

ČÍSLO 10

ŘÍJEN 2009



**EUREAU**

SOVAK ČR  
řádny člen EUREAU

**Z OBSAHU:**

Zpoplatnění odvádění srážkových vod v urbanizovaném povodí

Zkušenosti s používáním drenážních systémů Leopold (ITT) při rekonstrukcích úpraven vody v České republice

Rekonstrukce a provoz nejstarší čerpací stanice laboratoře Ústavu vodních staveb Fakulty stavební VUT v Brně

Konstruktivní uspořádání, provoz a údržba vodojemů

Zkušenosti s analýzou rizik v zásobování pitnou vodou v Rakousku

*Samsonova kašna a vodárenská věž v Českých Budějovicích. Provozovatel ČEVAK, a. s.*

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
Fakulta stavební  
Knihovnické informační centrum  
Veveří 95, 662 37 Brno

# SOVAK

ČASOPIS OBORU VODOVODŮ A KANALIZACÍ



1. JVS + VAK JČ =  **ČEVAK**

ROČNÍK 18

# REKONSTRUKCE A PROVOZ NEJSTARŠÍ ČERPAČÍ STANICE LABORATOŘE ÚSTAVU VODNÍCH STAVEB FAKULTY STAVEBNÍ VUT V BRNĚ

Michal Žoužela, Markéta Šnelerová

## 1. Úvod

Laboratoř vodohospodářského výzkumu (LVV) Ústavu vodních staveb Fakulty stavební (FAST) Vysokého učení technického (VUT) v Brně pro svoji činnost využívá celkem pět na sobě vzájemně nezávislých hydraulických okruhů. Každý z těchto okruhů umístěných v budovách B a F areálu fakulty je využíván pro specifické účely vyplývající z požadavků výuky a základního nebo aplikovaného výzkumu. Jedná se o činnosti spojené s hydraulickým modelováním proudění v částech zmenšených hydrotechnických objektů. Jednotlivé hydraulické okruhy jsou vybaveny vlastní zásobou vody, čerpačí stanicí (ČS) a příslušným (různým) počtem hydraulických měrných tratí.

V posledních letech za pomoci investičních prostředků Fakulty stavební nebo VUT v Brně byla převážná část zmíněných hydraulických okruhů z hlediska technického vybavení, měření a regulace zmodernizována na úroveň světových laboratoří. V roce 2003 to bylo vybudování

hydraulického okruhu v budově F, v roce 2007 instalace systému měření velmi malých průtoků, v roce 2008 inovace zařízení pro monitorování filtračních deformací zemín.

Ve všech uvedených případech inovací a modernizací hydraulických okruhů jsou příslušné čerpačí agregáty ovládány měniči frekvence s možností zásahu za pomoci parametrizačních panelů, dotykových displejů, PC, vzdáleného počítače či jejich vzájemné kombinace. V mnoha případech je průtok jednotlivými systémy řízen pomocí PID (proporcionální-integrační-derivační) regulace, což umožňuje i řízenou simulaci požadovaného průtoku.

Poslední velkou investicí byla inovace nejstarší ČS hydraulického okruhu laboratoře z 20. let minulého století. Zmíněná část laboratoře se nachází v budově B areálu fakulty a napájí celkem tři měrné tratě. V roce 2006 bylo s ohledem na vzrůstající frekvenci technických výpadků některých prvků ČS rozhodnuto o její výraznější rekonstrukci. Ta se vzhledem k požadavkům na současný hydrotechnický výzkum a provoz laboratoře projevila i ve změně celkové koncepce ČS. V roce 2008 byly z Rozvojového projektu VUT v Brně získány příslušné finanční prostředky ve výši 2,2 mil. Kč na realizaci inovace.

## 2. Stav před rekonstrukcí ČS hydraulického okruhu

Nejstarší hydraulický okruh LVV byl vybudován během první světové války a v lednu roku 1917 uveden do provozu. O prosazení zřízení vodohospodářské laboratoře a následně i její stavbu se zasloužil především prof. Antonín Smrček se svým kolektivem. Vznikla tak první laboratoř v zemích Rakousko-uherské monarchie. Od uvedeného data nebyl hydraulický okruh, který sestával z podzemní zásobní nádrže objemu 45 m<sup>3</sup>, ČS a tří měrných tratí, výrazně inovován. V následujících odstavcích jsou tyto jednotlivé prvky původního hydraulického okruhu popsány podrobněji.

