

VĚDECKÉ SPISY VYSOKÉHO UČENÍ TECHNICKÉHO V BRNĚ

*Edice Habilitační a inaugurační spisy, sv. 225*

*ISSN 1213-418X*

**Petr Hlavínek**

**VYBRANÉ PROBLÉMY  
VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ  
URBANIZOVANÝCH ÚZEMÍ  
A JEJICH ŘEŠENÍ  
V RÁMCI VÝZKUMNÝCH PROJEKTŮ**

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta stavební

Ústav vodního hospodářství obcí

**Doc. Ing. Petr Hlavínek, CSc.**

**VYBRANÉ PROBLÉMY VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ  
URBANIZOVANÝCH ÚZEMÍ A JEJICH ŘEŠENÍ  
V RÁMCI VÝZKUMNÝCH PROJEKTŮ**

SELECTED PROBLEMS IN WATER MANAGEMENT  
OF URBAN AREAS AND THEIR SOLUTION  
IN THE FRAME OF RESEARCH PROJECTS

TEZE PŘEDNÁŠKY K PROFESORSKÉMU JMENOVACÍMU ŘÍZENÍ  
V OBORU  
VODNÍ HOSPODÁŘSTVÍ A VODNÍ STAVBY



BRNO 2007

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Vodní hospodářství, urbanizované území, rekonstrukce, hospodaření s dešťovými vodami, znovu-využití vody, expertní systémy

## **KEY WORDS**

Water management, urban area, reconstruction, storm water management, wastewater reuse, decision support systems

## OBSAH:

1	HISTORIE.....	6
2	ÚVOD .....	6
3	REHABILITACE STOKOVÝCH SÍTÍ.....	6
3.1	Výkonnostní ukazatele.....	9
3.2	Popis a hodnocení stavu potrubí .....	9
3.3	Popis a hodnocení hydraulických vlastností .....	10
3.4	Informační systém (databáze) sanačních technologií .....	11
3.5	Socioekonomické aspekty .....	12
3.6	Multikriteriální rozhodování .....	12
3.7	CARE-S Prototyp.....	13
3.8	CARE-S Rehab Manager .....	13
3.9	Nástroje CARE-S .....	14
3.10	Praktická aplikace prototypu CARE-S na reálné síti města Ivančice .....	17
4	ZÁVĚR.....	19
5	POUŽITÁ A SOUVISEJÍCÍ LITERATURA .....	19
6	KONCEPCE DALŠÍ VĚDECKÉ ČINNOSTI.....	20
7	KONCEPCE DALŠÍ PEDAGOGICKÉ ČINNOSTI.....	22
8	VYBRANÉ NEJVÝZNAMĚJŠÍ PUBLIKACE AUTORA .....	23
	ABSTRACT.....	26

## PŘEDSTAVENÍ AUTORA

Doc. Ing. Petr Hlavínek, CSc.  
Narozen: 15. 3. 1959 v Brně



### Vzdělání:

- Učební obor zedník, Ingstav Brno.
- Střední průmyslová škola stavební, vodní stavby a vodní hospodářství (1975–1979).
- Vysoké učení technické v Brně, obor Vodní stavby a vodní hospodářství (1979–1984).
- Institute of Hydraulic and Environmental Engineering, Delft, Nizozemí (1990–1991).
- Central European University Budapest, Environmental Science and Politics (1993).
- CSc. 1993, téma „Automatizace projektových prací oboru stokování a ČOV“, obor Vodní stavby a vodní hospodářství.
- Doc. 1998, obor Vodní stavby a vodní hospodářství.

### Zaměstnání:

- 1984 až 1985 – základní vojenská služba VPÚ Bratislava.
- 1985 až 1992 – Hydroprojekt Praha, OZ Brno, později AQUATIS a. s.
- 1991 až dosud – FAST VUT v Brně, Ústav vodního hospodářství obcí.

### Praxe:

- Projektant, stavbyvedoucí v rámci vojenské základní služby.
- Asistent, projektant, samostatný projektant, vedoucí projektant a hlavní inženýr projektu v HYDROPROJEKT Praha, OZ Brno, později AQUATIS a. s. Brno.
- Odborný asistent, docent na Ústavu vodního hospodářství obcí FAST VUT v Brně.

### Členství v odborných organizacích:

- Člen svazu stavebních inženýrů od r. 1990.
- Člen komory autorizovaných inženýrů od r. 1993.
- Člen IWA (International Water Association) od r. 1992.
- Člen Asociace čistírenských expertů ČR od r. 1993 (člen předsednictva 1995–2003).

### Odborné stáže:

- Údržba a provoz pilotních čistíren odpadních vod, Department of Water Pollution Control, Wageningen, Agricultural University, Nizozemí (1991)
- National Water Research Institute, Canada Centre for Inland Waters, Wastewater Technology Centre, Kanada (1994)
- University of California Los Angeles, Department of Civil Engineering, USA (1994)
- University Exeter, Center for Water Systems, School of Engineering and Computer Science Exeter, Velká Británie (2004)
- University of Wollongong, Environmental Engineering, Austrálie (2005)
- Ben Gurion University of the Negev, Izrael (2006)

### Vybraná spolupráce s externí sférou:

- Fakulta stavební a Fakulta strojního inženýrství ČVUT v Praze, Fakulta technologie vody a prostředí VŠCHT v Praze, Agronomická fakulta MZLU v Brně.
- ASIO s. r. o., AQUAPROCON s. r. o, BVK a. s., ENVI-PUR s. r. o., Hydroprojekt a. s., Prefa a. s., POYRY a. s., PVK a. s., PVS a. s., VODÁRENSKÁ a. s., VKMO s. r. o.

### **Vybrané řešené projekty (odpovědný řešitel):**

- 1988–1989 Automatizace projektového procesu v oboru stokových sítí a ČOV, I a II etapa, výzkumný úkol technického rozvoje v rámci projektu 2000 automatizovaných pracovišť, HDP.
- 1995–1997 Biological Treatment of Wastewater from Small Sources of Pollution, Environmental research Support Scheme-grant, Central European University, Department of Environmental Science and Policy, Budapest.
- 2005–2008 Integrovaný přístup při řešení využití dešťových vod v intravilánu. Ministerstvo zemědělství ČR.
- 2006–2008 Minimalizace množství nutrientů a odpadních vod vypouštěných do vod povrchových a podzemních (MPO ČR).
- 2006–2008 Vývoj malé čistírny odpadních vod se separací kalu ponořeným membránovým modulem (MPO ČR).

### **Vybrané řešené projekty (spoluřešitel):**

- 1995–1996 Nutrient balances For Danube Countries and Options for Surface and Ground Water Protection, PHARE.
- 1993–1995 CARE – S (Computer Aided REhabilitation of Sewer networks), projekt 5. rámcového programu EU, koordinátor SINTEF, Norsko.
- 1994–1996 AQUAREC (Integrated concepts for reuse of upgraded wastewater), projekt 5. rámcového programu EU, koordinátor University of Technology Aachen.
- 1996–1999 MBR-train, projekt 6. rámcového programu EU, Marie Curie Early Stage Research Training site.

### **Pedagogická činnost:**

- *Magisterský program*
  - Přednášky: Inženýrské sítě (1992–1993), Čištění odpadních vod (1992–dosud), Vybrané statě z čištění odpadních vod (1993–1995), Čištění odpadních vod z potravinářského průmyslu (1992–dosud), Automatizace čistíren odpadních vod (1994–1995), Čistota vod (1992–dosud), Vodní stavitelství (1993–dosud), Vodohospodářský management (2002–dosud).
  - Vedení diplomantů: 35 obhájených prací.
  - Členství v komisích pro SZZ a obhajoby DP: FATU VUT v Brně.
- *Doktorský program*
  - Přednášky: Čištění odpadních vod, Čistota vod.
  - Vedení doktorandů: 3 obhájené práce, 1 odevzdaná práce v anglickém jazyce.
  - Členství v komisích pro obhajoby doktorských disertačních prací v oborových radách DSP: FAST VUT – Vodní hospodářství a vodní stavby, Agronomická fakulta MZLU – Technologie odpadů.

### **Publikace:**

- Původní vědecká práce ve vědeckém časopisu s impakt faktorem > 1: 3.
- Články ve vědeckých a odborných časopisech: 15.
- Sborníky mezinárodních vědeckých konferencí: 26.
- Odborné publikace: 6.
- Sborníky konferencí: 56.
- Výzkumné a expertní zprávy: 32.
- Významné inženýrské dílo: 8.
- Recenzní a odborné posudky: 250.
- Skripta: 5.

## 1 HISTORIE

Historie Ústavu vodního hospodářství obcí, známého dříve pod názvem Katedra zdravotního inženýrství, se odvíjí prakticky od založení školy. Základní náplní ústavu byla po celou dobu existence problematika úpravy a dopravy pitné a užitkové vody, odvádění a čištění komunálních a průmyslových odpadních vod. Zdravotní inženýrství se začalo rozvíjet od roku 1908, kdy byl na škole založen odbor kulturního inženýrství. Nejprve na I. Ústavu meliorací pod vedením prof. Vincence Hlavinky a od roku 1934 pod vedením prof. Jana Zavadila na II. Ústavu meliorací, který byl v roce 1947 přejmenován na Ústav zdravotního inženýrství. V roce 1950 byla zřízena Katedra zdravotního inženýrství vedená v letech 1950–1952 prof. Karlem Jůvou. V letech 1952–1955 řídil činnost ústavu prof. Jan Zavadil a poté do roku 1971 prof. Augustin Sukovitý. V roce 1971 byl jmenován vedoucím katedry doc. Břetislav Sommer a po jeho odchodu do důchodu prof. Igor Tesařík, který působil ve funkci vedoucího katedry až do konce roku 1989, kdy katedru přejmenovanou na Ústav vodního hospodářství obcí převzal prof. Milan Šerek.

Záměry ústavu v oblasti vědeckovýzkumné souvisely vždy do určité míry s osobou vedoucího ústavu. Prof. Hlavinka kladl vědecké cíle především v oblasti meliorací, vodárenství a kanalizace měst. Prof. Zavadil působil především v oblastech vodárenství, stokování a čištění odpadních vod. V období působení prof. Sukovitého byla věnována pozornost v oblasti vědeckovýzkumné zejména problematice technologie a dopravy vody, lázeňství, domovních instalací, provádění staveb a hygieně sídlišť. Od roku 1964 ovlivňuje vědeckovýzkumnou práci ústavu prof. Milan Šerek, který se věnuje problematice matematického modelování sítí pro dopravu vody a dalších médií. Po nástupu prof. Tesaříka se vědecko-výzkumné zaměření ústavu orientuje na problematiku úpravy vody, zejména problematiku čiřičů.

V posledním období od roku 1989 ústav spolupracuje na řešení řady grantových projektů financovaných z národních i mezinárodních zdrojů a na řešení vědeckovýzkumných zakázek hospodářské činnosti.

## 2 ÚVOD

K významným problémům vodního hospodářství urbanizovaných území patří problematika rekonstrukcí vodohospodářské infrastruktury a problematika zajištění zdrojů vody. Uvedené dva okruhy patří po řadu let k nosným tématům, které jsou řešeny Ústavem vodního hospodářství obcí FAST VUT v Brně. V textu jsou uvedena dílčí témata řešená v rámci výzkumných projektů financovaných z národních i mezinárodních zdrojů. Řešení výzkumného projektu financovaného z 5. rámcového programu Evropské komise je podrobněji demonstrováno na projektu CARE-S. Další řešené a připravované projekty jsou diskutovány v koncepci další vědecké činnosti.

