \cdot 10^{-7} \text{ g}$$

$$X_3 = \frac{3,69116 \cdot 7,2915 \cdot 10^{-7}}{8,88189 - 3,69116} = \underline{5,1850 \cdot 10^{-7}}$$

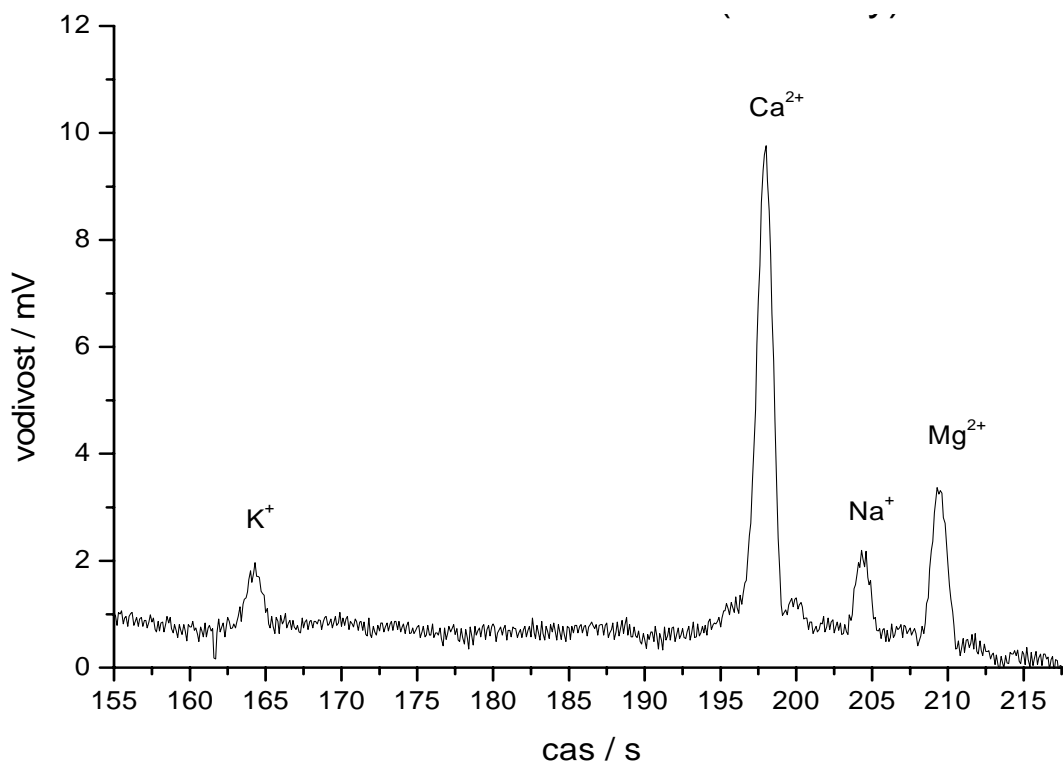
$$5,1850 \cdot 10^{-7} \cdot 10^5 = 5,1850 \cdot 10^{-2} = 0,05185 \text{ g/l} = \underline{\underline{51,85 \text{ mg/l}}}$$

medián $x = 47,26 \text{ mg/l}$

rozpětí $R = 51,85 - 45,83 = \underline{6,02}$

interval spolehlivosti $L = Kn \cdot R = 1,3 \cdot 6,02 = \underline{7,83}$

Voda na Drastech obsahovala $47,26 \pm 7,83 \text{ mg/l } Mg^{2+}$.



elektroferogram – V. měření Voda z Drast – Klecany (okr. Praha – východ) – elektrolyt Mes/His, separační napětí 20kV, proud $10 \mu\text{A}$, frekvence 200kHz

Voda z vodovodu UK

V této minerální vodě jsme stanovovaly Mg^{2+} standardního přídatku.

Vyhodnocení bez přídatku Mg^{2+}

Mg^{2+}	Retenční čas	Plocha píku
1.	209,2	1,42035
2.	208,6	1,33702
3.	209,2	1,25299

Vyhodnocení s přídatkem Mg^{2+}

Mg^{2+}	Retenční čas	Plocha píku
1.	209,9	7,12003
2.	209,2	6,81314
3.	209,4	6,84933

Výpočet skutečného množství Mg^{2+}

1.