### 2.1 Čerpačí stanice

ČS hydraulického okruhu (viz obr. 1) se svými dvěma hlavními čerpadlovými agregáty byla situována v úrovni podzemního podlaží laboratoře. Připojení čerpačích agregátů na podzemní nádrž s vodou bylo realizováno prostorově uspořádanými sacími rourami. Ty byly zaústěny pod úroveň hladiny v místě prohloubené čerpačí jímky. Příkon čerpačích agregátů uváděný v původní dokumentaci byl 20 kW, resp. 15 kW. Vedle dvou primárních čerpadel byla používána i čerpadla o menších výkonech, která byla do systému ČS připojena v pozdějších letech. Výtlačná potrubí všech těchto čerpadel byla vyústěna do stabilizační nádrže, která se nacházela v prostoru nejvyššího místa laboratoře přímo nad čerpačími agregáty. Sloužila pro stabilizaci distribuovaného průtoku do měrných tratí při zachování jednoznačné a neměnné energetické bilance mezi hladinou na dlouhé přelivné hraně instalované v nádrži a hladinou před nátokem do příslušné měrné tratě (gravitační systém). Požadovaný průtok byl regulován za pomoci klínových šoupat. Světelné průměry rozvodných potrubí dosahovaly až 350 mm. Celková kapacita laboratoře při popsané sestavě činila teoreticky až 180 l · s<sup>-1</sup>.

Nevýhodou výše uvedené koncepce byla nemožnost nezávislého současného chodu více měrných tratí (pouze jedna stabilizační nádrž). Problematickou se jevila také již zmíněná v čase se zvyšující poruchovost čerpačích agregátů stejně jako zasekávání sacích košů a regulačních armatur. Z hlediska měření a regulace (MaR) neelektrických veličin byla ČS na velmi nízkém stupni v porovnání se současným technickým řešením.



Obr. 1: Pohled na čerpačí agregáty a rozvodná potrubí před rekonstrukcí ČS

Tabulka 1: Přehled parametrů měrných tratí hydraulického okruhu

Typ tratě	Šířka [m]	Popis konstrukce žlabu	Obvyklé použití
Žlab	3,5	Nesklopný, neprůhledné stěny, betonová konstrukce	Říční modely, MVE, jezové konstrukce
Žlab	1,0	Nesklopný, prosklené stěny, ocelová konstrukce	Modely hydrotechnických staveb, metrologická činnost
Žlab	1,0	Nesklopný, prosklené stěny, ocelová konstrukce	Modely hydrotechnických staveb

## 2.2 Hydraulické měrné tratě

Popisovaný hydraulický okruh laboratoře je vybaven celkem třemi měrnými tratěmi, přehled jejich parametrů je uveden v tabulce 1. Z hlediska nátoky vody do měrných tratí (žlabů) je dodržena pro všechny společná koncepte, kdy jsou před nátoky situovány nádrže s umístěnými měrnými přelivy Thomsonova typu. Protiproudě před nimi jsou pak za pomoci ultrazvukových snímačů registrovány hodnoty přešlapových výšek, které jsou následně vyhodnocovacími jednotkami transformovány na průtočné množství. Rekonstrukce se zmínovaných měrných tratí dotkla jen v oblasti MaR, o které bude blíže pojednáno v kapitole 3.

## 3. Funkční požadavky na inovaci ČS a její nové technologické části

Již v počátcích úvah nad inovací ČS, bylo rozhodnuto o zásadní změně její hydrotechnické koncepce, při požadavku na radikální zlepšení podmínek MaR celého systému. Inovovaná ČS se tak svou úrovní strojné a elektro-technologické vybavení dostala na světovou úroveň. Gravitační systém byl nahrazen systémem tlakovým, kdy je voda od nových ponorných čerpadel dopravována nerezovými rozvodnými potrubími k jednotlivým měrným tratím, přičemž průtok je řízen a regulován automaticky.

