ÚSTAV PROCESNÍ A ZPRACOVATELSKÉ TECHNIKY

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STROJNÍ

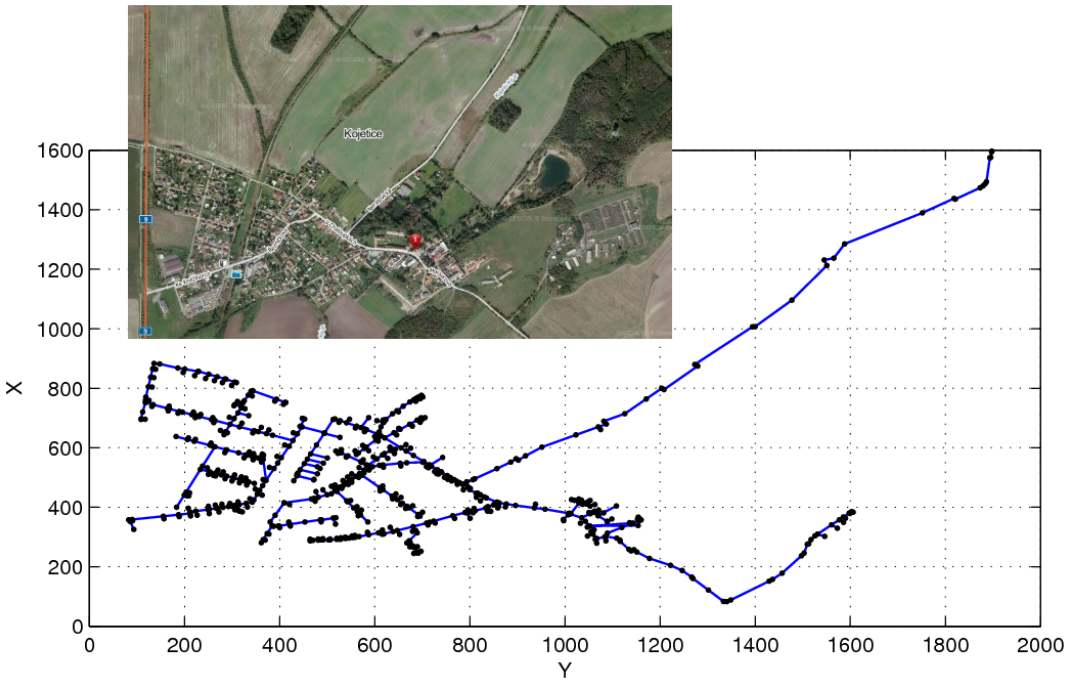
Hydrodynamický model tlakové kanalizace

Úvod

Systém gravitační kanalizace je tradiční systém používaný pro odvod splaškových vod v městech. V tomto systému je gravitační síla hnací silou toku odpadních vod z domácností odváděných do potrubního systému kanalizace. Problémem gravitačního kanalizačního systému je nutnost vytvoření dostatečného spádu pro zajištění odtoku, který se projeví velkou hloubkou výkopů, v nichž je potrubní kanalizační systém umístěn. V případech malých, řídkých kanalizačních sítí umístěných často v terénu s většími výškovými rozdíly se ukazuje, že efektivnějším řešením by mohla být kanalizační síť tlakové kanalizace – potrubní sít o relativně malém průřezu umístěná v nezámrzné hloubce pod zemí, do níž jsou s pomocí čerpadel čerpány odpadní vody z odpadních jímek jednotlivých připojených objektů (domácností, firem) , kterou jsou odváděny zpravidla do čistírny odpadních vod. Toto čerpání musí probíhat ve vhodných časových intervalech a za nastavených podmínek zaplněnosti jímky. V případě tlakové kanalizace však vyvstává snad ještě důrazněji nutnost správného návrhu a dimenzování jednotlivých prvků potrubní kanalizační sítě. Současná a často náhodná, vzhledem k náhodnosti tvorby odpadních vod, součinnost několika čerpadel čerpajících odpadní vodu do potrubní sítě ovlivňuje hydrodynamické chování potrubní sítě a může vést ke vzniku hazardních hydrodynamických stavů, kdy by mohlo dojít k přetížení některé části potrubní sítě. Pověstnou třešničkou na dortu je pak optimalizace vyprazdňování jednotlivých jímek vedoucí k rovnoměrnějšímu nátoku odpadních vod na čistírnu odpadních vod, jejímž důsledkem je snížení investičních nákladů na stavbu čistírny odpadních vod.