## 3 REHABILITACE STOKOVÝCH SÍTÍ

V současné době vzrůstá potřeba sanace splaškových a dešťových kanalizací ve velkých městech, což je způsobeno jejich stářím, omezenou schopností odvádět stále větší objem odpadních vod a v neposlední řadě i klimatickými změnami. Díky rozšiřování ploch s malou infiltrační a evapotranspirační schopností roste zejména množství dešťových vod. Nedostatečná kapacita a opotřebení potrubí jsou hlavní příčinou poruch kanalizace a místních havárií, které jsou nebezpečné zejména možným zaplavením sklepů, poškozením komunikace a následně omezením dopravy, znečištěním recipientu apod.

Jako reakce na tuto situaci jsou vyvíjeny nové přístupy podporované výpočetní technikou, které využívají jednak hydraulického, jednak hygienického pohledu na tuto problematiku. K úspěšnému řešení je zapotřebí mít širokou teoretickou základnu a praktické zkušenosti v oboru stokování a odvádění odpadních vod, stejně jako disponovat množstvím potřebných dat vztahujících se k dané lokalitě.

Dodnes nejsou v evropských podmínkách k dispozici jednotně definované zásady pro rozhodovací proces při sanaci stokových sítí. Ve většině případů je aplikován tzv. reaktivní přístup, kdy příslušná opatření jsou prováděna až poté, co je na síti indikována porucha. Tento přístup je velmi nevýhodný, neboť zde neexistuje jednotný koncept ani plán obnovy sítě, žádné směrnice pro stanovení nejvýhodnější sanační technologie ani systém hodnocení stavu sítě po provedení sanace. Naopak proaktivní přístup, který všechny tyto požadavky splňuje, je charakterizován ústřední myšlenkou: Sanovat správné potrubí ve správnou dobu při minimálních nákladech a použít přitom vhodnou sanační technologii, a to ještě před tím, než se porucha na síti vyskytne. Na tomto přístupu je založen mezinárodní projekt CARE-S (Počítačová podpora plánování sanace stokových sítí) řešený pod záštitou 5. rámcového programu na Ústavu vodního hospodářství obcí FAST VUT v Brně. CARE-S je součástí projektu CityNet (The Network of European research projects on Integrated Urban Water Management), což je seskupení šesti samostatných projektů řešených v letech 2001–2005 v rámci 5. rámcového programu EU. Tyto projekty se týkají integrovaného vodního hospodářství urbanizovaných celků včetně vzájemných vztahů mezi odpadní vodou, recipientem a podzemní vodou:

- CARE – W Počítačová podpora plánování obnovy vodovodních sítí (Norsko).
- CARE – S Počítačová podpora plánování obnovy stokových sítí (Norsko).
- DayWater Adaptivní podpůrný systém rozhodování při integraci řízení přívalových průtoků do strategií udržitelného vodního hospodářství v urbanizovaných celcích (Francie).
- AISUWRS Definice a zdokonalení udržitelnosti vodních zdrojů a systémů v urbanizovaných celcích (Německo).
- APUSS Stanovení infiltrace a exfiltrace stokových systémů (Francie).
- CD4WC Ekonomický rozvoj systémů odvodnění urbanizovaných celků při dodržení daných vodohospodářských předpisů (Německo).

Do projektu CityNet bylo zapojeno 55 výzkumných pracovišť a 59 koncových uživatelů, což představuje podstatnou část evropské vědeckovýzkumné základny v této oblasti.



Obr. 1: Partneři a koncoví uživatelé projektu CARE-S  
(legenda: research centre – výzkumné pracoviště, end user – koncový uživatel)



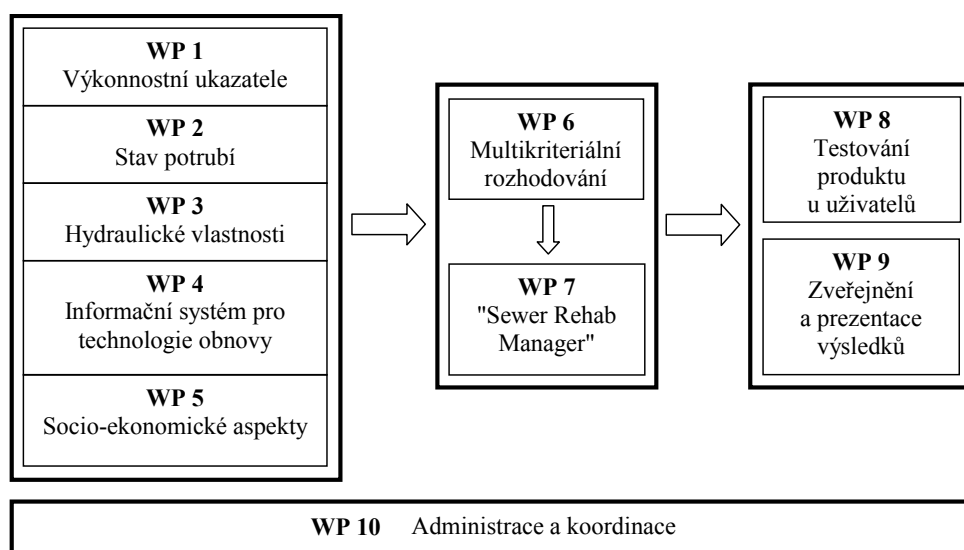
Na projektu CARE-S spolupracovalo 15 výzkumných ústavů a vysokých škol z celé Evropy i z Austrálie:

- The Foundation of Scientific and Industrial Research (SINTEF), Norway.
- Norwegian University of Science and Technology (NTNU), Norway.
- Brno University of Technology, Czech Republic.
- Cemagref, Water and waste disposal engineering and management, France.
- Dresden University of Technology, Department of Civil Engineering, Germany.
- Aalborg University, Aalborg, Denmark.
- National Laboratory of Civil Engineering (LNEC), Lisboa, Portugal.
- Water Research Centre (WRc plc), Swindon, United Kingdom.
- University of Bologna, Italy.
- University of Ferrara, Italy.
- University of Palermo, Italy.
- Clavegueram de Barcelona (CLABSA), Spain.
- Budapest University of Technology, Hungary.
- ENGEES, Strasbourg, France.
- Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), Melbourne, Australia.

Projekt byl řešen v úzké spolupráci se 17 vybranými koncovými uživateli (end-user), kterým by měl finální produkt sloužit k plánování obnovy stokových sítí. Mezi těmito uživateli byli zejména provozovatelé stokových sítí, orgány státní správy a vodohospodářské společnosti z Norska, Španělska, České republiky, Maďarska, Německa, Itálie, Austrálie, Francie, Portugalska, Velké Británie, Dánska a Litvy.

Celý projekt byl rozdělen do deseti tzv. pracovních balíčků (work package – WP). Každý WP se zabývá určitou částí projektu a je řízen některým z partnerů. Koordinátorem celého projektu (WP 10) je SINTEF (Norsko). Jednotlivé pracovní balíčky tvoří tři hlavní logické celky:

- a) věda a výzkum (WP1 – 5) Vědecké základy projektu zejména pro metodologii;
- b) metodologie (WP6 – 7) Jádru projektu, zahrnující procedury potřebné pro zpracování projektu;
- c) praktická aplikace (WP7 – 9) Sestavení a testování programu Sewer Rehab Manager, zapojení konečných uživatelů do procesu zlepšování tohoto produktu;



Obr. 2: Struktura projektu CARE-S

### 3.1 VÝKONNOSTNÍ UKAZATELE

Jedním z prvních úkolů projektu bylo vytvoření nástroje (PI Tool/S) pro výpočet výkonnostních ukazatelů pro splaškové a dešťové stokové sítě. Bylo vybráno 41 ukazatelů týkajících se rozhodovacího procesu, včetně analytických a statistických procedur pro stanovení a prognózu vybraných výkonnostních ukazatelů. Na sběru dat a hodnocení relevance ukazatelů se podílelo 32 partnerů projektu a spolupracujících koncových uživatelů finálního software.

Pojem výkonnostní ukazatel je možno definovat jako poměr mezi hodnotami stejného nebo různého rozměru vyjadřující výkonnost dané společnosti v určitém aspektu sanace provozované sítě. Tyto ukazatele jsou vypočítávány z tzv. interních a externích informací (dat).

Interní informace zahrnují data, která se týkají přímo vodohospodářské společnosti a která mohou být touto společností jistým způsobem ovlivňována. Soubor interních informací zahrnuje 7 skupin vztahujících se k:

- (a) životnímu prostředí (ukládání sedimentů, počet a množství přepadů, srážky apod.),
- (b) hydrotechnice (plocha povodí, délky potrubí, materiál, profil, stáří, typ spojení trub, šachty apod.),
- (c) akumulaci na síti (dešťové zdrže, čerpací stanice apod.),
- (d) provozu (čištění kanalizace, opravy, rekonstrukce a výměny potrubí, boční přítoky, infiltrace, exfiltrace, ucpání profilu apod.),
- (e) demografii a datům o zákaznících (počet napojených obyvatel apod.),
- (f) kvalitě služeb (vyplavení, přerušení odvádění odpadních vod, stížnosti apod.),
- (g) ekonomickým datům (celkové, provozní a investiční náklady).

Externí informace jsou data, která nemohou být ovlivněna zkoumanou společností, ačkoliv jsou důležitá pro stanovení sanační strategie. Týkají se:

- (a) demografie a ekonomiky státu (hustota obyvatel, roční přírůstek obyvatelstva, inflace apod.),
- (b) životního prostředí (průměrná, maximální a minimální roční srážka, teplota, nadmořská výška, informace o recipientu apod.),
- (c) dalších faktorů potenciálně ohrožujících sanaci (geotechnické a seismické podmínky, dopravní situace, vztah k ostatním inženýrským sítím apod.).

Systém navržených výkonnostních ukazatelů představuje hlavní zdroj informací pro stanovení produktivity a efektivity vybrané společnosti včetně historického vývoje. Současně umožňuje přehledné srovnání různých organizací založené na současném stavu sítě. PI Tool/S software je užitečný nástroj, pomocí kterého lze provádět kvantitativní i kvalitativní hodnocení služeb poskytovaných jednotlivými společnostmi. Vypočtených 41 ukazatelů lze zařadit do pěti skupin:

- (d) Ukazatele týkající se životního prostředí (frekvence a objem přepadů z OK, sedimenty, apod.).
- (e) Hydraulické ukazatele (přetížení).
- (f) Provozní ukazatele (čištění kanalizace, opravy apod., šachty, přípojky, boční přítoky, infiltrace, exfiltrace, poruchy apod.).
- (g) Ukazatele kvality služeb (vyplavení, přerušení odvádění OV, stížnosti apod.).
- (h) Ekonomické ukazatele (náklady, investice).

### 3.2 POPIS A HODNOCENÍ STAVU POTRUBÍ

V Evropě existuje několik systémů klasifikace dat získaných z průzkumu inspekčními kamerami (CCTV). Členským státům Evropské Unie byl předložen a doporučen standardní kódovací systém pro popis poškození kanalizačního potrubí EN13508. Obsahuje rozdělení a zařazení všech potenciálně nebezpečných poruch a jevů, které mohou indikovat potřebu sanace potrubí.

V rámci projektu CARE-S proběhl průzkum běžně používaných klasifikačních systémů inspekce kanalizace (CCTV, průlezné stoky, zrcadla, kamery apod.). Každý systém byl podrobně zkoumán, popsán a porovnán s ostatními z hlediska jeho základního přístupu k problematice i zvláštností (typy potrubí a materiálů, šachty a jiné objekty na síti, přípojky apod.) a dále byla uvedena jeho platnost, tedy zda jde o národní či mezinárodní standard, nebo jen regionální doporučenou metodu. Na sběru dat a jejich zpracování se podíleli různou měrou všichni partneři projektu.