### 3.1 Provozní a funkční požadavky na ČS

Základním provozním požadavkem při návrhu inovace ČS hydraulického okruhu byla možnost napájení každé ze čtyř měrných tratí průtoky v rozsahu od několika desetin litru až po hodnoty uvedené v tabulce 2. Dalším neméně důležitým požadavkem na inovovanou ČS bylo rozšíření možností laboratoře o provádění měření na dvou měrných tratích současně. Třetím zásadním požadavkem bylo umožnit ovládání ČS a kontrolu jejího provozu z bezprostřední blízkosti prováděných zkoušek či ze vzdáleného počítače, např. z kanceláře.

Vzhledem k pracovním charakteristikám a parametrům navržených čerpadel bylo zřejmé, že nebude možné velmi malé průtoky dopravovat hlavními navrženými rozvodnými potrubími. Bylo tak nutné před nátoky do jednotlivých žlabů zřídit obtoková potrubí k „umělému“ vyvolání větších hodnot ztrát mechanické energie i za nízkých průtoků. Tím je dosaženo podstatně vyšších otáček motorů čerpadel, která jsou tak provozována v oblasti výrobcem doporučené pracovní charakteristiky.

Požadavek měření na dvou tratích současně vyvolal nutnost návrhu dvou čerpadel, z nichž každé bude moci napájet jednu ze současně provozovaných měrných tratí. Každé z obou identických čerpadel při maximální dopravní výšce napájí systém zhruba  $75 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ , přičemž příkon se pohybuje okolo  $2 \times 9,5 \text{ kW}$ , což v porovnání s původními čerpadly zajistilo podstatně snížení spotřeby elektrické energie (EE). Z návrhu čerpadel, počtu a rozmístění klapkových uzávěrů a způsobu vedení trubních rozvodů s bypassy vyplynulo i řízení provozu ČS. Jako základní podklad pro návrh řídicího systému byl sestaven vývojový diagram, který zahrnoval 36 provozních kombinací. Problematikou řízení ČS se blíže zabývá kapitola 5.

### 3.2 Strojně-technologická část

Pro návrh strojně-technologické části byla (kromě výše uvedeného) limitujícím faktorem původní prostorová dispozice ČS spolu s polohou připojovacích přírub na původních potrubích jednotlivých měrných žlabů. Při návrhu vedení tras potrubí se vyskytly komplikace s připojením na stávající nátoková potrubí jednotlivých měrných tratí



Obr. 2: Protiproudí pohled na model koryta vodního toku ve žlabu šířky 3,5 m, vlevo nátok do žlabu šířky 1,0 m



Obr. 3: Pohled na skříňový rozvaděč ČS s 10" dotykovým panelem

K jednomu ze žlabů prochází nátokové potrubí nestandardního průměru silnou nosnou zdí, do které nebylo možné „zasáhnout“. Proto bylo nátokové potrubí v rozsahu jeho průchodu zdí ponecháno a napojeno na nové trubní rozvody za pomoci speciální hrdlové tvarovky s přírubovým koncem. Ta umožnila současně eliminovat i rozdíl světlosti původního potrubí (315 mm) na hodnotu menší (300 mm).

Nátokové potrubí na další z měrných tratí je řešeno ze dna pomocí nestandardního divergentního kusu, který nebylo možné odstranit, a bylo tedy nutné vyřešit jeho spojení s novým potrubím. To bylo provedeno za pomoci prostorově přizpůsobené redukční přivařovací příruby.

Vedle těchto komplikací bylo také nutné při návrhu trubních tras respektovat umístění původních z hlediska technického či finančního těžko odstranitelných konstrukcí, např. železobetonového bloku, na němž byla umístěna původní čerpadla.