Hydrodynamický model potrubní sítě

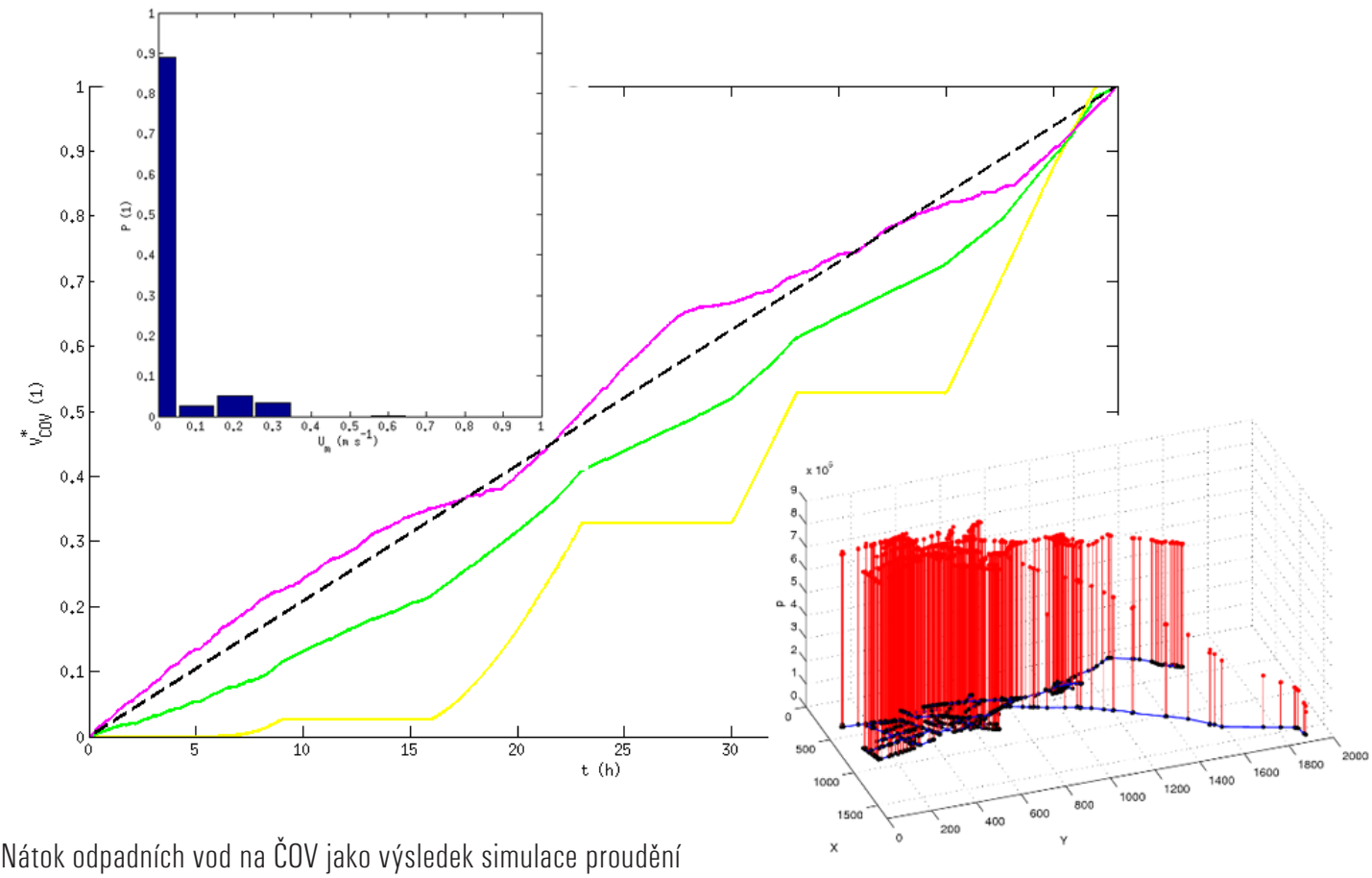
Hydrodynamický model potrubní kanalizační sítě je vytvářen s ohledem na možnost sledování rychlostních a tlakových poměrů v potrubní síti a s ohledem na sledování nerovnoměrností v nátoku odpadních vod na ČOV. Průtoky či střední objemové rychlosti jednotlivými větvemi jsou důležitým parametrem pro posouzení správného návrhu potrubní sítě (proplachovací rychlosti). Tlakové ztráty či rozložení tlaků v jednotlivých uzlech potrubní sítě jsou zase velice důležité pro dimenzování a kontrolu čerpadel a dimenzování jednotlivých elementů potrubní sítě (jmenovitý tlak). Časové měřítko dějů probíhajících v potrubní síti, které nás s ohledem na výše uvedené výstupy zajímá, se pohybuje v řádech hodin či spíše dnů. Vzhledem k tomuto faktu je pak možné zanedbat stlačitelnost dopravovaného média a řešit potrubní síť aplikací klasického stacionárního (či kvazistacionárního přístupu) založeného na aplikaci rovnice kontinuity a Darcy-Weisbachovy rovnice, kdy se problém zredukuje pouze na řešení velkého systému nelineárních algebraických rovnic.



