



**České vysoké učení technické v Praze
Fakulta stavební
Katedra zdravotního inženýrství**

**PROBLEMATIKA VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ
2003**

**Sborník mezinárodní konference doktorandů oboru
Vodního hospodářství a vodní stavby**

Špindlerův Mlýn 23.-24. října 2003

PROBLEMATIKA VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ

Organizátor konference:

Katedra zdravotního inženýrství, Fakulta stavební, ČVUT v Praze,
Thákurova 7, 166 29 Praha 6, Česká republika, <http://web.fsv.cvut.cz>

Odborní garanti:

Prof. Ing. Jaroslav Pollert, DrSc.
ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra zdravotního inženýrství a Laboratoř
ekologických rizik městského odvodnění

Prof. Ing. Alexander Grünwald, CSc.
ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra zdravotního inženýrství

Prof. Ing. Adolf Patera, DrSc.
ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra hydrotechniky

Organizační garanti:

Ing. Marek Slavíček
Ing. Pavla Štefanová
Ing. Dagmar Háňková

Konference byla zorganizována za podpory výzkumných záměrů MSM 211100002, MSM 211100005, mezinárodního projektu č. 790111440 s TU Drážďany, grantu GAČR 103/01/0675 a 103/02/0243, grantů ministerstva zemědělství QD1003, QD1004 a QC0244 a grantu v rámci 5.RTD EU APUSS – EVK1 – 2000 - 22001.

Příspěvky ve sborníku neprošly jazykovou úpravou.

Vydal
České vysoké učení technické v Praze
Fakulta stavební, Katedra zdravotního inženýrství
Thákurova 7, 166 29 Praha 6

ISBN 80-01-02844-5

INFILTRACE A EXFILTRACE VE VZTAHU KE STOKOVÉ SÍTI

Ivan Princ¹, David Kohout²

Abstract

Leaky house connections are assumed to contribute to a major extent to the infiltration of groundwater to the sewer system on the one hand and losses of domestic wastewater on the other hand. Infiltration is particularly detrimental to the efficiency of wastewater treatment plants due to hydraulic overloading and dilution of pollutant loads. Exfiltration of wastewater can contaminate urban groundwaters and soils. Both problems are critical on a long-term basis for sustainable urban water management and have important economic consequences for cities and sewer systems operators through the EU. For the amount evaluation is necessary to concern about sources of ballast water, and about identification of the importance damages, their evaluation and classifying.

Úvod

Netěsná stoková síť včetně domovních přípojek může být významným zdrojem balastních vod. Odpadní vody ze stok pak i potenciálním polutantem okolního prostředí, či podzemní vody. Balastní vody infiltrují do poškozené domovní přípojky v případě, že hladina podzemní vody se vyskytuje nad nebo minimálně v úrovni domovní přípojky a zemina v okolí potrubí je dostatečně propustná. K exfiltraci odpadních vod z porušené domovní přípojky dochází za podmínek, kdy hladina podzemní vody je pod úrovní potrubí, které je navíc uloženo v propustném podloží nebo v nenasyceném půdním prostředí.

Terénní měření infiltrace

Infiltrace podzemních vod do kanalizačního systému je značný problém ve většině evropských měst, především pak měst nacházejících se v rovinatých územích v blízkosti významného recipientu a s vysokou hladinou podzemní vody, jako příklad lze uvést město Berlín. Infiltraci obecně rozumíme průnik vody z okolního prostředí zpravidla zeminy do poškozených stok či kanalizačních přípojek trhlinami otvory či netěsnými spoji v místech pod hladinou podzemní vody či v blízkosti významných ztrát z vodovodního potrubí. Infiltrace představuje jeden ze zdrojů takzvaných balastních vod jedná se konkrétně o tzv. difúzní [3] nebo-li plošné zdroje balastních vod.

Většina stokových sítí je gravitačních, vedených ve velkých hloubkách kvůli zajištění potřebného sklonu a i při pečlivém provedení jsou velmi náchylné na vniknutí podzemních vod tedy infiltrace.

Konkrétní lokalitou, kde dochází ke vniku podzemních vod do kanalizace je městská část Prahy 4 – Hrnčiče, jedná se o nově postavený vilový residenční satelit, s nepříznivou hydrogeologickou situací.

