

# FLOW MEASUREMENT USING DILUTION METHODS

**Pavel Pokorný**

Bachelor Degree Programme (3), FEEC BUT

E-mail: xpokor16@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Vratislav Harabiš

E-mail: harabis@feec.vutbr.cz

**Abstract:** The paper is focused on the possibility of measuring the flow with dilution methods using contrast media with different pH from the measured fluid. The paper is a description of pH measurements, LabVIEW and LabPro module. The main part concentrates on the possibility of fitting the measured data with a physical model of a dilution curve and subsequent determination of flow velocity. There has been a product designed for this purpose which enables these measurements and is described below.

**Keywords:** Dilution methods, dilution curves, mathematical model of dilution curves, flow calculation using dilution curves, pH, measuring pH

## 1 ÚVOD

Diluční metody měření průtoku patří k moderním metodám v medicíně. Využívají se zejména v případech, kdy nejsme schopni použít průtokoměr, například při stanovení průtoku krve cévním řečištěm. Diluční měření se využívá k měření v tekutinách (kapalinách a plynech).[1] Toto měření probíhá vstříknutím kontrastní látky do námi měřené tekutiny a následném detekování koncentrace kontrastní látky v této tekutině. Jako kontrastní látku musíme použít takovou tekutinu, která se svými vlastnostmi liší od měřené tekutiny, a to vlastnostmi fyzikálními, chemickými atd., a zároveň musí být možnost jak tuto kontrastní látku detekovat.

Cílem této práce bylo sestavit přípravek k měření průtoku pomocí dilučních metod a program v prostředí LabVIEW s připojeným modulem Vernier LabPro a pH sondou Vernier, který by tento přípravek využíval. Program je vybaven i dalšími moduly, a to pro kalibraci pH sondy, a pro výpočet koncentrace a volby kontrastní látky. Tento přípravek bude sloužit pro názornou výuku dilučních metod.

## 2 MĚŘENÍ PH

Záporný logaritmus vodíkových iontů, tedy pH, je snadno měřitelné a tudíž je vhodné pro modelování dilučních křivek. pH bude měřeno kombinovanou iontově selektivní elektrodou Vernier, která je přes přípravek LabPro připojena do prostředí LabVIEW. Tato sonda má zabudovaný zesilovač, který při pH 7 vysílá na výstup sondy napětí 1,75V. Toto napětí klesá o 0,25V na vzrůst hodnoty pH o jednu jednotku pH a opačně.

### 2.1 POPIS ROZHRANÍ LABPRO

Jak bylo zmíněno výše, při měření bude využito rozhraní Vernier LabPro, což je modul připojený přes USB do PC, a ovládaný z prostředí LabVIEW. Tento modul je schopen snímat data s maximální vzorkovací frekvencí 50 kHz, dále je možné k němu připojit až 4 různé sondy zároveň a uchovat

v interní paměti až 12 000 záznamů. V našem měření bude připojena k tomuto modulu pH sondu Vernier, která je schopna snímat data s maximální frekvencí 2Hz, což je pro další měření dostačující.

### 3 KALIBRACE

Kalibrace pH sondy je velice důležitým krokem v měření. V důsledku stárnutí sondy se mezi měrnou a referenční elektrodou objevuje tzv. asymetrický potenciál, který by ovlivnil naměřené hodnoty pH, proto je vhodné kalibraci provádět před každým měřením. U námi používané pH sondy se kalibrace provádí dvoupufrovou metodou, kde ze dvou známých hodnot pH a napětí výpočítáme směrnici a  $q$  přímky  $y = kx + q$ . Z naměřených hodnot po dosažení výstupního napětí sondy ( $x$ ) do výše zmíněné rovnice, bylo vypočteno pH měřeného roztoku. Tato funkce je implementována do sestrojeného programu.

### 4 KONCENTRACE

Výpočet koncentrace kontrastní látky byl proveden vyjádřením ze vzorce pro výpočet pH. Tento vzorec je pro každou kontrastní látku odlišný. Jako příklad je zde uvedena rovnice (1), která slouží k výpočtu koncentrace kyseliny citronové [2].

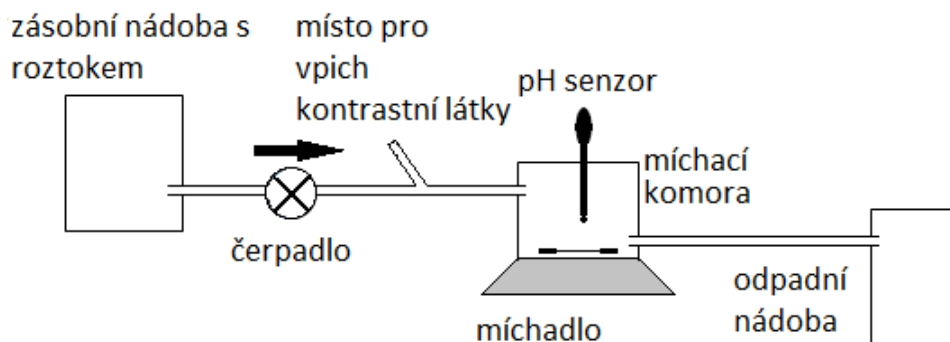
$$c_{C_6H_8O_7} = 10^{-\frac{pH}{0,5} pK_{C_6H_8O_7}} \quad (1)$$

kde  $pK_{C_6H_8O_7}$  je disociační konstanta kyseliny citronové

### 5 PŘÍPRAVEK

Pro měření této práce bylo potřeba sestrojít přípravek, který by umožňoval měření průtoku. Tento přípravek musí splňovat několik důležitých vlastností. Měl by být co nejlépe utěsněn, aby nedocházelo ke změnám objemu v měřicí části přípravku, umožňovat vstříknout kontrastní látku do měřicího okruhu a zajistit, aby průtok tímto přípravkem byl kontinuální.