Pro praktické použití v evropských poměrech bylo vybráno šest hlavních klasifikačních systémů, které jsou stejně jako evropská norma součástí prototypu CARE-S (zmiňovaný evropský standard však je jediným, se kterým vlastní prototyp pracuje). Byla vyvinuta softwarová aplikace pro transformaci dat z různých klasifikačních systémů do EN13508, která je schopna používat současně data z různých zdrojů na základě pravidel daných touto evropskou normou. To také umožňuje využít existující databáze jednotlivých kódovacích systémů.

V rámci projektu byly také vyvíjeny modely popisující jevy jako ucpání potrubí, infiltrace a exfiltrace. Jsou založeny na evropském kódování výstupů u CCTV inspekce.

### 3.3 POPIS A HODNOCENÍ HYDRAULICKÝCH VLASTNOSTÍ

Cílem této části projektu bylo sestavit matematický model stárnutí potrubí zahrnující vliv časového průběhu degradačních změn na funkci stokové sítě a životní prostředí. Na tomto základě byl následně vyvinut model pro odhad spolehlivosti splaškové i dešťové stokové sítě.

Pro matematické modelování překážek v potrubí včetně kořenů, posunu napojení potrubí apod. byl používán 3D model (FLUENT), který byl transformován do 1D rozměru tak, aby byl kompatibilní s vybranými hydraulickými modely (MOUSE, InfoWorks a SWMM).

Prvním úkolem bylo zhodnocení současných používaných nejlepších metod. Byly popsány komerční i volně dostupné softwarové nástroje používané v celosvětovém měřítku pro matematické modelování procesů ve stokové síti (výška hladiny, kvalita vody, transport sedimentů apod.), čištění odpadních vod, recipientů a podzemní vody.

Modely různých typů byly hodnoceny z hlediska jejich dostupnosti, komplexnosti, možností simulace apod. Tento přehled tvořil základ do následný výběr nástrojů vhodných pro použití v rámci projektu.

Jednoduché modely jsou používány pro rychlou simulaci dlouhých dešťových řad (např. odhad dopadu na recipient z hlediska životního prostředí), zatímco podrobné modely jsou schopny vypočítat průtok, hloubku a rychlost v každém úseku nebo objektu na síti (odlehčovací komory). V rámci projektu CARE-S byly popsány a zhodnoceny následující matematické modely:

- (a) Městské odvodnění – kvantitativní modely: BEMUS, SWMM, HYDROWORKS/INFOWORKS, MOUSE, SEWERCAD, STORMCAD, SIMPOL3, COSMOSS, DORA, Pre-competitive urban drainage flow models.
- (b) Městské odvodnění – kvalitativní modely: SWMM, HYDROWORKS/INFOWORKS – quality model, MOUSE, KOSIM, SIMBA, SIMPOL3, FLUPOL, HORUS, WATS, COSMOSS, DORAT, Pre competitive solid transport models.
- (c) Modely recipientu: ISIS, MIKE11, WASP6.
- (d) Modely pro analýzu ČOV: STOAT, WEST.
- (e) Modely ovlivnění podzemní vody: MicroFEM, GMS.

Model stárnutí potrubí je založen na obecné dynamické vlně – transportních modelech. Vliv poruch na kapacitu potrubí byl vyšetřován pomocí hydraulických modelů a testován v reálných podmínkách. V rámci projektu jsou využívány tři hlavní jednodimenzionální modelové nástroje pro městské odvodnění – MOUSE, InfoWorks a SWMM. Byly analyzovány a popsány jejich hlavní procedury, požadovaná vstupní data a formát výstupů. Aby byla zajištěna spolehlivost pro

různé klimatické a provozní podmínky, byly provedeny tři případové studie; jedna v Norsku (Oslo) a dvě v Itálii (Correggio a Palermo).

Dalším úkolem byl vývoj metody pro modelování stárnutí potrubí, která by kombinovala evropský systém kódování EN 13508 a třídímenzionální CFD (Computational Fluid Dynamics) nástroj FLUENT pro hydraulické modelování poruch na síti. Výsledkem bylo určení vztahů pro výpočet poruch v 1D modelech městského odvodnění. Za účelem sestavení a testování modelu stárnutí potrubí byla provedena další případová studie, která doložila vliv tohoto jevu na nárůst vyplavování odpadní vody ze stokové sítě na povrch stejně jako na funkci odlehčovacích komor.

### 3.4 INFORMAČNÍ SYSTÉM (DATABÁZE) SANAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

V této fázi projektu byla sestavena databáze sanačních technologií, jejich výhod, nevýhod a možností použití. Byl zpracován stručný popis všech dostupných metod vhodných pro sanaci kanalizace včetně vybraných podstatných přínosů a nedostatků poskytujících doplňkové informace o dané technice. Sanační technologie jsou zde prezentovány pod svými obvyklými technickými názvy (nikoli komerčními). V databázi jsou zahrnuty všechny metody popsané v literatuře a získané z průzkumu dodavatelů. Několik z nich není určeno přímo pro sanaci stokových sítí, ale byly zde uvedeny pro úplnost, neboť mohou přinést užitek partnerům clusteru CityNet.

Kanalizační potrubí je zpravidla vystaveno střídání různých podmínek, což může způsobit širokou škálu jeho poškození. Vnitřní příčiny poruch jsou ovlivněny kvalitou odpadní vody, hydraulikou sítě a jejím stářím, dobou výstavby, materiálem a použitou technologií. Mezi vnější příčiny patří zejména přetížení dopravy, typ okolní zeminy a překročení její únosnosti, vrůstání kořenů, doly, tunely, jiné inženýrské sítě, hladina podzemní vody a úniky z vodovodní sítě. Všechny tyto jevy mohou vést k poškození potrubí a poruchám – trhliny, praskliny, deformace, infiltrace, exfiltrace, předměty v potrubí, posunutí, abraze, koroze, porušení stěn a následné zborcení potrubí.

Sanační technologie jsou dle ČSN EN 752-5 Venkovní systémy stokových sítí a kanalizačních přípojek – Část 5: sanace rozděleny do tří hlavních skupin:

- (a) Oprava – sanační metoda, při které je staré potrubí zachováno, pouze je odstraněno lokální poškození konstrukce potrubí s cílem zachovat jeho stávající charakteristiky a prodloužit jeho životnost (konzervování stavu):
  - (i) výkopové technologie,
  - (ii) bezvýkopové technologie (oprava roboty, krátké rukávce apod.).
- (b) Renovace – sanační metoda, při které je celá původní konstrukce potrubí nebo její část zakomponována do nové, přičemž stávající charakteristiky jsou zlepšeny:
  - (i) výkopové technologie,
  - (ii) bezvýkopové technologie (rukávce na místě vytvrzované – CIPP, relining apod.).
- (c) Obnova – sanační metoda, při které je staré potrubí nahrazeno novým (ať už v původní trase nebo mimo ni), přičemž není stávající konstrukce využita:
  - (i) výkopové technologie,
  - (ii) bezvýkopové technologie (trhání a vytahování potrubí, frézování apod.).

Široká škála technologií, která je prezentována v této databázi, představuje sadu nejnovějších informací o stávajících možnostech sanací. Předpokládá se, že je to dostatečný nástroj, který umožní uživateli vhodným technickým prostředkem vyřešit většinu případů sanace, se kterými se může setkat. Nicméně stále existují některé specifické problémy, např. nedostatek levných technik pro sanaci kanalizačních přípojek a neprůlezných stok.

### 3.5 SOCIOEKONOMICKÉ ASPEKTY

Další důležitou součástí projektu byla definice socioekonomických a environmentálních následků selhání stokové sítě. Byly zde zkoumány socioekonomické následky zahrnující vliv sanace na sociální náklady a kvalitu života v dané lokalitě, veřejné mínění a komunikace s veřejností.

Cílem stanovení vlivu sanace na socioekonomické náklady bylo propojit tyto „nepřímé“, „externí“ náklady s rozhodovacím procesem, tj. stanovit vliv poruch a jejich dopadu na okolní prostředí (tedy ne přímo na funkci kanalizace), a to pomocí směrnic a metod pro stanovení kritérií reprezentujících sociální náklady. Tato kritéria lze zařadit do dvou skupin:

- (a) rozhodovací kritéria pro srovnání daného počtu technologií v případě, že konkrétní potrubí (lokalita) je již vybráno (vliv sanačních prací na okolní prostředí),
- (b) rozhodovací kritéria pro srovnání projektů sanace v různých lokalitách s cílem posoudit očekávané poruchy a jejich rizika (vliv poruch).

Obě skupiny byly zakomponovány do příslušných multikriteriálních nástrojů a zpracovávány společně s ostatními kritérii (technickými, ekonomickými).

Řešení úkolu bylo založeno jednak na studiu dostupné literatury a jednak na reálných zjištěných datech (pojistné události a náhrady škod při poruchách a haváriích na stokové síti apod.).

Byly vyvinuty dva softwarové nástroje, které mají napomoci uživateli stanovit tato kritéria pomocí zadaných dat. Tyto nástroje jsou nyní zakomponovány do CARE-S prototypu.

Vliv sanace na kvalitu veřejného života zahrnuje také snahu o pochopení a definici dopadu poruch a sanačních prací na síti z hlediska veřejného mínění. Na základě případových studií na vybraných lokalitách formou dotazníkových akcí byl analyzován vnímaný stupeň ovlivnění každodenního života a tolerance veřejnosti. Byly provedeny přípravné průzkumy a rozděleny zájmové skupiny.

Prozkoumáno bylo také veřejné mínění a možnosti komunikace s veřejností. Cílem bylo dodat uživateli CARE-S doporučené pokyny pro komunikaci s veřejností, aby se v co možná největší míře zamezilo negativním reakcím na sanační práce a nespokojenosti se službami při odvádění odpadních vod v lokalitě.

### 3.6 MULTIKRITERIÁLNÍ ROZHODOVÁNÍ

Multikriteriální rozhodování v sobě zahrnuje tři hlavní části: výběr vhodné sanační technologie, volba finančně výhodných projektů a návrh sanačních plánů a strategií.

Definice strategie pro plánování obnovy stokové sítě si klade za cíl zkoordinovat plánované náklady na sanace v budoucích letech při zachování alespoň minimální požadované míry kvality odvádění odpadních vod. Prognóza budoucího stavu sítě je prováděna pomocí modelů stárnutí potrubí využívajících empirických dat získaných z inspekce reprezentativní části sítě. Strategie jsou vyvíjeny na úrovni celé sítě, neboť výsledky jsou většinou používány jako argument pro získání potřebných finančních prostředků pro sanaci. Následně jsou porovnávány a hodnoceny s ohledem na budoucí stav potrubí, roční náklady a dlouhodobé vlivy na urbanizované i přírodní prostředí. Po stanovení vhodné strategie musí být definovány prioritní úseky (kandidáti), a to nejdříve pro inspekci sítě a následně pro sanaci. Pro jejich stanovení je nutno definovat technická, ekonomická a socioekonomická kritéria.

Kandidáti jsou srovnáváni s ohledem na tato kritéria a vybírání pomocí interaktivní eliminační procedury, během které jsou krok za krokem vylučováni ti, kteří jsou méně vhodní než ostatní. Během tohoto procesu jsou průběžně zobrazovány potenciální dopady výběru, takže uživatel má v každém kroku přehled, co se stane (nebo nestane), pokud je konkrétní úsek vybrán.

Posledním procesem v plánování obnovy stokové sítě (po určení úseku potrubí s nejvyšší prioritou) je výběr nejlepší sanační technologie. S využitím databáze (viz výše) zahrnující více než 70 sanačních technologií může být nejvhodnější z nich nalezena pomocí systematického

srovnávání použitelných technologií. Nejdříve jsou vybrány technologie, které jsou vhodné pro dané parametry prioritního úseku (lze je použít pro daný materiál a profil, příp. šachty, okolní zeminu apod.) a schopné odstranit detekovanou poruchu. Následně jsou tyto předvybrané technologie srovnány s technickými, ekonomickými a socioekonomickými kritérii. V obecném případě tento nástroj nenalezne pouze jedinou metodu, ale malou skupinku nejlepších technologií, která může pomoci uživateli při přípravě výběrového řízení.