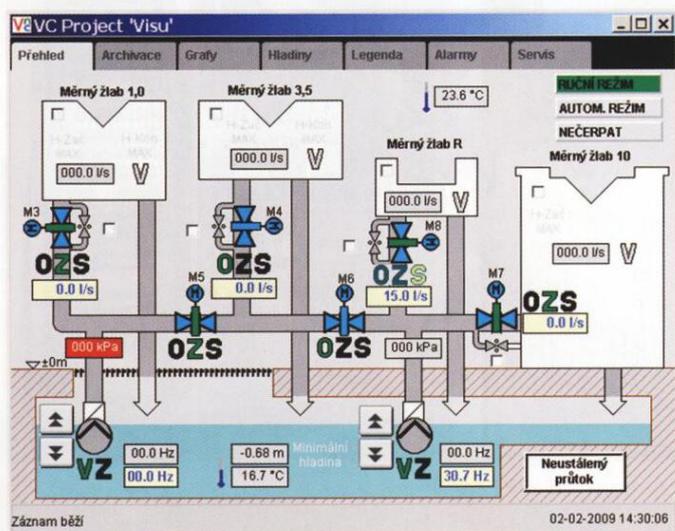
Inovovaná strojně-technologická část ČS zahrnuje dvě nová ponorná odstředivá čerpadla Flygt (instalovaná do původní čerpací jímky), dále nerezová potrubí s šesti klapkovými uzávěry a jedním indukčním

průtokoměrem instalovaným na čtvrté, nové zřízení, tzv. rezervní měrné trati o průměru DN 200. Ta slouží pro napájení velkých volně stojících modelů, jejichž velikost je omezena pouze rozměry půdorysné plochy uvedené v tabulce 2. V té jsou uvedeny i nově dosažitelné maximální průtoky jednotlivými tratěmi.

Každé z čerpadel je na trubní systém napojeno přes patkové koleno a výtlačné potrubí se zpětnou kulovou klapkou. Vedení rozvodných potrubí spolu s umístěním uzavíracích klapek je řešeno s ohledem na mož-



Obr. 4: Pohled na inovovanou ČS, dvě výtlačná potrubí, napájení čtyř měrných tratí



Obr. 5: Vizualizace hydraulického okruhu na 10" dotykovém displeji

Tabulka 2: Přehled parametrů měrných tratí po rekonstrukci ČS hydraulického okruhu

Typ tratě	Šířka [m]	Účinná délka <sup>1</sup> [m]	Max. dosažitelný průtok [l · s <sup>-1</sup> ]
Žlab	3,5	18	160
Žlab	1,0	12	160
Žlab	1,0	5	100
Rezerva	2,5	15	190

<sup>1</sup>Jedná se o délku využitelnou pro vlastní realizaci výzkumných prací. Není v ní zahrnuta délka pro primární uklidnění přitékajícího proudu a délka odtokové části žlabu. Vlastní konstrukce žlabu je tedy delší.

nost současného nezávislého provozu až dvou měrných žlabů. Klapky firmy Armatury Group, a. s., ovládané servopohony Regata jsou instalovány vždy před nátokem do měrné trati. Pro možnost dopravování velmi malých průtoků do kterékoli z měrných tratí jsou trubní rozvody doplněny o 4 bypassy (obtokové potrubí DN 25 s ručně ovládaným kulovým ventilem) Zbývající dva klapkové uzávěry jsou do systému rozvodů instalovány s ohledem na co největší variabilitu provozu laboratoře. Tu je možné v případě potřeby v budoucnu zvýšit instalací dalšího klapkového uzávěru. Průměry hlavních rozvodných potrubí se pohybují od DN 150 až k DN 300 v tloušťkách stěn 3 mm.

### 3.3 Elektro-technologická část

Elektro-technologickou část inovované ČS je z technického hlediska možné rozdělit na systém kabelových tras EE, kabelů MaR a na vlastní řídicí a vizualizační systém. Ten je umístěn ve druhém ze dvou polí skříňového rozvaděče společně s vypínacími relé klapkových uzávěrů a sběrnou kartou všech analogových vstupů a výstupů měřených veličin. V prvním poli rozvaděče jsou umístěny měniče frekvence ponorných čerpadel s tlumivkami a dalším vysokonapětovým příslušenstvím. Řídicí systém od firmy B&R, který je součástí vizualizačního dotykového 10" panelu, slouží ke kompletnímu řízení, monitoringu i archivaci všech neelektrických provozních veličin. Vzhledem k tomu, že rozvaděč současně slouží jako deblokační skříň všech klapkových uzávěrů a měničů frekvence, je v případě výpadku či poruchy tohoto dotykového panelu možné ovládat ČS i v „nouzovém“ ručním režimu.