Voda UK celkem - 1,42035

Voda UK + Mg^{2+} - 7,12003

Přidáno $10\mu l$ o $c = 3 \cdot 10^{-3} M$

$$m(Mg^{2+}) = c \cdot V \cdot M = 3 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot 10^{-6} \cdot 24,305 = \underline{7,2915 \cdot 10^{-7} g}$$

1,42035.....X g Mg^{2+}

7,12003-1,42035..... $7,2915 \cdot 10^{-7}$

$$X_1 = \frac{1,42035 \cdot 7,2915 \cdot 10^{-7}}{7,12003 - 1,42035} = \underline{1,82 \cdot 10^{-7} g / 10\mu l}$$

$$1,82 \cdot 10^{-7} \cdot 10^5 = 1,82 \cdot 10^{-2} = 0,0182 g / l = \underline{\underline{18,2 mg / l}}$$

2.

Voda UK celkem - 1,33702

Voda UK + Mg^{2+} - 6,81314

1,33702.....X g Mg^{2+}

6,81314-1,33702..... $7,2915 \cdot 10^{-7}$

$$X_2 = \frac{1,33702 \cdot 7,2915 \cdot 10^{-7}}{6,81314 - 1,33702} = \underline{1,78 \cdot 10^{-7} g / 10\mu l}$$

$$1,78 \cdot 10^{-7} \cdot 10^5 = 1,78 \cdot 10^{-2} = 0,0178 \text{ g/l} = \underline{\underline{17,8 \text{ mg/l}}}$$

3.

Voda UK celkem - 1,25299

Voda UK + Mg^{2+} - 6,84933

1,25299..... X g Mg^{2+}

6,84933-1,25299..... $7,2915 \cdot 10^{-7}$

$$X_3 = \frac{1,25299 \cdot 7,2915 \cdot 10^{-7}}{6,84933 - 1,25299} = \underline{\underline{1,63 \cdot 10^{-7} \text{ g/10}\mu\text{l}}}$$

$$1,63 \cdot 10^{-7} \cdot 10^5 = 1,63 \cdot 10^{-2} = 0,0163 \text{ g/l} = \underline{\underline{16,3 \text{ mg/l}}}$$

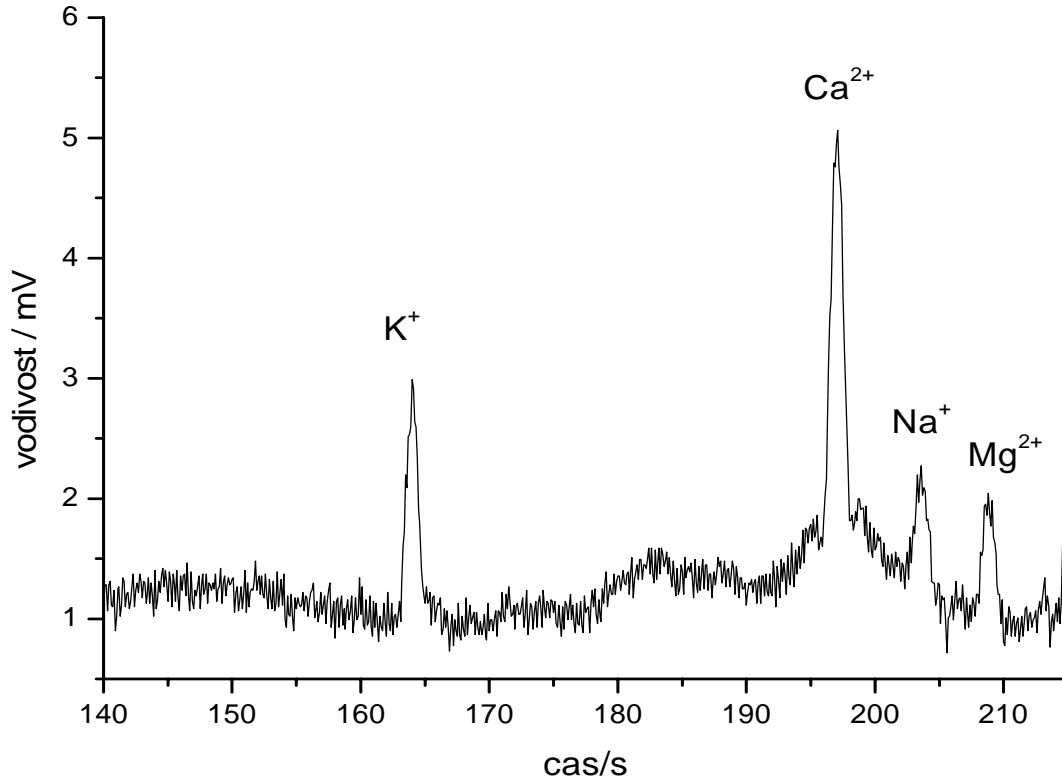
medián $x = 1,78 \cdot 10^{-7}$

rozpětí $R = 1,82 \cdot 10^{-7} - 1,63 \cdot 10^{-7} = \underline{\underline{1,9 \cdot 10^{-8}}}$