¹ Ing. Ivan Princ, České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební, Laboratoř ekologických rizik městského odvodnění – LERMO, Thákurova 7,166 29 Praha 6, tel: +420-224354350, email: princ@lermo.cz,

² Ing. David Kohout, České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební, Laboratoř ekologických rizik městského odvodnění – LERMO, Thákurova 7,16629 Praha 6,tel: +420-224354350, email kohoutd@lermo.cz

V Praze-Hrnmčích se vyskytuje vysoká hladina podzemní vody, často i 0,5 m pod terénem a právě tato podzemní voda je zdrojem infiltrace do kanalizace, která je zde splašková z části gravitační a pak přechází na kanalizaci vakuovou. Na základě kamerového průzkumu byl zjištěn přítok balastních vod domovními přípojkami a to konkrétně v ulici Babáčkova z přípojky č.2 viz. obr.1 a dále pak z přípojky č.1 za šachtou S6.

Díky zjištění, že balastní vody infiltrují výše zmíněnými přípojkami a díky možnosti měření na tomto malém povodí bylo možné pokusit se stanovit množství infiltrovaných vod jako oboustranný přítok do horizontálního drénu, který představují výše uvedené kanalizační přípojky a takto spočítané množství porovnat s měřením.

Při ustáleném proudění [4] lze vyjádřit přítok na jednotku délky odvodňovacího zařízení jako:

$$q = K \cdot S \cdot I \quad (1)$$

kde K ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$) je součinitel hydraulické vodivosti pro naši lokalitu je hodnota hydraulické vodivosti přibližně rovna $K = 0,00001 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, S – plocha povrchu jednotkového tlaku, připadající na jednotku délky odvodňovacího zařízení, I – gradient tlaku odpovídající hladině konstantního tlaku.

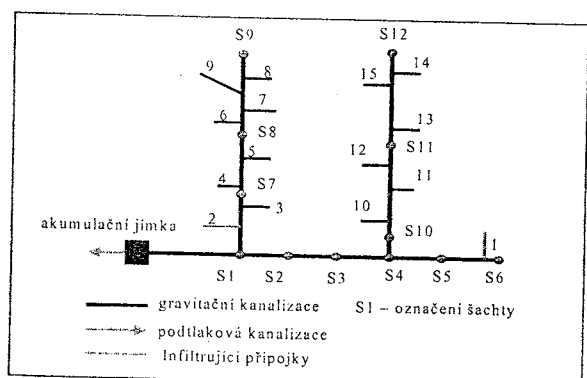
V dalším výpočtu, budeme předpokládat, že dno drenážního prvku v našem případě kanalizační přípojky sahají na nepropustnou vrstvu, je ustálený podzemní přítok vody q ve vzdálenosti x od domovní přípojky z obou stran na jednotku délky za předpokladu vnějšího zásobení půdního profilu vodou. Obdržíme diferenciální vztah:

$$q = 2Ky \frac{dy}{dx} \quad (2)$$

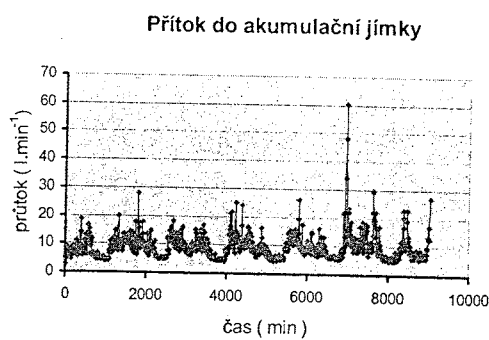
Integrací tohoto výrazu při okrajových podmínkách $x = 0$ a $y =$ hloubka vody v přípojce (tuto hloubku je možné zanedbat) dostáváme konečný vztah pro přítok vody do přípojky.

$$Q = 2K \frac{h^2}{R} L_p \quad (3)$$

kde h je rozdíl mezi nesníženou hladinou podzemní vody a dnem přípojky, která byla stanovena na 0,6 m a R je dosah snížení vlivem infiltrace podzemní vody do přípojky pro danou zeminu stanovený na 5 m a L_p je vlastní délka přípojky. Délky přípojek jsou 19,75 a 22, 40 m, výpočtem dle rovnice (3) vychází hodnoty infiltrace $I_1 = 1,71 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ a $I_2 = 1,94 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ tedy sumárně na $3,64 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$. Tyto hodnoty je možné porovnat s hodnotou denního minima, které lze považovat za infiltraci přípojkami. Denní minimum bylo stanoveno na základě týdenní měřicí kampaně, kterou uskutečnila firma Hydrometrics s.r.o. a je rovno $Q_{Dmin} = 2,75 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$, údaje o průtoku byly k dispozici každých deset minut viz. Obr. 2.