### 4. Měření a regulace provozních veličin

#### 4.1 Měření neelektrických provozních veličin hydraulického okruhu a jejich regulace

Vedle měření řady elektrických veličin, které jsou potřebné pro zajištění chodu a vizualizaci stavu jednotlivých prvků hydraulického okruhu, byl systém opatřen i řadou snímačů pro měření veličin neelektrických. Těch nejdůležitějších je celkem 15. Patří mezi ně měření úrovní hladin ve všech měrných tratích (žlabech), měření čtyř průtoků vody systémem, měření tlaků na výtlačných potrubích čerpadel, měření teploty vody a vzduchu v laboratoři, záznam výstupní frekvence měničů čerpadel. Pro měření hladinových poměrů na začátku a konci jednotlivých měrných žlabů je užito celkem 5 ultrazvukových hladinoměrných snímačů MHU 99 SMART firmy ELA, s. r. o. Od této firmy jsou použity i ultrazvukové hladinoměry používané pro stanovení průtoku přepadajícího přes jednotlivé přelivy do příslušné měrné tratě. Na rezervní měrné trati je užit magneticko-indukční průtokoměr DN 150 MQI 99 SMART. Pro úplnost dodejme, že pro měření tlaků na výtlačných potrubích jsou použity tlakoměry Sensors®, čerpadla jsou řízena měniči frekvence pDRIVE od Schneider Electric Power Drives.

#### 4.2 Řídicí systém ČS a jeho vizualizace

Jak bylo zmíněno, k ovládání řídicího systému ČS je možné použít 10" dotykový displej či vzdálený počítač, na kterém lze zobrazit identickou vizualizaci hydraulického okruhu.

Pracovní plocha displeje zobrazuje přehledně zjednodušené schéma ČS a laboratoře, ve kterém je možno zvolit režim provozu (automatický či ruční), vybrat provozované měrné žlaby, zadávat požadované průtoky či provozní frekvenci čerpadel pomocí numerické klávesnice. Umožněna je i kontrola úrovní hladin, kontrola tlaků na výtlačných potrubích a odečet aktuální teploty v laboratoři i v podzemní akumulaci nádrži. Dále zde lze pracovat s časovými závislostmi vybraných neelektrických veličin či provádět servisní nastavení tak, jak je patrné z obr. 5. Zvláštní funkci má tlačítko „Nečerpat,“ při jehož použití dojde k okamžitému zastavení čerpadel, a to bez uzavření aktuálně otevřených klapek. Volba této funkce je výhodná v případech krátkodobého přerušování pokusu, aniž by musel uživatel znovu nastavovat veškeré požadované parametry.

Při provozu pak vlastní řízení čerpání zajišťují a regulují měniče frekvence s PID regulační zpětnou vazbou na skutečné průtočné množství před měrnými tratěmi. To je stanovováno za pomoci Thomsonových přelivů popsaných v kap. 2.2, v případě rezervní trati pak zmíněným indukčním průtokoměrem. Pro regulaci byl užit standardně dodávaný PID regulátor, který byl součástí softwaru řídicího systému integrovaného v dotykovém panelu. Nastavení a „vyladění“ regulátoru je popsáno v kapitole 5.

Důležitým prvkem řídicího systému je také volba „Neustálený průtok,“ která s využitím PID regulace dovoluje v hydraulickém okruhu simulovat pozvolně se měnící průtok, např. průběh povodňové vlny,

Prakticky se jedná o softwarovou aplikaci, umožňující do míst, kde se běžně ručně zadávají hodnoty požadovaného průtoku, automaticky zapisat diskrétní hodnotu průtočného množství v daném čase z předem připraveného souboru hydrogramu (závislosti průtoku na čase).