interval spolehlivosti $L = Kn \cdot R = 1,3 \cdot 1,9 \cdot 10^{-8} = \underline{\underline{2,47 \cdot 10^{-8}}}$

$$2,47 \cdot 10^{-8} \cdot 10^5 = 2,47 \cdot 10^{-3} = 0,00247 \text{ g/l} = \underline{\underline{2,74 \text{ mg/l}}}$$

Voda na UK obsahovala $17,8 \pm 2,47 \text{ mg/l } Mg^{2+}$.



elektroferogram – VI. měření voda z vodovodu UK – elektrolyt Mes/His, separační napětí 20kV, proud 10 μ A, frekvence 200kHz

Závěr

Výsledky a porovnání vod s etiketami

Vincentka (K^+ , Li^+)

kationt	Podle etikety (mg/l)	Naměřené hodnoty (mg/l)
K^+	133,50	192,08mg/l \pm 28,89
Li^+	9,81	10,26 \pm 5,1

Mattoni (K^+ , Na^+ , Mg^{2+})

kationt	Podle etikety (mg/l)	Naměřené hodnoty (mg/l)
K^+	-	106,06 \pm 10,83
Na^+	60,8	94,25 \pm 4,7
Mg^{2+}	20,4	22,1 \pm 10,81

Magnesia (K^+ , Na^+ , Mg^{2+})

kationt	Podle etikety (mg/l)	Naměřené hodnoty (mg/l)
K^+	-	71,7 \pm 9,49
Mg^{2+}	200,0	154 \pm 50,7

Radenska (K^+ , Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+})

kationt	Podle etikety (mg/l)	Naměřené hodnoty (mg/l)
K^+	64,0	111 \pm 35,1
Na^+	390,0	320 \pm 48,1
Mg^{2+}	87,0	102 \pm 35,1
Ca^{2+}	230,0	199 \pm 85,8

Námi stanovené hodnoty se dobře shodovaly s hodnotami uvedenými na etiketě. Případné odchylky mohou být způsobeny mechanickým dávkováním.

Porovnání vody na Drastech s vodou na UK

Z experimentálního měření vyplývá jasný závěr, že voda z vodovodu UK obsahuje podstatně menší množství Mg^{2+} než voda z Drast u Klecan (viz elektroferogramy). Podle nás je důvod následující: voda z Drast je čerpána ze studně, a tím pádem obsahuje větší množství minerálních látek než voda z centra Prahy.

Význam stanovovaných kationtů pro člověka

• Draslík (kalium)

- Lidské tělo obsahuje dvakrát více K^+ než Na^+
- K^+ je hlavní intracelulární kationt, který váže vodu a účastní se přenosů nervového vzruchu
- Jeho hladina je důležitá pro normální svalovou a hlavně srdeční aktivitu
- Hyperkalémie = způsobená velkým přívodem draslíku; selhání ledvin

● Vápník (kalcium)

- Je základní součástí stavebního materiálu kostí a zubů
- Nezbytný pro přenos vzruchů ve svalech, má význam v procesu srážení krve, ovlivňuje propustnost buněčných stěn kapilár

● Sodík (natrium)

- Je hlavním extracelulárním kationtem, je nezbytný pro regulaci iontové rovnováhy, pro udržení osmotického tlaku, brání ztrátám vody, je nutný pro přenos nervového vzruchu, svalová dráždivost
- Hladina sodíku a tím i vody v těle je regulována tzv. mineralokortikoidy (aldosteron)
- Léčiva, která zvyšují vylučování sodíku z těla a tím i vody – dimetika
- Nadměrný přísun sodíku potravou může mít negativní účinky – edémy, vysoký krevní tlak

● Hořčík (magnésium)