Tyto tři nástroje využívající výstupů z ostatního software vyvinutých v rámci CARE-S lze použít pro plánování sanace v široké perspektivě, od dlouhodobého plánování na vyšším stupni řízení až po konkrétní provádění daného projektu a hledání praktických řešení a metod.

### 3.7 CARE-S PROTOTYP

Všechny výše zmíněné samostatné nástroje vyvinuté v rámci projektu byly průběžně hodnoceny z hlediska jejich přínosu, požadavků na vstupní data a vzájemného propojení a postupně zapracovávány do CARE-S Procedure, která tvoří jádro tzv. CARE-S Prototypu (Sewer Rehab Manager). Procedura je v podstatě podrobný průvodce popisující vzájemné vztahy mezi jednotlivými nástroji a tok dat mezi nimi pro úspěšnou tvorbu plánu obnovy.

V první řadě byl proces plánování obnovy rozdělen do čtyř etap, a to na výchozí plán, studii, vlastní řešení a implementaci výsledků bez ohledu na to, jaké nástroje analýzy si uživatel zvolí. Následně byla popsána funkce zamýšleného produktu včetně vztahů mezi jednotlivými částmi projektu, toku dat a použitým softwarem, ať už vyvinutým v rámci CARE-S nebo externím. Nakonec bylo definováno uživatelské prostředí CARE-S Prototypu, které zahrnuje funkce pro import dat, příslušná dialogová okna, metody pro náhled a zpracování dat a spolupráci s CARE-S Procedurem.

V dalším kroku byla sestavena plně funkční verze CARE-S Prototypu jako pružné a výkonné aplikace schopné uchovat potřebné množství dat a výsledků, zpracovat je a zobrazit ve formátu tabulek nebo map. Prototyp je během tvorby plánu obnovy v úzké spolupráci s ostatními CARE-S nástroji zpracovává data a podává příslušné zprávy a poskytuje interaktivní návod pro výběr vhodného nástroje analýzy.

### 3.8 CARE-S REHAB MANAGER

CARE-S Rehab Manager je počítačový program, který sdružuje řadu nástrojů, umožňuje jejich vzájemnou interakci a výměnu informací. Tyto nástroje se zabývají různými aspekty provozu stokové sítě, tak aby byl co nejlépe popsán současný a předpovězen budoucí stav systému. S uživatelem komunikuje prostřednictvím srozumitelného uživatelského rozhraní (vstupní a výstupní soubory, GIS, tabulky, dialogová okna, grafy, tisk závěrečných zpráv).

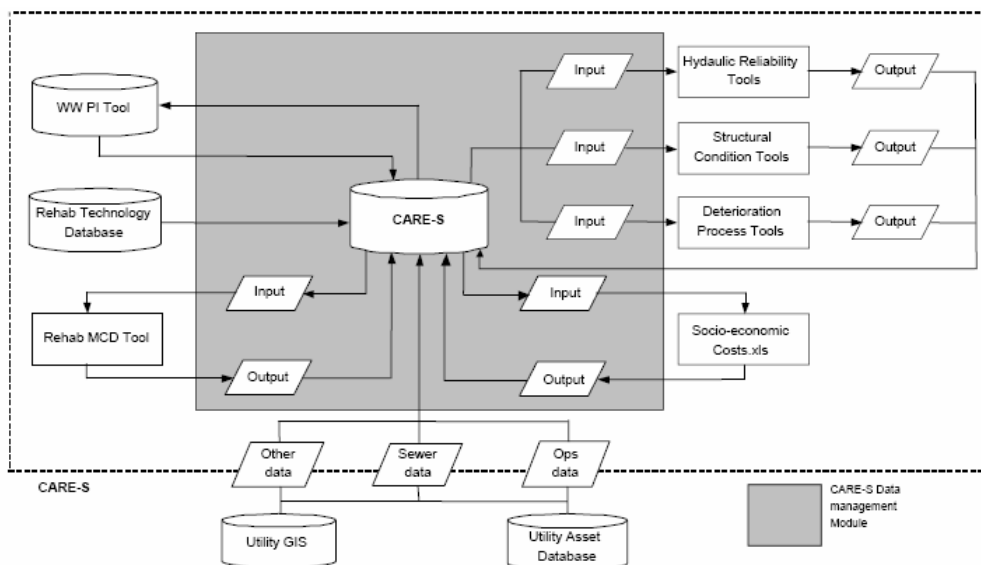


Obr. 3: Panel nástrojů Rehab Manageru

Rehabilitation Manager software je tvořen centrální databází v MS Access 2000 (Visual Basic 6.0) s následujícími vlastnostmi:

- poskytuje centrální prostor pro uchovávání základních dat,
- přijímá uživatelem ověřená vstupní data v předdefinovaném formátu,
- umožňuje automatický převod jednotek dat do standardních jednotek CARE-S,
- vykonává základní validaci dat (ověření typu dat, kontrola rozsahu hodnot),

- dovoluje uživateli výměnu informací mezi nástroji v rámci CARE-S,
- spolupracuje s nástroji podle požadavků uživatele:
  - a) pro spuštění nástrojů vytváří nezbytné vstupní soubory z dat uložených v databázi CARE-S,
  - b) po provedení výpočtů jednotlivých nástrojů přijímá a uchovává výstupní data.



Obr. 4: Struktura Rehab Manageru

### 3.9 NÁSTROJE CARE-S

Softwarový balíček CARE-S zahrnuje 18 různých nástrojů vzájemně logicky propojených a spolupracujících (výkonnostní ukazatele, popis a hodnocení stavu potrubí, hydraulika a dopady na ŽP, socioekonomické nástroje, multikriteriální rozhodování).

#### *Výkonnostní ukazatele*

##### PI Tool/S (Performance Indicator tool)

Výkonnostní ukazatele jsou klíčové informace ke stanovení celkové výkonnosti integrovaného systému odvodnění. Vstupními informacemi jsou hodnoty interních a externích dat, kterými společnost disponuje, za určité sledované období. Z těchto hodnot program spočítá výkonnostní ukazatele a uchovává je v databázi pro pozdější analýzy. Výsledky je možno zobrazit ve srozumitelných tabulkách a grafech. Výkonnostní ukazatele mohou sloužit ke srovnávání několika vodárenských společností i pro porovnávání výkonu jedné společnosti z dlouhodobého hlediska nebo vzhledem ke stanoveným cílům. PI Tool/s se dá použít jako samostatný modul nebo jako součást CARE-S.

#### *Popis a hodnocení stavu potrubí*

##### CCTV-CENConvertor

Program pro převod národních kódů do jednotného kódovacího systému CEN (standard CARE-S; po srovnání několika systémů byla zvolena norma EN 13508). Program rozeznává různé výstupní formáty počítačových programů pro evidenci záznamů o průzkumu kanalizace (Německo, Velká Británie, Austrálie, Dánsko, Norsko, CEN).

### GompitZ

Tento nástroj definuje vztah mezi současným stavem a předpokládanou dobou životnosti stokové sítě na základě výsledků kamerového průzkumu. Skládá se ze dvou modulů – gompred, gompcal. Vychází jak z empirické a statistické analýzy dat, tak i z fyzikálních závislostí. V závěru stanovuje stupeň stavební kondice (degradace) potrubí v budoucích letech.

### Infiltration/Exfiltration model

Umožňuje simulaci exfiltrace do okolní půdy, stejně jako infiltrace v případě, že se potrubí nachází pod hladinou podzemní vody (HPV). Z hydraulického modelu se odvodí pro každý úsek potrubí hladina odpadní vody v bezdeštném období (HPV se uvažuje jako stálá). Model vyhodnocuje ex/infiltrované množství během jednoho dne v hodinových intervalech. Celkový objem ex/infiltrace je stanoven jako jeden z výkonnostních ukazatelů stokové sítě.

### Blockage model

Pomáhá uživateli vyhodnotit pravděpodobnost ucpání potrubí a vniknutí kořenů na základě statistické analýzy zaznamenaných dat o ucpání potrubí. Výsledky mohou být použity pro plánování kamerových průzkumů, rizikovou analýzu záplav a znečištění způsobených ucpáním potrubí i při plánování sanací. K dispozici je také samostatná verze modelu.

### Z internal corrosion model

Tato aplikace je určena pouze pro gravitační kanalizace. Stanoví riziko výskytu anaerobních podmínek podporujících tvorbu  $H_2S$ , který způsobuje vnitřní korozi potrubí. Vstupními parametry jsou geometrie stoky, režim průtoku, BSK, CHSK, teplota a pH odpadní vody.

### WATS (Wastewater Aerobic/anaerobic Transformations in Sewers)

Jedná se o dvoufázový model (zahrnuje odpadní vodu a ovzduší ve stoce), který je schopen simulovat aerobní i anaerobní procesy v kanalizačním potrubí. Jde o podrobnější vyhodnocení koroze betonu u ohroženého úseku potrubí, které následuje po použití ZModelu.

### ExtCorr

Stanovuje vnější korozi u betonových potrubí. Vstupními hodnotami pro výpočet jsou zejména DN, rok výstavby, tloušťka stěny, hloubka uložení, typ zeminy a HPV.

### Load Model

Load Model je počítačový program pro gravitační stokové sítě, který stanovuje hodnoty zatížení v nepředjatém betonovém potrubí. Vychází z vnějšího zatížení (typ zeminy, doprava na povrchu, HPV, statické povrchové zatížení), a charakteristik potrubí. Vnitřní zatížení (objem vody a tlakový gradient) se ve zjednodušeném výpočtu neuvažuje. Vztah mezi zatížením a odolností potrubí vzhledem ke stupni bezpečnosti je transformován do rizika stavební poruchy.

## ***Hydraulika a dopady na životní prostředí***

### Degradation Tool (Obstacle)

Tento nástroj analyzuje změny hydraulické kapacity vlivem zhoršení stavu potrubí. Vlivy (uvažované jako tlakové ztráty) se ve výpočtu berou jako funkce zmenšení průřezu potrubí. Vstupní informace nutné pro chod programu jsou data z CCTV, informace o potrubí (délka úseku, DN, drsnost, tvar). Po provedení výpočtu je v závislosti na stupni degradace stanoven nový součinitel drsnosti. Ten může být použit pro výpočet nové hydraulické simulace. Čím větší rozsah kamerového průzkumu, tím je pak práce s projektem věrohodnější.



### GAT (Ground water Assessment Tool)

Software pro vyhodnocení zranitelnosti podzemní vody v důsledku exfiltrace odpadní vody pomáhá identifikovat ohrožené oblasti. Vstupními daty pro GAT jsou HPV, typy zeminy a výstupy z Exfiltration tool. Uživatel nabízí 4 typy výpočtových metod. Výsledkem může být slovní hodnocení míry zranitelnosti (nízká/střední/vysoká) nebo číselné hodnoty.

### CAT (Combined sewer overflow Assessment Tool)

Tento nástroj pomáhá při vyhodnocení vlivu městského odvodnění na vodní toky během deštivého období. Analyzuje přepady z odlehčovacích komor a porovnává výsledky hydraulických simulací s uživatelem definovanými ročními limity (objem odlehčení, počet přepadů, délka trvání přepadů a znečištění).

### Hellmud (Hydraulic and Environmental reLIabiLity Model of Urban Drainage)

Tento matematický model pro výpočet spolehlivosti stokové sítě a dopadů na ŽP byl vyvinut na ÚVHO FAST VUT v Brně.