### 5. Odladění řídicího systému v rámci zkušební provozu ČS

Odladění řídicího systému ČS probíhalo ve dvou základních úrovních. V první fázi bylo třeba pro jednotlivé měrné tratě a kombinace jejich vzájemného současného provozu zkontrolovat a případně upřesnit pásma, kdy bude voda do měrných tratí dopravována obtokovým resp. hlavním rozvodným potrubím. Z prvních zkoušek vyplynulo, že čerpadla řízená měniči frekvence jsou bez problému schopna dodávat do níže ležících měrných tratí setrvalé průtoky už okolo  $1,0 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ , aniž by bylo třeba využít obtoková potrubí. Čerpadla jsou však provozována na velice nízkých frekvencích okolo 10 Hz mimo výrobcem doporučenou pracovní oblast. Bylo tedy stanoveno, že v případě požadavku průtoku pod  $3 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$  bude voda dopravována do všech měrných tratí obtokovým potrubím. V rozsahu průtoků od  $3 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$  do zhruba  $75 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$  (dle měrné tratě) je voda čerpána pouze jedním čerpadlem a dopravována hlavním rozvodným potrubím. V rozsahu od  $75 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$  do  $125 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$  jsou užita obě čerpadla, přičemž jedno z nich je provozováno na snížené frekvenci 40 Hz. Pro vyšší průtoky (až k v tab. 2 uvedeným  $190 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$  v případě rezervní tratě) jsou užity taktéž obě čerpadla s tím, že první z nich je provozováno na plných 50 Hz a druhé jej doplňuje na odpovídající potřebné frekvenci.

Druhá fáze zkušební provozu ČS byla výrazně komplikovanější. Jednalo se o vyladění jednotlivých složek PID regulátoru a to na všech měrných tratích, kdy každá může být napájena jedním ze dvou čerpadel. Vzniklo tak značné množství kombinací průtoku měrnými tratěmi, jež musely být podrobeny zkouškám. Ladění bylo časově dosti náročné. Hodnotícím kritériem byla především rychlost eliminace regulační odchylky průtoku a jeho stabilita v čase. Právě druhý zmíněný aspekt je pro přesné laboratorní měření velmi důležitý. Proto úspěšně, i na jiných hydraulických tratích laboratoře, je aplikováno v okolí požadované regulované veličiny (v tomto případě průtoku) tzv. dead band – mrtvé pásmo. To v okolí regulovaného průtoku, v řádu jednotek procent z něj, vytvoří jisté „toleranční“ pásmo. Pokud se po určité dobu při regulaci průtok nachází v tomto pásmu, je systémem prohlášen za vyregulovaný a dále už není měněn výstupní kmitočet měničů frekvencí, jenž řídí čerpadla. Tento přístup předpokládá velice dobře navrženou hydrauliku vlastní měrné tratě a vhodně zvolený klouzavý filtr aplikovaný na surová analogová data z průtokoměrů. Veškeré zde popisované parametry jsou v servisním režimu v rámci řídicího systému plně měnitelné. Vlastní ladění PID regulátoru pro každou trať probíhalo postupně. Nejprve byla stanovena proporcionální (P) složka, tak aby bylo dosaženo právě požadovaného průtoku. Následovalo nastavení složky integrační (I) s požadavkem na utlumení vícenásobných překmitů P regulátoru. Jako poslední byla nastavena derivační (D) složka regulátoru pro zajištění hladkého „dojezdu“ k požadovanému průtoku. Stanovené hodnoty jednotlivých složek regulátoru musely být následně verifikovány i při jiných průtocích. Zde se ukázalo, že díky komplikované charakteristice regulovaného obvodu za některých stavů dochází k nestabilitám, takže musely být stanoveny mírnější parametry regulátoru. Jejich dopad se projevuje především v delším čase vyregulování systému, který lze uvažovat kolem 5 min. Do hry při regulaci ještě vstupují dopady možného výrazného poklesu hladiny v podzemní zásobní nádrži při plnění jednotlivých měrných tratí. Může jít o pokles odpovídající třeba i objemu  $25 \text{ m}^3$  vody, kterým je při výzkumných pracích měrná trať naplněna.

Vedle tohoto základního odladění systému byla řešena i problematika možného nestandardního provozu více než dvou tratí či ošetření pod-

míněného otvírání a zavírání klapkových uzávěrů v době přepínání mezi jednotlivými tratěmi.