Obr. 1 Orientační schéma topologie sítě



Obr. 2 Přítok do akumuláční jímky

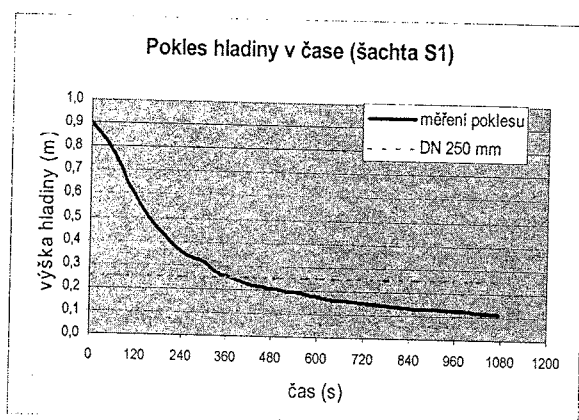
Závěr

Metoda výpočtu infiltrace do kanalizační přípojky je založena na analogii infiltrace do horizontálního drénu, výpočet vychází s Darcyho filtračního zákona a v tomto případě dává výsledek blízký hodnotám změřeným na základě selekce denního minima, je však nutno mít na zřeteli, že použití tohoto výpočtu má svá omezení. V případě výpočtu systematické drenáže se vychází z předpokladu rovnoměrné perforace drenážního potrubí po celé jeho délce a rovněž se jedná o soustavu rovnoběžných a ekvidistančních drénů. Je nutno si uvědomit, že místa vstupu podzemní vody do kanalizačních přípojek představují netěsná hrdla či praskliny, tedy otvory které nejsou jednotné velikosti a nejsou rovněž rovnoměrně rozmístěny po délce a rovněž prostup vody do přípojky často hydraulicky neodpovídá mezím platnosti Darcyho zákona, často se jedná o bodová zřídla, kde se uplatňuje Bernoulliho rovnice, příkladem může být vtok ze zatopené okolní kaverny. Cílem dalšího výzkumu by mělo být ověřování potenciálního použití drenážní teorie ke přibližnému stanovení přítoku podzemních vod do kanalizace a to ze znalosti vzájemné polohy kanalizace, hladiny podzemní vody, propustnosti okolní zeminy a fyzického stavu kanalizace.

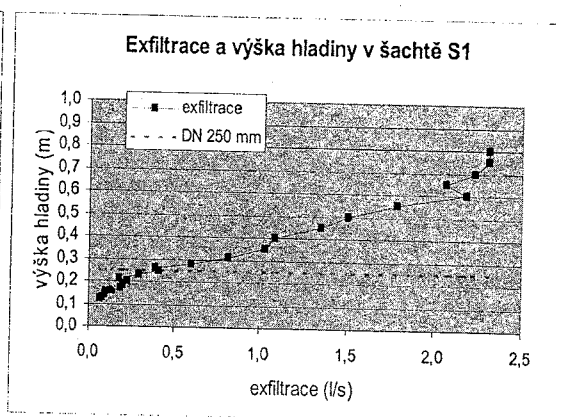
Terénní měření exfiltrace

Na základě upozornění místních občanů byla vybrána pro účel měření množství exfiltrace residenční oblast Praha – Trója a konkrétně „problémová“ ulice, kde dochází k zatápnění sklepů a vodovodních armaturních šachet odpadní vodou z uliční stoky a z domovních přípojek. Společností PVK, a.s. (Pražské vodovody a kanalizace) byl proveden televizní průzkum uliční stoky a domovních přípojek. Zjištěný skutečný stavební stav byl ohodnocen na několika místech jako porucha většího rozsahu, např. vypadlý střep z pláště potrubí, velmi rozsazený spoj, atd.