## ***Socioekonomické nástroje***

### Cost Tool

Jedním z nejdůležitějších kritérií pro vybrání vhodné sanační technologie jsou přímé náklady. Tento nástroj používá cenové ukazatele pro jednotlivé skupiny sanačních technologií. Uživatel má možnost kontrolovat a měnit předdefinované ceny a vztahy podle místních podmínek. Prostředí potrubí je charakterizováno mimo jiné typem lokality (centrum/okraj města), typem zeminy, požadavky na čerpání, průměrnou rychlostí výstavby atd.

### Socio-fail Tool, Socio-works Tool

Součástí expertního systému, která u předem vybraných úseků potrubí vyhodnocují kritéria ve vztahu k nepřímým nákladům (např. selhání potrubí, stavební práce). Tato kritéria se dále používají při výběru vhodných úseků potrubí k rekonstrukci. Uživatel má možnost validovat a měnit data vztažená k prostředí potrubí, stejně jako hodnoty jednotlivých kritérií.

## ***Nástroje pro podporu multikriteriálního rozhodování***

### SRS (Selection of pRiority Solution)

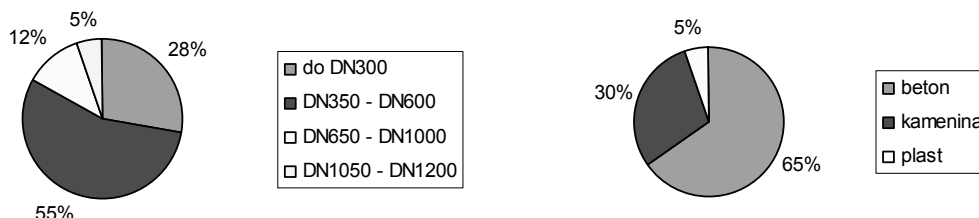
Prognóza budoucí kondice má pro aktivní management hned dvě výhody. Potřebné investiční náklady mohou být stanoveny pro různé sanační strategie charakterizované pevným rozpočtem, minimální požadovanou kondicí sítě nebo jinými výkonnostními ukazateli, které mohou být předpovězeny. Za druhé pak výsledky inspekcí jednotlivých potrubí mohou být použity pro plánování dalších průzkumů, a tak i kalkulaci budoucích nákladů na provoz stokové sítě.

### SRP (Selection of pRiority Project), SRT (Selection of Rehab Technology)

Nástroj SRP podporuje výběr nejvhodnějšího úseku potrubí pro sanaci v rámci celé sítě. Interaktivním výběrem umožňuje vyčlenit úseky s vybranými charakteristikami (materiál, stav potrubí atd.) nebo kritérii, které značí, že toto potrubí není vhodným kandidátem pro rekonstrukci. Ve finále je schopen porovnat výběrové ukazatele vzhledem k možnostem provozovatele (rozpočet) nebo chování (výkonu) stokové sítě. Vzhledem k rychle rostoucímu počtu nových technologií pro rekonstrukce stokových sítí má uživatel k dispozici jejich obsáhlou databázi, kterou může sám editovat a aktualizovat. CARE-S SRT (samostatná i integrovaná verze) je nástroj pro pomoc při výběru nejvhodnější technologie z této databáze na základě informací z CCTV, technických parametrů potrubí a dopadů technologie na ŽP. Výsledkem je závěrečná zpráva s přehledem preferovaných technologií s jejich výhodami i nevýhodami pro daný úsek.

### 3.10 PRAKTICKÁ APLIKACE PROTOTYPU CARE-S NA REÁLNÉ SÍTI MĚSTA IVANČICE

Obec Ivančice se nachází v Jihomoravském kraji asi 30 km JZ od Brna v údolí na soutoku tří řek – Jihlavy, Oslavy a Rokytne. V obci žije 7 785 obyvatel. Stoková síť má celkovou délku 25 859 m a je tvořena třemi hlavními kmenovými stokami A, B a C. Jedná se převážně o jednotný stokový systém, průměrný součinitel odtoku z odvodňovaného území je 0,34, průměrná hloubka uložení potrubí je cca 3 m pod terénem. Tvar průřezu potrubí je z 96 % kruhového, zbytek vejčitého tvaru.



Obr. 5: Rozdělení potrubí dle DN a dle materiálu

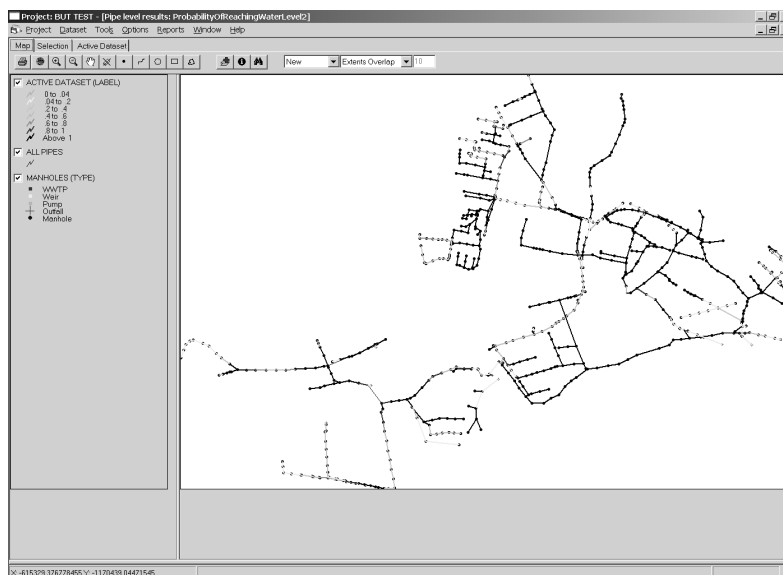
Zájmové území má rozlohu 166,77 ha. Stokovou síť tvoří 691 úseků potrubí a 739 kanalizačních šachet, 8 odlehčovacích komor a 4 čerpací stanice.

Pro testování CARE-S Rehab Manageru byla tato obec zvolena pro svou přiměřenou velikost (počet úseků potrubí, relativně snadná kontrola) a kvalitně zpracovaný generel odvodnění (2004), jehož podklady poskytly řadu ucelených informací.

#### **Použití CARE-S software na reálné síti**

Pomocí nástroje *PI Tool/S* bylo pro roky 2002–2004 vyhodnoceno 15 ze 41 výkonnostních ukazatelů stokové sítě. Je na provozovateli, zda se rozhodne monitorovat nové ukazatele, které mohou systém komplexněji popsat a získat tak lepší přehled o výkonnosti celého systému, případně o jeho dlouhodobém vývoji. Výsledky kamerového průzkumu byly při přepisu rovnou převedeny do CEN kódu. Proto byl *CCTVCENCorvertor* použit jen k registraci těchto dat do centrální databáze. Vzhledem k tomu, že bylo prohlédnuto cca 160 m stokové sítě, byl současný stav sítě pro testování nástroje *GompitZ* ohodnocen dle generelu (1 – stoka nová/zrekonstruovaná, 2 – výhledově k rekonstrukci, 3 – havarijní stav). Pomocí modulu *Degradation Tool* byly na základě výsledků kamerového průzkumu přepočítány hodnoty drsností, které v hydraulickém modelu nahradily původní hodnoty (uvažované pro nový materiál). Nová simulace pak lépe odpovídá současnému stavu. Míra interní a externí koroze byla vypočtena pomocí *ZModelu* a *ExtCorr* modelu. V našem případě byla zvolena nejpřesnější varianta výpočtu *CAT*, kdy hodnoty BSK, CHSK i specifická spotřeba vody jsou známy. Pro vyhodnocení vlivu OK na recipient byla zvolena všechna kritéria.

Dále byla nástrojem *GAT* pomocí HML metody stanovena zranitelnost podzemní vody. Výstupní soubory obou nástrojů byly dále použity jako dílčí vstupy pro spuštění modulu *Hellmud*. Vstupní soubory pro nástroj *Hellmud* jsou v rámci CARE-S připravovány automaticky výběrem z dat registrovaných v centrální databázi. Uživatel má na výběr dva typy hydraulických simulací v závislosti na typu dešťových událostí (historická dešťová řada, syntetické deště). Před vlastním výpočtem je nutné zkontrolovat nebo změnit přednastavená rychlostní kritéria a stanovit hodnotu kritické hladiny. Výsledkem je vyhodnocení pravděpodobnosti dosažení stanovených hladin (viz obr. 6) a dále splnění/nesplnění rychlostních kritérií v daném úseku potrubí.



Obr. 6: Zobrazení výsledků simulace syntetických dešťů v GIS (pravděpodobnost dosažení hladin: B – strop potrubí, C – kritická hladina, D – terén)

CARE-S software, Počítačová podpora plánování sanací stokových sítí (Computer Aided Rehabilitation of Sewer network) je rozsáhlý expertní systém, který svému uživateli poskytuje čtyři hlavní výstupy:

- zhodnocení stavu stokové sítě,
- specifikace potřeb dlouhodobých investic,
- výběr úseků doporučených k sanaci,
- návrh vhodné sanační technologie.

Při používání jednotlivých modulů získává uživatel objektivní náhled na nejhroženější úseky posuzované sítě z různých hledisek. Systém výkonnostních ukazatelů umožňuje analýzu stavu a trendů vývoje stokové sítě v různém časovém horizontu nebo ve vztahu k jiným společnostem podobného typu. Tato obecná analýza společně s modelem stárnutí sítě může sloužit jako podpora pro dlouhodobé plánování investic. Dalším krokem je vytipování úseků potrubí s vysokou pravděpodobností výskytu poruchy a na základě zhodnocení stavu potrubí, hydraulického chování a socioekonomických ukazatelů jsou tyto úseky navrženy k sanaci. Nakonec je každému takto vybranému úseku přiřazen soubor vhodných technologií, které mohou být použity k sanaci daného potrubí. Uživatel má možnost ovlivnit výběr úseků i technologií na základě vlastních preferencí a zkušeností podle svých potřeb a lokálních podmínek. Jako u každého softwarového nástroje platí i v tomto případě, že kvality výstupů přímo závisí na kvalitě vstupních informací (GIGO).

Tento software je určen především provozovatelům stokových sítí, vodohospodářským orgánům na všech úrovních i odborníkům v oblasti vodního hospodářství. Mezi hlavní výhody, které CARE-S přináší svému uživateli, patří zejména:

- Komplexní informace o síti v jedné databázi.
- Rozsáhlý katalog sanačních technologií.
- Zhodnocení sítě z mnoha různých aspektů (hydraulické, socioekonomické, stav potrubí, dopad na životní prostředí, provozní apod.).
- Příjemné uživatelské rozhraní.
- Možnost přehledného zobrazení výsledků v GIS.
- Upozornění na nutnost sběru dat, měření na síti a uchovávání nových informací.
- Plánování kamerových průzkumů a zpracování jejich výsledků.
- Možný podklad pro žádost o dotace na sanaci sítě.
- Vhodná pomůcka pro zpracování generelů odvodnění.

CARE-S je nástroj, který uživateli napomáhá vytvářet sanační plány stokové sítě. Konečné rozhodnutí o tom, které potrubí, kdy a jak se bude sanovat, je však vždy v rukou uživatele a závisí mj. na jeho interpretaci výstupů, finančních možnostech a zvolené strategii provozování sítě.

## 4 ZÁVĚR

Vědeckovýzkumná činnost kolektivu pracovníků a doktorandů Ústavu vodního hospodářství obcí ve výše uvedené oblasti má značný význam jak pro rozvoj pracoviště, tak i oboru vodní hospodářství. Výsledky řešení mezinárodních a národních projektů přispěly k začlenění Ústavu vodního hospodářství obcí mezi pracoviště Evropského výzkumného prostoru v oblasti odvodnění urbanizovaných území a managementu vodních zdrojů.