Topologie řešené potrubní kanalizační sítě (černými tečkami jsou zobrazeny uzlové body a modrými čárami jednotlivé potrubní elementy – větve) a letecký snímek simulované lokality (http://mapy.seznam.cz)

Tlaková kanalizační síť „Kojetice“

Použití hydrodynamického modelu bylo testováno na reálné kanalizační síti, která obsahuje 694 uzlových bodů a 693 větví.



Nátok odpadních vod na ČOV jako výsledek simulace proudění v potrubní síti s použitím různých modelů vyprazdňování jímek. Ilustrativní tlakové profily v řešené kanalizační potrubní síti (vpravo) a relativní četnost výskytu proudění o dané střední rychlosti ve všech větvích potrubní sítě (vlevo).

Použití

- Výpočet rychlostních a tlakových poměrů v potrubní síti potřebných pro kontrolu správné funkce i dimenzování kanalizační potrubní sítě.
- Simulace nátoku odpadních vod na čistírnu odpadních vod pro zvolené modely vyprazdňování jímek.
- Optimalizace průměru větví potrubní sítě z hlediska její správné funkce (proplachovací rychlosti) a z hlediska rovnoměrnosti nátoku odpadních vod na čistírnu odpadních vod s důsledkem investičních úspor při její stavbě (model vyprazdňování).

Kontakt projektu

prof. Ing. Tomáš, Jirout, Ph.D.
vedoucí ústavu, řešitel projektu
e-mail: Tomas.Jirout@fs.cvut.cz
tel: 224 352 681

Ing. Martin Dostál, Ph.D.
spoluřešitel projektu
e-mail: Martin.Dostal@fs.cvut.cz
tel.: 224 358 489

Ing. Karel Petera, Ph.D.
spoluřešitel projektu
e-mail: Karel.Petera@fs.cvut.cz
tel.: 224 359 949

Reference

Krbec, A., Jirout, T., Dostál, M., Petera, K.: Optimalizace systémů tlakových kanalizací pomocí matematického modelování jejich provozních stavů: hydrodynamický model potrubní sítě, SOVAK Časopis oboru vodovodů a kanalizací, 24 (2015), No. 3, pp. 6-11.

Poděkování

Tato práce vznikla za podpory výzkumného projektu TA02011201, Technologické agentury České republiky s názvem „Optimalizace systémů tlakových kanalizací pomocí matematického modelování jejich provozních stavů“.

WWW.FS.CVUT.CZ/USTAV-12118