Terénní měření exfiltrace probíhalo na úseku uliční stoky (ohrazeného koncovou revizní šachtou S1 a spojnou revizní šachtou), délky 46.1 m, kamenina DN 250 mm do kterého jsou zaústěny dvě domovní přípojky o DN 200 mm. Pokles hladiny vody v šachtě S1 a čas byly měřeny po ucpání části stoky těsníci vaky (balóny) v každé šachtě a po naplnění úseku stoky vodou. Exfiltrace odpovídá vyteklému objemu vody z potrubí za čas, respektive změně objemu ΔV v šachtě S1 za čas Δt .



Obr.3 Záznam poklesu výšky hladiny



Obr.4 Průběh exfiltrace ze stoky

Z grafu průběhu měření exfiltrace na *Obr. 4* je patrné, že výtok vody z potrubí je přímo závislý na výšce hladiny v potrubí (h). Se snižující se výškou hladiny, klesá vždy i množství exfiltrace. Dále je výtok vody přímo úměrný zatopenému objemu celého systému včetně přípojek (V) při různých výškách hladiny. To znamená, že

$$Exf = f(h, V) \quad (4)$$

Aby jednotlivá měření z různých lokalit a s různými podmínkami (stav potrubí, typ zásypu, apod.) byla mezi sebou porovnatelná, vyjadřujeme míru exfiltrace relativně. Např. na běžný metr potrubí, na jeden spoj nebo na procenta kapacity profilu. Pro experimentální povodí Praha – Trója platí: pro 75% zaplnění profilu potrubí DN 250 mm je exfiltrace 0.23 l/s. Relativní míra exfiltrace vztažená na 1 metr běžný je 0.0035 l/s, respektive míra exfiltrace vztažená na 1 spoj je 0.0034 l/s.

Závěr

Tímto měřením bylo dokázáno, že dochází k nepovolenému výtoku odpadní vody z potrubí (uliční stoky a domovních přípojek), které je porušené a stavební stav je nevyhovující pro provoz, protože je příčinou výskytu vody ve sklepích a armaturních šachtách.

Metodika je založena na normových předpisech ČR týkající se vodotěsnosti stok. Je však upravena pro podmínky poškozeného potrubí, které je v provozu. Nejcitlivější část této metody je v dokonalém ucpání potrubí těsnícími vaky.

Nedílnou součástí polního měření ve vybraných lokalitách je i měření na fyzickém modelu části domovní kanalizační přípojky, který je instalován na pracovišti ČVUT – Fsv, LERMO. Měření na tomto modelu simulujeme podobné podmínky, které se vyskytují při polním měření, jako např. průměr a materiál potrubí, jeho sklon, druh a vlastnosti zásypu, typ poruchy. Ověřujeme tím správný průběh a množství exfiltrace, která by nastala v reálné stoce. Toto porovnávání obou měření je výhodné v případě, když nemůžeme provádět polní měření na stokách o malém průměru nebo na jednotlivých přípojkách. Týká se to všech uličních stok bez možnosti přístupu pověřené osoby a instalování pomůcek nutných k polnímu experimentu. Totéž platí u domovních přípojek, které jsou zaústěny do jiné stoky malého průměru pomocí odbočky.

Literatura

1. ČSN 756101: *Stokové sítě a kanalizační přípojky* (1994), CNI Praha
2. WATER ENVIRONMENT FEDERATION: *Control of Infiltration and Inflow in Private Building Sewer Connections* (1999), Alexandria, VA (USA), ISBN 1-57278-160-2
3. Haloun, R.: *Modelování odtoku z intravilánu* (1993), ČVUT Praha, ISBN 80-01-00974-2
4. Holý, M. a kol.: *Odvodňovací stavby* (1984), SNTL/ALFA, Praha

Poděkování

Publikované výsledky byly dosaženy s podporou projektu MŠMT ČR č. MSM 211100002 a grantu Grantové agentury ČR č. 103/01/0675.

V článku byly použity výsledky prací z projektu EU č. EVK1-CT-2000-00072, APUSS – Assessing Infiltration and Exfiltration on the Performance of Urban Sewer Systems č. EVK 1-2000-22001.