## 5 POUŽITÁ A SOUVISEJÍCÍ LITERATURA

- [1] MATOS, R., ASHLEY, R., CARDOSO, A., MOLINARI, A., SCHULTZ, A.: Performance indicators for wastewater services, Manual of the Best Practice Series, (2003), IWA Publishing, London. ISBN 1-900222-18-3.
- [2] PRACA, P., COELHO, S. T.: PI Tool/S – A control panel of performance indicators for sewer rehabilitation, Version 1.0.1., User's Manual, CARE-S project, 5th Framework Program of the European Union (2004), LNEC, Lisbon, Portugal.
- [3] MATOS, R., CARDOSO, M. A., PINHEIRA, I., ALMEIDA, M. C.: Selection of a listing of Rehabilitation Indicators for Rehabilitation. CARE-S report D1, July 2003.
- [4] KNOLMAR, M., SZABO, G.: Classification system based on visual inspection, CARE-S report D3, May 2003.
- [5] MILINA, J., UGARELLI, R., FEDERICO, V., MAGLIONICO, M., LISERRA, T., NASCETTI, D., PACCHIOLI, M., FRENI, G. & POLLERT, J.: Model of hydraulic performance temporal decline. CARE-S Report D8, 2003.
- [6] SCHULZ, N., KREBS, P.: Environmental impact of rehabilitation, CARE-S report D9, July 2004.
- [7] HLAVÍNEK, P., PRAX, P., KUBIK, J., SULCOVA, V., UGARELLI, R.: Modelling hydraulic performance, CARE-S report D10, June 2005.
- [8] MONTERO, C., VILLANUEVA, A., SULCOVA, V., RAČLAVSKÝ, J., HAFSKJOLD, L., FRENI, G.: Wastewater rehabilitation technology survey. CARE-S report D12, April 2004.
- [9] WEREY, C., TORTEROTOT, J. P., SOUSA, E., SILVA, D., KØNIG, A., PEREIRA, A., MONTGINOUL, M.: Rehabilitation impacts on socio-economic costs, CARE-S report D13, October 2004.
- [10] BAUR, R., HERZ, R., KROPP, I.: Procedure for choosing the right rehabilitation technology, CARE-S report D16, December 2003.
- [11] HULANCE, J., ORMAN, N., HURLEY, R., KOWALSKI, M.: The CARE-S procedure, CARE-S report D20, December 2003.
- [12] HULANCE, J., KOWALSKI, M., TAYLOR, K. & HURLEY, R.: User Interface for the CARE-S Wastewater Rehabilitation. CARE-S Report D21. 2004.
- [13] SÆGROV, S., et. al.: Computer Aided Rehabilitation of sewer and storm water networks, General scientific report, CARE-S report D29 October 2005.
- [14] HLAVÍNEK, P., HALOUN, R., POLÁŠKOVÁ, K.: Řízení odtoku z urbanizovaného území – Real Time Control, in Odpadní vody – WASTEWATER 2005, 6th Mezinárodní konference a výstava, Teplice, 2005, ISBN 80-239-4670-6, p. 289–294.
- [15] HLAVÍNEK, P., KUBIK, J., PRAX, P., ŠIMČÍKOVÁ, P., ŠULCOVA, V.: Příklad použití expertního systému REHAB MANAGER pro plánování rekonstrukcí stokových sítí, Sborník přednášek konference s mezinárodní účastí „Rekonštrukcie stokových sietí

- a čistiarní odpadových vod“, Stará Lesná, Slovensko, říjen 2005, ISBN 80-89062-42-3, str. 187–196.
- [16] HLAVÍNEK, P., PRAX, P., RACLAVSKÝ, J., ŠULCOVÁ, V., TUHOVČÁK, L.: Expertní systém pro plánování obnovy stokových sítí (CARE-S), Čistírenské listy, 11/2004, Vodní hospodářství, str. 263–264.
- [17] ŠULCOVÁ, V., HLAVÍNEK, P.: Rekonstrukce stokových sítí – výkonnostní ukazatele, Sborník 4. Vodohospodářské konference s mezinárodní účastí Brno, listopad 2004, str. 486–491, ISBN 80-7204-360-9.
- [18] HLAVÍNEK, P., ŠULCOVÁ, V.: Efektivní plánování obnovy stokových sítí, 3. konferencia s mezinárodnou účastí – Rekonštrukcie stokových sietí a čistiarní odpadových vôd – Zborník prednášok a posterov, Liptovský Ján, 27.–29. októbra 2003, ISBN 80-89062-24-5, str. 279–285.

## 6 KONCEPCE DALŠÍ VĚDECKÉ ČINNOSTI

Ve vědecké činnosti hodlá autor pokračovat v rozvoji metod odvodnění urbanizovaných území. Způsob městského odvodnění vyvinutý v polovině 19. století byl převážně zaměřen na řešení hygienických problémů a ochranu nemovitostí před záplavami. Městské odvodnění se stalo jednou z nejdůležitějších součástí občanské vybavenosti urbanizovaných území. Zabezpečení dlouhodobé funkce stokových sítí a čistíren odpadních vod je však spojeno s neustále stoupajícími náklady a již dnes je jasné, že současný způsob městského odvodnění není možné z finančních důvodů celosvětově realizovat. Dosavadní způsob městského odvodnění ohrožuje i stav vodních toků a vodních zdrojů. V současné době stoupají obavy o dlouhodobou ochranu životního prostředí. Nejen z finančních důvodů, ale i z obav o trvalé zabezpečení užívání vody a ochrany akvatického ekosystému vzrůstají pochybnosti o vhodnosti dosavadního způsobu městského odvodnění. Zásadně je požadován takový způsob městského odvodnění, který by zabezpečil nejen ochranu člověka před přírodou, ale i ochranu životního prostředí před člověkem. V nalezení přijatelného kompromisu mezi těmito vzájemně protichůdnými cíli spočívá podstata budoucího řešení městského odvodnění. Urbanizací je narušen přirozený vodní režim v krajině. Objem přímého dešťového odtoku ze zastavěných ploch je větší a rychlost odtoku je vyšší než v nezastavěných územích. Přitom dochází ke snížení infiltrace dešťových vod a tím ke snížení obnovy podzemních vod. Koncentrací obyvatel stoupají požadavky na zásobování pitnou vodou, v mnoha případech není možné tuto potřebu uspokojit z lokálních zdrojů. Současně stoupají požadavky na ochranu nemovitostí před lokálními záplavami a zneškodnění odpadních vod. Vyšší objem dešťového odtoku, modifikace původního způsobu odvodnění a látkové znečištění v odpadních vodách vedou k ohrožení stavu vodních toků a vodních zdrojů. Je třeba hledat nová technická i netechnická opatření jak při odvodnění na jednotlivých nemovitostech, tak i ve veřejné části městského odvodnění. Jejich společným jmenovatelem je snaha o vysokou energetickou a surovinovou účinnost. V návaznosti na výše uvedené problémy se autor v další výzkumné činnosti hodlá zaměřit na problematiku hospodaření s dešťovými vodami v urbanizovaném území. Místo rychlého odvádění veškerých odpadních vod je třeba podporovat přesně opačný způsob odvodnění: napojení pouze nezbytného množství odpadní vody a dešťového odtoku a co nejpomalejší transport směrem k ČOV a k recipientu. Tím je možné dosáhnout i zmírnění negativních důsledků urbanizace na lokální hydrologický režim a na akvatický ekosystém. Tato problematika je v současnosti řešena grantovým projektem Národní agentury pro zemědělský výzkum „Integrovaný přístup při řešení využití dešťových vod v intravilánu“, který bude řešen na Ústavu vodního hospodářství obcí v období 2006–2009. V loňském roce byl také podán projekt TANDEM Ministerstva průmyslu a obchodu „Vývoj systémů užívání a zasakování dešťových vod“. Příjemcem je PREFA Brno a. s., spolupříjemcem ÚVHO FAST VUT.

Velmi významnou otázkou je vývoj nových technologií čištění odpadních vod. Rámcová směrnice pro vodní politiku ES (2000/60/EG) má za cíl dosáhnout a udržovat Evropská vodní tělesa v „dobrém stavu“. Evropská komise identifikovala prioritní látky, pro které je třeba legislativu implementovat. Tyto látky jsou natolik škodlivé, že jejich úroveň je třeba systematicky snižovat. Pro některé tyto látky bude stanovena nulová koncentrace na odtoku od roku 2021. Navíc k prioritním látkám budou nové limity také stanoveny pro další relevantní látky. Rámcová směrnice požaduje zpracovat plány pro implementace opatření do roku 2009 tak, aby požadovaná kvalita vody byla dosažena v roce 2015. Současné technologie používané pro čištění odpadních vod nebyly navrženy pro odstraňování těchto látek z odpadních vod. Do popředí zájmu se dostávají Xenobiotika, která obsahují jak anorganické složky jako jsou těžké kovy a metaloidy, tak organické složky, mezi které můžeme zařadit pesticidy, povrchově aktivní látky, konzervační prostředky, rozpouštědla či léky. Tyto látky mají vzrůstající tendenci výskytu v koloběhu městských vod. V současnosti je na trhu Evropské Unie více než 100 000 xenobiotik. Přibližně 30 000 z celkového počtu xenobiotik jsou tzv. „každodenní“ chemikálie a jejich spotřeba je v množství přesahující 1 tunu za rok. Bylo odhadnuto, že 70 000 xenobiotik je potencionálně nebezpečných pro člověka nebo ekosystém. Hlavním důvodem vzrůstající tendence obsahu xenobiotik v městských vodách je to, že zásobování vodou, městské odvodnění a systémy čištění odpadních vod byly původně navrhovány na řešení tradičních problémů, jako je splnění dodávek pitné vody, prevence povodní a hygienické zabezpečení. V popředí zájmu byly a stále jsou tradiční typy parametrů škodlivých látek (BSK<sub>5</sub>, CHSK, dusík, fosfor, nerozpuštěné látky a mikroorganismy), nikoliv však xenobiotika. Aby bylo dosaženo požadované ekologické a chemické kvality povrchových vod v roce 2015, bude třeba na čistírnách odpadních vod aplikovat čtvrtý stupeň čištění. To může vyžadovat různý přístup pro každou čistírnu odpadních vod v závislosti na výskytu látky v odtoku, konfiguraci čistírny odpadních vod, stavu recipientu a příspěvku zatížení sledované látky k celkovému zatížení recipientu. Stávající způsob odvádění odpadních vod v budovách umožňuje vnik těchto látek do stokové sítě a při stávajícím čištění odpadních vod není možné zabránit vniku těchto látek do vodních toků a částečně i do podzemních vod. Všechny tyto skutečnosti vedou dokonce ke zpochybnění městského odvodnění na bázi splaškové kanalizace. Tato situace je zosťována odpadními vodami z průmyslu, řemeslných provozů, nemocnic a průmyslových závodů. Nedostatky při kontrole vypouštěných odpadních vod (monitoring) podporují chování znečišťovatelů, kteří mnohdy vypouštějí jiné látky a v jiném objemu, než uvádí úřední povolení.

Jednou z možností je snížení objemu vypouštěných odpadních vod jejich znovuužitím. Na tomto přístupu byl založen mezinárodní projekt AQUAREC (Integrovaný přístup k znovuužití odpadních vod) řešený pod záštitou 5. rámcového programu na Ústavu vodního hospodářství obcí FAST VUT v Brně. Na projektu AQUAREC spolupracovalo 17 partnerů z 13 zemí a Austrálie. Cílem projektu bylo poskytnout souhrn informací o dosavadních znalostech a zkušenostech při racionálním znovuvyužití odpadních vod. Projekt byl rozdělen na tři hlavní části – strategii, metodiku a technologii. Jejich výsledkem je přehled vhodných metod a doporučení pro konečné uživatele (např. provozovatele nebo vodohospodářské orgány) pro plánování, realizaci a provozování systémů opětovného využití odpadních vod. Projekt také poskytl návrh jednotných evropských legislativních norem pro tuto problematiku a využitím druhotných vodních zdrojů přinesl společenský i ekologický užitek.