- Je druhý nejdůležitější nitrobuněčný kationt, je součástí kostí
- Je důležitou součástí řady enzymů, zpomaluje nervosvalový přenos a snižuje nervovou dráždivost
- Nedostatek hořčíku (hypomagnézemie) způsobuje křeče, třes, svalové slabosti, poruchy srdečního rytmu, psychické předráždění, únavu, ospalost
- Perorální přípravky obsahují hlavně organické soli (laktát, citronan, vinan)
- Jako parenterální přípravek se například používá síran hořečnatý

● Lithium

- Zmírňuje svalové křeče a vnitřní nervozitu
- Pomáhá při léčení dny, příznivě působí na štítnou žlázu
- Lithium navíc tlumí reakce, které vedou k uvolňování adrenalinu

● Vinentka



Používá se v přírodních léčebných lázních Luhačovice k pitným a inhalačním kúram při onemocnění dýchacích cest, hlasivek, při chorobách látkové výměny, vředové choroby žaludku, dvanácterníku a jejich pooperačních stavech, vleklých zduření jater, diabetes mellitus, chronická pankreatitis. Pomáhá regenerovat vnitřní prostředí člověka po velkých ztrátách potu, ke kterým dochází při těžké fyzické práci, sportu, pobytu v horkém prostředí a horečnatých onemocnění. Je vhodná pro prevenci zubního kazu dětí a může také sloužit pro uhrazení denní dávky jódu, stačí vypít 25 ml. Je důležitá pro děti a těhotné ženy.

Obsahuje biogenní prvky jako je lithium, rubidium, cesium, měď, zinek, vanad, chrom, kobalt ve fyziologickém poměrném zastoupení a je vhodná jako přírodní doplněk výživy pro sportovce, děti, těhotné ženy a rekonvalescenty. Pitná kúra je nejdůležitějším léčebným úkonem. Obsah solí vede k rozpuštění hlenu v dýchacích cestách, žaludku a ve střevech. Většinou se Vincentka podává dvakrát denně před snídaní a před večeří.

• Magnesia



Výjimečnost přírodní minerální vody Magnesia mezi evropskými vodami spočívá ve vysokém obsahu hořčíku a hydrogenuhličitanu při nízkém obsahu vápníku a sodíku. Unikátní minerální kompozice pramenů vyvěrajících v chráněné krajinné oblasti v okolí Karlových Varů, zaručuje vysokou kvalitu a ojedinělou chuť minerální vody Magnesia.

Jedním z nejdůležitějších minerálů, nezbytných pro stavbu a funkci těla, je hořčík. Je obsažen v kostech, ve svalech a tělních tekutinách. Je nepostradatelný pro činnost tělesných buněk.

K vyčerpání rezerv hořčíku dochází při déle trvajícím stresu, při konzumaci moučnicků a bílého pečiva, nadměrném pití alkoholu, rovněž po podávání jednostranných diet na rychlé zhubnutí.

Vhodným zajištěním dostatečného přísunu hořčíku je minerální voda Magnesia. Odborné lékařské studie prokázaly, že vysoký obsah hořčíku:

- napomáhá chránit buňky před toxickými látkami (např. před alkoholem)
- pomáhá oddalovat fyziologické stárnutí buněk
- významně podporuje fungování centrálního nervového systému a preventivně působí proti bolestem hlavy i proti migréně a stresu
- aktivně podporuje srdeční činnost a dýchání
- relaxačně působí na svalové buňky a udržuje svaly pružné
- stimuluje enzymatické reakce a pomáhá při trávení

Kolik Magnesie denně?

Minerální voda Magnesia je nepostradatelná při prevenci civilizačních chorob. Neměla by být opomínána těmi, kdo touží po zdravém a aktivním životě i ve stáří.

Jedna třetina denní spotřeby tekutin by měla být pokryta Magnesii. Toto množství se může zvýšit ke 2 a více litrům denně, v závislosti na vyšší spotřebě magnesia v některých údobích života-např. těhotenství, dospívání, nebo při nervovém vypětí.

Použitá literatura:

F. Opekar, I. Jelínek, P. Rychnovský, Z. Plzák: *Základní analytická chemie*, Karolinum, Praha 2002

K. Štulík a kol.: *Analytické separační metody*, Karolinum, Praha 2004

D.Trčková:*Farmakologie pro IV. Ročník*, Skripta pro interní použití SZŠ Alšovo nábřeží

www.mattoni.cz <29.10.2006>

www.vincentka.cz <29.10.2006>

www.fineprint.cz <15.5.2006>