### 6. Závěr

Příspěvek prezentuje nové provozní a technické možnosti regulace, ovládání, archivace a vizualizace neelektrických veličin jednoho z inovovaných hydraulických okruhů laboratoře Ústavu vodních staveb. Dodavatelem strojní technologie byla firma AQUAS vodní díla, s. r. o., dodavatelem elektro-technologické části pak firma Remis, s. r. o. Inovací tohoto hydraulického okruhu se Fakulta stavební (za přispění Rozvojového projektu VUT v Brně) stala vlastníkem dalšího funkčního systému světové úrovně. Došlo tak ke zkvalitnění výuky ve všech studijních programech FAST a k zefektivnění práce základního a aplikovaného výzkumu.

### 7. Literatura

- 1 Cichra R, Šnelerová M, Žoužela M Inovace čerpací stanice Laboratoře vodohospodářského výzkumu, Provozní projekt strojní technologické části, LVV – FAST – VUT v Brně, 2008
- 2 Žoužela M, Šnelerová M. Inovace čerpací stanice laboratoře Ústavu vodních staveb Fakulty stavební VUT v Brně. Sborník příspěvků z XII. Mezinárodní konference VUT v Brně, 2009, str. 217–220, ISBN 978-80-7204-629-4
- 3 Šnelerová M Návrh algoritmu a vizualizace řídicího systému čerpací stanice Laboratoře vodohospodářského výzkumu Ústavu vodních staveb. Studentská vědecká odborná činnost 2008 – IX. Ročník česko-slovenského kola. Ostrava 2008
- 4 Šnelerová M Inovace čerpací stanice Laboratoře vodohospodářského výzkumu. Diplomová práce. ÚVST – FAST – VUT v Brně, Brno 2008.

Ing. Michal Žoužela, Ph. D.

Ústav vodních staveb Laboratoř vodohospodářského výzkumu  
Fakulta stavební VUT v Brně, Veveří 331/95, 602 00 Brno  
tel.: 541 147 286, fax: 541 147 288  
e-mail: zouzela.m@fce.vutbr.cz

Ing. Markéta Šnelerová

absolventka Ústavu vodních staveb, Fakulty stavební VUT v Brně  
e-mail: snelerova@seznam.cz



**DISA – váš spolehlivý partner**

Výhradní zastoupení významných zahraničních firem.  
Montáž a servis v oblastech:

- dezinfekce vody UV zářením,  $\text{O}_3$ ,  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{ClO}_2$
- příslušenství trubních řadů
- detekce úniku vody, plynu a trasování
- čerpání vody a jiných médií
- diagnostika kamerovými systémy

DISA v.o.s., Barvy 784/1, 638 00 Brno  
tel.: 545 223 040, fax: 545 222 706  
e-mail: info@disa.cz, www.disa.cz

**SIEMENS**

**Divize Industry Solution**

Siemens s. r. o.  
**Úsek vodárenských technologií**

Víděnská 116, 619 00 Brno

Výstavba investičních celků  
a inženýrské služby.

Tel.: 547 212 323  
Fax: 547 212 368

**Komplexní dodávky  
a realizace elektro.**

E-mail: is.cz@siemens.com  
www.siemens.cz/is

**K&H KINETIC a.s.**

Zlatnická 33, 339 01 Klatovy  
tel.: +420 376 356111 fax: +420 376 322771  
e-mail: obchod@kh-kinetic.cz  
http://www.kh-kinetic.cz



**PROJEKTY ■ DODÁVKY ■ MONTÁŽE ■ SERVIS**

- Vodohospodářské stavby a zařízení
- Městské a průmyslové čistírny odpadních vod
- Řídicí systémy technologií pro průmysl a ekologii
- Bioplynové stanice • Plynojemny • Plynové kotelny • Teplofikace

**HUBER TECHNOLOGY**

**HUBER CS spol. s r. o.**

Cihlářská 19, 602 00 Brno, tel.: 541 215 635, 602 711 963  
fax: 541 216 835, e-mail: info@hubercs.cz

kancelář: **Táborská 31, 140 00 Praha 4**  
tel 261 215 615, 602 340 142, 602 979 827  
fax 261 215 207, e-mail: praha@hubercs.cz

**Dodávky technologických zařízení pro ČOV z nerezové oceli**