Na tento projekt navazují dva projekty TANDEM Ministerstva průmyslu a obchodu „Minimalizace množství nutrientů a odpadních vod vypouštěných do vod povrchových a podzemních postupy a zařízení“ (příjemcem je firma ASIO s. r. o., spolupříjemcem ÚVHO FAST VUT) a „Vývoj malé čistírny odpadních vod ze separací kalu ponořeným membránovým modulem“ (příjemcem je firma ENVI-PUR s. r. o., spolupříjemcem ÚVHO FAST VUT). Příbuznou problematikou se zabývá projekt COST 636 Xenobiotics in Urban Water Cycle řešený na ÚVHO. V návaznosti na tento projekt byl podán návrh projektu do veřejné soutěže 2007 MŠMT „Metody odstra-

nění xenobiotik z městských vod“ a tento projekt byl přijat. Obdobnou problematikou se zabývá i připravovaný projekt 7. rámcového programu Evropské komise INDUSE (Innovative technologies and tools for sustainable industrial water use). Na přípravě projektu se podílí řada klíčových výzkumných institucí jako je KIWA (Nizozemí), IRSA (Itálie), RWTH Aachen (Německo), Cranfield University (Velká Británie). FAST VUT je zastoupena Ústavem vodního hospodářství obcí. Hlavním cílem toto výzkumného projektu s rozpočtem 10 mil. EUR je vývoj inovativních technologií a nástrojů pro redukci spotřeby vody v průmyslu.

Autor hodlá nadále pokračovat ve spolupráci s řadou příbuzných pracovišť, jako je např. SINTEF Norsko a Norská technická univerzita, Cemagref ve Francii, Drážďanská technická univerzita, univerzita Aachen v Německu, Dánská technická univerzita, LNEC a univerzita v Portu v Portugalsku, WRC, univerzita Exeter a Cranfield ve Velké Británii, univerzita v Bologni, Ferrare a Palermu v Itálii, CLABSA, Fundacion Gaiker a Univerzita v Barceloně a ve Valencii ve Španělsku, Budapešťská Univerzita, ENGEES Francie, Delftská technická univerzita, Nizozemí, CPERI v Řecku, Lodžská univerzita v Polsku, Ben-Gurion univerzita v Negevu a MEKOROT v Izraeli, CSIRO a Univerzita ve Wollongongu v Australii.

Autor hodlá nadále rozvíjet spolupráci s DG research v Bruselu, kde se podílí na evaluaci projektů rámcových programů a na přípravě evropských výzkumných strategií.

Autor hodlá dále pokračovat ve spolupráci s kanceláří Norských finančních mechanismů, kde pracuje v týmu „Appraisal and monitoring agent“ projektů životního prostředí. Z významnějších posuzovaných projektů se lze zmínit např. o projektu „Separate collection of municipal waste fractions in the municipalities of Bovec, Kobarid and Tolmin“ ve Slovinsku.

Autor hodlá nadále spolupracovat s pracovišti na národním fóru a prohlubovat spolupráci s praxí. Mezi nejvýznamnější projekty, na kterých se autor podílel, patří projekt „Ochrana vod povodí řeky Dyje“. Největší z regionálních projektů kanalizací a čistíren odpadních vod je realizován v deseti aglomeracích Jihomoravského kraje a kraje Vysočina. Je výsledkem dohody EU s ČR dokončit do roku 2010 splnění ekologické směrnice pro aglomerace s počtem „ekvivalentních obyvatel“ nad 2000. Investorem projektu je Svaz VKMO s. r. o a čtyři regionální svazky vodovodů a kanalizací, které do projektu vkládají vlastní prostředky. Celkové náklady na realizaci projektu jsou 1,4 miliardy korun. Tento projekt je spolufinancován z Fondu soudržnosti Evropské unie (dotace ve výši 68 %) a Státním fondem životního prostředí (dotace ve výši 5 %). Příprava tohoto projektu, na kterém se autor podílel, začala v roce 1999 a dne 7. 11. 2002 byla v Bruselu schválena Řídícím výborem ISPA, dotace a finanční memorandum bylo podepsáno téhož roku. Vlastní projekt byl odstartován v roce 2004, kdy se konala výběrová řízení na správce stavby a jednotlivé zhotovitele. Autor působí v týmu správce stavby jako expert na technologie čištění. V současné době projekt dosáhl významného postupu a jeho stavební dokončenost se blíží 100 %. Dalším významným projektem financovaným z fondu soudržnosti, jehož realizace bude zahájena na jaře 2007, je projekt „Břeclavsko – rekonstrukce a výstavba vodohospodářské infrastruktury v povodí řeky Dyje“. Také u přípravy tohoto projektu, jehož náklady na realizaci činí 1,1 miliardy korun, byl autor od počátku a jako expert na technologie čištění působí v konsorciu, které bylo vybráno jako správce stavby. Těsná spolupráce s praxí přináší nezbytnou reflexi výzkumné činnosti autora a výrazně přispívá k poměrně vysoké úspěšnosti získávání grantů z národních i mezinárodních zdrojů.

## **7 KONCEPCE DALŠÍ PEDAGOGICKÉ ČINNOSTI**

V pedagogické činnosti předpokládá autor nadále pokračovat ve zkvalitňování výuky jak v magisterském, tak v doktorském studiu. Dle názoru autora je výrazným handicapem pro dnešní způsob výuky charakteristický pasivní přístup části posluchačů vycházející pravděpodobně z nedostatku nebo finanční nedostupnosti kvalitních studijních materiálů obsahujících základní

informace v daném oboru, dále nedostatku času a stereotypní přístup navazující na středoškolský způsob výuky. Náročným cílem by mělo být naučit posluchače myslet – využívat všech dosavadních znalostí a jejich kompletní analýzy a syntézy. Studenti by měli být vedeni k řešení případových studií s vysokým procentem úspěšnosti. Je třeba je naučit analyzovat a syntetizovat jevy a procesy do soustavy znalostí, které se dokáží vybavovat a mobilizovat k řešení nových úkolů, aplikovat teoretické znalosti na řešení nových konkrétních úloh a vyvozovat z empirických poznatků obecné zákonitosti a umět se dopracovat k tomu nejcennějšímu: originálnímu řešení.

Předpokladem toho je dostatek kvalitních výukových materiálů. Je třeba se zaměřit na využívání všech informačních zdrojů, zejména Internetu a multimediálních CD. Je vhodné aktualizovat a zatraktivnit obsah přednášek novými poznatky zapojením lektorů z řad našich i zahraničních předních odborníků z vysokých škol, výzkumných ústavů, projekčních a výrobních organizací. Završením pedagogického procesu na vysoké škole je zkouška. Zde je třeba, v návaznosti na výše uvedené trendy výuky prověřit základní znalosti a dále ověřit schopnost posluchačů řešit praktické problémy, a to i s využitím potřebných studijních materiálů.

V oblasti pedagogické činnosti hodlá autor pokračovat v zapojení do řešení pedagogických grantů. V současnosti se autor podílí na řešení projektu MBR-train s názvem „Optimalizace procesů a kontrola zanášení membránových bioreaktorů (MBR) používaných na úpravu pitných a odpadových vod“, který je financovaný Evropskou komisí v rámci šestého rámcového programu jako aktivity pro lidské zdroje a mobilitu. Projekt je součástí Marie Curie Host Fellowship pro mladé výzkumníky (Marie Curie Host Fellowship for Early Stage Research Training) a jeho cílem je vzdělávat, připravovat a podporovat mladé výzkumníky ve vědecké kariéře. Pro vývoj MBR technologií je potřebná znalost více vědných disciplín; pochopení vzájemných interakcí mezi biologickým systémem a membránovou separací si vyžaduje znalosti z oblastí analytické chemie, mikrobiologie, znalosti o polymerech, dynamiky tekutin, systémových technologií, stavebního a chemického inženýrství. Právě proto konzorcium projektu MBR-train sestává z 10 partnerů z vodního hospodářství, klíčových výzkumných institucí a univerzit v Evropě reprezentujících průřez těchto disciplín, sektorů a regionů.

V návaznosti na projekt CARE-S byl podán pod Marie Curie Conferences and Training Courses projekt OPERA Operative maintenance and rehabilitation of urban water systems. Na projektu se podílí 5 partnerů z Norska, Itálie, Anglie a České republiky.

Významnou aktivitou autora je pořádání pracovních setkání „Advanced research workshops“ sponzorovaných NATO pod programem „Security Through Science Program“. Autor působil v organizačním výboru pracovního setkání „Integrated Urban Water Resources Management“ konaného 19.–23. 10. 2005 v Senci (Slovensko) jako NATO-country co-director, jako člen organizačního výboru pracovního setkání „Methods and Techniques for Cleaning-up Contaminated Sites“ konaného 9.–11. 10. 2006 v Sianie (Rumunsko) a působí jako NATO-country co-director pracovního setkání „Dangerous pollutants (Xenobiotics) in Urban Water Cycle“, které se uskutečnilo 2.–5. 5. 2007 v Lednici (Česká Republika). Setkání se zúčastňuje cca 45 delegátů ze zemí NATO, spolupracujících zemí a zemí „Mediterranean dialog“. Autor je také editorem odborných publikací, které z těchto akcí vydává nakladatelství odborné literatury Springer.

Autor hodlá nadále pokračovat i v zapojení do projektů FRVŠ, kde se podílí na přípravě výukových materiálů jako jsou multimediální CD a rozvoji e-learningu a v zapojení do celoživotního vzdělávání pracovníků oboru „Vodní stavby a vodní hospodářství“.

## 8 VYBRANÉ NEJVÝZNAMĚJŠÍ PUBLIKACE AUTORA

- [1] HLAVINEK, P. and HLAVACEK, J.: Biological Treatment of Wastewater from an Epichlorhydrine Production. 2nd Specialized IAWQ Conference on Pretreatment of Industrial Wastewater. Athens, Greece, 1996, p. 479–484.