Jako měřicí část představující orgán o určitém objemu, v tomto případě 800ml, ve kterém nás zajímá průtok, byla použita nádoba, která byla dodatečně vybavena vpustí a výpustí zajišťující průtok v této nádobě. Dále místem pro vložení pH sondy a míchačem. Pro vstřík kontrastní látky je zde využit třicestný ventil s možností připevnění injekční stříkačky s kontrastní látkou. Kontinuální průtok tekutiny, v tomto případě fyziologického roztoku, je zajištěn peristaltickou pumpou, za kterou byl přidán buffer na ustálení průtoku (viz obrázek 1).



Obrázek 1 - Blokové schéma sestrojeného přípravku

## 6 VÝPOČET PRŮTOKU

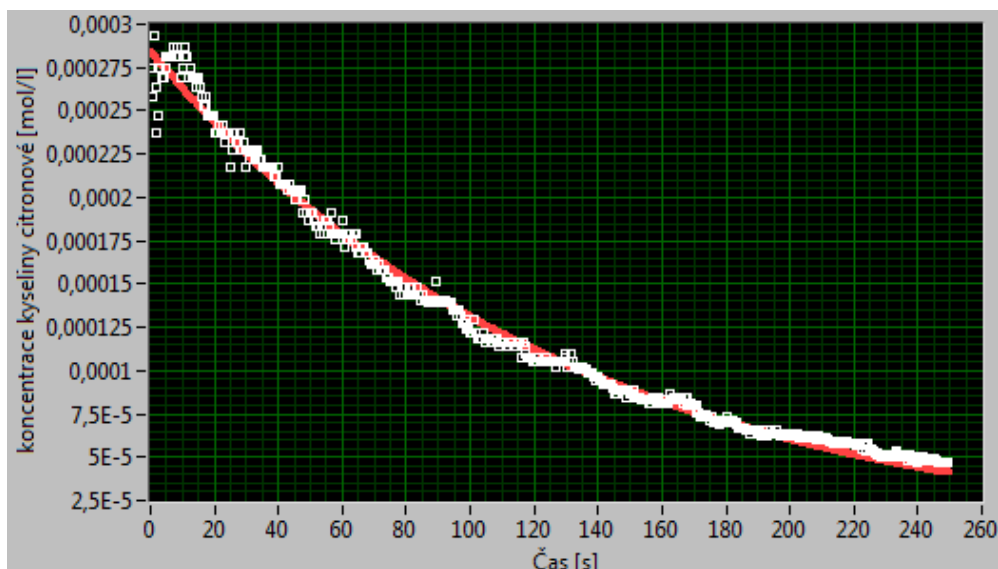
Průtok se bude v tomto případě počítat za využití jednokompartimentového modelu, což je fyzikální model diluční křivky. Tento model je založen na matematickém popisu komory o konstantním objemu  $V_b$ , který je v tomto měření 800ml, kde dochází k ideálnímu promíchání kontrastní látky, konstantním průtokem  $F_b$ , a časově proměnné koncentraci  $c(t)$ . [3]

Tento model je popsán rovnicí (2):

$$f_c(t) = c_0 e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (2)$$

kde  $\tau$  je časová konstanta závislá na průtoku a obsahu kompartmentu vypočtená jako  $\tau = \frac{V_b}{F_b}$  a  $c_0$  koncentrace kontrastní látky v čase nula. [3]

K aproximaci křivky bylo využito modulu v LabVIEW, který po zadání rovnice (2) aproximuje křivku (viz obrázek 2). Při této aproximaci LabVIEW vypočítá i parametry modelu, přičemž jeden z nich je právě průtok. Například na obrázku 2 byl vypočtený průtok 349,3ml/min.



Obrázek 2 - Závislost koncentrace kyseliny citronové na čase

## 7 ZÁVĚR

Výsledkem této práce je sestrojený přípravek a program v prostředí LabVIEW, který tento přípravek využívá. Tento program umožňuje výpočet rychlosti průtoku, vykreslení grafu koncentrace kontrastní látky, výběr různé kontrastní látky a kalibraci pH sondy. V přípravku je možnost volit rychlost průtoku a množství, koncentraci a druh kontrastní látky.

## REFERENCE

- [1] WWW stránky: Diluční měření průtoku. online, [cit. 2010-05-11], dostupné z: <http://www.fbmi.cvut.cz>.
- [2] WWW stránky: pH. online, [cit. 2011-28-02], dostupné z: <http://www.jergym.hiedu.cz>.
- [3] R. Kolář, R. Jiřík, V. Harabiš, M. Mézl, M. Bartoš: Advanced Methods for Perfusion Analysis in Echocardiography. online, [cit. 2010-15-11], dostupné z: <http://www.biomed.cas.cz>.