- [2] HLAVINEK, P., PALCIK, J., NOVAK, P., et. al.: Impact of Iron Salts Dosing on Anaerobic Fermentation. In 8th IAWQ International Conference on Anaerobic Digestion. Sendai, Japan, 1997, p. 31–34.
- [3] HLAVINEK, P.: Aerační systémy pro čistírny odpadních vod ve 3. tisíciletí. Čistírenské listy 2000, č. 3, Vodní hospodářství 2000, č. 5, s. 5–7, ISSN 1211-0760.
- [4] HLAVINEK, P.: Využití membránových technologií v čištění odpadních vod. Čistírenské listy 2001, č. 5, Vodní hospodářství, 2001, č. 9, s. 1–2, ISSN 1211-0760.
- [5] HLAVINEK, P., KOSMAKOVA, J. and BANDIK, A.: Expert System for Wastewater Treatment Plants Operation [CD-ROM]. First IWA International Conference on Instrumentation, Control and Automation and Sensors. Malmö, 2001.
- [6] HLAVINEK, P. and RIHA, J.: Stream Water Quality Model as a Tool for the Assessment of Impact of Pollution. IWA conference on Water and Wastewater Management for Developing Countries. Kuala Lumpur, 2001, p. 116–123.
- [7] RIHA, J. and HLAVINEK, P.: Screening Water Quality Model as a Tool for the Solving Practical Tasks of Water Quality in Lakes and Rivers [CD-ROM]. IWA World Water Congress Efficient Water Management – making it Happen. Berlin, 2001.
- [8] ALFOLDI, C., HLAVINEK, P. and REHAKOVA, B.: Use of Fluid Oscillator in Wastewater Technology. IWA World Water Congress ENVIRO 2002. Melbourne, 2002.
- [9] RUSNIK, I. and HLAVINEK, P.: Sewage treatment in biological ponds – great solution for the small municipalities [CD-ROM]. IWA International Conference on Waste Stabilization Ponds. Auckland, 2002.
- [10] HLAVINEK, P. and KOSTRUHOVA, S.: Co-fermentation of Organic Waste [CD-ROM]. In congress proceedings „Appropriate Environmental and Solid Waste Management Strategies for Developing Countries“. ISWA, Istanbul, 2002.
- [11] RUSNÍK, I., HLAVINEK, P. a PRAX, P.: Vliv dopravy odpadních vod na jejich kvalitu množství. Čistírenské listy 2002, č. 3, Vodní hospodářství 2002, č. 5, s. 1–4, ISSN 1211-0760.
- [12] HLAVINEK, P.: Documented Impact of Urban Effluents on Water Resources in the Czech Republic. NATO workshop. Borovetz, 2002, p. 15–22, ISBN 954-90924-2-9.
- [13] HLAVINEK, P.: Source Water Protection and Riverbank Filtration in the Dyje River Basin. In The Second International Riverbank Filtration Conference. Cincinnati: published by the National Water Research Institute, September 2003, p. 181–186.
- [14] HLAVINEK, P.: Breaking of activated sludge flocs using pumps and mixers. IWA International Conference on Pumps, Electromechanical Devices and Systems Applied to Urban Water Management, (PEDS 2003). Valencia, 22.–25. 4. 2003, s. 79–86, ISBN 90-5809-560-6.
- [15] HLAVINEK, P.: Fluid Oscillator in Wastewater Treatment. IWA International Conference on Pumps, Electromechanical Devices and Systems Applied to Urban Water Management (PEDS 2003). Valencia, 22.–25. 4. 2003, p. 721–730, ISBN 90-5809-560-6.
- [16] HLAVINEK, P.: Upgrading wastewater treatment performance. Enhancing Urban Environment by Environmental Upgrading and Restoration. IV. Earth and Environment Sciences Vol. 43. Dordrecht/Boston/London: Kluwer Academic Publishers, 2003, p. 195–202, ISBN 1-4020-2693-5.
- [17] HLAVINEK, P., PRAX, P. aj.: Využití expertního systému pro plánování rekonstrukcí stokových sítí. In konference s mezinárodní účastí „ODPADOVÉ VODY 2004“. AČE SR. Tatranské Zruby, 2004, s. 119–123, ISBN 80-89088-33-3.
- [18] RUSNIK, I. and HLAVINEK, P.: Impact of Transport of Wastewater on its Quality and Quantity. Specialist Conference on Small Water & Wastewater Systems and 1st International Conference on Onsite Wastewater Treatment & Recycling. Perth, Februar 2004.
- [19] JANOSOVA, B. and HLAVINEK, P.: GIS as a tool for Integrated Concepts for Reuse of Upgraded Wastewater. 6th International Conference on Hydroinformatics 2004. Singapore, June 2004.
- [20] JOKSIMOVIC, D., KUBIK, J., HLAVINEK, P., et. al.: Development of a Simulation Model for Water Reuse Systems. In proceedings IWA World Water Congress 2004. Marakesh, September 2004.

- [21] HLAVÍNEK, P., JÁNOŠOVÁ, B. a MIKLÁNKOVÁ, J.: Integrovaný přístup k znovužití odpadních vod (AQUAREC). Čistírenské listy 2004, č. 11, Vodní hospodářství 2004, č. 11, s. 261–262, ISSN 1211-0760.
- [22] HLAVÍNEK, P., PRAX, P., RAČLAVSKÝ, J. aj.: Expertní systém pro plánování obnovy stokových sítí (CARE-S). Čistírenské listy 2004, č. 11, Vodní hospodářství 2004, č. 11, s. 263–264, ISSN 1211-0760.
- [23] HLAVÍNEK, P., KUBÍK, J., JOKSIMOVIČ, D. aj.: Vývoj simulačního software pro návrh technologické linky čištění odpadních vod. Čistírenské listy 2004, č. 11, Vodní hospodářství 2004, č. 11, s. 266–268, ISSN 1211-0760.
- [24] HLAVÍNEK, P., JÁNOŠOVÁ, B. a KUBÍK, J.: Integrovaný přístup k znovužití průmyslových odpadních vod. Sborník přednášek z mezinárodní konference – Průmyslové odpadní vody. Liptovský Ján, listopad 2004, s. 45–52.
- [25] HLAVINEK, P., SÆGROV, S., SCHILLING, W., et. al.: Strategic Rehabilitation of Water Distribution and Wastewater Collection Systems. 22nd International NO-DIG conference and Exhibition. Hamburg, November 2004.
- [26] KUBIK, J. and HLAVINEK, P.: Evaluation and Selection of Unit Processes for Treatment Trains Using Water Reuse Simulation Model. Integrated Concepts In Water Recycling 2005. University of Wollongong, NSW. Australia, 13–17 February 2005, p. 368–373, ISBN 1-74128-082-6.
- [27] JANOSOVA, B., MIKLANKOVA, J., HLAVINEK, P., et. al.: Drivers for Water Reuse: Regional Analysis in the Czech Republic. In Desalination, No. 10, Vol. 187, 2006, p. 103–114. ISSN 0011-9164.
- [28] POLASKOVA, K., HLAVINEK, P. and HALOUN, R.: Integrated Approach for Protection of Urban Catchment Area. In Desalination, No. 41, Vol. 188, 2006, p. 51–59. ISSN 0011-9164.
- [29] JOKSIMOVIC, D., KUBIK, J., HLAVINEK, P., et. al.: Development of an integrated simulation model for treatment and distribution of reclaimed water. In Desalination, No. 37, Vol. 188, 2006, p. 9–20. ISSN 0011-9164.
- [30] HLAVINEK, P., KUBÍK, J.: Decision Support System for Evaluation of Treatment Train for Removal of Micropollutants, NATO Advancer Research Workshop „Methods and Techniques for Cleaning up Contaminated Sites“, Sinaya, Romania, October 2006.
- [31] HLAVINEK, P., KUBÍK, J.: Case Study in the Czech Republic-Optimization of Treatment Train for Water Reuse Schemes, NATO Advancer Research Workshop „Integrated Urban Water Resource Management“, Istanbul, Turkey, October 2006.

#### Odborné příručky

- [32] HLAVÍNEK, P. a HLAVÁČEK, J.: Čištění odpadních vod – praktické příklady výpočtů. Brno: NOEL 2000 s. r. o., 1996. ISBN 80-86020-00-2.
- [33] HLAVÍNEK, P. a NOVOTNÝ, D.: Intenzifikace čistíren odpadních vod. Brno: NOEL 2000 s. r. o., 1996. ISBN 80-86020-01-0.
- [34] JANDORA, J. a HLAVÍNEK, P.: Hydraulika čistíren odpadních vod. Brno: NOEL 2000 s. r. o., 1996. ISBN 80-86020-04-5.
- [35] MALÝ, J. a HLAVÍNEK, P.: Čištění průmyslových odpadních vod. Brno: NOEL 2000 s. r. o., 1996. ISBN 80-86020-05-3.
- [36] HLAVÍNEK, P., MIČÍN, J. a PRAX, P.: Příručka stokování a čištění. Brno: NOEL 2000 s. r. o., 2001. ISBN 80-86020-30-4.
- [37] KREJČÍ, V. aj. Odvodnění urbanizovaných území-koncepční přístup. Brno: NOEL 2000 s. r. o., 2002. ISBN 80-86020-39-8.
- [38] BRADA, K. a HLAVÍNEK, P.: Čerpadla ve vodním hospodářství. Brno: NOEL 2000 s. r. o., 2004. ISBN 80-86020-43-6.

## ABSTRACT

### Rehabilitation of Sewer Network

The aim of the project described was to develop integrated tool for functional and structural rehabilitation of municipal sewerage systems. The ultimate product is a Decision Support System that enables municipal engineers to establish and maintain an effective management of their sewer networks. Project deals with public sewer and storm water networks of any dimension. Sewer and storm water systems in cities worldwide suffer from insufficient capacity, construction failures and pipe deterioration. The consequences are structural damage and local floods leading to inflow of water into basements, traffic disturbances, street and surface erosion, and pollution of local receiving waters. CARE-S is a computer-based system developed to meet this challenge. It is designed for sewer and storm water network rehabilitation planning. It provides fundamental instruments for estimating the current and future condition of sewer networks, i.e. performance indicators, selecting and ranking of rehabilitation projects and long-term investment needs. Tools for analysis of structural failures and hydraulic performance support the procedure for selection and ranking of projects. Efficient planning requires the planner to be in possession of a substantial amount of background knowledge and experience on the types of problems faced, current performance and possible effective solutions. The engineer must be aware of the objectives of rehabilitation for each problem, and apply sound judgement using all the tools available in an appropriate manner. This places a huge burden on the engineer when many rehabilitation methods are feasible and there are many solutions to improve service delivery to customers. The engineer must be guided by a suite of useful analysis tools to help choose the most cost-effective rehabilitation options. Currently, the principles of decision-making processes in the field of sewer network rehabilitation are not unified or defined, so that in most cases a reactive approach is used: appropriate measurements based on practice are taken as late as the at the time when failure appears. This approach has many disadvantages, e.g. there is neither integrated concept nor a plan for rehabilitation projects, no instruction for the best rehab methods assessment, no evaluation of consequent network behaviour, etc. By contrast, a pro-active approach that fulfils all these requirements is characterized by the aim: *To rehabilitate the right sewer at the right time by using the right rehabilitation technique at a minimum total cost, before serious failures occur.* This approach was used as a background for CARE-S (Computer Aided Rehabilitation of Sewer and Storm Water Networks) under the EU 5th Framework Programme. The project objective was to establish a rational framework for sewer network rehabilitation decision-making.

Development of a tool generating performance indicators for sewer and storm water network rehabilitation (PI Tool/S) was one of the first steps in the frame of the project. Forty-one selected indicators are relevant for sewer rehabilitation decisions, including analytical and statistical procedures to assess and forecast some of the performance indicators. There are several systems in use for classification of data obtained from CCTV inspection in Europe. The EN13508 standard was chosen as a major and common system for use within the project. This enables easier development of software applications that are able to use data from different sources that comply with the roles of that standard. The hydraulic effects of obstacles, roots, displacement of joints and intruding pipes were modelled here using three-dimensional (3-D) software (FLUENT) and interpreted into a 1-D description for application in hydraulic models such as MOUSE, InfoWorks or SWMM. A database including the available rehabilitation techniques, their advantages, disadvantages and possibilities for application was developed. A description of all techniques and methods available for sewer rehabilitation has been summed up. Each rehabilitation technique was defined, including a schematic outline of the installation process. Some remarkable benefits and drawbacks of each technique are also listed, giving additional information on the technique. The rehabilitation methods are presented under their technical names. Another important part of the project was the definition of the socio-economic and environmental impacts of malfunctioning

sewer systems. Basic socio-economic consequences, including the rehabilitation impact on social costs and the quality of life, public acceptance and communication with the public were investigated. Important part of the project was multi-criteria decision support which consists of three main parts: choosing the right sewer rehabilitation technique, selecting cost-efficient rehabilitation projects and defining rehabilitation programmes and strategies.

The individual tools mentioned above and developed in the frame of the project were integrated into the CARE-S procedure that forms the core for the CARE-S Rehabilitation Manager. The Procedure consists of a step-by-step guide identifying the relationship of the particular tools and data flow, as well as supporting the development of a rehabilitation plan.

The CARE-S Rehabilitation Manager was applied on real network of town Ivančice and results of testing were implemented to master plan of Ivančice sewerage network.